



Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
& ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες ως βιολογικοί παράγοντες
καταπολέμησης των εντόμων

ΕΠΗΓΕΣΗ: Δρ Καραπαπά Βασιλική

ΕΠΗΜΕΛΕΙΑ: Μαλτέζος Χρήστος
Παπανικολάου Αγγελική

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
Ημέρ. Εισαγωγής 160

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Περιεχόμενα	3
Περίληψη	6
1. Εισαγωγή	8
2. Ιστορικά	10
3. Ταξινόμηση εντομοπαθογόνων μυκήτων	11
3.1 Γενική βιολογία των εντομοπαθογόνων μυκήτων	11
3.2 Προσβολή και μετάδοση	12
3.3 Διασπορά των κονιδίων	12
4. Δράση των εντομοπαθογόνων μυκήτων	15
4.1 Οι μύκητες ως βιολογικοί παράγοντες καταπολέμησης	15
4.2 Οι μύκητες ως παθογόνα	15
4.3 Οι μύκητες ως παθογόνα των εντόμων	15
4.4 Χρήση των μυκήτων στον έλεγχο των εντόμων στα θερμοκήπια	16
4.5 Επιζωοτία	17
5. Τυποποίηση εντομοπαθογόνων μυκήτων	18
5.1 Εμπορικά σκευάσματα και τρόποι εφαρμογής	18
5.2 Εμπορικά διαθέσιμοι εντομοπαθογόνοι μύκητες	19
6. <i>Beauveria bassiana</i>	21
6.1 Γενικά	21
6.2 Συνθήκες εμφάνισης και προσβολή	21
6.3 Εμπορικά σκευάσματα	24
6.4 <i>Beauveria brongniartii</i>	25
6.5.1 Άλλες έρευνες με βάση τον <i>Beauveria bassiana</i>	26
6.5.2 Ανταγωνισμός μεταξύ του <i>Beauveria bassiana</i> και του Imidacloprid όταν συνδυάζονται για την καταπολέμηση του <i>Bemisia argentifolii</i>	26
7. <i>Verticillium lecanii</i>	28
7.1 Γενικά	28
7.2 Ξενιστές	29
7.2.1 <i>Bemisia tabaci</i>	29
7.2.2 <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	29
7.2.3. Αφίδες	29
7.2.4. Θρίπες	31
7.2.5. Τετράνυχτοι	31
7.3 Εμφάνιση και συνθήκες ανάπτυξης	32
7.4 Εξάπλωση και προσβολή	33
7.5 Εμπορικά σκευάσματα	34
7.5.1 Παρουσίαση του Mycotal	35

8. <i>Metarhizium anisopliae</i>	36
8.1 Γενικά	36
8.2 Συνθήκες εμφάνισης και προσβολή	36
8.3 Χρήσεις του μύκητα	37
8.4 Εμπορικά σκευάσματα	38
8.5 <i>Metarhizium anisopliae</i> στην καταπολέμηση της ακρίδας και των τζιτζικιών στην Αφρική.	39
9. <i>Lagenidium giganteum</i>	41
9.1 Γενικά	41
9.2 Συνθήκες εμφάνισης και προσβολή	41
9.3 Φυσικό περιβάλλον	41
9.4 Ξενιστές	42
9.5 Βιολογικός κύκλος	42
10. Οικογένεια <i>Entomophthorales</i>	43
10.1 Γενικά	43
10.2 <i>Entomophaga maimaga</i>	44
10.2.1 Βιολογία	44
10.2.2 Εμφάνιση και προσβολή	45
10.2.3 Ξενιστές	45
10.2.4 Κύκλος ζωής	46
10.2.5 Σχετική αποτελεσματικότητα	46
10.2.6 Συντήρηση	48
10.2.7 Ευαισθησία στα φυτοφάρμακα	48
10.3 Απόσπασμα από την έρευνα « <i>Entomophaga maimaiga</i> : A Fungal Pathogen of <i>Lymntria dispar</i> in the Limelight» της Ann E. Hajek	48
10.4 <i>Entomophaga grylli</i>	50
10.4.1 Γενικά	50
10.4.2 Εμφάνιση και προσβολή	50
10.4.3 Κύκλος ζωής	51
10.4.4 Ξενιστές	51
10.4.5 Σχετική αποτελεσματικότητα	51
10.5 <i>Entomophthora muscae</i>	52
10.5.1 Γενικά	52
10.5.2 Εμφάνιση και προσβολή	52
10.5.3 Ξενιστές	52
10.5.4 Κύκλος ζωής	53
10.5.5 Αποτελεσματικότητα	53
10.5.6 Συντήρηση	53
10.5.7 Ευαισθησία στα εντομοκτόνα	53
11. <i>Pacecilomyces fumoroseus</i>	55

12. Μύκητες λιγότερο γνωστοί για την εντομοπαθογόνο δράση τους	57
12.1 <i>Ascersonia aleurodis</i>	57
12.1.2 Συμβατότητα με <i>Encarsia formosa</i>	58
12.2 <i>Conidiobolus coronatus</i>	59
12.3 Άλλοι μύκητες	60
13. Συμπεράσματα	63
 Βιβλιογραφία	66

Περίληψη

Η παρούσα εργασία καταπιάνεται με μια ιδιαίτερη κατηγορία μυκήτων οι οποίοι έχουν σαν χαρακτηριστικό τους την παρασιτική δράση στα έντομα. Η κατηγορία αυτή αφορά στους εντομοπαθογόνους μύκητες με τους οποίους και θα ασχοληθούμε όπως επίσης και με την χρήση τους στην βιολογική γεωργία.. Είναι γεγονός ότι το συγκεκριμένο θέμα παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον σαν εναλλακτική μορφή στην καταπολέμηση των εχθρών των καλλιεργειών. Παρόλα αυτά η χρήση τους δεν είναι ευρέως διαδεδομένη. Συναντιέται όμως συχνά σε προγράμματα βιολογικής και ολοκληρωμένης καταπολέμησης και αφορά συγκεκριμένα έντομα-στόχους. Περισσότερο συναντάμε τους εντομοπαθογόνους μύκητες σε επιστημονικές έρευνες διεθνώς, στα πλαίσια μιας συνολικότερης προσπάθειας που γίνεται, προώθησης της βιολογικής γεωργίας.

Σε αυτήν την εργασία γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής των κυριότερων μυκήτων που παρουσιάζουν εντομοπαθογόνο δράση, ανάλυση των χαρακτηριστικών και του τρόπου δράσης τους και ότι αφορά την χρήση τους. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να αναδείξουμε το ζήτημα της βιολογικής καταπολέμησης και της ανάγκης που παρατηρείται σε παγκόσμιο επίπεδο, να στραφεί η γεωργία σε οικολογικές μεθόδους και πρακτικές, καθώς η οικολογική καταστροφή και τα διατροφικά σκάνδαλα είναι ένα θέμα που πρωταγωνιστεί στις μέρες μας.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας αυτής, παρουσιάζεται μια σειρά πληροφοριών που αφορούν γενικά τους εντομοπαθογόνους μύκητες και τον ρόλο τους στην βιολογική καταπολέμηση.

Έτσι ξεκινάμε με την παρατήρηση ότι το ενδιαφέρον για την βιολογική καταπολέμηση ολοένα και μεγαλώνει, σαν μια προσπάθεια απάντησης στην αναγκαιότητα που μπαίνει παγκοσμίως, για καλύτερη μεταχείριση του πλανήτη. Ολοένα και περισσότερες έρευνες γίνονται σε αυτήν την κατεύθυνση και κατά συνέπεια ολοένα και περισσότερα στοιχεία γνωρίζουν το φως της δημοσιότητας, με αποτέλεσμα να γίνονται συνεχώς βήματα και να έχουμε συνεχώς εξελίξεις στο επιστημονικό τουλάχιστον περιβάλλον, ώστε η βιολογική καταπολέμηση να παίζει όλο και πιο πρωταγωνιστικό ρόλο.

Η αναφορά στο ιστορικό των εντομοπαθογόνων μυκήτων και οι πληροφορίες για το πώς αυτοί τράβηξαν το επιστημονικό ενδιαφέρον βοηθά την εισαγωγή του θέματος και στην απόκτηση μιας πιο ολοκληρωμένης εικόνας. Στην συνέχεια επιλέγουμε να περιγράψουμε με έναν γενικό τρόπο κάποια χαρακτηριστικά που αφορούν τους εντομοπαθογόνους μύκητες στο σύνολό τους. Έτσι καταρχήν ταξινομούμε τους μύκητες με κριτήριο την κλάση και την τάξη στις οποίες τους συναντάμε. Αναφερόμαστε στην βιολογία αυτών των μυκήτων, στον τρόπο δράσης τους και στον τρόπο διασποράς τους. Επίσης παραθέτουμε πληροφορίες για το που συναντάμε τους εντομοπαθογόνους μύκητες, τι ρόλο έχουν σαν παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης και με ποίο τρόπο τους συναντάμε σε καλλιέργειες στα θερμοκήπια.

Στη συνέχεια αυτής της εργασίας, περιγράφονται συγκεκριμένα είδη εντομοπαθογόνων μυκήτων και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Η παρουσίαση των μυκήτων αυτών- ανάμεσα σε πολλά είδη που βρέθηκαν στην διεθνή κατά κύριο λόγο βιβλιογραφία- έγινε μετά από συστηματική μελέτη όλων των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν και κατόπιν επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα είδη. Κριτήριο για την αναλυτική παρουσίαση αυτών των μυκήτων ήταν η διαδεδομένη χρήση τους, το

γεγονός ότι τα είδη αυτά συγκεντρώνουν το ερευνητικό ενδιαφέρον, τα περισσότερα από αυτά είναι εμπορικά διαθέσιμα και το ότι οι ξενιστές αυτών των μυκήτων αφορούν και τα ελληνικά δεδομένα αφού είναι έντομα που συναντιούνται και στις ελληνικές καλλιέργειες. Τα είδη των μυκήτων με τα οποία ασχολείται αυτή η μελέτη είναι: *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *Lagenidium giganteum*, *Entomophaga maimaga*, *Entomophaga grylli*, *Entomophthora muscae* και *Pacecylomyces fumoroseus*.

Η παρουσίαση των παραπάνω μυκήτων γίνεται σε ξεχωριστά κεφάλαια για τα βιολογικά τους χαρακτηριστικά, τις συνθήκες ανάπτυξης και προσβολής, τον βιολογικό τους κύκλο, πώς μολύνουν συγκεκριμένα είδη ξενιστών, τον τρόπο εξάπλωσής τους, ποιοί μύκητες και με ποιόν τρόπο είναι εμπορικά διαθέσιμοι και η αποτελεσματικότητά τους. Η περιγραφή κάποιων πειραμάτων βοηθά στην κατανόηση όλων των παραπάνω χαρακτηριστικών.

Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες που μπορεί να συναντήσει κανείς αν παρακολουθήσει την διεθνή βιβλιογραφία και τις έρευνες που συνεχώς δημοσιεύονται στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων, είναι πάρα πολλοί και η διαδικασία αυτή έχει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Περιοριστήκαμε σε αυτά τα είδη για τους λόγους που προαναφέραμε και παραθέτουμε και μια σειρά άλλων ειδών της ίδιας κατηγορίας με απλή αναφορά για να δείξουμε πόσο μεγάλο και ιδιαίτερο είναι το κεφάλαιο των εντομοπαθογόνων μυκήτων.

Το τελευταίο, αλλά μεγάλης σημασίας στάδιο στην αλυσίδα παραγωγής ενός φυτοπροστατευτικού προϊόντος, είναι η τυποποίηση. Έτσι και οι εμπορικά διαθέσιμοι εντομοπαθογόνοι μύκητες περνούν από αυτή την διαδικασία. Χρησιμοποιούμε ξεχωριστό κεφάλαιο για να περιγράψουμε την διαδικασία της τυποποίησης γιατί την θεωρούμε πολύ σημαντική και σε μερικές περιπτώσεις καθοριστική για τη θέση που θα πάρει το προϊόν στην αγορά, και πόσο μάλλον όταν το προϊόν αυτό είναι βιολογικό.

Παρατηρήσαμε ότι στην Ελλάδα με το θέμα αυτό ασχολούνται ελάχιστοι επιστήμονες. Αυτό δυσκόλεψε πολύ την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής αφού έπρεπε να ανατρέχουμε συνεχώς σε ξένες πηγές και ο μεγαλύτερος όγκος της είναι προϊόν σχολαστικής μετάφρασης. Η εργασία μας ολοκληρώνεται με μια σειρά συμπερασμάτων που αφορούν τους εντομοπαθογόνους μύκητες σαν παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης. Όπως ξαναείπαμε, η διαδικασία της μελέτης όλων αυτών των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν είχε εξαιρετικό ενδιαφέρον. Σκοπός της εργασίας είναι να αναδείξει το θέμα αυτό σαν ένα θέμα πολύ σημαντικό κι ελπιδοφόρο στο κεφάλαιο της βιολογικής καταπολέμησης.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για την βιολογική καταπολέμηση σαν βιώσιμη εφαρμογή στη σύγχρονη γεωργία οφείλεται στον σταθερά αυξανόμενο αριθμό δημοσιεύσεων και αναφορών μιας σειράς προϊόντων βιολογικής καταπολέμησης που είναι σήμερα εμπορικά διαθέσιμα και είναι πετυχημένοι παράγοντες στην καταπολέμηση των παθογόνων των φυτών. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι που οδηγούν στο ενδιαφέρον για την βιολογική καταπολέμηση. Ένας λόγος είναι οι οικολογικοί κίνδυνοι που δημιουργούνται από την χρήση των χημικών φυτοφαρμάκων, η τοξικότητα τους στον άνθρωπο και γενικότερα όλες οι αρνητικές τους επιπτώσεις. Ένας άλλος σημαντικός λόγος είναι η μείωση της αποτελεσματικότητας της χημικής καταπολέμησης των παθογόνων λόγω της ανθεκτικότητας που εμφανίζουν ορισμένοι πληθυσμοί αυτών, και το οικονομικό κόστος που συνεπάγεται από την εμφάνιση της ανθεκτικότητας.

Οι φυσικοί εχθροί των εντόμων και ακάρεων περιλαμβάνουν έναν τεράστιο κατάλογο από αρπακτικά, παρασιτοειδή, παράσιτα και παθογόνα τα οποία έχουν προσαρμοστεί να χρησιμοποιούν αυτά τα αρθρόποδα σαν πηγή τροφής. Τα αρπακτικά παρασιτοειδή και παράσιτα φαίνεται να είναι κύριοι ρυθμιστές της ισορροπίας που υφίσταται στον κόσμο των εντόμων, στα πλαίσια του συνολικού κόσμου και φυσικά της ισορροπίας ανάμεσα στα έντομα και στον υπόλοιπο κόσμο.

Κάτω από κατάλληλες συνθήκες τα παθογόνα μπορούν να αναδειχθούν σε σημαντικούς παράγοντες ελέγχου των ισορροπιών. Η έρευνα έχει να επιδείξει πάρα πολλά αναφορικά με τα ωφέλιμα έντομα. Ήδη προγράμματα Βιολογικής και Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης καταρτίζονται και εφαρμόζονται βασισμένα στα ωφέλιμα έντομα. Αντίθετα, με τα παθογόνα δεν συμβαίνει το ίδιο. Λίγα προϊόντα είναι διαθέσιμα για εφαρμογή εξ αιτίας κυρίως των προβλημάτων που δημιουργούνται λόγω της ιδιαιτερότητας και της μη υψηλής αποτελεσματικότητας που συμβαίνει πολλές φορές όταν οι συνθήκες για αυτά δεν είναι ιδανικές.

Παθογόνα των εντόμων είναι οι μύκητες, τα βακτήρια, οι ιοί, τα πρωτόζωα και οι νηματώδεις. Μεταξύ των μικροοργανισμών οι μύκητες φαίνεται να είναι τα πιο κοινά αλλά και πιο σημαντικά παθογόνα. Τα βακτήρια είναι λιγότερο σημαντικά σαν παράγοντες Βιολογικής καταπολέμησης και ακόμα λιγότερο οι ιοί. Οι εντομοπαθογόνοι νηματώδης φαίνεται να είναι ένα αρκετά υποσχόμενο κεφάλαιο της βιολογικής και ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

Οι μύκητες προσβάλλουν το ξενιστή τους, σχεδόν πάντα, με απευθείας διάτρηση του εξωσκελετού ενώ οι ιοί και τα βακτήρια εισάγονται με την λήψη της τροφής για να δράσουν δια μέσου των εντερικών τοιχωμάτων. Επιδερμικές πληγές είναι μια εναλλακτική λύση εισόδου για όλους τους εντομοπαθογόνους μικροοργανισμούς.

Οι μύκητες είναι οι μόνοι σημαντικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί των Ημίπτερων ενώ τα βακτήρια έχουν καλές δυνατότητες εφαρμογής στις προνύμφες των Λεπιδοπτέρων. Οι ιοί, τα μικροσπορίδια και οι νηματώδης συμβάλλουν σημαντικά στην διατήρηση των ισορροπιών στη φύση, αλλά η οικονομική τους συμβολή υπολείπεται αυτή των μυκήτων και βακτηρίων. Επί του παρόντος, κυρίαρχη θέση στην αγορά για τον έλεγχο επιβλαβών εντόμων έχουν τα σκευάσματα που στηρίζονται στον *Bacillus thuringiensis*.

Υπάρχουν πολλές κατηγορίες βιολογικών παραγόντων καταπολέμησης που έχουν δράση ενάντια σε κάθε βασικό τύπο παθογόνου. Προς το παρόν τα παρασιτικά έντομα φαίνεται να είναι οι βασικοί παράγοντες των προγραμμάτων βιολογικής

καταπολέμησης σήμερα. Όμως ένας συνεχώς αυξανόμενος αριθμός παρασιτικών και παθογόνων νηματωδών, πρωτόζωων, βακτηρίων, ιών, και μυκήτων ερευνώνται σαν πιθανά όπλα βιολογικής καταπολέμησης. Τα βακτήρια και οι μύκητες έχουν αισθητά πλεονεκτήματα όπως η ευκολία καλλιέργειας τους με σκοπό την τυποποίηση και η ευκολία κατά την εφαρμογή τους. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν το πλεονέκτημα της ταχείας αναπαραγωγής μέσα ή πάνω στο παθογόνο-ξενιστή και της περαιτέρω διάδοσης τους στο φυσικό περιβάλλον. Ανάλογα με την περίπτωση το σκεύασμα μπορεί να χρειάζεται επαναληπτική εφαρμογή αλλά η ιδανική κατάσταση θα ήταν το βιοφυτοφάρμακο να παρέμενε από μόνο του σε επίπεδα τέτοια ώστε το παθογόνο-ξενιστής να περιοριζόταν στο επιθυμητό σημείο.

Η απόδοση ενός βιολογικού παράγοντα καταπολέμησης είναι περισσότερο εξαρτώμενη από την διακύμανση των κλιματολογικών συνθηκών συγκριτικά με τα συμβατικά φυτοφάρμακα. Επομένως ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στο χρόνο εφαρμογής ενός παράγοντα βιολογικής καταπολέμησης ώστε να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητά του.

2. Ιστορικά

Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες τράβηξαν την προσοχή των ερευνητών από τις αρχές του 19ου αιώνα. Η αιτία για τις πρώτες μελέτες των μυκήτων αυτών, ήταν μεταξοσκώληκες οι οποίοι εντοπίστηκαν μολυσμένοι. Σημαντική ήταν η συμβολή του Mechnikoff στη Ρωσία (1879) χρησιμοποιώντας τον εντομοπαθογόνο μύκητα *Metarhizium anisopliae* για την καταπολέμηση του *Anisoplia austriaca*(εικ.1) Coleoptera:Scarabaeidae.

Στη συνέχεια ο Krassiltschik στο πανεπιστήμιο της Οδησσού, χρησιμοποίησε την μέθοδο του Metchnikoff και μετά από παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα спорίων του μύκητα χρησιμοποίησε το υλικό αυτό για καταπολέμηση διαφόρων εντόμων. Την ίδια σχεδόν εποχή και στις Η.Π.Α ερευνητές ασχολήθηκαν με μύκητες παθογόνους των εντόμων όπως ο Snow, ο Forbes και ο Thaxter και ασχολήθηκαν ιδιαίτερα με τις οικογένειες Entomophthorales και Laboulbeniales.

Όπως και για τους άλλους εντομοπαθογόνους μικροοργανισμούς (βακτήρια ιοί κ.α) οι μύκητες αποτέλεσαν αντικείμενο συστηματικής έρευνας κατά και μετά τον 2ο παγκόσμιο πόλεμο. Στα ειδικά εργαστήρια που δημιουργήθηκαν τότε σε Ευρώπη και Η.Π.Α για την μελέτη θεμάτων μικροβιολογίας και παθολογίας εντόμων καθώς και μικροβιακής καταπολέμησης, είχαν οργανωθεί και τμήματα εντομοπαθογόνων μυκήτων όπου εκτελέστηκαν πρωτοποριακές εργασίες στα θέματα αυτά, με στόχο πάντα τη χρησιμοποίηση παθογόνων μυκήτων για την καταπολέμηση εχθρών των καλλιεργειών.



Εικόνα 1. ενήλικο του *Anisoplia austriaca*

3. Ταξινόμηση εντομοπαθογόνων μυκήτων

Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες κατατάσσονται στις κλάσεις Zygomycetes (Entomophthorales), Ascomycetes (Pyrenomycetous) και στις ατελείς τους μορφές, τους Deuteromycetes (Hyphomycetes) (Roberts and Humber 1981) όπως επίσης και στις Chytridiomycota και Oomycota, οι οποίες πρόσφατα ταξινομήθηκαν στους μύκητες.

Τα περισσότερα από τα γένη των εντομοπαθογόνων μυκήτων που συναντάμε και ύστερα από εργαστηριακή μελέτη και ταυτοποίηση, ανήκουν είτε στην τάξη των Entomophthorales της κλάσης Zygomycota, είτε στην τάξη Hyphomycetes της κλάσης Deuteromycota. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι οι μυκητιακές μολύνσεις μπορούν να εντοπιστούν και σε άλλα αρθρόποδα, όπως σε είδη εντόμων τα οποία δεν αποτελούν εχθρούς των καλλιεργούμενων φυτών.

3. 1 Γενική βιολογία των εντομοπαθογόνων μυκήτων.

Οι περισσότεροι εντομοπαθογόνοι μύκητες, αν όχι όλοι, έχουν κύκλο ζωής ο οποίος συγχρονίζεται με τα στάδια της ζωής των εντόμων ξενιστών τους και με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Παρακάτω θα κάνουμε μια προσπάθεια να εντοπίσουμε τις διαφορές ανάμεσα στους Hyphomycetes και τους Entomophthorales και να βρούμε κάποιες γενικές αρχές που διέπουν τις τάξεις αυτές. Όπως όμως συμβαίνει πάντα, όταν έχουμε γενικές αρχές, έχουμε και εξαιρέσεις. Έτσι μπορεί να συναντήσουμε ομογενείς ομάδες μυκήτων που να έχουν χαρακτηριστικά από δύο ή και παραπάνω διαφορετικών ομάδων. Κάποια είδη, ή και συγκεκριμένες απομονώσεις μπορεί να έχουν διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με τον κανόνα. Για παράδειγμα, τα είδη των εντόμων ξενιστών, το επίπεδο μόλυνσης, το ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων του μύκητα και η ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης, είναι χαρακτηριστικά που μπορεί να ποικίλουν ανάμεσα στα είδη ή και σε διαφορετικά άτομα του ίδιου είδους.

Τα μέλη των Hyphomycetes, γενικά θεωρούνται ότι είναι ισχυρά παθογόνα και ότι έχουν μεγάλο εύρος εντόμων-ξενιστών. Ο θάνατος των ξενιστών συνδέεται με την παραγωγή τοξινών, από την μεριά των μυκήτων, τις οποίες ο αμυντικός μηχανισμός των εντόμων δεν μπορεί να αντιμετωπίσει. Άλλες ομάδες μυκήτων αναπτύσσουν διαφορετικούς μηχανισμούς μόλυνσης. Για παράδειγμα, η μόλυνση και η νέκρωση των εντόμων-ξενιστών από παθογόνο των Entomophthorales, λαμβάνει χώρα μέσω της εμφάνισης και δραστηριοποίησης αποικιών του μύκητα, με την παρουσία μικρής ποσότητας, ή ακόμα και την παντελή απουσία τοξινών.

Ένα από τα καλύτερα παραδείγματα υψηλής ανάπτυξης παθογένειας των μυκήτων της οικογένειας των Entomophthorales, είναι το έντομο *Strongwellia castans*, το οποίο προσβάλλει πεταλούδες και είναι ξενιστής των Entomophthorales. Η μόλυνση σε αυτήν την περίπτωση, δεν γίνεται με την σίτιση του μύκητα από το έντομο, ούτε μέσα από την κίνηση και την άμεση επαφή. Τα κονίδια του μύκητα εξαπολύονται, "αδειάζουν", διασκορπίζονται στην κοιλιακή χώρα του μολυσμένου εντόμου και παραμένουν εκεί για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα πριν προκαλέσουν τον θάνατο στο έντομο.

Γενικά οι Entomophthorales, αναπτύσσουν βιοτροφικές σχέσεις με τα έντομα-ξενιστές τους και εμφανίζουν μικρή έως καθόλου σαπροφυτική συμπεριφορά. Οι Hyphomycetes έχουν κυρίως ημιβιοτροφικές σχέσεις με τα έντομα-ξενιστές, με καλά ορισμένα τα παρασιτικά στάδια και περνούν στην σαπροφυτική φάση με τον θάνατο των ξενιστών.

Η βάση του εντομοπαθογόνου τρόπου ζωής θεωρείται, από πολλούς επιστήμονες, ότι βρίσκεται σε ένα κοινό σαπροφυτικό οργανισμό-πρόγονο, που ζούσε στο έδαφος και στα φύλλα και εξελίχθηκε ανάλογα.

Τα είδη των Hyphomycetes, χωρίζονται σε αγενή(asexual, anamorph) και εγγενή(sexual, teleomorph). Όλα τα γνωστά γένη των εντομοπαθογόνων Hyphomycetes, έχουν προέλευση από teleomorph οργανισμούς και τα στάδια του βιολογικού τους κύκλου μπορεί να προσαρμόστηκαν και να απλοποιήθηκαν στις συνθήκες αγρού, εξαιτίας της υπεραφθονίας σε έντομα ξενιστές (Evans 1994). Η απουσία φυλετικού σταδίου σε κάποια είδη των Hyphomycetes, όπως του *Syngliacladium acridiorum*, που εντοπίστηκε στην Αφρική, μπορεί να προκλήθηκε από την ανάγκη προσαρμογής του μύκητα στις βίαιες αλλαγές της περιοχής, που ήταν η αποψίλωση, η εκδάσωση και η ερήμωσή της.

3.2 Προσβολή και μετάδοση

Τα αγενώς παραγόμενα μυκητιακά σπόρια ή κονίδια, είναι γενικώς υπεύθυνα για τις μολύνσεις, μέσω της διασποράς τους στο περιβάλλον από τα έντομα ξενιστές στα οποία υπάρχουν. Όταν τα κονίδια έρχονται σε επαφή με την επιδερμίδα ενός κατάλληλου ξενιστή, εκεί εγκαθίστανται και αναπαράγονται. Ξεκινούν τότε διαδοχικά, την αναγνωριστική και ενζυμική δραστηριότητα, που είναι διαδικασίες που γίνονται και από την πλευρά των ξενιστών και από την πλευρά του μυκητιακού παράσιτου. Η εισβολή του μύκητα στο σώμα του εντόμου και στο κυκλοφορικό του σύστημα (αιμόλεμφο) λαμβάνει χώρα από την στιγμή που ο μύκητας περνάει από την επιδερμίδα του εξωσκελετού του εντόμου. Η δομή και διαδικασία της εισβολής του μύκητα στο έντομο, είναι παρόμοια με αυτή των φυτοπαθογόνων.

