

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών**  
**μεταξύ του**  
**Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής**  
**και Αγροτικού Περιβάλλοντος**  
**και του**  
**Τμήματος Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής**  
**και Υδάτινου Περιβάλλοντος**

**A. I. Βλασακούδης**

**Επιδημιολογία και αντιμετώπιση του ωιδίου (*Leveillula taurica*)  
σε καλλιέργεια πιπεριάς**

**Διατριβή υποβληθείσα για την απόκτηση  
Μεταπτυχιακού Τίτλου Σπουδών (M. Sc.)  
Κατεύθυνσης Φυτοπροστασίας**

**Βόλος, 2008**

**Επιδημιολογία και αντιμετώπιση του ωιδίου (*Leveillula taurica*)  
σε καλλιέργεια πιπεριάς**

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

|                       |   |                       |
|-----------------------|---|-----------------------|
| <b>Α.Χ. ΠΑΠΠΑΣ</b>    | <b>Α. ΧΑ</b>                            | <b>Ε. ΒΕΛΛΙΟΣ</b>     |
| <b>ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ</b>      | <b>ΑΝ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ</b>                     | <b>ΛΕΚΤΟΡΑΣ</b>       |
| <b>ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ</b> | <b>ΣΠΟΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ-<br/>ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ</b> | <b>ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ</b> |
| <b>Επιβλέπων</b>      | <b>Μέλος</b>                            | <b>Μέλος</b>          |

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Α.Χ. Παππά, Καθηγητή Φυτοπαθολογίας, για την υπόδειξη του θέματος, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, τις διορθώσεις αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής, καθώς επίσης και για τις πολύτιμες γνώσεις που αποκόμισα από τα προπτυχιακά και μεταπτυχιακά μαθήματα στα οποία ήταν διδάσκων.

Θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Ε. Βέλλιο, Λέκτορα Φυτοπαθολογίας, για τις υποδείξεις-διορθώσεις της μεταπτυχιακής διατριβής, καθώς επίσης και για τις συμβουλές του και τις γνώσεις που αποκόμισα από τα μαθήματα στα οποία ήταν διδάσκων.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Α. Χα, Αναπληρωτή Καθηγητή Σποροπαραγωγής-Λαχανοκομίας, για τις υποδείξεις-διορθώσεις της μεταπτυχιακής διατριβής καθώς και για τις πολύτιμες γνώσεις που αποκόμισα από τα μαθήματα στα οποία ήταν διδάσκων.

Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται στον κ. Ξ.Χ. Παππά, διευθυντή της εταιρίας Crocus Flora, για την παραχώρηση εξοπλισμού και χώρου διεξαγωγής των αρχικών σταδίων του πειράματος, καθώς επίσης και το προσωπικό της εταιρίας για τη βοήθεια στις καλλιεργητικές φροντίδες των φυτών.

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τον κ. Σ. Σουίπα, υπεύθυνο γεωπόνου του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη βοήθειά του στην εγκατάσταση του πειράματος.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τους μεταπτυχιακούς φοιτητές του Εργαστηρίου Φυτοπαθολογίας Χατζηδημόπουλο Μιχάλη, Μάμαλη Βίρνα και Μπαλωτή Φοίβη με τους οποίους είχαμε άψογη συνεργασία.

Ακόμη θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και κατανόησή τους, κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική και υλική υποστήριξη που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |    |
|---|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....   | 8  |
| <b>ΜΕΡΟΣ Α': ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b>                     |    |
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....  | 10 |
| 1.1 Γενικά.....   | 10 |
| 1.2 Ιστορική αναδρομή.....                                    | 10 |
| 1.3 Συμπτωματολογία.....                                      | 11 |
| 1.4 Περιγραφή του παθογόνου.....                              | 11 |
| 1.5 Κύκλος της ασθένειας και επιδημιολογία.....               | 14 |
| 1.5.1 Βλάστηση κονιδίων.....                                  | 14 |
| 1.5.2 Συνθήκες αναπτύξεως.....                                | 15 |
| 1.5.3 Ξενιστές.....   | 16 |
| 1.5.4 Εξειδίκευση.....  | 16 |
| 1.6 Βασικές διαφορές με άλλα οΐδια.....                       | 17 |
| 1.7 Φυλογενετική ανάλυση.....                                 | 18 |
| 1.8 Οικονομική σημασία-Απώλεια παραγωγής.....                 | 20 |
| 1.9 Μοντέλα πρόβλεψης της ασθένειας.....                      | 21 |
| 1.10 Αντιμετώπιση της ασθένειας.....                          | 21 |
| 1.10.1 Χημική.....  | 21 |
| 1.10.1.1 Γενικά.....  | 21 |
| 1.10.1.2 Μυκητοκτόνα του πειράματος.....                      | 23 |
| 1.10.2 Βιολογική.....   | 28 |
| 1.10.3 Καλλιεργητικά μέτρα.....                               | 29 |
| 1.10.4 Εναλλακτικές μέθοδοι.....                              | 29 |
| 1.11 Ανθεκτικότητα.....                                       | 30 |
| 1.11.1 Του ξενιστή στο παθογόνο.....                          | 30 |
| 1.11.2 Του παθογόνου στα μυκητοκτόνα.....                     | 32 |
| 1.12 Ποικιλίες πιπεριάς που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα..... | 33 |
| 1.13 Σκοπός της εργασίας.....                                 | 34 |

## ΜΕΡΟΣ Β': ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

|   |    |
|---|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....   | 35 |
| 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....   | 36 |
| 2.1 Μετεωρολογικά δεδομένα.....   | 36 |
| 2.2 Προβλαστήριο και Σπορείο.....   | 36 |
| 2.2.1 Καλλιεργητικές φροντίδες στο σπορείο.....                                 | 37 |
| 2.3 Μεταφύτευση και εργασίες στον πειραματικό πριν τη μεταφύτευση.....          | 38 |
| 2.4 Καλλιεργητικές φροντίδες μετά τη μεταφύτευση.....                           | 38 |
| 2.5 Προετοιμασία του μολύσματος.....  | 39 |
| 2.6 Τεχνητές μολύνσεις των φυτών.....   | 40 |
| 2.7 Μεταχειρίσεις του πειράματος.....   | 41 |
| 2.7.1 Μυκητοκτόνα.....  | 41 |
| 2.7.2 Ποικιλίες πιπεριάς.....   | 41 |
| 2.8 Λήψη παρατηρήσεων.....  | 42 |
| 2.8.1 Συγκομιδή καρπών.....   | 42 |
| 2.8.2 Έλεγχος εμφάνισης αρχικών συμπτωμάτων.....                                | 42 |
| 2.8.3 Στοιχεία επιδημιολογίας.....  | 43 |
| 2.8.4 Εκτίμηση της συχνότητας της ασθένειας.....                                | 43 |
| 2.8.5 Εκτίμηση της έντασης της ασθένειας.....                                   | 43 |
| 2.9 Πειραματικό σχέδιο.....   | 44 |
| 2.10 Στατιστική ανάλυση των δεδομένων.....                                      | 46 |
| 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....  | 47 |
| 3.1 Βάρος καρπών.....   | 47 |
| 3.1.1 Βάρος καρπών πριν την προσβολή (εμφάνιση συμπτωμάτων).....                | 47 |
| 3.1.2 Βάρος καρπών μετά την προσβολή (εμφάνιση συμπτωμάτων).....                | 48 |
| 3.1.3 Συνολικό βάρος καρπών (πριν και μετά την εμφάνιση<br>συμπτωμάτων).....    | 51 |
| 3.2 Αριθμός καρπών.....   | 53 |
| 3.2.1 Αριθμός καρπών πριν την προσβολή (εμφάνιση συμπτωμάτων).....              | 53 |
| 3.2.2 Αριθμός καρπών μετά την προσβολή (εμφάνιση συμπτωμάτων).....              | 54 |
| 3.2.3 Συνολικός αριθμός καρπών (πριν και μετά την εμφάνιση<br>συμπτωμάτων)..... | 57 |
| 3.3 Χρόνος επώασης της ασθένειας.....   | 59 |
| 3.4 Στοιχεία επιδημιολογίας.....  | 59 |

|   |    |
|---|----|
| 3.5 Συχνότητα της ασθένειας.....                                    | 60 |
| 3.6 Ένταση της ασθένειας.....                                       | 62 |
| 3.7 Συσχέτιση και συμμεταβολή συχνότητας-έντασης της ασθένειας..... | 64 |
| 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....                                       | 66 |
| 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....  | 74 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....  | 87 |

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη: α) της επιδημιολογίας της ασθένειας, β) του κρίσιμου σημείου της ασθένειας, γ) της αποτελεσματικότητας έξι μυκητοκτόνων ως προς την αντιμετώπιση του ωιδίου της πιπεριάς, δ) της επίδρασης αυτών των έξι μυκητοκτόνων στην απόδοση της πιπεριάς, ε) της ευαισθησίας τριών ποικιλιών πιπεριάς στο παθογόνο και στ) της επίδρασης της ασθένειας στην απόδοση των τριών ποικιλιών πιπεριάς.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις αρχές Μαρτίου του 2006 και η μεταφύτευση στα τέλη Μαΐου. Το αιώρημα σπορίων για τις τεχνητές μολύνσεις των φυτών είχε συγκέντρωση 20000-70000 σπόρια/mL. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν επτά τεχνητές μολύνσεις κατά διαστήματα 3-6 ημερών ξεκινώντας από τις 9 Αυγούστου. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίσθηκαν στις 28 Αυγούστου, ήτοι 19 ημέρες από την πρώτη τεχνητή μόλυνση. Έγιναν δύο ψεκασμοί με μυκητοκτόνα. Η πρώτη επέμβαση έγινε στις 6 Σεπτεμβρίου και η δεύτερη στις 3 Οκτωβρίου. Τα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: 1) quinoxifen [Helios (0,00375% δ.ο.)], 2) azoxystrobin [Ortiva (0,02% δ.ο.)], 3) flusilazole [Punch (0,0026% δ.ο.)], 4) boscalid+pyraclostrobin [Signum (0,0267% και 0,0067% δ.ο.)], 5) penconazole [Topas (0,02% δ.ο.)], 6) spiroxamine [Prosper (0,03% δ.ο.)]. Πραγματοποιήθηκαν 11 συγκομιδές για τις ποικιλίες Π 13 (Κέρατο) και Π 14 (Γεμιστή), ενώ για την Φλωρίνης 8 συγκομιδές. Η εκτίμηση της έντασης της ασθένειας έγινε στα τέλη Οκτωβρίου χρησιμοποιώντας μια κλίμακα 5 βαθμίδων και λαμβάνοντας τυχαία 50 ώριμα φύλλα από κάθε φυτό. Χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων ομάδων τεμαχίων με κύρια τεμάχια (μυκητοκτόνα) και υποτεμάχια (ποικιλίες), σε 3 επαναλήψεις. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων έγινε με τη βοήθεια των στατιστικών πακέτων MSTAT-C, SPSS 13.0 και του προγράμματος Excel.

Οι παρατηρήσεις που ελήφθησαν αφορούσαν: 1) Βάρος καρπών (g/φυτό), 2) Αριθμό καρπών, 3) Χρόνο εμφάνισης αρχικών συμπτωμάτων, 4) Στοιχεία επιδημιολογίας, 5) Συχνότητα της ασθένειας, 6) Ένταση της ασθένειας.

Εξαιτίας της όψιμης (παρατήρηση αρχικών συμπτωμάτων στις 28 Αυγούστου) εμφάνισης της ασθένειας και προκειμένου να αναδειχθούν



διαφορές που ενδεχομένως αποκρύφτηκαν, διαχωρίστηκε το βάρος και ο αριθμός καρπών σε βάρος και αριθμό καρπών πριν και μετά την προσβολή από το παθογόνο.

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι: Όσον αφορά την επίδραση των μυκητοκτόνων στο βάρος καρπών, μόνο οι επεμβάσεις με penconazole και boscalid+pyraclostrobin διέφεραν (υπερείχαν) στατιστικώς σημαντικά από το μάρτυρα. Ο αριθμός καρπών στο μάρτυρα δε διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Το βάρος και ο αριθμός καρπών, αν και δεν παρουσίαζαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με flusilazole και του μάρτυρα, ήταν ωστόσο μικρότερα στο μυκητοκτόνο. Όσον αφορά την επέμβαση με quinoxifen, παρατηρήθηκε επίσης μειωμένο βάρος και αριθμός καρπών σε σχέση με το μάρτυρα, αλλά και η πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση της ασθένειας. Ο χρόνος επώασης της ασθένειας (από μόλυνση ως εμφάνιση συμπτωμάτων) ήταν 19 ημέρες, ενώ η εξέλιξη της ασθένειας ήταν ταχύτερη κατά το τρίτο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου και τον Οκτώβριο. Όσον αφορά τη συχνότητα και την ένταση της ασθένειας, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας και από την καμπύλη που απεικονίζει τη σχέση αυτών των δύο προέκυψε το «κρίσιμο σημείο της ασθένειας» το οποίο αντιστοιχεί σε τιμή συχνότητας της ασθένειας 60%.

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί πως και οι τρεις ποικιλίες είναι εξίσου ευαίσθητες στην ασθένεια. Μόνο οι επεμβάσεις με penconazole και boscalid+pyraclostrobin βρέθηκαν να έχουν θετική επίδραση στο βάρος καρπών, ενώ η επέμβαση με quinoxifen μολονότι βρέθηκε η αποτελεσματικότερη (στατιστικώς σημαντικές διαφορές) στη μείωση της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας παρουσίασε ωστόσο τη μικρότερη (μολονότι χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές) απόδοση (βάρος και αριθμό) καρπών. Επίσης, στην επέμβαση με flusilazole παρατηρήθηκε μικρότερη συχνότητα και ένταση της ασθένειας σε σχέση με το μάρτυρα, όμως η απόδοση (βάρος και αριθμός) καρπών ήταν μικρότερη στο μυκητοκτόνο. Τέλος, η εύρεση του «κρίσιμου σημείου της ασθένειας» και η επέμβαση χρονικά κοντά σε αυτό το σημείο καθιστά τη χημική αντιμετώπιση της ασθένειας πιο αποτελεσματική.

## ΜΕΡΟΣ Α΄: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 1.1 Γενικά

Τα ωΐδια (Erysiphaceae) είναι μία από τις πιο σημαντικές ομάδες φυτοπαθογόνων, περιλαμβάνοντας 18 γένη και 435 είδη. Ως ξενιστές των ωΐδιων αναφέρονται 9838 είδη σε 1617 γένη, 169 οικογένειες και 44 τάξεις των Αγγειοσπέρμων (Takamatsu *et al.*, 1998). Ορισμένες από τις σημαντικότερες καλλιέργειες που προσβάλλονται από τα ωΐδια είναι το σιτάρι, το κριθάρι, το αμπέλι, η μηλιά και πολλά κηπευτικά και καλλωπιστικά φυτά, σε θερμοκήπια ή στον αγρό (Hirata & Takamatsu, 1996, Kiss, 2003, Reis *et al.*, 2005, Liberato, 2006). Όσον αφορά τη φυτοπροστασία στην Ευρώπη, το μεγαλύτερο μέρος των μυκητοκτόνων που χρησιμοποιούνται είναι για την αντιμετώπιση των ωΐδιων. Στον Καναδά, εκτιμάται πως η αντιμετώπιση του ωΐδιου της τριανταφυλλιάς κοστίζει περίπου \$600/στρ. ανά έτος. Στη Βιρτζίνια, για την αντιμετώπιση του ωΐδιου της μηλιάς δαπανώνται περίπου \$7-15/στρ. ανά έτος (Kiss, 2003).

Το ωΐδιο (*Leveillula taurica*) που προσβάλλει την πιπεριά αποτελεί μία από τις σημαντικότερες ασθένειες της πιπεριάς και άλλων καλλιεργειών, ιδιαίτερα σε ζεστές και ξηρές περιοχές (Chunwongse *et al.*, 1997). Οι κύριες περιοχές εμφάνισής του είναι οι μεσογειακές χώρες, η κεντρική Ευρώπη (κυρίως σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες) και η Εγγύς Ανατολή (Tjamos, 1988, Παναγόπουλος, 1995, Fallik *et al.*, 1997). Ωστόσο, παλαιότερα αποτελούσε σοβαρή ασθένεια και σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής (Tindall, 1974), ενώ τελευταία παρατηρούνται προβλήματα στις Η.Π.Α., τον Καναδά και το Μεξικό (Guzman-Plazola *et al.*, 2003).

#### 1.2 Ιστορική αναδρομή

Το 1900, ο Salmon απέδωσε στον παθογόνο μύκητα το όνομα *Erysiphe taurica*. Το 1906, ο ίδιος ανακάλυψε την ενδοφυτική φύση αυτού του μύκητα και επισήμανε σχέσεις μεταξύ του γένους *Oidiopsis* και του *Erysiphe taurica*. Το 1921 ο Arnaud, επιβεβαίωσε τις παρατηρήσεις του Salmon και εισήγαγε το όνομα *Leveillula* ως γένος αυτού του είδους. Το 1956 ο Golovin, πρότεινε ένα ταξινομικό σύστημα με βάση το οποίο κάθε φυτική οικογένεια που αποτελεί ξενιστή για το μύκητα να έχει το δικό της είδος του γένους *Leveillula*, όμως αυτό δεν έγινε αποδεχτό. Κατά τη διάρκεια των δύο περασμένων δεκαετιών, πολλοί ειδικοί προσπάθησαν να διαχωρίσουν το είδος

*Leveillula taurica*, κυρίως με βάση την εξέταση της επιφάνειας των κονιδίων με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, τη μορφολογία των κονιδίων (ιδιαίτερα των πρωτογενών) και κάποιες δοκιμές μολυσματικότητας στον ξενιστή (Khodaparast *et al.*, 2001, Belanger *et al.*, 2002, Trigiano *et al.*, 2004). Το γένος *Leveillula* είναι πολύ ομοιόμορφο μορφολογικά και οι περισσότερες ταξινομικές ομάδες πολύ δύσκολα διαχωρίζονται από χαρακτηριστικά όπως το μέγεθος των ασκοκαρπίων, τα εξαρτήματα, το σχήμα των ασκών και των ασκοσπορίων. Μετά από αυτές τις μελέτες, προτάθηκαν νέα είδη όπως το *L. guilanensis*, *L. lactucae-serriolae*, *L. mindii*, *L. chrozophorae*, *L. contractirostris*, *L. duriaei*, *L. elaeagni*, *L. lactucarum* και *L. picridis*. Με βάση όλα αυτά, σήμερα είναι γενικά αποδεκτό πως ο *Leveillula taurica* είναι ένα σύνθετο είδος που αποτελείται από διάφορα βιολογικά είδη (Khodaparast *et al.*, 2001, Khodaparast *et al.*, 2002).

### 1.3 Συμπτωματολογία

Τα μεγαλύτερης ηλικίας φυτά και φύλλα είναι περισσότερο ευαίσθητα στην προσβολή από το παθογόνο (Παναγόπουλος, 1995, Sabaratnum, 2004). Τα συμπτώματα (Εικόνα 1) στην πιπεριά περιλαμβάνουν κίτρινες ή κιτρινοπράσινες κηλίδες στην πάνω επιφάνεια των φύλλων και λευκή εξάνθηση στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, αποτελούμενη από μάζα κονιδιοφόρων και κονιδίων που εξέρχονται από τα στόματα. Στους βλαστούς και στους καρπούς δεν παρατηρούνται συμπτώματα (Olsen *et al.*, 2001). Τα σοβαρά προσβεβλημένα φύλλα, πριν την πτώση τους, εμφανίζουν νεκρωτικές κηλίδες στην πάνω επιφάνεια και κατσάρωμα του ελάσματος προς τα πάνω (Damicone & Sutherland, 1999, Goldberg, 2004). Η αποφύλλωση στην πιπεριά μπορεί να είναι πολύ σοβαρή (Tjamos, 1988).

Η μόλυνση από το παθογόνο, σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες, προκαλεί την πτώση των φύλλων με συνέπεια την πρόκληση ηλιοκαυμάτων στους καρπούς. (Fallik *et al.*, 1997, Reuveni *et al.*, 1998). Οι καρποί με ηλιοκαύματα είναι περισσότερο ευαίσθητοι στην είσοδο παθογόνων (Fallik *et al.*, 1997). Η αποφύλλωση οδηγεί επίσης στην παραγωγή καρπών μικρότερου μεγέθους εξαιτίας της μειωμένης τροφοδότησης του φυτού με προϊόντα της φωτοσύνθεσης (Reuveni *et al.*, 1998).

### 1.4 Περιγραφή του παθογόνου

Το ωίδιο που προσβάλλει την πιπεριά οφείλεται στο μύκητα *Leveillula taurica* (Lev.) Arnaud (ατελής μορφή *Oidiopsis taurica* (Lev.) Salmon, συν. *Oidiopsis sicula*

Scalia) (Farr *et al.*, 1995, Damicone & Sutherland, 1999, Reis *et al.*, 2004). Ο μύκητας *Leveillula taurica* ανήκει στο βασίλειο Μύκητες, στο φύλο Ασκομύκητες, στην κλάση Πλεκτομύκητες (Trigiano *et al.*, 2004, Τζάμος, 2004), στην τάξη Erysiphales και στην οικογένεια Erysiphaceae (Khodaparast *et al.*, 2001). Πιθανολογείται ότι κατάγεται από τη Μεσόγειο ή την Κεντρική Ασία (Reichert & Palti, 1966, Khodaparast *et al.*, 2001). Το παθογόνο ταυτοποιήθηκε για πρώτη φορά σε πιπεριές γεμιστές στο Ισραήλ το 1950 και σε πιπεριές τσίλι στη Φλόριντα το 1971 (McGrath *et al.*, 2001, Goldberg, 2003). Στην Ελλάδα, ο μύκητας *L. taurica* παρατηρήθηκε στη Σκάλα Λακωνίας σε τομάτα το 1970, στην Κορινθία σε αγκινάρα το 1971, στην Αττική σε πιπεριά και βεγόνια το 1972 και στην Κρήτη σε αγγουριά το 1975 (Χολέβας κ.ά., 1990). Το ωίδιο της πιπεριάς παρατηρήθηκε για πρώτη φορά, στη Β. Αμερική το 1971 στη νοτιοδυτική Florida (McGrath *et al.*, 2001).

Πρόκειται για ένα υποχρεωτικό παράσιτο (Blaker *et al.*, 1995, Agrios, 2005) του οποίου η καλλιέργεια δεν είναι δυνατή σε τεχνητά θρεπτικά μέσα (Agrios, 2005), αν και έχουν γίνει πολλές προσπάθειες προς την ίδια ή παρόμοια κατεύθυνση, ήτοι τη διατήρηση του παθογόνου πάνω σε μικρά κομμάτια ιστού του ξενιστή τοποθετημένα μέσα σε τριβλία (Molot *et al.*, 1987a, Molot *et al.*, 1990).

Το μυκήλιο είναι υαλώδες (Goldberg, 2003) και αρχικά ενδοφυτικό, ήτοι εγκαθίσταται μέσα στους ιστούς του φύλλου (Damicone & Sutherland, 1999). Αυτό θεωρείται ότι οφείλεται στην εξέλιξη και στην προσαρμογή του μύκητα σε ξηροφυτικές συνθήκες (Khodaparast *et al.*, 2001, Belanger *et al.*, 2002).

Οι κονιδιοφόροι είναι υαλώδεις (Goldberg, 2003), διακλαδιζόμενοι (Alexopoulos & Mims, 1979, Damicone & Sutherland, 1999), με διαφράγματα (septa) (Cook *et al.*, 1997, Kurt *et al.*, 2004) και το μήκος τους φθάνει τα 250 μm, ενώ το πλάτος τους τα 10 μm (Goldberg, 2003). Οι κονιδιοφόροι εξέρχονται από τα στόματα του φύλλου στην κάτω επιφάνεια του ελάσματος ατομικά ή σε δέσμες, δύο έως τέσσερις (Εικόνα 2) από κάθε στόμα (Sherf & Macnab, 1986, Mohan & Molenaar, 2005). Μετά την έξοδο των κονιδιοφόρων από τα στόματα, δημιουργείται και επιφυτικό μυκήλιο. Επομένως, το γένος *Leveillula* μοιάζει με τα υπόλοιπα γένη της οικογένειας Erysiphaceae, μόνο κατά τα τελευταία στάδια της ανάπτυξής του (Γεωργόπουλος, 1984).

Τα κονίδια (Εικόνα 2) εμφανίζονται με δύο μορφές και φέρονται ατομικά ή σε κοντές αλυσίδες (Damicone & Sutherland, 1999). Το πρώτο κονίδιο που σχηματίζεται στην κορυφή της αλυσίδας έχει σχήμα απιοειδές και ονομάζεται πρωτογενές κονίδιο,

όμως όλα τα μεταγενέστερα σχηματιζόμενα κονίδια είναι κυλινδρικά και ονομάζονται δευτερογενή κονίδια (Correll *et al.*, 2005, Mohan & Molenaar 2005). Τα απιοειδή με τα κυλινδρικά κονίδια βρίσκονται σε αναλογία περίπου 40:60, αντίστοιχα. Τα πρώτα έχουν διαστάσεις 53,8-79,5x12,9-28  $\mu\text{m}$ , ενώ τα δεύτερα 48,2-84x13,4-25,2  $\mu\text{m}$ . Τα κονίδια είναι μονοκύτταρα και υαλώδη (Alexopoulos & Mims, 1979, Cerkauskas & Buonassisi, 2003). Τα κονίδια σχηματίζουν εύκολα απρεσσόριο όταν έρχονται σε επαφή με το υπόστρωμα (Εικόνα 2). Ώριμα κονίδια που βρίσκονται ακόμα προσκολλημένα πάνω στους κονιδιοφόρους, δε βλαστάνουν παρά μόνο όταν αποκολληθούν από αυτούς. Κονίδια σε αποκομμένες αλυσίδες βλαστάνουν σαν ελεύθερα μεμονωμένα κονίδια (Clerk & Ayesu-Offei, 1967). Στα φύλλα της πιπεριάς, η πυκνότητα των κονιδίων ανέρχεται σε 53000 περίπου κονίδια ανά  $\text{cm}^2$  (Reuveni & Reuveni, 1998). Η εξάπλωση της ασθένειας πραγματοποιείται με τη διασπορά των κονιδίων με τον άνεμο (Fletcher, 1984, Tjamos, 1988, Goldberg, 2003).

Η τέλεια μορφή του μύκητα, ήτοι τα κλειστοθήκια (ασκοκάρπια), παρατηρείται σπάνια (Alexopoulos & Mims, 1979, Reis *et al.*, 2004). Πιο συχνά παρατηρείται στην αγκινάρα και στην τομάτα (Jones & Thomson, 1987, Elad *et al.*, 1996, Paz Lima *et al.*, 2004). Γενικά, οι μύκητες αναπαράγονται αγενώς όταν πρωταρχικής σημασίας είναι η εξάπλωσή τους και υπάρχει άφθονη διαθέσιμη τροφή, ενώ η εγγενής αναπαραγωγή είναι συνήθης στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου όταν η τροφή είναι περιορισμένη και οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν είναι τόσο κατάλληλες για την εξάπλωση του μύκητα (Trigiano *et al.*, 2004, Agrios, 2005). Τα κλειστοθήκια του *L. taurica* σχηματίζονται στο επιφανειακό μυκήλιο του μύκητα και έχουν χρώμα σκούρο καστανό ή μαύρο (Τζάμος, 2004). Στην περιφέρειά τους υπάρχουν μυκηλιοειδή εξαρτήματα τα οποία βοηθούν την προσκόλληση των κλειστοθηκίων στην επιφάνεια των φύλλων (Alexopoulos & Mims, 1979). Τα κλειστοθήκια έχουν διάμετρο 135-250  $\mu\text{m}$  και περιέχουν 20-35 ασκούς διαστάσεων 70-110x25-40  $\mu\text{m}$ . Κάθε ασκός περιέχει δύο υαλώδη κυλινδρικά ή απιοειδή ασκοσπόρια, ήτοι τα προϊόντα της μείωσης, διαστάσεων 25-40x12-22  $\mu\text{m}$  (Takamatsu *et al.*, 1998, Trigiano *et al.*, 2004, Τζάμος, 2004).

Η λανθάνουσα περίοδος, ήτοι η περίοδος από τη στιγμή της μόλυνσης του ξενιστή μέχρις ότου εμφανιστούν πάνω σ' αυτόν οι καρποφορίες του παρασίτου, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ένας από τους οποίους είναι και το στάδιο ανάπτυξης του ξενιστή. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στη Βραζιλία, βρέθηκε πως η λανθάνουσα περίοδος σε μέσο βλαστικό στάδιο (10-12 φύλλα) ήταν 14,3 ημέρες, ενώ

μειώθηκε σε 8,6 ημέρες κατά το στάδιο της καρποφορίας του ξενιστή (Souza & Café-Filho, 2003).

Σε νεαρά στάδια, ανεξαρτήτως της αντίδρασης της πιπεριάς σε μετέπειτα στάδια, η πιπεριά εμφανίζει ανοσία στο παθογόνο (Souza & Café-Filho, 2003).

## 1.5 Κύκλος της ασθένειας και επιδημιολογία

Κύκλος της ασθένειας είναι η «αλυσίδα» των γεγονότων που εμπλέκονται στην ανάπτυξη της ασθένειας, περιλαμβάνοντας τα στάδια της ανάπτυξης του παθογόνου και την επίδραση της ασθένειας στον ξενιστή (Agris, 2005).

Επιδημιολογία είναι η μελέτη των παραγόντων που οδηγούν σε αύξηση της ασθένειας σε έναν πληθυσμό. Κατανοώντας το γιατί αυξάνονται οι ασθένειες σε πληθυσμούς των φυτών και τι μπορεί να επηρεάσει αυτές τις αυξήσεις, μπορούν να ληφθούν αποφάσεις για τη διαχείριση των ασθενειών των φυτών (Trigiano *et al.*, 2004).

