

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α΄	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	4
1	ΤΟ ΣΕΛΙΝΟ.....	5
1.1	ΦΥΛΛΩΔΕΣ ΣΕΛΙΝΟ ΟΜΑΔΑΣ DULCE.....	6
1.2	ΡΙΖΟΣΕΛΙΝΟ ΟΜΑΔΑΣ RAPACEUM.....	8
2	ΟΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ: ΚΕΡΚΟΣΠΟΡΙΩΣΗ, ΣΕΙΠΤΟΡΙΩΣΗ	11
2.1	ΚΕΡΚΟΣΠΟΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΕΛΙΝΟΥ	12
2.1.1	Συμπτώματα.....	12
2.1.2	Σημεία	14
2.2	ΣΕΙΠΤΟΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΕΛΙΝΟΥ	14
2.2.1	Συμπτώματα.....	15
2.2.2	Σημεία	16
3	ΤΑ ΑΙΤΙΑ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ	17
3.1	ΤΟ ΑΙΤΙΟ ΤΗΣ ΚΕΡΚΟΣΠΟΡΙΩΣΗΣ.....	18
3.1.1	Ταξινόμηση	18
3.1.2	Αγενής Αναπαραγωγή.....	19
3.1.3	Εγγενής Αναπαραγωγή.....	20
3.1.4	Κύκλος Ξενιστών του <i>Cercospora apii</i>	21
3.1.5	Καλλιέργεια σε Τεχνητά Θρεπτικά Υποστρώματα.....	22
3.1.6	Παθογένεση.....	24
3.2	ΤΟ ΑΙΤΙΟ ΤΗΣ ΣΕΙΠΤΟΡΙΩΣΗΣ	28
3.2.1	Ταξινόμηση	28
3.2.2	Αγενής Αναπαραγωγή.....	28
3.2.3	Εγγενής Αναπαραγωγή.....	30
3.2.4	Κύκλος Ξενιστών	30
3.2.5	Καλλιέργεια σε Τεχνητά Θρεπτικά Υποστρώματα.....	30
3.2.6	Παθογένεση.....	30
4	ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ	34
4.1	ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΕΡΚΟΣΠΟΡΙΩΣΗΣ.....	35
4.1.1	Επίδραση του Παθογόνου	35
4.1.1.1	Είδος μολυσμάτων του <i>Cercospora apii</i> και τρόποι διάδοσής τους.....	35
4.1.1.2	Διάρκεια επιβίωσης των μολυσμάτων.....	35
4.1.2	Επίδραση του Ξενιστή	36
4.1.2.1	Γονοτυπικά ελεγχόμενη ανθεκτικότητα στον <i>Cercospora apii</i>	36

4.1.2.2	Πυκνότητα των Φυτών στο Χώρο	36
4.1.3	Επίδραση του Περιβάλλοντος	38
4.1.4	Επίδραση του Χρόνου	39
4.1.4.1	Διάρκεια του βιολογικού κύκλου του παθογόνου.....	39
4.1.4.2	Διάρκεια του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας.....	39
4.1.4.3	Διάρκεια της υψηλής σχετικής υγρασίας.....	39
4.1.5	Επίδραση του Ανθρώπου	39
4.2	ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΕΠΤΟΡΙΩΣΗΣ	42
4.2.1	Επίδραση του Παθογόνου	42
4.2.1.1	Είδος και τρόπος διάδοσης των μολυσμάτων	42
4.2.1.2	Διάρκεια επιβίωσης των μολυσμάτων.....	43
4.2.1.3	Ποσότητα του μολύσματος κοντά σε ευπαθείς ξενιστές.....	43
4.2.2	Επίδραση του Ξενιστή	44
4.2.2.1	Γονοτυπικά ελεγχόμενη ανθεκτικότητα.....	44
4.2.3	Επίδραση του Περιβάλλοντος και του Χρόνου.....	45
4.2.4	Επίδραση του Ανθρώπου	46
5	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ	48
5.1	ΧΡΗΣΗ ΥΓΙΟΥΣ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	49
5.2	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ	51
5.3	ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ	52
5.3.1	Μυκητοκτόνα με Προστατευτική Δράση	54
5.3.2	Μυκητοκτόνα με Διασυστηματική Δράση	57
	ΜΕΡΟΣ Β΄ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	60
	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
6	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	75
6.1	ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ	76
6.2	ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	76
6.3	ΠΑΘΟΓΟΝΑ	77
6.4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΩΝ	78
6.5	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΟΛΥΝΣΕΙΣ	79
6.6	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ	82
6.7	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	83
6.8	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	83
7	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	84

7.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΗΣ <i>Cercospora</i>	91
7.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΗΣ <i>Septoria</i>	95
7.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΩΝ <i>Cercospora</i> + <i>Septoria</i>	99
ΠΕΡΙΛΗΨΗ		103
8	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		110

ΜΕΡΟΣ Α΄
ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1

ΤΟ ΣΕΛΙΝΟ

Το σέλινο (*Apium graveolens*) ανήκει στην οικογένεια δικότυλων φυτών Σκιαδιοφόρα ή Ομβρελλίδες (Umbelliferae) ή Απιίδες (Apiaceae). Στο είδος *A. graveolens* διακρίνονται τρεις βοτανικές ποικιλίες:

Apium graveolens L. var *dulce* (Mill) D.C. (Dulce group), (φυλλώδες σέλινο, αγγλ. celery). Περιλαμβάνονται οι ποικιλίες που καλλιεργούνται για το υπέργειο τμήμα τους, δηλαδή για τα φύλλα και τα στελέχη τους (μίσχοι) τα οποία είναι ανεπτυγμένα και τρυφερά.

Apium graveolens L. var *rapaceum* (Rapaceum group) (ριζοσέλινο, αγγλ. celeriac). Περιλαμβάνονται οι ποικιλίες που καλλιεργούνται για τις σαρκώδεις ρίζες τους (γογγυλόριζα) και για το φύλλωμά τους.

Apium graveolens var. *silvestre*, που είναι το άγριο σέλινο.

Η λέξη *graveolens* σημαίνει ισχυρό (δριμύ) άρωμα και η *dulce* γλυκό άρωμα, γλυκιά γεύση, και αναφέρονται στο χαρακτηριστικό άρωμα και μυρωδιά που παράγεται από τα αιθέρια έλαια που βρίσκονται στα στελέχη, στα φύλλα, στη γογγυλόριζα και στο σπόρο του σέλινου.

Αρχικά το σέλινο που καλλιεργείτο ήταν τραχύ και οι μίσχοι κοίλοι (κούφιοι) εσωτερικά. Αργότερα, με τη βελτίωση και επιλογή, οι μίσχοι ήταν περισσότερο σαρκώδεις και το δριμύ πικρό άρωμα του χυμού σταδιακά έγινε γλυκό και αρεστό στον καταναλωτή (Ολύμπιος, 1994).

1.1 ΦΥΛΛΩΔΕΣ ΣΕΛΙΝΟ ΟΜΑΔΑΣ DULCE

Το φυλλώδες σέλινο είναι φυτό ποώδες αρωματικό, ύψους 40-100 cm και υπό κανονικές συνθήκες είναι διετές λαχανικό, με τα άνθη να εμφανίζονται τον δεύτερο χρόνο σε ανθοφόρο στέλεχος ύψους 60 έως 80 cm. Μπορεί όμως να συμπεριφέρεται και σαν μονοετές, όταν οι θερμοκρασίες βρίσκονται στο επίπεδο των 2-10° C για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα (εαρινοποίηση), οπότε παράγονται ανθικά στελέχη κατά τον πρώτο χρόνο, αντίδραση ανεπιθύμητη.