Οι υφές που παράγουν οι μύκητες εξαπλώνονται εκτός του εντόμου προκειμένου να τραφούν. Οδηγούν έτσι το έντομο στον θάνατο από φυσιολογική λιμοκτονία 3 με 7 μέρες μετά την προσβολή. Κάποια εντομοπαθογόνα είδη μυκήτων αρχικά παράγουν πλήρως ανεπτυγμένους πρωτοπλάστες που τους χρησιμοποιούν για να κρύψουν την παρουσία τους, προκειμένου να μην εντοπίζονται από τα αιμοκύτταρα των εντόμων.

Με τον θάνατο του ξενιστή, οι μύκητες εξέρχονται του νεκρού σώματος και ξεκινούν να αναπαράγουν σπόρια και κονίδια, εκτός πια του εντόμου. Η σποροπαραγωγή μπορεί να λάβει χώρα και εσωτερικά του εντόμου, όταν η ατμοσφαιρική υγρασία εμποδίζει την εξωτερική σποροπαραγωγή. Για παράδειγμα, στην Δ. Αφρική, η ακρίδα που μολύνθηκε από τον μύκητα *Metarhizium anisopliae* var *acridium*(=*M. flavoviridae*), παρουσίασε σποροπαραγωγή στην εσωτερική επιφάνεια του νεκρού εντόμου.

Όταν έχουμε προσβολή από είδος της οικογένειας Entomophthorales, τα νεκρά έντομα προσκολλώνται στο φύλλωμα μέσω μυκητιακών ριζοειδών τα οποία αναδύονται από την κοιλιακή επιφάνεια ή από τα στοματικά μέρη του νεκρού εντόμου. Ειδικές προσκολλητικές δομές καθιστούν βέβαιο το ότι ο μύκητας παραμένει στο περιβάλλον των ξενιστών για περαιτέρω μετάδοση και επαναμόλυνση.

3.3 Διασπορά των κονιδίων

Τα κονίδια των Hyphomycetes όπως του *Metarhizium* και *Beauveria* είναι υδρόφοβα και μεταδίδονται παθητικά από τα νεκρά έντομα. Τα κονίδια των Entomophthorales, είναι ενεργά κάτω από υδροστατική πίεση, με εξαίρεση τον μύκητα *Massospora spp.* Η μετάδοσή τους γίνεται με τον άνεμο ή και με άλλα

έντομα. Αν τα πρωτογενή κονίδια των Entomophthorales, αποτύχουν να βρουν κατάλληλο υπόστρωμα ξενιστή όπου και θα αναπαραχθούν, τότε τα περισσότερα από τις μεγαλύτερες σειρές κονίδια που παραμένουν ενεργά, ή δευτερογενή κονίδια από παθητική μετάδοση (capilliconidia) γεννιούνται σε μεγάλους μίσχους (capillioconodiphores). Υπάρχουν γένη, όπως ο *Neorygites spp*, που τα πρωτογενή κονίδιά του δεν είναι μολυσματικά, αλλά βοηθούν στην εξάπλωση του μύκητα και το μολυσματικό στάδιο είναι τα δευτερογενή κονίδια, που παράγονται στις κονιδιοφόρους που περιγράψαμε πριν. Τέλος σε κάποια είδη Entomophthorales, έχουμε παραγωγή κονιδίων όσο το έντομο-ξενιστής είναι ακόμα ζωντανό.

Ακολουθεί ένας πίνακας (πίνακας 1) με την ταξινόμηση των σημαντικότερων εντομοπαθογόνων μυκήτων.

Πίνακας 1 Οι σημαντικότεροι εντομοπαθογόνοι μύκητες

Υποδιαίρεση	Κλάση	Τάξη	Γένος
Mastigomycotina	Chytridiomycetes	Chytridiales	<i>Coelomycidium</i>
			<i>Myiophagus</i>
	Chytridiomycetes	Blastocladales	<i>Coelomyces</i>
	Oomycetes	Lagenidiales	<i>Lagenidium</i>
	Oomycetes	Saprolegniales	<i>Leptolegnia</i>
			<i>Couchia</i>
Zygomycotina	Zygomycetes	Murocales	<i>Sporodiniella</i>
	Zygomycetes	Entomophthorales	<i>Conidiobolus</i>
			<i>Entomophaga</i>
			<i>Entomophthora</i>
			<i>Erynia</i>
			<i>Massospora</i>
			<i>Meristacrum</i>
			<i>Neozygites</i>
Ascomycotina	Hemiascomycetes	Endomycetales	<i>Blastodendron</i>
			<i>Metschnikowia</i>
			<i>Mycoderma</i>
			<i>Saccharomyces</i>
	Plectomycetes	Ascospaerales	<i>Ascospaera</i>
	Pyrenomycetes	Sphaeriales	<i>Cordyceps</i>
			<i>Torrubiella</i>
			<i>Nectria</i>
			<i>Hypocrella</i>
			<i>Calonectria</i>

	Laboulbeniomyces	Laboulbeniales	<i>Filariomyces</i>
			<i>Hesperomyces</i>
			<i>Trenomycetes</i>
	Loculoascomycetes	Myriangiales	<i>Myriangium</i>
	Loculoascomycetes	Pleosporales	<i>Podonectria</i>
Deuteromycotina			<i>Akanthomyces</i>
			<i>Aschersonia</i>
	Deuteromycetes	Moniliales	<i>Beauveria</i>
			<i>Culicinomyces</i>
			<i>Engyodontium</i>
			<i>Fusarium</i>
			<i>Gibellula</i>
			<i>Aspergillus</i>
			<i>Hirsutella</i>
			<i>Hymenostilbe</i>
		Hyphomycetes	<i>Metarhizium</i>
			<i>Nomuraea</i>
			<i>Paecilomyces</i>
			<i>Paraisaria</i>
			<i>Pleurodesmospora</i>
			<i>Polycphalomyces</i>
			<i>Pseudogibellula</i>
			<i>Sososporella</i>
			<i>Sporothrix</i>
			<i>Stibella</i>
			<i>Tetranacrium</i>
			<i>Tilachlidium</i>
			<i>Tolypockadium</i>
	Deuteromycetes	Moniliales	<i>Verticillium</i>
Mecelia sterillia			<i>Aegerita</i>
Basidiomycotina	Phragmobasidiomycetes	Septobasidiales	<i>Filobasidiella</i>
			<i>Septobasidium</i>
			<i>Uredinella</i>

Από McCoy et al. 1988 and Samson et al. 1988

4. Δράση των εντομοπαθογόνων μυκήτων

4.1 Οι μύκητες ως βιολογικοί παράγοντες καταπολέμησης

Οι μυκητολογικές ασθένειες είναι κοινές και ευρέως διαδεδομένες μεταξύ των εντόμων. Συχνά εντομολογικοί πληθυσμοί αποδεκατίζονται από θεαματικές επιζωοτίες. Ουσιαστικά όλες οι τάξεις των εντόμων είναι ευαίσθητες σε μυκητολογικές ασθένειες. Όμως είναι τα σημαντικότερα παθογόνα μεταξύ των μυζητικών εντόμων επειδή αυτά δεν μπορούν να εισάγουν παθογόνα βακτήρια τα οποία δρουν μέσω των εντερικών τοιχωμάτων, λόγω του τρόπου λήψης της τροφής. Αντίθετα οι προνύμφες Λεπιδοπτέρων, λόγω του τρόπου λήψης της τροφής μπορούν να εισάγουν παθογόνα βακτήρια τα οποία θα δράσουν στο στομάχι.

Οι μύκητες είναι πολύ σημαντικοί όσον αφορά τα κολεόπτερα. Ιολογικές και βακτηριολογικές ασθένειες είναι σπάνιες μεταξύ των ειδών αυτής της τάξης. Εντομοπαθογόνοι μύκητες συναντιούνται σε έντομα που ζουν σε διαφορετικές κατοικίες όπως φρέσκο νερό, έδαφος, επιφάνεια εδάφους και εναέριες τοποθεσίες. Σήμερα είναι γνωστά πάνω από 700 είδη μυκήτων που προκαλούν ασθένειες σε έντομα. Οι μύκητες μολύνουν διαφορετικά είδη εντόμων τα οποία ανήκουν σε όλες τις τάξεις. Σε μερικές τάξεις τα ανήλικα στάδια μολύνονται συχνότερα σε σχέση με τα ενήλικα, ενώ σε κάποιες άλλες τάξεις μπορεί να συμβαίνει το αντίθετο. Το νυμφικό στάδιο προσβάλλεται σπάνια όπως επίσης και το στάδιο του αυγού. (Tanada and Kaya 1993)

4.2 Οι μύκητες ως παθογόνα.

Οι μύκητες εισβάλλουν στο ζωντανό σώμα του ξενιστή-ανώτερου φυτού, μύκητα ή ζώου. Αυτοί οι μύκητες τρέφονται και αναπαράγονται πάνω στον ξενιστή εις βάρος του. Η ζημιά που κάνουν ορισμένοι μύκητες δεν είναι αξιοσημείωτη. Η πλειονότητα τους προκαλούν φυσιολογικές ζημιές, αυτοί ονομάζονται παθογόνοι. Επηρεάζουν την υγεία του ξενιστή, προκαλώντας συμπτώματα ασθένειας που συνοδεύονται από αλλαγές στη λειτουργία και μορφολογία του οργανισμού ξενιστή.

Μερικοί μύκητες είναι κυρίως σαπροφυτικοί αλλά μπορούν να γίνουν παρασιτικοί κάτω από ορισμένες συνθήκες, αυτοί είναι τα κανονικά παράσιτα. Γενικά οι μύκητες δεν είναι πολύ εξειδικευμένοι ως παθογόνα αλλά είναι συχνά πολύ τοξικοί, προκαλώντας ταχύ θάνατο στους ξενιστές τους. Σε αντίθεση, άλλοι μύκητες είναι υποχρεωτικά παράσιτα και τρέφονται και αναπαράγονται αποκλειστικά σε συγκεκριμένους οργανισμούς. Στα πλαίσια του βιολογικού ελέγχου οι στόχοι των παθογόνων μπορεί να είναι ζιζάνια, νηματώδεις, άλλοι μύκητες και έντομα.

4.3 Οι μύκητες ως παθογόνα των εντόμων

Ένας μεγάλος αριθμός μυκήτων μολύνει τα έντομα και τα μικρά αρθρόποδα όπως οι αράχνες. Αυτοί οι μύκητες ονομάζονται εντομοπαθογόνοι. Σαν τους φυτοπαθογόνους μύκητες, οι εντομοπαθογόνοι, μπορούν να επιτεθούν και να προσβάλουν ένα έντομο. Γενικά μετά την εισαγωγή του μύκητα στο εσωτερικό του εντόμου, ο μύκητας παράγει τοξικούς μεταβολίτες που σκοτώνουν αυτό το έντομο-ξενιστή. Μυκήλια τότε αναπτύσσονται εισβάλλοντας στην ουσία σε όλα τα όργανα του ξενιστή που κορυφώνεται με την παραγωγή μολυσμάτων και εκτός του ξενιστή. Όπως τα φυτά έτσι και τα έντομα για να μολυνθούν πρέπει να βρεθούν στις

κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες ιδιαίτερα στις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

4. 4 Χρήση των μυκήτων στον έλεγχο των εντόμων στα θερμοκήπια

Το θερμοκήπιο παρέχει ένα σχεδόν ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή των εντόμων. Συνήθως υπάρχει σε αρκετά καλά επίπεδα τροφή, θερμοκρασία και υγρασία. Αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, τα καλλιεργούμενα προϊόντα θα έχουν μια ποικιλία εντομολογικών προσβολών και αυτό αργά ή γρήγορα οδηγεί στη μείωση της παραγωγής ή ακόμα και στην καταστροφή.

Η πρόθεση για προστασία των καλλιεργειών από τους εχθρούς σήμανε και την εξάπλωση των εντομοκτόνων. Λόγω του γρήγορου πολλαπλασιασμού αυτών των εχθρών στις συνθήκες θερμοκηπίου δημιουργήθηκαν φυλές ανθεκτικές σε μια σειρά εντομοκτόνων που αναπτύχθηκαν, οδηγώντας στην αδυναμία ελέγχου διαφόρων εντόμων. Αυτό συνέβη ειδικά τόσο στον τετράνυχο *Tetranychus urticae* όσο και στον Αλευρώδη των θερμοκηπίων *Trialeurodes vaporariorum* και σε μικρότερο επίπεδο στις αφίδες.

Ο ρυθμός ανάπτυξης ανθεκτικότητας στα χημικά εντομοκτόνα από ορισμένα έντομα μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλός. Την χρονιά που τα πυρεθροειδή εντομοκτόνα εισήχθηκαν στην Αγγλία για να ελέγξουν τον αλευρώδη του θερμοκηπίου στην καλλιέργεια τομάτας, πολλοί καλλιεργητές ανέφεραν την ανάγκη να εφαρμόζουν μεγαλύτερες δόσεις στο τέλος της τετράμηνης καλλιεργητικής περιόδου. Άλλες πηγές αναφέρουν ότι η καταπολέμηση του αλευρώδη σε πολλές περιοχές μπορεί να απαιτεί, ακόμα και περισσότερο από 2000 φορές πυρεθροειδή για να επιτευχθούν ανάλογα αποτελέσματα όταν το εντομοκτόνο αυτό είχε χρησιμοποιηθεί πρώτη φορά 3 χρόνια πριν. Σε αντίθεση η χρήση ισχυρότερων εντομοκτόνων είχε δημιουργήσει προβλήματα φυτοτοξικότητας.

Η αναζήτηση νέων παραγόντων βιολογικού ελέγχου στο θερμοκήπιο έχει καλυφθεί από μια σειρά αρπακτικών, παθογόνων νηματωδών, βακτηρίων, μυκήτων και ιών. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι εντομοπαθογόνοι μύκητες.

Ο παράγοντας που έκανε τα θερμοκήπια ελκυστικά ως αναφορά την καταπολέμηση των εντόμων με μύκητες ήταν η δυνατότητα ελέγχου των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας μέσα στην καλλιέργεια. Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες συνήθως έχουν υψηλότερη σχετική υγρασία και υψηλότερη μέση νυκτερινή θερμοκρασία συγκριτικά με τις υπαίθριες καλλιέργειες, στην ίδια περιοχή. Επίσης στα σύγχρονα θερμοκήπια υπάρχει η δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης των κλιματολογικών συνθηκών, της θρέψης και της άρδευσης των φυτών. Κατά συνέπεια οι μύκητες δεν περιορίζονται από τις διακυμάνσεις αυτές.

Το περιβάλλον του θερμοκηπίου διατηρεί την άριστη ανάπτυξη των φυτών. Σχεδόν καμία αλλαγή δεν χρειάζεται να γίνει έτσι ώστε να ταιριάζει με το περιβάλλον ενός εντομοπαθογόνου μύκητα. Για παράδειγμα είναι δυνατόν η άρδευση να γίνεται με τεχνητή βροχή, με αυτόν τον τρόπο δίνεται άφθονο νερό το οποίο ενισχύει την ανάπτυξη του μύκητα. Στα χρυσάνθεμα η κανονική πρακτική εφαρμογή στο θερμοκήπιο ευνοεί τους μύκητες, γιατί τα φυτά συνήθως καλύπτονται με ένα μαύρο προπέτασμα για 10 με 12 ώρες την ημέρα με σκοπό τον έλεγχο της άνθισης. Αυτή η πρακτική αυξάνει την υγρασία.

4.5 Επιζωοτία

Η ανάπτυξη μιας προσβολής από ένα παθογόνο στον πληθυσμό ενός εντόμου ξενιστή πέρα από τα συνηθισμένα όρια και σε ποσοστό ώστε να επηρεάζει την πληθυσμιακή διακύμανση του εντόμου-ξενιστή στο συγκεκριμένο περιβάλλον, χαρακτηρίζεται σαν επιζωοτία. Θερμοκρασίες 20-30°C και υγρασίες πάνω από 90% με αφθονία ατόμων του ξενιστή, πιθανότατα θα οδηγήσει σε επιζωοτολογία ή ύπαρξη ενός ικανού παθογόνου. Επιζωοτολογίες έχουν αναφερθεί και σε υγρασίες της τάξης του 50-60%, καθώς και πιο χαμηλές θερμοκρασίες.

Εκτός από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την πυκνότητα του ξενιστή, η παθογόνος δύναμη του παθογόνου, η ικανότητά του να αναπτύσσεται σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, η ικανότητά του να αναπτύσσεται ταχύτατα ξεπερνώντας την αντίσταση του ξενιστή και να παράγει υψηλούς αριθμούς κονιδίων, η ικανότητα επιβίωσης καθώς και η ικανότητά του να διαδίδεται επηρεάζουν καθοριστικά την ανάπτυξη, εξέλιξη και συνολική έκβαση της επιζωοτίας.

Μολυσματικότητα, είναι η ικανότητα του παθογόνου να προκαλεί μόλυνση, ενώ παθογόνος δύναμη είναι η ικανότητά του να προκαλεί ασθένεια.

Στα πλαίσια της μικροβιακής και ολοκληρωμένης καταπολέμησης των εντόμων, η διασπορά-διάδοση της ασθένειας είναι ένας σημαντικός παράγοντας. Η διασπορά μολυσματικών αναπαραγωγικών μορφών σε έναν νέο ξενιστή αποτελεί ένα επικίνδυνο μέρος του βιολογικού κύκλου του μύκητα. Η διαδικασία παραγωγής σπορίων, η εκτίναξη στο περιβάλλον και διασπορά, η επιβίωση και βλάστηση έχουν να κάνουν άμεσα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Επειδή η πλειοψηφία των παραγόμενων σπορίων δεν επιβιώνει, παράγονται τεράστιοι αριθμοί σπορίων σε κάθε νέο ξενιστή.

Οι Shimazu and Soper(1988), αναφέρουν ότι $2,6 \times 10^6$ κονίδια του εντομοπαθογόνου μύκητα *Entomophaga maimaga* ανά 5^{ου} σταδίου προνύμφες του εντόμου *Lymontria dispar*, παράγονται στους 15°C. Οι παράγοντες που ελέγχουν και επηρεάζουν την παραγωγή σπορίων καθώς και οι λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα στην όλη διαδικασία, δεν είναι ιδιαίτερα γνωστοί. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο θάνατος του ξενιστή φαίνεται απαραίτητος για να ακολουθήσει η σποροπαραγωγή του μύκητα, ενώ πολλά είδη παράγουν σπόρια στην διάρκεια της θανάτωσης του ξενιστή, πιθανότατα επειδή η υγρασία είναι υψηλότερη.

Μετά την παραγωγή και απελευθέρωσή τους τα σπόρια θα πρέπει να επιζήσουν έως ότου έρθουν σε επαφή με έναν νέο ξενιστή. Η υψηλή θερμοκρασία, η αφυδάτωση και η ηλιακή ακτινοβολία είναι οι σημαντικότερες αιτίες θνησιμότητας των σπόρων. Τα κονίδια που έχουν μικρή διάρκεια ζωής και ευαισθησία στις χαμηλές υγρασίες, θεωρούνται από πολλούς ακατάλληλα για βιολογικό έλεγχο.

5. Τυποποίηση εντομοπαθογόνων μυκήτων

5.1 Εμπορικά σκευάσματα και τρόποι εφαρμογής

Η τυποποίηση έχει αναγνωριστεί ως ένα σημαντικό στοιχείο για την εμπορική επιτυχία των εντομοκτόνων μυκήτων και αποσκοπεί:

- στη βελτίωση της κάλυψης της φυτικής επιφάνειας με το ψεκαστικό υγρό (συμπεριλαμβανομένης και της μεταφοράς - στόχευσης- αυτού σε μικροεστίες προσβολής των επιβλαβών ειδών)
- στην αύξηση της ασφάλειας(μείωση εισπνοής της σκόνης, ερεθισμού των ματιών)
- στην βελτίωση και απλούστευση του χειρισμού
- στη βελτίωση της σταθερότητας αποθήκευσης(ιδιαίτερα σε μέτριες έως ψηλές θερμοκρασίες)
- στη βελτίωση της σταθερότητας στον αγρό(ιδιαίτερα στην έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία) και
- στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας(ιδιαίτερα στη μείωση των υγρασιακών απαιτήσεων του περιβάλλοντος).

Οι μύκητες μπορούν να εφαρμοστούν απ' ευθείας στα έντομα στόχους, ως βρέξιμες σκόνες, γαλακτώματα ή σκόνες, καθώς επίσης βελτιωμένοι(τροποποιημένοι) ως δολώματα ή παγίδες ή μπορούν να ενσωματώνονται στο έδαφος.

Οι μορφές αυτές τυποποίησης(εικ.2) είναι απαραίτητες για την προστασία των βιολογικών παραγόντων από ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος (θερμοκρασίας και υγρασίας) καθώς και για την παροχή προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία του φωτός και την ακόλουθη αποξήρανση και αφυδάτωσή τους.

Τα εντομοπαθογόνα μπορούν να εφαρμοστούν σε συνθήκες αγρού, σε σκευάσματα ελαίου με ψεκασμό υπέρμικρου όγκου ώστε ν' αυξηθεί η αποτελεσματικότητά τους και να προστατευθούν από την φωτοχημική διάσπαση που υφίστανται από το υπεριώδες φως. Παρεμποδιστές του φωτός (άργιλος) και ουσίες που απορροφούν το συστατικό Β του υπεριώδους φωτός (Tinopal) μπορούν να προστεθούν στις συσκευασίες του μολύσματος ή στην ενσωμάτωση των βιολογικών παραγόντων σε μικροκάψουλες αμύλου για ν' αυξήσουν την επιβίωση και την διάρκεια ζωής των εντομοπαθογόνων μυκήτων κατά την αποθήκευσή τους.

Σημαντικός παράγοντας των μυκητολογικών παθογόνων των αρθρόποδων αποτελεί η ανάγκη σταθερής επαφής τους με το στόχο-ξενιστή, η οποία διασφαλίζεται με την επίτευξη ακριβούς τοποθέτησης και καλής προσκόλλησής τους, καθώς και η ανάγκη για επαρκή παρουσία νερού ή υψηλή υγρασία για την βλάστηση των σπορίων.

Μια πρόσφατη, σημαντική εξέλιξη αποτέλεσε η χρήση ελαίων ως διαλυτών. Τα έλαια είναι ιδιαίτερα συμβατά με τα λιποδιαλυτά κονίδια καθώς επίσης και με το σύστημα του εξωσκελετού των εντόμων και της επιδερμίδας της φυλλικής επιφάνειας. Η συμβατότητα αυτή μειώνει ή και εξαλείφει την ανάγκη για διαβρεκτικές, επιφανειοδραστικές ή εξαπλωτικές ουσίες/παράγοντες. Τα έλαια είναι περισσότερο αποτελεσματικοί φορείς για εφαρμογές χαμηλού όγκου απ' ότι το νερό, που εξατμίζεται γρήγορα όταν εφαρμόζεται σαν λεπτές σταγόνες. Η τυποποίηση σε



Εικόνα 2. Μορφές τυποποίησης εντομοπαθογόνων μυκήτων

έλαια βελτίωσε σημαντικά την σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες των κονιδίων του *B.bassiana*. Τα σκευάσματα με έλαια παρακάμπτουν τα προβλήματα εισπνοής της σκόνης που σχετίζονται με ορισμένες βρέξιμες σκόνες, ιδιαίτερα απλών σκονών που βασίζονται στην άργιλο.

Ένα μίγμα φυτικών ελαίων, φυτικών υδατανθράκων και πρωτεϊνών αναπτύχθηκε για την τυποποίηση κονιδίων των μυκήτων που παράγουν υφές. Υποστηρίχθηκε ότι αύξησε την επαφή μεταξύ του μύκητα και του εντόμου-ξενιστή, δρώντας ως διεγερτικό της τροφικής δραστηριότητας. Επίσης, τα έλαια έχουν τα ίδια, εντομοκτόνες ιδιότητες, αν και δεν έχει αποδειχθεί πλήρως κάποια σημαντική αύξηση στην μολυσματική(παθογόνο) ικανότητα του εντομοπαθογόνου παράγοντα υπο συνθήκες αγρού.

5. 2 Εμπορικά διαθέσιμοι εντομοπαθογόνοι μύκητες

Οι μύκητες που δοκιμάστηκαν περισσότερο ως βιολογικοί παράγοντες εναντίων εντόμων είναι ο *Verticillium lecanii* για την καταπολέμηση αφίδων, ο *Beauveria bassiana* εναντίων αλευρωδών, ακρίδων και κολεοπτέρων. Οι *Metarhizium flavoviridae* και *M.anisopliae* εναντίων ακρίδων ο *Lagenidium giganteum* για την καταπολέμηση προνυμφών διπτέρων και ο *Paecilomyces fumosoroseus*, για την καταπολέμηση του αλευρώδη του θερμοκηπίου (*Trialeurodes vaporariorum*)(εικ.3). Οι μύκητες μπορούν να εφαρμόζονται απ' ευθείας στα έντομα-στόχους ως βρέξιμες σκόνες, γαλακτώματα ή σκόνες, δολώματα, παγίδες ή μπορούν να ενσωματώνονται στο έδαφος.



Εικόνα 3. Νεκρό έντομο *Trialeurodes vaporariorum* ύστερα από εφαρμογή του σκευάσματος PREFERAL

Οι παραγωγοί μπορούν να διαχειριστούν τους εντομοπαθόγονους μύκητες που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση επιβλαβών ειδών αρθρόποδων με την τοποθέτηση των μολυσμένων εντόμων-ξενιστών τους μεταξύ των θέσεων στις οποίες τα επιβλαβή είδη αναπτύσσουν τους πληθυσμούς τους και εκδηλώνουν την δράση τους. Στην Ιαπωνία φύλλα πολυουρεθάνης στα οποία ενσωματώθηκαν κονίδια του εντομοπαθογόνου μύκητα *Beauveria brongiartii* χρησιμοποιήθηκαν για την καταπολέμηση του επιβλαβούς κολεόπτερου *Anoplophora malasiaca*, καθώς τυλίχτηκαν στους κορμούς των δέντρων σε εσπεριδοειδή.

Ηλεκτροστατικός ψεκαστικός εξοπλισμός έχει χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργειες υπό κάλυψη για την αύξηση της εναπόθεσης των βλαστοσπορίων του μύκητα *Verticillium lecanii* στις κάτω επιφάνειες του φυλλώματος των φυτών για την καταπολέμηση των αφίδων. Σημαντικός παράγοντας των μυκητολογικών παθογόνων των αρθρόποδων αποτελεί η ανάγκη σταθερής επαφής τους με τον στόχο-ξενιστή, η οποία διασφαλίζεται με την επίτευξη ακριβούς τοποθέτησης και καλής προσκόλλησης τους, καθώς και η ανάγκη για επαρκή παρουσία νερού ή υψηλή σχετική υγρασία για την βλάστηση των σπορίων.

Παρακάτω βλέπουμε έναν πίνακα(πίνακας 2) όπου: στην αριστερή στήλη είναι τα εμπορικά ονόματα των σκευασμάτων των εντομοπαθογόνων μυκήτων, στην μεσαία, το είδος του μύκητα που αφορά το σκεύασμα και στην δεξιά στήλη, το

επιβλαβές είδος εντόμου για το οποίο μπορεί να γίνει επέμβαση με το αντίστοιχο σκεύασμα.