### 1.5.1 Βλάστηση κονιδίων

Η θερμοκρασία και η υγρασία αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη βλάστηση των κονιδίων του *Leveillula taurica*. Θερμοκρασίες υψηλότερες των 30°C είναι επιβλαβείς για τη βλάστηση των κονιδίων, την επιμήκυνση του βλαστικού σωλήνα και την ανάπτυξη της ασθένειας (Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Στους 36°C το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων είναι μικρότερο από 5% (Jones & Thomson, 1987). Χαμηλή σχετική υγρασία (20-40%) βρέθηκε να μειώνει το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων και την ανάπτυξη των κηλίδων στα φύλλα, επιταχύνοντας τη νέκρωση των ιστών του ξενιστή και μειώνοντας την πρόοδο της ασθένειας. Μέτρια σχετική υγρασία (50-70%) αύξησε το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων και βελτιστοποίησε την πρόοδο της ασθένειας, με την προϋπόθεση της ευνοϊκής θερμοκρασίας. Αντίθετα, υψηλή σχετική υγρασία (80-90%), αν και ήταν περισσότερο ευνοϊκή για τη βλάστηση των κονιδίων, ωστόσο μείωνε το ρυθμό ανάπτυξης της ασθένειας (Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Τα κονίδια βλαστάνουν σε μεγάλο εύρος θερμοκρασίας που κυμαίνεται από 10 έως 37°C, όμως το υψηλότερο ποσοστό βλάστηση των κονιδίων επιτυγχάνεται στους 20°C (Elad *et al.*, 2007).

Βρέθηκε πως καθημερινή (δύο φορές την ημέρα, δύο ώρες την κάθε φορά) έκθεση των φυτών τομάτας σε θερμοκρασία 35°C είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού

ανάπτυξης της ασθένειας κατά 70-92%, ενώ κατά την τεχνητή μόλυνση των φυτών σε θερμοκρασία 30°C δεν αναπτύχθηκε η ασθένεια στα φυτά τομάτας. Σε θερμοκρασία 20°C και σχετική υγρασία 90%, η βλάστηση των κονιδίων πάνω στα φύλλα ξεκινά σε δύο περίπου ώρες από τη στιγμή της μόλυνσης. Η ύπαρξη σχετικής υγρασίας κοντά στο 100% είναι ευνοϊκή για τη βλάστηση των κονιδίων, όμως βρέθηκε πως η έκθεση για περισσότερες από 48 ώρες σε σχετική υγρασία 90% ή περισσότερο δεν είναι ευνοϊκή για την αύξηση του βλαστικού σωλήνα, καθώς η μέγιστη αύξηση του βλαστικού σωλήνα παρατηρείται σε σχετική υγρασία 50-80%. Όσον αφορά τις συνθήκες που ευνοούν τη μόλυνση, αναφέρεται πως οι πιο ευνοϊκές είναι θερμοκρασία 20°C με σχετική υγρασία 65% και θερμοκρασία 25°C με σχετική υγρασία 51% (Guzman-Plazola *et al.*, 2003).

Το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων κυμαίνεται γύρω στο 60%. Μεταξύ των εξεταζόμενων υποστρωμάτων σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Κρήτη, το υπόστρωμα που εμφανίζεται καλύτερο για τη βλάστηση των κονιδίων είναι το άγαρ δεξτρόζης μανιτόλης. Το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων, στο υπόστρωμα αυτό, είναι το ίδιο είτε τα κονίδια εφαρμόζονται ως αιώρημα είτε εφαρμόζονται ξηρά. Η βλάστηση των κονιδίων ξεκινά σε δύο έως τέσσερις περίπου ώρες από την έναρξη της επώασης και σταδιακά αυξάνεται μέχρι τις 24 ώρες. Επίσης, το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων είναι υψηλότερο σε νεαρής ηλικίας κονίδια, σε σχέση με κονίδια μεγαλύτερης ηλικίας (Malathrakis & Fanouraki, 2001).

### **1.5.2 Συνθήκες αναπτύξεως**

Από τη στιγμή που έχει ολοκληρωθεί η μόλυνση του ξενιστή, η ανάπτυξη της ασθένειας ευνοείται από ζεστές ημέρες και υγρές, δροσερές νύχτες (Goldberg, 2003). Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας, μελετήθηκε ο ρυθμός ανάπτυξης της ασθένειας στους 20 και στους 25°C και διαπιστώθηκε πως ήταν μεγαλύτερος στη δεύτερη περίπτωση (Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Αναφέρεται πως η συχνότητα εμφάνισης του ωιδίου στην πιπεριά είναι υψηλότερη σε περιοχές με υγρό κλίμα, όμως η αποφύλλωση των προσβεβλημένων φυτών είναι πιο σοβαρή σε περιοχές με ξηρό κλίμα. Επιπλέον, η συχνότητα της ασθένειας είναι υψηλότερη σε περιπτώσεις που εφαρμόζεται στάγδην άρδευση ή άρδευση με αυλάκια, ενώ η συχνότητα αυτή μειώνεται όταν η άρδευση πραγματοποιείται με καταιονισμό (Goldberg, 2003).

Η σκίαση αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα ο οποίος επηρεάζει την εξέλιξη της ασθένειας. Σε πείραμα στο Ισραήλ, βρέθηκε πως η ένταση της ασθένειας ήταν μεγαλύτερη σε καλλιέργεια πιπεριάς με 22% σκίαση με άσπρο δίχτυ, σε σχέση με την ίδια καλλιέργεια με δίχτυ αλουμινίου με σκίαση 40%, μαύρο δίχτυ με σκίαση 30% και μαύρο δίχτυ με σκίαση 40%. Η ένταση της ασθένειας στην πρώτη περίπτωση πλησίαζε το 38% στη σοβαρότερα, από τις χρησιμοποιούμενες, προσβεβλημένη ποικιλία, ενώ στις άλλες τρεις περιπτώσεις η ένταση της ασθένειας ήταν 50-75% χαμηλότερη. Ωστόσο, η απόδοση της καλλιέργειας ήταν μειωμένη στις περιπτώσεις που αυξάνονταν τα ποσοστά σκίασης και αυτό καθιστά ασύμφορη, μέχρι στιγμής, την εφαρμογή τους σε εμπορική κλίμακα (Mesika *et al.*, 1999b).

### 1.5.3 Ξενιστές

Το παθογόνο προσβάλλει περισσότερους από 700 διαφορετικούς ξενιστές παγκοσμίως (Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Από άλλους ερευνητές, αναφέρονται ως ξενιστές πάνω από 1000 φυτικά είδη σε 74 οικογένειες, περιλαμβάνοντας την ελιά (Tjamos, 1988, Χολέβας κ.ά., 1990) την πιπεριά, την τομάτα, τη μελιτζάνα (McGrath *et al.*, 2001), το κρεμμύδι (Reis *et al.*, 2004, Mohan & Molenaar, 2005), το πράσο (Kurt *et al.*, 2004), το τριφύλλι, την πατάτα (Reichert & Palti, 1966, Glawe *et al.*, 2004), την αγκινάρα, τη μπάμια, την αγγουριά (El-Ammari & Khan, 1983, Chunwongse *et al.*, 1994, Souza & Café-Filho, 2003), το μαϊντανό (Reis *et al.*, 2004), το μαρούλι, τη μηδική, τον ηλιάνθο (Khodaparast *et al.*, 2001), το βαμβάκι (Farr *et al.*, 1995) και πολλά ζιζάνια. Το ευρύ αυτό φάσμα των ξενιστών έχει ιδιαίτερη σημασία για την επιβίωση του μύκητα (Goldberg, 2003).

### 1.5.4 Εξειδίκευση

Πειράματα διασταυρωτών μολύνσεων έδειξαν πως απομονώσεις του *Leveillula taurica* από την πιπεριά, το βαμβάκι και το κρεμμύδι ήταν ικανές να μολύνουν την τομάτα, σε αντιδιαστολή με απομονώσεις από την αγκινάρα που δεν είχαν αυτή τη δυνατότητα (Correll *et al.*, 1987).

Στη Βραζιλία, απομονώσεις του *Leveillula taurica* από προσβεβλημένες με ωίδιο καλλιέργειες κρεμμυδιού, πράσου και σκόρδου, ήταν επίσης παθογόνες και για φυτά τομάτας και πιπεριάς. Αυτό ενισχύει την άποψη για έλλειψη εξειδίκευσης σε αυτό το είδος (Reis *et al.*, 2004).



Ωστόσο, αναφέρεται πως στη Γκάνα βρέθηκαν δύο παθογόνες μορφές του μύκητα που προσβάλλουν διαφορετικό ξενιστή η κάθε μία. Οι δύο αυτοί ξενιστές είναι η πιπεριά και η μελιτζάνα (Ayesu-Offei, 1989). Παρόμοια άποψη υποστηρίζουν και άλλοι ερευνητές οι οποίοι αναφέρουν πως υπάρχουν διαφορετικές φυλές του *L. taurica* και πως η φυλή που προσβάλλει την τομάτα, την πατάτα και τη μελιτζάνα, δεν προσβάλλει την πιπεριά, τη μπάμια, το μάραθο, το καρότο, την αγκινάρα και το κρεμμύδι, τα οποία αποτελούν ξενιστές άλλων φυλών (Sherf & Macnab, 1986).

## 1.6 Βασικές διαφορές με άλλα οΐδια

Το μυκήλιο του *L. taurica* αναπτύσσεται αρχικά, χωρίς να φαίνεται, μέσα στους ιστούς του φύλλου για μια περίοδο 21 ημερών περίπου, σε αντιδιαστολή με το μυκήλιο άλλων οιδίων που αναπτύσσεται σε όλα τα στάδια αποκλειστικά επιφανειακά στέλνοντας ειδικούς μυζητήρες μέσα στα επιδερμικά κύτταρα (Παναγόπουλος, 1995, LaMondia *et al.*, 1999, Sabaratnum, 2004).

Σε αντίθεση με άλλα οΐδια που αναπτύσσονται στην πάνω επιφάνεια των φύλλων, το οΐδιο που προσβάλλει την πιπεριά αναπτύσσεται στην κάτω επιφάνεια, αν και σε πολύ ευνοϊκές για την ασθένεια συνθήκες μπορεί να εμφανιστεί ταυτόχρονα και στις δύο επιφάνειες των φύλλων (Brand *et al.*, 2002, Bai *et al.*, 2003).

Τα οΐδια όλων των άλλων γενών σχηματίζουν για την αγενή τους αναπαραγωγή κονιδία σε μη διακλαδιζόμενους κονιδιοφόρους τύπου *Oidium* και *Ovulariopsis*, ενώ ο *Leveillula taurica* σχηματίζει για την αγενή του αναπαραγωγή διακλαδιζόμενους κονιδιοφόρους τύπου *Oidiopsis* (Γεωργόπουλος, 1984).

Η βλάστηση των κονιδίων των υπόλοιπων οιδίων ευνοείται από υψηλή σχετική υγρασία, αν και παρουσία ελεύθερου νερού πάνω στη φυλλική επιφάνεια μειώνει ή εμποδίζει τη βλάστησή τους. Αντίθετα, η βλάστηση των κονιδίων του *L. taurica* δε δείχνει να επηρεάζεται τόσο πολύ από την παρουσία ελεύθερου νερού πάνω στη φυλλική επιφάνεια (Elad *et al.*, 1996, Whipps & Budge, 2000, Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Η παραπάνω διαφορά εξηγεί και το γεγονός ότι τα πειράματα τεχνητής μόλυνσης με την πλειονότητα των υπόλοιπων οιδίων γίνονται με τίναγμα ή ελαφρύ βούρτσισμα προσβεβλημένων φύλλων πάνω από υγιή φυτά (Celio & Hausbeck, 1998, LaMondia *et al.*, 1999, Whipps & Budge, 2000), ενώ οι τεχνητές μολύνσεις με το *Leveillula taurica* πραγματοποιούνται συνήθως με την εφαρμογή αιωρήματος σπορίων πάνω στα υγιή φυτά (Souza & Café-Filho, 2003, Paz Lima *et al.*, 2004). Επιπλέον, βρέθηκε πως η παραμονή (για δύο ώρες) των κονιδίων του *Leveillula*

*taurica* σε νερό, πριν την τεχνητή μόλυνση φυτών πιπεριάς έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των αποικιών ανά φύλλο, σε σχέση με τα κονίδια που εφαρμόζονται ως αιώρημα απ' ευθείας στα φυτά πιπεριάς (Belanger *et al.*, 2002).

Ο *Leveillula taurica* προσβάλλει μόνο τα φύλλα της πιπεριάς, ενώ άλλα ωΐδια προσβάλλουν τα φύλλα, τους βλαστούς, τους οφθαλμούς και τους καρπούς (Sholberg & Haag, 1994, Malathrakis & Goumas, 1999). Ωστόσο, υπάρχει αναφορά για προσβολή από τον ίδιο μύκητα και των στελεχών αγγουριάς (Χολέβας κ.ά., 1990).

Ο *Leveillula taurica* προσβάλλει μεγάλο εύρος ξενιστών, ενώ το πλήθος ξενιστών άλλων ωΐδιων είναι πολύ περιορισμένο (Elad *et al.*, 1996, Guzman-Plazola *et al.*, 2003).

Τέλος, υπάρχουν σήμερα ποικιλίες σε διάφορες καλλιέργειες οι οποίες είναι ανθεκτικές σε ωΐδια που κανονικά προσβάλλουν την καλλιέργεια, όπως ορισμένες ποικιλίες πεπονιάς που εμφανίζουν πλήρη ανθεκτικότητα κατά του ωΐδιου *Sphaerotheca fuliginea* (Elad *et al.*, 1996) ή ορισμένες ποικιλίες αγγουριάς με μερική ανθεκτικότητα στο ωΐδιο που προσβάλλει την αγγουριά (Malathrakis & Goumas, 1999), σε αντιδιαστολή με την πιπεριά στην οποία δεν υπάρχει μέχρι στιγμής κάποια ποικιλία που να είναι ανθεκτική στο μύκητα *Leveillula taurica* παρά το γεγονός ότι έχει προσδιοριστεί ανθεκτικό φυτικό υλικό (Lefebvre *et al.*, 2003).

## 1.7 Φυλογενετική ανάλυση

Στην προσπάθεια διερεύνησης της εξελικτικής πορείας των ωΐδιων, εξαιρετικής σημασίας είναι η χρησιμοποίηση μοριακών τεχνικών μέσω των οποίων πραγματοποιείται αλληλούχιση των νουκλεοτιδίων του ριβοσωμικού DNA (rDNA). Από τη στιγμή που τα ωΐδια αποτελούν μια κατηγορία υποχρεωτικών παρασίτων που δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε τεχνητά μέσα, η εξαγωγή του DNA πραγματοποιείται συνήθως από αποξηραμένα ή νωπά προσβεβλημένα φυτά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιμόλυνση από άλλα DNA φυτών, μυκήτων ή εντόμων που ενδεχομένως να βρίσκονται κοντά στην περιοχή προσβολής από το ωΐδιο και κατά συνέπεια την αποτυχία της αλληλούχισης. Για το λόγο αυτό, έχουν δημιουργηθεί ζεύγη εκκινητών από τις DNA αλληλουχίες της περιοχής ITS του rDNA, οι οποίοι παρουσιάζουν ικανοποιητική σταθερότητα σε μεγάλο φάσμα ωΐδιων και ταυτόχρονα δυνατότητα διάκρισης διαφόρων ειδών. Τα ζεύγη εκκινητών που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση του *Leveillula taurica* είναι το PM3/P3, το PM5/P3 και το ITS1/PM4, με πιο αποτελεσματικό το τελευταίο (Takamatsu & Kano, 2001).

Οι περισσότερες από τις μοριακές τεχνικές, που χρησιμοποιούνται για την εξακρίβωση της φυλογενετικής σχέσης σε διάφορους μικροοργανισμούς, δεν είναι εφαρμόσιμες στην κατηγορία των ωιδίων. Ο κύριος λόγος αυτής της διαφοροποίησης είναι το γεγονός ότι αυτή η κατηγορία μυκήτων αποτελείται από υποχρεωτικά παράσιτα με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ανάπτυξή τους σε τεχνητά μέσα και συνεπώς σε πολλές περιπτώσεις να μην επαρκεί για ανάλυση το ποσό του DNA που λαμβάνεται από το ωίδιο που ερευνάται κάθε φορά. Ανάμεσα στις τεχνικές που μπορούν να εφαρμοσθούν, καλύτερη φαίνεται η τεχνική του πολλαπλασιασμού του ριβοσωμικού DNA (rDNA) και η απ' ευθείας αλληλούχιση των προϊόντων της PCR, κυρίως λόγω της δυνατότητας ανάλυσης αλληλουχιών DNA με χρήση μικρής μόνο ποσότητας από το ωίδιο που ελέγχεται. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι αλληλουχίες DNA που προέρχονται από τις τέλειες μορφές των ειδών, δε θα είναι πάντα ίδιες με τις αλληλουχίες DNA που προέρχονται από τις ατελείς μορφές, εξαιτίας του ανασυνδυασμού του DNA στις τέλειες μορφές (Hirata & Takamatsu, 1996).

Μία νέα τεχνική, που περιλαμβάνει εξαγωγή DNA με Chelex, δύο πολλαπλασιασμούς με ειδικό ζεύγος εκκινητών και καθαρισμό του DNA με ηλεκτροφόρηση, έδωσε τη δυνατότητα ανάλυσης αλληλουχιών πυρηνικού rDNA διαφόρων ωιδίων με χρήση μικρής ποσότητας του μύκητα με την ατελή (μερικές εκατοντάδες κονίδια) ή την τέλεια (είκοσι κλειστοθήκια) μορφή. Υποστηρίζεται πως οι αλληλουχίες νουκλεοτιδίων των γονιδίων του 5,8S rRNA των διαφόρων ωιδίων είναι υψηλά συντηρημένες, ενώ οι αλληλουχίες νουκλεοτιδίων των περιοχών ITS παρουσιάζουν παραλλακτικότητα μεταξύ των ωιδίων. Αυτό το γεγονός οδηγεί στο συμπέρασμα πως η περιοχή του πυρηνικού rDNA δεν είναι κατάλληλη για φυλογενετικές μελέτες μη συγγενών ωιδίων, λόγω της υψηλής παραλλακτικότητας αλληλουχιών που υπάρχει μεταξύ των περιοχών ITS και της μικρής φυλογενετικής πληροφόρησης που περιέχεται μέσα στα γονίδια του 5,8S rRNA. Παρόλα αυτά, η περιοχή ITS είναι χρήσιμη για τη φυλογενετική σύγκριση στενά σχετιζόμενων ειδών ωιδίων (Hirata & Takamatsu, 1996, Takamatsu & Kano, 2001).

Φυλογενετική ανάλυση πραγματοποιηθείσα σε δεκαεννιά είδη ωιδίων, έδειξε πως ο *Leveillula taurica* κατέχει το μεγαλύτερο μέγεθος, όσον αφορά την περιοχή ITS1-5,8S-ITS2. Συγκεκριμένα, η περιοχή αυτή αποτελείται από 564 νουκλεοτίδια (216 για την ITS1, 154 για την 5,8S και 194 για την ITS2 περιοχή) (Takamatsu *et al.*, 1998).

Σύμφωνα με το μήκος της ITS περιοχής, μπορούν να διακριθούν δύο ομάδες. Η μία ομάδα, με μικρό μήκος, περιλαμβάνει τα γένη *Blumeria*, *Podosphaera* και

*Sphaerotheca*, ενώ η δεύτερη ομάδα, με μεγάλο μήκος, περιλαμβάνει τα γένη *Leveillula*, *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Phyllactinia* και *Uncinula* (Takamatsu *et al.*, 1998).

Τα ωΐδια μπορούν να χωρισθούν σε δύο μεγάλες ομάδες, με βάση των αριθμό των ασκών που περιέχει κάθε κλειστοθήκιο. Η πρώτη ομάδα, με έναν ασκό σε κάθε κλειστοθήκιο, περιλαμβάνει τα γένη *Podosphaera* και *Sphaerotheca*, ενώ η δεύτερη ομάδα, με πολλούς ασκούς ανά κλειστοθήκιο, περιλαμβάνει τα γένη *Leveillula*, *Blumeria*, *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Phyllactinia* και *Uncinula*. Η διάκριση αυτή δεν ταιριάζει με τη διάκριση βάση του μήκους της περιοχής ITS (Γεωργόπουλος, 1984, Takamatsu *et al.*, 1998).

Επίσης, τα ωΐδια μπορούν να χωρισθούν σε δύο ομάδες με βάση δύο χαρακτηριστικά της ατελούς μορφής. Η πρώτη ομάδα, με ροπαλοειδή απρεσσόρια και με κονΐδια παραγόμενα σε αλυσίδες, περιλαμβάνει τα γένη *Blumeria*, *Erysiphe*, *Podosphaera* και *Sphaerotheca*, ενώ η δεύτερη ομάδα, με λοβοειδή απρεσσόρια και κονΐδια παραγόμενα ατομικά, περιλαμβάνει τα γένη *Leveillula*, *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Phyllactinia* και *Uncinula*. Η διάκριση αυτή ταιριάζει αρκετά με τη διάκριση που γίνεται με βάση το μήκος της περιοχής ITS (Takamatsu *et al.*, 1998).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη δημιουργία φυλογενετικού δένδρου υποδεικνύουν μια στενή σχέση μεταξύ του *Leveillula taurica* και του *Phyllactinia* spp., επιβεβαιώνοντας ουσιαστικά και την κατάταξη αυτών των δύο στην υποοικογένεια Phyllactinioideae (Takamatsu *et al.*, 1998).

### **1.8 Οικονομική σημασία-Απώλεια παραγωγής**

Γενικά, αναφέρεται πως η απώλεια παραγωγής εξαρτάται από τον τύπο της καλλιέργειας, την καλλιεργητική περίοδο και την ποικιλία (Konstantinidou-Doltsinis *et al.*, 2006).

Η μείωση της παραγωγής της τομάτας μπορεί να φθάσει το 40% (Jones & Thomson, 1987, Guzman-Plazola *et al.*, 2003, Konstantinidou-Doltsinis *et al.*, 2006). Υπάρχει αναφορά και για μείωση της απόδοσης της πιπεριάς κατά 2-4 kg/m<sup>2</sup> (Cerkauskas & Buonassisi, 2003). Έχει βρεθεί πως υπάρχει άμεση συσχέτιση του ποσοστού προσβολής των φύλλων και της απώλειας παραγωγής. Έρευνες έχουν δείξει πως 1% προσβολή των φύλλων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής κατά 1%. Επίσης, ο αριθμός των φύλλων που πέφτουν εξαρτάται όχι μόνο από την ένταση της ασθένειας αλλά και από την ποικιλία του ξενιστή (Sabaratnum, 2004).

Θετική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ της προσβεβλημένης επιφάνειας των φύλλων και του αριθμού των φύλλων που αποκόπηκαν, ενώ αρνητική ήταν η σχέση μεταξύ της προσβεβλημένης επιφάνειας των φύλλων και της απόδοσης της καλλιέργειας. Επίσης, αρνητική ήταν και η σχέση μεταξύ του αριθμού των φύλλων που αποκόπηκαν και της απόδοσης της καλλιέργειας (Mesika *et al.*, 1999a).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, το ποσοστό αποφύλλωσης των φυτών είναι αρκετά υψηλό. Στην Οκλαχόμα, υπάρχει αναφορά για αποφύλλωση 50-75%, ενώ οι καρποί ήταν μικρότεροι και μη εμπορεύσιμοι (Damicone & Sutherland, 1999). Στη Βραζιλία, αναφέρεται πως η αποφύλλωση στην πιπεριά έφθασε σε μια περίπτωση το 75%, με απώλεια παραγωγής έως 40% (Blat *et al.*, 2005a).

### **1.9 Μοντέλα πρόβλεψης της ασθένειας**

Η εφαρμογή μοντέλων πρόβλεψης της ασθένειας είναι μια σημαντική στρατηγική για την ορθολογική χρήση μυκητοκτόνων στις διάφορες καλλιέργειες που προσβάλλονται από το ωίδιο. Μοντέλα πρόβλεψης της ασθένειας που χρησιμοποιούν μετεωρολογικά δεδομένα έχουν αναπτυχθεί για το ωίδιο (*Leveillula taurica*) που προσβάλλει την πιπεριά, το ωίδιο του κριθαριού, του σιταριού, της μηλιάς, της τριανταφυλλιάς και της αμπέλου (Zadoks, 1989, Belanger *et al.*, 2002, Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα μοντέλα, περιλαμβάνουν συνήθως ωριαίο προσδιορισμό της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και της διαβροχής των φύλλων. Η ρύθμιση των χρονικών διαστημάτων λήψης μέτρων γίνεται με βάση την κατηγοριοποίηση των ημερών σε: α) ημέρες που δε συντελούν στην ανάπτυξη ασθένειας, β) ημέρες που συντελούν μετρίως στην ανάπτυξη ασθένειας και γ) ημέρες υψηλού κινδύνου για ανάπτυξη ασθένειας. Οι αποφάσεις για λήψη μέτρων λαμβάνονται σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν για επτά συνεχείς ημέρες (Belanger *et al.*, 2002).

### **1.10 Αντιμετώπιση της ασθένειας**

#### **1.10.1 Χημική**

##### **1.10.1.1 Γενικά**

Για αποτελεσματική χημική αντιμετώπιση της ασθένειας απαιτείται έγκαιρη διάγνωση του παθογόνου και προσεχτικός ψεκασμός με το κατάλληλο μυκητοκτόνο και δόση. Απαιτείται ομοιόμορφη κάλυψη όλης της φυλλικής επιφάνειας, ακόμη και των κατώτερων φύλλων αλλά και της κάτω επιφάνειας των φύλλων (Goldberg, 2003).

Τα ωιδιοκτόνα που έχουν λάβει έγκριση, στην Ελλάδα, για χρήση στην πιπεριά είναι το θείο (διάφορα σκευάσματα), το dinocap (Karathane 35,04 EC), το fenarimol (Rimidin 12 SC) και το triadimenol (Bayfidan 25 EC, Shavit 25 EC, κ.ά.) (Γιαννοπολίτης, 2005).

Το θείο παρουσιάζει δράση κατά πολλών ωιδίων σε διάφορες καλλιέργειες, μεταξύ των οποίων και στην πιπεριά και στην τομάτα (Sherf & Macnab, 1986, Γεωργόπουλος & Ζιώγας, 1992). Το benomyl έχει χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση του *Leveillula taurica* και ήταν αποτελεσματικό με εφαρμογή τόσο πριν, όσο και μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων (Tindall, 1974). Ωστόσο, ο *Leveillula taurica* παρουσίασε μειωμένη ευαισθησία σε αυτό το μυκητοκτόνο αρκετά χρόνια πριν (Bollen & Schulten, 1971, Jones & Thomson, 1987). Πολύ καλή δράση εναντίον της ασθένειας παρουσίαζε και το μυκητοκτόνο triadimefon, όμως εδώ και αρκετά χρόνια έχει απαγορευθεί η χρήση του σε πολλές χώρες (Sherf & Macnab, 1986, Tjamos, 1988, Chunwongse *et al.*, 1994). Στο παρελθόν, για την αντιμετώπιση της ασθένειας χρησιμοποιήθηκε και το chlorothalonil (Fletcher, 1984), ενώ και το bitertanol παρουσίασε ικανοποιητικά αποτελέσματα (Nihoul, 1993). Για την αντιμετώπιση του *Leveillula taurica* στην τομάτα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί τα μυκητοκτόνα pyraclostrobin, azoxystrobin, tebuconazole, myclobutanil (Baron, 2000, Mullen *et al.*, 2003) και thiophanate-methyl (Mickler & Mullen, 2003). Αναφέρεται πως επεμβάσεις ανά 20 ημέρες με τα μυκητοκτόνα fenarimol, triforine και nuarimol αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά την ασθένεια (Tjamos, 1988). Ένα νέο μυκητοκτόνο της ομάδας των στρομπιλουρινών που εμφανίζεται πολύ αποτελεσματικό στην αντιμετώπιση της ασθένειας είναι το trifloxystrobin. Το μυκητοκτόνο αυτό, κατά του ωιδίου που προσβάλλει την πιπεριά, εμφανίζει προστατευτική και θεραπευτική δράση (Baum *et al.*, 2000).

Για την αντιμετώπιση του ωιδίου της αμπέλου έχουν χρησιμοποιηθεί τα μυκητοκτόνα azoxystrobin, penconazole, quinoxifen, spiroxamine (Υρεμα & Gold, 1999, Wicks & Hitch, 2002), trifloxystrobin, myclobutanil (σε εναλλαγή με το pyrifenoх είτε μόνο του το myclobutanil) και θείο (Sholberg & Haag, 1994, Reuveni, 2001). Για την αντιμετώπιση του ωιδίου του σιταριού και του κριθαριού έχουν χρησιμοποιηθεί τα μυκητοκτόνα cyproconazole, epxiconazole, tebuconazole (τριαζολικά), fenpropimorph, fenpropidin (Hollomon *et al.*, 1997), ethirimol (Γεωργόπουλος & Ζιώγας, 1992), epxiconazole και tridemorph, ενώ έχει δοκιμαστεί και το flusilazole (Chollet *et al.*, 1990, Hudec & Bokor, 2001). Το ωίδιο

(*Podosphaera xanthii*) που προσβάλλει το πεπόνι μπορεί να αντιμετωπισθεί με εφαρμογή των μυκητοκτόνων azoxystrobin, chlorothalonil, myclobutanil, thiophanate-methyl, trifloxystrobin και quinoxyfen. Το θείο μπορεί να είναι αρκετά αποτελεσματικό, όμως ενδέχεται να προκαλέσει φυτοτοξικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες, με μικρές ή μεγάλες ζημιές αναλόγως της ποικιλίας (Matheron & Porchas, 2003). Ορισμένα από τα μυκητοκτόνα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση του ωιδίου της μηλιάς είναι το trifloxystrobin (Reuveni, 2001), bupirimate (Γεωργόπουλος & Ζιώγας, 1992), triadimenol (Borovinova, 2006), thiophanate-methyl, myclobutanil, triadimefon, propiconazole και θείο (Sholberg & Haag, 1994).