Ο σπόρος του σέλινου είναι πάρα πολύ μικρός (μεταξύ των μικρότερων στην ομάδα των λαχανικών). Η βλαστικότητα του φυλλώδους σέλινου και του ριζοσέλινου, όπως και των άλλων συγγενών ειδών της οικογένειας των Apiaceae είναι χαμηλή.

Το σέλινο είναι λαχανικό ψυχρής εποχής και αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες. Πολύ χαμηλές όμως θερμοκρασίες παγετού (-3 έως -5° C) καταστρέφουν το φυτό. Κατά τη νεαρή του ηλικία της βλαστικής ανάπτυξης συμπεριφέρεται άριστα σε χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ αντίθετα, κατά την αναπαραγωγική του φάση δηλ. κατά το στάδιο της παραγωγής σπόρων αντιδρά καλύτερα στις υψηλές θερμοκρασίες. Οι απαιτήσεις του φυτού κατά το στάδιο της ανάπτυξης καθορίζονται από ένα ελάχιστο στους 7° C, με άριστο μεταξύ 15 και 18° C και μέγιστο 24° C. Είναι προφανές ότι για μέγιστη παραγωγή, το άριστο των θερμοκρασιών ανάπτυξης το φυτού είναι πάρα πολύ στενό.

Το σέλινο αναπτύσσει αβαθές ριζικό σύστημα, γι αυτό η άρδευση με οποιαδήποτε μέθοδο είναι απολύτως αναγκαία. Οι σπόροι του φυτρώνουν όταν το έδαφος βρίσκεται στο επίπεδο ή πολύ κοντά στο επίπεδο υδατοϊκανότητας. Το σέλινο και το ριζοσέλινο πρέπει να καλλιεργούνται σε εδάφη που συγκρατούν καλά την υγρασία. Τα μέσης σύστασης ή ελαφρά αργιλλοπηλώδη εδάφη και τα οργανικά καλά αποστραγγιζόμενα (αποξηραμένες λίμνες, κ.λπ.) θεωρούνται τα πιο κατάλληλα. Το άριστο pH βρίσκεται κοντά στο ουδέτερο επίπεδο και κυμαίνεται μεταξύ 6-7,5.

Η απευθείας σπορά δεν εφαρμόζεται σε εμπορικές φυτείες μεγάλης έκτασης στην Ελλάδα, αλλά και σε διεθνή κλίμακα δεν είναι αρκετά διαδεδομένη (μόνο το ¼ των εκτάσεων) λόγω της μικρής επιτυχίας στο φύτευμα, της ανομοιομορφίας στο μέγεθος των φυτών, της ανάγκης αραίωσης κ.λπ. Στην Ελλάδα η πρακτική που ακολουθείται στον πολλαπλασιασμό του σέλινου είναι η προετοιμασία φυτών σε σπορείο ή φυτώριο και η μεταφύτευση στο χωράφι, όταν τα φυτάρια αποκτήσουν το επιθυμητό μέγεθος. Η δημιουργία ανοικτών σπορείων σε κατάλληλο μέρος του λαχανόκηπου είναι η μέθοδος που ακολουθείτο πριν από χρόνια, και εξακολουθεί να εφαρμόζεται και σήμερα. Στα ανοικτά σπορεία, η σπορά γίνεται απευθείας το έδαφος ή το υπόστρωμα του σπορείου (αλίας) ή μέσα σε ατομικά γλαστράκια ή δίσκους κατασκευασμένους από διάφορα υλικά. Ένα σημαντικό ποσοστό φυταρίων σήμερα, προετοιμάζεται σε θερμοκήπια σπορεία ή «σκέπαστρα» σπορεία, ιδιαίτερα όταν επιδιώκεται πρόιμη παραγωγή και η σπορά γίνεται στο τέλος του χειμώνα. Στα θερμοκήπια σπορεία η σπορά γίνεται σε ατομικά γλαστράκια ή δίσκους. Ανάλογα με τις θερμοκρασίες που επικρατούν, τα φυτάρια εμφανίζονται μετά από 1-2 εβδομάδες. Τα φυτάρια παραμένουν στο σπορείο για 2-3 μήνες και ακολουθεί μεταφύτευση. Για φύτευση ενός στρέμματος απαιτούνται περίπου 8.000 έως 12.000 φυτά, τα οποία εξασφαλίζονται με σπορά 30-40 gr σπόρου σε

οπορείο 30m². Το ύψος των φυτών κατά τη μεταφύτευση είναι 10-15 cm και έχουν 3-6 πραγματικά φύλλα.

Στην Ελλάδα οι αποστάσεις φύτευσης που εφαρμόζονται για το φυλλώδες σέλινο είναι 30-40 cm μεταξύ των γραμμών και 15-25 cm επί των γραμμών φύτευσης. Όταν προγραμματίζεται λεύκανση των μίσχων των φύλλων με παράχωμα, τότε οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών αυξάνονται στο 1m όταν η φύτευση γίνεται σε απλές γραμμές ή, αν η φύτευση γίνεται σε ανάχωμα διπλών γραμμών, τότε η απόσταση μεταξύ του ζεύγους των γραμμών ρυθμίζεται στα 20-25 cm και μεταξύ των ζευγών στο 1m.

Στην απευθείας σπορά γίνεται πιο πυκνή σπορά επί της γραμμής (5 cm) και στη συνέχεια γίνεται αραιώμα στα 15-20 cm όταν τα φυτά αποκτήσουν 4-6 πραγματικά φύλλα.

Η σπορά του σέλινου στα σπορεία ξεκινά από το τέλος του χειμώνα, τον Φεβρουάριο, και συνεχίζεται την άνοιξη μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού. Η μεταφύτευση γίνεται 2-2,5 μήνες αργότερα, δηλ. από το τέλος της άνοιξης και όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η χρονική αυτή κατανομή της σποράς και μεταφύτευσης εξασφαλίζει τη διάρκεια της προσφοράς του προϊόντος στην αγορά από το φθινόπωρο μέχρι την επόμενη άνοιξη. Το φυλλώδες σέλινο συγκομίζεται 5-8 μήνες μετά τη σπορά ή 3-6 μήνες μετά τη μεταφύτευση, ανάλογα με την ποικιλία, την εποχή και τις συνθήκες της καλλιέργειας. Το κόστος συγκομιδής είναι το μεγαλύτερο συνθετικό του ολικού κόστους παραγωγής της καλλιέργειας.

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες φυλλώδους σέλινου, που διακρίνονται μεταξύ τους από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τη ζωηρότητα ανάπτυξής τους, την αντοχή στις ασθένειες και το ψόχος. Οι κυριότερες ποικιλίες που καλλιεργούνται σήμερα στην Ελλάδα είναι οι Utah, Utah 52-70R, Pascal, Giant Pascal (Ολύμπιος, 1994).

1.2 ΡΙΖΟΣΕΛΙΝΟ ΟΜΑΔΑΣ RARACEUM

Το ριζοσέλινο δεν είναι πάρα πολύ δημοφιλές λαχανικό σε διεθνές επίπεδο, στην Ελλάδα όμως είναι το κατ' εξοχήν «σέλινο» που καλλιεργείται και χρησιμοποιούνται και τα φύλλα του και οι γογγυλόριζες.