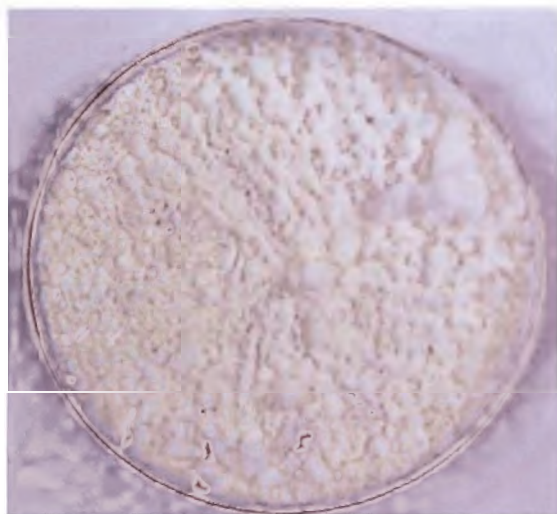
Πίνακας 2 Εμπορικά σκευάσματα εντομοπαθόνων μυκήτων

ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΟΝΟΜΑ	ΕΙΔΟΣ ΜΥΚΗΤΑ	ΕΠΙΒΛΑΒΕΣ ΕΝΤΟΜΟ
<i>Mycotal</i>	<i>Verticillium lecanii</i>	Αλευρώδεις & θρίπες
<i>Vertalec</i>	<i>V. lecanii</i>	Αφίδες
<i>BI01020</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Οτιόρυγχος της αμπέλου
<i>Conidia</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Αφίδες, θρίπες
<i>Betel</i>	<i>B. brongniartii</i>	
<i>Ostrinil</i>	<i>B. bassiana</i>	Κολεόπτερα
<i>Boverin</i>	<i>B. bassiana</i>	Κολεόπτερα
<i>Boresol</i>	<i>B. bassiana</i>	Κολεόπτερα
<i>Boverosil</i>	<i>B. bassiana</i>	Ακρίδες
<i>Engerlingspilz</i>	<i>B. - brongniartii</i>	Αλευρώδεις
<i>Schweizer Beauveria</i>	<i>B. brongniartii</i>	Αλευρώδεις & θρίπες
<i>Melocom</i>	<i>B. brongniartii</i>	Αφίδες
<i>Green Muscle</i>	<i>Metarhizium flavoviridae</i>	Οτιόρυγχος της αμπέλου
<i>PreFeRal(εικ.4)</i>	<i>Paecilomyces fumosoresens</i>	Αλευρώδεις, αφίδες & θρίπες,



Εικόνα 4.Εμπορικά σκευάσματα PREFERAL

6. *Beauveria bassiana*



Εικόνα 5. Τριβλίο με καλλιέργεια του μύκητα *B. bassiana*

6. 1 Γενικά: Ο *Beauveria bassiana* (εικ.5) ανήκει στην κλάση Deuteromycetes και στην τάξη Moniliales.

Είναι το πιο κοινό και παγκόσμια διαδεδομένο είδος από τους εντομοπαθογόνους μύκητες, γιατί φέρει το πλουσιότερο φάσμα ξενιστών. Για παράδειγμα στην Κίνα χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση πολλών Λεπιδοπτέρων σε δάση και καλλιέργειες ενώ στην πρώην Σοβιετική Ένωση για την καταπολέμηση του δορυφόρου της πατάτας, *Leptinotarsa decemlineata*.

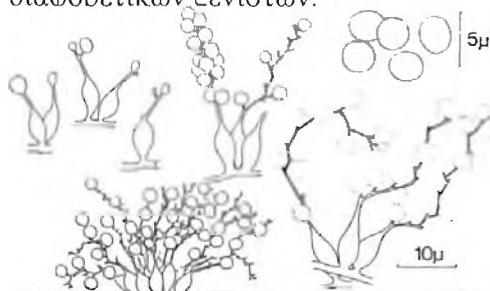
Στην Γαλλία και στην Ιταλία η παραγωγή μεταξιού ήταν πολύ σημαντική κατά την διάρκεια του 16^{ου} και 17^{ου} αιώνα.

Παρατηρήθηκε όμως μια σοβαρή απώλεια προνυμφών του μεταξοσκώληκα και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής. Το 1835 ο ιταλός επιστήμονας Agostino Bassi de Lodi (ο «πατέρας της παθολογίας εντόμων»), έδειξε ότι το πρόβλημα που έχει επίπτωση στους μεταξοσκώληκες προκλήθηκε από έναν μύκητα που πολλαπλασιάζεται πάνω και εντός του σώματος του εντόμου. Αυτό ήταν ο πρώτος μικροοργανισμός που αναγνωρίζεται σαν μεταδοτικός παράγοντας ζωικών ασθενειών. Αργότερα αυτός ο μύκητας ονομάστηκε *Beauveria bassiana*, προς τιμή του Ιταλού εντομολόγου που το ανακάλυψε.

Στην Ελλάδα έχει απομονωθεί από προνύμφες της ευδαιμίδας του αμπελιού *Lobesia botrana* και από ακμαία και προνύμφες της ακρίδας *Anacridium aegyptium*.

6. 2 Εμφάνιση και προσβολή

Ο *B. bassiana* είναι ένας κοινός εδαφογενής μύκητας. Εκτός από το μεγάλο εύρος εντόμων ξενιστών που έχουν παρατηρηθεί, βρέθηκε επίσης και στους πνεύμονες άγριων τρωκτικών, ακόμα και σε ρινικούς κόγχους του ανθρώπου. Αυτό οφείλεται στις πολλές και διαφορετικές υφές που έχει ο μύκητας και του προσδίδουν μια ιδιαίτερη ποικιλία στην μολυσματικότητα, στη παθογένεια και σε μια σειρά διαφορετικών ξενιστών.



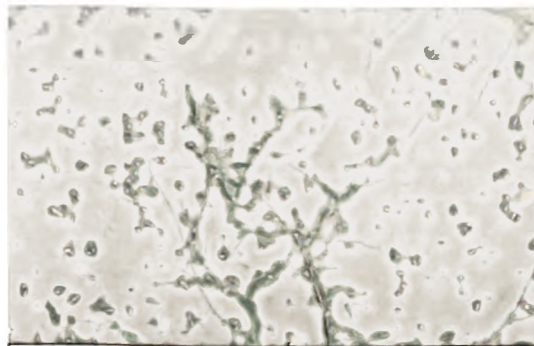
Εικόνα 6. Κονιδιοφόροι και κονίδια του *Beauveria bassiana*

Εμφανίζεται κυρίως στο χόμα σαν σαπρόφυτο. Εκεί διατηρείται με την μορφή κονιδίων (εικ.6) για 2 χρόνια περίπου στους 8°C και 35% σχετική υγρασία. Ο μύκητας αναπτύσσεται ικανοποιητικά στους 20-30°C, με άριστη θερμοκρασία τους 25-30°C. Σπόρια παράγονται στους 15-20°C, ενώ κάτω των 10°C και πάνω των 35°C, δεν παράγονται. Διατηρούν δε την βλαστικότητα τους για 12 μήνες στους 8°C.

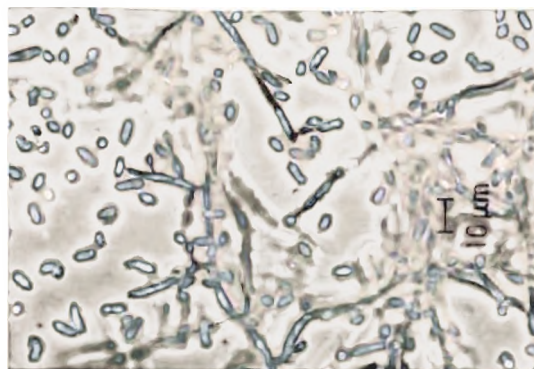
Όπως και όλοι οι εντομοπαθογόνοι μύκητες, έτσι και ο *B.bassiana*, παράγει σπόρια που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες και είναι το μολυσματικό στάδιο του μυκητιακού κύκλου ζωής τους.

Τα σπόρια μολύνουν άμεσα, μέσα και έξω από το σώμα του εντόμου. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας τα σπόρια που παραμένουν στην επιδερμίδα των ξενιστών, βλαστάνουν και σχηματίζονται τα βλαστοσπόρια(εικ.7 και 8). Η μυκητιακή υφή παράγει μέσω των σποριών τα ένζυμα που επιτίθενται στην επιδερμίδα του εντόμου, την διαλύουν, διαπερνούν το δέρμα και καταλήγουν στο εσωτερικό του σώματός του, όπου και αναπτύσσονται. Μέσα στο έντομο παράγουν μια τοξίνη, αποκαλούμενη Beauvericin που αποδυναμώνει το ανοσοποιητικό σύστημα του ξενιστή. Τελικά, ολόκληρη η σωματική κοιλότητα του εντόμου γεμίζει με την μυκητιακή μάζα. Όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, ο μύκητας θα αναπτυχθεί μέσω του μαλακότερου μέρους του σώματος του εντόμου παράγοντας την χαρακτηριστική 'λευκή εξάνθιση'. Η σχετική υγρασία πρέπει να είναι 92% ή και περισσότερη, προκειμένου να αναπτυχθεί ο *B.bassiana* και εκτός του εντόμου. Εκεί παράγονται κονίδια (εικ.9 και 10) που ωριμάζουν και απελευθερώνονται στο περιβάλλον, ολοκληρώνοντας έτσι τον κύκλο τους.

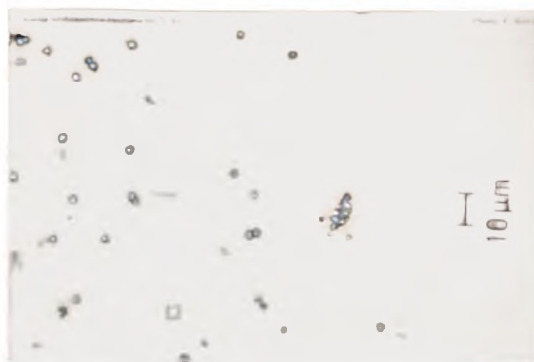
Η τυπική εικόνα προσβολής του εντόμου από τον μύκητα *B.bassiana* είναι πολύ χαρακτηριστική όπως φαίνεται και στις παρακάτω φωτογραφίες (εικ. 11,12,13,14,15 και 16).



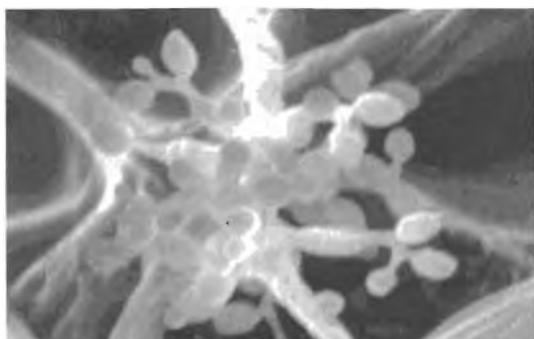
Εικόνα 7. Βλαστοσπόρια και μυκήλια του *B.bassiana*



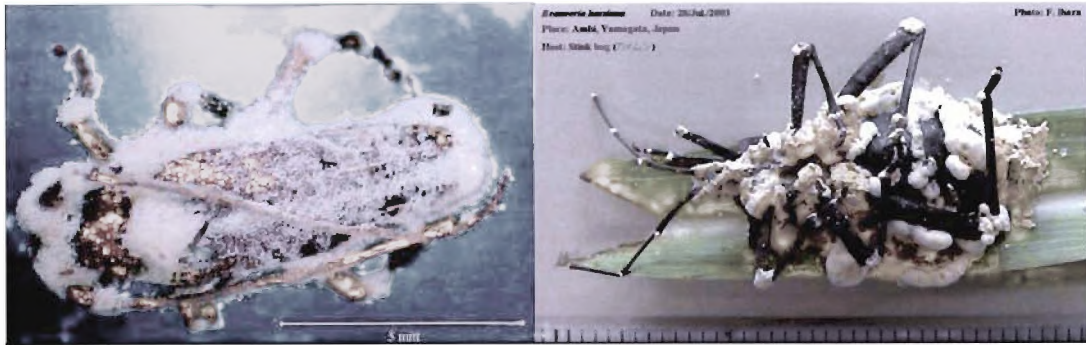
Εικόνα 8. Βλαστοσπόρια του *B.bassiana*



Εικόνα 9. Κονίδια του *B.bassiana*



Εικόνα 10. Κονίδια του *B.bassiana*



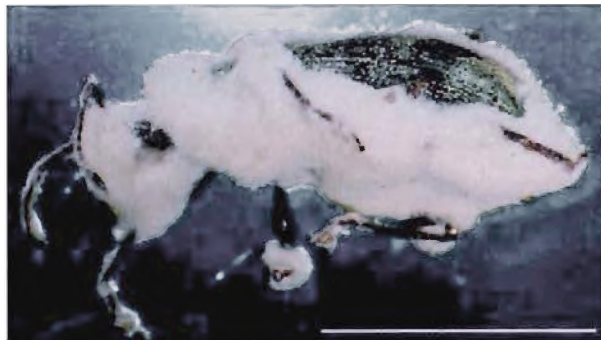
Εικόνα 11-12. Τυπική εικόνα προσβολής από τον *B. bassiana*



Εικόνα 13. Νεκρό Ζμενόπτερο από τον *B. bassiana*. Χαρακτηριστική η λευκή εξάνθηση, εκτός του σώματος του εντόμου



Εικόνα 14. Νεκρά ενήλικα κολέοπτερα από *B. bassiana*



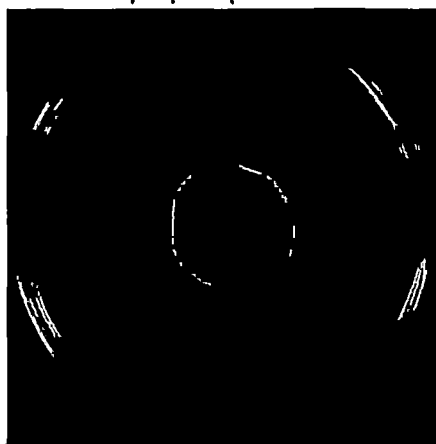
Εικόνα 15. Το σώμα του νεκρού σκαθαριού κατειλημμένο ολοκληρωτικά από υφές του *B. bassiana*



Εικόνα 16. Το έντομο *Longicorn beetle* νεκρό, από τον *B. bassiana*

6.3 Εμπορικά σκευάσματα

Από το 1980, έχουν γίνει αξιόλογες προσπάθειες, που έχουν επικεντρωθεί στην ανάπτυξη του μύκητα *Beauveria bassiana* σαν εμπορικό μυκοεντομοκτόνο, από την εταιρία Mycotech, η οποία κατέληξε σε τρία τυποποιημένα προϊόντα για την καταπολέμηση των εντόμων, που για πρώτη φορά πουλήθηκαν στην Β. Αμερική. Το 2000 η Mycotech πέρασε στην διαχείριση της εταιρίας Emerald Bio Agriculture, η οποία συνέχισε να εμπορεύεται τα προϊόντα αυτά που βασίζονταν στην τυποποίηση του εν λόγω μύκητα.



Εικόνα 17. Τριβλίο με καλλιέργεια του *B.bassiana*

Η μελέτη της Mycotech επικεντρώθηκε στον μύκητα *Beauveria bassiana*, στο στέλεχος GHA. Ακολουθήθηκε μια διαδικασία καλλιέργειας του μύκητα (εικ.17) στο έδαφος απ' όπου είχαμε μαζική παραγωγή εναέριων κονιδίων. Με την βοήθεια στοιχείων που συλλέχθηκαν από άλλες πειραματικές έρευνες του πανεπιστημίου και ερευνητών της Αμερικής, έγιναν δοκιμές στο χωράφι και στο εργαστήριο απ' όπου συγκεντρώθηκαν τα τελικά αποτελέσματα. Με αυτόν τον τρόπο συσσωρεύτηκε ένα αξιόλογο ποσοστό πληροφοριών που κατέληξε στην ταξινόμηση και αξιολόγηση του προϊόντος που διατυπώθηκε στη βάση του *Beauveria bassiana*.

Το 'Mycotrol', πήρε άδεια κυκλοφορίας το 1999 από την Εταιρία Προστασίας Περιβάλλοντος της Αμερικής. Η χρήση του ορίστηκε σ' ένα μεγάλο εύρος καλλιεργειών στον αγρό, για την καταπολέμηση της ακρίδας, του αλευρώδη, του θρίπα, της αφίδας και άλλων σημαντικών εχθρών. Δύο ακόμα προϊόντα είναι διαθέσιμα από την ίδια εταιρία: το 'Botani Gard' το οποίο συνίσταται για χρήση στο θερμοκήπιο, και το 'Mycotrol O' το οποίο περιέχει συστατικά που το καθιστούν χρήσιμο στους βιοκαλλιεργητές. Και τα τρία παραπάνω σκευάσματα φαίνεται ότι τείνουν ν' αντικαταστήσουν τα συνθετικά εντομοκτόνα, ενώ συχνές αναφορές τα καθιστούν παρόμοιας αποτελεσματικότητας με τα συμβατικά εντομοκτόνα. Τα κονίδια στο 'Mycotrol' αποδείχθηκε ότι διατηρούν την μολυσματικότητά τους και 12 μήνες, σε συνθήκες αποθήκευσης 25° C.

Η ολοκληρωμένη χρήση του *Beauveria bassiana* με χημικά εντομοκτόνα βρίσκεται σε διερευνητικό στάδιο, προκειμένου να βρεθεί μια στρατηγική καταπολέμησης όπου οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από την δράση των συνθετικών εντομοκτόνων, θα είναι όσο το δυνατόν ελαχιστοποιημένες. Τα έντομα που δεν αποτελούν στόχο της καταπολέμησης, όπως τα αρπακτικά έντομα και άλλα που παρασιτούν, μπορεί να προσβληθούν από τον *Beauveria bassiana*. Παρ' όλα αυτά, μελέτες που έγιναν στο βαμβάκι έδειξαν ότι ο κίνδυνος αυτός είναι αμελητέος.

6.4 *Beauveria brongniartii*

Ένας πολύ σημαντικός εχθρός των υπαιθρίων καλλιεργειών, αλλά και των δασών και των δεντροκαλλιεργειών, είναι το έντομο μηλολόονθη, *Melolontha melolontha*. Οι πιο σοβαρές ζημιές προκαλούνται από το στάδιο της προνύμφης, η οποία τρέφεται από τις ρίζες των φυτών και των δέντρων.

Το 1970, στα πλαίσια ενός προγράμματος καταπολέμησης εντόμων με την χρήση μυκήτων, πραγματοποιήθηκε μια μελέτη για την επίδραση του μύκητα *Beauveria brongniartii* στην *Melolontha melolontha*, στο οποίο έντομο παρουσιάζει εξειδίκευση. Έγιναν περίπου 300 απομονώσεις του εντόμου, πολλές από τις οποίες έδειξαν μια απόκλιση σε διάφορα χαρακτηριστικά, όπως, στον ρυθμό ανάπτυξης και την μολυσματικότητα. Αυτό οφειλόταν στο ότι τα δείγματα είχαν παρθεί από διαφορετικές γεωγραφικά περιοχές.

Στην Σουηδία βρίσκεται υπό ανάπτυξη μια μέθοδος ελέγχου της *Melolontha melolontha* με τον εν λόγω μύκητα. Το έντομο εκεί εμφανίζει βιολογικό κύκλο διάρκειας τριών ετών και συγχρονισμό του πληθυσμού, έτσι τα ενήλικα είναι παρόντα μόνο κάθε τρία χρόνια. Τα ενήλικα συγκεντρώνονται στις παρυφές των καλλιεργειών όπου τρέφονται και συζεύγνυνται στα εκεί γύρω δέντρα. Σε αυτές τις συνθήκες έγινε μια μελέτη από τον Keller(1989). Δημιουργήθηκαν υδαρή αιωρήματα από βλαστοσπόρια (εικ. 18-19) του μύκητα τα οποία ήταν αναμειγμένα με αποβουτυρωμένο γάλα το οποίο δρούσε προστατευτικά από την υπεριώδη ακτινοβολία. Αυτό το μείγμα ψεκάστηκε στα δέντρα όπου τα έντομα διατρέφονταν και γενικώς δραστηριοποιούνταν. Τα ενήλικα στη συνέχεια επέστρεψαν στο χωράφι, προκειμένου να ωοτοκήσουν και να συνεχίσουν την ανάπτυξή τους. Σύμφωνα με τον Keller μετά την δεύτερη εφαρμογή ο πληθυσμός του εντόμου διατηρήθηκε σε ανεκτά επίπεδα, ενώ από τα νεκρά άτομα(εικ.20-21) παρατηρήθηκε διασπορά μεγάλου αριθμού κονιδίων εντός του αγρού. Είναι φανερό ότι η επίδραση του μύκητα ήταν ο παράγοντας που έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εξασθένιση του πληθυσμού.

Σε μια άλλη εφαρμογή, εμβολιάστηκαν σπόροι κριθαριού με βλαστοσπόρια του μύκητα *Beauveria brongniartii*, προκειμένου να παραχθούν μυκήλια και εναέρια κόνidia εντός του σπόρου. Τα κόνidia αναπτύχθηκαν μέσα στον καρπό του κριθαριού τα οποία με την βοήθεια ειδικού εργαλείου, βυθίστηκαν στο έδαφος σε βάθος 3-5cm, όπου εκεί βρίσκονταν και τρέφονταν και οι προνύμφες. Αποτέλεσμα ήταν ότι ένα χρόνο μετά την εφαρμογή αυτή, οι προνύμφες βρέθηκαν προσβεβλημένες.



Εικόνα 18-19. Καλλιέργεια του *Beauveria brongniartii* και του *Beauveria bassiana*



Εικόνα 20. Τυπική εικόνα προσβολής από τον *B. brongniartii*

Έκτοτε τα ανεπτυγμένα κονίδια σε καρπούς κριθαριού κυκλοφορούν με τα εμπορικά ονόματα 'Engerlingspilz' και 'Beauveria Schweizer'. Η χρήση των κονιδίων σε αυτή την μορφή προτιμάται σε σχέση με την προηγούμενη, διότι τα σκευάσματα αυτά διατηρούνται μέχρι και πάνω από ένα χρόνο σε συνθήκες αποθήκευσης 2° C, ενώ τα βλαστοσπόρια είναι πιο ευμετάβλητα και πρέπει να χρησιμοποιούνται στην διάρκεια τεσσάρων εβδομάδων από την παραγωγή τους.



Εικόνα 21. Νεκρές προνύμφες του εντόμου *Cupreous chafer*(Coleoptera:Scarabeidae) από τον *Beauveria hrononiartii*

6. 5 | Άλλες έρευνες με βάση τον *Beauveria bassiana*

Οι Wang και Knusden (1993), μελετώντας την επίδραση του *Beauveria bassiana* στην γονιμότητα της αφίδας *Diuraphis noxia*, (εικ. 22) (Homoptera:aphididae) βρήκαν ότι ενώ ο μύκητας αύξανε σημαντικά την θνησιμότητα στις συνθήκες του πειράματος (82% σε σχέση με τον μάρτυρα) εντούτοις δεν επηρέαζε την αναπαραγωγή η οποία ήταν ίδια στις επεμβάσεις και τον μάρτυρα.

Εργαστηριακές μελέτες σε ακρίδα του γένους *Locusta* και στα ξυλοφάγα Λεπιδόπτερα κόσσος, *Cossus cossus* και ζευζέρα *Zeuzera purina* και με την χρήση του μύκητα *Beauveria globulifera*, έδειξαν μολυσματικότητα άνω του 50% για τα πρώτα και 100% για τα δεύτερα. Η μόλυνση για της ακρίδες έγινε με πόση της τροφής, ενώ για τα ξυλοφάγα με επίχρηση.



Εικόνα 22. Ενήλικα της αφίδας *Diuraphis noxia*

6. 5. 2 Ανταγωνισμός μεταξύ του *Beauveria bassiana* και του Imidacloprid όταν συνδυάζονται για την καταπολέμηση του *Bemisia argentifolii*

Τόσο το Imidacloprid όσο και ο *Beauveria bassiana* χρησιμοποιούνται στην καταπολέμηση του αλευρώδη *Bemisia argentifolii*. Σε μια έρευνα που έγινε για το συγκεκριμένο θέμα, εξετάστηκε το αν αυτές οι δύο μέθοδοι δρουν αθροιστικά, συνεργιστικά ή ανταγωνίστηκα, όταν συνδυάζονται στα πλαίσια μιας εφαρμογής για την καταπολέμηση του αλευρώδη. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η χρήση των δύο δρα παρεμποδιστικά στην αποτελεσματικότητα του Imidacloprid. Όταν δηλαδή ο *Beauveria bassiana* συνδυαζόταν με το Imidacloprid, η αντίδραση των εντόμων ήταν, είτε λιγότερο είτε παρόμοια από την αντίδραση που είχαν όταν το Imidacloprid εφαρμόστηκε μόνο του. Σε μια άλλη εφαρμογή όπου το Imidacloprid

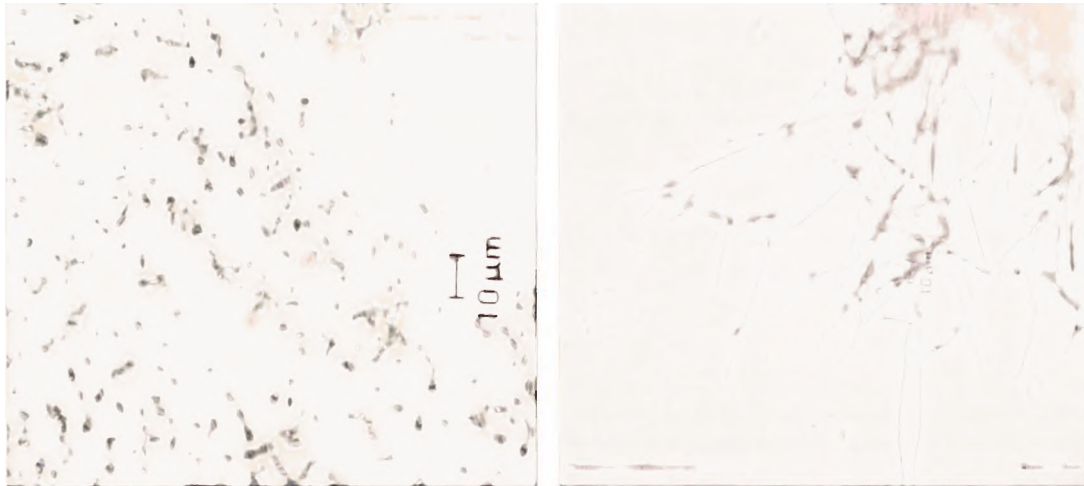
προστέθηκε κατά την διάρκεια μεταχείρισης με *Beauveria bassiana*, σε όλες τις επαναλήψεις παρατηρήθηκε αύξηση της θνησιμότητας των εντόμων, που δεν ήταν όμως ικανοποιητική γιατί ήταν μικρότερη από την αύξηση που προκαλείται από την αθροιστική δράση των δύο.

Η βλάστηση των σπορίων του *Beauveria bassiana* και η δημιουργία αποικίας, δεν παρεμποδίστηκαν από το Imidacloprid, και ο *Beauveria bassiana* δεν προσρόφησε, ούτε υποβάθμισε το Imidacloprid.

Συμπέρασμα της παραπάνω έρευνας είναι ότι μάλλον ο *Beauveria bassiana* προκάλεσε μια συμπεριφορά στα έντομα όπου μειώθηκε η σίτισή τους και κατά συνέπεια η λήψη του Imidacloprid (James, R. R., Elzen, G. W.. 2001).