### 1.10.1.2 Μυκητοκτόνα του πειράματος

Τα ωιδιοκτόνα που δοκιμάστηκαν στα πλαίσια του πειράματος είναι τα παρακάτω:

#### i) Quinoxyfen

Το quinoxyfen (5,7-dichloro-4-quinolyl 4-fluorophenyl ether) είναι ένα μυκητοκτόνο που ανήκει στη χημική ομάδα των φαινοξυκινολινών, και χρησιμοποιείται ευρέως από το 1997 για την αντιμετώπιση του ωιδίου του σιταριού, του κριθαριού και της αμπέλου (Gullino *et al.*, 2000, Whitehead, 2002, Bernhard *et al.*, 2002, Wheeler *et al.*, 2003).

Στην Ελλάδα έλαβε έγκριση στις 9/1/07 για το ωίδιο (*Uncinula necator*) της αμπέλου (<http1>).

Ο βιοχημικός τρόπος δράσης του quinoxyfen δε μοιάζει με κανέναν άλλο τρόπο δράσης από τα κυκλοφορούντα εμπορικά μυκητοκτόνα. Το quinoxyfen εμποδίζει αναπτυξιακά στάδια προ-μόλυνσης με την παρεμπόδιση βλάστησης και σχηματισμού απρεσσορίου μέσω της διατάραξης πρώιμων γεγονότων δημιουργίας σημάτων στα κύτταρα (Gullino *et al.*, 2000, Bernhard *et al.*, 2002). Συγκεκριμένα, το quinoxyfen εμποδίζει σε επίπεδο mRNA την παραγωγή της GTP πρωτεΐνης η οποία θεωρείται απαραίτητη για το σχηματισμό του απρεσσορίου μόλυνσης. Ανθεκτικά στελέχη του μύκητα *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* που προκαλεί το ωίδιο του κριθαριού, είχαν τη δυνατότητα σχηματισμού ράμφους μόλυνσης χωρίς να απαιτείται να συνθέσουν τη συγκεκριμένη πρωτεΐνη. Επομένως, με την παρεμπόδιση βιοσύνθεσης της GTP πρωτεΐνης, το quinoxyfen ίσως διακόπτει τη διαδικασία

αναγνώρισης του ξενιστή από το μύκητα και τη μετάδοση της εντολής για προσβολή (Wheeler *et al.*, 2003).

Το εμπορικό όνομα με το οποίο κυκλοφορεί είναι Helios, έχει ποσοστό δραστηκής ουσίας 25% β/ο και είναι συμπυκνωμένο εναιώρημα (SC). Παρασκευαστής είναι η Dow AgroSciences (Η.Π.Α.). Αντιπρόσωπος στην Ελλάδα είναι η Ελάνκο Ελλάς ΑΕΒΕ.

Είναι διασυστηματικό προστατευτικό και παρέχει προστασία στα φυτά για μεγάλο χρονικό διάστημα, έως και εβδομήντα ημέρες, με μια πρώιμη εφαρμογή (Gullino *et al.*, 2000, Whitehead, 2002), ενώ έχει αξιόλογη δράση και με ατμούς οι οποίοι ανακατανέμονται μέσα στην καλλιέργεια. Παρόλη τη χαμηλή πίεση ατμών που έχει, αυτή η ιδιότητα του quinoxifen συνδυάζεται και με υψηλή λιποδιαλυτότητα. Μπορεί να εξέρχεται από νεκρά φύλλα και να απορροφάται στους επιφανειακούς κηρούς των νέων φύλλων, παρέχοντας προστασία όπου απαιτείται (Belanger *et al.*, 2002).

Θεωρείται πως ο κίνδυνος ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε αυτό το μυκητοκτόνο είναι μικρός. Παρόλα αυτά, έχει αναπτυχθεί και στρατηγική αποφυγής ανάπτυξης ανθεκτικότητας, όπως απαγόρευση χρήσης του quinoxifen για μεταχείριση του σπόρου, απαγόρευση χρήσης του κατά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου κ.ά. (Hollomon *et al.*, 1997, Cabras *et al.*, 2000).

## ii) Azoxystrobin

Το azoxystrobin (methyl (*E*)-2-{2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yloxy]phenyl}-3-methoxyacrylate) ανήκει στην ομάδα των στρομπιλουρινών (Regulatory note, 2000). Οι στρομπιλουρίνες αποτελούν σχετικά νέα ομάδα μυκητοκτόνων ουσιών που αναπτύχθηκαν από τη φυσική ένωση strobilurin A η οποία είναι δευτερογενής μεταβολίτης που παράγεται από το Βασιδιομύκητα *Strobilurus tenacellus* (Yprema & Gold, 1999, Anesiadis *et al.*, 2003). Οι στρομπιλουρίνες έχουν ευρύ φάσμα δράσης, δεν έχουν μεγάλη υπολειμματικότητα στο περιβάλλον και είναι χρήσιμες στην εισαγωγή σε προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης ασθενειών (Ishii *et al.*, 2001, Reuveni, 2001).

Το azoxystrobin είναι διασυστηματικό, έχει προστατευτική, θεραπευτική και αντισποριογόνο δράση και είναι δραστικό σε πολύ χαμηλές δόσεις (Regulatory note, 2000, Whitehead, 2002).



Στην Ελλάδα έλαβε έγκριση στις 10/4/02 ([http1](#)). Έχει έγκριση για το ωίδιο (*Leveillula taurica*, *Oidium* sp.), τον περονόσπορο (*Phytophthora infestans*) και την αλτερνάρια (*Alternaria dauci* sp. *solani*) στην τομάτα και για το ωίδιο (*Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fuliginea*) και τον περονόσπορο (*Pseudoperonospora cubensis*) στο αγγούρι και το πεπόνι.

Το εμπορικό όνομα με το οποίο κυκλοφορεί είναι Ortiva, έχει ποσοστό δραστικής ουσίας 25% β/ο και είναι πυκνό εναιώρημα (SC). Συσκευαστής είναι η Syngenta Ltd Grangemouth, Αγγλία. Στην Ελλάδα, αντιπρόσωπος είναι η Syngenta Hellas A.E.B.E.

Ο βιοχημικός τρόπος δράσης είναι γνωστός. Το azoxystrobin δρα στη διαδικασία της αναπνοής εμποδίζοντας τη μεταφορά των ηλεκτρονίων μέσα στα μιτοχόνδρια από το κυτόχρωμα b προς το κυτόχρωμα c<sub>1</sub>. Το azoxystrobin δεσμεύεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο κυτόχρωμα b και αναστέλλεται η παραγωγή ATP (Leroux, 1996, Cabras *et al.*, 1998, Anesiadis *et al.*, 2003).

### iii) Boscalid+Pyraclostrobin

Το Signum είναι ένα νέο μείγμα μυκητοκτόνων που αναπτύχθηκε από τη BASF για την αντιμετώπιση του μύκητα *Alternaria* spp. στην πατάτα. Περιέχει 6,7% pyraclostrobin (Methyl N-(2-([1-(4-chlorophenyl)-1H-pyrazol-3-yl] oxymethyl)-phenyl)N-methoxycarbamate) και 26,7% boscalid (2-Chloro-N-(4,-chlorobiphenyl-2-yl)-nicotinamide). Το pyraclostrobin ανήκει στις στρομπιλουρίνες, ενώ το boscalid ανήκει στην ομάδα των καρβοξαμιδίων. Τα δύο αυτά μυκητοκτόνα συνδυάζουν δύο διαφορετικούς βιοχημικούς τρόπους δράσης στην αναπνοή των μυκήτων (Hauke *et al.*, 2004, Jilderda *et al.*, 2005, Callens *et al.*, 2005).

Στην Ελλάδα έλαβε έγκριση στις 21/11/06. Παρασκευαστής είναι η BASF Aktiengesellschaft (Γερμανία) και αντιπρόσωπος στην Ελλάδα είναι η BASF Agro Ελλάς A.B.E.E. ([http1](#)).

Και οι δύο ενώσεις, παρεμποδίζουν τη βλάστηση των σπορίων, την αύξηση του βλαστικού σωλήνα και το σχηματισμό απρεσορίου, καθώς επίσης και την αύξηση του μυκηλίου και τη σπορίωση (Rosenberg, 2004).

Ο βιοχημικός τρόπος δράσης του boscalid είναι η παρεμπόδιση του ενζυμικού συμπλόκου (Σύμπλοκο II) της αφυδρογονάσης του ηλεκτρικού οξέος της μιτοχονδριακής αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων που βρίσκεται στην εσωτερική μεμβράνη των μιτοχονδρίων. Αυτή η αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην παροχή ενέργειας προς το μύκητα. Επιπλέον, παρεμποδίζεται και ο κύκλος του Krebs. Από τον τρόπο δράσης του boscalid, συμπεραίνεται πως

είναι πολύ δραστικό κατά της βλάστησης των σπορίων του μύκητα (Jilderda *et al.*, 2005).

Το boscalid είναι διασυστηματική ένωση που απορροφάται γρήγορα από τους φυτικούς ιστούς στους οποίους εφαρμόζεται (Rosenberg, 2004).

Ο βιοχημικός τρόπος δράσης του pyraclostrobin είναι ίδιος με τον τρόπο δράσης των υπόλοιπων στρομπιλουρινών, ήτοι δεσμεύεται στο σημείο Q<sub>0</sub> του κυτοχρώματος b στην αναπνευστική αλυσίδα των μιτοχονδρίων. Συνεπώς, διακόπτει την παροχή ενέργειας προς το μύκητα και παρουσιάζει επίσης προστατευτική δράση παρεμποδίζοντας τη βλάστηση των σπορίων (Leroux, 1996, Jilderda *et al.*, 2005).

Το pyraclostrobin είναι ημιδιασυστηματική ένωση. Δεν παρουσιάζει διασταυρωτή ανθεκτικότητα με το boscalid, οπότε ο συνδυασμός αυτών των δύο αποτελεί ένα καλό εργαλείο διαχείρισης της ανθεκτικότητας (Rosenberg, 2004, Jilderda *et al.*, 2005).

Το Signum έχει πάρει έγκριση στο Ισραήλ για την αντιμετώπιση, πέραν των άλλων ασθeneιών, του *Leveillula taurica* στην πιπεριά, στην τομάτα και στη μελιτζάνα (Rosenberg, 2004).

#### **iv) Penconazole**

Το penconazole ανήκει στην ομάδα των παρεμποδιστών βιοσύνθεσης εργοστερόλης (EBIs), γνωστών σήμερα και ως παρεμποδιστές απομεθυλίωσης (DMIs) (Γεωργόπουλος & Ζιώγας, 1992). Οι DMIs παρουσιάζουν διασυστηματική δράση (Burden *et al.*, 1990). Αναφέρεται ότι είναι προστατευτικό με αντισποριογόνο δράση (Whitehead, 2002).

Το εμπορικό όνομα με το οποίο κυκλοφορεί είναι Τοπάς, έχει ποσοστό δραστηρικής ουσίας 10% και είναι γαλακτωματοποιήσιμο υγρό (EC).

Πρόκειται για διασυστηματικό μυκητοκτόνο το οποίο, στην Ελλάδα, έλαβε έγκριση στις 20/6/1988 ([http1](http://)).

Παρασκευαστής είναι η Syngenta Crop Protection AG Basel, Ελβετία και συσκευαστής είναι η Syngenta Hellas A.E.B.E.

Οι DMIs παρεμποδίζουν μια οξυγενάση, με προσθετική ομάδα κυτόχρωμα P-450, η οποία καταλύει μέρος της διαδικασίας απομεθυλίωσης του C-14 της λανοστερόλης (Erickson & Wilcox, 1997). Οι DMIs προσκολλώνται στον πορφυρινικό σίδηρο του κυτοχρώματος με ένα άτομο αζώτου, που έχει ένα ελεύθερο ζευγάρι ηλεκτρονίων και με αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται η προσκόλληση του οξυγόνου και ο σχηματισμός του πρώτου οξυγονωμένου συμπλόκου. Έτσι, παρεμποδίζεται η μεταφορά οξυγόνου στη μεθυλομάδα στη θέση C-14 της λανοστερόλης, που είναι και το σπουδαιότερο στάδιο

στη διαδικασία της απομεθυλίωσης (Köller, 1987, Mercer, 1991, Γεωργόπουλος & Ζιώγας, 1992). Κατά συνέπεια, μειώνονται τα επίπεδα εργοστερόλης και σε συνδυασμό με τη συσσώρευση άλλων πρόδρομων στερολών, δημιουργούνται προβλήματα στη λειτουργία των μεμβρανών του παθογόνου μύκητα (Burden *et al.*, 1990).

Οι DMIs λειτουργούν και ως ρυθμιστές αύξησης των φυτών και συνήθως καθυστερούν την αύξηση (Köller, 1987).

#### **v) Flusilazole**

Το flusilazole είναι ένα μυκητοκτόνο της ομάδας των παρεμποδιστών βιοσύνθεσης εργοστερόλης (EBIs), που σήμερα ονομάζονται και παρεμποδιστές απομεθυλίωσης (DMIs) (Γεωργόπουλος & Ζιώγας, 1992). Αποτελεί το πρώτο φυτοπροστατευτικό προϊόν, στο μόριο του οποίου προστέθηκε το στοιχείο πυρίτιο (Si) (Henry, 1990).

Είναι διασυστηματικό μυκητοκτόνο με προστατευτική, θεραπευτική (Whitehead, 2002) και εξοντωτική δράση.

Η διαβροχή των φύλλων δύο ώρες μετά την εφαρμογή ενδέχεται να μειώσει την αποτελεσματικότητα του μυκητοκτόνου (Whitehead, 2002).

Το εμπορικό όνομα με το οποίο κυκλοφορεί είναι Punch, έχει ποσοστό δραστικής ουσίας 40% β/ο και είναι γαλακτωματοποιήσιμο υγρό (EC). Παρασκευαστής είναι η E.I. Du Pont de Nemours & Co, (Inc.) (Η.Π.Α.). Αντιπρόσωπος στην Ελλάδα είναι η Ντυ Ποντ Αγκρο Ελλάς Α.Ε.

Στην Ελλάδα έλαβε έγκριση στις 27/7/90 ([http1](http://)).

Το Punch απορροφάται από τους φυτικούς ιστούς και δε χρειάζεται να επαναληφθεί ο ψεκασμός ακόμη και αν βρέξει 4 ώρες μετά τον ψεκασμό.

Η εφαρμογή πολλών μυκητοκτόνων αυτής της ομάδας σε ορισμένα φυτά (π.χ. κριθάρι), προκαλεί την ενεργοποίηση μηχανισμών αμύνης των φυτών κατά του ωιδίου (π.χ. του κριθαριού). Συγκεκριμένα, τα φυτικά κύτταρα των φυτών εκκρίνουν καλλόζη την οποία και εναποθέτουν γύρω από τους μυζητήρες που σχηματίζει ο μύκητας (Smolka & Wolf, 1986).

#### **vi) Spiroxamine**

Το spiroxamine (8-tert-butyl-1,4-dioxaspiro[4,5]decan-2-ylmethyl(ethyl)(propyl) amine) είναι ένα σχετικά νέο μυκητοκτόνο που ανήκει στην ομάδα των παρεμποδιστών βιοσύνθεσης εργοστερόλης (EBIs) (Kramer *et al.*, 1999).

Παρουσιάζει διασυστηματική δράση και είναι εξαιρετικά αποτελεσματικό κατά των ωιδίων των σιτηρών και της αμπέλου. Εμφανίζει προστατευτική, θεραπευτική και

αντισποριογόνο δράση. Με την τελευταία του ιδιότητα έχει τη δυνατότητα να σταματήσει μια επιδημία (Tiemann *et al.*, 1997, Kramer *et al.*, 1999, Whitehead, 2002).

Αντιπρόσωπος στην Ελλάδα είναι η Bayer Ελλάς ABEE ([http1](http://)).

Το εμπορικό όνομα με το οποίο κυκλοφορεί είναι Prosper, έχει ποσοστό δραστικής ουσίας 50% β/ο και είναι γαλακτωματοποιήσιμο υγρό (EC).

Στην Ελλάδα έλαβε έγκριση στις 14/1/03 ([http1](http://)).

Παρουσιάζει βραδεία αποπλαστική κίνηση στα φυτά, στα οποία διεισδύει ταχύτατα και για αυτό δεν επηρεάζεται η δράση του από βροχόπτωση, δύο ώρες μετά την εφαρμογή του.

Ο βιοχημικός τρόπος δράσης του spiroxamine είναι η παρεμπόδιση της δράσης της  $\Delta^{14}$  ρεδουκτάσης (Tiemann *et al.*, 1997), με επιπρόσθετη δράση στη  $\Delta^8$ - $\Delta^7$  ισομεράση, στη σύνθεση του σκουαλενίου και στην κυκλοποίηση του σκουαλενίου. Συνεπώς, παρουσιάζει διασταυρωτή ανθεκτικότητα με τις μορφολίνες και τις πιπεριδίνες (π.χ. fenpropidin, fenpropimorph) (Gullino *et al.*, 2000, Belanger *et al.*, 2002).

### 1.10.2 Βιολογική

Γενικά, η επιφανειακή (εκτός των μυζητήρων) ανάπτυξη των περισσότερων ωιδίων, τα καθιστά ευάλωτα σε ανταγωνιστικούς μικροοργανισμούς. Εδώ φαίνεται να πλεονεκτεί ο μύκητας *Leveillula taurica*, που αναπτύσσεται στον ξενιστή ενδοφυτικά και αποφεύγει ως ένα βαθμό τον ανταγωνισμό με άλλα παθογόνα (Elad *et al.*, 1996).

Ενθαρρυντικά πάντως δείχνουν τα αποτελέσματα της χρήσης του νέου βιολογικού σκευάσματος Serenade στην αντιμετώπιση του ωιδίου που προσβάλλει την πιπεριά. Το σκεύασμα αυτό παρουσιάζει ευρύ φάσμα δράσης και αποτελεί ένα μείγμα μιας μικροβιακής φυλής του *Bacillus subtilis* (QST-713) και των τοξινών του. Σε πείραμα στο Ισραήλ, εφαρμόστηκε κατά του ωιδίου που προσβάλλει την πιπεριά και η αποτελεσματικότητά του δε διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τις χημικές εφαρμογές (Kuttin, 2002). Πειραματικά έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλοι βιολογικοί παράγοντες, όπως ο *Ampelomyces quisqualis* (AQ10), ο *Trichoderma harzianum* T39 (Trichodex) και ο *Tilletiopsis* spp., που όμως δεν εμφανίζουν ανάλογη αποτελεσματικότητα (Elad *et al.*, 1996, Baron, 2000, Tsrer *et al.*, 2002, Brand *et al.*, 2002).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αναφορά για διασυστηματική προστασία από το ωίδιο σε φυτά τομάτας με εφαρμογή σπορίων του υπερπαρασίτου *Acremonium alternatum*.

Η εφαρμογή νεκρών σπορίων μετά από έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία, παρουσίαζε καλύτερα αποτελέσματα από την εφαρμογή ζωντανών σπορίων, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η παρεμπόδιση ανάπτυξης του ωιδίου δεν οφείλεται σε άμεσο παρασιτισμό, αλλά σε επαγωγή ανθεκτικότητας του ξενιστή από ουσίες που απελευθερώνονται κατά τη νέκρωση των σπορίων του υπερπαρασίτου (Kasselaki *et al.*, 2006).

Διασυστηματική προστασία από το ωίδιο (*Sphaerotheca fuliginea*) αναφέρεται και για φυτά αγγουριάς, τα οποία μολύνθηκαν με μη παθογόνες απομονώσεις των μυκήτων *Alternaria cucumarina* και *Cladosporium fulvum* πριν από την προσβολή από το ωίδιο (Reuveni & Reuveni, 2000).

### **1.10.3 Καλλιεργητικά μέτρα**

Σε περιπτώσεις που μπορεί να εφαρμοσθεί άρδευση με καταιονισμό, χωρίς να ευνοούνται άλλες ασθένειες, η μέθοδος αυτή μπορεί να περιορίσει αρκετά την εξάπλωση της ασθένειας (Fletcher, 1984). Συγκεκριμένα, βρέθηκε πως η άρδευση τομάτας αγρού με αυλάκια αυξάνει τη συχνότητα της ασθένειας κατά 30-40%, σε σχέση με την άρδευση με καταιονισμό (Belanger *et al.*, 2002).

Εξαιτίας του μεγάλου φάσματος ξενιστών, η καταστροφή των προσβεβλημένων υπολειμμάτων της καλλιέργειας και των ζιζανίων μέσα και γύρω από την καλλιεργούμενη έκταση δεν είναι από μόνη της επαρκής για την αντιμετώπιση της ασθένειας, όμως σίγουρα συμβάλλει ως κάποιο βαθμό προς αυτή την κατεύθυνση (Goldberg, 2003).

### **1.10.4 Εναλλακτικές μέθοδοι**

Επαγωγή ανθεκτικότητας του φυτού στο παθογόνο μπορεί να προκληθεί διασυστηματικά σε φυτό που δεν έχει το γονίδιο της ανθεκτικότητας, με τεχνητή μόλυνση με μη παθογόνα ή με επέμβαση με ήπια χημικά όπως άλατα φωσφόρου και μικροστοιχεία. Η διαφυλλική εφαρμογή  $K_2HPO_4$  μπορεί ταυτόχρονα να προστατέψει το φυτό από το παθογόνο και να του παρέχει κάποια απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, όπως παρατηρήθηκε και με το ωίδιο της αγγουριάς (Reuveni *et al.*, 1998).

Κάποιες άλλες μορφές αλάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί από άλλους ερευνητές, είναι το  $NaHCO_3$ ,  $KHCO_3$ ,  $MgSO_4$  και  $MnSO_4$  για την αντιμετώπιση του ωιδίου της αγγουριάς με το τελευταίο να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Στην πιπεριά, με

εφαρμογή  $\text{NaHCO}_3$  επετεύχθη έλεγχος του ωιδίου κατά 50-90% σε σύγκριση με το μάρτυρα (Dik *et al.*, 2003).

Επαγωγή ανθεκτικότητας στο ωίδιο, σε αγγούρι και τομάτα, αναφέρεται και μετά από εφαρμογή φυτικών εκχυλισμάτων ορισμένων φυτών, όπως του *Reynoutria sachalinensis*. Το εκχύλισμα αυτό κυκλοφορεί στο εμπόριο με ονομασία σκευάσματος Milsana<sup>®</sup>. Μετά την εφαρμογή του σκευάσματος, παρατηρείται στο φυτό αυξημένη συγκέντρωση φλαβονοειδών, γνωστών για τη δράση τους κατά των μυκήτων. Στην τομάτα, βρέθηκε να μειώνει την προσβολή από ωίδιο κατά 42-65%, όμως οι Παρεμποδιστές Βιοσύνθεσης Εργοστερόλης υπερείχαν σε μεταξύ τους σύγκριση (Konstantinidou-Doltsidis *et al.*, 2006).

Σε εμπορικές συνθήκες σε θερμοκηπιακή τομάτα, εφαρμογή διαφόρων μορφών κομπόστας βρέθηκε να μειώνει την ανάπτυξη του μύκητα *L. taurica*, αλλά μόνο στις περιπτώσεις που η πίεση του μολύσματος ήταν χαμηλή (Elad *et al.*, 1996).

Σε υδροπονική καλλιέργεια φράουλας, έχει ερευνηθεί η επίδραση διαφόρων συγκεντρώσεων πυριτικού καλίου στην ανάπτυξη του *Sphaerotheca arphanis* var. *arphanis* και διαπιστώθηκε ότι σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από 50 mg/L δεν αναπτυσσόταν το παθογόνο (Kanto *et al.*, 2004).

## **1.11 Ανθεκτικότητα**

### **1.11.1 Του ξενιστή στο παθογόνο**

Γενικά, η καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών είναι μία από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους αντιμετώπισης των ασθενειών. Συγχρόνως, αποτελεί μία μέθοδο που μπορεί να εφαρμοσθεί σε συνδυασμό με πολλές άλλες μεθόδους αντιμετώπισης των ασθενειών, ενώ είναι ιδιαίτερη και η θέση που κατέχει σε προγράμματα ολοκληρωμένης παραγωγής (Trigiano *et al.*, 2004).

Προς το παρόν, δεν υπάρχει κάποια ποικιλία πιπεριάς που να παρουσιάζει ανθεκτικότητα στην ασθένεια, αν και έχει προσδιοριστεί ανθεκτικό φυτικό υλικό (Lefebvre *et al.*, 2003). Σε ορισμένες ποικιλίες πιπεριάς με υψηλή ευαισθησία στην ασθένεια, η ανάπτυξη του μυκηλίου σταματά γρήγορα στα κύτταρα προκαλώντας μικρές ή μεγάλες νεκρώσεις που οδηγούν στην πτώση ακόμη και ανώριμα φύλλα. Αντίθετα, σε κάποιες ποικιλίες λιγότερο ευαίσθητες, εμφανίζονται μόνο μικρές χλωρωτικές κηλίδες στα φύλλα, το μυκήλιο δεν αναπτύσσεται και τα φύλλα παραμένουν πάνω στο φυτό μέχρι να γηράσουν (Bechir, 1993, Cerkauskas, 2004, Sabaratnum, 2004).

Εδώ και πολλά χρόνια, η διασταύρωση *Lycopersicon esculentum* x *Lycopersicon chilense* έδωσε υβρίδιο, κάποια άτομα του οποίου εμφάνιζαν πολύ υψηλή ανθεκτικότητα στο μύκητα *Leveillula taurica*. Διαπιστώθηκε πως η ανθεκτικότητα στο μύκητα αυτό βασίζεται στο φαινόμενο της υπερευαισθησίας, είναι ατελώς κυρίαρχη και μάλλον ολιγογονική (Yordanov *et al.*, 1975, Stamova & Yordanov, 1987). Στην τομάτα έχουν βρεθεί διάφορες σειρές οι οποίες μετά από μόλυνση με το μύκητα *Leveillula taurica* δεν εμφανίζουν συμπτώματα (Hernandes & Stamova, 1990).

Στο φυτό *Lycopersicon chilense*, βρέθηκε το γονίδιο *Lv* που προσδίδει ανθεκτικότητα στο παθογόνο *Leveillula taurica* και αποτελεί μέχρι στιγμής τη μοναδική πηγή ανθεκτικότητας γι' αυτό το παθογόνο. Η θέση του γονιδίου αυτού είναι στο χρωμόσωμα 12 και πλαισιώνεται από τους RFLP δείκτες CT121 και CT129. Το γονίδιο αυτό ενσωματώθηκε στην καλλιεργούμενη τομάτα που απέκτησε με αυτόν τον τρόπο ανθεκτικότητα στο παθογόνο, όμως κάτι αντίστοιχο δεν κατέστη ακόμη δυνατό για την πιπεριά (Stamova & Yordanov, 1990, Chunwongse *et al.*, 1997, Bai *et al.*, 2003, Arie *et al.*, 2007).

Πειράματα κληρονομικότητας της ανθεκτικότητας κατά του ωιδίου στην πιπεριά, έδειξαν πως η ανθεκτικότητα στο ωίδιο ελέγχεται από τρία ζεύγη γονιδίων με συνεργιστικές καθώς και επιστατικές δράσεις (Blat *et al.*, 2005b, Blat *et al.*, 2006). Επίσης, γενετική ανάλυση έδειξε πως η κληρονομικότητα της ανθεκτικότητας είναι υψηλή και υπόκειται σε ολιγογονικό έλεγχο. Ο αριθμός των γενετικών παραγόντων που εμπλέκονται στην ανθεκτικότητα εξαρτάται από τις συνθήκες της μόλυνσης. Σε συνθήκες αδύναμης μόλυνσης ή κατά την έναρξη της επιδημίας, δύο ή τρεις γενετικοί παράγοντες με συνεργιστικές και μερικώς κυρίαρχες δράσεις είναι επαρκείς για την παροχή ανθεκτικότητας. Ωστόσο, επιπρόσθετα γονίδια απαιτούνται για να καθυστερήσουν την πρόοδο της ασθένειας και δευτερογενείς μολύνσεις και τουλάχιστον πέντε γενετικοί παράγοντες είναι απαραίτητοι για να προσφέρουν ανθεκτικότητα σε περιπτώσεις σοβαρής μόλυνσης. Σε αυτή την περίπτωση απαιτούνται συγχρόνως συνεργιστικές και επιστατικές δράσεις (Daubeze *et al.*, 1995).

Αξιολόγηση πολλών γενοτύπων στο γένος *Capsicum*, έδειξε πως το *C. baccatum*, το *C. frutescens* και το *C. chinense* ήταν τα τρία είδη με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ανθεκτικών γενοτύπων και θα μπορούσαν ίσως να χρησιμοποιηθούν ως πηγές ανθεκτικότητας στην ασθένεια (Paz Lima *et al.*, 2004, Blat *et al.*, 2006).

Στο Idaho, παρατηρήθηκε ότι από τους γενότυπους που εξετάστηκαν για παρουσία συμπτωμάτων ωιδίου, μόνο οι γενότυποι με στιλπνό (γυαλιστερό) φύλλωμα εμφάνιζαν τέτοια συμπτώματα. Η παρατήρηση αυτή μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία ποικιλιών με τέτοια χαρακτηριστικά που να τις καθιστούν ανθεκτικές στην ασθένεια (Mohan & Molenaar, 2005).

Όσον αφορά τη φαινολογία του ξενιστή, αναφέρεται πως οι περισσότεροι από τους ξενιστές του *Leveillula* spp. αποκτούν μεγαλύτερη ευαισθησία στο παθογόνο καθώς αυξάνεται η ηλικία τους. Νεαρά φυτά, μικρότερα του ενός μηνός, είναι σχετικά ανθεκτικά. Αναφέρεται πως η προσβολή στον αγρό είναι μεγαλύτερη στα παλαιότερα φύλλα, παρά στα νεότερα. Ωστόσο, μετά από πειράματα τεχνητής μόλυνσης φυτών βρέθηκε πως νεότερα και παλαιότερα φύλλα προσβάλλονται εξίσου από το παθογόνο (Correll *et al.*, 1988, Belanger *et al.*, 2002).