Το ριζοσέλινο είναι φυτό διετές, παρόμοιο στην εμφάνιση με το σέλινο, με κύριες διαφορές από αυτό, το σημαντικά μικρότερο μέγεθός του (ύψος 30-70 cm) και την εμφανή σε μέγεθος γογγυλόριζα που έχει το ριζοσέλινο και η οποία έχει σαρκώδες σφαιροειδές σχήμα και σχηματίζεται από δευτερογενή διόγκωση του λαιμού του φυτού. Στην Ελλάδα καταναλώνονται τόσο το υπέργειο μέρος του φυτού, φύλλα, μίσχοι φύλλων όσο και η γογγυλόριζα, η οποία εκτιμάται ιδιαίτερα λόγω της γλυκιάς γεύσης και του αρώματος που έχει όταν μαγειρευτεί.

Τα φύλλα αναπτύσσονται απευθείας από τη διογκωμένη βάση (γογγυλόριζα). Η γογγυλόριζα αναπτύσσεται σε αρκετά μεγάλο μέγεθος, 10 cm ύψος, 10 cm διάμετρο.

Το ριζοσέλινο, όπως και το φυλλώδες, απαιτεί σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, 16-24° C. Είναι πάρα πολύ ευπαθές στην εαρινοποίηση και στο σχηματισμό ανθικού στελέχους, αν επικρατήσουν περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών 5-10° C για μερικές ημέρες, στο στάδιο των πέντε πραγματικών φύλλων.

Το ριζοσέλινο μπορεί να σπέρνεται απευθείας στο χωράφι ή να μεταφυτεύεται, ανάλογα με τα επίπεδα θερμοκρασίας που θα επικρατήσουν όταν το φυτό θα βρίσκεται στο στάδιο των πέντε πραγματικών φύλλων. Γενικά ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως και στο φυλλώδες σέλινο. Στην Ελλάδα η σορά γίνεται τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο, η μεταφύτευση 2-2,5 μήνες αργότερα (Ιούνιο) και η συγκομιδή ξεκινά 80-90 ημέρες μετά τη μεταφύτευση και συνεχίζεται όλο το χειμώνα.

Στο ριζοσέλινο εφαρμόζονται αποστάσεις 30-40 cm μεταξύ των γραμμών και αυξημένες αποστάσεις φύτευσης επί της γραμμής (30-40 cm) σε σύγκριση με το φυλλώδες σέλινο (15-25 cm). Αν θα γίνει παράχωμα των διογκωμένων ριζών ώστε να αποκτήσουν άσπρο χρωματισμό, οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών αυξάνονται στο 1m. Ακολουθείται επίσης και το σύστημα των διπλών γραμμών με αποστάσεις όπως και στο φυλλώδες σέλινο.

Το ριζοσέλινο συγκομίζεται όταν η μέση διάμετρος του ριζοκονδύλου είναι 10cm. Στην Ελλάδα αρκετοί παραγωγοί συγκομίζουν μόνο μέρος των φύλλων του φυτού, τα οποία πωλούν σε δεσμίδες ή με το βάρος. Επίσης κατά την εξαγωγή ολόκληρου του φυτού πωλείται γογγυλόριζα και φύλλωμα μαζί ή γογγυλόριζα χωρίς φύλλωμα. Στο εξωτερικό, μόνο η γογγυλόριζα προωθείται.

Στην Ευρώπη έχουν δημιουργηθεί αρκετές ποικιλίες, γιατί το λαχανικό αυτό είναι πιο δημοφιλές και καλλιεργείται κυρίως για τη γογγυλόριζα που χρησιμοποιείται αποκλειστικά σχεδόν για την παραγωγή σούπας. Αντίθετα, στην Αμερική δεν είναι πολύ γνωστό και δε χρησιμοποιείται πολύ. Οι πιο γνωστές ποικιλίες είναι οι Grant Prague, Early Paris και Large Smooth Prague (Ολύμπιος, 1994).

2

ΟΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ:

ΚΕΡΚΟΣΠΟΡΙΩΣΗ, ΣΕΠΤΟΡΙΩΣΗ

2.1 ΚΕΡΚΟΣΠΟΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΕΛΙΝΟΥ

Όπως σχεδόν όλες οι κερκοσποριώσεις, η κερκοσπορίωση του σέλινου (αγγλ. *Cercospora blight*, *foliar blight*, *early blight*) είναι ασθένεια κηλίδωσης φύλλων (Agrios, 2005).

Η κερκοσπορίωση είναι μια από τις πιο σοβαρές μυκητολογικές ασθένειες του σέλινου παγκοσμίως. Η πρώτη περιγραφή της έγινε στην Ευρώπη το 1863, ενώ σήμερα εντοπίζεται πλέον παντού όπου καλλιεργείται το σέλινο. Όταν η ασθένεια είναι έντονη νωρίς κατά την καλλιεργητική περίοδο, η εκτεταμένη αποφύλλωση μπορεί να προκαλέσει ανάσχεση της ανάπτυξης των φυτών. Αν και τα φύλλα και οι μίσχοι που φέρουν προσβολές μπορούν να απορριφθούν κατά τη συγκομιδή, αυτή η διαδικασία αυξάνει τα εργατικά και μειώνει την ποσότητα της παραγωγής. Σε πολλές περιπτώσεις, ολόκληροι αγροί σπαρμένοι με σέλινο έχουν εγκαταλειφθεί. Η αντιμετώπιση της κερκοσπορίωσης μπορεί να αποβεί ένα από τα πιο επίπονα και ακριβά προγράμματα αντιμετώπισης όλων των κηπευτικών καλλιεργειών. Το ριζοσέλινο επίσης προσβάλλεται από την κερκοσπορίωση και εκδηλώνει τα τυπικά συμπτώματα και σημεία της ασθένειας. Η κερκοσπορίωση (*early blight*) γενικά εμφανίζεται πριν τη σεπτορίωση (*late blight*) στον αγρό (Raid, 2002).

Στις περιοχές που η ασθένεια αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, το κόστος προστασίας των καλλιεργειών από την ασθένεια είναι πάρα πολύ υψηλό διότι απαιτούνται από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή πάρα πολλοί ψεκασμοί με μυκητοκτόνα για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της ασθένειας (αναφέρονται 20-40 ψεκασμοί στη Florida των Η.Π.Α.) (Γεωργόπουλος, 1995). Ωστόσο η κερκοσπορίωση δε θεωρείται πια η πιο καταστροφική ασθένεια του σέλινου (Groenewald *et al.*, 2005).

2.1.1 ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Τα συμπτώματα αρχικά εμφανίζονται ως μικρές κίτρινες κηλίδες, ορατές τόσο από την πάνω όσο και από την κάτω επιφάνεια των φύλλων. Αυτές οι κηλίδες αποκτούν καφέ έως γκρι χρώμα και επεκτείνονται ταχέως, φθάνοντας σε διάμετρο το 1cm ή και περισσότερο. Οι κηλίδες της κερκοσπορίωσης τυπικά δεν έχουν σαφώς καθορισμένα όρια και τελικά αποκτούν ξηρή, παπυρώδη υφή. Μολυσμένα φύλλα που περιέχουν πολλές κηλίδες μπορεί να νεκρωθούν. Στους μίσχους, οι κηλίδες είναι πιο

επιμήκεις, με τη μεγαλύτερή τους διάσταση παράλληλη προς τον επιμήκη άξονα του μίσχου. Τα συμπτώματα της κερκοσπορίωσης εμφανίζονται πρώτα στα μεγαλύτερης ηλικίας, εξωτερικά φύλλα και μίσχους και ακολούθως και στα ενδότερα και ανώτερα τμήματα του φυτού (Raid, 2002). Στην πραγματικότητα, οι μολύνσεις πραγματοποιούνται στα νεαρότερα φύλλα καθώς σχηματίζονται από τις καρδιές των φυτών και αναπτύσσονται προς τα ανώτερα επίπεδα της φυτομάζας. Μετά από μια περίοδο επώασης περίπου 10 ημερών εμφανίζονται καφέ κυκλικές κηλίδες. Μέσα στο χρονικό αυτό διάστημα όμως, νέα φύλλα έχουν σχηματιστεί και τα φύλλα με τις κηλίδες έχουν απωθηθεί προς την περιφέρεια του φυτού (Lacy *et al.*, 1996).