7. *Verticillium lecanii*

7.1 Γενικά: Το *Verticillium lecanii* ανήκει στην κλάση *Deuteromycetes* και στην τάξη *Monilales*. Είναι μύκητας ευρέως εξαπλωμένος σε εύκρατα και τροπικά κλίματα. Στα τροπικά, οι εντομολογικοί πληθυσμοί είναι συχνά προσβεβλημένοι φυσικά, αλλά σε εύκρατες περιοχές η φυσική προσβολή γίνεται μόνο στα θερμοκήπια. Το *V. lecanii* είναι ένας εξειδικευμένος μύκητας, έτσι δεν προσβάλλει πουλιά, ψάρια και θηλαστικά. Επίσης, δεν παρασιτεί στα φυτά.



Εικόνα 23-24. Κονίδια και υφές του *V.lecanii*

Το είδος του *V. lecanii* περιλαμβάνει ένα σύμπλεγμα από διαφορετικά στελέχη, που προσβάλλουν διαφορετικά είδη εντόμων. Οι διάφοροι κλώνοι διαφέρουν κατά λίγο στην εμφάνισή τους και κατά πολύ στον ξενιστή τους. Έτσι πολλοί ερευνητές προτιμούν να βλέπουν το *V. lecanii* σαν σύμπλεγμα διαιρούμενο ξανά σε διάφορα είδη.

Το *V. lecanii* είναι ένας κοινός μύκητας ο οποίος μεταξύ των άλλων προσβάλλει και τα αρθρόποδα. Η πρώτη περιγραφή του έγινε το 1861 και έκτοτε έχει αναφερθεί σε πολυάριθμα είδη εντόμων, αραχνοειδών και ακάρεων (Rombach and Gillespie 1988). Κονίδια (εικ. 23-24) του μύκητα πρωτοπαρατηρήθηκαν στον αλευρώδη το 1915 και ο μύκητας περιγράφηκε σαν *Cephalosporium lefroyi*. Από τότε βρέθηκε πολλές φορές στον αλευρώδη και συχνά του δίνονται διαφορετικά ονόματα, όπως *Cephalosporium lecanii*. Επίσης παρατηρήθηκε σε αφίδες και κοκκοειδή, στους τετράνυχους και σε νηματώδεις. Βρέθηκε επίσης και σαν σαπρόφυτο, (οργανισμός που ζει σε νεκρά οργανικά υλικά).

Μεταξύ 1980-85 μια ειδική φυλή αναπτύχθηκε σαν βιοεντομοκτόνο στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το 1988 περνάει στην κορρετ και κατόπιν βελτίωσης παίρνει άδεια κυκλοφορίας στην Μεγάλη Βρετανία το 1989. Το *Verticillium lecanii* επίσης παρουσιάζεται σαν ένα υπερπαρασίτο και σε έντομα προσβαλλόμενα από μύκητες. Ο μύκητας εύκολα μπορεί να απομονωθεί στο χώμα.

Σύμφωνα με τον ερευνητή Helyer ο μύκητας έχει την ικανότητα να παρασιτεί ένα φάσμα φυτοπαθογόνων μυκήτων, συμπεριλαμβανομένου του *Puccinia horiana* Henn. (λευκή σκωρίαση των χρυσανθέμων) ο οποίος σε συνθήκες αυξημένης υγρασίας εξελίσσεται σε σοβαρή ασθένεια. Έτσι ο μύκητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συνδυασμένη αντιμετώπιση εχθρών και ασθενειών κάτω από καθεστώς αυξημένης σχετικής υγρασίας.

7.2 Ξενιστές

Εργαστηριακές μελέτες και εργασίες έχουν δείξει ότι ο μύκητας μπορεί να μολύνει και να σκοτώσει αφίδες (*Muzys percicae*, *Aphis gossypii*, *Macrosiphoniella sanborn*) αλευρώδεις (*Bemisia tabaci* και *Trialeurodes vaporariorum*), θρίπες (*Frankliniella occidentalis*) και τετράνυχους (*Tetranychus urticae*)

Πιο συγκεκριμένα:

7.2.1 Αλευρώδης του καπνού, *Bemisia tabaci*

Ύστερα από έρευνα της αποτελεσματικότητας του μύκητα επί των ανήλικων σταδίων του *B. tabaci* σε καλλιέργεια ποϊνσέτιας στο θερμοκήπιο, ο μύκητας εμφανίζει υψηλή μολυσματικότητα επί των ανήλικων σταδίων ενώ φέρεται σαν μη αποτελεσματικός επί των ακμαίων. Το ποσοστό μόλυνσης των αυγών δεν ξεπέρασε το 1%. Η συγκέντρωση των σπορίων που χρησιμοποιήθηκε ήταν $3.7-4.1 \times 10^5$ σπόρια ανά ml SDH₂O (νερό στειρωμένο-απιονισμένο).

7.2.2 Αλευρώδης του θερμοκηπίου *Trialeurodes vaporariorum*

Ο μύκητας έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σαν παράγοντας βιολογικού ελέγχου του αλευρώδη των θερμοκηπίων, *Trialeurodes vaporariorum*.

Προσβάλλει και θανατώνει κυρίως τις προνύμφες. Ο Schaaf *et al* (1991), αναφέρει ότι επαναλαμβανόμενοι ψεκασμοί σε εβδομαδιαία διαστήματα οδηγούν σε μείωση του πληθυσμού του αλευρώδη έως και 90% ακόμα και όταν η σχετική υγρασία είναι χαμηλή, στο 75%. Ο Schaaf αναφέρεται στην τομάτα, το αγγούρι και διάφορα άλλα λαχανικά και καλλωπιστικά. Στο αγγούρι παρατηρήθηκε προσβολή έως και 60% του *Trialeurodes vaporariorum* από τον μύκητα. Για να επιτευχθεί καλός έλεγχος του αλευρώδη συνιστούνται τρεις επαναλήψεις. Άριστη συγκέντρωση των σπορίων είναι 10^7 σπόρια ανά ml. Η θερμοκρασία θα πρέπει να κυμαίνεται από 18-30°C και η σχετική υγρασία θα πρέπει να είναι πάνω από 85%.

Σύμφωνα με τον Schaaf *et al* (1991), όταν στο αγγούρι γίνουν τρεις εβδομαδιαίες εφαρμογές, η θνησιμότητα των προνυμφών του αλευρώδη φθάνει στο 85% δυο εβδομάδες μετά τον πρώτο ψεκασμό. Τέσσερις εβδομάδες μετά η θνησιμότητα ανεβαίνει στο 95% κυμαινόμενη από 70-98%. Στην τομάτα η θνησιμότητα του αλευρώδη φθάνει το 85% μέσα σε 2-5 εβδομάδες μετά την πρώτη από τις συνολικά τρεις εβδομαδιαίες εφαρμογές.

Οι Meade and Byrne (1991), ερευνώντας την αποτελεσματικότητα του μύκητα στα διάφορα στάδια του βιολογικού κύκλου του *Trialeurodes vaporariorum* βρήκαν ότι το πρώτο, δεύτερο και τρίτο νυμφικό στάδιο είναι αρκετά ευαίσθητα ώστε ο μύκητας να προκαλέσει υψηλή θνησιμότητα. Αντίθετα, σε συνθήκες θερμοκηπίου, τα ενήλικα είναι ελάχιστα ευαίσθητα ενώ το ποσοστό μόλυνσης των αυγών δεν ξεπέρασε το 1%. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργεια ποιονσέτιας στο θερμοκήπιο.

7.2.3 Αφίδες

Ο Helyer *et al* (1993), ερευνήσαν την αποτελεσματικότητα του μύκητα στον έλεγχο των αφίδων σε καλλιέργεια χρυσανθέμου κάτω από συνθήκες αυξημένης υγρασίας. Παράλληλα ερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα του μύκητα για τον έλεγχο του θρίπα της Καλιφόρνιας όπου η συμπεριφορά του ήταν όμοια με αυτήν στις αφίδες. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν τις αφίδες του βαμβακιού *Aphis*

gossypii(Glover) και την αφίδα των χρυσανθέμων, *Macrosiphoniella sanborn* (Gillette), και το εμπορικό σκεύασμα Microgermin. Το προϊόν φέρει υδατάνθρακα για να δράσει σαν πηγή θρεπτικών για τον μύκητα στην επιφάνεια του φύλλου. Το σκεύασμα διαλύθηκε σε 1 λίτρο νερού 3-4 ώρες πριν την εφαρμογή ώστε τα σπόρια να απορροφήσουν νερό και να βελτιωθεί η βλαστικότητα και σε συνδυασμό με τον υδατάνθρακα να επιτευχθεί η υψηλότερη δυνατή δραστηριότητα του μύκητα. Το διάλυμα εφαρμόστηκε με ψεκασμό μεγάλου όγκου(2.500-3.000lt.ανά εκτάριο) σε δεκαπενθήμερα διαστήματα, ξεκινώντας από την φύτευση και συνεχίζοντας έως την συγκομιδή.

Τέσσερις συνεχείς νύκτες υψηλής σχετικής υγρασίας ανά βδομάδα ή ένας κύκλος από δυο νύκτες υψηλής σχετικής υγρασίας και δυο νύκτες υγρασίας περιβάλλοντος έδωσαν θαυμάσιο έλεγχο των εντόμων χωρίς δυσμενείς επιδράσεις στην καλλιέργεια. Η εφαρμογή έξι νυκτών υψηλής σχετικής υγρασίας ανά δεκαπενθήμερο ή τριών συνεχών νυκτών υψηλής σχετικής υγρασίας ανά βδομάδα οδήγησε σε έλεγχο των εντόμων σε μη αποδεκτά επίπεδα.

Ο Sopp, διερεύνησε την επίδραση μικρού όγκου ηλεκτροστατικού περιστροφικού μετατροπέα και υψηλού όγκου υδραυλικού ψεκαστήρα στην εφαρμογή και αποτελεσματικότητα του *V. lecanii* για τον έλεγχο του *A. gossypii*, σε καλλιέργεια χρυσανθέμου. Μια πλήρης επέμβαση (2×10^{13} βλαστοσπόρια ανά εκτάριο) μικρού όγκου εφαρμόστηκε στην αρχή του πειράματος, ενώ οι άλλες επεμβάσεις αφορούσαν μειωμένες δόσεις, (1/6 και 1/12) οι οποίες εφαρμόστηκαν σαν μικρού όγκου και υδραυλικά, αντίστοιχα, για τις συνολικά 6 εβδομάδες του πειράματος μια και δυο φορές την βδομάδα αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μεγαλύτερος αριθμός αφίδων σκοτώθηκε με τον ηλεκτροστατικό μετατροπέα ενώ φαίνεται ότι μειωμένες δόσεις σε εβδομαδιαίες εφαρμογές δίνουν μακροπρόθεσμα τα καλύτερα αποτελέσματα.

Οι Helyer και Wardlow (1987), ανέφεραν ότι συχνές εφαρμογές μικρής δόσης δίνουν καλό έλεγχο επί των αφίδων του βαμβακιού, *A.gossypii*, και της πράσινης αφίδας της ροδακινιάς, *M.percicae* σε καλλιέργεια χρυσανθέμων.

Οι δυο ερευνητές χρησιμοποίησαν το 1/12 της κανονικής δόσης εμπορικού σκευάσματος με δυο εφαρμογές ανά εβδομάδα. Η συχνή εφαρμογή χαμηλών δόσεων συνοδεύεται από ορισμένα πλεονεκτήματα ιδιαίτερα όταν η εφαρμογή γίνεται με σύστημα ULV ή fog(ομίχλη). Αυξάνεται η πιθανότητα να βρεθεί ο μύκητας υπό ευνοϊκές συνθήκες συχνότερα, απαιτείται λιγότερος χρόνος και όγκος νερού ενώ καθίσταται δυνατή η ταυτόχρονη (με διαφορά 1-2 ημερών) εφαρμογή μυοκτόνων που έχουν ίσως τοξική δράση επί του μύκητα.

Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι η συχνή εφαρμογή χαμηλών δόσεων με σύστημα ULV ή fog δίνει την δυνατότητα της πυκνής παρουσίας σπορίων για μεγάλα χρονικά διαστήματα και πιθανότητα της συνεχούς πυκνής παρουσίας με δύο εφαρμογές την εβδομάδα σε ολόκληρη την καλλιέργεια και ιδιαίτερα στην κάτω επιφάνεια των φύλλων όπου αναπτύσσονται τα σημαντικότερα έντομα εχθροί όπως οι αφίδες.

Ο Helyer (1993), εφαρμόζοντας τον μύκητα ανά δεκαπενθήμερο(1gr Vertalec+1gr Mmycotal ανα λίτρο, σε σύνολο 3000 λίτρα, με ψεκασμό υψηλού όγκου) για την καταπολέμηση του *A. gossypii*, και *M. percicae* σε καλλιέργεια αγγουριάς, διαπίστωσε ότι θαυμάσια αποτελέσματα είχε η εφαρμογή κύκλου δυο νύκτες υψηλής σχετικής υγρασίας και δυο νύκτες υγρασίας περιβάλλοντος σε αντίθεση με την διατήρηση συνεχούς υγρασίας περιβάλλοντος. Η προσθήκη Codacide oil(μείγμα 95% ελαιοκαμβέλαιο και 5% μη ιονικός γαλακτοπαικτής) δεν έδωσε στατιστικά σημαντική διάφορα στον έλεγχο των αφίδων άμεσα, όμως έδειξε

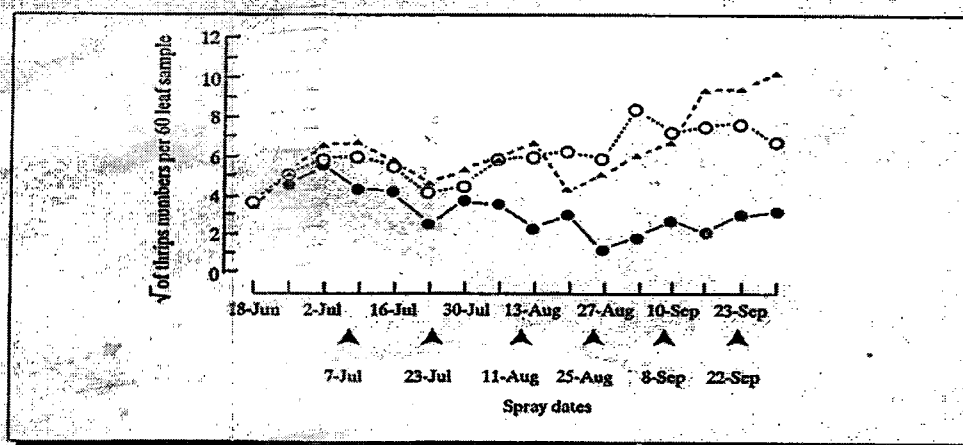
να ελέγχει καλύτερα τις αφίδες μακροπρόθεσμα σε σχέση με τα πειραματικά όπου δεν έγινε προσθήκη.

7. 2. 4 Θρίπες

Η δυνατότητα ελέγχου του θρίπα της Καλιφόρνιας *Frankliniella occidentalis* σε καλλιέργεια αγγουριάς, με τον μύκητα *V. lecanii* (1gr Vertalec+1gr Mmycotal ανα λίτρο, σε σύνολο 3000 λίτρα,)ερευνήθηκε από τον Helyer (1993). Η εφαρμογή του παθογόνου σε συνθήκες αυξημένης υγρασίας περιβάλλοντος έδειξε να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα από την εφαρμογή σε συνθήκες υγρασίας περιβάλλοντος. Η προσθήκη Codacide oil(μείγμα ελαιοκραμβελαιίου 95% και μη ιονικού γαλακτοματοποιική 5%) έδειξε να είναι καταλυτική για τον έλεγχο του θρίπα. Στα πειραματικά όπου εφαρμόστηκε το Codacide oil, όπως φαίνεται και στο γράφημα 1, οι πληθυσμοί έγιναν μικρότεροι ενώ ένας μεγάλος αριθμός ατόμων θρίπα σκοτώθηκε από το λάδι.

Ο Serman (1994), εφάρμοσε εναιώρημα σπορίων του *V. lecanii* σε τρυβλία με αποστειρωμένο χώμα όπου μέσα, λίγο πριν ή μετά την εφαρμογή, είχαν τοποθετηθεί προνύμφες του *Frankliniella occidentalis*. Τα αποτελέσματα, έδειξαν ότι με την μέθοδο αυτή μπορεί να προκληθεί υψηλή θνησιμότητα στις προνύμφες του θρίπα συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στον βιολογικό του έλεγχο.

Γράφημα 1



Από Helyer 1993.

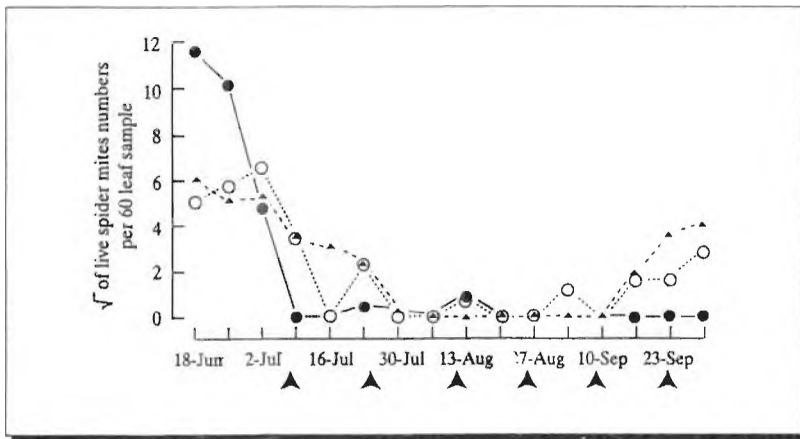
Πληθυσμός του θρίπα μετά από επέμβαση με *V. lecanii* σε συνθήκες ατμοσφαιρικής υγρασίας (▲), αυξημένης υγρασίας(○) και ύστερα από εφαρμογή *V. lecanii* και Codacide oil

7. 2. 5 Τετράνυχτοι

Ο Helyer (1993), μελετώντας την δυνατότητα καταπολέμησης αφίδων και θρίπων σε καλλιέργεια αγγουριού με τον μύκητα δοκίμασε την προσθήκη Codacide oil. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, όπως φαίνεται και στο γράφημα 2, τον ταχύτατο έλεγ-

χο του κοινού τετράνυχου, *Tetranychus urticae* αμέσως μετά τη προσθήκη και εφαρμογή με Codacide oil. Αμέσως μετά τον ψεκασμό ένας μεγάλος αριθμός τετρανύχων βρέθηκε να έχει σκοτωθεί από το Codacide oil.

Γράφημα 2



Πηγή: Helyer 1993.

Πληθυσμός του τετράνυχου μετά από επέμβαση με *V. lecanii* σε συνθήκες ατμοσφαιρικής υγρασίας (▲), αυξημένης υγρασίας (○) και ύστερα από εφαρμογή *V. lecanii* και Codacide oil

7.3 Εμφάνιση και συνθήκες ανάπτυξης



Εικόνα 25. Υφή του μύκητα *V. lecanii*

Οι υφές του μύκητα είναι άσπρο-κίτρινου χρώματος (εικ.25). Στο μικροσκόπιο φαίνονται άσπρες κλωστές με βραχιόνες που σχηματίζουν ορθές γωνίες. Στις άκρες αυτών των βραχιόνων υπάρχουν κεφαλοσπόρια στα οποία υπάρχουν ένα ή και περισσότερα σπόρια (25 το πολύ) περιβαλλόμενα από ένα λεπτό στρώμα ιξώδες. Τα κονίδια(σπόρια) του μύκητα είναι γλοιώδη και συνδέονται

με την επιδερμίδα των εντόμων.

Ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό του *V.*

lecanii είναι: θερμοκρασίες μεταξύ 15-28°C και μια σχετική υγρασία 80% ή και περισσότερη. Όταν αυτές οι συνθήκες συναντιόνται, η εφαρμογή του μύκητα είναι η πιο αποτελεσματική. Ένα πρόβλημα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι ότι στις συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας ευνοούνται και διάφοροι φυτοπαθογόνοι

μύκητες, όπως ο βοτρίτης, δεδομένου ότι οι συνθήκες αυτές πρέπει να εφαρμόζονται για 10 έως 12 ώρες ώστε να δημιουργείται ιδανικό περιβάλλον για τον *V.lecanii*. Τα σπόρια του *V.lecanii* προσβάλλονται από την υπεριώδη ακτινοβολία. Επίσης στα θερμοκήπια οι σωλήνες θέρμανσης μπορεί να μειώσουν την αποτελεσματικότητα του μύκητα, επειδή δημιουργούν ένα μικροκλίμα όπου ο αέρας είναι ξηρότερος και η υγρασία χαμηλότερη.

7. 4 Εξάπλωση και προσβολή

Αντίθετα με άλλους εντομοπαθογόνους μύκητες, ο *V.lecanii* είναι ικανός να παράγει σπόρια σε ζωντανά έντομα. Όμως αυτό δεν συμβαίνει συχνά. Συνήθως τα σπόρια δημιουργούνται σε νεκρά έντομα από τον μύκητα ή σε έντομα που νεκρώθηκαν με άλλο τρόπο. Ο μύκητας μολύνει το έντομο με την παραγωγή των υφών από τα βλαστάνοντα σπόρια, που διαπερνούν το περίβλημα του εντόμου και εισχωρούν έτσι στο εσωτερικό του. Ο μύκητας καταστρέφει το περιεχόμενο και το έντομο πεθαίνει. Ο μύκητας αυξάνεται τελικά έξω από το σώμα του εντόμου διαπερνώντας την επιδερμίδα και σχηματίζει και εκεί σπόρια. Τα προσβεβλημένα έντομα εμφανίζονται άσπρα προς κιτρινωπά, ρυτιδιασμένα και θαμπά, ενώ κάτω από ιδανικές συνθήκες φαίνεται πάνω τους και μια άσπρη μούχλα, μετά από λίγο χρόνο, που είναι οι υφές του μύκητα. Τα ασθενή έντομα εμφανίζουν συμπτώματα συνήθως 7 ημέρες μετά την προσβολή. Εντούτοις, λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών, μπορεί να υπάρξει κάποιος ιδιαίτερος χρόνος καθυστέρησης, από την μόλυνση έως τον θάνατο των εντόμων. Το μυκήλιο του *V.lecanii* παράγει μια κυκλοπεπτιδική τοξίνη, αποκαλούμενη bassianolide η οποία έχει εντομοκτόνο δράση. Ο μύκητας παράγει και άλλες εντομοκτόνες τοξίνες όπως το dipicolinic οξύ. Η δραστηριότητα του *V.lecanii* εξαρτάται από τα στελέχη που μπορεί ν' αναπτύξει ο μύκητας. Για παράδειγμα, έχει αποδειχθεί ότι φυλές του μύκητα με μεγάλα σπόρια μολύνουν αλευρώδεις, ενώ φυλές με μικρά σπόρια προσβάλλουν τις αφίδες

Γενικά, για την ταχύτερη θανάτωση των εντόμων, απαιτούνται και υψηλότερες δόσεις του μύκητα. Η μολυσματικότητά του, εξαρτάται από την πυκνότητα των σπορίων και από τον ρυθμό σποροπαραγωγής που κυρίως επιρρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η μολυσματικότητα επίσης του μύκητα ποικίλει και με την μέθοδο παραγωγής κονιδίων. Τα μολυσματικά κονίδια λαμβάνονται λιγότερο από ενζυμικά μέσα, σε σύγκριση με τα ασταθή υγρά ή τα στερεά μέσα.

Το *V.lecanii* δεν είναι ικανό να εξαπλωθεί πολύ γρήγορα και αποτελεσματικά μέσα στον πληθυσμό της προσβολής, από την στιγμή που τα σπόρια δεν κινούνται ελεύθερα στον αέρα. Επειδή είναι σκεπασμένα από ένα ιξώδες, η εξάπλωση της προσβολής μπορεί να γίνει μόνο μηχανικά ή με την βοήθεια του νερού. Η προσβολή απλώς θα πάει μόνο στα απρόσβλητα έντομα του άμεσου περιβάλλοντος. Εξ' αιτίας της γλοιώδους επιφάνειάς τους τα σπόρια, μπορούν να προσκολληθούν σ' ένα έντομο ή στην επιφάνια των φύλλων. Αν τα έντομα μετακινηθούν με τα σπόρια πάνω τους, τότε η προσβολή μπορεί να εξαπλωθεί.

Αν και θεωρητικά μια επιδημία μπορεί να ξεσπάσει στον εντομολογικό πληθυσμό, στην πράξη αυτό μπορεί να συμβεί μόνο σε πολύ μεγάλης πυκνότητας πληθυσμούς και κάτω από πολύ ιδανικές συνθήκες για τον μύκητα (υψηλή υγρασία). Τέτοια περίπτωση δύσκολα παρουσιάζεται. Για αποτελεσματικό έλεγχο με τον μύκητα, η εφαρμογή πρέπει να επαναλαμβάνεται μερικές φορές, μέχρι να σκοτωθούν όλα τα έντομα. Αν μια νέα προσβολή εμφανιστεί, η επανάληψη της εφαρμογής

κρίνεται αναγκαία. Τέλος, οι μελέτες έχουν δείξει ότι ο συνδυασμός των εντομοπαθογόνων μυκήτων με κάποιο εντομοκτόνο μπορεί να ενισχύσει την απόδοσή του δεδομένου ότι οι μύκητες δημιουργούν πληγές που διευκολύνουν το εντομοκτόνο να διεισδύσει στο έντομο.

7. 5 Εμπορικά σκευάσματα

Ο *Verticillium lecanii* (εικ. 26) είναι ένας μύκητας για τον οποίο έχει αναφερθεί ότι προκαλεί το φαινόμενο της φυσικής επιζωοτίας στην αφίδα και του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές.

Ο *Verticillium lecanii* ήταν ο πρώτος μύκητας που μελετήθηκε και αναπτύχθηκε σαν μυκοεντομοκτόνο στα θερμοκήπια. Είναι εμπορικά διαθέσιμος, σε δύο προϊόντα τα οποία κατασκευάστηκαν και παρουσιάστηκαν από την Koppert (koppert Biological Systems), στην Ολλανδία.



Εικόνα 26. Αποικία του μύκητα *Verticillium lecanii* σε τριβλίο με θρεπτικό υλικό.

Τα προϊόντα αυτά περιέχουν διαφορετικές απομονώσεις του μύκητα σαν ενεργά συστατικά τους. Το Vertalec παρασκευάστηκε για την καταπολέμηση της αφίδας και το Mycotal για την καταπολέμηση του αλευρώδη και του θρίπα. Τα προϊόντα αυτά, πήραν άδεια κυκλοφορίας στην Δανία, στην Φιλανδία, στην Ολλανδία, στην Νορβηγία και στην Αγγλία, ενώ εκκρεμεί η άδεια σε Γαλλία, Ισπανία και Τουρκία.

Το Vertalec όταν εισήχθηκε στην αγορά το 1981, πρωτοεφαρμόστηκε σε φυτά χρυσαυθόμου που πλήττονταν από αφίδες. Αποδείχθηκε αποτελεσματικό και για το συγκεκριμένο είδος, αλλά και για ένα μεγάλο αριθμό αφίδων διαφόρων ειδών. Το Vertalec παράγεται κατόπιν μιας υγρής ζύμωσης των βλαστοσπορίων, τα οποία είναι δομημένα σε θρεπτικά υποστρώματα και εφαρμόζεται με την μορφή βρέξιμης σκόνης. Στα θρεπτικά υποστρώματα αναπτύσσονται αποικίες του μύκητα και όταν βρίσκονται σε φυλλική επιφάνεια, έχουμε αυξημένη αποτελεσματικότητα. Ο έλεγχος μπορεί να ενισχυθεί χρησιμοποιώντας φερομόνες συναγερμού των αφίδων συγχρόνως με τους μύκητες και με το εντομοκτόνο imidacloprid, του οποίου οι δόσεις είναι σχεδόν θανατηφόρες.