### **1.11.2 Του παθογόνου στα μυκητοκτόνα**

Στις περιπτώσεις που γίνεται συχνή χρήση ενός μυκητοκτόνου με εξειδικευμένη βιοχημική δράση, υπάρχει πάντα η πιθανότητα εμφάνισης στελεχών του μύκητα τα οποία έχουν μειωμένη ευαισθησία στο μυκητοκτόνο. Αυτή η μείωση στην ευαισθησία του παθογόνου μπορεί να είναι το αποτέλεσμα μιας γενετικής μετάλλαξης, είτε επαγώμενης είτε προϋπάρχουσας στον πληθυσμό, ή το αποτέλεσμα της επικράτησης ενός μέρους του πληθυσμού που έτυχε να είναι ανθεκτικό (Fletcher, 1984, Trigiano *et al.*, 2004). Η συχνή χρήση ενός μυκητοκτόνου, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και η πίεση της ασθένειας αποτελούν τους τρεις πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη ανθεκτικότητας (Trigiano *et al.*, 2004).

Γενικά, μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης ανθεκτικότητας υπάρχει σε μύκητες που παράγουν μεγάλο αριθμό σπορίων και στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται διασυστηματικά μυκητοκτόνα λόγω της δράσης τους σε ένα συνήθως συγκεκριμένο σημείο (McGrath, 2001).

Ανθεκτικότητα έχει αναπτυχθεί από το ωίδιο του κριθαριού και του σιταριού σε πολλά μυκητοκτόνα που ανήκουν στους παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (EBIs ή DMIs). Στα τριαζολικά (χημική υποομάδα των DMIs), έχει παρατηρηθεί και διασταυρωτή ανθεκτικότητα μεταξύ των μελών αυτής της υποομάδας (Hollomon *et al.*, 1997). Το ωίδιο των σιτηρών έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα και στο 2-αμινοπυριμιδινικό μυκητοκτόνο ethirimol (Hollomon *et al.*, 1997). Το ωίδιο της αμπέλου έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε αρκετά μυκητοκτόνα της ομάδας των



DMIs, όπως το myclobutanil, triadimefon και fenarimol (Délye *et al.*, 1997, Northover & Homeyer, 2001). Ανθεκτικότητα έχει αναπτυχθεί από το ωίδιο των κολοκυνθοειδών στο benomyl (Bollen & Scholten, 1971) και σε ορισμένα μυκητοκτόνα της ομάδας των στρομπιλουρινών, όπως το trifloxystrobin, το azoxystrobin και το kresoxim-methyl (Ishii *et al.*, 2001, Shishkoff, 2003).

## **1.12 Ποικιλίες πιπεριάς που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα**

### **Π 13 (Μακριά Γλυκειά ή Κέρατο)**

Η ποικιλία αυτή αποτελεί ελληνική επιλογή του Κέντρου Γεωργικής Έρευνας Βορείου Ελλάδος (Κ.Γ.Ε.Β.Ε) και καλλιεργείται κυρίως στη Β. Ελλάδα, αλλά και σε διάφορες περιοχές της Θεσσαλίας. Η εγγραφή στον εθνικό κατάλογο κηπευτικών πραγματοποιήθηκε το 1985 ([http1](#)).

Είναι πρώιμη ποικιλία, κατάλληλη για υπαίθρια καλλιέργεια με χαμηλή κάλυψη και θερμοκήπιο (Γιαννοπολίτης, 2005).

Τα φυτά είναι μέσης ζωηρότητας, ορθόκλαδης ανάπτυξης και αρκετά παραγωγικά (Ολύμπιος, 2001, Γιαννοπολίτης, 2005).

Οι καρποί είναι επιμήκεις (4-6 x 20-26 cm), ανοικτοπράσινου χρώματος πριν ωριμάσουν πλήρως, ενώ αποκτούν κίτρινο χρώμα κατά την πλήρη ωρίμανση. Έχει λεπτή σάρκα και γλυκιά γεύση, χαρακτηριστικά τα οποία την καθιστούν ιδανική για τηγάνισμα (Γιαννοπολίτης, 2005).

### **Π 14 (Γεμιστή Μακεδονίας)**

Η ποικιλία αυτή αποτελεί ελληνική επιλογή του Κ.Γ.Ε.Β.Ε. και καλλιεργείται σε πολλές περιοχές της Θεσσαλίας. Η εγγραφή στον εθνικό κατάλογο κηπευτικών πραγματοποιήθηκε το 1985 ([http1](#)).

Η επιλογή αυτή είναι πολύ πρώιμη, έχει υψηλές αποδόσεις και είναι κατάλληλη για υπαίθρια καλλιέργεια, τούνελ και χαμηλή κάλυψη. Σημαντικό πλεονέκτημα, όσον αφορά τις ασθένειες, είναι η ανθεκτικότητα στις αδρομυκώσεις (Ολύμπιος, 2001, Γιαννοπολίτης, 2005).

Οι καρποί είναι τύπου φλάσκα, τρίλοβοι ή τετράλοβοι, ανοιχτοπράσινου χρωματισμού με διαστάσεις 10 x 8 cm και λεπτή σάρκα. Οι καρποί είναι κατάλληλοι για βαθιά κατάψυξη και παραγέμισμα (Ολύμπιος, 2001, Γιαννοπολίτης, 2005).

### **Φλωρίνης**

Η ποικιλία αυτή αποτελεί ελληνική επιλογή του Κ.Γ.Ε.Β.Ε. Η εγγραφή στον εθνικό κατάλογο κηπευτικών πραγματοποιήθηκε το 1985 ([http1](#)).

Τα φυτά είναι ικανοποιητικής ζωηρότητας, ορθόκλαδης ανάπτυξης και υψηλής παραγωγικότητας (Γιαννοπολίτης, 2005).

Οι καρποί είναι επιμήκεις, κωνικοί, πεπλατυσμένοι με λεία επιφάνεια και διαστάσεις 12-14 x 4-5 cm. Το πάχος της σάρκας τους είναι περίπου 5 mm και έχουν γλυκιά γεύση. Το χρώμα των καρπών είναι πράσινο πριν και βαθύ κόκκινο κατά την ωρίμανση. Οι καρποί συγκομίζονται ώριμοι και καταναλίσκονται νωποί ή μεταποιημένοι (Γιαννοπολίτης, 2005).

### **1.13 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη: α) της επιδημιολογίας της ασθένειας, β) του κρίσιμου σημείου της ασθένειας πέραν του οποίου η εξέλιξη της ασθένειας είναι ταχύτατη, γ) της αποτελεσματικότητας έξι μυκητοκτόνων ως προς την αντιμετώπιση του ωιδίου της πιπεριάς, δ) της επίδρασης αυτών των έξι μυκητοκτόνων στην απόδοση της πιπεριάς, ε) της ευαισθησίας τριών ποικιλιών πιπεριάς στο παθογόνο και στ) της επίδρασης της ασθένειας στην απόδοση των τριών ποικιλιών πιπεριάς.

## ΜΕΡΟΣ Β΄: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι το 2005, τα ωιδιοκτόνα τα οποία είχαν λάβει έγκριση στην Ελλάδα για χρήση στην πιπεριά είναι το θείο (διάφορα σκευάσματα), το dinocap (Karathane 35,04 EC), το fenarimol (Rimidin 12 EC) και το triadimenol (Bayfidan 25 EC, Shavit 25 EC, κ.ά.) (Γιαννοπολίτης, 2005). Στα πλαίσια αυτού του πειράματος δοκιμάστηκαν έξι ωιδιοκτόνα τα οποία δεν έχουν λάβει έγκριση για χρήση στην πιπεριά, όμως ενδεχομένως να γίνει κάτι τέτοιο στο μέλλον. Κάποια από αυτά τα ωιδιοκτόνα είναι νέας κυκλοφορίας, ενώ κάποια άλλα χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετά χρόνια.

Η εφαρμογή των μυκητοκτόνων για την αντιμετώπιση του ωιδίου, σε αντίθεση με άλλες ασθένειες, γίνεται μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων της ασθένειας (Goldberg, 2003). Για το λόγο αυτό, μετά την πρώτη τεχνητή μόλυνση, τα φυτά παρατηρούνταν καθημερινά για εμφάνιση συμπτωμάτων της ασθένειας. Κατά την εφαρμογή των μυκητοκτόνων, πρέπει να επιτευχθεί ομοιόμορφη κάλυψη όλης της φυλλικής επιφάνειας, ακόμη και των κατώτερων φύλλων αλλά και της κάτω επιφάνειας των φύλλων (Goldberg, 2003). Στο πείραμα, αυτό επιτεύχθηκε με τη χρήση συμβατικού επινώτιου ψεκαστήρα και με προσεχτική εφαρμογή των μυκητοκτόνων.

Οι ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, κυκλοφορούν στο εμπόριο αρκετά χρόνια και χρησιμοποιούνται από πολλούς παραγωγούς στην περιοχή της Θεσσαλίας.

Για τις τεχνητές μολύνσεις των φυτών χρησιμοποιήθηκε αιώρημα σπορίων, όπως και σε άλλα ανάλογα πειράματα (Cerkauskas & Buonassisi, 2003, Lefebvre *et al.*, 2003).

Για την εκτίμηση της έντασης της ασθένειας στο συγκεκριμένο πείραμα, χρησιμοποιήθηκε, με μικρή τροποποίηση, κλίμακα που αναφέρεται σε αντίστοιχο πείραμα με πιπεριά στη Βραζιλία (Blat *et al.*, 2005a), λαμβάνοντας πενήντα φύλλα από κάθε φυτό και εξετάζοντάς τα οπτικά (Fallik *et al.*, 1997).

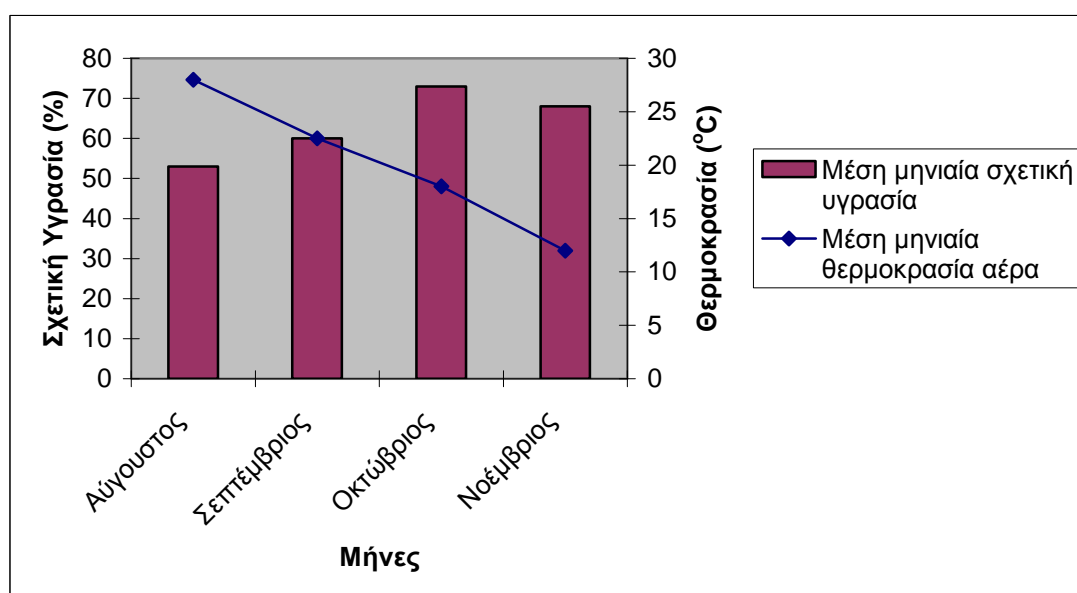
Η σπορά και η ανάπτυξη των φυταρίων μέχρι το στάδιο της μεταφύτευσης έγινε σε θερμοκήπιο της εταιρείας Crocus Flora στον Αλμυρό. Τα επόμενα στάδια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο, κατά το έτος 2006.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από ερασιτεχνικό μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στη Νέα Ιωνία Μαγνησίας.

Στο Σχήμα 1, παρουσιάζονται η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα και η μέση μηνιαία σχετική υγρασία. Όπως φαίνεται, η θερμοκρασία αέρα μειώνεται σταδιακά όσο πλησιάζει το πείραμα προς τη λήξη του, ενώ η σχετική υγρασία αυξάνεται. Η πτώση που παρατηρείται στη σχετική υγρασία κατά το μήνα Νοέμβριο δεν απαιτεί περαιτέρω ανάλυση, καθώς το χρονικό διάστημα που ενδιαφέρει κυρίως την εξέλιξη της ασθένειας είναι από τις 9 Αυγούστου που πραγματοποιήθηκε η πρώτη τεχνητή μόλυνση έως τις 4 Νοεμβρίου που προκλήθηκε παγετός και είχε ως αποτέλεσμα την ξήρανση των φυτών.



**Σχήμα 1.** Γραφική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C) αέρα και της μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας (%).

### 2.2 Προβλαστήριο και Σπορείο

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 9 Μαρτίου του 2006. Για τη σπορά χρησιμοποιήθηκαν δίσκοι από φελιζόλ με 60 ατομικές θέσεις ο κάθε δίσκος. Οι δίσκοι, πριν τη σπορά, απολυμάνθηκαν με διάλυμα υποχλωριώδους Νατρίου (7 μέρη νερό:1 μέρος οικιακής χλωρίνης). Σε κάθε θέση (47mm

διάμετρο, 51mm ύψος) του δίσκου τοποθετήθηκε ένας σπόρος. Το βάθος σποράς ήταν περίπου 1cm.

Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε αποτελούνταν από μείγμα: Klasmann-Lithuanian βρύα τύρφης, Kekkila τύρφη, περλίτη, Granucal (κοκκώδες βελτιωτικό εδάφους με Ca, Mg και ιχνοστοιχεία), Planterra λίπασμα (12-12-17+2MgO), μαρμαρόσκονη (CaCO<sub>3</sub>) και υδράσβεστο (Ca(OH)<sub>2</sub>).

Μετά τη σπορά, οι δίσκοι μεταφέρθηκαν στο προβλαστήριο όπου η θερμοκρασία ήταν περίπου 23°C και η σχετική υγρασία περίπου 85%. Την ημέρα της σποράς πραγματοποιήθηκε πότισμα, ενώ για όσο χρονικό διάστημα παρέμειναν οι δίσκοι στο προβλαστήριο δεν πραγματοποιήθηκε άλλο πότισμα. Κατά τη διάρκεια της παραμονής στο προβλαστήριο, οι δίσκοι καλύπτονταν από ειδικό πανί (Thermotec). Μετά από 8 ημέρες (ήτοι στις 17/03/06), οπότε και είχε βλαστήσει η πλειονότητα των σπόρων, οι δίσκοι μεταφέρθηκαν σε μη θερμαινόμενο πλαστικό θερμοκήπιο κοντά στον Αλμυρό.

### **2.2.1 Καλλιεργητικές φροντίδες στο σπορείο**

Η παρακολούθηση των φυτών στο σπορείο ήταν συνεχής προκειμένου να διατηρείται η υγρασία του εδάφους στα κατάλληλα επίπεδα και να αντιμετωπίζονται έγκαιρα εχθροί και ασθένειες.

Στις 14/04/06, προκειμένου να αντιμετωπισθεί προσβολή από αφίδες, πραγματοποιήθηκε ψεκάσμος των φυτών με Confidor (imidacloprid). Για τον ψεκάσμό χρησιμοποιήθηκαν 0,5mL σκευάσματος ανά 1 L νερού.

Προς τα τέλη του Απριλίου, παρατηρήθηκαν χλωρωτικές κηλίδες με μορφή δακτυλίου, καθώς και παραμορφώσεις στα φύλλα και των τριών ποικιλιών. Τα συμπτώματα παρέπεμπαν σε προσβολή από τον ιό TMV, όμως μετά από εξέταση των φυτών στο Εργαστήριο Φυτοπαθολογίας του Μπενακειού Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου (Μ.Φ.Ι.) δεν επιβεβαιώθηκε κάτι τέτοιο. Πιθανόν κάποιος άλλος παράγοντας ή συνδυασμός παραγόντων επέδρασε στη φυσιολογία του φυτού και είχε ως αποτέλεσμα αυτά τα συμπτώματα, τα οποία εξαφανίσθηκαν μερικές ημέρες μετά τη μεταφύτευση στον αγρό.

Στις 27/04/06, πραγματοποιήθηκε λίπανση στο σπορείο με διάλυση 0,8g νιτρικού καλίου (KNO<sub>3</sub>), 0,125g νιτρικής αμμωνίας (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) και 0,4g μονοαμμωνικού φωσφόρου (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) σε 1 λίτρο νερού.

### **2.3 Μεταφύτευση και εργασίες στον πειραματικό πριν τη μεταφύτευση**

Στις 30 Μαΐου, σε ήδη φρεζαρισμένο έδαφος, έγινε η χάραξη των γραμμών περιφερειακά του πειράματος και πραγματοποιήθηκε η βασική λίπανση. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της πιπεριάς, εφαρμόστηκαν 8 μονάδες N, 10 μονάδες P και 10 μονάδες K. Η επιφάνεια λίπανσης ήταν 211,2 m<sup>2</sup>, γι' αυτό χρησιμοποιήθηκαν 8,04 kg λιπάσματος 21-0-0 (100% αμμωνιακό), 4,59 kg λιπάσματος 0-46-0 (τριπλό υπερφωσφορικό) και 4,22 kg λιπάσματος 0-0-50 (θειικό κάλιο).

Μετά την εφαρμογή της λίπανσης ακολούθησε φρεζάρισμα του εδάφους σε βάθος περίπου 20 cm.

Στις 30 Μαΐου τοποθετήθηκαν τα λάστιχα άρδευσης (σταγόνες) και εφαρμόστηκε ελαφρύ πότισμα. Οι σταλάκτες πάνω στο λάστιχο απείχαν μεταξύ τους 40 cm. Η παροχή του κάθε σταλάκτη κυμαίνονταν από 3 έως 4 L/h.

Στις 31 Μαΐου, κατά τις απογευματινές ώρες, πραγματοποιήθηκε η μεταφύτευση στον πειραματικό.

Δύο ημέρες πριν τη μεταφύτευση εφαρμόστηκε πότισμα στους δίσκους. Οι τρύπες για την τοποθέτηση των σποροφύτων γινόταν με ξύλινο φυτευτήρι. Τα σπορόφυτα εξάγονταν από τους δίσκους με ελαφρύ τράβηγμα και μικρή υποβοήθηση με σπρώξιμο από την κάτω πλευρά, ούτως ώστε το σπορόφυτο να βγαίνει με μπάλα χώματος. Κατόπιν, τοποθετούνταν στις τρύπες και σε βάθος παρόμοιο με αυτό που βρίσκονταν στους δίσκους. Η τοποθέτηση γινόταν σε καθορισμένες θέσεις, σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο. Οδηγός για τη μεταφύτευση ήταν τα λάστιχα άρδευσης, όπου σε κάθε σταλάκτη τοποθετούνταν ένα φυτό.

Η μεταφύτευση γινόταν πρώτα σε κάθε επανάληψη και όταν ολοκληρώνονταν η μεταφύτευση σε μία επανάληψη τότε συνεχίζονταν στην επόμενη. Μετά το τέλος της μεταφύτευσης ακολούθησε πότισμα.

### **2.4 Καλλιεργητικές φροντίδες μετά τη μεταφύτευση**

Η άρδευση γινόταν πάντα κατά τις πρωινές ώρες, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υψηλή υγρασία κοντά στο λαιμό των φυτών κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η συχνότητα άρδευσης άλλαζε κατά τη διάρκεια του πειράματος, εξαρτώμενη

κυρίως από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών.

Σε ορισμένα φυτά, κρίθηκε απαραίτητη η υποστύλωση. Δίπλα στο κάθε φυτό που είχε ανάγκη υποστύλωσης, τοποθετήθηκε καλάμι και πάνω σε αυτό δέθηκε το φυτό με σπάγκο.

Όποτε κρινόταν αναγκαίο, αφαιρούνταν οι βλαστοί που αναπτύσσονταν πάνω στο στέλεχος των φυτών κάτω από τον πρώτο κόμβο.

Η αντιμετώπιση των ζιζανίων γινόταν με σκαλίσματα και βοτανίσματα, όποτε κρινόταν αναγκαίο.

Στις αρχές του Ιουλίου, εμφανίσθηκε προσβολή από αφίδες. Στις 12 Ιουλίου, κατά τις απογευματινές ώρες, πραγματοποιήθηκε ψεκασμός με Confidor (imidacloprid), με τη χρήση συμβατικού επινώτιου ψεκαστήρα. Για τον ψεκασμό χρησιμοποιήθηκαν 0,5mL σκευάσματος ανά 1 L νερού.

Όσον αφορά τις ασθένειες, δεν έγινε κανένα ψεκασμός πέραν των επεμβάσεων που ήταν απαραίτητες για την εκτέλεση του πειράματος.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, πραγματοποιήθηκε άλλες 4 φορές λίπανση των φυτών με ριζοπότισμα.

## **2.5 Προετοιμασία του μολύσματος**

Το πρωί της ημέρας των τεχνητών μολύνσεων συγκομίζονταν προσβεβλημένα από ωίδιο φύλλα τομάτας ή πιπεριάς, τα οποία εξετάζονταν στο στερεοσκόπιο για την παρατήρηση της μορφής των κονιδιοφόρων του μύκητα. Συγχρόνως, γινόταν και παρασκευάσμα για την παρατήρηση της μορφής των σπορίων του μύκητα στο μικροσκόπιο, ούτως ώστε να επιβεβαιωθεί το αίτιο της ασθένειας. Εφόσον διαπιστωνόταν πως το παθογόνο αίτιο ήταν ο μύκητας *L. taurica*, ξεκινούσε η διαδικασία παρασκευής του αιωρήματος των σπορίων του μύκητα.

Η παρασκευή του αιωρήματος των σπορίων γινόταν με δύο τρόπους. Κατά τον πρώτο τρόπο, με τη βοήθεια πινέλου ωθούνταν τα σπόρια του μύκητα που βρίσκονταν στην κάτω (κυρίως) επιφάνεια των φύλλων προς το εσωτερικό ενός τριβλίου το οποίο ήταν γεμάτο με νερό. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια ενός αιματοκυτομέτρου και με κατάλληλες αραιώσεις, επιτυγχανόταν η επιθυμητή συγκέντρωση του αιωρήματος των σπορίων. Κατά το δεύτερο τρόπο (Εικόνα 3), τα προσβεβλημένα φύλλα βυθίζονταν στιγμιαία σε μεγάλο

ποτήρι ζέσεως το οποίο ήταν γεμάτο με νερό. Κατόπιν, με κατάλληλες πάλι αραιώσεις και με χρήση του αιματοκυτομέτρου, επιτυγχανόταν η επιθυμητή συγκέντρωση.

Το αιματοκυτόμετρο (Εικόνα 4) λειτουργεί ως εξής: Με τους δύο αντίχειρες τρίβονται για λίγα δευτερόλεπτα οι δύο βάσεις του (δύο παράλληλες γραμμές που συνδέονται με μία κάθετη γραμμή), ούτως ώστε να κολλήσει η ειδική καλυπτρίδα όταν τοποθετηθεί πάνω σε αυτές. Με ειδική γυάλινη πιπέτα (Pasteur) λαμβάνεται μικρή ποσότητα αιωρήματος σπορίων και τοποθετείται από μία σταγόνα σε κάθε μία από τις δύο πλευρές της καλυπτρίδας. Στη συνέχεια, το αιματοκυτόμετρο τοποθετείται στο μικροσκόπιο στο οποίο έχει επιλεγεί η μεγέθυνση «x10». Κατόπιν, προσμετρώνται τα σπόρια που υπάρχουν μέσα στο μεγάλο τετράγωνο (αποτελούμενο από 25 μικρότερα τετράγωνα με 16 πιο μικρά τετράγωνα το καθένα) και ο αριθμός τους πολλαπλασιάζεται με το 10000. Ήτοι, η μέτρηση 5 σπορίων μέσα στο μεγάλο τετράγωνο σημαίνει πως η συγκέντρωση του αιωρήματος των σπορίων είναι 50000 σπόρια ανά 1 mL νερού (Εικόνα 5).

Η συγκέντρωση αιωρήματος σπορίων που έχει χρησιμοποιηθεί από άλλους ερευνητές για τεχνητές μολύνσεις φυτών πιπεριάς κυμαίνεται από 20000 (Cerkauskas & Buonassisi, 2003) έως 100000 (Lefebvre *et al.*, 2003) σπόρια ανά mL νερού.

Η συγκέντρωση αιωρήματος σπορίων που χρησιμοποιήθηκε κατά τις τεχνητές μολύνσεις των φυτών του πειράματος κυμαινόταν από 20000 έως 70000 σπόρια ανά mL νερού.

## **2.6 Τεχνητές μολύνσεις των φυτών**

Οι τεχνητές μολύνσεις των φυτών πραγματοποιούνταν με ψεκαστηράκι (500mL), πάντα μετά τις 8 μ.μ. (Εικόνα 6)

Η πρώτη τεχνητή μόλυνση των φυτών πραγματοποιήθηκε στις 9/08/06 με συγκέντρωση 20000 σπόρια/mL νερού. Με την ίδια συγκέντρωση πραγματοποιήθηκε και η δεύτερη τεχνητή μόλυνση στις 31/08/06. Οι επόμενες πέντε τεχνητές μολύνσεις πραγματοποιήθηκαν ανά τρεις έως έξι ημέρες. Συγκεκριμένα, στις 4/09/06, στις 9/09/06 και στις 16/09/06 έγιναν η τρίτη, τέταρτη και πέμπτη τεχνητή μόλυνση αντίστοιχα, με συγκέντρωση 50000 σπόρια/mL νερού. Οι δύο τελευταίες τεχνητές μολύνσεις



πραγματοποιήθηκαν με συγκέντρωση 70000 σπόρια/mL νερού στις 22/09/06 και στις 25/09/06 αντίστοιχα.

## **2.7 Μεταχειρίσεις του πειράματος**

### **2.7.1 Μυκητοκτόνα**

Τα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του πειράματος είναι τα παρακάτω:

- 1) Quinoxifen (Helios 250 SC)
- 2) Azoxystrobin (Ortiva 25 SC)
- 3) Flusilazole (Punch 40 EC)
- 4) Boscalid+Pyraclostrobin (Signum 26,7/6,7 WG)
- 5) Penconazole (Topas 10 EC)
- 6) Spiroxamine (Prosper 500 EC)

Πληροφορίες για το καθένα από τα παραπάνω μυκητοκτόνα αναφέρονται στο «Μέρος Α'».

### **Εφαρμογή των μυκητοκτόνων στον αγρό**

Στις 6/09/06 πραγματοποιήθηκε ο πρώτος ψεκασμός με τη χρήση συμβατικού επινώτιου ψεκαστήρα (Εικόνα 7). Τα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το quinoxifen (Helios 250 SC) σε δόση 0,15 mL σκευ./L νερό, azoxystrobin (Ortiva 25 SC) σε δόση 0,8 mL σκευ./L νερό, flusilazole (Punch 40 EC) σε δόση 0,065 mL σκευ./L νερό, boscalid+pyraclostrobin (Signum 26,7/6,7 WG) σε δόση 1 g σκευ./L νερό, penconazole (Topas 10 EC) σε δόση 2 mL σκευ./L νερό και spiroxamine (Prosper 500 EC) σε δόση 0,6 mL σκευ./L νερό. Ο όγκος του ψεκαστικού υγρού που εφαρμόσθηκε ήταν 100-130 mL ανά φυτό, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης κάλυψη των φυτών.

Στις 3/10/06 πραγματοποιήθηκε ο δεύτερος ψεκασμός των φυτών με τα ίδια μυκητοκτόνα και στις ίδιες δόσεις.

### **2.7.2 Ποικιλίες πιπεριάς**

Οι ποικιλίες πιπεριάς που δοκιμάστηκαν στα πλαίσια του πειράματος είναι οι παρακάτω (Εικόνα 8):

- 1) Π 13 (Μακριά γλυκειά ή Κέρατο)
- 2) Π 14 (Γεμιστή Μακεδονίας)

### 3) Φλωρίνης

Οι σπόροι ήταν της εταιρείας “Fytro Seeds” σε φακελάκια των 20g, ελεγμένοι, άριστης ποιότητας και πληρώντας τις διεθνείς προγραφές.

Πληροφορίες για την κάθε μία από τις παραπάνω ποικιλίες αναφέρονται στο «Μέρος Α'».

## 2.8 Λήψη παρατηρήσεων

Οι παρατηρήσεις που ελήφθησαν αφορούσαν το βάρος και τον αριθμό καρπών των φυτών, τόσο πριν όσο και μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων, το χρόνο επώσεως της ασθένειας, στοιχεία επιδημιολογίας, την εκτίμηση της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας.

### 2.8.1 Συγκομιδή των καρπών

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 11 συγκομιδές για τις ποικιλίες Π 13 (κέρατο) και Π 14 (γεμιστή), ενώ για την ποικιλία Φλωρίνης πραγματοποιήθηκαν 8 συγκομιδές. Αναλυτικά, η συγκομιδή των καρπών έγινε τις εξής ημερομηνίες:

Π 13 (κέρατο): 1η (24/07/06), 2η (1/08/06), 3η (8/08/06), 4η (15/08/06), 5η (22/08/06), 6η (29/08/06), 7η (7/09/06), 8η (13/09/06), 9η (20/09/06), 10η (4/10/06), 11η (23/10/06).

Π 14 (γεμιστή): 1η (26/07/06), 2η (2/08/06), 3η (9/08/06), 4η (16/08/06), 5η (23/08/06), 6η (30/08/06), 7η (8/09/06), 8η (14/09/06), 9η (21/09/06), 10η (4/10/06), 11η (23/10/06).

Φλωρίνης: 1η (14/08/06), 2η (21/08/06), 3η (28/08/06), 4η (4/09/06), 5η (11/09/06), 6η (20/09/06), 7η (4/10/06), 8η (22/10/06).

Αμέσως μετά τη συγκομιδή ακολουθούσε ζύγισμα και καταμέτρηση των καρπών.