Εικόνα 1 (Επάνω). Συμπτώματα κερκοσπορίωσης σε φύλλα σέλινου (Προσαρμογή από Raid, 2002).



Εικόνα 2 (Δεξιά). Συμπτώματα κερκοσπορίωσης σε ώριμα φυτά σέλινου (Προσαρμογή από Raid, 2002).

Η κερκοσπορίωση μπορεί να διακριθεί εύκολα από τη σειπορίωση, από την έλλειψη μαύρων πυκνιδίων εμβαπτισμένων στον ιστό των φύλλων. Επιπλέον, οι μεμονωμένες κηλίδες της κερκοσπορίωσης είναι τυπικά μεγαλύτερες (διαμέτρου μεγαλύτερης από 20 mm) και έχουν λιγότερο καθορισμένα όρια από της κηλίδες της σειπορίωσης (των οποίων η διάμετρος δεν ξεπερνά τα 10 mm) (Raid, 2002).

2.1.2 ΣΗΜΕΙΑ

Όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας, οι κηλίδες μπορεί να πάρουν μια ελαφριά γκρι απόχρωση λόγω της άφθονης σποριώσης στην επιφάνεια του ιστού του ξενιστή (Raid, 2002).

Η τεφρόγκριζη εξάνθηση, που δύσκολα διακρίνεται χωρίς μεγεθυντικό φακό, φέρει κατά θέσεις μαύρα στίγματα που δίνουν την εντύπωση πολυστιγμίας (είναι οι κονιδιοφόροι του παθογόνου που παράγονται κατά πυκνές δέσμες) (Παναγόπουλος, 1995).

2.2 ΣΕΠΤΟΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΕΛΙΝΟΥ

Η σειποριώση (αγγλ. *Septoria blight*, leaf spot, late blight) είναι μια σοβαρή κηλίδωση του καλλιεργούμενου φυλλώδους σέλινου, του άγριου σέλινου και του ριζοσέλινου. Η σειποριώση περιγράφηκε για πρώτη φορά ως ασθένεια του σέλινου στην Ιταλία το 1890 και από τότε έχουν αναφερθεί σημαντικές απώλειες από αυτή την ασθένεια σε όλα τα μέρη του κόσμου όπου η καλλιέργεια του σέλινου δεν προστατεύεται επαρκώς. Η ασθένεια εκδηλώνεται σε φύλλα, σπόρους και σε ρίζες φυταρίων (Sutton and Waterston, 1966). Οι καλλιέργειες σέλινου στη χώρα μας προσβάλλονται πολύ συχνά από σειποριώση. Οι ζημιές από την ασθένεια, που μπορεί να φθάσουν το 50-90%, οφείλονται στην αποφύλλωση και το μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης των φυτών, το αυξημένο κόστος συγκομιδής που απαιτείται για την απομάκρυνση και καθαρισμό των φυτών από τα προσβεβλημένα φύλλα, και τους αυξημένους κινδύνους μετασυλλεκτικών σήψεων. Τα φυτά προσβάλλονται στα σπορεία και τις καλλιέργειες στον αγρό σε όλα τα στάδια ανάπτυξης (Παναγόπουλος, 1995). Τα παλαιότερα φύλλα συνήθως είναι τα πρώτα που προσβάλλονται. Σε ευαίσθητες ποικιλίες σέλινου, τα συμπτώματα εμφανίζονται μέσα σε 10 ημέρες, ενώ σε ανθεκτικές χρειάζονται 16-21 ημέρες (Hausbeck, 2002). Η σχετικά μακρά περίοδος επώασης της ασθένειας οδηγεί στη συνέχιση της εμφάνισης συμπτωμάτων κατά την αποθήκευση της συγκομιθείσας παραγωγής, αυξάνοντας περαιτέρω τις απώλειες (Mathieu and Kushalappa, 1993).

2.2.1 ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Όταν η προσβολή γίνει στα πρώτα στάδια της ζωής των φυταρίων, η ασθένεια εκδηλώνεται ως εξής: μετά τη βλάστηση του σπόρου, το υποκοτύλιο μολύνεται και αναπτύσσονται μαύρες νεκρωτικές περιοχές μετά από 9 έως 12 ημέρες κάτω από ευνοϊκές καιρικές συνθήκες. Συνηθέστερα, ωστόσο, οι πρωτογενείς μολύνσεις γίνονται στις κοτυληδόνες, όταν σε αυτές παραμένουν προσκολλημένα τα μολυσμένα περιβλήματα των σπόρων (Donovan *et al.*, 1990)

Σε μεγαλύτερης ηλικίας φυτά, τα συμπτώματα αρχίζουν υπό μορφή σχεδόν στρογγυλών, χλωρωτικών κηλίδων ή στίγματων που αργότερα γίνονται νεκρωτικές. Οι κηλίδες είναι διαμέτρου 3-10 mm, έχουν ένα σαφές σκοτεινό νεκρωτικό περιθώριο και περιβάλλονται από κίτρινη άλω. Οι νεκρωτικοί ιστοί είναι ερυθροκαστανοί περί το κέντρο της κηλίδας και βαθύτερου ερυθροκαστα-



Εικόνα 3 Κηλίδες σειπτορίωσης σε φύλλο σέλινου (Προσαρμογή από Hausbeck, 2002).

νου χρώματος στην περιφέρεια. Συχνά πολλές κηλίδες συνενώνονται και νεκρώνουν μεγάλο μέρος του ελάσματος. Εκτός από το έλασμα, προσβολές παρατηρούνται στους μίσχους των φύλων και το στέλεχος των φυτών (Παναγόπουλος, 1995). Οι κηλίδες αναπτύσσονται και στις δύο επιφάνειες το φύλλου (Sutton and Waterston, 1966).

Σύμφωνα με τους Gabrielson και Grogan (1964) οι κηλίδες είναι γενικά παρούσες, προκαλώντας αποπληξία όταν είναι σοβαρές, αλλά μπορούν να είναι και ασαφείς ή, μερικές φορές, απούσες. Έχουν ποικίλο μέγεθος και χρωματισμό (κανονικά με μαύρα στίγματα), είναι συνήθως βυθισμένες, και αποστρογγυλεμένες, αλλά επηρεάζονται ποικιλοτρόπως από τον ξενιστή (νεύρωση) και τις πολλαπλές προσβολές. Οι κηλίδες μπορεί να φέρουν ή όχι χλωρωτική άλω.