Το Vertalec και το Mycotal, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στο θερμοκήπιο, όπου η ατμοσφαιρική υγρασία μπορεί να ρυθμιστεί στα ιδανικά επίπεδα προκειμένου να αναπτυχθεί και να δράσει ο μύκητας. Πρόσφατες έρευνες της koppert έχουν καταλήξει σε ένα νέο βοηθητικό σκευάσμα, το 'Addit' και βασίζεται σε γαλακτωματοποιημένα έλαια και το οποίο ενισχύει την δράση του Mycotal, σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας. Δυστυχώς αυτό το σκευάσμα δεν είναι συμβατό με την χρήση του Vertalec, όμως γίνονται συνεχώς μελέτες προκειμένου να βελτιωθεί η σύστασή του και κατά συνέπεια η αποτελεσματικότητά του, στα πλαίσια της γενικότερης έρευνας για την αποτελεσματικότητα των μυκήτων σε χαμηλότερη υγρασία. Έτσι θα επιτραπεί και η χρήση των μυκοεντομοκτόνων και σε καλλιέργειες στην ύπαιθρο. Ένα μειονέκτημα του Vertalec στο οποίο οφείλεται και η χαμηλή

εμπορικότητά του, είναι οι απαιτήσεις του στην υγρασία, οι οποίες δεν παρέχονται σε υπαίθριες καλλιέργειες και καθιστά την χρήση του ανεπαρκή μέχρι και αδύνατη.

7. 5. 1 Παρουσίαση του Mycotal



Εικόνα 27. Υφές του *Verticillium lecanii* σε προσβεβλημένη αφίδα

Το προϊόν Mycotal περιέχει σπόρια του *V. lecanii* το οποίο είναι αποτελεσματικό εναντίον του αλευρώδη-*Trialeurodes vaporariorum* και *Bemisia tabaci*-και έχει κάποιο αποτέλεσμα και στους θρίπες. Το Mycotal έχει φορμουλαρισθεί σαν μια βρέξιμη σκόνη, βασισμένη σε κονιδιοσπόρια του μύκητα. Κυκλοφορεί στο εμπόριο σε πακέτα των 500gr, με περιεκτικότητα σκόνης 1010 σπόρια/gr.

Σύμφωνα με τις ενδείξεις της συσκευασίας η προετοιμασία του ψεκαστικού υγρού γίνεται ως εξής: Γίνεται ανάμειξη της απαιτούμενης ποσότητας MYCOTAL με λίγο νερό(15°C-20°C). Η αναλογία του νερού είναι 3 - 4 lt για 500 gr. MYCOTAL. Το διάλυμα ανακατεύεται μέχρι να διαλυθεί και μένει για 2 - 4 ώρες πριν μπει στο δοχείο

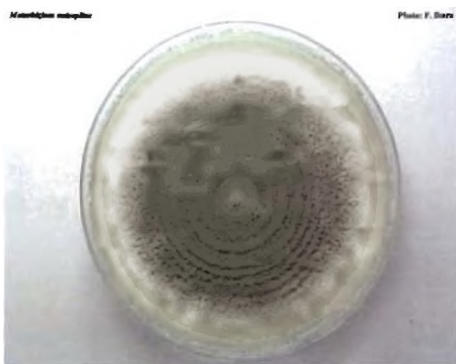
ψεκασμού οπότε και είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί. Το ψεκαστικό που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι υψηλής πίεσης και ο ψεκασμός να γίνεται αργά το απόγεμα ή νωρίς το βράδυ. Η χρήση φυτικού λαδιού(ADDIT) αυξάνει την αποτελεσματικότητα του MYCOTAL και δεν χρειάζεται τόσο υψηλές υγρασίες για να εγκατασταθεί ο μύκητας

Μετά τον ψεκασμό τα σπόρια του μύκητα βλαστάνουν και παράγουν υφές οι οποίες διαπερνούν τα σωματικά τοιχώματα του εντόμου όπου πολλαπλασιάζονται και καταστρέφουν τους ιστούς. Ο μύκητας αναπτύσσεται μέσω της μεμβράνης του εντόμου και το σκοτώνει(εικ.27) μετά από 7 - 10 ημέρες. Έντομα που βρίσκονται σε συνεχή κίνηση, όπως ο θρίπας, βοηθούν στην διασπορά του μύκητα, μεταφέροντας τα σπόρια κατά την κίνησή τους στην καλλιέργεια. Το Mycotal είναι επιλεκτικό και έχει αμελητέα επίδραση σ' άλλα έντομα. Ο μύκητας λοιπόν, μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς κίνδυνο στα θερμοκήπια που χρησιμοποιούνται ωφέλιμα έντομα, όπως: *Encarsia formosa*, *Phytoseiulus permisilis* κ.λ.π. Τα ωφέλιμα μπορεί να προσβληθούν μόνο σε ιδανικές συνθήκες για τον μύκητα, δηλαδή σε 100% σχετική υγρασία και 20-25°C. Η χρήση του MYCOTAL απαιτεί μια θερμοκρασία 18°C - 28°C και ελάχιστη σχετική υγρασία 75 % για 10 - 12 ώρες την ημέρα, για μερικές ημέρες μετά την εφαρμογή.

Το αποτέλεσμα όλης αυτής της εφαρμογής είναι ο θάνατος των προνυμφών και των νυμφών, πριν ακόμα γίνει ορατός ο μύκητας. Τα νεκρά έντομα είναι χρώματος ανοιχτού έως σκούρου κίτρινου, ρυτιδιασμένα και μουντά. Μετά από λίγο καιρό και κάτω από ιδανικές συνθήκες(υψηλή υγρασία) εμφανίζεται το άσπρο μυκηλιακό χνούδι στα προσβεβλημένα έντομα.

Το προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις καλλιέργειες των θερμοκηπίων, όπως αγγούρια, τομάτες, φασολάκια, μελιτζάνες, καλλωπιστικά φυτά και λουλούδια και επίσης κάτω από ιδανικές συνθήκες και σε ορισμένες υπαίθριες καλλιέργειες. Πριν από κάθε εφαρμογή ο καλλιεργητής πρέπει να διαβάζει καλά τις οδηγίες χρήσης που αναγράφονται στην ετικέτα, προκειμένου η εφαρμογή να γίνει σωστά και αποτελεσματικά χωρίς ανεπιθύμητες παρενέργειες. Η αποθήκευση γίνεται σε θερμοκρασία 2-6°C και διατηρείται για έξι μήνες, εφόσον παραμένει στην αρχική του κλειστή συσκευασία.

8. *Metarhizium anisopliae*



Εικόνα 28. Τριβλίο με καλλιέργεια του μύκητα *M.anisopliae*

8. 1 Γενικά:Ο μύκητας *Metarhizium anisopliae* παλαιότερα γνωστός και σαν *Entomophthora anisopliae*, είναι ένας ευρέως διαδεδομένος εδαφικός μύκητας. Ο *M. anisopliae* είναι μέλος της τάξης *Hyphomycetes* των μυκήτων και ταξινομείται στους πράσινους εντομοπαθογόνους μύκητες, εξαιτίας του πράσινου χρώματος που έχουν οι σποροαποικίες του(εικ.28). Έχει αναφερθεί ότι μολύνει 300 διαφορετικά είδη εντόμων και συνιστά ένα από τους καλύτερα μελετημένους εντομοπαθογόνους μύκητες.

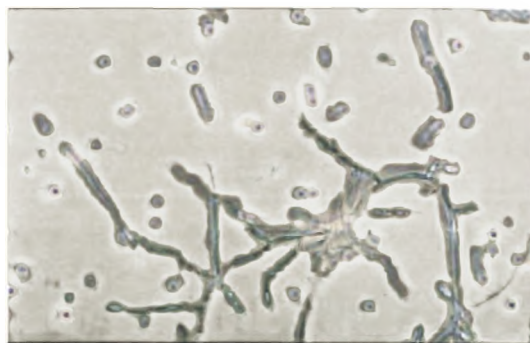
Αν και ο μύκητας δεν είναι μολυσματικός ή τοξικός για τα θηλαστικά, η εισπνοή των σπορίων του μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις σε αλλεργικά άτομα. Η πρώτη του χρήση σαν μικροβιακό εντομοκτόνο έγινε το 1879, όταν ο Elie Metchnikoff τον χρησιμοποίησε στις πειραματικές του δοκιμές, για την καταπολέμηση του σκαθαριού *Anisoplia austriaca*. Αργότερα χρησιμοποιήθηκε για την καταπολέμηση του εντόμου *Cleonus punctiventris* (κουρκούλιο των ζαχαρότευτλων, οικ.: Curculionidae)

8. 2 Εμφάνιση και προσβολή

Χαρακτηριστικό του μύκητα *M.anisopliae* είναι ότι το μυκήλιό του (εικ. 29) δεν έχει εντομοκτόνο δράση. Αντίθετα τα βλαστοσπόρια και τα κονίδια είναι βιολογικά δραστικά και έχουν την ικανότητα να μολύνουν και να σκοτώσουν τον ξενιστή τους. Ο μύκητας παράγει βλαστοσπόρια(εικ.30) μόνο σε υγρές καλλιέργειες και εφόσον βρεθεί στις κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Αντίθετα, κονίδια παράγονται αποκλειστικά στην επιφάνεια καλλιεργειών που φέρουν θρεπτικό υπόστρωμα.

Ο μύκητας έχει δύο τύπους, ανάλογα με το μέγεθος των κονιδίων. Ο πρώτος, *M.anisopliae* var *anisopliae* ο οποίος έχει κονίδια μεγέθους 3,5-9,0 μm και ο δεύτερος *M.anisopliae* var *major* με κονίδια 9,0-18.0μm

Ο *M. anisopliae* εισέρχεται γενικά στο σώμα του έντομου μέσα από το τραχειακό άνοιγμα του εντόμου και από τους πόρους των αισθητήριων οργάνων.



Εικόνα 29. Μυκήλια του *M.anisopliae*

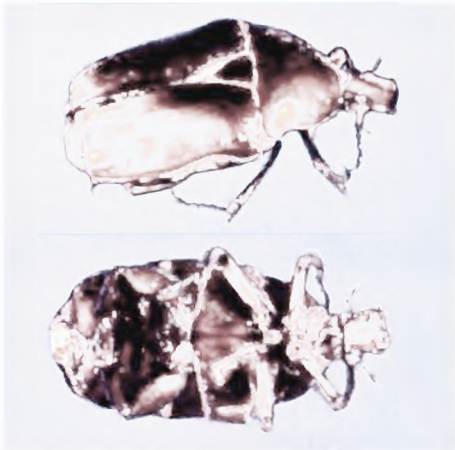


Εικόνα 30. Βλαστοσπόρια του *M.anisopliae*

Εκεί, παράγονται πλευρικές υφές του μύκητα, οι οποίες πολλαπλασιάζονται τελικά και καταλαμβάνουν το εσωτερικό περιεχόμενο του εντόμου. Η μυκητιακή αυτή αύξηση συνεχίζεται μέχρι να γεμίσει το έντομο με τα μυκήλια του μύκητα.

Όταν το εσωτερικό του εντόμου καταναλωθεί, ο μύκητας διαπερνά την επιδερμίδα και σχηματίζει σπόρια. Το έντομο τότε εμφανίζεται θολό (fuzzy)(εικ.31-32). Η υγρασία που πρέπει να επικρατεί, προκειμένου ο μύκητας ν' απελευθερώσει τα σπόριά του είναι χαμηλότερη από 50%. Ο *M. anisopliae* μπορεί να διατρέφεται από τα λιπίδια της επιδερμίδας του εντόμου. Επιπλέον ο μύκητας παράγει δευτερογενείς μεταβολίτες, όπως τον destruxin, οι οποίοι έχουν εντομοκτόνες ιδιότητες για τις πτερωτές προνύμφες.

Σε πολλά έντομα παρατηρείται το φαινόμενο, να έχουν αναπτύξει φυσιολογικά μηχανισμούς στο εσωτερικό τους, οι οποίοι τα προστατεύουν από τον *M. anisopliae*, και μειώνουν την μολυσματικότητά του. Για παράδειγμα, η 'ακρίδα της ερήμου', παράγει αντιμυκητιακές τοξίνες, οι οποίες μπορούν να εμποδίσουν την βλάστηση των σπορίων του μύκητα. Ένας άλλος μηχανισμός άμυνας των εντόμων στους μύκητες, είναι αυτός που αποφεύγουν την μόλυνση με το να καταστρέφουν το περιβλημά τους γρήγορα ή να αναπτύσσουν ένα άλλο πριν ακόμα προλάβει ο μύκητας να διαπεράσει την επιδερμίδα.



Εικόνα 31. Νεκρά ενήλικα κολεόπτερα προσβεβλημένα από τον μύκητα *M.*



Εικόνα 32. Προσβεβλημένο το έντομο *Plautia stali* από τον *Metarhizium anisopliae*

8. 3 Χρήσεις του μύκητα:

Χρησιμοποιείται σαν δόλωμα στην Νότια Αυστραλία για την καταπολέμηση του *Aphodius tasmanae* (Scarabaeidae). Το έντομο ζει σε τρύπες και άλλες προφυλαγμένες θέσεις κατά την διάρκεια της ημέρας και την νύχτα ανεβαίνει στα φυλλώματα, απ' όπου τρέφεται. Η τοποθέτηση δολωμάτων του μύκητα, είχε σαν αποτέλεσμα, την μεταφορά του μύκητα και στον υπόλοιπο πληθυσμό και κατά συνέπεια την μόλυνσή του.

Στην Βραζιλία, τα έντομα Spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) είναι σοβαροί εχθροί της καλλιέργειας ζαχαροκάλαμου και των βοσκοτόπων. Η χρήση του *M. anisopliae* έχει οδηγήσει σε σημαντική μείωση των πληθυσμών, ενώ δεν προσβάλλει τα ωφέλιμα παράσιτα που είναι φυσικοί εχθροί των Λεπιδοπτέρων, που κι αυτά είναι βασικοί εχθροί των καλλιεργειών.

Στην υψήγηρη περιοχή του Καου στην Νότια Αφρική, ψεκασμοί με τον μύκητα *M.anisopliae* σε συνθήκες χαμηλής σχετικής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας (αέρα >37°C, επιφάνειας εδάφους >60°C), κατάφεραν σε 2-3 εβδομάδες να ελέγξουν

την 'καφέ ακρίδα' σε ποσοστό πάνω από 90%.

8. 4 Εμπορικά σκευάσματα:

Η επιτυχημένη μαζική καλλιέργεια του *M. anisopliae* και η εξέλιξη των μεθόδων ανάπτυξης μολυσματικών σπορίων, οδήγησαν στην εμπορική αξιοποίηση αυτού του μύκητα ως μικροβιακό εντομοκτόνο. Ο μύκητας αναπτύσσεται σ' ένα μεγάλο εύρος εδαφικών ζυμώσεων, παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του *Bacillus thuringiensis*, και τα σπόρια μπορούν να διαμορφωθούν σε σκόνη. Τα μυκητιακά σπόρια μπορούν επίσης να αναπτυχθούν σε αποστειρωμένο ρύζι, σε πλαστικά δοχεία, όταν θέλουμε μικρή παραγωγή. Ο *M. anisopliae* είναι ευαίσθητος σε ακραίες θερμοκρασίες. Η βιωσιμότητα των σπορίων αυξάνεται όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία αποθήκευσης, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες έχουμε και μείωση της μολυσματικότητας του μύκητα.



Εικόνα 33. Προσβεβλημένο το έντομο *Plautia stali* από τον *Metarhizium anisopliae*



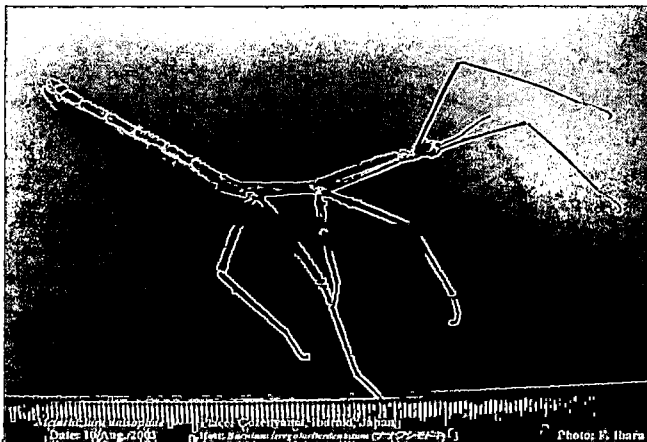
Εικόνα 34. Έντομα *Plautia stali* νεκρά από τον *Metarhizium anisopliae*

Το Bibelots είναι το εμπορικά διαθέσιμο σκευάσμα του μύκητα. Χρησιμοποιείται στην βιολογική καταπολέμηση των τερμιτών, όπως του *Reticulitermes sp.* Ο μύκητας εφαρμόζεται στο ξύλο όπου, όπως είναι γνωστό, βρίσκονται οι ενεργές στοές των τερμιτών. Στις στοές αυτές έχουμε άμεση έκθεση των τερμιτών στον μύκητα. Εκτός από την άμεση μόλυνση των τερμιτών, μόλυνση των υπόλοιπων τερμιτών της αποικίας υφίσταται όταν τα μολυσμένα άτομα διαδώσουν το μόλυσμα στα υγιή άτομα του πληθυσμού. Εργαστηριακές μελέτες έδειξαν ότι ο θάνατος των εντόμων(εικ.34-35) επέρχεται μετά από 4-10 μέρες ανάλογα και με την θερμοκρασία.

Κανένα άλλο προϊόν που να περιέχει τον *M. anisopliae* δεν έχει καταχωρηθεί πρόσφατα. παρόλο που ο μύκητας μπορεί να καταπολεμήσει και άλλα είδη εντόμων όπως αποδεικνύεται εργαστηριακά. Παρόλα αυτά υπάρχουν ενδείξεις από αυτές τις μελέτες ότι ο μύκητας μπορεί να προσβάλει και να σκοτώνει ωφέλιμα έντομα, όπως το αρπακτικό του θρίπα *Orius insidiosus* το οποίο έδειξε μεγάλη ευαισθησία στον *M.anisopliae*.

8. 5 *Metarhizium anisopliae* στην καταπολέμηση της ακρίδας και των τζιτζικιών στην Αφρική.

Τα τζιτζίκια και οι ακρίδες αποτελούν από τους πιο καταστρεπτικούς εχθρούς που συναντώνται κατά κύριο λόγο στα λιβάδια και τους βοσκότοπους σ' όλο τον κόσμο. Ανάμεσα στο 1985 και 1989 παρουσιάστηκε μια έξαρση σε πληθυσμούς τζιτζικιών *Schistocerca gregaria* και πολλών ειδών ακρίδας σε διάφορες περιοχές της Αφρικής, που οδήγησε στην εκτεταμένη χρήση χημικών εντομοκτόνων, στα πλαίσια της καταπολέμησης των εντόμων που απειλούσαν τις εκεί περιοχές. Το 1990, σ' ένα πρόγραμμα μελέτης που ξεκίνησε, συνεργάστηκαν ερευνητές και επιστήμονες από ινστιτούτα της Αγγλίας, της Ολλανδίας και διαφόρων δημοκρατιών της Αφρικής. Ο βασικός στόχος των ερευνών που έγιναν ήταν, η καταπολέμηση των εντόμων-εχθρών που εμφανίστηκαν με την χρήση εντομοπαθογόνων μυκήτων, σαν μέσα βιολογικής καταπολέμησης.



Εικόνα 35. Ενήλικο του *Baculum irregulariterdentatum*, νεκρό από προσβολή του υύκητα *Metarhizium anisopliae*



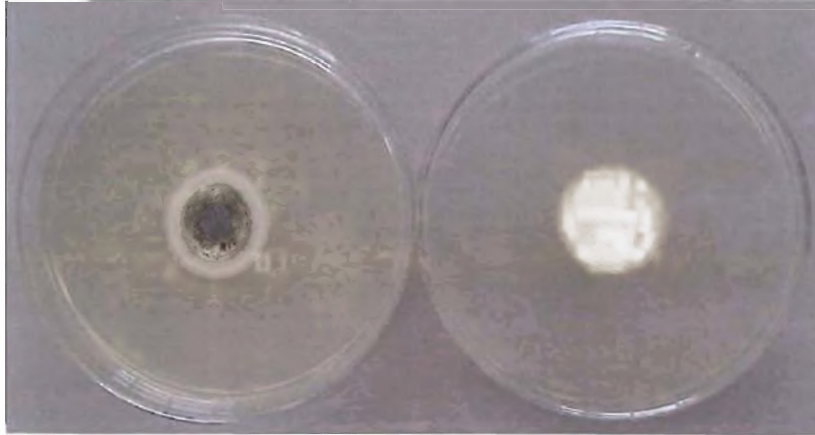
Εικόνα 36.Κονίδια του *M.anisopliae*

Το πρόγραμμα αυτό ήταν σε μεγάλο βαθμό εμπνευσμένο, από το διεθνές κλίμα που επικρατούσε, ενάντια στις καταστροφικές περιβαλλοντικές επιδράσεις, οι οποίες προκαλούνταν από την χρήση εντομοκτόνων, σύμφωνα με τον συμβατικό τρόπο καταπολέμησης.

Κατά την διάρκεια των εργασιών της μελέτης ο *M. anisopliae* var *acridium*, βρέθηκε να είναι το πιο ενδιαφέρον φυσικό παθογόνο των τζιτζικιών και των ακριδών(εικ.35). Ύστερα από μαζική παραγωγή του μύκητα και εφαρμογής και μελέτης στο χωράφι, απομονώσεις του μύκητα(εικ.37) τον έκαναν να είναι μολυσματικός για την ακρίδα.

Μετά την μαζική τους παραγωγή τα κονίδια(εικ.36), εμβολιάστηκαν σε κόκκους ρυζιού, μέσα σε πλαστικές σακούλες και σωλήνες. Αυτή η μέθοδος είναι τροποποιημένη σε σχέση με αυτή που εφαρμόστηκε στην Λατινική Αμερική. Εναέρια κονίδια εξήχθησαν από τους κόκκους του ρυζιού και αφού διαβρέχτηκαν, αποθηκεύτηκαν σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας, περίπου 5%. Οι καλύτερες συνθήκες αποθήκευσης, προκειμένου να διατηρήσουν τα κονίδια την μολυσματικότητά τους πάνω από 12 μήνες, είναι οι 30°C. Επίσης στην αποθήκη πρέπει να βρίσκονται σε ειδικές συσκευασίες οι οποίες να περιέχουν 'silica gel'(υλικό απορρόφησης υγρασίας). Τα μυκοεντομοκτόνα που βασίζονται στον *M.anisopliae*, είναι εφοδιασμένα στα ειδικά σακουλάκια τους με υγρά κονίδια(εικ.38) τα οποία θα πρέπει να είναι αναμιγμένα με κηροζίνη ή άλλο έλαιο πριν να ψεκαστούν.

Από τα συγκεκριμένα πειράματα, προέκυψαν αποτελέσματα θανάτωσης 70-90% του πληθυσμού της ακρίδας και του τζιτζικιού, σε διάστημα 14-20 ημερών μετά την εφαρμογή. Επίσης σημειώθηκε ότι δεν υπήρξε καμία αρνητική επίδραση σε οργανισμούς μη-στόχους. Ένα παρεμφερές προϊόν, το 'Green Muscle', είναι εμπορικά διαθέσιμο, μετά απο 12 χρόνια μελέτης και επιστημονικής προσέγγισης του θέματος.



Εικόνα 37. Τριβλία με καλλιέργειες του *Metarhizium anisopliae*



Εικόνα 38. Καλλιέργεια του *Metarhizium anisopliae*

9. *Lagenidium giganteum*

9. 1 Γενικά

Ο *Lagenidium giganteum* είναι ένας υδρόφιλος μύκητας που παρασιτεί στα προνυμφικά στάδια των κουνουπιών(εικ.39-40). Αυτό το μικροβιακό παράσιτο ανήκει σε μια κατηγορία οργανισμών οι οποίοι μοιάζουν με μύκητες και έχουν μυκητιακό κύκλο ζωής, παρόλα αυτά σχετίζονται με διάτομα και καφέ φύκι. Το μολυσματικό στάδιο είναι ένα κινητό σπόριο το οποίο έχει αποστολή ανίχνευσης και καταστροφής. Το σπόριο αυτό έχει την ικανότητα να μπορεί να αναγνωρίζει την ιδιαιτερότητα του ξενιστή που πρόκειται να προσεγγίσει και έτσι προσκολλάται μόνο σε ξενιστές και σε επιφάνειες κατάλληλες για αυτό.

9. 2 Εμφάνιση και προσβολή



Εικόνα 39-40. Νεκρές προνύμφες κουνουπιού κατελιημμένες από τον μύκητα *Lagenidium giganteum*

Το *L. giganteum* αναγνωρίζεται πιο εύκολα όταν έχει ωριμάσει και έχει διαμορφωθεί η κυτταρική του μεμβράνη. Οι προσβεβλημένες από τον μύκητα προνύμφες αναγνωρίζονται από μια χαρακτηριστική γκρι-άσπρη εμφάνιση, που καταλήγει σε κάτασπρη εμφάνιση της προνύμφης. Κατά την απουσία ανταγωνιστικών βακτηρίων ή πρωτόζωων, οι προσβεβλημένες προνύμφες θα είναι απόλυτα καλυμμένες με κύτταρα τα οποία κάτω από το μικροσκόπιο εμφανίζονται διάφανα.

9. 3 Φυσικό περιβάλλον

Παρόλο που το *L. giganteum* δεν είναι υποχρεωτικό παράσιτο μπορεί να αναπτυχθεί σαν φυτό, πάνω σε αποσαθρωμένες βλασθήσεις ή σε νεκρά έντομα. Κατά την απουσία ξενιστή, αναπτύσσεται πιο γρήγορα και απομονώνεται πιο εύκολα σε αυτήν την περίπτωση από ότι στην περίπτωση της προνύμφης. Είναι δυνατόν να εντοπιστεί σε περιοχές όπου το υδάτινο στοιχείο είναι έντονο όπως επίσης και σε πληθυσμούς κουνουπιών. Απομονώσεις του παράσιτου από ντόπιους πληθυσμούς προνυμφών έχουν καταγραφεί κυρίως στην Ν. Αμερική όπως επίσης και στην Καλιφόρνια, στην Κούβα, στην Κολομβία και στην Αγγλία.

9. 4 Ξενιστές

Το παράσιτο μπορεί να μολύνει και να σκοτώσει τα περισσότερα από τα είδη των κουνουπιών όταν οι συνθήκες που επικρατούν χαρακτηρίζονται από πολλή υγρασία και η θερμοκρασία κυμαίνεται στους 16-32°C. Επίσης ο μύκητας *L. giganteum* μπορεί να μολύνει και είδη της τάξης των Δίπτερων, όπως το *Chaoborus astictopus*, διάφορα είδη σκνίπας κ. α.