### 2.8.2 Έλεγχος εμφάνισης αρχικών συμπτωμάτων

Μια βασική διαφορά στη χημική αντιμετώπιση του ωιδίου σε σύγκριση με άλλες ασθένειες, είναι ο χρόνος εφαρμογής των μυκητοκτόνων. Σε άλλες ασθένειες, τα μυκητοκτόνα εφαρμόζονται συνήθως προληπτικά, ενώ στην περίπτωση του ωιδίου η χημική αντιμετώπιση πραγματοποιείται μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων της ασθένειας.

Για τον παραπάνω λόγο, μετά την πρώτη τεχνητή μόλυνση των φυτών τα φύλλα ελέγχονταν καθημερινά για τυχόν εμφάνιση συμπτωμάτων της

ασθένειας. Οι παρατηρήσεις για την εμφάνιση των αρχικών συμπτωμάτων δε γινόταν ξεχωριστά σε κάθε επέμβαση, αλλά συνολικά. Συνεπώς, δεν πραγματοποιήθηκε και κάποια επεξεργασία σε αυτά τα δεδομένα προκειμένου να γίνει σύγκριση.

### **2.8.3 Στοιχεία επιδημιολογίας**

Από τη στιγμή που εμφανίσθηκε η ασθένεια, τα φυτά παρατηρούνταν καθημερινά προκειμένου να μελετηθεί η εξέλιξη της ασθένειας. Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν αξιολογήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη και τα μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία και σχετική υγρασία).

### **2.8.4 Εκτίμηση της συχνότητας της ασθένειας**

Η συχνότητα της ασθένειας προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων που αντιστοιχούσαν στην ένταση της ασθένειας. Συγκεκριμένα, εφόσον στη βαθμίδα 1 της κλίμακας εκτίμησης της έντασης της ασθένειας τοποθετούνταν φύλλα τα οποία δεν είχαν καθόλου συμπτώματα και λαμβάνοντας υπόψη ότι στις υπόλοιπες 4 βαθμίδες τοποθετούνταν φύλλα με παρουσία συμπτωμάτων, εύκολα προκύπτει το ποσοστό των προσβεβλημένων φύλλων, ήτοι η συχνότητα της ασθένειας.

### **2.8.5 Εκτίμηση της έντασης της ασθένειας**

Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της έντασης της ασθένειας στο συγκεκριμένο πείραμα, προέρχεται από μικρή τροποποίηση της κλίμακας που χρησιμοποιήθηκε σε πείραμα αξιολόγησης της αντίδρασης διαφόρων γενοτύπων πιπεριάς στο μύκητα *Leveillula taurica* στη Βραζιλία (Blat *et al.*, 2005a) και λαμβάνοντας υπόψη την ένταση, κατά προσέγγιση, της ασθένειας των φυτών του πειράματος μέχρι τη στιγμή της εκτίμησης.

Με βάση τα παραπάνω, η κλίμακα περιλάμβανε 5 βαθμίδες: 1 (καθόλου συμπτώματα στην άνω επιφάνεια του φύλλου), 2 (1-10% της άνω επιφάνειας του φύλλου με συμπτώματα), 3 (11-25% της άνω επιφάνειας του φύλλου με συμπτώματα), 4 (26-50% της άνω επιφάνειας του φύλλου με συμπτώματα), 5 (51-100% της άνω επιφάνειας του φύλλου με συμπτώματα) (Εικόνα 9).

Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε οπτικά εξετάζοντας τυχαία πενήντα ώριμα φύλλα από κάθε φυτό (συνολικά 252 φυτά και 12600 φύλλα) και τοποθετώντας το κάθε

φύλλο στην αντίστοιχη βαθμίδα της κλίμακας. Η ίδια μέθοδος έχει εφαρμοσθεί και σε αντίστοιχο πείραμα εκτίμησης της έντασης της ασθένειας σε καλλιέργεια πιπεριάς (Fallik *et al.*, 1997). Η εκτίμηση ολοκληρώθηκε μέσα στις τρεις παρακάτω διαδοχικές ημέρες (μία επανάληψη την κάθε ημέρα): 30/10/06, 31/10/06 και 1/11/06.

## 2.9 Πειραματικό σχέδιο

Χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων ομάδων τεμαχίων με κύρια τεμάχια (μυκητοκτόνα) και υποτεμάχια (ποικιλίες) σε 3 επαναλήψεις. Το σχέδιο αυτό είναι γνωστό και ως «Split-plot design». Θεωρητικά, θα ήταν σωστότερο να ορισθούν ως κύρια τεμάχια οι ποικιλίες και ως υποτεμάχια τα μυκητοκτόνα (Nelson, 1986), ωστόσο επιλέχθηκε αυτή η διάταξη διότι διαφορετικά θα βρίσκονταν πολύ κοντά οι γραμμές των φυτών στις οποίες θα εφαρμόζονταν διαφορετικά μυκητοκτόνα και κατά συνέπεια θα αυξανόταν το πειραματικό σφάλμα, από μεταφορά ψεκαστικού υγρού σε διπλανές σειρές φυτών ή από την επίδραση των γειτονικών επεμβάσεων στην ανάπτυξη της ασθένειας.

Σε κάθε επανάληψη, η επιλογή της θέσης των 6 μυκητοκτόνων και του μάρτυρα έγινε τυχαία. Τυχαία έγινε και η επιλογή της θέσης των ποικιλιών μέσα σε κάθε κύριο τεμάχιο (μυκητοκτόνο). Μέσα στην ίδια επανάληψη, η μία ποικιλία απείχε από την άλλη 1m (όσο απείχαν και τα λάστιχα άρδευσης μεταξύ τους). Μεταξύ των διαδοχικών επαναλήψεων υπήρχε απόσταση 2 m, ενώ το πλάτος των υπόλοιπων διαδρόμων ήταν 0,8 m.

Σε κάθε κύριο τεμάχιο, η κάθε ποικιλία περιλάμβανε 6 φυτά τα οποία ήταν τοποθετημένα ανά 0,4 m κατά μήκος του λάστιχου άρδευσης, με ένα φυτό σε κάθε σταλάκτη. Προκειμένου να μειωθεί η επίδραση του περιθωρίου, οι παρατηρήσεις λαμβάνονταν από τα 4 ενδιάμεσα φυτά, όπως φαίνεται και στο Σχέδιο 1. Κατά συνέπεια, κάθε μία από τις 3 επαναλήψεις περιείχε 126 φυτά, ενώ παρατηρήσεις λαμβάνονταν από τα 84 φυτά της κάθε επανάληψης. Συνολικά, και στις 3 επαναλήψεις, υπήρχαν 378 φυτά από τα οποία επιλέχθηκαν τυχαία 252 για τη λήψη παρατηρήσεων (Εικόνα 10).

## Σχέδιο 1. Σχέδιο του πειράματος.

| I  |          |          | II   |          |          | III  |          |          |
|--|----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|
| Quinoxifen<br>Π 14 Φλωρ. Π 13              |          |          | Boscalid+Pyraclostrobin<br>Φλωρ. Π 14 Π 13 |          |          | Μάρτυρας<br>Π 13 Φλωρ. Π 14                |          |          |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| Azoxystrobin<br>Φλωρ. Π 13 Π 14            |          |          | Penconazole<br>Π 14 Π 13 Φλωρ.             |          |          | Spiroxamine<br>Π 14 Π 13 Φλωρ.             |          |          |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| Flusilazole<br>Φλωρ. Π 14 Π 13             |          |          | Azoxystrobin<br>Φλωρ. Π 14 Π 13            |          |          | Quinoxifen<br>Φλωρ. Π 14 Π 13              |          |          |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| Boscalid+Pyraclostrobin<br>Π 14 Π 13 Φλωρ. |          |          | Spiroxamine<br>Π 14 Π 13 Φλωρ.             |          |          | Penconazole<br>Π 13 Π 14 Φλωρ.             |          |          |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| Penconazole<br>Π 13 Φλωρ. Π 14             |          |          | Quinoxifen<br>Φλωρ. Π 13 Π 14              |          |          | Boscalid+Pyraclostrobin<br>Π 14 Φλωρ. Π 13 |          |          |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| Spiroxamine<br>Π 14 Φλωρ. Π 13             |          |          | Μάρτυρας<br>Π 14 Φλωρ. Π 13                |          |          | Flusilazole<br>Φλωρ. Π 13 Π 14             |          |          |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| Μάρτυρας<br>Π 13 Φλωρ. Π 14                |          |          | Flusilazole<br>Π 13 Φλωρ. Π 14             |          |          | Azoxystrobin<br>Π 14 Π 13 Φλωρ.            |          |          |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> | <b>x</b>                                   | <b>x</b> | <b>x</b> |
| x  | x        | x        | x  | x        | x        | x  | x        | x        |

**σ.σ.:** Για τη λήψη παρατηρήσεων χρησιμοποιήθηκαν τα φυτά που αντιστοιχούν στα έντονα μαυρισμένα σημεία (x).

### Αποστάσεις:

Αποστάσεις φυτών πάνω στη γραμμή: 0,4 m, Αποστάσεις μεταξύ γραμμών: 1 m,

Διάδρομοι μεταξύ επαναλήψεων: 2 m, Υπόλοιποι διάδρομοι: 0,8 m

## 2.10 Στατιστική ανάλυση των δεδομένων

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου MSTAT-C (Michigan State University). Ο έλεγχος των μέσων όρων για ενδεχόμενες στατιστικώς σημαντικές διαφορές πραγματοποιήθηκε με το Ελάχιστο Σημαντικό Εύρος (Duncan test) για πιθανότητα μικρότερη του 5%.

Όλα τα Σχήματα δημιουργήθηκαν με χρήση του προγράμματος Excel, ενώ η συσχέτιση και η συμμεταβολή ανάμεσα σε επιλεγμένες μεταβλητές πραγματοποιήθηκαν με χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 13.0.

Τα δεδομένα της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας είχαν τη μορφή ποσοστών και παρουσίαζαν διωνυμική κατανομή (μη κανονική) και μεγάλη παραλλακτικότητα. Για το λόγο αυτό, όπως συνιστάται σε αντίστοιχες περιπτώσεις (Zar, 1999, Ficcadenti *et al.*, 2002), τα δεδομένα μετατράπηκαν με εφαρμογή της «γωνιακής μετατροπής ή αντίστροφου ημιτόνου» πριν υποστούν στατιστική ανάλυση. Η μετατροπή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τον τύπο  $p' = \arcsin \sqrt{p}$ , όπου  $p$  οι τιμές των πραγματικών δεδομένων ως αναλογίες και  $p'$  οι τιμές των τροποποιημένων δεδομένων που αποτελούν τις γωνίες των οποίων τα ημίτονα είναι  $\sqrt{p}$  (Zar, 1999, Clewer & Scarisbrick, 2001).

### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Η όψιμη (παρατήρηση αρχικών συμπτωμάτων στις 28 Αυγούστου) εμφάνιση της ασθένειας και η, κατά συνέπεια, όψιμη (πρώτος ψεκασμός στις 6 Σεπτεμβρίου) εφαρμογή των μυκητοκτόνων ίσως περιόρισε τις διαφορές, στο συνολικό βάρος και συνολικό αριθμό καρπών, που ενδεχομένως θα προέκυπταν εξαιτίας της χρήσης των μυκητοκτόνων. Για το λόγο αυτό και προκειμένου να εξετασθεί αν η εφαρμογή των μυκητοκτόνων είχε κάποια επίδραση στις δύο παραπάνω μεταβλητές (βάρος και αριθμό καρπών), έγινε διαχωρισμός αυτών των δύο σε βάρος και αριθμό καρπών πριν και μετά την προσβολή από το παθογόνο, το οποίο και συνεπάγεται βάρος και αριθμό καρπών πριν και μετά την έναρξη εφαρμογής των μυκητοκτόνων.

Στην ένταση και στη συχνότητα της ασθένειας παραθέτονται τα πραγματικά δεδομένα, όμως η στατιστική τους ανάλυση έγινε μετά από εφαρμογή της «γωνιακής μετατροπής ή αντίστροφου ημιτόνου», για λόγους που αναφέρθηκαν στην παράγραφο «Στατιστική ανάλυση των δεδομένων» του κεφαλαίου «Υλικά και Μέθοδοι».

#### **3.1 Βάρος καρπών**

##### **3.1.1 Βάρος καρπών πριν την προσβολή (εμφάνιση των συμπτωμάτων)**

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε πως υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, μόνο για τις ποικιλίες. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς δεν είχε γίνει εφαρμογή των μυκητοκτόνων μέχρι τη στιγμή της εμφάνισης των συμπτωμάτων της ασθένειας στην καλλιέργεια. Επιπλέον, οι παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των ποικιλιών δεν οφείλονται στην επίδραση της ασθένειας αλλά στο γεγονός ότι πρόκειται για διαφορετικές ποικιλίες.

Η ποικιλία Π 14 εμφανίσθηκε ως η αποδοτικότερη (στατιστικώς σημαντικές διαφορές) ανάμεσα στις τρεις ποικιλίες, με 876,4 g/φυτό, ενώ ακολούθησε η ποικιλία Π 13 με 741,8 g/φυτό και η ποικιλία Φλωρίνης με 620,7 g/φυτό (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1.** Βάρος καρπών (g/φυτό) πριν την προσβολή από το παθογόνο.

| Επεμβάσεις  | Βάρος καρπών<br>(g/φυτό) |                   |          | Μέσος<br>όρος |
|---|--------------------------|-------------------|----------|---------------|
|   | Ποικιλίες                |                   |          |               |
|   | Π 13<br>(Κέρατο)         | Π 14<br>(Γεμιστή) | Φλωρίνης |               |
| Quinoxifen  | 708,3                    | 850,8             | 630      | 729,7         |
| Azoxystrobin  | 728,3                    | 860,8             | 668,3    | 752,5         |
| Flusilazole   | 707,5                    | 870               | 521,7    | 699,7         |
| Boscalid+Pyraclostrobin   | 788,3                    | 941,7             | 668,3    | 799,4         |
| Penconazole   | 747,5                    | 875,8             | 616,7    | 746,7         |
| Spiroxamine   | 853,3                    | 868,3             | 644,2    | 788,6         |
| Μάρτυρας  | 659,2                    | 867,5             | 595,8    | 707,5         |
| Μέσος όρος  | 741,8 B <sup>1</sup>     | 876,4 A           | 620,7 C  |               |
| E.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. ποικ.)=95,28<br>E.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. μυκητοκτ.)=N.S. <sup>2</sup><br>E.Σ.Δ. <sub>05</sub> (αλληλεπίδρασης)=N.S.<br>C.V.%=20,77 |                          |                   |          |               |

1. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% (Duncan test).

2. N.S.=Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο 5% (Duncan test).

### 3.1.2 Βάρος καρπών μετά την προσβολή (εμφάνιση των συμπτωμάτων)

Από τον Πίνακα 2 και το Σχήμα 2, φαίνεται πως υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών και μεταξύ των μυκητοκτόνων, αν και η αλληλεπίδραση αυτών των δύο παραγόντων δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Εδώ όμως πρέπει να επισημανθεί ότι οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών υπήρχαν και πριν την προσβολή από το παθογόνο, οπότε μάλλον δεν οφείλονται στην επίδραση της ασθένειας.

Οι ποικιλίες Π 13 και Π 14, με βάρος 567,6 και 633,8 g/φυτό αντίστοιχα, δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, ενώ και οι δύο διέφεραν στατιστικώς σημαντικά από την ποικιλία Φλωρίνης η οποία απέδωσε 280,4 g/φυτό κάτω από τις συνθήκες του συγκεκριμένου πειράματος.



Όσον αφορά την επίδραση των μυκητοκτόνων στο βάρος καρπών, οι επεμβάσεις με boscalid+pyraclostrobin και penconazole αύξησαν σημαντικά την παραγωγή σε σύγκριση με το μάρτυρα. Οι άλλες επεμβάσεις δεν έδωσαν σημαντικές διαφορές, στο βάρος καρπών, από τον αψέκαστο μάρτυρα. Το βάρος καρπών που αντιστοιχεί στις επεμβάσεις με quinoxifen και flusilazole ήταν μικρότερο ακόμα και από το βάρος καρπών που αντιστοιχεί στο μάρτυρα, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

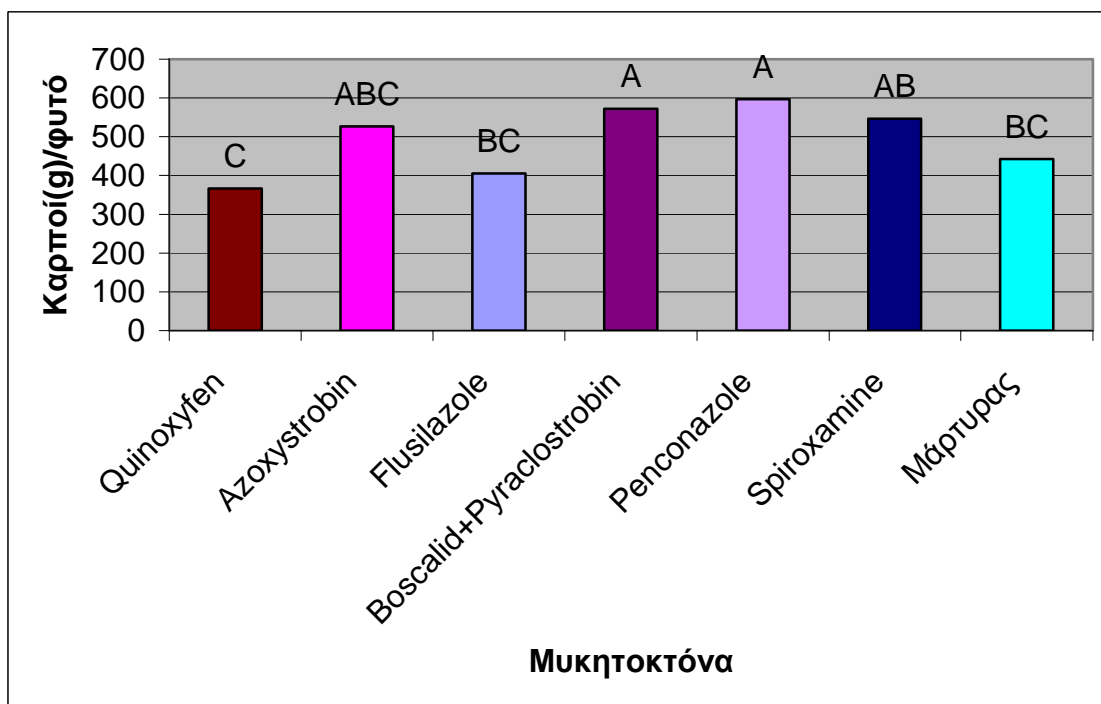
Οι διαφορές που προέκυψαν μεταξύ των μυκητοκτόνων παρουσιάζονται με μικρή επιφύλαξη, καθώς ο Λόγος Παραλλακτικότητων είχε σχετικά μικρή τιμή ( $F=2,9$ ) και η τιμή ( $p=0,021$ ) που καθορίζει τη σημαντικότητα ήταν οριακά χαμηλότερη από την τιμή  $p=0,05$  που αποτελεί και το επίπεδο σημαντικότητας για το οποίο γίνεται ο έλεγχος για στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 2.** Βάρος καρπών (g/φυτό) μετά την προσβολή από το παθογόνο.

|  | Βάρος καρπών<br>(g/φυτό) |                   |          | Μέσος όρος |
|--|--------------------------|-------------------|----------|------------|
|  | Ποικιλίες                |                   |          |            |
| Επεμβάσεις   | Π 13<br>(Κέρατο)         | Π 14<br>(Γεμιστή) | Φλωρίνης |            |
| Quinoxifen   | 377,5                    | 470               | 252,5    | 366,7 C    |
| Azoxystrobin   | 667,5                    | 608,3             | 305      | 526,9 ABC  |
| Flusilazole  | 475,8                    | 569,2             | 171,7    | 405,6 BC   |
| Boscalid+Pyraclostrobin  | 623,3                    | 792,5             | 300,8    | 572,2 A    |
| Penconazole  | 697,5                    | 824,2             | 270      | 597,2 A    |
| Spiroxamine  | 595,8                    | 644,2             | 399,2    | 546,4 AB   |
| Μάρτυρας   | 535,8                    | 528,3             | 263,3    | 442,5 BC   |
| Μέσος όρος   | 567,6 A <sup>1</sup>     | 633,8 A           | 280,4 B  |            |
| Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. ποικ.)=165,2<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. μυκητοκτ.)=149,6<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (αλληλεπίδρασης)=N.S. <sup>2</sup><br>C.V.%=31,68 |                          |                   |          |            |

1. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% (Duncan test). Στατιστική σύγκριση πραγματοποιείται μεταξύ μέσων όρων που βρίσκονται στην ίδια σειρά ή στην ίδια στήλη.

2. N.S.=Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο 5% (Duncan test).



**Σχήμα 2.** Γραφική απεικόνιση της επίδρασης των έξι μυκητοκτόνων στο βάρος καρπών (g/φυτό) των τριών ποικιλιών πιπεριάς μετά την προσβολή από το παθογόνο.

\*Στήλες επισημασμένες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (Duncan test,  $P=0,05$ ).

\*\*Κάθε στήλη αποτελεί το μέσο όρο των τριών ποικιλιών πιπεριάς.

### 3.1.3 Συνολικό βάρος καρπών (πριν και μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων)

Τα αποτελέσματα (Πίνακας 3, Σχήμα 3) της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν πως υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, μόνο μεταξύ των ποικιλιών. Η όψιμη εμφάνιση της ασθένειας και η, κατά συνέπεια, όψιμη εφαρμογή των μυκητοκτόνων ίσως περιόρισε τις διαφορές που ενδεχομένως θα προέκυπταν εξαιτίας της χρήσης των μυκητοκτόνων. Επιπρόσθετα, οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών δεν οφείλονται στη διαφορετική αντίδρασή τους στην ασθένεια αλλά στο γεγονός ότι διαφέρουν ούτως ή άλλως στην απόδοση (βάρος καρπών).

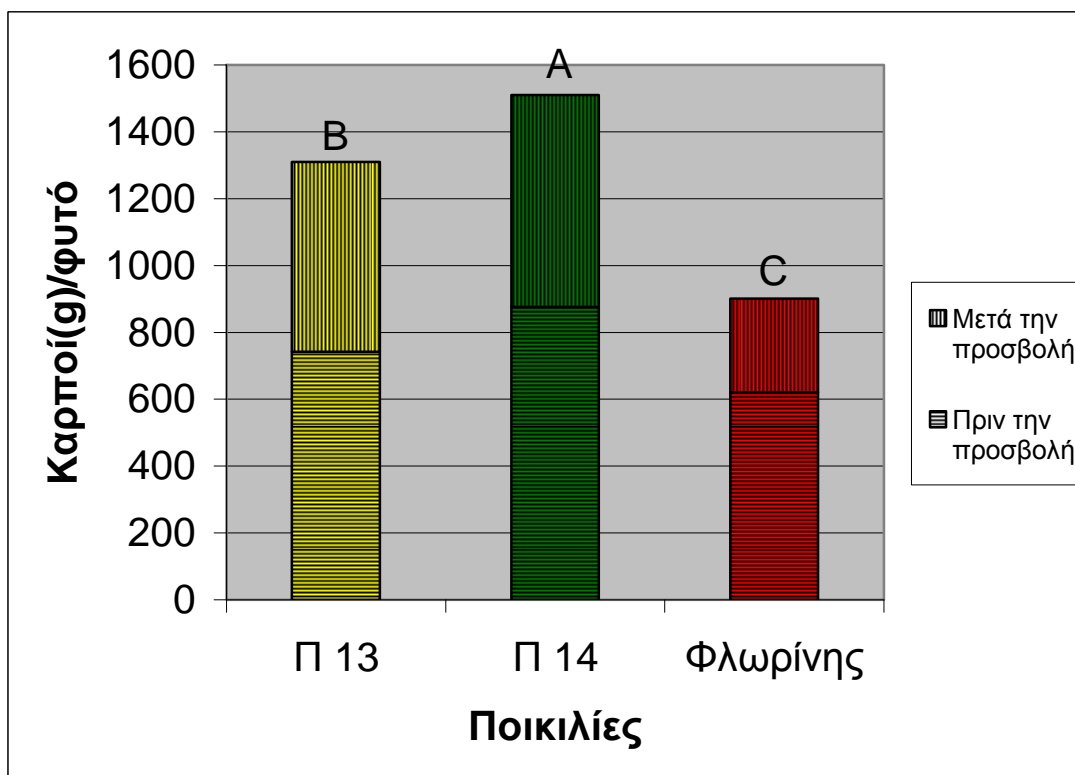
Η ποικιλία Π 14 εμφάνισε το υψηλότερο βάρος καρπών (1510,2 g/φυτό), ενώ ακολούθησε η ποικιλία Π 13 και η ποικιλία Φλωρίνης με 1309,4 και 901,1 g/φυτό αντίστοιχα.

**Πίνακας 3.** Συνολικό βάρος καρπών (g/φυτό).

|   | Βάρος καρπών<br>(g/φυτό) |                   |          | Μέσος<br>όρος |
|---|--------------------------|-------------------|----------|---------------|
|   | Ποικιλίες                |                   |          |               |
| Επεμβάσεις  | Π 13<br>(Κέρατο)         | Π 14<br>(Γεμιστή) | Φλωρίνης |               |
| Quinoxifen  | 1085,8                   | 1320,8            | 882,5    | 1096,4        |
| Azoxystrobin  | 1395,8                   | 1469,2            | 973,3    | 1279,4        |
| Flusilazole   | 1183,3                   | 1439,2            | 693,3    | 1105,3        |
| Boscalid+Pyraclostrobin   | 1411,7                   | 1734,2            | 969,2    | 1371,7        |
| Penconazole   | 1445                     | 1700              | 886,7    | 1343,9        |
| Spiroxamine   | 1449,2                   | 1512,5            | 1043,3   | 1335          |
| Μάρτυρας  | 1195                     | 1395,8            | 859,2    | 1150          |
| Μέσος όρος  | 1309,4 B <sup>1</sup>    | 1510,2 A          | 901,1 C  |               |
| Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. ποικ.)=185<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. μυκητοκτ.)=N.S. <sup>2</sup><br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (αλληλεπίδρασης)=N.S.<br>C.V.%=21,65 |                          |                   |          |               |

1. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% (Duncan test).

2. N.S.=Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο 5% (Duncan test).



**Σχήμα 3.** Γραφική απεικόνιση του συνολικού (πριν και μετά την προσβολή από το παθογόνο) βάρους καρπών (g/φυτό) των τριών ποικιλιών πιπεριάς.

\*Στήλες επισημασμένες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (Duncan test,  $P=0,05$ ).

\*\*Η κάτω και η πάνω στήλη απεικονίζουν το βάρος καρπών (g/φυτό) πριν και μετά την προσβολή από το παθογόνο αντίστοιχα.

### 3.2 Αριθμός καρπών

#### 3.2.1 Αριθμός καρπών πριν την προσβολή (εμφάνιση των συμπτωμάτων)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα (Πίνακας 4) της στατιστικής ανάλυσης, υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μόνο για τις ποικιλίες, οπότε δεν πραγματοποιήθηκε το Duncan τεστ για τα μυκητοκτόνα και την αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων (ποικιλίες-μυκητοκτόνα). Όπως και στο βάρος καρπών, το αποτέλεσμα αυτό ήταν λογικό και αναμενόμενο, αν ληφθεί υπόψη ότι δεν είχε γίνει εφαρμογή των μυκητοκτόνων μέχρι τη στιγμή που εμφανίσθηκαν τα συμπτώματα της ασθένειας στην καλλιέργεια. Το ίδιο ισχύει και για τις διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, διαφορές οι οποίες δεν οφείλονται στη διαφορετική αντίδραση των ποικιλιών στην ασθένεια αλλά στο γεγονός ότι πρόκειται για ξεχωριστές ποικιλίες.

Ο αριθμός καρπών βρέθηκε υψηλότερος στην ποικιλία Π 13 (22,49 καρποί/φυτό) και χαμηλότερος στην ποικιλία Φλωρίνης (6,95 καρποί/φυτό), ενώ η ποικιλία Π 14 είχε μια ενδιάμεση τιμή (17,52 καρποί/φυτό).

**Πίνακας 4.** Αριθμός καρπών ανά φυτό, πριν την προσβολή από το παθογόνο.

| Επεμβάσεις  | Αριθμός καρπών/φυτό  |                   |          | Μέσος όρος |
|---|----------------------|-------------------|----------|------------|
|   | Ποικιλίες            |                   |          |            |
|   | Π 13<br>(Κέρατο)     | Π 14<br>(Γεμιστή) | Φλωρίνης |            |
| Quinoxifen  | 21,5                 | 16,5              | 6,83     | 14,94      |
| Azoxystrobin  | 22,83                | 20,5              | 7,83     | 17,06      |
| Flusilazole   | 22,58                | 18,25             | 6,25     | 15,69      |
| Boscalid+Pyraclostrobin   | 23,67                | 18,58             | 7,58     | 16,61      |
| Penconazole   | 21,42                | 16                | 6,58     | 14,67      |
| Spiroxamine   | 24,83                | 16                | 6,75     | 15,86      |
| Μάρτυρας  | 20,58                | 16,83             | 6,83     | 14,75      |
| Μέσος όρος  | 22,49 A <sup>1</sup> | 17,52 B           | 6,95 C   |            |
| Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. ποικ.)=1,65<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. μυκητοκτ.)=N.S. <sup>2</sup><br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (αλληλεπίδρασης)=N.S.<br>C.V.%= 18,32 |                      |                   |          |            |

1. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% (Duncan test).

2. N.S.=Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο 5% (Duncan test).

### 3.2.2 Αριθμός καρπών μετά την προσβολή (εμφάνιση των συμπτωμάτων)

Σύμφωνα με το Duncan test, υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (Πίνακας 5, Σχήμα 4) μεταξύ των ποικιλιών και μεταξύ των μυκητοκτόνων, ενώ δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές από την αλληλεπίδραση των δύο παραπάνω παραγόντων. Οι διαφορές όμως μεταξύ των ποικιλιών υπήρχαν και πριν την προσβολή από το παθογόνο, οπότε μάλλον δεν οφείλονται στην επίδραση της ασθένειας.