2.2.2 ΣΗΜΕΙΑ

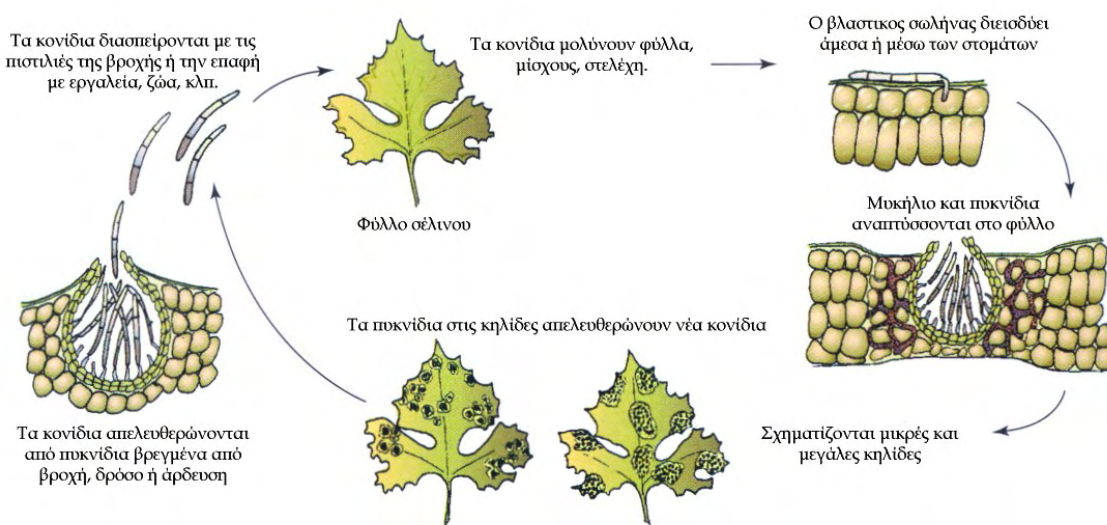
Μικρά μαύρα πυκνίδια σχηματίζονται σύντομα στην περιοχή των κηλίδων (Παναγόπουλος, 1995). Η παρουσία των ευδιάκριτων πυκνιδίων εμβαπτισμένων στο νεκρωτικό ιστό διευκολύνει την κλινική διάγνωση. Τα πυκνίδια είναι παρόμοια σε μέγεθος και χρώμα με κόκκους μαύρου πιπεριού. Η παρουσία πυκνιδίων διαχωρίζει σαφώς τη σειπορίωση από την κερκοσπορίωση. Στο ριζοσέλινο σχηματίζονται λιγότερα πυκνίδια και ο χρόνος επώασης είναι μεγαλύτερος (Hausbeck, 2002).



Εικόνα 4 Πυκνίδια του *S. apicola* σε μίσχο φύλλου σέλινου (Προσαρμογή από Hausbeck, 2002).

Όταν ώριμα πυκνίδια απορροφήσουν ελεύθερο νερό ή εκτεθούν σε υγρασία υψηλότερη από 90%, από το εσωτερικό τους εξωθούνται συσσωματώματα πυκνιδιοσπορίων εμβαπτισμένα σε κολλώδη φέρουσα ουσία, σχηματίζοντας σπειράματα (cirrhi) (Lacy, 1994). Τα σπειράματα εμφανίζονται με χρώμα λευκό έως καστανόχρυσο (Gabrielson and Grogan, 1964).

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, ο κύκλος της ασθένειας, σχηματικά, έχει ως εξής:



Εικόνα 5 Ο κύκλος της σειπορίωσης στο σέλινο (Προσαρμογή από Agrios, 2005).

3

ΤΑ ΑΙΤΙΑ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ

3.1 ΤΟ ΑΙΤΙΟ ΤΗΣ ΚΕΡΚΟΣΠΟΡΙΩΣΗΣ

Η κερκοσπορίωση του σέλινου προκαλείται από τον ατελή μύκητα *Cercospora apii* Fresen., Beitr. Mycol. 3:91. 1863. Το γένος *Cercospora* Fresen. περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1863 από τον Fresenius και σήμερα είναι ένα από τα μεγαλύτερα και πιο ετερογενή γένη των Υφομυκήτων. Τα είδη *Cercospora* είναι διασκορπισμένα σε όλο τον κόσμο και προκαλούν κηλιδώσεις στις περισσότερες από τις κύριες οικογένειες φυτών (Groenewald *et al.*, 2006_a).

Οι υφές του παθογόνου φέρουν εγκάρσια διαφράγματα (septa), έχουν χρώμα ωχρό καφέ, διάμετρο 2 έως 4 μm και μπορούν να σχηματίζουν «κόμπους» υφών στις κοιλότητες κάτω από τα στόματα (Raid, 2002).

3.1.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Κατά τους Hawksworth *et al.* (1983) το γένος *Cercospora* ανήκει στην κλάση Υφομύκητες των Δευτερομυκήτων. Στην κλάση αυτή κατατάσσονται μυκηλιακοί σχηματισμοί που είναι στειροί (Αγονομύκητες) ή φέρουν κονίδια σε ξεχωριστές υφές ή συσσωματώματα υφών (όπως τα συννήματα ή τα σποριοδόχεια) αλλά όχι σε διακεκριμένα κονιδιώματα.

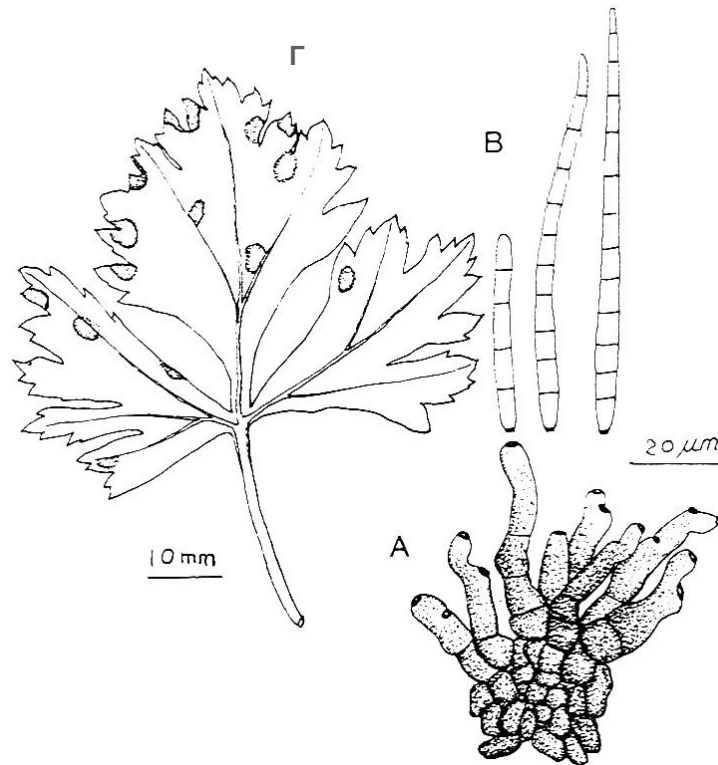
Από την περιγραφή του γένους *Cercospora*, η ταξινόμηση των ειδών του κατέστη δύσκολη, καθώς το γένος αυτό αποτέλεσε για χρόνια χώρο απόθεσης όλων των κεχρωσμένων, με λιγότερο ή περισσότερο σκουρόχρωμες υφές και/ή σπόρια υφομυκήτων με νηματόμορφα κονίδια. Πολλά είδη (μεταξύ αυτών και ο *Cercospora beticola*) που έχουν περιγραφεί από διάφορους ξενιστές και τοποθεσίες είναι μορφολογικά πανομοιότυποι με τον *Cercospora apii* και επικράτησε να αναφέρονται ως *Cercospora apii sensu lato* (με την ευρεία έννοια). Η σημασία και ο οικολογικός ρόλος που παίζουν οι διάφοροι ξενιστές στην οριοθέτηση και την ταυτοποίηση εντός αυτού του συμπλέγματος, παραμένουν ασαφείς (Groenewald *et al.*, 2006_a).