9. 5 Βιολογικός κύκλος

Η μόλυνση μιας προνύμφης ξενιστή, ξεκινά από τα κινητά μαστίγια των ζωοσπορίων, τα οποία χάρις στην εκλεκτική τους ικανότητα, αναγνωρίζουν χημικά συστατικά στην επιδερμίδα των κουνουπιών, τα οποία και προσεγγίζουν. Αφού προσεγγίσουν, εισχωρούν στο εσωτερικό της προνύμφης και διακλαδίζονται στη συνέχεια με αποτέλεσμα να εξέλθουν από το σώμα του ξενιστή. Ανάλογα με την θερμοκρασία και την πυκνότητα των ζωοσπορίων η προνύμφη πεθαίνει από λιμό σε 1-4 μέρες. Την στιγμή αυτή, μεμονωμένα κάθε κύτταρο δημιουργεί έναν σωλήνα εξόδου και δημιουργεί χωρίς καμία διαδικασία αναπαραγωγής 10-50 σπόρια τα οποία είναι έτοιμα να αναζητήσουν έναν νέο ξενιστή. Εναλλακτικά, δύο κύτταρα μπορούν να συμπτυχθούν δημιουργώντας τελικά ένα αδιαπέραστο τοίχωμα, αδρανές, το ωοσπόριο. Αυτά τα φυλετικά στάδια του *L. giganteum* μπορούν να παραμείνουν ζωντανά ακόμα και σε συνθήκες απουσίας υγρασίας για πάνω από 7 χρόνια. Κάτω από ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες, τα ωοσπόρια βλαστάνουν και έτσι συμβάλλουν στην παραγωγή μολυσματικών μαστιγίων των ζωοσπορίων που είναι όμοια με αυτά που παράγονται και παρθενογενετικά, όπως είπαμε και παραπάνω.

10. Οικογένεια Entomophthorales

10.1 Γενικά:

Συνιστά την σημαντικότερη ίσως τάξη μυκήτων μεταξύ των πέντε υποδιαιρέσεων της κατηγορίας *Eumycota* αναφορικά με την παθολογία των εντόμων. Αριθμεί εκατοντάδες εντομοπαθογόνα είδη μοιρασμένα σε ένα μεγάλο αριθμό από γένη. Η ταξινόμηση των εντομοπαθογόνων γενών της τάξης αυτής φαίνεται να μην είναι εντελώς οριστικοποιημένη αλλά να επικρατεί κάποια σύγχυση όσον αφορά μερικά γένη.

Πολλά μέλη της τάξης αυτής προκαλούν εκτεταμένες και εξοντωτικές επιζωτιές σε πληθυσμούς εντόμων. Τα έντομα ξενιστές αυτών των μυκήτων απαντώνται σε 32 οικογένειες μεταξύ των οποίων και στα Homoptera, Diptera(εικ.41-42), Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera and Orthoptera.

Μερικά είδη διαθέτουν μεγάλο φάσμα ξενιστών ενώ κάποια άλλα περιορίζονται σε μια μικρή ομάδα ή ένα μόνο είδος.

Θεωρούνται σαν τα σημαντικότερα παθογόνα των αφίδων με πάνω από 10 είδη να μολύνουν αφίδες ενώ τα πέντε πιο κοινά γένη είναι τα: *Conidiobolus*, *Erynia*, *Entomophthora*, *Neozygites* και *Zoophthora*

Το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην μόλυνση και το θάνατο του εντόμου είναι 3-12 ημέρες με μεγαλύτερη συχνότητα τις 5-8 ημέρες.

Νεκρές αφίδες φαίνονται σαν προσκολλημένες στην επιφάνεια του φύλλου λόγω του ρύγχους των ή των ριζοειδών που σχηματίζει ο μύκητας. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας ο μύκητας σχηματίζει, έξω από το σώμα του εντόμου, βλαστικές υφές και κονιδιοφόρους. Ο σχηματισμός κονιδιοφόρων φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με μια ελάχιστη ποσότητα ύδατος στο σώμα του νεκρού εντόμου



Εικόνα 41. Ενήλικο δίπτερο, βασικός ξενιστής για μύκητες της οικογένειας Entomophthorales



Εικόνα 42. Δίπτερο, προσβεβλημένο από τον βασικότερο μύκητα της οικογένειας Entomophthorales, τον *Entomophaga maimaga*

10. 2 *Entomophaga maimaga*

10. 2. 1 Βιολογία



Εικόνα 43. Κορμός δέντρου, τύπος διαχείμανσης για τον *Entomophaga maimaga*.

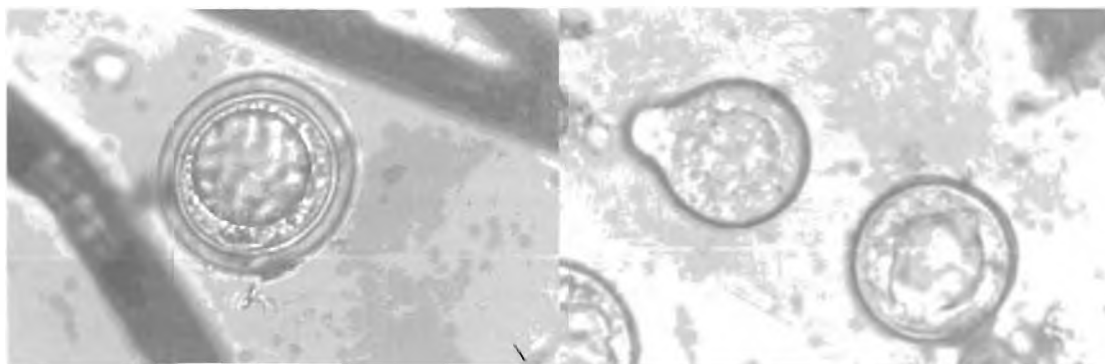
Ο *Entomophaga maimaga* διαχειμάζει σαν σκληρώτιο σε ανενεργή κατάσταση, στο έδαφος και στους φλοιούς των δέντρων(εικ.43). Κατά τον Μάιο-Ιούνιο τα ανενεργά σπόρια βλαστάνουν και παράγουν κολλώδη σπόρια στην άκρη ενός μίσχου ο οποίος αυξάνεται ακριβώς στην εδαφική επιφάνεια.

Όταν τα νεαρά έντομα προσβάλλονται νωρίς το καλοκαίρι, ο μύκητας παράγει έναν δεύτερο τύπο σπορίων, τα κονίδια. Αυτά τα μικροσκοπικά σπόρια διασπείρονται με τον αέρα και μπορούν να μολύνουν με αυτόν τον τρόπο και άλλα έντομα. Ο κύκλος της παραγωγής των κονιδίων και της μόλυνσης των εντόμων μπορεί να επαναληφθεί από τέσσερις έως εννιά φορές κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

Όταν ο μύκητας αναπτύσσεται σε μεγάλης ηλικίας έντομα παράγουν τα χειμερινά

ανενεργά σπόρια (εικ44-45).

Ο καιρός διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο για το πόσο μολυσματικός θα είναι ο *Entomophaga maimaga*. Όπως και οι περισσότεροι μύκητες χρειάζεται και αυτός υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας. Συχνές βροχοπτώσεις κατά την διάρκεια του Μαΐου και του Ιουνίου βοηθούν πολύ την έναρξη και την εξάπλωση της μολυσματικότητας του μύκητα. Θερμοκρασία 50-80 βαθμών F ενθαρρύνουν την ανάπτυξη του μύκητα



Εικόνα 44-45. Σπόρια του *Entomophaga maimaga*

10. 2. 2 Εμφάνιση προσβολή

Ο μύκητας *Entomophaga maimaga* είναι μια κοινή ασθένεια σε πληθυσμούς του *Lymntria dispar*, και φαίνεται να έχει καταγωγή από την Ιαπωνία.



Εικόνα 46. Προνύμφη του *Lymantria dispar*

Για πρώτη φορά παρουσιάστηκε στις ΗΠΑ κοντά στη Βοστώνη το 1910 σαν ένα μέρος ενός προγράμματος που στόχο είχε να εισάγει φυσικούς εχθρούς σε πληθυσμούς του *Lymantria dispar*. Οι επιστήμονες δεν είχαν αποδεικτικά στοιχεία προκειμένου να συσχετίσουν την εγκατάσταση του *Entomophaga maimaga* στους πληθυσμούς του *Lymantria dispar* και έτσι εγκαταλείφθηκε το πείραμα για λίγα χρόνια. Παρόλα αυτά ο μύκητας ξαναεμφανίστηκε σε διάφορες περιοχές το 1989 και προκάλεσε υψηλά επίπεδα θνησιμότητας σε πληθυσμούς του *Lymantria dispar*. Ωστόσο οι επιστήμονες έχουν διάφορες θεωρίες για την περιέργη επανεμφάνιση του μύκητα και το φαινόμενο αυτό παρέμεινε μυστήριο.

Ο *Entomophaga maimaga* εντοπίζεται σε προχωρημένο προνυμφικό στάδιο του *Lymantria dispar* (εικ.46) κατά την διάρκεια του οποίου, όταν τα έντομα προσβάλλονται από αυτόν τον μύκητα, πεθαίνουν. Όπως είπαμε κατά τον Μάιο-Ιούνιο παράγονται κολλώδη σπόρια στην άκρη ενός μίσχου. Τα άτομα του *Lymantria dispar* έρχονται σε επαφή με αυτά τα σπόρια κατά την διάρκεια της άνοιξης καθώς ψάχνουν για τις διατροφικές τους θέσεις. Ο μύκητας αφομοιώνεται από τον εξωσκελετό του εντόμου και συνεχίζει την ανάπτυξή του εντός του σώματός του. Τα μολυσμένα έντομα μπορεί να νεκρωθούν και στην διάρκεια μιας εβδομάδας. Ακολουθεί πτώση των νεκρών εντόμων από των κορμό του δέντρου στον οποίο είναι προσκολλημένα. Το σώμα του μύκητα βρίσκεται στο εσωτερικό του εντόμου ενώ η σποροπαραγωγή μυκηλίου συνεχίζεται και εξωτερικά του νεκρού εντόμου. Μετά την παραγωγή μυκηλίου ακολουθούν μια σειρά αποικοδομήσεις και τελικά πολλά κονίδια απομακρύνονται από την επιφάνεια του νεκρού εντόμου. Τα σπόρια που παραμένουν έχουν 30μm διάμετρο και μπορεί να βρεθούν στο εσωτερικό των επόμενων σταδίων των μολυσμένων *Lymantria dispar*. Ο *Entomophaga maimaga* εμφανίζεται συχνότερα στα πλατύφυλλα και κωνοφόρα δέντρα των δασών, σε αστικές και προαστιακές περιοχές. Υψηλές συγκεντρώσεις του μύκητα αυτού έχουν ανιχνευτεί στις βάσεις των δέντρων, όπου μολυσμένες προνύμφες των *Lymantria dispar* έχουν νεκρωθεί.

10. 2. 3 Ξενιστές

Αποτελέσματα εργαστηριακών ερευνών απέδειξαν ότι ο *Entomophaga maimaga* παρουσιάζει μερική εξειδίκευση στην οικογένεια που συγκαταλέγεται το *Lymantria dispar*. Παρόλα αυτά μπορεί να προκαλέσει υψηλά επίπεδα μόλυνσης σε μια σειρά άλλα είδη. Κατά την διάρκεια μελέτης που έγινε στον αγρό, τα μόνα νεκρά έντομα που βρέθηκαν στα δέντρα ήταν προνύμφες του *Lymantria dispar*,(εικ47) εξαιτίας του



Εικόνα 47. Προνύμφη του *Lymantria dispar*

Entomophaga maimaga.

Σε περιοχές που εντοπίστηκαν φαινόμενα επιζωοτίας του *Entomophaga maimaga* σε πληθυσμούς του *Lymontria dispar* περισσότερα από 1500 έντομα από 53 διαφορετικά είδη συλλέχθηκαν.

Μια άλλη ασθένεια που έχει και αυτή ως ξενιστές πληθυσμούς του *Lymontria dispar*, είναι ο ιός της πυρινικής πολυέδρωσης (NPV). Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δυο παθογόνα είναι ότι ο NPV εμφανίζεται μόνο όταν ο πληθυσμός του *Lymontria dispar* βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, ενώ, αντίθετα, ο *Entomophaga maimaga*, μπορεί να εμφανιστεί σε πληθυσμούς του *Lymontria dispar*, ακόμα και όταν αυτοί βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα.

Το πιο σημαντικό κριτήριο που διαφοροποιεί τα δύο παθογόνα είναι η συμπτωματολογία που προκαλούν στις κάμπιες του *Lymontria dispar*.

Οι κάμπιες που μολύνονται και πεθαίνουν από τον NPV, παραμένουν συνήθως προσκολλημένες στον μίσχο ή στα κλαδιά των δέντρων. Αποκτούν μαλακή υφή, γεμίζει το σώμα τους με καφέ υγρό και αποικοδομούνται σύντομα. Συνήθως οι κάμπιες παρουσιάζουν την εικόνα να κρέμονται σε ανάποδη στάση, σαν 'V'. Οι κάμπιες που προσβάλλονται από τον *Entomophaga maimaga*, παραμένουν και αυτές προσκολλημένες στα κλαδιά ή στον κορμό των δέντρων αλλά μετά ακολουθεί πτώση στο έδαφος. Εντούτοις, οι νεκροί οργανισμοί είναι σκληροί και δύσκαμπτοι, ενώ τα πόδια τους προεξέχουν από το σώμα τους. Επίσης φαίνονται και οι άσπρες υφές και τα κονίδια του μύκητα. Τέλος, ο μύκητας, μπορεί να διαχειμάσει με αυτή την μορφή πάνω στα νεκρά έντομα.

10. 2. 4 Κύκλος ζωής

Τα είδη στην οικογένεια *Entomophthorales* έχουν διάφορα στάδια ζωής:

- Τα κονίδια, που έχουν σχετικά μικρή διάρκεια ζωής και τα οποία είναι ενεργά και μακριά από το νεκρό έντομο και μπορούν αμέσως να βλαστήσουν και να προκαλέσουν μολύνσεις.
- Ο θαλός του μύκητα που εμφανίζεται μέσα στο προσβεβλημένο έντομο και το μυκήλιο που αναπτύσσεται έξω από το νεκρό έντομο.
- Τα ανενεργά σπόρια που παράγονται στο εσωτερικό των εντόμων σε προχωρημένα στάδια κι τα οποία υποβάλλονται σε μια περίοδο λήθαργου.

10. 2. 5 Σχετική αποτελεσματικότητα

Εξαιτίας του φαινομένου της επιζωοτίας που παρουσιάζεται στην δράση του *Entomophaga maimaga* στην Β. Αμερική και σε πληθυσμούς του *Lymontria dispar* το 1989 και 1996, έγινε πια καθαρό ότι αυτός ο μύκητας είναι ικανός να γίνει ένας από τους παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης. Ένας άλλος μικροβιακός τρόπος καταπολέμησης του *Lymontria dispar* είναι με την χρήση του ιού της πυρινικής πολυέδρωσης. Όμως η επιδημία του ιού αυτού απαιτεί υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα για το *Lymontria dispar*, προκειμένου να αναπτυχθεί και να έχει αποτελεσματικότητα, ενώ ο *Entomophaga maimaga* μπορεί να εξαπλωθεί και να είναι αποτελεσματικός σε χαμηλότερες πυκνότητες, όπως είπαμε.

Σε πρόσφατες μελέτες, το 1991 και 1992, αυτός ο μύκητας εμφανίστηκε να εξαπλώνεται με σχετική ευκολία ακόμα και σε χρονιές λιγότερο υγρές ενώ διατηρήθηκε για τρία χρόνια αργότερα. Σε αντίστοιχες μελέτες του 1995, που έγιναν σε κατοικημένες περιοχές, μόνο τα υπό έλεγχο αγροτεμάχια είχαν υποστεί υψηλού επιπέδου ζημιά, με βασικό σύμπτωμα την αποφύλλωση (εικ.48) και την μάρανση. Στοιχεία του 1996 αποδεικνύουν ότι η ζημιά οφειλόταν στο *Lymontria dispar* και μετά από συγκεκριμένη μεταχείριση, μειώθηκε η ζημιά περισσότερο από το 85%, από το 1995. Τα πιο θεαματικά αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στην περιοχή της Virginia, όπου η ζημιά σχεδόν εξαλείφθηκε στην διάρκεια ενός χρόνου και σε μια μεγάλη καλλιεργητική έκταση. Είναι κοινώς αποδεκτό ανάμεσα στους επιστήμονες και σε όσους ασχολούνται με την βιολογική καταπολέμηση, ότι ο μύκητας *Entomophaga maimaga*, είναι ο βασικός υπεύθυνος πιθανά, γι' αυτή την μείωση της ζημιάς. Παρόλα αυτά, δεν είναι διαπιστευμένο αν η δράση αυτή του μύκητα μπορεί να συνεχιστεί.

Μια ακόμα σημείωση των επιστημόνων που ασχολούνται με τον *Entomophaga maimaga*, είναι ότι ο μύκητας παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία και αστάθεια στον τρόπο δράσης του. Άρα η χρήση υγιούς περιβάλλοντος και αποτελεσματικών εντομοκτόνων, θα συνεχίσουν να είναι σημαντικά εργαλεία στα χέρια των καλλιεργητών για την καταπολέμηση του *Lymontria dispar*, ενώ θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη τα εξής:

- Είναι σημαντικό να συνεχιστούν οι έρευνες προκειμένου να κατανοηθεί πλήρως το πώς ο *Entomophaga maimaga* θα επηρεάσει αποτελεσματικά πληθυσμούς *Lymontria dispar*, και άλλων εντόμων-εχθρών σ' ένα βάθος χρόνου. Επίσης σημαντικό είναι να ανιχνευθεί η επίδραση του μύκητα αυτού σε ωφέλιμους οργανισμούς που χρησιμοποιούνται στην βιολογική καταπολέμηση.
- Η εξάπλωση του *Lymontria dispar* θα συνεχιστεί και μπορεί αρχικά να είναι πολύ επιβλαβές καθώς τα έντομα θα εισβάλουν σε αμόλυντες περιοχές. Παρόλα αυτά υπάρχει μια υπόθεση που λέει ότι όσο ο μύκητας *Entomophaga maimaga* θα εγκαθίσταται στην περιοχή αυτή θα μετριάζεται ο πληθυσμός του *Lymontria dispar* και κατ' επέκταση και η ζημιά που προκαλεί στην περιοχή.
- Τέλος, επειδή η εξάπλωση του *Lymontria dispar* μπορεί να γίνει πολύ εύκολα και μεταφέρεται σε αμόλυντες περιοχές με την βοήθεια του ανθρώπου, παρά την θέλησή του, πρέπει να εντοπίζεται έγκαιρα και να απομονώνεται προκειμένου να περιορίζεται η εξάπλωσή του.



Εικόνα 48. Τυπική εικόνα αποφύλλωσης, προσβολή του εντόμου *Lymontria dispar*

10. 2. 6 Συντήρηση

Κάθε άνοιξη, ξεκινά η μολυσματική δραστηριότητα του *E. maimaga*, καθώς τα εναπομείναντα σπόρια βλαστάνουν και παράγουν μολυσμένα κονίδια. Επειδή έχει ανιχνευτεί υψηλή συγκέντρωση τέτοιων σπορίων σε οργανικά στρώματα του εδάφους και κυρίως στις βάσεις των δέντρων, αποτελεί παρεμποδιστικό παράγοντα η διάσπαση αυτών των στρωμάτων. Π. χ., ανακατεύοντας το έδαφος στη βάση των δέντρων, μπορεί να μειωθεί η συγκέντρωση αυτών των σπορίων κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και έτσι θα μειωθεί και το ποσοστό μόλυνσης από αυτά τα σπόρια. Παρόλο που δεν έχουν ακόμα διερευνηθεί οι ευαισθησίες του *E. maimaiga* στα μυκητοκτόνα, είναι πιθανό η χρήση αυτών, και κυρίως στις βάσεις των δέντρων, να προκαλεί θνησιμότητα σε ένα ποσοστό των εναπομεινάντων σπορίων του *E. maimaiga*.

10. 2. 7 Ευαισθησία στα φυτοφάρμακα

Η ευαισθησία του *E. maimaiga* στα φυτοφάρμακα, είναι ένα θέμα το οποίο βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της μελέτης ενώ οι ερευνητές προσανατολίζονται περισσότερο στην αντίδρασή του με τα υπόλοιπα μυκητοκτόνα που εφαρμόζονται στα δάση αλλά και τις αστικές περιοχές. Μέχρι στιγμής δεν είναι εμπορικά διαθέσιμο.

10. 3 Αποσπάσματα από την έρευνα «*Entomophaga maimaiga*: A Fungal Pathogen of *Lymontria dispar* in the Limelight» της Ann E. Hajek

Όσον αφορά στην εγκατάσταση αυτού του μύκητα πρέπει να αναφέρουμε τα εξής στοιχεία:

1. Η εγκατάσταση του *E. maimaiga* σε καινούριες περιοχές, μπορεί να γίνει καθώς το *Lymontria dispar* εξαπλώνεται σε αυτές, αφού μαζί του εξαπλώνεται και ο μύκητας. Πιστεύεται όμως ότι η εξάπλωση του μύκητα μπορεί να γίνει πιο γρήγορα μέσω συγκεκριμένων χειρισμών.

2. Η αύξηση του μύκητα σε περιοχές όπου δεν είναι επαρκώς εγκατεστημένος, δείχνει ότι μπορεί να φτάσει σε υψηλά επίπεδα πυκνότητας σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Για να αυξηθεί ο πληθυσμός του μύκητα σε τέτοιες περιοχές, πρέπει να ενθαρυνθεί η ιδιότητα της επιζωοτίας του μύκητα.

Όσον αφορά στο έδαφος,

1. Το έδαφος που περιέχεται αδρανή σπόρια του μύκητα, χρειάζεται να προέρχεται από περιοχές απαλλαγμένες από επιβλαβή μικρόβια

2. Το έδαφος πρέπει να επεξεργάζεται προκειμένου να εξακριβώνεται η παρουσία των σπορίων του μύκητα και στην συνέχεια να ποσοτικοποιούνται τα αποτελέσματα

Ένας άλλος τρόπος εγκατάστασης του μύκητα είναι η συλλογή και η διάδοση των νεαρών εντόμων-φορέων του μύκητα. Αυτός όμως ο τρόπος παρουσιάζει το εξής πρόβλημα: 1) Το *Lymontria dispar* έχει μόνο μια γενιά το χρόνο και οι προνύμφες εμφανίζονται κυρίως από τον Απρίλη μέχρι τον Ιούλη (αναλόγως τη χρονιά και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής). 2) Τα νεκρά έντομα δεν μένουν για πολύ πάνω στο δέντρο και από την στιγμή που θα πέσουν πάνω στο έδαφος δεν είναι για πολύ καιρό αναγνωρίσιμα.

Επομένως πρέπει να εντοπιστεί το σημείο εμφάνισης του εντόμου από τον Ιούλη ενώ η απελευθέρωση του μύκητα για την καταπολέμηση θα γίνει τον επόμενο Μάη. Ο πληθυσμός του *Lymontria dispar* δεν έχει σταθερές ιδιότητες και γι' αυτό δεν είναι πάντα εύκολο, τον Ιούλιο, να προβλέψει κανείς, πριν να ολοκληρωθεί η εναπόθεση των αυγών από τα ενήλικα για την επόμενη γενιά, το μέγεθος του πληθυσμού, που θα προκύψει την επόμενη άνοιξη.

Προς το παρόν δεν είναι ακόμα εφικτή η *in vitro* σποροπαραγωγή του μύκητα και ο μόνος τρόπος είναι μέσω των εντόμων. Υπάρχει μια περίοδος ληθάργου για τα σπόρια του μύκητα και αυτή την στιγμή γίνονται μελέτες πάνω στις ιδιότητες που αποκτούν τα σπόρια όταν ξεπεράσουν αυτήν την περίοδο και το πώς αυτές θα αξιοποιηθούν.

Το 1991 και μετά από μια δίχρονη έρευνα πάνω στο φαινόμενο της επιζωοτίας του *E. maimaiga* η Υπηρεσία Δασών χορήγησε κονδύλια για να πραγματοποιηθούν περαιτέρω έρευνες πάνω στην αντίδραση των σπορίων του μύκητα μετά την απελευθέρωσή τους. Αυτό αποτέλεσε μια μεγάλη έρευνα, η οποία περιλάμβανε μελέτες σε 40 και πάνω αγροτεμάχια σε 4 περιοχές και για πάνω από δύο χρόνια.

Στα πειράματα του 1991, έγιναν σε 34 αγροτεμάχια τεσσάρων διαφορετικών περιοχών απελευθερώσεις του μύκητα. Μετά τις απελευθερώσεις επικράτησε ξηρασία, γεγονός που δεν ευνόησε την ανάπτυξη και εγκατάσταση του μύκητα. Είναι γνωστό ότι ο μύκητας δραστηριοποιείται μόνο σε συνθήκες υγρασίας. Παρ' όλα αυτά επιτεύχθηκε η εγκατάσταση του μύκητα εκείνη την χρονιά, στην πλειοψηφία των περιοχών.

Την δεύτερη χρονιά του πειράματος, το 1992, οι συνθήκες ήταν ευνοϊκές. Ο μύκητας εξαπολύθηκε και εγκαταστάθηκε σε όλα σχεδόν τα αγροτεμάχια. Κατά την διάρκεια της δεύτερης χρονιάς ο πληθυσμός του *Lymontria dispar* εξασθένησε σε όλα τα σημεία εξ' αιτίας της μόλυνσής του από τον μύκητα. Σε γειτονικά αγροτεμάχια, όπου ο μύκητας είχε μεταφερθεί, παρατηρήθηκε τόσο αύξηση όσο και μείωση του πληθυσμού του εντόμου.

Σε ελέγχους που ακολούθησαν το 1994, παρατηρήθηκε ότι ο μύκητας εξακολουθούσε να υφίσταται στον ίδιο βαθμό στις περιοχές που εγκαταστάθηκε. Οι πληθυσμοί του *Lymontria dispar* παρέμειναν στα αγροτεμάχια αλλά υπήρχε μια μεγάλου βαθμού μόλυνση από τον μύκητα. Από τα παραπάνω αποτελέσματα βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο *E. maimaiga* μπορεί να συμβάλει στην καταπολέμηση του *Lymontria dispar*, χρειάζεται όμως να μεσολαβήσει ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η διασπορά του μύκητα κατά τα έτη 1989, 1990 και 1992 ήταν αυξημένη. Δεν πιστεύεται ότι ο μοναδικός λόγος που ο μύκητας δημιούργησε τόσες αποικίες και εξαπλώθηκε με τέτοιο ρυθμό, ήταν οι εφαρμογές των προγραμμάτων που προαναφέρθηκαν. Η διασπορά του μύκητα μέσω του ανέμου έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση του μύκητα προκειμένου να έχουμε τα παραπάνω αποτελέσματα.

Σε πειράματα που έγιναν στο Maryland, το 1995, τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τα γενικότερα συμπεράσματα σχετικά με την δράση του μύκητα *E. maimaiga* σε πληθυσμούς του *Lymontria dispar*. Η δημοσίευση των παραπάνω εργασιών και των αποτελεσμάτων βοήθησαν τους κατοίκους της περιοχής να ενημερωθούν.

Στα δάση όπου συναντάμε το *Lymontria dispar* κατοικούν και άλλα Λεπιδόπτερα και γι' αυτό πάντα λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις σε έντομα μη-στόχους, κατά την καταπολέμηση του *Lymontria dispar*. Στα πλαίσια εργαστηριακών βιοδοκιμών συλλέχθηκαν από το δάσος έντομα με *E. maimaiga*. Ανάμεσα σε όλα αυτά βρέθηκαν 78 διαφορετικά είδη Λεπιδοπτέρων. Στο εργαστήριο δόθηκαν οι

ιδανικές συνθήκες και οι κατάλληλες δόσεις και κατόπιν έγινε η μόλυνση. Για τα περισσότερα έντομα η μόλυνση κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα παρόλο που οι συνθήκες ήταν ιδανικές.

Στα Sphingidae, δεν παρουσιάστηκε μόλυνση, ενώ στα Noctuidae, τα μόνα υψηλά επίπεδα μόλυνσης παρουσιάστηκαν στα Lymantriidae, στην οικογένεια δηλαδή που συγκαταλέγεται το *Lymontria dispar*. Βασιζόμενοι στα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι ο μύκητας *E. maimaiga* παρουσιάζει αρκετή εξειδίκευση στην οικογένεια που ανήκει το *Lymontria dispar*. Παρόλα αυτά πρέπει να προκαλεί υψηλά επίπεδα μόλυνσης και σε μια σειρά άλλα είδη.