Οι ποικιλίες Π 13 (17,2 καρποί/φυτό) και Π 14 (11,92 καρποί/φυτό) δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, όμως διέφεραν στατιστικώς σημαντικά από την ποικιλία Φλωρίνης (4,25 καρποί/φυτό).

Όσον αφορά την επίδραση των μυκητοκτόνων, διαπιστώθηκε πως η επέμβαση με quinoxifen διέφερε (υπολειπόταν) στατιστικώς σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις, με εξαίρεση την επέμβαση με flusilazole με την οποία δε διέφερε στατιστικώς σημαντικά. Όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις (μυκητοκτόνα) δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά, ούτε μεταξύ τους αλλά ούτε και με το μάρτυρα. Στις επεμβάσεις με quinoxifen και flusilazole, ο αριθμός καρπών βρέθηκε μικρότερος ακόμα και από τον αριθμό καρπών στο μάρτυρα, μολονότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Η διαφοροποίηση μεταξύ των μυκητοκτόνων παρουσιάζεται με μικρή επιφύλαξη, καθώς η τιμή του Λόγου Παραλλακτικότητας ήταν σχετικά μικρή ( $F=2,57$ ) και η τιμή ( $p=0,036$ ) που καθορίζει τη σημαντικότητα ήταν οριακά χαμηλότερη από την τιμή  $p=0,05$  που ορίζεται ως το επίπεδο σημαντικότητας για το οποίο γίνεται ο έλεγχος για την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικών διαφορών.

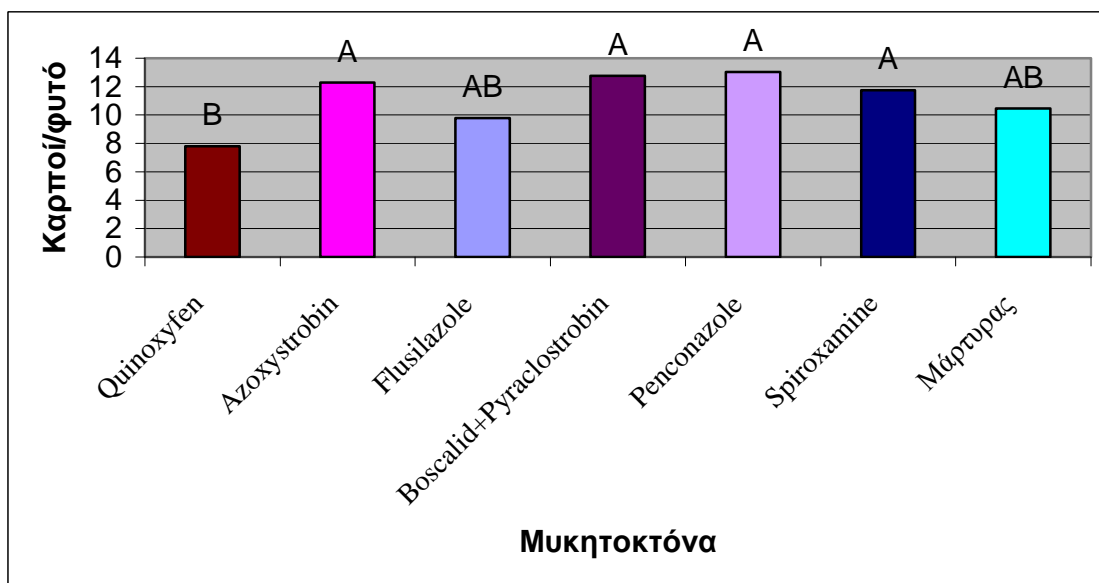
**Πίνακας 5.** Αριθμός καρπών ανά φυτό, μετά την προσβολή από το παθογόνο.

|   | Αριθμός καρπών/φυτό |                   |          |            |
|---|---------------------|-------------------|----------|------------|
|   | Ποικιλίες           |                   |          | Μέσος όρος |
| Επεμβάσεις  | Π 13<br>(Κέρατο)    | Π 14<br>(Γεμιστή) | Φλωρίνης |            |
| Quinoxifen  | 10,92               | 8,5               | 4        | 7,81 B     |
| Azoxystrobin  | 20                  | 11,33             | 5,5      | 12,28 A    |
| Flusilazole   | 15,25               | 11,5              | 2,58     | 9,78 AB    |
| Boscalid+Pyraclostrobin   | 19,75               | 14,08             | 4,42     | 12,75 A    |
| Penconazole   | 20,75               | 14,33             | 4        | 13,03 A    |
| Spiroxamine   | 16,92               | 12,83             | 5,5      | 11,75 A    |
| Μάρτυρας  | 16,83               | 10,83             | 3,75     | 10,47 AB   |
| Μέσος όρος  | 17,2 A <sup>1</sup> | 11,92 A           | 4,25 B   |            |
| Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. ποικ.)=6,15<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. μυκητοκτ.)=3,37<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (αλληλεπίδρασης)=N.S. <sup>2</sup><br>C.V.%= 31,68 |                     |                   |          |            |

1. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% (Duncan test).

2. N.S.=Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο 5% (Duncan test).





**Σχήμα 4.** Γραφική απεικόνιση της επίδρασης των έξι μυκητοκτόνων στον αριθμό καρπών (καρποί/φυτό) των τριών ποικιλιών πιπεριάς μετά την προσβολή από το παθογόνο.

\*Στήλες επισημασμένες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (Duncan test,  $P=0,05$ ).

\*\*Κάθε στήλη αποτελεί το μέσο όρο των τριών ποικιλιών πιπεριάς.

### 3.2.3 Συνολικός αριθμός καρπών (πριν και μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων)

Τα αποτελέσματα (Πίνακας 6, Σχήμα 5) της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν πως υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, μόνο μεταξύ των ποικιλιών.

Όπως και στο βάρος καρπών (g/φυτό), έτσι κι εδώ η όψιμη εμφάνιση της ασθένειας και η, κατά συνέπεια, όψιμη εφαρμογή των μυκητοκτόνων ίσως «απέκρυσε» τις διαφορές που ενδεχομένως θα προέκυπταν εξαιτίας της χρήσης των μυκητοκτόνων. Επιπλέον, οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών δεν οφείλονται στη διαφορετική αντίδρασή τους στην ασθένεια αλλά στο γεγονός ότι πρόκειται για τρεις ξεχωριστές ποικιλίες με διαφορετικά χαρακτηριστικά η κάθε μία.

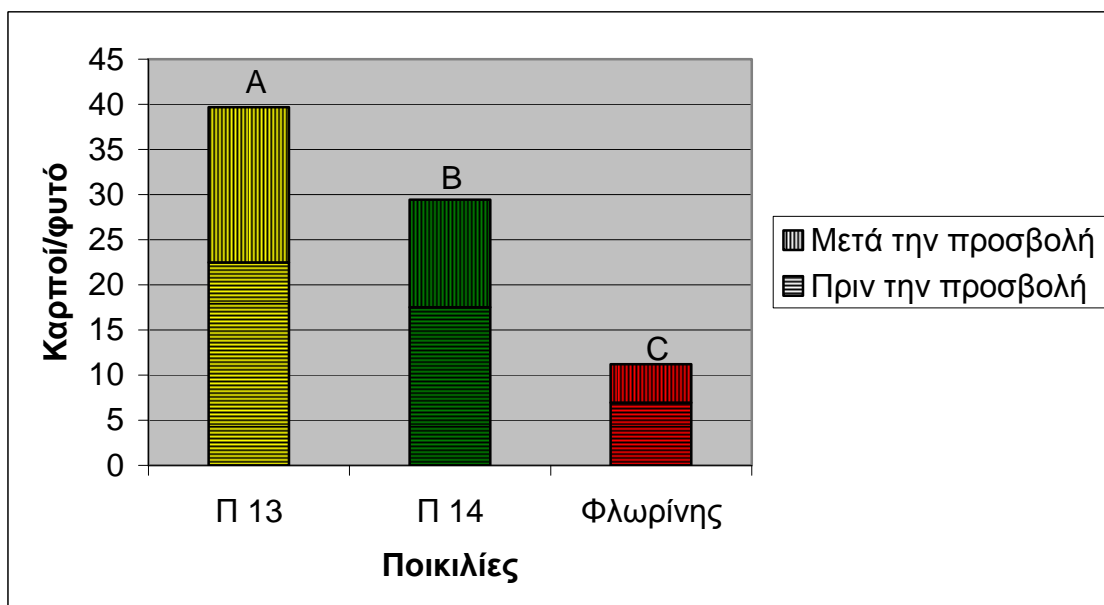
Ο μεγαλύτερος αριθμός καρπών εμφανίστηκε στην ποικιλία Π 13 (39,69 καρποί/φυτό) και ακολούθησαν οι ποικιλίες Π 14 (29,44 καρποί/φυτό) και Φλωρίνης (11,2 καρποί/φυτό).

**Πίνακας 6.** Συνολικός αριθμός καρπών ανά φυτό.

|   | Αριθμός καρπών/φυτό  |                   |          |            |
|---|----------------------|-------------------|----------|------------|
|   | Ποικιλίες            |                   |          | Μέσος όρος |
| Επεμβάσεις  | Π 13<br>(Κέρατο)     | Π 14<br>(Γεμιστή) | Φλωρίνης |            |
| Quinoxifen  | 32,42                | 25                | 10,83    | 22,75      |
| Azoxystrobin  | 42,83                | 31,83             | 13,33    | 29,33      |
| Flusilazole   | 37,83                | 29,75             | 8,83     | 25,47      |
| Boscalid+Pyraclostrobin   | 43,42                | 32,67             | 12       | 29,36      |
| Penconazole   | 42,17                | 30,33             | 10,58    | 27,69      |
| Spiroxamine   | 41,75                | 28,83             | 12,25    | 27,61      |
| Μάρτυρας  | 37,42                | 27,67             | 10,58    | 25,22      |
| Μέσος όρος  | 39,69 A <sup>1</sup> | 29,44 B           | 11,2 C   |            |
| Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. ποικ.)=6,37<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. μυκητοκτ.)=N.S. <sup>2</sup><br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (αλληλεπίδρασης)=N.S.<br>C.V.%= 19,45 |                      |                   |          |            |

1. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% (Duncan test).

2. N.S.=Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο 5% (Duncan test).



**Σχήμα 5.** Γραφική απεικόνιση του συνολικού (πριν και μετά την προσβολή από το παθογόνο) αριθμού καρπών (καρποί/φυτό) των τριών ποικιλιών πιπεριάς.

\*Στήλες επισημασμένες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (Duncan test,  $P=0,05$ ).

\*\*Η κάτω και η πάνω στήλη απεικονίζουν τον αριθμό καρπών (καρποί/φυτό) πριν και μετά την προσβολή από το παθογόνο αντίστοιχα.

### 3.3 Χρόνος επώσεως της ασθένειας

Για την εύρεση του χρόνου επώσεως (χρονικό διάστημα από τη μόλυνση των φυτών μέχρι την εμφάνιση των συμπτωμάτων) της ασθένειας, οι παρατηρήσεις δε γινόταν ξεχωριστά σε κάθε επέμβαση, αλλά συνολικά. Κατά συνέπεια, τα δεδομένα δεν υπέστησαν επεξεργασία προκειμένου να γίνει σύγκριση. Με βάση τα παραπάνω και κάτω από τις συνθήκες του συγκεκριμένου πειράματος, ο χρόνος επώσεως της ασθένειας ήταν 19 ημέρες.

### 3.4 Στοιχεία επιδημιολογίας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η θερμοκρασία και η υγρασία αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη βλάστηση των κονιδίων του *Leveillula taurica* και την εξέλιξη της ασθένειας.

Παρά το γεγονός ότι οι τεχνητές μολύνσεις πραγματοποιούνταν αργά το απόγευμα, οι υψηλές θερμοκρασίες και η χαμηλή σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια κυρίως της

ημέρας ήταν ως ένα βαθμό αποτρεπτικές για τη βλάστηση των κονιδίων και κατά συνέπεια την εξέλιξη της ασθένειας. Κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο (τα δύο πρώτα δεκαήμερα), η εξέλιξη της ασθένειας ήταν πολύ μικρή. Η εξέλιξη της ασθένειας ήταν ταχύτερη κατά το τρίτο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου και τον Οκτώβριο που οι θερμοκρασίες ήταν λίγο χαμηλότερες και η σχετική υγρασία άρχισε να αυξάνεται. Για το λόγο αυτό, η διαδικασία εκτίμησης της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας ξεκίνησε τις τελευταίες ημέρες του Οκτωβρίου, ούτως ώστε να μεσολαβεί κάποιο χρονικό διάστημα που να επιτρέπει την εξέλιξη της ασθένειας. Ωστόσο, μια έντονη πτώση (παγετός) της θερμοκρασίας στις 4 Νοεμβρίου, είχε ως αποτέλεσμα την ξήρανση των φυτών και κατά συνέπεια τη λήξη του πειράματος. Σε διαφορετική περίπτωση, θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση άλλης μία τουλάχιστον εκτίμησης της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας και θα διαφαινόταν καλύτερα η εξέλιξη της ασθένειας.

### 3.5 Συχνότητα της ασθένειας

Τα αποτελέσματα (Πίνακας 7, Σχήμα 6) της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν πως υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, μόνο μεταξύ των μυκητοκτόνων. Οι ποικιλίες, καθώς και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων, δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Δηλαδή και οι τρεις ποικιλίες εμφανίσθηκαν εξίσου ευαίσθητες στην προσβολή από το παθογόνο, αν και η Φλωρίνης φάνηκε να προσβάλλεται κάπως λιγότερο.

Η μικρότερη τιμή (13,2%) συχνότητας της ασθένειας παρατηρήθηκε στην επέμβαση με quinoxyfen, με στατιστικώς σημαντικές διαφορές από όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις όπως και από το μάρτυρα. Η αμέσως μεγαλύτερη τιμή συχνότητας (45,6%) της ασθένειας παρατηρήθηκε στην επέμβαση με azoxystrobin, η οποία διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τις επεμβάσεις με flusilazole, spiroxamine και το μάρτυρα.

Οι επεμβάσεις με τα μυκητοκτόνα που ανήκουν στους παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (flusilazole, penconazole, spiroxamine) δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους.

Η υψηλότερη τιμή (89,7%) συχνότητας της ασθένειας παρατηρήθηκε στο μάρτυρα, ο οποίος διέφερε στατιστικώς σημαντικά από όλα τα μυκητοκτόνα.

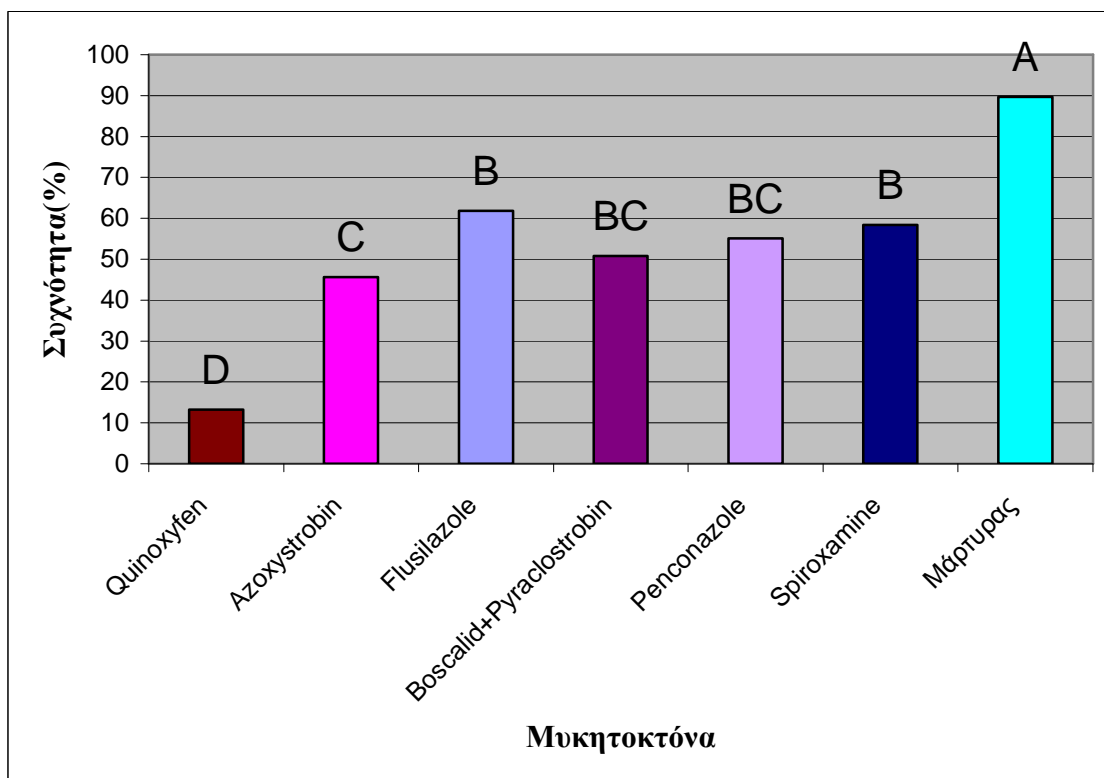
**Πίνακας 7.** Ποσοστό προσβεβλημένων φύλλων επί του συνόλου των φύλλων που εξετάστηκαν (Συχνότητα ασθένειας, %).

|  | Συχνότητα ασθένειας (%) |                   |          |                       |
|--|-------------------------|-------------------|----------|-----------------------|
|  | Ποικιλίες               |                   |          | Μέσος όρος            |
| Επεμβάσεις   | Π 13<br>(Κέρατο)        | Π 14<br>(Γεμιστή) | Φλωρίνης |                       |
| Quinoxifen   | 10,7                    | 19,2              | 9,7      | 13,2 D <sup>1,3</sup> |
| Azoxystrobin   | 36,5                    | 66,8              | 33,5     | 45,6 C                |
| Flusilazole  | 69,8                    | 59,7              | 56       | 61,8 B                |
| Boscalid+Pyraclostrobin  | 51,3                    | 60,7              | 40,5     | 50,8 BC               |
| Penconazole  | 48,7                    | 63,7              | 53       | 55,1 BC               |
| Spiroxamine  | 57,3                    | 68                | 49,8     | 58,4 B                |
| Μάρτυρας   | 93                      | 93                | 83       | 89,7 A                |
| Μέσος όρος   | 52,5                    | 61,6              | 46,5     |                       |
| Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. ποικ.)=N.S. <sup>2</sup><br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. μυκητοκτ.)=6,506<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (αλληλεπίδρασης)= N.S.<br>C.V.%=14,33 |                         |                   |          |                       |

1. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% (Duncan test).

2. N.S.=Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο 5% (Duncan test).

3. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μετά από μετατροπή των δεδομένων σύμφωνα με τον τύπο  $p' = \arcsin \sqrt{p}$ , όπου p οι τιμές των πραγματικών δεδομένων ως αναλογίες και p' οι τιμές των τροποποιημένων δεδομένων που αποτελούν τις γωνίες των οποίων τα ημίτονα είναι  $\sqrt{p}$ . Στον Πίνακα παραθέτονται τα πραγματικά δεδομένα. Η Ε.Σ.Δ., ο C.V. (%) και ο στατιστικός διαχωρισμός μέσω γραμμάτων προέρχονται από τη στατιστική ανάλυση των τροποποιημένων δεδομένων.



**Σχήμα 6.** Γραφική απεικόνιση της επίδρασης των έξι μυκητοκτόνων στη συχνότητα της ασθένειας.

\*Στήλες επισημασμένες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (Duncan test,  $P=0,05$ ).

### 3.6 Ένταση της ασθένειας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα (Πίνακας 8, Σχήμα 7) της στατιστικής ανάλυσης, μόνο μεταξύ των μυκητοκτόνων υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Οι ποικιλίες, όπως και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων, δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, αν και διακρίθηκε οριακά χαμηλότερη ένταση της ασθένειας στη Φλωρίνης.

Η μικρότερη τιμή (1,03%) έντασης της ασθένειας παρατηρήθηκε στην επέμβαση με quinoxifen, με στατιστικώς σημαντικές διαφορές από όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις, όπως και από το μάρτυρα.

Οι επεμβάσεις με azoxystrobin, boscalid+pyraclostrobin και penconazole δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, όμως διέφεραν στατιστικώς σημαντικά από τις επεμβάσεις με flusilazole και spirothiamine που παρουσίαζαν υψηλότερες τιμές έντασης της ασθένειας.

Ο μάρτυρας εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή (21,51%) έντασης της ασθένειας και διέφερε στατιστικώς σημαντικά από όλα τα μυκητοκτόνα.

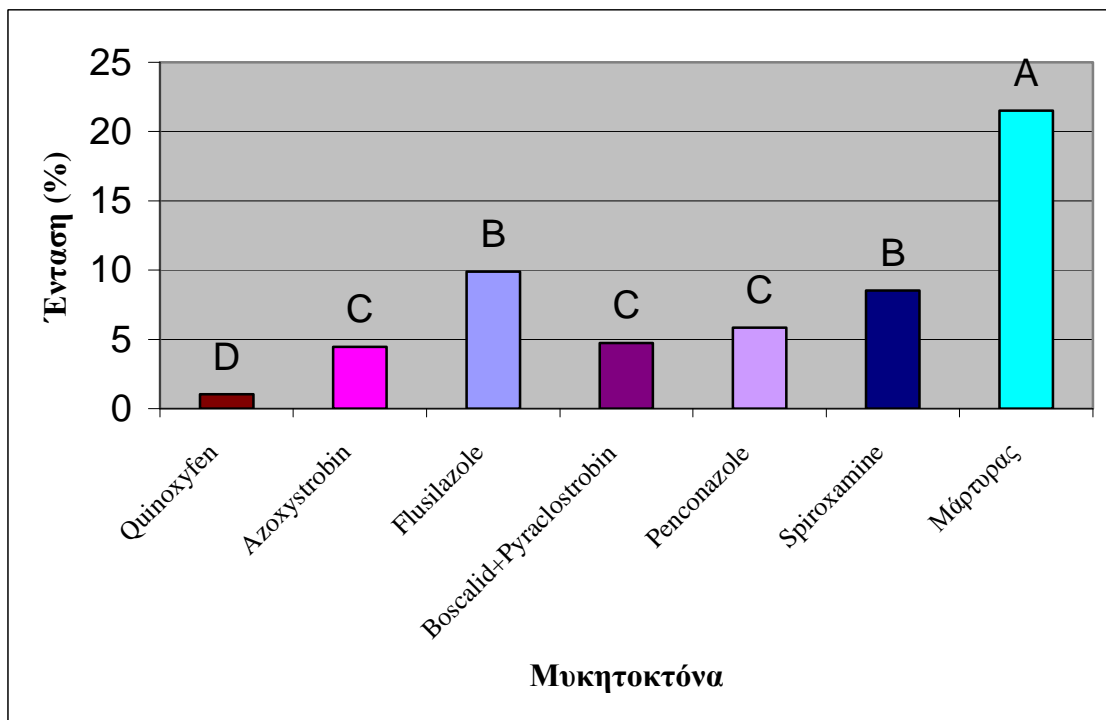
**Πίνακας 8.** Ποσοστό προσβεβλημένης επιφάνειας φύλλων (Ένταση ασθένειας, %).

| Επεμβάσεις   | Ένταση ασθένειας (%) |                   |          | Μέσος όρος            |
|--|----------------------|-------------------|----------|-----------------------|
|  | Ποικιλίες            |                   |          |                       |
|  | Π 13<br>(Κέρατο)     | Π 14<br>(Γεμιστή) | Φλωρίνης |                       |
| Quinoxifen   | 0,93                 | 1,49              | 0,67     | 1,03 D <sup>1,3</sup> |
| Azoxystrobin   | 3,73                 | 7,02              | 2,64     | 4,47 C                |
| Flusilazole  | 11,8                 | 10,01             | 7,86     | 9,89 B                |
| Boscalid+Pyraclostrobin  | 3,95                 | 7,3               | 2,98     | 4,74 C                |
| Penconazole  | 4,99                 | 7,81              | 4,73     | 5,84 C                |
| Spiroxamine  | 8,48                 | 11,86             | 5,25     | 8,53 B                |
| Μάρτυρας   | 24,17                | 23,53             | 16,81    | 21,51 A               |
| Μέσος όρος   | 8,29                 | 9,86              | 5,85     |                       |
| Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. ποικ.)=N.S. <sup>2</sup><br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (Μ.Ο. μυκητοκτ.)=2,946<br>Ε.Σ.Δ. <sub>05</sub> (αλληλεπίδρασης)=N.S.<br>C.V.%= 20,59 |                      |                   |          |                       |

1. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% (Duncan test).

2. N.S.=Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο 5% (Duncan test).

3. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μετά από μετατροπή των δεδομένων σύμφωνα με τον τύπο  $p' = \arcsin \sqrt{p}$ , όπου p οι τιμές των πραγματικών δεδομένων ως αναλογίες και p' οι τιμές των τροποποιημένων δεδομένων που αποτελούν τις γωνίες των οποίων τα ημίτονα είναι  $\sqrt{p}$ . Στον Πίνακα παραθέτονται τα πραγματικά δεδομένα. Η Ε.Σ.Δ., ο C.V. (%) και ο στατιστικός διαχωρισμός μέσω γραμμάτων προέρχονται από τη στατιστική ανάλυση των τροποποιημένων δεδομένων.



**Σχήμα 7.** Γραφική απεικόνιση της επίδρασης των έξι μυκητοκτόνων στην ένταση της ασθένειας.

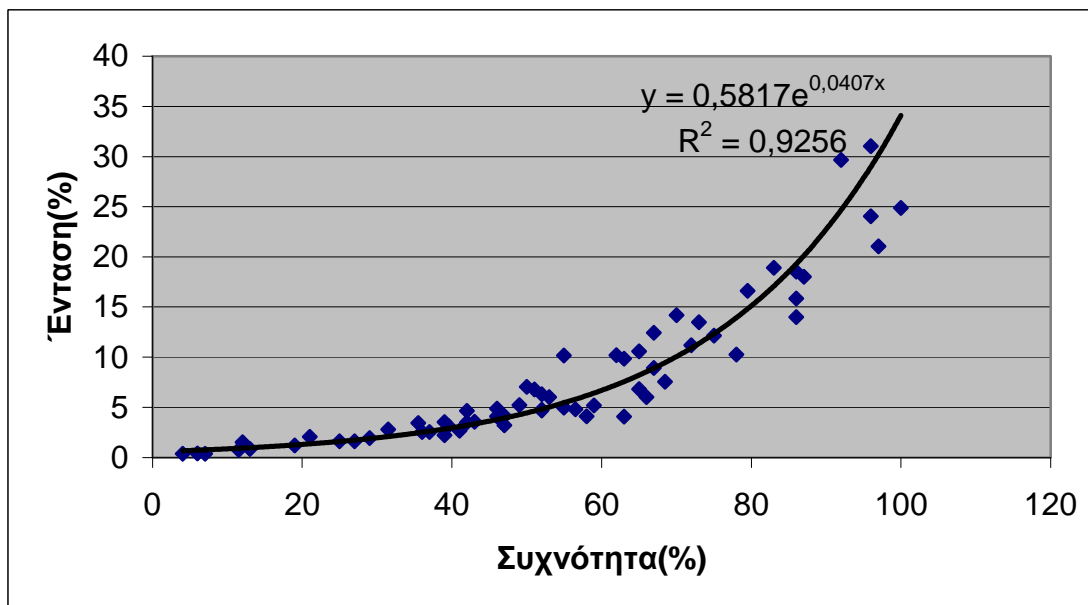
\*Στήλες επισημασμένες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (Duncan test,  $P=0,05$ ).

### 3.7 Συσχέτιση και συμμεταβολή συχνότητας-έντασης της ασθένειας

Η επεξεργασία των δεδομένων με χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 13.0, έδειξε πως υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας. Η συσχέτιση αυτή αποδεικνύεται από το συντελεστή συσχέτισης ( $r$ ), ο οποίος έχει τιμή 0,9622 ( $p=0,000$ ).

Η εξίσωση  $y=0,5817e^{0,0407x}$  ( $R^2=0,9256$ ,  $p=0,000$ ), όπου  $y$ =ένταση της ασθένειας και  $x$ =συχνότητα της ασθένειας, απεικονίζει την εκθετική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8, ο ρυθμός αύξησης της έντασης της ασθένειας γίνεται ταχύτερος όταν η συχνότητα της ασθένειας παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 60%.





**Σχήμα 8.** Γραφική απεικόνιση της συµµεταβολής της συχρότητας και της έντασης της ασθένειας.

\*Τα σηµεία που αντιστοιχούν στη συχρότητα και στην ένταση της ασθένειας είναι όπως βρέθηκαν, πριν τη µετατροπή τους µε εφαρµογή της «γωνιακής µετατροπής ή αντίστροφου ηµιτόνου» και προέρχονται από όλες τις επεµβάσεις και από το µάρτυρα.

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι αναφορές για μείωση της απόδοσης της πιπεριάς σε περιπτώσεις έντονης προσβολής από το ωίδιο, αποτέλεσε το ερέθισμα για την πραγματοποίηση αυτού του πειράματος.

Η μείωση της απόδοσης μπορεί να προέλθει είτε λόγω του περιορισμού της υγιούς επιφάνειας των φύλλων με συνέπεια τη μείωση της φωτοσυνθετικής επιφάνειας, είτε λόγω της πτώσης των φύλλων που έχει ανάλογη επίπτωση στη φωτοσύνθεση, είτε τέλος λόγω πρόκλησης ηλιοκαυμάτων στους καρπούς που μένουν ακάλυπτοι μετά την πτώση των φύλλων (Reuveni *et al.*, 1998).

Αποτελέσματα πολλών πειραμάτων έχουν δείξει πως υπάρχει αρνητική σχέση μεταξύ της προσβεβλημένης επιφάνειας των φύλλων και της απόδοσης της καλλιέργειας, καθώς επίσης και μεταξύ του αριθμού των φύλλων που αποκόπηκαν και της απόδοσης της καλλιέργειας (Mesika *et al.*, 1999a).