Επίσης, διαπιστώθηκε ότι απομονώσεις από σέλينو προερχόμενο από αγρούς στην Κορέα και τη Βενεζουέλα, ανήκαν σε ένα νέο είδος *Cercospora*, που δεν έχει ακόμα περιγραφεί (Groenewald *et al.*, 2005). Σε μεταγενέστερη μελέτη των Groenewald *et al.* (2006_a) επιβεβαιώθηκε ότι απομονώσεις από δείγματα αποκλειστικά του γένους *Arium* προερχόμενα από την Κορέα, τη Βενεζουέλα, αλλά και από την Ελλάδα, ανήκουν στο

νέο αυτό είδος, για το οποίο προτάθηκε το όνομα *Cercospora apiicola* M. Groenewald, Crous & U. Braun, sp. nov. Το είδος διαφέρει μορφολογικά από το σύμπλεγμα *C. apii* s.l. Η απομόνωση αυτού του νέου είδους *Cercospora* από μια καλά γνωστή καλλιέργεια όπως το σέλινο αποτελεί ένδειξη ότι μπορεί να βρεθούν και άλλα είδη *Cercospora* που δεν έχουν ακόμα περιγραφεί, να προκαλούν κερκοσπορίωση στο σέλινο.

Μετά τον καθορισμό των ορίων των ειδών *C. apii*, *C. beticola* και *C. apiicola* (ως *Cercospora* sp ακόμα) με δεδομένα αλληλουχιών σε συνδυασμό με άλλα χαρακτηριστικά όπως ο ρυθμός αύξησης, οι Groenewald *et al.* (2005) σχεδίασαν εκκινητές εξειδικευμένους για κάθε είδος, σε πολυμορφικές περιοχές του γόνου της καλμοντουλίνης (CAL gene). Αυτή η συνδυασμένη προσέγγιση πιθανότατα αποτελεί τον πιο αξιόπιστο τρόπο για να χαρακτηριστούν και να ταυτοποιηθούν είδη από το σύμπλεγμα *C. apii*, παρά η εξέταση της μορφολογίας, της εξειδίκευσης ως προς τον ξενιστή και της γεωγραφικής εξάπλωσης (Groenewald *et al.* 2006a).

3.1.2 ΑΓΕΝΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



Εικόνα 6 Α) Δέσμη κονιδιοφόρων, Β) Κονίδια, Γ) Κηλιδωση φύλλων από τον *Cercospora apii* Fresenius, 1863 (Προσαρμογή από Hsieh and Goh, 1990).

Οι μύκητες του γένους *Cercospora* παράγουν μακριά, λεπτά, άχρωμα έως σκούρα, ευθύγραμμα έως ελαφρά κεκαμμένα, πολυκύτταρα κονίδια πάνω σε βραχείς σκούρους κονιδιοφόρους. Οι κονιδιοφόροι προβάλλουν στην επιφάνεια του φυτού μέσα από τα στόματα κατά συστάδες και σχηματίζουν κονίδια διαδοχικά, πάνω σε νέα αναπτυσσόμενα άκρα τους (Agrios, 2005).

Οι «κόμποι» ή ψευδοστρώματα που σχηματίζουν οι υφές του μύκητα στις κοιλότητες κάτω από τα στόματα, παράγουν καστανούς κονιδιοφόρους με septa, διαστάσεων $4-4,5 \times 55-100 \mu\text{m}$, οι οποίοι προβάλλουν κατά δέσμες μέσα από τα στόματα. Στην κορυφή κάθε κονιδιοφόρου παράγονται ξεχωριστά πολλά κονίδια, αφήνοντας ορατές ουλές όταν τα σπόρια αποκολλώνται στην εμφανή πτέρνα (hilum). Τα κονίδια είναι άχρωμα, επιμήκη και λεπτά ($3,5-5,5 \times 40-200 \mu\text{m}$), ευθύγραμμα ή ελαφρώς κεκαμμένα, και λεπυνόμενα προς την κορυφή (apex). Εγκάρσια διαφράγματα διαιρούν τα κονίδια σε 4-17 κύτταρα. (Raid, 2002).

3.1.3 ΕΠΙΤΕΝΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Φυλογενετικές αναλύσεις με χρήση των ITS αλληλουχιών απομονώσεων από όλα τα είδη *Cercospora* απέδειξαν ότι το γένος *Cercospora* αποτελεί ένα καλά ορισμένο μονοφυλετικό κλάδο του τελειομορφικού γένους *Mycosphaerella*. Συνεπώς, αν υπάρχουν τέλειες μορφές για τα είδη αυτά, θα ανήκουν στο γένος *Mycosphaerella*. (Groenewald *et al.*, 2006b).

Ως γνωστόν στους μύκητες ο ετεροθαλλισμός περιορίζει τις πιθανότητες ολοκλήρωσης του κύκλου εγγενούς αναπαραγωγής. Με τον ετεροθαλλισμό σχετίζεται η έννοια των συζευκτικών τύπων (mating types), δηλαδή των γενετικά καθορισμένων φαινοτύπων σεξουαλικής συμβατότητας (Kronstad and Staben, 1997). Για την εγγενή αναπαραγωγή των ετερόθαλλων μυκήτων είναι απαραίτητη η ένωση δύο αναπαραγωγικών οργάνων που να ανήκουν σε διαφορετικούς, συμβατούς συζευκτικούς τύπους. Η συζευκτικότητα καθορίζεται μόνο με βιοχημικούς παράγοντες (ορμόνες), των οποίων η παραγωγή βασίζεται στις πληροφορίες που φέρουν συγκεκριμένοι γόνιοι, γνωστοί ως MAT γόνιοι. Για να είναι συμβατά δύο στελέχη του ίδιου μύκητα, πρέπει να είναι ετεροζυγωτά ως προς τους αλληλόμορφους αυτών των γόνων. Όλοι οι γνωστοί ετερόθαλλοι ασκομύκητες έχουν διπολικό σύστημα σύζευξης, δηλαδή ένας MAT γόνος με δύο αλληλόμορφους, γνωστούς ως MAT-1 και MAT-2, ελέγχει τη συμβιβασιμότητα

των διαφόρων στελεχών ενός ασκομύκητα, άρα δύο είναι και οι δυνατοί συζευκτικοί τύποι (Corpin *et al.*, 1997).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η απουσία γενετικά καθορισμένων συζευκτικών τύπων σε ομοθαλλικά είδη και η απουσία εγγενούς αναπαραγωγής σε ατελή είδη δεν οφείλονται στην έλλειψη αλληλουχιών συζευκτικού τύπου. Σε όλα τα είδη στα οποία έχουν αναζητηθεί, έχουν βρεθεί αλληλουχίες όμοιες με τους συζευκτικούς τύπους, οι οποίες ήταν λειτουργικές κάθε φορά που χρησιμοποιήθηκαν σε δοκιμές μεταμόρφωσης (Corpin *et al.*, 1997).

Οι Groenewald *et al.* (2006_b) αναφέρουν ότι μια μέθοδος για τον έλεγχο της πιθανότητας εγγενούς αναπαραγωγής είναι η εξακρίβωση της ύπαρξης και της συχνότητας των γόνων των συζευκτικών τύπων. Η παρουσία των αλληλουχιών των συζευκτικών τύπων σε ένα συγκεκριμένο είδος από μόνη της δεν αρκεί ως απόδειξη ύπαρξης σταδίου εγγενούς αναπαραγωγής. Ωστόσο, είναι πιθανό να πραγματοποιείται γενετικός ανασυνδυασμός αν οι δύο συζευκτικοί τύποι εμφανίζονται με περίπου ίδιες συχνότητες σε έναν πληθυσμό. Οι παραπάνω διαπίστωσαν την ύπαρξη μόνο του *MAT1-1* γόνου στις απομονώσεις του *C. apii* που εξέτασαν και αναφέρουν ότι καθώς ένας μόνο συζευκτικός τύπος έχει μέχρι στιγμής βρεθεί για τον *C. apii* (*MAT1*), είναι πιθανό το είδος αυτό να στερείται της ικανότητας να αναπαράγεται εγγενώς λόγω της απουσίας του αντίθετου συζευκτικού τύπου. Αν το είδος αυτό είναι ομοθαλλικό, θα πρέπει να διατηρεί την ικανότητα να αναπαράγεται εγγενώς. Ωστόσο, προσπάθειες να επιτευχθεί σύζευξη μεταξύ απομονώσεων του *C. apii* απέτυχαν.