Στον αγρό τα μόνα νεκρά έντομα που βρέθηκαν πάνω στα δέντρα μετά την εφαρμογή του *E. maimaiga*, ήταν *Lymontria dispar*. Συλλέχθηκαν από τέτοιες περιοχές πάνω από 1500 έντομα από 53 διαφορετικά είδη. Ανάμεσα σε αυτά βρέθηκαν, ένα άτομο από τα Lasiocampid και ένα άτομο από τα Noctuidae που είχαν μολυνθεί.

Βασιζόμενοι λοιπόν στα παραπάνω συμπεράσματα μπορούμε να πούμε ότι ο μύκητας *E. maimaiga* δεν είναι ο παράγοντας εκείνος που θα δώσει τέλος στο πρόβλημα του *Lymontria dispar* στην Β. Αμερική. Είναι όμως ένας πολύ σημαντικός φυσικός εχθρός που έχει την ικανότητα να ρυθμίζει τους πληθυσμούς του *Lymontria dispar* και να δημιουργεί το φαινόμενο της επιζωοτίας τόσο σε χαμηλής, όσο και σε υψηλής πυκνότητας πληθυσμούς.

10. 4 *Entomophaga grylli*

10. 4. 1 Γενικά

Ο μύκητας *Entomophaga grylli*, είναι ένα σύνθετο είδος μύκητα που περιλαμβάνει δύο διακριτούς παθογόνους τύπους, οι οποίοι εντοπίστηκαν στην Β. Αμερική. Τον *Entomophaga macleodii* και τον *Entomophaga caloptenii*. Επιπλέον, ένα ακόμα μέλος της σύνθετης αυτής ομάδας είναι, ο *Entomophaga praxibuli* ο οποίος εισήχθηκε από την Αυστραλία. Όλοι αυτοί οι μύκητες έχουν εντομοπαθογόνο δράση και χρησιμοποιήθηκαν σε πειράματα στην Αμερική, την περίοδο 1986-1992, στα πλαίσια ενός προγράμματος ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

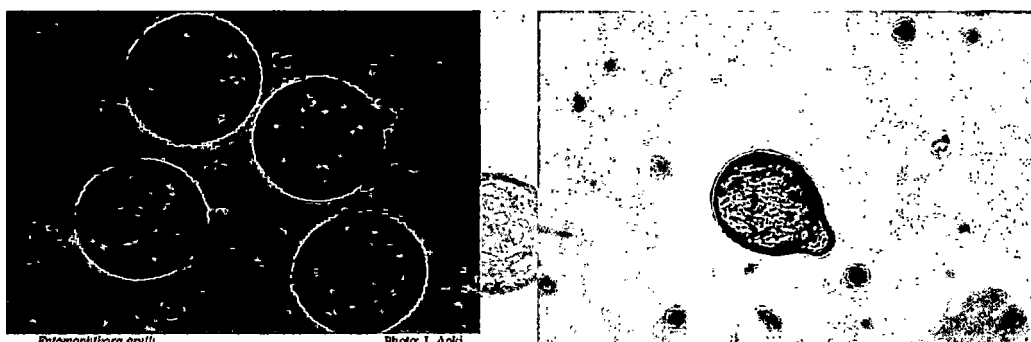
10. 4. 2 Εμφάνιση

Ο *Entomophaga grylli* αναγνωρίζεται εύκολα στο χωράφι. Το έντομο το οποίο έχει προσβληθεί από τον μύκητα, λίγο πριν νεκρωθεί σέρνεται στο πάνω μέρος των φυτών όπου βρίσκονται και πεθαίνουν με την κεφαλή τους προσανατολισμένη προς τα πάνω και τα πόδια τους δυνατά κολλημένα γύρω από τον μίσχο. Σ' αυτή την κατάσταση μπορούν να μείνουν για αρκετές μέρες. Ο *Entomophaga grylli* συναντάται κυρίως σε βοσκότοπους, σε καλλιεργημένες περιοχές της Δ. Αμερικής και του Καναδά.

10.4. 3 Κύκλος ζωής: Τα μέλη του είδους *Entomophaga grylli*, διαχωρίζονται κυρίως από:

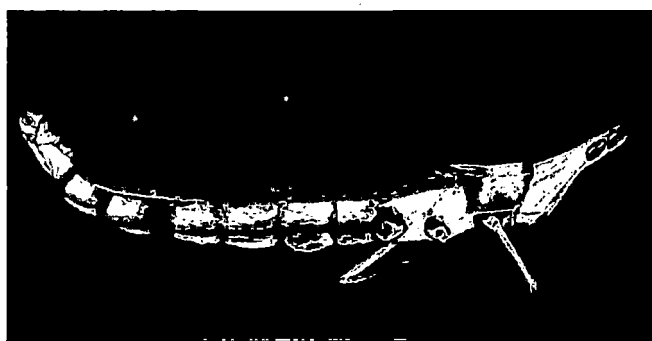
- τον διαφορετικό τύπο βλαστικής ανάπτυξης που έχουν τα σπόριά τους(εικ. 49)
- από τον σχηματισμό ή την έλλειψη κύριων κονιδίων
- από το μέγεθος και τον αριθμό των κονιδιακών πυρήνων και
- από το είδος του ξενιστή

Ο *Entomophaga caloptenii*, είναι μονοκυκλικός μύκητας. Σχηματίζει μόνο μεταχειμερινά σπόρια τα οποία αποτελούν και το μολυσματικό στάδιο αυτού του μύκητα. Ο *Entomophaga macleodii* και ο *Entomophaga praxibuli*, είναι πολυκυκλικοί μύκητες και χαρακτηρίζονται από τον σχηματισμό κονιδίων χωρίς γένος (άφυλα) και μεταχειμερινών σπορίων.



Εικόνα 49. Σπόρια του *Entomophaga grylli*

Κάτω από ιδανικές συνθήκες υψηλής υγρασίας και βροχοπτώσεων, σχηματίζεται μεγάλος αριθμός κονιδίων σε διαφορετικούς ξενιστές. Εκεί, αποφορτίζονται με βίαιο τρόπο προκαλώντας πολλαπλούς κύκλους ασθενειών ανά περίοδο και δραματική αύξηση της μολυσματικότητας τους.



Εικόνα 50. Ενήλικο της ακρίδας, *Acrida cinerea*

10. 4. 4 Ξενιστές:Ο *Entomophaga macleodii*, προσβάλλει τα μέλη της υπεροικογένειας των *Oedipodinae* και κυρίως τις ακρίδες(εικ. 50). Ο *Entomophaga caloptenii*, προσβάλλει τις ακρίδες του γένους *Melanoplus* και ο *Entomophaga praxibuli* προσβάλλει όλους τους παραπάνω ξενιστές.

10. 4. 5 Σχετική αποτελεσματικότητα.

Το περιοδικό αλλά εκτεταμένο φαινόμενο επιζωτίας που παρουσιάζουν οι ακρίδες στην Β. Αμερική, αποδίδεται από τους επιστήμονες στον *Entomophaga grylli*. Παρ' όλα αυτά, ο εν λόγω μύκητας, αν και εντομοπαθογόνος, έχει περιορισμένη χρήση σαν παράγοντας βιολογικής καταπολέμησης. Αυτό συμβαίνει, γιατί δεν μπορεί να αναπαραχθεί εύκολα με τεχνικά μέσα στο εργαστήριο γι' αυτό και δεν είναι εμπορικά διαθέσιμος.

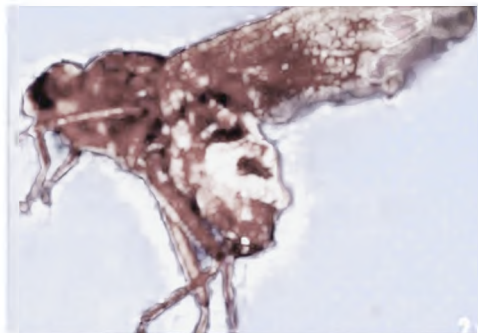
10. 5 *Entomophthora muscae*(ή *Entomophthora schizophorae*)

10.5. 1 Γενικά

Ο μύκητας *Entomophthora muscae*, είναι γνωστός σαν ασθένεια που εντοπίζεται στα ενήλικα των Δίπτερων και έχει μεγάλο εύρος ξενιστών. Για πρώτη φορά περιγράφηκε το 1855, στο έντομο *Musca domestica*(οικιακή μύγα). Ο *Entomophthora muscae* έχει χαρακτηριστεί σαν σημαντικός παράγοντας βιολογικής καταπολέμησης για πολλά χρόνια.



Εικόνα 51. Τυπική εμφάνιση της προσβολής του εντόμου *Musca domestica* από τον μύκητα *Entomophthora muscae*



Εικόνα 52. Νεκρό έντομο *Musca domestica* από τον *Entomophthora muscae*

10. 5. 2 Εμφάνιση.

Η τυπική εμφάνιση της οικιακής μύγας, *Musca domestica* που έχει μολυνθεί από τον μύκητα *Entomophthora muscae* (εικ.51-52) έχει ως εξής:

- χαρακτηριστικό φούσκωμα της κοιλιάς
- άπλωμα των ποδιών και
- συστροφή προς τα έξω των φτερών

Η διόγκωση της μεμβράνης της φουσκωμένης κοιλιακής χώρας, δίνει στο έντομο μια χαρακτηριστική ραβδωτή μορφή, ενώ τα τμήματα του χείλους σχεδόν εξαφανίζονται. Γύρω από το προσβεβλημένο έντομο συνήθως εντοπίζονται πλήθος μηκυτιακών κονιδίων. Η εξάπλωση της ασθένειας εξαρτάται από την άμεση επαφή με αυτά τα κονίδια.

Το φαινόμενο της επιζωοτίας του μύκητα *Entomophthora muscae* λαμβάνει χώρα κυρίως την άνοιξη και σε περιοχές με εύκρατο κλίμα. Η σποροπαραγωγή, χρονικά ταυτίζεται με περιόδους ζέστης και υγρασίας είτε με την παρουσία ξενιστών, είτε απουσίας αυτών. Τέτοιες περιβαλλοντικές συνθήκες ενθαρρύνουν την παραγωγή κονιδίων και την μετάδοση της ασθένειας.

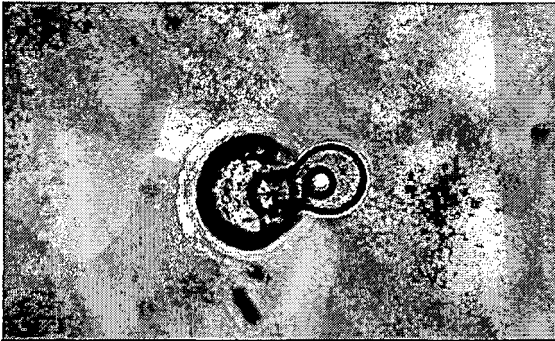
10. 5. 3 Ξενιστές.

Ο μύκητας *Entomophthora muscae* έχει εντοπιστεί, όπως είπαμε σε ενήλικα διπτέρων και στις οικογένειες: Muscidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Tachinidae, Drosophilidae, Scatophagidae, Culcidae, και Syrphidae.

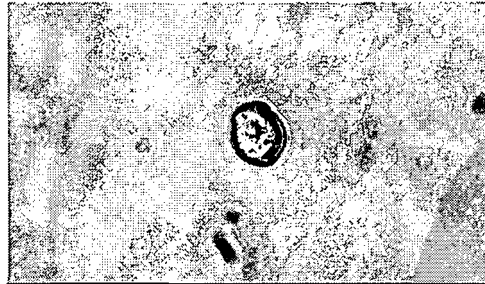
10. 5. 4 Κύκλος ζωής.

Υπάρχουν τουλάχιστον δύο τύποι κονιδίων που παράγει ο *Entomophthora muscae*. Τα μεγάλα, κύρια κονίδια,(εικ. 53) παράγονται αμέσως μετά των θάνατο των ξενιστών και από αυτά παράγονται στην συνέχεια τα δευτερεύοντα κονίδια,(εικ. 54) μικρότερα σε μέγεθος.

Τα κονίδια παράγονται στην άκρη μιας κονιδιοφόρου και όταν ωριμάσουν απελευθερώνονται στο γύρο περιβάλλον. Μπορούν επίσης να βρεθούν έγκλειστα σε μη προσβεβλημένο ξενιστή. Τα κονίδια βλαστάνουν μετά από μερικές ώρες και ένας εμβρυακός κόνδυλος αρχίζει να διεισδύει στην επιδερμίδα του εντόμου. Από εκεί διαπερνά το κυτόπλασμα και φτάνει στην αιμόλεμφο. Μετά από μερικές μέρες ενσωματώνεται πλήρως στο σώμα του εντόμου και μετά από λίγες ώρες το έντομο πεθαίνει.



Εικόνα 53. Εκβλάστηση κύριου κονιδίου του *Entomophthora muscae*



Εικόνα 54. Δευτερεύον κονίδιο του *Entomophthora muscae*

10. 5. 5 Αποτελεσματικότητα.

Το φαινόμενο της επιζωοτίας φαίνεται να επηρεάζεται από αβιοτικούς παράγοντες και κυρίως από την θερμοκρασία. Σε υψηλές θερμοκρασίες, η μολυσματικότητα του μύκητα είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Αυτή η κατάσταση, όμως, ανατρέπεται όταν οι θερμοκρασίες πέσουν.

10. 5. 6 Συντήρηση.

Δυστυχώς ο *Entomophthora muscae*, έχει πολύ ιδιαίτερες διατροφικές συνήθειες, γι' αυτό και δεν μπορεί εύκολα να καλλιεργηθεί με τεχνικούς τρόπους. Οι αποικίες συνήθως, απομονώνονται άμεσα από κάποιο προσβεβλημένο έντομο και αποθηκεύονται σε υγρό άζωτο.(Humber, 1989). Παρόλα αυτά, τεχνητή μόλυνση έχει επιχειρηθεί να γίνει μέσω ένεσης με σπόρια του μύκητα και είχε περιορισμένα αποτελέσματα.

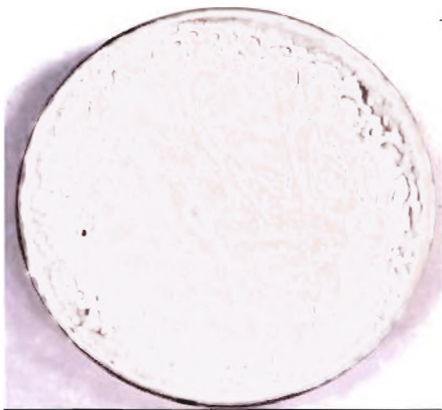
10. 5. 7 Εντομοκτόνα.

Τα περισσότερα εντομοκτόνα παρατηρήθηκε ότι αναστέλλουν την παραγωγή και εκβλάστηση των κυρίων κονιδίων. Το Permethrin και το Noled, ύστερα από εργαστηριακή μελέτη, έδειξαν ότι προκαλούν την μικρότερη αναστολή και

ακολουθούν τα tetrachlorvinphos/dichlorvos το carbaryl, το malathion και τέλος το dimethoate.

Ο *Entomophthora muscae* δεν είναι εμπορικά διαθέσιμος.

11. *Pacecilomyces fumoroseus*



Εικόνα 55. Καλλιέργεια σε τριβλίο του μύκητα *Pacecilomyces fumoroseus*

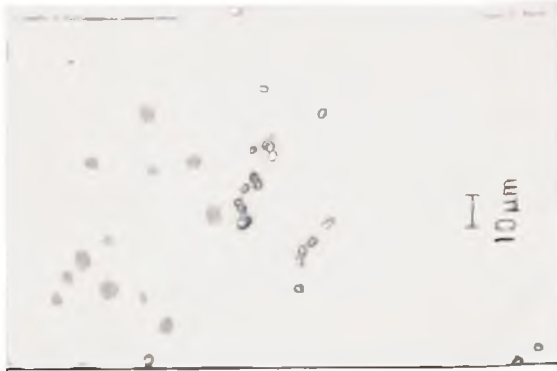
Ανάμεσα στους εντομοπαθογόνους μύκητες που μέχρι στιγμής έχουν αναγνωρισθεί και ταξινομηθεί, τα γένη *Beauveria* και *Metarhizium* είναι μάλλον τα πιο γνωστά από τους εντομολόγους. Και τα δύο από αυτά ανήκουν στην ίδια υπερκατηγορία των ατελών μυκήτων την Deuteromycotina. Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκει και το γένος *Pacecilomyces*. Μια κοινή ιδιότητα αυτών των μυκήτων είναι η έλλειψη φύλλου, γι' αυτό και χαρακτηρίζονται σαν ατελείς. Ο μολυσματικός κύκλος των εν λόγω μυκήτων που περιλαμβάνει την παραγωγή ενζύμων στην επιδερμίδα των ξενιστών αποτελεί το πιο ενδιαφέρον κομμάτι της έρευνας που σχετίζεται με αυτούς τους μύκητες.

Ύστερα από έρευνες που έγιναν σε καλλιέργειες του μύκητα *Pacecilomyces fumoroseus* (εικ. 55-56) παρατηρήθηκε ότι σε αυτόν τον μολυσματικό κύκλο, ένα σπόριο εναποτίθεται στην επιδερμίδα του εντόμου και έπεται η ανάπτυξη του βλαστικού σωλήνα (η υφή η οποία προέρχεται από ένα σπόριο κατά την βλάστησή του). Σε μερικές περιπτώσεις έχουμε την ανάπτυξη μιας δομής που λέγεται απρεσσόριο (appresorium) που διαπερνά το έντομο. Απρεσσόριο (συνών. όρος « πλάκα συγκρατήσεως») είναι ένα δισκόμορφο ή άλλης μορφής όργανο προσκολλησεως, το οποίο σχηματίζεται στην άκρη του βλαστικού σωλήνα του σπορίου του μύκητα, όταν αυτός συναντήσει την εφυμενίδα του προς μόλυνση εντόμου. Η μυκητιακή διείσδυση όμως, μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους όπως από το στόμα, το πρωκτικό άνοιγμα και τους πόρους του σώματος του εντόμου. Στην εξέλιξη της μόλυνσης έχουμε την ανάπτυξη μυκηλίων στο αίμα του εντόμου, τα οποία εξέρχονται του σώματος και παράγουν τα κονίδια (εικ. 57).

Η θνησιμότητα του εντόμου από μια τέτοια μόλυνση, έχει αποδοθεί στην καταστροφή των ιστών του εντόμου, την απελευθέρωση τοξινών και των διατροφικών και θρεπτικών ανεπαρκειών.



Εικόνα 56. Καλλιέργεια του μύκητα *Pacecilomyces fumoroseus*,



Εικόνα 57. Κονίδια του μύκητα *Racecilomyces fumoroseus*,

Ο *Racecilomyces fumoroseus*, ή PFR, θεωρείται από τους επιστήμονες σαν πολλά υποσχόμενος μύκητας στο κεφάλαιο της βιολογικής καταπολέμησης. Αυτό οφείλεται στο μεγάλο εύρος των ξενιστών του, που περιλαμβάνει 25 διαφορετικές οικογένειες εντόμων. Μερικοί από τους σημαντικούς ξενιστές του είναι ο αλευρώδης *Bemisia argentifolii*, η αφίδα του σίτου *Diuraphis noxia* και πολλά Λεπιδόπτερα(εικ 58). Κάποια

μέλη του γένους *Racecilomyces* όπως ο *P. lilacinus*, είναι μολυσματικά για τους φυτοπαρασιτικούς νηματώδεις. Κάποια στιγμή αναγνωρίστηκαν 31 είδη σε αυτό το γένος.



Εικόνα 58. Λεπιδόπτερο προσβεβλημένο από τον μύκητα *Racecilomyces fumoroseus*

12. Μύκητες λιγότερο γνωστοί για την εντομοπαθογόνο δράση τους

12.1.1 *Ascersonia aleyrodis*

Ο μύκητας *Ascersonia aleyrodis*(εικ.59) είναι ένας πολλά υποσχόμενος φυσικός εχθρός (Ramackers, Samson 1984) για την καταπολέμηση του αλευρώδη των θερμοκηπίων(εικ. 60). Όμως φαίνεται, όπως δείχνουν πολλές αναφορές, από αρκετές τροπικές και υποτροπικές περιοχές,(Uchida 1970, Primak and Chizhik 1975) ότι μολύνει αρκετά είδη αλευρωδών. Μολύνει τους αλευρώδεις των ξινών, *Dialeurodes citrifolii* και τον *Aleurodes citri* στην Φλώριδα ενώ άλλες αναφορές δείχνουν διαφορετικά είδη του γένους *Ascersonia* να ελέγχουν αρκετά είδη αλευρωδών στο θερμοκήπιο και τους εσπεριδεώνες.

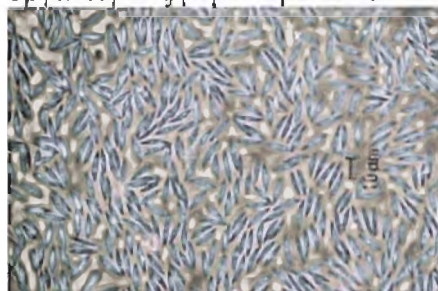


Εικόνα 59. Καλλιέργεια σε τριβλίο του *Ascersonia aleyrodis*



Εικόνα 60. Προσβολή αλευρώδη από τον *Ascersonia aleyrodis*

Ο μύκητας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά ή συμπληρωματικά προς το *E. formosa* για τον έλεγχο του αλευρώδη. Όμως για να αναπτυχθεί και να αριστοποιηθεί τόσο η μεμονωμένη χρήση του μύκητα όσο και η συνδυασμένη χρήση με το παράσιτο θα πρέπει να προηγηθεί πολύ έρευνα όσον αφορά τους δύο οργανισμούς μεμονωμένα και σε συνδυασμό.



Εικόνα 61. Κονίδια του *Ascersonia aleyrodis*

Σύμφωνα με την Fransen(1991), για να επιτευχθεί καλός έλεγχος με το παθογόνο, θα πρέπει τα κονίδια του μύκητα (εικ. 61) να εισαχθούν κατά τρόπο πλημμυριστικό ώστε να οδηγήσει σε άμεση και ικανή επίδραση. Γενικά, 10^7 σπόρια/ml απαιτούνται για να επιτευχθεί μόλυνση 90% επί των προνυμφών του αλευρώδη σε συνθήκες θερμοκηπίου. Η άριστη θερμοκρασία για την βλάστηση των σπορίων κυμαίνεται μεταξύ 25°C και 30°C. Υψηλότερες θερμοκρασίες θα προκαλέσουν καθυστέρηση της

βλάστησης ή αυτή δεν θα συμβεί ποτέ. Έκθεση εναιωρήματος σπορίων στους 40°C για 300" δεν είχε αρνητικές επιδράσεις όμως έκθεση στους 45°C για τον ίδιο χρόνο οδήγησε σε βλαστικότητα της τάξης του 3,8%.

Η ίδια ερευνητής (1987), αναφέρει ότι σπόρια του μύκητα παρέμειναν βιώσιμα και μολυσματικά στην κάτω πλευρά των φύλλων αγγουριού για 22 ημέρες στους 20°C και 70% σχετική υγρασία. Τα αυγά του αλευρώδη δεν μολύνονται από τα σπόρια του μύκητα ενώ το ποσοστό μόλυνσης των νυμφών ύστερα από επεμβάσεις

σε αυγά μιας ημέρας, αυγά οκτώ ημερών και σε νύμφες πρώτου και δεύτερου σταδίου, ήταν αντίστοιχα 94%, 93% και 90%.

Το μέσο ποσοστό μόλυνσης στο τρίτο, τέταρτο νυμφικό στάδιο και το στάδιο της prepupae ήταν 76%, 28% και 12%1. Τα αποτελέσματα για το πρώτο, δεύτερο ή τρίτο νυμφικό στάδιο ήταν 1-2 x 10⁶ σπόρια και 5x1 07 για το τέταρτο προνυμφικό στάδιο. Τα ενήλικα δεν φαίνεται να μολύνονται από τον μύκητα ενώ αρκετές εφαρμογές είναι απαραίτητες για μία ικανοποιητική καταστολή του πληθυσμού. Ο δε προσδιορισμός του χρόνου εφαρμογής σε σχέση με την δομή του πληθυσμού του αλευρώδη φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο (Fransen 1987).

12.1.2 Συμβατότητα με *Encarsia formosa*

Σύμφωνα με αρκετούς ερευνητές είναι δυνατή η συνδυασμένη χρήση του παράσιτου με εντομοπαθογόνους μύκητες έτσι ώστε τα παθογόνα να χρησιμοποιούνται όταν δεν είναι δυνατή η καταστολή του αλευρώδη σε ανεκτά επίπεδα. Περισσότερη έρευνα σε καλλιέργειες του *Ascersonia aleyrodis*(εικ. 62) θα δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για την σύνθεση προγραμμάτων Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης που θα στηρίζονται στην ταυτόχρονη χρήση παράσιτου και παθογόνου μύκητα.

Η Fransen (1987) και οι Ramackers, Samson 1984, αναφέρουν πως είναι δυνατή η ταυτόχρονη εισαγωγή του *E. formosa* και η χρήση του *Ascersonia aleyrodis*. Οι Fransen, van Lenteren, 1993, διερευνώντας τις συνθήκες ταυτόχρονης εφαρμογής παράσιτου και παθογόνου βρήκαν ότι το παράσιτο είναι περισσότερο αποτελεσματικό όταν εισάγεται επτά ή περισσότερες ημέρες μετά την εφαρμογή του μύκητα. Από εκείνη την στιγμή και μετά το παράσιτο είναι ικανό να ανιχνεύσει και απορρίψει άτομα του αλευρώδη μολυσμένα με τον μύκητα. Όταν νύμφες του αλευρώδη παρασιτιστούν αμέσως μετά την εφαρμογή του μύκητα, το παράσιτο δεν θα αναπτυχθεί εξαιτίας του αποικισμού της προνύμφης από τον μύκητα.

Γενικά μέσα από τον ανταγωνισμό ανάμεσα στο παράσιτο και το εντομοπαθογόνο, νικητής αναδεικνύεται το εντομοπαθογόνο. Ακόμα και όταν η εφαρμογή εντομοπαθογόνου και παράσιτου, λάβουν χώρα την ίδια μέρα, ο μύκητας αποικίζει με επιτυχία τις προνύμφες παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη του παράσιτου. Η ερευνήτρια αναφέρει μετάδοση σε περιορισμένη έκταση του εντομοπαθογόνου, κατόπιν ανίχνευσης, με τον ωοθήτη μολυσμένων προνυμφών από το παράσιτο. Ακόμα, όταν η νύμφη του αλευρώδη είναι ήδη τουλάχιστον τεσσάρων ημερών παρασιτισμένη τότε δεν είναι ευαίσθητη σε μόλυνση από τον μύκητα.

Ο μέσος αριθμός των παραγόμενων ανά παράσιτο, παρασιτισμένων μαύρων προνυμφών στους 25°C, ήταν σημαντικά μειωμένος μετά από επέμβαση με τον μύκητα μέσα στις τρεις πρώτες ημέρες από την έναρξη του παρασιτισμού (Fransen, van Lenteren, 1994). Επέμβαση με τον μύκητα 4,7 ή 10 ημέρες μετά την έναρξη του παρασιτισμού είχε σαν αποτέλεσμα ο μέσος αριθμός παρασιτισμένων προνυμφών να μην διαφέρει από αυτόν στον μάρτυρα. Αυτή η μάλλον ξαφνική αλλαγή από χαμηλή σε υψηλή επιβίωση των παρασιτισμένων προνυμφών, όταν η επέμβαση με τα σπόρια του μύκητα γινόταν τέσσερις ημέρες μετά την έναρξη του παρασιτισμού, συμπίπτει



Εικόνα 62.
Καλλιέργεια του
Ascersonia aleyrodis

με την εκκόλαψη της προνύμφης του παράσιτου από το αυγό εντός του σώματος του ξενιστή.