Η αποφύλλωση οδηγεί στην παραγωγή μικρότερων καρπών εξαιτίας της ανεπαρκούς τροφοδότησης του φυτού με προϊόντα της φωτοσύνθεσης (Reuveni *et al.*, 1998, Damicone & Sutherland, 1999). Τα ποσοστά αποφύλλωσης μπορεί να είναι από πολύ χαμηλά, όταν τα φυτά προσβάλλονται όψιμα και η προσβολή δεν είναι έντονη όπως και στο παρόν πείραμα, έως πολύ υψηλά με αποφύλλωση της τάξης του 75% όταν παρατηρείται έντονη προσβολή (Damicone & Sutherland, 1999, Blat *et al.*, 2005a).

Η μείωση της απόδοσης της τομάτας μπορεί να φθάσει το 40% (Jones & Thomson, 1987, Guzman-Plazola *et al.*, 2003, Konstantinidou-Doltsinis *et al.*, 2006), ενώ και για την πιπεριά υπάρχει αναφορά για μείωση της παραγωγής κατά 2-4 τον./στρ. (Cerkauskas & Buonassisi, 2003).

Όπως αναφέρθηκε και στα αποτελέσματα, πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός του βάρους και του αριθμού καρπών σε βάρος και αριθμό καρπών πριν και μετά την προσβολή από το παθογόνο, ώστε να αναδειχθούν διαφορές που ενδεχομένως αποκρύφτηκαν εξαιτίας της όψιμης εμφάνισης και ανάπτυξης της ασθένειας. Κατά συνέπεια, η συζήτηση θα περιστραφεί κυρίως γύρω από τα αποτελέσματα που αφορούν το βάρος και αριθμό καρπών μετά την προσβολή από το παθογόνο, όπου και παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος, υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην απόδοση μεταξύ των ποικιλιών. Οι διαφορές όμως αυτές υπήρχαν και

πριν την προσβολή από το παθογόνο, οπότε δεν μπορούν να αποδοθούν στην επίδραση της ασθένειας. Όσον αφορά την επίδραση των μυκητοκτόνων, μόνο οι επεμβάσεις με penconazole (597,2 g/φυτό) και boscalid+pyraclostrobin (572,2 g/φυτό) διέφεραν (υπερείχαν) στατιστικώς σημαντικά από το μάρτυρα (442,5 g/φυτό), με το πρώτο να παρουσιάζει απόδοση κατά 25,9% υψηλότερη σε σχέση με το τελευταίο. Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα του πειράματος, σε πείραμα με θερμοκηπιακή καλλιέργεια πιπεριάς στο Ισραήλ βρέθηκε πως ο μάρτυρας (368,7 g/φυτό) παρουσίαζε μικρότερη απόδοση (βάρους καρπών) κατά 29% σε σχέση με το cyproconazole (519,1 g/φυτό), το οποίο ανήκει μαζί με το penconazole στους παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (Reuveni *et al.*, 1998).

Ο αριθμός καρπών στο μάρτυρα δε διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Επίσης, μεταξύ των διαφόρων επεμβάσεων με μυκητοκτόνα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, με εξαίρεση την επέμβαση με quinoxifen που διέφερε στατιστικώς σημαντικά από ορισμένες επεμβάσεις. Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα πειράματος στο Ισραήλ όπου διαπιστώθηκε πως δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, στον αριθμό καρπών, μεταξύ του cyproconazole και του μάρτυρα (Reuveni *et al.*, 1998).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του παραπάνω πειράματος στο Ισραήλ επιβεβαιώνουν την αναφορά άλλου πειράματος, όπου εξηγείται πως η μείωση της απόδοσης της πιπεριάς οφείλεται στην παραγωγή καρπών μικρότερου μεγέθους λόγω μειωμένης τροφοδότησης των προσβεβλημένων φυτών με προϊόντα της φωτοσύνθεσης, και όχι λόγω της μείωσης του αριθμού των καρπών (Damicone & Sutherland, 1999).

Επιπλέον, παρατηρήθηκε πως δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην απόδοση (βάρους) καρπών μεταξύ των επεμβάσεων με παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (flusilazole, spiroxamine) και του μάρτυρα, ενώ η επέμβαση με penconazole το οποίο ανήκει στην ίδια ομάδα μυκητοκτόνων διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το μάρτυρα. Σε άλλο πείραμα με καλλιέργεια τομάτας, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων με παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (triadimefon, penconazole) και του μάρτυρα (Correll *et al.* 1988, Konstantinidou-Doltsinis *et al.* 2006). Αντίθετα, σε

πείραμα με καλλιέργεια τομάτας στο Utah (Η.Π.Α.) παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης των φυτών κατά 23-28% στο μάρτυρα σε σχέση με τους παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (propiconazole, triadimefon) (Jones & Thomson, 1987). Αυτή η διαφορά στα αποτελέσματα των παραπάνω πειραμάτων ίσως να οφείλεται στην πρώιμη, όπως αναφέρεται, μόλυνση των φυτών στο Utah, στη διαφορετική ένταση της ασθένειας, στο γεγονός ότι πρόκειται για διαφορετικές καλλιέργειες ή διαφορετικές ποικιλίες και στη διαφορετική αποτελεσματικότητα των μυκητοκτόνων, παρά τη συνύπαρξή τους στην ίδια ομάδα των παρεμποδιστών βιοσύνθεσης εργοστερόλης

Το βάρος και ο αριθμός καρπών μετά την προσβολή από το παθογόνο, αν και δεν παρουσίαζαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με flusilazole και του μάρτυρα, ήταν ωστόσο μικρότερη στο μυκητοκτόνο. Αυτό ίσως να εξηγείται από το γεγονός ότι το flusilazole ανήκει στους παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης, μια ομάδα μυκητοκτόνων η οποία έχει και ιδιότητες ρύθμισης της αύξησης των φυτών, παρεμποδίζοντας τη βιοσύνθεση γιβερελλίνης και καθυστερώντας κατά συνέπεια την ανάπτυξη των φυτών, με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης (Sisler *et al.*, 1984, Locke & Andrews, 1986, Köller, 1987, Khalil & Mercer, 1990). Διαπιστώθηκε πως διάφορα μυκητοκτόνα αυτής της ομάδας μειώνουν το μήκος των βλαστών της τομάτας και του κριθαριού, χωρίς όμως να ελεγχθούν οι επιπτώσεις στην απόδοση των φυτών (Buchenauer & Röhner, 1981). Σε άλλες περιπτώσεις έχει αναφερθεί μείωση της διαπνοής, του αριθμού των ανθέων (Biggs, 1990), του νωπού βάρους και του μεγέθους των φύλλων, καθώς και του αριθμού των καρπών. Αναφέρεται πως το τελευταίο μπορεί να οφείλεται σε μειωμένη καρπόδεση, καθώς έχει παρατηρηθεί πως η εφαρμογή ορισμένων παρεμποδιστών βιοσύνθεσης εργοστερόλης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ποσοστού βλάστησης των γυρεοκόκκων (Hutcheon *et al.*, 1986).

Όσον αφορά την επέμβαση με quinoxifen όπου επίσης παρατηρήθηκε μειωμένο (μολονότι χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές) βάρος και αριθμός καρπών σε σχέση με το μάρτυρα, αλλά και η πιο αποτελεσματική (στατιστικώς σημαντικές διαφορές) αντιμετώπιση της ασθένειας, υπάρχει αντίστοιχη αναφορά για καλλιέργεια σιταριού στην οποία χρησιμοποιήθηκε το quinoxifen και παρατηρήθηκε μειωμένη απόδοση και συγχρόνως αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της ασθένειας σε σχέση με τα χρησιμοποιούμενα στο συγκεκριμένο πείραμα μυκητοκτόνα (Newton *et al.*, 2004). Όπως αναφέρθηκε στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, το quinoxifen

εμποδίζει σε επίπεδο mRNA την παραγωγή της GTP πρωτεΐνης η οποία θεωρείται απαραίτητη για το σχηματισμό του απρεσορίου μόλυνσης και με αυτόν τον τρόπο ίσως το quinoxifen διακόπτει τη διαδικασία αναγνώρισης του ξενιστή από το μύκητα και τη μετάδοση της εντολής για προσβολή (Wheeler *et al.*, 2003). Είναι επίσης γνωστό πως αυτή η πρωτεΐνη υπάρχει και στα φυτά και επηρεάζει συγκεκριμένες λειτουργίες τους, με αποτέλεσμα τη μη κανονική ανάπτυξη των φυτών όταν διαταράσσεται η παραγωγή αυτής της πρωτεΐνης (Verma *et al.*, 1994, Sano & Ohashi, 1995, Jones & Assmann, 2004). Η μειωμένη λοιπόν απόδοση που παρατηρήθηκε στην επέμβαση με quinoxifen, ενδεχομένως να οφείλεται στο παραπάνω γεγονός.

Η παρατήρηση αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία αν ληφθεί υπόψη πως το flusilazole παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές από το μάρτυρα στη συχνότητα και στην ένταση της ασθένειας, όντας αποτελεσματικότερο, και το quinoxifen ήταν το αποτελεσματικότερο από όλα τα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν, στη μείωση της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας. Συνεπώς, θα μπορούσε λανθασμένα να θεωρηθεί πως η αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της ασθένειας θα είχε ως αποτέλεσμα και την αύξηση της απόδοσης, κάτι που όμως δεν αποδείχθηκε πειραματικά.

Ο χρόνος επώασης, ήτοι το χρονικό διάστημα από τη μόλυνση μέχρι την εμφάνιση των συμπτωμάτων της ασθένειας, ήταν 19 ημέρες. Το χρονικό αυτό διάστημα δεν είναι σταθερό και εξαρτάται, για την ίδια ασθένεια, από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, το στάδιο ανάπτυξης των φυτών και από άλλους παράγοντες. Για το μύκητα *Leveillula taurica*, το διάστημα αυτό συνήθως κυμαίνεται από 9 έως 26 ημέρες (Correll *et al.*, 1987, Cerkauskas & Buonassisi, 2003, Souza & Café-Filho, 2003, Mohan & Molenaar, 2005). Γενικά, ο χρόνος επώασης μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, μολονότι όχι αναλογικά, μέχρι ενός ορισμένου σημείου (Correll *et al.*, 1987, Guzman-Plazola *et al.*, 2003) και με την αύξηση της ηλικίας των φυτών (Souza & Café-Filho, 2003).

Όσον αφορά την επιδημιολογία, αναφέρεται πως θερμοκρασίες υψηλότερες των 30°C είναι επιβλαβείς για τη βλάστηση των κονιδίων, την επιμήκυνση του βλαστικού σωλήνα και την ανάπτυξη της ασθένειας (Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Στους 36°C το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων είναι μικρότερο από 5% (Jones & Thomson, 1987). Θερμοκρασίες (ημέρας) όμως υψηλότερες των 30°C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες αποτελούσαν τον κανόνα για την περιοχή διεξαγωγής του πειράματος, ενώ και

θερμοκρασίες κοντά στους 36°C ήταν αρκετά συνηθισμένες με συνέπεια την καθυστέρηση εμφάνισης της ασθένειας. Η ίδια καθυστέρηση στην εμφάνιση της ασθένειας παρατηρήθηκε και σε άλλες καλλιέργειες (πιπεριά και τομάτα) στην ευρύτερη περιοχή της Μαγνησίας. Σε άλλο πείραμα, βρέθηκε πως χαμηλή σχετική υγρασία (20-40%) βρέθηκε να μειώνει το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων και την ανάπτυξη των κηλίδων στα φύλλα. Συγκεκριμένα, αναφέρεται πως μία εβδομάδα μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων οι περισσότερες κηλίδες γινόταν νεκρωτικές με συνέπεια τη μείωση του ρυθμού εξέλιξης της ασθένειας (Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Το φαινόμενο αυτό της απότομης νέκρωσης των ιστών και της μειωμένης ανάπτυξης των κηλίδων στα φύλλα παρατηρήθηκε και στα φυτά του πειράματος κατά τις πρώτες τεχνητές μολύνσεις, μολονότι τα επίπεδα σχετικής υγρασίας δεν ήταν τόσο χαμηλά. Αναφέρεται ακόμη πως μέτρια σχετική υγρασία (60-70%) αυξάνει το ποσοστό βλάστησης των κονιδίων και βελτιστοποιεί την πρόοδο της ασθένειας, με την προϋπόθεση της ευνοϊκής θερμοκρασίας (Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Τέτοιες συνθήκες που ευνοούν την ασθένεια παρατηρήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα από τέλη Σεπτεμβρίου έως τέλη Οκτωβρίου, οπότε και παρατηρήθηκε ταχύτερος ρυθμός εξέλιξης της ασθένειας.

Όσον αφορά τη συχνότητα και την ένταση της ασθένειας, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, αν και η ποικιλία Φλωρίνης εμφάνιζε σταθερά τις χαμηλότερες τιμές. Ωστόσο, σε άλλες περιπτώσεις αξιολόγησης διαφόρων ποικιλιών ως προς την ευαισθησία τους στην ασθένεια παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν στα αντίστοιχα πειράματα (Mesika *et al.*, 1999a).

Τα υψηλά ποσοστά συχνότητας της ασθένειας εξηγούνται, αν ληφθεί υπόψη η σειρά με την οποία εκτελέστηκαν τα διάφορα στάδια του πειράματος, ήτοι τεχνητές μολύνσεις των φυτών, πρώτη εφαρμογή των μυκητοκτόνων, τεχνητές μολύνσεις των φυτών, δεύτερη εφαρμογή των μυκητοκτόνων και εκτίμηση της προσβολής. Συνεπώς, τα αρχικά συμπτώματα εμφανίσθηκαν σε όλες τις επεμβάσεις, καθώς δεν είχε γίνει προληπτική εφαρμογή μυκητοκτόνων. Μετά την εφαρμογή των μυκητοκτόνων, τα φυτά ήταν προστατευμένα για κάποιο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, ίσως υπήρξε και κάποιο χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο ψεκασμών κατά το οποίο είχε μειωθεί η υπολειμματική δράση των μυκητοκτόνων. Το γεγονός ότι στην επέμβαση με quinoxifen παρατηρήθηκε

η χαμηλότερη συχνότητα της ασθένειας, ίσως εξηγείται από το μεγάλο χρονικό διάστημα για το οποίο αναφέρεται πως παραμένει δραστικό. Συγκεκριμένα, αναφέρεται πως μπορεί να παρέχει προστασία στα φυτά για εβδομήντα ημέρες, με μία μόνο εφαρμογή (Gullino *et al.*, 2000).

Στις επεμβάσεις με τους παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (flusilazole, penconazole, spiroxamine), παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες, μετά το μάρτυρα, τιμές συχνότητας της ασθένειας. Το αποτέλεσμα αυτό ίσως εξηγείται από το γεγονός ότι οι παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης δεν παρουσιάζουν δράση κατά της βλάστησης των σπορίων του μύκητα, ενώ τα άλλα τρία μυκητοκτόνα (quinoxifen, azoxystrobin, boscalid+pyraclostrobin) παρουσιάζουν και τέτοια δράση (Gullino *et al.*, 2000, Bernhard *et al.*, 2002, Rosenberg, 2004).

Οι επεμβάσεις με παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (flusilazole, penconazole, spiroxamine) συνέβαλαν στη μείωση (σε σχέση με το μάρτυρα) της έντασης της ασθένειας κατά 54-72,8%. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των Jones & Thomson (1987), οι οποίοι αναφέρουν μείωση της έντασης της ασθένειας από τις επεμβάσεις με παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (propiconazole, triadimefon) κατά 48,8-61,6%. Σε αντιδιαστολή με τα παραπάνω αποτελέσματα, σε πείραμα με καλλιέργεια τομάτας στην Κρήτη παρατηρήθηκε αρκετά μικρότερη μείωση της έντασης της ασθένειας από την επέμβαση με penconazole η οποία ήταν της τάξης του 27,4% (Konstantinidou-Doltsinis *et al.*, 2006). Η επέμβαση με penconazole προκάλεσε μείωση της συχνότητας της ασθένειας κατά 38,6%, σε σχέση πάντα με το μάρτυρα. Σε παρόμοιο πείραμα με το ίδιο μυκητοκτόνο (αλλά μεγαλύτερη δόση) σε καλλιέργεια πιπεριάς στο Ισραήλ παρατηρήθηκε μείωση (σε σχέση με το μάρτυρα) της συχνότητας της ασθένειας κατά 46,7% (Fallik *et al.*, 1997).

Από τις στρομπιλουρίνες, η επέμβαση με azoxystrobin προκάλεσε 49,2% και 79,2% μείωση (σε σχέση με το μάρτυρα) της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας αντίστοιχα. Σε αντίστοιχο πείραμα με το trifloxystrobin σε καλλιέργεια πιπεριάς στην Αριζόνα, παρατηρήθηκε 74,1% και 81,3% μείωση (σε σχέση με το μάρτυρα) της συχνότητας και την έντασης της ασθένειας αντίστοιχα (Olsen *et al.*, 2001). Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στο Connecticut σε καλλιέργεια τομάτας προσβεβλημένη από το *Oidium lycopersicum*, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μυκητοκτόνων στο βάρος και στον αριθμό των καρπών, όμως η επέμβαση με azoxystrobin

προκάλεσε μείωση της έντασης της ασθένειας κατά 71,7% σε σχέση με το μάρτυρα (LaMondia, 1999).

Η επεξεργασία των δεδομένων της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας, ανέδειξε την ύπαρξη θετικής συσχέτισης μεταξύ αυτών των δύο και κατέληξε σε μία εκθετική συνάρτηση ( $y=0,5817e^{0,0407x}$ ) η οποία συνδέει τις δύο μεταβλητές. Η παραπάνω συνάρτηση μπορεί να χρησιμεύσει στην εκτίμηση της έντασης της ασθένειας όταν είναι γνωστή μόνο η συχνότητα της ασθένειας. Όπως είναι γνωστό, η συχνότητα της ασθένειας αποτελεί ένα χαρακτηριστικό που εκτιμάται σχετικά εύκολα και πραγματοποιείται σε υψηλό βαθμό με αντικειμενικότητα, ενώ η εκτίμηση της έντασης της ασθένειας απαιτεί περισσότερο κόπο και εξαρτάται ως ένα βαθμό και από τον εκτιμητή (Seem, 1984, Edwards *et al.*, 2000, Cardoso *et al.*, 2004, Paul *et al.*, 2005).

Η συνάρτηση που βρέθηκε να συνδέει τη συχνότητα και την ένταση της ασθένειας, μπορεί ενδεχομένως να έχει ακόμη πιο πρακτική εφαρμογή. Η γραμμή που απεικονίζει αυτή τη συνάρτηση έχει γενικά εκθετική μορφή, όμως αρχικά εμφανίζεται με γραμμική μορφή. Το σημείο που συμβαίνει αυτή η αλλαγή μπορεί να θεωρηθεί σαν το «κρίσιμο σημείο της ασθένειας», πέραν του οποίου η ένταση της ασθένειας αυξάνεται με ταχύτερο ρυθμό. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση, το σημείο αυτό αντιστοιχεί στη συχνότητα ασθένειας με τιμή 60%. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα ανάλογων πειραμάτων σε άλλες όμως καλλιέργειες, όπου βρέθηκε πως το «κρίσιμο σημείο της ασθένειας» κυμαίνεται από τιμές συχνότητας 60% έως 80% (Edwards *et al.*, 2000, Dillard & Seem, 1990a, Dillard & Seem, 1990b), αν και σε ορισμένες περιπτώσεις υψηλής ευαισθησίας κάποιων ποικιλιών ενδέχεται να παρατηρηθεί το σημείο αυτό και σε χαμηλότερες τιμές συχνότητας της ασθένειας (Pataky & Headrick, 1988).

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί πως και οι τρεις ποικιλίες είναι εξίσου ευαίσθητες στην ασθένεια και οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στο βάρος και στον αριθμό καρπών δεν οφείλονται στην επίδραση της ασθένειας, αλλά στις ποικιλίες. Οι επεμβάσεις με penconazole και boscalid+pyraclostrobin βρέθηκαν να έχουν θετική επίδραση στο βάρος καρπών και στην καταπολέμηση της ασθένειας. Η επέμβαση με quinoxifen μολονότι βρέθηκε η αποτελεσματικότερη (στατιστικώς σημαντικές διαφορές)



στη μείωση της συχνότητας και της έντασης της ασθένειας παρουσίασε ωστόσο τη μικρότερη (όμως χωρίς στατιστικώς σημαντική διαφορά με το μάρτυρα) απόδοση (βάρος και αριθμό) καρπών, επιδρώντας ίσως με κάποιο τρόπο στη φυσιολογία του φυτού. Στην επέμβαση με flusilazole παρατηρήθηκε μικρότερη συχνότητα και ένταση της ασθένειας σε σχέση με το μάρτυρα. Όμως η απόδοση (βάρος και αριθμός) καρπών ήταν μικρότερη (μολονότι χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές) στο μυκητοκτόνο, κάτι που δείχνει πως υπεύθυνη για τη μείωση της απόδοσης στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν ήταν η ασθένεια αλλά η αρνητική μάλλον επίδραση του μυκητοκτόνου στη φυσιολογία του φυτού. Τέλος, η εύρεση (για πρώτη φορά στην πιπεριά) του «κρίσιμου σημείου της ασθένειας» και η επέμβαση χρονικά κοντά σε αυτό το σημείο καθιστά τη χημική αντιμετώπιση της ασθένειας πιο αποτελεσματική και αγρονομικά αποδεκτή σε Προγράμματα Ολοκληρωμένης Παραγωγής στα πλαίσια εφαρμογής μιας μελλοντικής «γεωργίας ακριβείας».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (Ελληνική)

- Γεωργόπουλος ΣΓ, 1984. *Βασικές γνώσεις φυτοπαθολογίας*. Αθήνα.
- Γεωργόπουλος ΣΓ, Ζιώγας ΒΝ, 1992. Αρχές και μέθοδοι καταπολέμησης των ασθενειών των φυτών. Αθήνα.
- Γιαννοπολίτης ΚΝ, εκδ, 2005. *Γεωργία-Κτηνοτροφία* **9**, 22-3, 81-82.
- Ολύμπιος ΧΜ, 2001. *Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Παναγόπουλος ΧΓ, 1995. Ασθένειες τομάτας, μελιτζάνας, πιπεριάς και μπάμιας. Στο: Σταμούλης Α, εκδ. *Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη, 26-31.
- Τζάμος ΕΚ, 2004. *Φυτοπαθολογία*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Χολέβας ΚΔ, Γαβαλάς ΝΑ, Χιτζανίδου Α, Κουγέα Η, Τζάμος ΕΚ, Παππάς ΑΧ, Ελένα Κ, Θεοχάρη Ι, Κορνάρου Ε, Παναγόπουλος ΧΓ, Ψαλλίδας ΠΓ, Αλιβιζάτος ΑΣ, Κυριακοπούλου ΠΗ, Μπεμ Φ, 1990. Ασθένειες καλλιεργούμενων φυτών που παρατηρήθηκαν στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1970 έως 1980. *Χρονικά Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου (Ν.Σ.)* **16**:1-82.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (Ξενογλωσση)

- Agrios GN, 2005. *Plant Pathology*, 5th ed., Elsevier Academic Press.
- Alexopoulos CJ, Mims CW, 1979. Subclass Hymenoascomycetidae I, Pyrenomycetes I, The *Phyllactinia* type centrum. In: *Introductory Mycology*. 3rd ed., John Wiley & Sons.
- Anesiadis T, Karaoglanidis GS, Tzavella-Klonari K, 2003. Protective, curative and eradicator activity of the strobilurin fungicide azoxystrobin against *Cercospora beticola* and *Erysiphe betae*. *Journal of Phytopathology* **151**, 647-51.
- Arie T, Takahashi H, Kodama M, Teraoka T, 2007. Tomato as a model plant for plant-pathogen interactions. *Plant Biotechnology* **24**, 135-47.
- Ayesu-Offei EN, 1989. Formae speciales of *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. Infecting peppers and eggplants in Ghana. *Tropical Agriculture* **66**, 355-60.
- Bai Y, Huang CC, Van der Hulst R, Meijer-Dekens F, Bonnema G, Lindhout P, 2003. QTLs for tomato powdery mildew resistance (*Oidium lycopersici*) in *Lycopersicon parviflorum* G1.1601 co-localize with two qualitative powdery mildew resistance genes. *Molecular plant-microbe interactions* **16**, 169-76.
- Baron J, 2000. IR-4 new products/transitional solution list.
- Baum D, Vilder Y, Kuraby Ch, Rulf R, Fried A, Beracha A, Baum J, 2000. Flint- A new mesostemic product of the strobilurin group for control of powdery mildew. *Phytoparasitica* **28**, 275-6.
- Bechir AM, 1993. Evaluation of pepper genotypes to *Leveillula taurica* Lev. (Arn.) resistance in Tunisia. *Capsicum and eggplant newsletter* **12**, 81-2.
- Belanger RR, Bushnell WR, Dik AJ, Carver TLW, eds, 2002. *The powdery mildews*, St. Paul, Minnesota: APS press.
- Bernhard U, Leader A, Longhurst C, Felsenstein FG, 2002. Quinoxifen-resistance management and sensitivity monitoring in wheat: 1995-2000. *Pest Management Science* **58**, 972-4.
- Biggs AR, 1990. Reduction in transpiration and return bloom in apple by two sterol-inhibiting fungicides. *HortScience* **25**, 1403-5.
- Blaker N, Reiwich S, Yoder JI, 1995. Mapping the *Lv* gene. *Report of the tomato genetics cooperative* **45**, 14.

- Blat SF, Costa CP, Vencovsky R, Sala FC, 2005a. Reaction of sweet and hot pepper accesses to powdery mildew (*Oidiopsis taurica*). *Horticultura Brasileira* **23**, 72-5.
- Blat SF, Costa CP, Vencovsky R, Sala FC, 2005b. Inheritance of reaction to *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. in *Capsicum annuum* L. *Scientia Agricola* **62**, 40-4.
- Blat SF, Costa CP, Vencovsky R, Sala FC, 2006. Hot pepper (*Capsicum chinense*, Jacq.) inheritance of reaction to powdery mildew. *Scientia Agricola* **63**, 471-4.
- Bollen GJ, Scholten G, 1971. Acquired resistance to benomyl and some other systemic fungicides in a strain of *Botrytis cinerea* in cyclamen. *European Journal of Plant Pathology (Neth. J. Pl. Path.)* **77**, 83-90.
- Borovinova M, 2006. Comparative study of fungicide treatments on apple cultivars- resistant and susceptible to scab. *Phytopathology Pol.* **39**, 41-6.
- Brand M, Mesika Y, Elad Y, Sztjenberg A, David DR, Nitzani Y, Yehezkel H, Shmuel D, Targerman M, Aharon Y, 2002. Integrated control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) in sweet pepper. *Phytoparasitica* **30**, 4.
- Buchenauer H, Röhner E, 1981. Effect of triadimefon and triadimenol on growth of various plant species as well as on gibberellin content and sterol metabolism in shoots of barley seedlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **15**, 58-70.
- Burden RS, Cooke DT, Hargreaves JA, 1990. Review-Mechanism of action of herbicidal and fungicidal compounds on cell membranes. *Pesticide Science* **30**, 125-40.
- Cabras P, Angioni A, Garau VL, Pirisi FM, Cabitza F, Pala M, Farris GA, 2000. Fate of quinoxifen residues in grapes, wine, and their processing products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**, 6128-31.
- Cabras P, Angioni A, Garau VL, Pirisi FM, Espinoza J, Mendoza A, Cabitza F, Pala M, Brandolini V, 1998. Fate of azoxystrobin, fluazinam, kresoxim-methyl, mepanipyrim and tetraconazole from vine to wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **46**, 3249-51.
- Callens D, Sarrazyn R, Evens W, 2005. Signum, a new fungicide for control of leaf diseases in outdoor vegetables. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* **70**, 199-207.

- Cardoso JE, Santos AA, Rossetti AG, Vidal JC, 2004. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. *Plant Pathology* **53**, 363-7.
- Celio GJ, Hausbeck MK, 1998. Conidial germination, infection structure formation, and early colony development of powdery mildew on poinsettia. *Phytopathology* **88**, 105-13.
- Cerkauskas R, 2004. Powdery mildew. AVRDC-The world vegetable center.
- Cerkauskas RF, Buonassisi A, 2003. First report of powdery mildew of greenhouse pepper caused by *Leveillula taurica* in British Columbia, Canada. *Plant Disease* **87**, 1151.
- Chollet J-F, Bonnemain J-L, Miginiac L, Rohr O, 1990. Fungicidal activity of a series of 1-substituted-1-aryl-2-triazol-1-yl-ethanols. *Pesticide Science* **29**, 427-35.
- Chunwongse J, Bunn TB, Crossman C, Jiang J, Tanksley SD, 1994. Chromosomal localization molecular-marker tagging of the powdery mildew resistance gene (*Lv*) in tomato. *Theoretical and Applied Genetics* **89**, 76-9.
- Chunwongse J, Doganlar S, Crossman C, Jiang J, Tanksley SD, 1997. High-resolution genetic map of the *Lv* resistance locus in tomato. *Theoretical and Applied Genetics* **95**, 220-3.
- Clerk GC, Ayesu-Offei EN, 1967. Conidia and conidial germination in *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. *Annals of Botany* **31**, 749-54.
- Clewer AG, Scarisbrick DH, 2001. Checking the assumptions and transformation of data. In: *Practical statistics and experimental design for plant and crop science*. England: John Wiley & Sons.
- Cook RTA, Inman AJ, Billings C, 1997. Identification and classification of powdery mildew anamorphs using light and scanning electron microscopy and host range data. *Mycological Research* **101**, 975-1002.
- Correll JC, Gordon TR, Elliott VG, 1987. Host range, specificity and biometrical measurements of *Leveillula taurica* in California. *Plant Disease* **71**, 248-51.
- Correll JC, Gordon TR, Elliott VG, 1988. Powdery mildew of tomato: the effect of planting date and triadimefon on disease onset, progress, incidence, and severity. *Phytopathology* **78**, 512-9.