3.1.4 ΚΥΚΛΟΣ ΞΕΝΙΣΤΩΝ ΤΟΥ *Cercospora apii*

Ο *Cercospora apii* προσβάλλει το σέλινο και διάφορα είδη του γένους *Apium*. Αναφέρεται επίσης ότι προσβάλλει και το μαρούλι (*Lactuca sativa*, Compositae) (Γεωργόπουλος, 1995).

Γενικά, τα είδη του γένους *Cercospora* θεωρούνται εξειδικευμένα ως προς τον ξενιστή τους σε επίπεδο φυτικού γένους ή οικογένειας, πεποίθηση που οδήγησε στην περιγραφή μεγάλου αριθμού ειδών. Από φυλογενετικά δεδομένα των Groenewald *et al.* (2005) είναι σαφές ότι ο *C. apii* προσβάλλει κυρίως το σέλινο, ενώ ο *C. beticola* αναπτύσσεται στο ζαχαρότευτλο, και ότι διασταυρωτή μόλυνση των ξενιστών από τα δύο παθογόνα είναι σπάνια. Ωστόσο, τρεις από τις απομονώσεις που μελετήθηκαν, από

δείγματα ζαχαροτεύλων που είχαν συλλεχθεί από την Ευρώπη και κατατεθεί το 1931 και το 1952, αποδείχθηκε μοριακά ότι ανήκουν στον *C. apii sensu stricto* (με τη στενή έννοια). Ο *C. apii* θεωρείται ότι κατάγεται από τη Δυτική Ευρώπη, και σίγουρα το είδος περιγράφηκε για πρώτη φορά από σέλινο που συλλέχθηκε στη Γερμανία. Έχει αναφερθεί ότι απομονώσεις ανήκουσες στον *C. apii sensu lato* (με την ευρεία έννοια) μπορούν να προσβάλλουν ξενιστές διαφορετικούς από εκείνους από τους οποίους απομονώθηκαν. Συνεπώς, κατά τους Groenewald *et al.* (2005), είναι αρκετά πιθανό ότι ο *C. apii*, ο οποίος αναπτύσσεται αρκετά πιο αργά από τον *C. beticola* σε υψηλές θερμοκρασίες, ήταν αρχικά ικανός να προσβάλλει το ζαχαρότευτλο και να ανταγωνίζεται τον *C. beticola* στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όταν η Ευρώπη ήταν αρκετά πιο ψυχρή από σήμερα. Η απουσία του *C. apii* από φρέσκα προσβεβλημένα φύλλα ζαχαρότευτων μπορεί να αποδοθεί στις μοναδικές ιδιότητες ανάπτυξης του *C. beticola*. Είναι πολύ πιθανό ότι ο μεγαλύτερος ρυθμός αύξησης και η ικανότητά του να αναπτύσσεται απρόσκοπτα σε υψηλότερες θερμοκρασίες, επιτρέπουν στον *C. beticola* να ανταγωνίζεται με επιτυχία τον *C. apii* για θέσεις μόλυνσης στα ζαχαρότευτλα. Είναι σαφές ότι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η διαθεσιμότητα συγκεκριμένων φυτικών ειδών, παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην επιβίωση και τη μολυσματική ικανότητα του μύκητα. Έτσι, φαίνεται ότι οι αλληλεπιδράσεις γονοτύπου-περιβάλλοντος μπορεί να παίζουν ένα ρόλο στην προσαρμοστική ικανότητα του *C. apii*.

Σε πρόσφατη μελέτη των Groenewald *et al.* (2006a) εξετάστηκαν απομονώσεις *Cercospora* από 10 γένη ξενιστών και με χρήση μοριακών τεχνικών αναγνωρίστηκαν τέσσερα επιπλέον γένη ως ξενιστές του *C. apii*, τα εξής: *Helianthemum*, *Molucella*, *Plantago*, *Plumbago*, αλλά και πέντε επιπλέον γένη ως ξενιστές του *C. beticola*, μεταξύ των οποίων και το γένος *Apium*. Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι αν και ο *C. apii* s.s. απομονώνεται κυρίως από το σέλινο, δεν είναι πλήρως εξειδικευμένος ως προς τον ξενιστή, συνεπώς δεν είναι δυνατή η ταυτοποίηση αυτού του είδους με βάση μόνο τον ξενιστή.

3.1.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΤΕΧΝΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.

Αν και ο *C. apii* απομονώνεται εύκολα από προσβεβλημένους ιστούς, η ανάπτυξή του είναι αργή και η σποροποίησή του τυπικά είναι σπάνια σε θρεπτικά υποστρώματα αγαρόζης με V8 ή πατάτα και δεξτρόζη. Οι αποικίες έχουν χρώμα ανοιχτό καφέ έως

γκρι, είναι λείες ή έχουν ακτινωτές πτυχώσεις, και φθάνουν σε διάμετρο μόνο τα 16 έως 19 mm μετά από 7 ημέρες σε V8 agar στους 25° C (Raid, 2002).

Οι αποικίες του *C. apii* είναι λείες, προεξέχουσες και συμμετρικές, με ομαλά όρια, και αραιό έως μέτριο εναέριο μυκήλιο. Οι αποικίες του *C. apii* σε ΜΕΑ είναι ωχροπράσινες στην επιφάνεια και σκούρες ποντικί από κάτω. Οι επιφάνειες των αποικιών είναι λευκές έως πράσινες-λαδί σε ΟΑ. Τα θερμοκρασιακά εύρη και η διάμετροι των αποικιών μιας απομόνωσης αναφοράς, αντιπροσωπευτικής του είδους *C. apii*, σε 2% malt extract agar ήταν τα εξής: ο μύκητας αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες από 12 έως 33° C, με άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης τους 27° C. Στην άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης οι αποικίες του αναπτύσσονται κατά 2,7 mm/ημέρα. Τα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά, όπως οι ρυθμοί αύξησης και τα θερμοκρασιακά εύρη, μπορούν να είναι πολύ σημαντικές παράμετροι στην ταυτοποίηση ειδών που είναι μορφολογικά πανομοιότυπα. (Groenewald *et al.* 2005).

Η *in vitro* παραγωγή κονιδίων από τον *C. apii* είναι πολύ προβληματική. Ο Lewis (1940) ανέπτυξε το παρακάτω υπόστρωμα (celery leaf-muck soil medium) για επαγωγή σχηματισμού κονιδίων από τον *C. apii*: σε μια φιάλη Erlenmeyer προστίθεται έδαφος μέχρι ένα ύψος 2 cm. Βόρβορος, κομπόστα και άμμος έδωσαν μικρές διαφορές στα αποτελέσματα. Προστίθεται νερό, τόσο ώστε μετά την αποστείρωση να υπάρχει λίγο ελεύθερο νερό στο έδαφος, αλλά καθόλου στην επιφάνεια. Μετά από αποστείρωση του εδάφους, τοποθετούνται φυλλάρια σέλινου σε επαφή με αυτό. Τα φυλλάρια στη συνέχεια αποστειρώνονται εντός κλιβάνου επί 20 λεπτά. Αναφέρεται ότι μυκήλιο τόσο από νέες όσο και από παλαιές (3 ετών) απομονώσεις που μεταφέρθηκε στα φυλλάρια σέλινου αναπτύχθηκε άφθονα, και κονίδια σχηματίστηκαν μετά από 6 ημέρες σε θερμοκρασία δωματίου και συνεχίστηκαν να παράγονται κοντά στο όριο της ανάπτυξης μέχρι που τα φυλλάρια καλύφθηκαν από τον μύκητα.