Το γεγονός ότι οι παρασιτισμένες προνύμφες ηλικίας τεσσάρων τουλάχιστον ημερών είναι λιγότερο ευαίσθητες σε μόλυνση από τον μύκητα υποστηρίζει την παρουσία παραγόντων οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την μείωση της ευαισθησίας. Το ωοτόκο θηλυκό παρασιτοειδές ή οι απόγονοι του ίσως προκαλούν αλλαγές στον ξενιστή, ένα φαινόμενο γενικά ορισμένο σαν host regulation (Vinson, Iwantsch, 1980a). Αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνει αλλαγές στον ρυθμό ανάπτυξης, την κατανάλωση τροφής, την ανάπτυξη, την μορφολογία, συμπεριφορά, την αναπνοή και άλλες βιοχημικές, φυσιολογικές ή φυσικές δραστηριότητες μέσα στον ξενιστή.

Λίγα είναι γνωστά γύρω από τις προκαλούμενες λόγω παρασιτισμού αλλαγές εντός του αλευρώδη από το *E. formosa*. Η μελανοποίηση του δερματίου λαμβάνει χώρα εννέα ημέρες μετά τον παρασιτισμό στους 25°C. Η μείωση της ευαισθησίας των παρασιτισμένων προνυμφών δεν συγχρονίζεται με την μελανοποίηση του δερματίου του ξενιστή αλλά αντίθετα λαμβάνει χώρα 4 ημέρες μετά τον παρασιτισμό και 4-5 ημέρες πριν την μελανοποίηση. Αυτή η αλλαγή της ευαισθησίας φαίνεται να συσχετίζεται με την εμφάνιση της προνύμφης του παράσιτου από το αυγό που υπάρχει στο εσωτερικό του εντόμου (Fransen, van Lenteren, 1994).

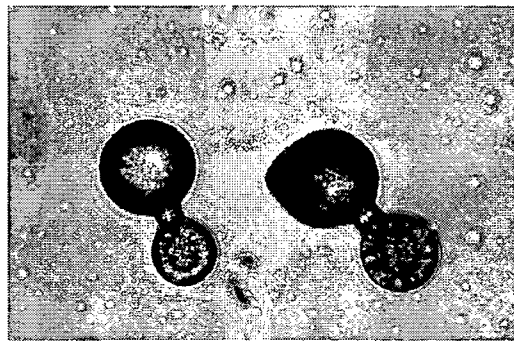
Αλλαγές στην σύνθεση του δερματίου, αλλαγές της υφής, (περισσότερο σκληρό), έλλειψη θρεπτικών συστατικών, παρουσία μυκητοστατικών ή μυκητοτοξικών ουσιών, ανταγωνισμός για τροφή είναι ίσως μερικές αλλαγές που συνοδεύουν την εκκόλαψη του αυγού του παράσιτου μέσα στον ξενιστή οδηγώντας έτσι στην ελαχιστοποίηση της ευαισθησίας του ξενιστή απέναντι στον μύκητα.

Γενικά, αν και ο αριθμός των παρασιτισμένων με το *E. formosa* προνυμφών μειώνεται μετά από εφαρμογή του μύκητα, το συνολικό ποσοστό των προνυμφών του αλευρώδη που θανατώνονται είτε με το παράσιτο είτε με τον μύκητα ξεπερνά το ποσοστό των θανατωμένων από το παράσιτο, μόνο, προνυμφών. Έτσι η συνδυασμένη χρήση μύκητα και παράσιτου θα δώσει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το καθένα χωριστά (Landa 1984, Fransen, van Lenteren, 1994).

12.2 *Conidiobolus coronatus*



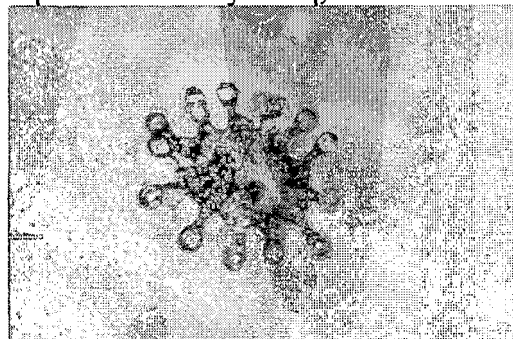
Εικόνα 63. Κονίδια του μύκητα *Conidiobolus coronatus*



Εικόνα 64. Δευτερογενή κονίδια του μύκητα *Conidiobolus coronatus*

Δύο νέα παθογόνα απομονώθηκαν από θερμοκηπιακό πληθυσμό του *Bemisia tabaci*, το είδος *Conidiobolus coronatus* και ένα ακόμα απροσδιόριστο είδος του ίδιου γένους (Entomophthorales, Ancylistaceae). Πειράματα με τεχνητές μολύνσεις έδειξαν ότι τα αυγά είναι πρακτικά άνοσα σε μολύνσεις και από τους δυο μύκητες. Προνύμφες δευτέρου σταδίου είναι πολύ ανθεκτικές και μόνο υψηλές δόσεις κονιδίων προκάλεσαν θνησιμότητα της τάξης 1-4,6%.

Τα ενήλικα βρέθηκαν περισσότερο ευαίσθητα. και δόση 60 κονιδίων/mm² του *C. Coronatus* προκάλεσε θνησιμότητα 95%, ενώ δόση 210 κονιδίων/mm² του *Conidiobolus sp* έφτασε το 30%. Η περίοδος επώασης, στις συνθήκες του πειράματος, ήταν 18-24h για το *C. Coronatus* και 30h για το *Conidiobolus sp*. Και οι δύο μύκητες παρήγαγαν Ioricoconidia γεγονός που επέτρεψε στον *Conidiobolus sp*. να παραμείνει βιώσιμος για 17-21 ημέρες σε φύλλα βαμβακιού σε συνθήκες θερμοκηπίου απουσία ξενιστή, και στον *C. Coronatus* για 10-14 ημέρες.



Εικόνα 65. Μικροκονίδιο του μύκητα *Conidiobolus coronatus*

Ο αποικισμός των ενήλικων του *Bemisia tabaci* από τον *C. Coronatus* βρέθηκε να είναι πολύ γρήγορος και ο θάνατος λάμβανε χώρα 18-20 h μετά την επαφή με τα κονίδια(εικ. 63). Άτομα που πέθαιναν 2-3 ημέρες αργότερα ήταν γιατί άργησαν να εκκολαφθούν και μολύνονταν με δευτερογενή κονίδια (εικ.64) και μικροκονίδια(εικ 65).

Η γρήγορη αποίκιση και πρόκληση θανάτου καθώς και η υψηλή θνησιμότητα (= 95%) καθιστούν τέτοιους μύκητες σημαντικούς

παράγοντες Βιολογικής και Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης.

Συμπτωματολογία Τα μολυσμένα ενήλικα ήταν νωθρά (δυσκίνητα) και δεν μπορούσαν να πετάξουν. Οι κοιλίες τους ήταν αποχρωματισμένες και σκούρες σε αντίθεση με τις έντονα κίτρινες κοιλίες των υγιών ατόμων. Νεκρά άτομα συνέχιζαν να έχουν αποχρωματισμένες κοιλίες ενώ το βυσσινί χρώμα των ματιών απλωνόταν και κάλυπτε το μεγαλύτερο μέρος της κεφαλής. Στις μολυσμένες προνύμφες οι κοιλίες αποκτούσαν ένα θαμπό χρώμα σε αντίθεση με το έντονο μελί χρώμα των υγιών.

12.3 Άλλοι μύκητες

Alternaria

Deuteromycotina

Hyphomycetes

Το είδος *A. porri* (syn. *solani*) βρέθηκε να μολύνει τα αυγά της πυραλίδας του αραβόσιτου, *Austrinia nubilalis*.

Aphanomycoptis sexualis

Mastigomycotina

Oomycetes

Saproleginales

Είναι παθογόνο των αυγών του *Chironomidae*.

Ascospaera

Ascomycotina

Plectomycetes

Ascosphaerales

Τα είδη *A. Proliperda* και *A. aggregate* προκαλούν την ασθένεια της κιμωλίας στο γόνο σε μοναχικά είδη μελισσών (solitary bees).

Arrhenosphaera cranei

Βρέθηκε να προκαλεί την γνωστή ασθένεια της κιμωλίας σε γόνο της μέλισσας της μελιτοφόρας, *Apis mellifera* στην Βενεζουέλα.

Aureobasidium pullulans

Είναι ένα κοινό επίφυτο, αλλά βρέθηκε να προσβάλλει και να προκαλεί μελάνωση στις μέλισσες.

Deuteromycotina

Hyphomycetes.

Beauveria globulifera

Εργαστηριακές μελέτες σε ακρίδες του γένους *Locusta* και στα ξυλοφάγα Λεπιδόπτερα κόσσος *Cossus cossus* και ζευζέρα *Zeuzera purina* έδειξαν μολυσματικότητα άνω του 50% για το πρώτο και 100% για τα δεύτερα. Η μόλυνση για τις ακρίδες έγινε με πόση της τροφής για τα δε ξυλοφάγα με επίχριση.

Cladosporium aphidis Thueman

Πιθανό αφιδοπαθογόνο. Είδη *Cladosporium* ανευρίσκονται αρκετά συχνά σαν σαπρόφυτα σε νεκρές αφίδες.

Coelomomyces spp.

Mastigomycotina

Chytridiomycetes

Blastocladiales

Μούχλες του νερού (watermolds) που βρίσκονται σαν παράσιτα προ-νυμφών κουνουπιών στο ύπαιθρο. Η μεταφορά στο εργαστήριο είναι δύσκολη γιατί απαιτούν ενδιάμεσο ξενιστή. Μπορούν να παίζουν σημαντικό ρόλο σε ολοκληρωμένα προγράμματα όχι όμως σαν καθοριστικοί παράγοντες. Υποχρεωτικά παθογόνα των κουνουπιών και μερικών άλλων εντόμων. Υδρόβια αρθρόποδα εκτός των εντόμων εξυπηρετούν σαν εναλλακτικοί ξενιστές.

Ο σύνθετος βιολογικός κύκλος συμπεριλαμβάνει μία υποχρεωτική εναλλαγή εγγενών και αγενών γενιών ανάμεσα σε ένα ενδιάμεσο ξενιστή (μαλάκιο) (gametophytic generation) και ένα συγκεκριμένο ξενιστή εκ των Δίπτερων (προνύμφη κουνουπιού)(sporophytic generation). Τα ζωοσπόρια από pronύμφες κουνουπιών δεν μολύνουν pronύμφες κουνουπιών αλλά, άλλα υδρόβια αρθρόποδα και αυτά που παράγονται από τα υδρόβια αρθρόποδα μολύνουν μόνο pronύμφες κουνουπιών.

Είδη του γένους *Coelomomyces* έχουν αναφερθεί σε Δίπτερα και Ημίπτερα. Στα Δίπτερα οι ξενιστές ανήκουν στις οικογένειες Chironomidae, Culicidae, και Simuliidae με τα κουνούπια να είναι οι περισσότερο κοινοί ξενιστές με περίπου 54 ευαίσθητα είδη.

Conidiobolus thromboidec Drechsler

(= *Entomophthora virulenta*)

Είναι γνωστό αφιδοπαθογόνο αλλά πρωτοπεριγράφηκε σαν σαπρόφυτο σε φυτικά υπολείμματα

Cordycepioideus

Ascoycotina

Pyremomycetes

Sphaeriales

Τα είδη *C. bisporus* και *C. octosporus* βρέθηκαν να μολύνουν τερμίτες

Couchia circumplexa

Mastigomycotina

Oomycetes

Saprolegniales

Παθογόνο των αυγών των Chironomidae.

Culicinomyces clavisporus

Ο ατελής αυτός μύκητας φαίνεται να είναι ένας πολλά υποσχόμενος παράγοντας. Πειράματα εργαστηρίου και υπαίθρου έδειξαν ένα πλατύ φάσμα ευαίσθητων προνυμφών των κουνουπιών. Μολύνει τις προνύμφες μέσω του πρόσθιου και οπίσθιου εντέρου με τα κονίδια τα οποία προσκολλούνται με την βοήθεια βλεννοπολυσακχαρίτων στην επιδερμίδα. Με έκθεση των προνυμφών σε χαμηλή δόση κονιδίων αυτές πεθαίνουν με την παρέλευση δύο τουλάχιστον ημερών και μετά, ενώ εκτεθειμένες σε υψηλή δόση κονιδίων πεθαίνουν μέσα σε δύο ημέρες.

13.Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας την προσπάθειά μας ν' ανοίξουμε το θέμα των εντομοπαθογόνων μυκήτων και της χρήσης τους στην βιολογική καταπολέμηση, θα θέλαμε να σταθούμε σε κάποια πρώτα συμπεράσματα, τόσο για τα τελικά σκευάσματα που χρησιμοποιούνται σ' αυτή την υπόθεση, όσο και για το πώς αντιμετωπίζει ο επιστημονικός κόσμος και η αγορά το θέμα αυτό.

Ας δούμε όμως, λίγο πιο σφαιρικά το ζήτημα και ας μιλήσουμε κατ' αρχήν, για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μικροβιακών εντομοκτόνων στο σύνολό τους και τα σημεία που θα εντοπίσουμε ισχύουν ακριβώς και για τα προϊόντα των εντομοπαθογόνων μυκήτων.

Ξεκινώντας με τα πλεονεκτήματα, θα μπορούσαμε να πούμε τα εξής:

- Οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται στα μικροβιακά εντομοκτόνα (Μ.Ε.) είναι μη τοξικοί και μη παθογόνοι για τον άνθρωπο και για οργανισμούς μη-στόχους. Η ασφάλεια δηλαδή που παρέχεται είναι η μέγιστη δυνατή.
- Εάν σε μεμονωμένες περιπτώσεις εμφανίζεται τοξικότητα στην δράση των Μ.Ε., είναι συγκεκριμένη και περιορίζεται σε μια ομάδα εντόμων ή σε ένα είδος. Ποτέ δεν έχει αναφερθεί τοξικότητα σε ωφέλιμα έντομα.
- Εάν κριθεί απαραίτητο, τα Μ.Ε. είναι συμβατά και με τα συνθετικά χημικά εντομοκτόνα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό. Αυτό συμβαίνει γιατί τα μικροβιακά προϊόντα δεν αποικοδομούνται και έτσι δεν αντιδρούν με τα υπολείμματα των συμβατικών χημικών εντομοκτόνων. Απαραίτητο παρόλα αυτά είναι να ακολουθούνται οι οδηγίες που αναγράφονται στην επικέτα των προϊόντων και να λαμβάνονται υπ' όψη οι περιορισμοί.
- Τα υπολείμματα των Μ.Ε. δεν παρουσιάζουν κανέναν κίνδυνο για τον άνθρωπο και τα ζώα έτσι, η τελευταία εφαρμογή του σκευάσματος μπορεί να γίνει και την περίοδο που η καλλιέργεια είναι στο στάδιο της συγκομιδής.
- Τέλος, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να εγκατασταθούν σ' έναν πληθυσμό παρασίτων ή τον βιότοπό τους και να παρέχουν έλεγχο κατά την διάρκεια των επόμενων γενεών ή της επόμενης μολυσματικής περιόδου.

Οι περιορισμοί και τα μειονεκτήματα που θα αναφέρουμε πιο κάτω, δεν έχουν σκοπό να αποτρέψουν την χρήση των μικροβιακών εντομοκτόνων. Αντιθέτως, πιστεύουμε ότι ο εντοπισμός των περιορισμών και των αρνητικών επιπτώσεων σε συγκεκριμένους οργανισμούς μπορεί να βοηθήσει στην σωστή επιλογή των προϊόντων και τον συνδυασμό τους, προκειμένου οι εφαρμογές να είναι αποτελεσματικές.

- Τα Μ.Ε. παρουσιάζουν μερική ή ολική εξειδίκευση στα είδη των εντόμων. Επίσης όπως είπαμε, παρουσιάζουν τοξικότητα μόνο σε ορισμένα είδη ή μια ομάδα εντόμων. Δηλαδή, κάθε εφαρμογή αναφέρεται σε συγκεκριμένα παράσιτα που εμφανίζονται στην καλλιέργεια ή την υπό παρακολούθηση περιοχή. Εάν άλλοι τύποι

παρασίτων είναι παρόντες στην προς αντιμετώπιση περιοχή, θα επιζήσουν και θα συνεχίσουν να προκαλούν ζημιές. Παρόμοιους περιορισμούς όμως, συναντάμε και στα συμβατικά εντομοκτόνα, γιατί ομοίως και αυτά δεν είναι αποτελεσματικά σε όλα τα είδη των παρασίτων. Εν τούτοις, η αρνητική πτυχή του φαινομένου της εξειδίκευσης και της επιλεκτικότητας, είναι πιο έντονο στην περίπτωση των Μ.Ε.

- Οι περιβαλλοντικές συνθήκες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα των Μ.Ε. Η θερμότητα, η αποξήρανση, η έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία, μειώνουν την δραστηριότητα των Μ.Ε. Ο απόλυτος συγχρονισμός της εφαρμογής και των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν, είναι ιδιαίτερα σημαντικό κριτήριο γι' αυτού του τύπου τα προϊόντα.
- Οι ειδικές διαδικασίες διατύπωσης, αποθήκευσης και συντήρησης είναι απαραίτητες για τα Μ.Ε. Αυτές οι ιδιαιτερότητες πολλές φορές οδηγούν στον αποκλεισμό της τυποποίησης και διανομής ορισμένων μικροβιακών. Αυτός είναι και σε μεγάλο βαθμό ο λόγος που στο εμπόριο, αυτή την στιγμή, διανέμονται ευρέως, πολύ συγκεκριμένα και λίγα σε αριθμό σκευάσματα. Πάντως και σε αυτά τα προϊόντα είναι πολύ σημαντικό να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες που αναγράφονται στην ετικέτα και όσον αφορά στις συνθήκες αποθήκευσης.
- Τέλος, εξ' αιτίας όλων των παραπάνω δυσκολιών και περιορισμών, σημειώνεται αυξημένο κόστος στην αλυσίδα μελέτη, επεξεργασία, διατύπωση και διάθεση στην αγορά. Κατά συνέπεια, τα μικροβιακά εντομοκτόνα είναι ακριβά.

Το 1995, οι πωλήσεις μικροβιακών εντομοκτόνων, συμπεριλαμβανομένου και του *Bacillus thuringiensis*-που θεωρείται ότι χρησιμοποιείται πιο συχνά-δεν ξεπέρασαν το 1% των συνολικών πωλήσεων στα εντομοκτόνα. Είναι ίσως μια ενδεικτική τιμή για τη θέση που καταλαμβάνουν γενικά τα μικροβιακά εντομοκτόνα στην αγορά.

Εμπορικά διαθέσιμους εντομοπαθογόνους μύκητες-σαν μυκοεντομοκτόνα-συναντάμε κυρίως της οικογένειας *Hyphomycetes*. Οι μύκητες της οικογένειας *Entomophthorales*, δεν είναι εμπορικά διαθέσιμοι γιατί συναντούν τεχνικές δυσκολίες. Τα εμπόδια εντοπίζονται στην μαζική παραγωγή, στο μέγεθος και την σταθερότητα του πολλαπλασιαστικού υλικού προκειμένου να γίνει η αποθήκευση και διατύπωση του μύκητα.

Όσον αφορά στην χρήση των εντομοπαθογόνων μυκήτων, φαίνεται ότι λαμβάνει χώρα όταν η απειλή ενός εντόμου για μια καλλιέργεια δεν είναι σε προχωρημένο στάδιο. Χρησιμοποιούνται δηλαδή περισσότερο όταν χρειάζεται να ελεγχθεί ένας πληθυσμός εντόμου και όχι όταν πρέπει να καταπολεμηθεί. Πιο σοβαρός είναι ρόλος των εντομοπαθογόνων, όταν εφαρμόζονται προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης. Σε αυτήν την περίπτωση και εφόσον γίνονται οι σωστοί συνδυασμοί έχουμε την αξιοποίηση των μυκήτων.

Την ίδια στιγμή φαίνεται ότι και το ενδιαφέρον των εταιριών και των μεγάλων φαρμακοβιομηχανιών δεν είναι τόσο στραμμένο στην υπόθεση της βιολογικής καταπολέμησης και κατά συνέπεια δεν χρηματοδοτούνται αντίστοιχες προσπάθειες. Παρ' όλα αυτά γίνονται μεμονωμένες προσπάθειες ανά τον κόσμο προκειμένου να δοθούν περισσότερα στοιχεία για το θέμα γενικά των μικροβιακών εντομοπαθογόνων. Θεωρείται ότι αποτελεί ένα θέμα που αν και είναι σε πρωτόλειο στάδιο θα απασχολήσει στο μέλλον περισσότερο τον επιστημονικό και

επιχειρηματικό κόσμο γιατί αποτελεί μια ελπιδοφόρα διέξοδο στο τόσο σοβαρό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας, την οικολογική καταστροφή

Βιβλιογραφία

- Brobyn, P. J. and N. Wilding. 1983. Invasive and developmental process of *Entomophthora muscae* infecting house flies, *Musca domestica*. Trans. Br. Mycol. Soc. 80:1-8
- Evans HC.1994. Spore germination in the entomopathogenic fungus *Aschersonia*. Mycol. Reser. 98(2):165-168.
- Fransen JJ.1991. Survival of spores of *Aschersonia aleurodis* exposed to high temperatures. IOBC/WPR XI/7 14(2) :49-51
- Fransen JJ. 1993. Control of greenhouse whitefly, *Trialeyrdes vaporariorum*, by the fungus *Aschersonia aleurodis*. IOBC/WPRS x2:57-61.
- Fransen JJ 1987. Control of greenhouse whitefly ,*Trialeurodes vaporariorum*, by the fungus *Aschersonia aleurodis*. IOBC/WPRS X/2: 57-61.
- Fransen JJ, van Lenteren JG. 1993. Host selection and survival of the parasitoid *Encarsia Formosa* on greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, in the presence of hosts inflected with the fungus *Aschersonia aleurodis*. Ent. Exp. Appl. 69: 239-249
- Fransen JJ, van Lenteren JG. 1994. Survival of the parasitoid, *Encarsia formosa*, after treatment of parasitized greenhouse whitefly larvae with fungal spores of *Aschersonia aleurodis*. Ent. Exp. Appl. 71:235-243
- Hajek, A.E. (1996) *Entomophaga maimaiga*: A Fungal Pathogen of Gypsy Moth in the Limelight.
- Helyer NL. 1993. *Verticillium lecanii* for control of aphids and thrips on cucumber. IOBC/WPRS 16(2):63-66
- Helyer NL, Wardlow LR 1987. Aphid control of chrysanthemum using frequent low dose applications of *V. lecanii*. SROP/WPRSx/2/:62-65
- Humber, R. A. 1989. Synopsis of a revised classification for the Entomophthorales: (Zygomycotina). Mycotaxon 34: 441–460.
- James, R. R., Elzen, G. W.. 2001: Antagonism Between *Beauveria bassiana* and Imidacloprid When Combined for *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) Control. *Journal of Economic Entomology*: Vol. 94, No. 2, pp. 357–361.
- Keller S.1989. The use of blastospores of *Beauveria brongiartii* to control *Melolontha melolontha* in Switzerland. Proceeding of an international conference on Biopesticides p. 91-98. Czechoslovak Academy of Sciences.
- Landa Z. 1984. Schutz gegen die weisse Fliege, *Trialevrodos vaporariorum* Westw. In Programmen integrierten Gewachshous gurkenschatzes. Sbor. UVTIZ, Zahradnictovi 11:215-228.
- M.Malais, W.J Ravensberg. “Η βιολογία των εχθρών του θερμοκηπίου και των φυσικών εχθρών τους”
- McCoy CW and Samson RA, 1988. Entomopathogenous fungi. In: “CRC Handbook of Natural Pesticides. Microbial insecticides, Part A. Entomopathogenous Protozoa and Fungi”. (Ed. CM, Ignoff) Vol. 5, p. 151-236.

- Meade DL, Byrne DN.1991. The use of *Verticillium lecanii* against subimaginal instars of *Bemisia tabaci*. J. Inv. Path. 57:296-298
- M. N. Burge, 1988. "Fungi in biological control systems". Manchester university
- Primak TA, Chizhik RJ. 1975. The possibilities of using the fungus *Aschersonia* for control of the greenhouse whitefly. Zakhist Rolin 22 : 53-56.
- Ramackers PMJ, Samson RA. 1984. *Aschersonia aleurodis*, a fungal pathogen of whitefly. Application as a biological insecticide in glasshouse. Z. Ang. Entom. 97:1-8
- Roberts DW and Humber RA. 1981. Entomopathogenous fungi. In biology of conidial fungi (eds Cole and Kendrick). NY Academic Press.
- Roidakis N. E., D. Kollaros and A Legakis 2001. Entomopathogens of *Anacridium aegyptium* in Crete. Entomologia Hellenica 14: 5-10.
- Rombach MC, Gillespie AT. 1988. Entomogenous hyphomycetes for insect and mite control on greenhouse crops. Bioc. News and infor. 9 : 7 – 18
- Schaaf DA, van der Makais M, Ravensberg Wj. 1992. The use of *Verticillium lecanii* against whitefly and thrips in glasshouse vegetables in the Netherlands. Koppert Bibliotheek
- Sermann H, Kast U, Hirte W.1994. Effectiveness of a soil application of *Verticillium lecanii* on soilborne stages of *Frankliniella occidentalis*. IOBC/WPRS 17(3):230-233
- Shimazu M. Soper RS et al(1988). Isolation and characterization of *Entomophaga maimaga* sp. Nov., a fungal pathogen of gypsy moth, *Lymantria dispar*, from Japan J. Inv. Pathol. 51: 229-241.
- Steinhaus, E. A.1949 Principles of insect pathology. New York: McGraw-Hill. 757 p.
- Tanada Y and Kaya HK. 1993. Insect pathology, Academic Press Inc., New York, 821p.
- Tanada Y and Kaya HK. 1993. "Association between insects and non-pathogenic microorganism". In: Insect Pathology. Academic Press Inc., New York, 821p.
- Uchida M. 1970. Studies on the parasitic *Aschersonia* sp for controlling citrus whitefly, *Dialeurodes citri*. Bull. Kanagawa Hort. Exp. Str. 18: 66-74.
- Vinson SB, Iwantsch GF. 1980a. Host regulation by insect parasitoids. Quart. Rev. Biol. 55:143-165
- Vinson SB, Iwantsch GF. 1980a. Host regulation by insect parasitoids. An. Rev. Ent. 25:397-419
- Wang ZE, Knudsen GR. 1993. Effects of *Beauveria bassiana*(Hyphomycetes) on fecundity of the Russian wheat aphid(Homoptera:Aphididae).Env.22(4):874-878
- Παπαπαναγιώτου Π.Αριστείδης, 2002. "Φυτοπροστατευτικά προϊόντα-Μέσα καταπολέμησης φυτοπαρασίτων". ΤΕΙ Μεσολογγίου
- Παπαπαναγιώτου Π.Αριστείδης, 2002. "Εργαστηριακές σημειώσεις φαρμακολογίας". ΤΕΙ Μεσολογγίου
- Τσαπικούνης Α.Φάνης, 1999 "Παθολογία των εντόμων". Αθ. Σταμούλης, Αθήνα

Άλλες πηγές

www.entomology.wisc.edu

www.fruit.affrc.go

www.nysaes.cornell.edu