- Correll JC, Villarroel MI, McLeod PJ, 2005. First report of powdery mildew caused by *Leveillula taurica* on tomato and pepper in Bolivia. *Plant Disease* **89**, 776.
- Damicone JP, Sutherland AJ, 1999. First report of pepper powdery mildew caused by *Leveillula taurica* in Oklahoma. *Plant Disease* **83**, 1072.
- Daubeze AM, Hennart JW, Palloix A, 1995. Resistance to *Leveillula taurica* in pepper (*Capsicum annuum*) is oligogenically controlled and stable in Mediterranean regions. *Plant Breeding* **114**, 327–32.
- Délye C, Laigret F, Corio-Costet M-F, 1997. New tools for studying epidemiology and resistance of grape powdery mildew to DMI fungicides. *Pesticide Science* **51**, 309-14.
- Dik AJ, van der Gaag DG, van Slooten MA, 2003. Efficacy of salts against fungal diseases in glasshouse crops. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* **68**, 475-85.
- Dillard HR, Seem RC, 1990a. Incidence-severity relationships for common maize rust on sweet corn. *Phytopathology* **80**, 842-6.
- Dillard HR, Seem RC, 1990b. Use of an action threshold for common maize rust to reduce crop loss in sweet corn. *Phytopathology* **80**, 846-9.
- Edwards J, Taylor PA, Parbery DG, Halloran GM, 2000. Peppermint rust in Victoria: the incidence-severity relationship and its implication for the development of an action threshold. *Australian Journal of Agricultural Research* **51**, 91-5.
- Elad Y, Malathrakis NE, Dik AJ, 1996. Biological control of *Botrytis*-incited diseases and powdery mildews in greenhouse crops. *Crop Protection* **15**, 229-40.
- Elad Y, Messika Y, Brand M, David DR, Sztejnberg A, 2007. Effect of microclimate on *Leveillula taurica* powdery mildew of sweet pepper. *Phytopathology* **97**, 813-24.
- El-Ammari SS, Khan MW, 1983. *Leveillula taurica* powdery mildew of greenhouse cucumber in Libya. *Plant Disease* **67**, 553-5.
- Erickson EO, Wilcox WF, 1997. Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *Uncinula necator* sensitive and resistant to triadimefon. *Phytopathology* **87**, 784-91.

- Fallik E, Ziv O, Grinberg S, Alkalai S, Klein JD, 1997. Bicarbonate solutions control powdery mildew (*Leveillula taurica*) on sweet red pepper and reduce the development of postharvest fruit rotting. *Phytoparasitica* **25**, 41-3.
- Farr DF, Bills GF, Chamuris GP, Rossman AY, 1995. *Fungi of plants and plant products in the United States*. 2nd ed. Minnesota, USA: APS press.
- Ficcadenti N, Sestili S, Annibali S, Campanelli G, 2002. Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* race 1,2 in muskmelon lines nad-1 and nad-2. *Plant Disease* **86**, 897-900.
- Fletcher JT, 1984. Diseases of greenhouse plants. New York: John Wiley & Sons.
- Glawe DA, du Toit LJ, Pelter GQ, 2004. First report of powdery mildew on potato caused by *Leveillula taurica* in North America. On line. Plant Health Progress.
- Goldberg N, 2003. Powdery mildew. In: Pernezny K, Roberts PD, Murphy JF, Goldberg NP, eds. *Compendium of pepper diseases*. APS press, 19-20.
- Goldberg N, 2004. Powdery mildew in chile peppers. Guide H-248.
- Gullino ML, Leroux P, Smith CM, 2000. Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. *Crop Protection* **19**, 1-11.
- Guzman-Plazola RA, Davis RM, Marois JJ, 2003. Effects of relative humidity and high temperature on spore germination and development of tomato powdery mildew (*Leveillula taurica*). *Crop Protection* **22**, 1157-68.
- Hauke K, Creemers P, Brugmans W, Van Laer S, 2004. Signum, a new fungicide with interesting properties in resistance management of fungal diseases in strawberries. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* **69**, 743-55.
- Henry MJ, 1990. Mode of action of the fungicide flusilazole in *Ustilago maydis*. *Pesticide Science* **28**, 35-42.
- Hernandez RL, Stamova L, 1990. Resistance to *Leveillula taurica* in tomato lines from Costa Rica. *TGC Report* **40**, 15-6.
- Hirata T, Takamatsu S, 1996. Nucleotide sequence diversity of rDNA internal transcribed spacers extracted from conidia and cleistothecia of several powdery mildew fungi. *Mycoscience* **37**, 283-8.
- Hollomon DW, Wheeler I, Dixon K, Longhurst C, Skylakakis G, 1997. Defining the resistance risk of the new powdery mildew fungicide quinoxifen. *Pesticide Science* **51**, 347-51.

- Hudec K, Bokor P, 2001. The field efficacy of fungicides against main leaves pathogens of barley. *Acta fytotechnica et zootechnica* **4**, 295-7.
- Hutcheon JA, Coyle J, Holgate ME, Byrde RJW, 1986. Effects of fungicides on long-term cropping and fruit quality of apple. *Plant Pathology* **35**, 249-53.
- Ishii H, Fraaije BA, Sugiyama T, Noguchi K, Nishimura K, Takeda T, Amano T, Hollomon DW, 2001. Occurrence and molecular characterization of strobilurin resistance in cucumber powdery mildew and downy mildew. *Phytopathology* **91**, 1166-71.
- Jilderda K, Kruts M, Scholtens R, Jacobs K, Sinnema T, 2005. Signum, a novel fungicide for the control of *Alternaria* spp. in potatoes. In: Westerdijk CE, Schepers HTAM, eds. *9<sup>th</sup> workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight*, 2005. Tallinn, Estonia: 69-75.
- Jones AM, Assmann SM, 2004. Plans: the latest model system for G-protein research. *European Molecular Biology Organization reports* **5**, 572-8.
- Jones WB, Thomson SV, 1987. Source of inoculum, yield and quality of tomato as affected by *Leveillula taurica*. *Plant Disease* **71**, 266-8.
- Kanto T, Miyoshi A, Ogawa T, Maekawa K, Aino M, 2004. Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. *Journal of General Plant Pathology* **70**, 207-11.
- Kasselaki A-M, Shaw MW, Malathrakis NE, Haralambus J, 2006. Control of *Leveillula taurica* in tomato by *Acremonium alternatum* is by induction of resistance, not hyperparasitism. *European Journal of Plant Pathology* **115**, 263-7.
- Khalil IA, Mercer EI, 1990. Effect of diclobutrazol on the growth and sterol and photosynthetic pigment content of winter wheat. *Pesticide Science* **28**, 271-81.
- Khodaparast SA, Hedjaroude G-A, Takamatsu S, Braun U, 2002. Three new species of the genus *Leveillula* from Iran. *Mycoscience* **43**, 459-62.
- Khodaparast SA, Takamatsu S, Hedjaroude GA, 2001. *Mycological Research* **105**, 909-18.
- Kiss L, 2003. A review of fungal antagonists of powdery mildews and their potential as biocontrol agents. *Pest Management Science* **59**, 475-83.
- Köller W, 1987. Isomers of sterol synthesis inhibitors: Fungicidal effects and plant growth regulator activities. *Pesticide Science* **18**, 129-47.



- Konstantinidou-Doltsinis S, Markellou E, Kasselaki E-M, Fanouraki MN, Koumaki CM, Schmitt A, Liopa-Tsakalidis A, Malathrakis NE, 2006. Efficacy of Milsana<sup>®</sup>, a formulated plant extract from *Reynoutria sachalinensis*, against powdery mildew of tomato (*Leveillula taurica*). *BioControl* **51**, 375-92.
- Krammer W, Berg D, Dutzmann S, Etzel WA, Gau W, Stelzer U, Weissmuller J, 1999. *Pesticide Science* **55**, 566-614.
- Kurt S, Soylu S, Soylu EM, Tok FM, 2004. First report of powdery mildew caused by *Leveillula taurica* on leek (*Allium porrum*) in Turkey. *Plant Pathology* **53**, 527.
- Kuttin Y, 2002. Serenade-A new biofungicide. *Phytoparasitica* **30**, 9.
- LaMondia JA, 1999. Powdery mildew: a new disease of tomato. In: *Proceedings of New England vegetable and growers conference and trade show*, 1999. Sturbridge, MA: 326-330.
- LaMondia JA, Smith VL, Douglas SM, 1999. Host range of *Oidium lycopersicum* on selected solanaceous species in Connecticut. *Plant Disease* **83**, 341-4.
- Lefebvre V, Daubéze A-M, Van der Voort JR, Peleman J, Bardin M, Palloix A, 2003. QTLs for resistance to powdery mildew in pepper under natural and artificial infections. *Theoretical and Applied Genetics* **107**, 661-6.
- Leroux P, 1996. Recent developments in the mode of action of fungicides. *Pesticide Science* **47**, 191-7.
- Liberato JR, 2006. Powdery mildew on *Passiflora* in Australia. *Australasian Plant Pathology* **35**, 73-5.
- Locke T, Andrews L, 1986. Effects of fungicides on powdery mildew, tree growth and cropping of apple. *Plant Pathology* **35**, 241-8.
- Malathrakis NE, Fanouraki MN, 2001. Studies on the biology of the fungus *Leveillula taurica* Lev. *Phytopathologia Mediterranea* **40**, 186.
- Malathrakis NE, Goumas DE, 1999. Fungal and bacterial diseases. In: Albajes R *et al.*, eds. *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. Netherland: Kluwer Academic Publishers, 34-47.
- Matheron ME, Porchas M, 2003. *Examination of new chemistries to control powdery mildew of cantaloupe in 2002*. University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences. On-Line [<http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1323>].

- McGrath MT, 2001. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: Experiences and challenges. *Plant Disease* **85**, 236-45.
- McGrath MT, Shishkoff N, Bornt C, Moyer DD, 2001. First occurrence of powdery mildew caused by *Leveillula taurica* on pepper in New York. *Plant Disease* **85**, 1122.
- Mercer EI, 1991. Sterol biosynthesis inhibitors: Their current status and modes of action. *Lipids* **26**, 584-97.
- Mesika Y, Elad Y, Nitzani Y, Kirshner B, Shmulevitz Y, David DR, Sztjenberg A, Yehezkel H, Shmuel D, Taari E, Posalski Y, Cohen Y, Fuchs M, 1999a. Powdery mildew (*Leveillula taurica*) of bell pepper in heated greenhouses. *Phytoparasitica* **27**, 140-1.
- Mesika Y, Elad Y, Nitzani Y, Kirshner B, Shmulevitz Y, David DR, Sztjenberg A, Yehezkel H, Shmuel D, Taari E, Posalski Y, 1999b. Shading nets over pepper crop reduce powdery mildew (*Leveillula taurica*). *Phytoparasitica* **27**, 141-2.
- Mickler J, Mullen B, 2003. *Evaluation of fungicides for the control of powdery mildew*. Variety and disease control trials in San Joaquin and Stanislaus counties. California: U.S. Department of Agriculture, University of California and San Joaquin County Cooperating.
- Mohan SK, Molenaar ND, 2005. Powdery mildew caused by *Leveillula taurica* on glossy leaf genotypes of onion in Idaho. *Plant Disease* **89**, 431.
- Molot PM, Leroux JP, Diop-Bruckler M, 1990. *Leveillula taurica* (Lév.) Arn. : cultures axéniques, biologie et spécificité parasitaire. *Agronomie* **10**, 551-9.
- Molot PM, Leroux JP, Ferriere H, 1987a. Les oïdiums des cucurbitacées. II. Mise au point d' une technique de conservation des souches en culture axénique. *Agronomie* **7**, 339-43.
- Mullen RJ, Colbert D, Wittie R, Whiteley S, 2003. A powdery mildew control trial in fresh market tomatoes. Variety and disease control trials in San Joaquin and Stanislaus counties.
- Nelson LA, 1986. Use of statistics in planning, data analysis, and interpretation of fungicide and nematicide tests. In: Hickey KD, ed. *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens*. APS Press, 11-23.

- Newton AC, Hackett CA, Lowe R, Wale SJ, 2004. Relationship between canopy reflectance and yield loss due to disease in barley. *Annals of Applied Biology* **145**, 95-106.
- Nihoul P, 1993. Controlling glasshouse climate influences the interaction between tomato glandular trichome, spider mite and predatory mite. *Crop Protection* **12**, 443-7.
- Northover J, Homeyer CA, 2001. Detection and management of myclobutanil-resistant grapevine powdery mildew (*Uncinula necator*) in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology* **23**, 337-45.
- Olsen MW, Oehler J, Rorabaugh P, 2001. Evaluation of fungicides for control of powdery mildew of greenhouse pepper. University of Arizona College of Agriculture 2001 Vegetable Report. On-Line [<http://ag.arizona.edu/pubs/crop/az1252/>].
- Pataky JK, Headrick JM, 1988. Relationships between common rust incidence and severity on a susceptible and a partially resistant sweet corn hybrid. *Phytopathology* **78**, 1155-60.
- Paul PA, El-Allaf SM, Lipps PE, Madden LV, 2005. Relationships between incidence and severity of *Fusarium* head blight on winter wheat in Ohio. *Phytopathology* **95**, 1049-60.
- Paz Lima ML, Lopes CA, Café-Filho AC, 2004. Stability of resistance of *Capsicum* spp. genotypes to powdery mildew in protected cropping. *Fitopatologia Brasileira* **29**, 519-25.
- Regulatory Note, 2000. *Azoxystrobin*. Pest Management Regulatory Agency. Canada: REG 2000-15
- Reichert I, Palti J, 1966. *Prediction of plant disease occurrence. A pathogeographical approach*, 337-355.
- Reis A, Boiteux LS, Lopes CA, Henz GP, 2005. *Oidiopsis haplophylli* (*Leveillula taurica*): um patógeno polífago e amplamente distribuído no Brasil. *Comunicado técnico* **26**, 1-13.
- Reis A, Boiteux LS, Paz-Lima ML, Silva PP, Lopes CA, 2004. Powdery mildew of *Allium* species caused by *Oidiopsis taurica* in Brazil. *Horticultura Brasileira* **22**, 758-60.

- Reis A, Lopes CA, Paz Lima ML, Boiteux LS, 2004. *Eryngium foetidum*, *Petroselinum crispum* and *Coriandrum sativum*: New apiaceae hosts of *Oidiopsis taurica* in Brazil. *Fitopatologia Brasileira* **29**, 339
- Reuveni M, 2001. Activity of trifloxystrobin against powdery and downy mildew diseases of grapevines. *Canadian Journal of Plant Pathology* **23**, 52-9.
- Reuveni M, Reuveni R, 2000. Prior inoculation with non-pathogenic fungi induces systemic resistance to powdery mildew in cucumber plants. *European Journal of Plant Pathology* **106**, 633-8.
- Reuveni R, Dor G, Reuveni M, 1998. Local and systemic control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on pepper plants by foliar spray of mono-potassium phosphate. *Crop Protection* **17**, 703-9.
- Rosenberg D, 2004. Signum-A broad-spectrum fungicide containing the new active ingredients boscalid and pyraclostrobin. *Phytoparasitica* **32**, 209.
- Sabaratnum S, 2004. *Management of powdery mildew, Leveillula taurica, in greenhouse peppers*. British Columbia: Ministry of Agriculture and Lands (Crop protection factsheet.).
- Sano H, Ohashi Y, 1995. Involvement of small GTP-binding proteins in defense signal-transduction pathways of higher plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **92**, 4138-44.
- Seem RC, 1984. Disease incidence and severity relationships. *Annual Review of Phytopathology* **22**, 133-50.
- Sherf AF, Macnab AA, 1986. *Vegetable diseases and their control*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.
- Shishkoff N, 2003. First report of the cucurbit powdery mildew fungus (*Podosphaera xanthii*) resistant to strobilurin fungicides in the United States. *Plant Disease* **87**, 1007.
- Sholberg PL, Haag P, 1994. Control of apple powdery mildew (*Podosphaera leucotricha*) in British Columbia by demethylation-inhibiting fungicides. *Canadian Plant Disease Survey* **74**, 5-11.
- Sisler HD, Ragsdale NN, Waterfield WF, 1984. Biochemical aspects of the fungitoxic and growth regulatory action of fenarimol and other pyrimidin-5-ylmethanols. *Pesticide Science* **15**, 167-76.

- Smolka S, Wolf G, 1986. Cytological studies on the mode of action of systemic fungicides on the host pathogen complex barley-powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* Marchal). *Pesticide Science* 17, 249-55.
- Souza VL, Café-Filho AC, 2003. Resistance to *Leveillula taurica* in the genus *Capsicum*. *Plant Pathology* 52, 613-9.
- Stamova L, Yordanov M, 1987. *Resistance to Leveillula taurica (Lev.) Arn.* New York: Departments of Plant Breeding and Biometry, and Agronomy (Tomato Genetics Cooperative Report 37).
- Stamova L, Yordanov M, 1990. *Lv - as a symbol of the gene controlling resistance to Leveillula taurica.* New York: Departments of Plant Breeding and Biometry, and Agronomy (Tomato Genetics Cooperative Report 40).
- Takamatsu S, Hirata T, Sato Y, 1998. Phylogenetic analysis and predicted secondary structures of the rDNA internal transcribed spacers of the powdery mildew fungi (Erysiphaceae). *Mycoscience* 39, 441-53.
- Takamatsu S, Kano Y, 2001. PCR primers useful for nucleotide sequencing of rDNA of the powdery mildew fungi. *Mycoscience* 42, 135-9.
- Tiemann R, Berg D, Kramer W, Pontzen R, 1997. Biochemistry of the new fungicide KWG 4168 (Spiroxamine). *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 50, 29-48.
- Tindall HD, 1974. Vegetable production and research in tropical Africa. *Scientia Horticulturae* 2, 199-207.
- Tjamos EC, 1988. *Leveillula taurica* (Lev.) Arnaud. In: Smith IM, Dunez J, Lelliott RA, Phillips DH, Archer SA, eds. *European handbook of plant diseases*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Trigiano RN, Windham MT, Windham AS, eds, 2004. *Plant pathology, Concepts and laboratory exercises*. CRC press.
- Tsrer L, Lebiush-Mordechai S, Shapira N, 2002. Control of powdery mildew on organic pepper. *Phytoparasitica* 30, 9.
- Velasquez-Valle R, Valle-Garcia P, 1999. First report of powdery mildew of pepper in north-central Mexico. *Plant Disease* 83, 302.
- Verma DPS, Cheon C-I, Hong Z, 1994. Small GTP-binding proteins and membrane biogenesis in plants. *Plant Physiology* 106, 1-6.

- Wheeler IE, Hollomon DW, Gustafson G, Mitchell JC, Longhurst C, Zhang Z, Gurr SJ, 2003. Quinoxifen perturbs signal transduction in barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). *Molecular Plant Pathology* **4**, 177-86.
- Whipps JM, Budge SP, 2000. Effect of humidity on development of tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in the glasshouse. *European Journal of Plant Pathology* **106**, 395-7.
- Whitehead R, ed, 2002. *The UK pesticide guide 2002*. UK: CABI publishing.
- Wicks TJ, Hitch CJ, 2002. Integration of strobilurins and other fungicides for the control of powdery mildew on grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **8**, 132-9.
- Yordanov M, Stamova L, Stoayanova Z, 1975. *Leveillula taurica* resistance in the tomato. Davis, California: Department of Vegetable Crops (Tomato Genetics Cooperative Report 25).
- Ypema HL, Gold RE, 1999. Modification of a naturally occurring compound to produce a new fungicide. *Plant Disease* **83**, 4-19.
- Zadoks JC, 1989. EPIPPE, a computer-based decision support system for pest and disease control in wheat: its development and implementation in Europe. In: Leonard KJ, Fry WE, eds. *Plant disease epidemiology*. U.S.A.: McGraw-Hill., 3-29.
- Zar JH, 1999. Data transformations. In: Ryu T, ed. *Biostatistical analysis*. 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 273-280.

### Ηλεκτρονικές πηγές

- [http1: www.minagric.gr](http://www.minagric.gr)

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**



**Εικόνα 1:** Συμπτώματα (πάνω αριστερά) και σημεία (κάτω δεξιά) σε φυτά πιπεριάς.

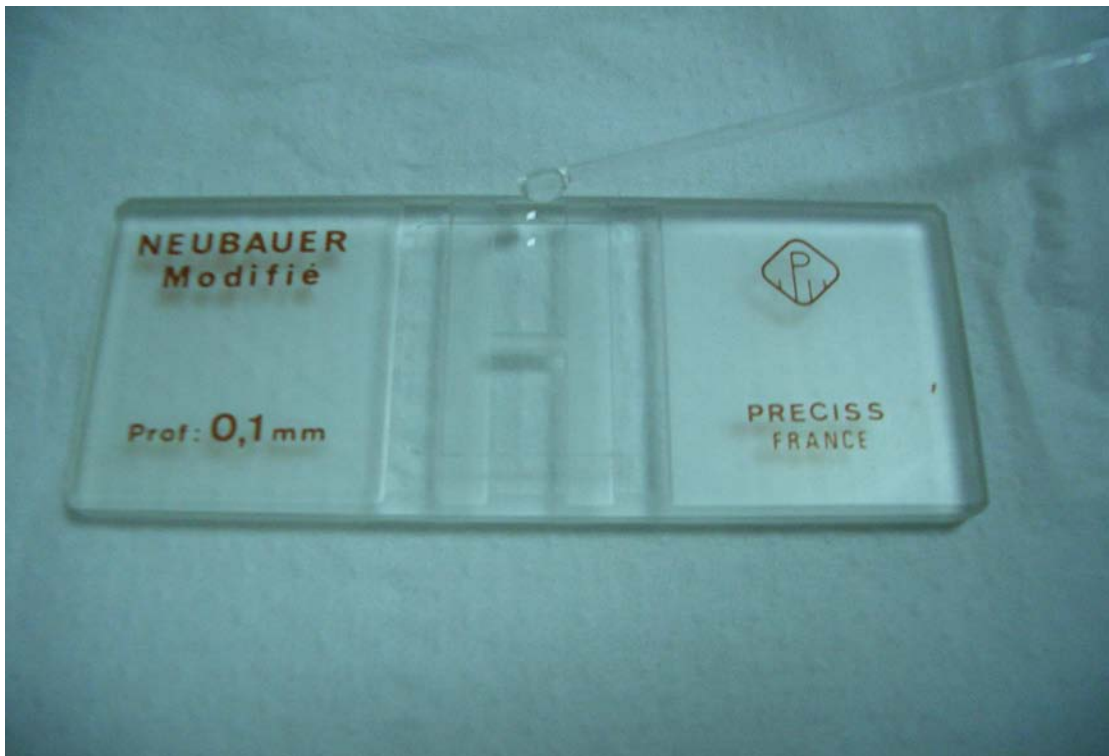


**Εικόνα 2:** Κονιδιοφόροι εξερχόμενοι από στόμα φύλλου (πάνω αριστερά), κονιδιοφόρος με πρωτογενές κονίδιο (πάνω δεξιά), πρωτογενή-δευτερογενή κονίδια (κάτω αριστερά) και βλάστηση κονιδίου με ταυτόχρονο σχηματισμό απρεσσορίου μόλυνσης πάνω σε αντικειμενοφόρο επικαλυμμένη με τεφλόν (κάτω δεξιά).

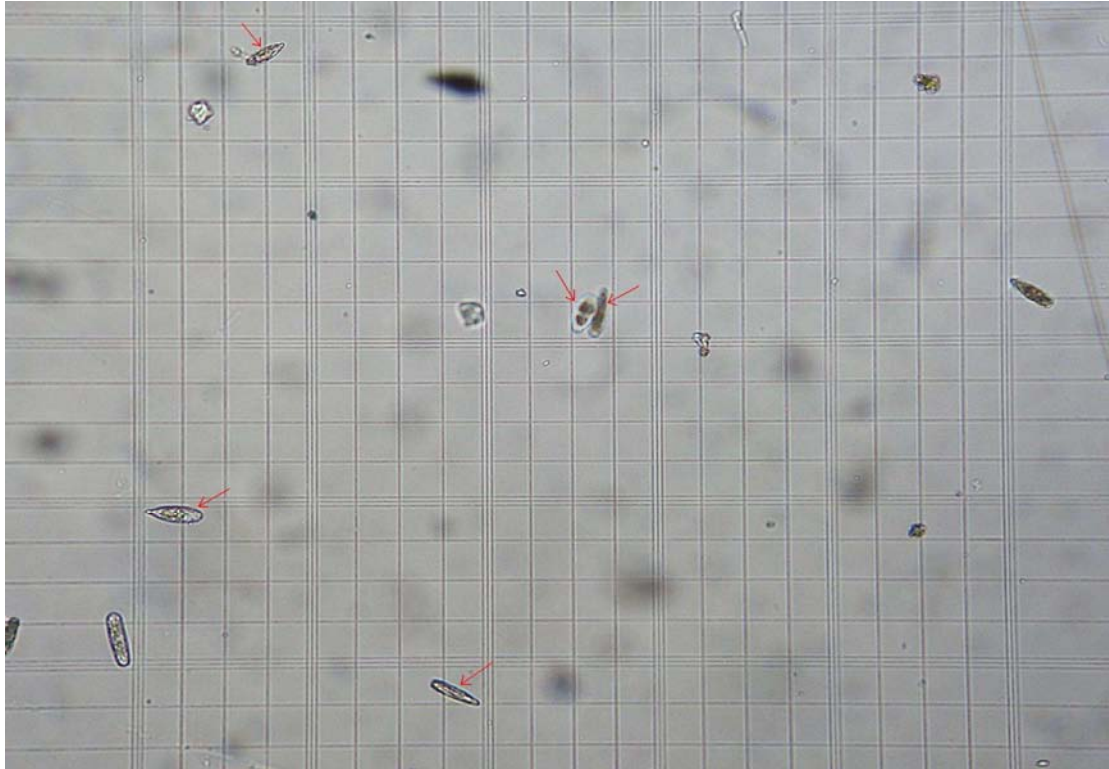




**Εικόνα 3:** Προετοιμασία του μολύσματος.



**Εικόνα 4:** Αιματοκυτόμετρο. Δεξιά διακρίνεται η πιπέτα Pasteur με την οποία τοποθετείται σταγόνα του αιωρήματος σπορίων (μολύσματος) στο αιματοκυτόμετρο προκειμένου να βρεθεί η συγκέντρωση των σπορίων.



**Εικόνα 5:** Αιματοκυτόμετρο. Εικόνα από μικροσκόπιο μετά την τοποθέτηση της σταγόνας του αιωρήματος σπορίων, όπου διακρίνονται μέσα στα 25 μεγάλα τετράγωνα πέντε κονίδια τα οποία αντιστοιχούν σε συγκέντρωση 50000 σπόρια/mL.



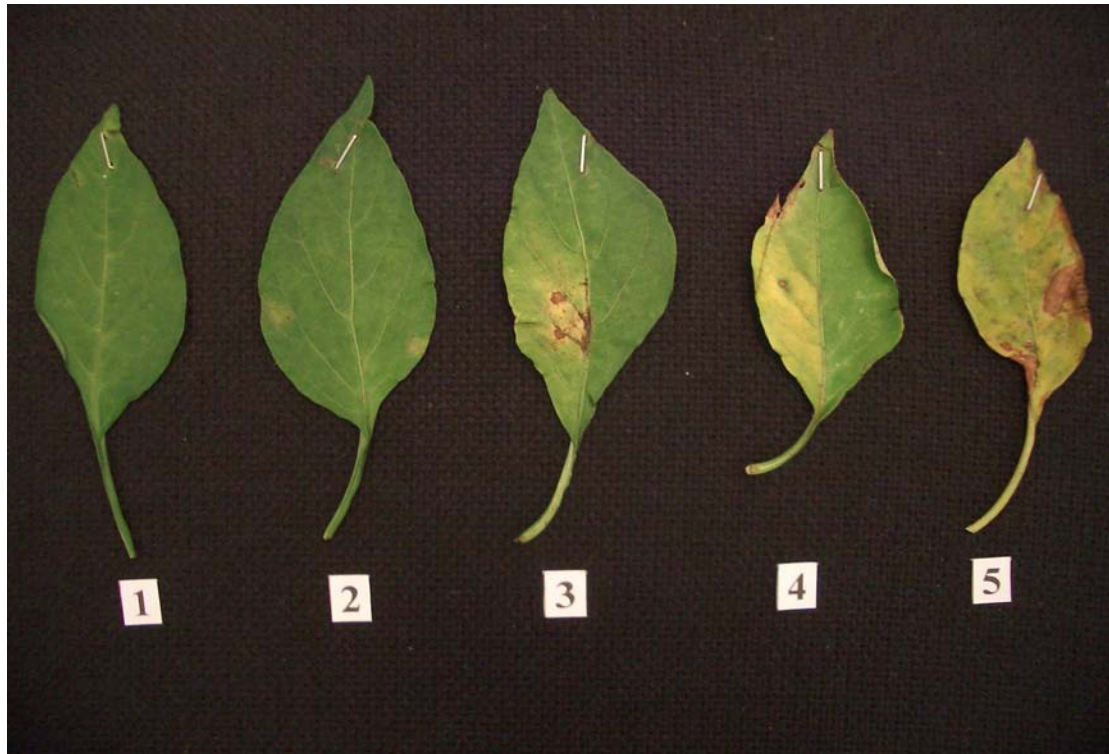
**Εικόνα 6:** Τεχνητή μόλυνση των φυτών με το αιώρημα σπορίων του μύκητα.



**Εικόνα 7:** Εφαρμογή των μυκητοκτόνων με συμβατικό επινώτιο ψεκαστήρα.



**Εικόνα 8:** Ποικιλίες πιπεριάς του πειράματος. Από αριστερά προς τα δεξιά διακρίνονται οι ποικιλίες Π 13 (Μακριά Γλυκειά ή Κέρατο), Π 14 (Γεμιστή Μακεδονίας) και Φλωρίνης.



**Εικόνα 9:** Κλίμακα εκτίμησης της έντασης της ασθένειας. 1 (καθόλου συμπτώματα), 2 (1-10% του φύλλου με συμπτώματα), 3 (11-25% του φύλλου με συμπτώματα), 4 (26-50% του φύλλου με συμπτώματα), 5 (51-100% του φύλλου με συμπτώματα).



**Εικόνα 10:** Γενική εικόνα του πειραματικού.