Οι Kilpatrick και Johnson (1956) ανέπτυξαν το ακόλουθο υπόστρωμα για επαγωγή σπορίωσης ειδών *Cercospora* σε καλλιέργεια: 300 gr φύλλων καρότου αλέθονται καλά και προστίθενται σε 500 ml απεσταγμένου νερού. Το μίγμα υποβάλλεται σε ατμό χωρίς πίεση για 1 ώρα και μετά στραγγίζεται μέσω διπλού τουλουπανιού. Το στραγγισμένο αφέψημα προστίθεται σε 500ml απεσταγμένου νερού που περιέχει 12 gr διαλυμένου άγαρ, και ο όγκος προσαρμόζεται στο 1 lt με απεσταγμένο νερό. Μετά την αποστείρωση, περίπου 25ml του υλικού (carrot leaf decoction agar) εισάγονται σε κάθε

τρυβλίο Petri. Ακριβώς πριν τη στερεοποίηση, μυκηλιακές μεταφορές διασπείρονται γραμμικά στο υγρό άγαρ. Το υλικό αναδεύεται σύντομα στο τρυβλίο πριν αφηθεί να στερεοποιηθεί. Τα τρυβλία καλύπτονται με υγρές πετσέτες και παραμένουν σε κυμαινόμενη θερμοκρασία δωματίου για 3 έως 5 ημέρες. Σπόρια σχηματίζονται μόνο στα όρια των αποικιών πριν ο μύκητας αναπτύξει άφθονο μυκήλιο. Πιο άφθονη σπορίωση παρατηρήθηκε σε τρυβλία με 25-40 ml υλικού παρά σε τρυβλία με 10-15ml υλικού, και σε τρυβλία που εκτέθηκαν σε φυσικό φως, αν και το σκοτός δεν παρεμπόδισε πλήρως τη σπορίωση.

Ο Miller (1955) αναφέρει ότι το θρεπτικό υπόστρωμα από χυμό V-8 και άγαρ υποστηρίζει την ανάπτυξη ή τη σπορίωση ενός μεγάλου εύρους μυκήτων διαφόρων τύπων. Το υλικό παρασκευάζεται από 200ml χυμό V-8 και 3 gr ανθρακικό ασβέστιο με την επιθυμητή ποσότητα άγαρ. Τα παραπάνω αραιώνονται με νερό μέχρι την ποσότητα του 1 lt. Το pH το υποστρώματος που παρασκευάζεται με αυτόν τον τρόπο είναι περίπου 7,25, αλλά μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου ανθρακικού ασβεστίου.

Οι Murakishi *et al.* (1960) σύγκριναν ως προς την αποτελεσματικότητά τους στην επαγωγή σπορίωσης από τον *Cercospora apii* 10 διαφορετικά υποστρώματα, μεταξύ των οποίων και τα παραπάνω υποστρώματα (celery leaf-muck soil medium, carrot leaf decoction agar, V-8 juice agar). Το καλύτερο υπόστρωμα για επαγωγή σπορίωσης με σκοπό τη λήψη μολύσματος για τεχνητές μολύνσεις ήταν το carrot-leaf-decoction agar, από το οποίο μπορούσαν να πραγματοποιηθούν 2-3 διαδοχικές συγκομιδές κονιδίων. Τα υποστρώματα που περιείχαν φυτικούς ιστούς έτειναν να αποσυντίθενται μετά την πρώτη συγκομιδή.

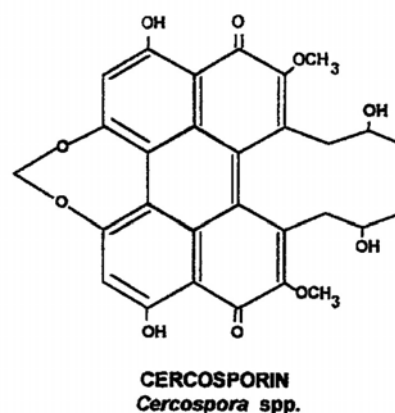
3.1.6 ΠΑΘΟΓΕΝΕΣΗ

Οι μύκητες του γένους *Cercospora* είναι μεσοκυττάρια παθογόνα. Δεισδύουν στους ιστούς του ξενιστή διαμέσου των στομάτων και αποικίζουν τους μεσοκυττάριους χώρους. Από πολλές ενδείξεις, τόσο άμεσες όσο και συσχετιστικές, προκύπτει ότι ένα μεγάλο μέρος της επιτυχίας των μυκήτων του γένους *Cercospora* ως φυτοπαθογόνα μπορεί να αποδοθεί στη σύνθεση της κερκοσπορίνης. Η κερκοσπορίνη ανήκει στις τοξίνες με γενική φυτοτοξικότητα, τις αποκαλούμενες μη εξειδικευμένες τοξίνες, και

πιο συγκεκριμένα στην ομάδα των φωτοευαισθητοποιητικών περυλενικινόνων που συντίθενται από φυτοπαθογόνους μύκητες τουλάχιστον οκτώ διαφορετικών γενών. Αυτές οι τοξίνες είναι μοναδικές, καθώς απαιτούν φως για την εκδήλωση της τοξικότητάς τους στα φυτά-ξενιστές και χρησιμοποιούν δραστικές μορφές οξυγόνου για να βλάψουν τα κύτταρα. Με άλλα λόγια, οι ενώσεις αυτές «ευαισθητοποιούν» τους οργανισμούς-στόχους σε προηγούμενως ακίνδυνα μήκη κύματος του ορατού φωτός, μια διεργασία που συχνά αναφέρεται ως φωτοδυναμική δράση. Οι φωτοευαισθητοποιητές απορροφούν ενέργεια από ορατά μήκη κύματος του φωτός και μεταπίπτουν σε μια ενεργοποιημένη μορφή, η οποία μετά αντιδρά με μοριακό οξυγόνο προς υψηλής δραστικότητας, ριζικές (υπεροξειδίου του οξυγόνου, $^{\bullet}\text{O}_2$) και μη ριζικές (μονήρες οξυγόνο $^1\text{O}_2$) μορφές οξυγόνου. Οι δραστικές μορφές οξυγόνου έχουν σχεδόν καθολική τοξικότητα, καθώς πλήττουν μακρομόρια κοινά σε όλα τα κύτταρα, όπως τα λιπίδια, οι πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα. Ειδικά η κερκοσπορίνη αποτελεί ίσως την επιτομή των μη εξειδικευμένων τοξινών, επειδή είναι θανάσιμη όχι μόνο στα φυτά, αλλά και σε βακτήρια, στους περισσότερους μύκητες και τα ζώα. Αυτή η γενικευμένη τοξικότητα, σε συνδυασμό με την ικανότητα των μυκήτων που παράγουν φωτοευαισθητοποιητές να συλλέγουν ενέργεια από το φως, μια πηγή ενέργειας απολύτως απαραίτητη από τα φυτά, καθιστά αυτές τις τοξίνες ισχυρό μηχανισμό παθογένεσης και άρα σημαντική απειλή για τα φυτά. Λόγω της ευρέως φάσματος τοξικότητάς τους, εξετάζεται η χρήση των φωτοευαισθητοποιητών ως εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα, ως αντιϊικούς παράγοντες και ως φαρμακευτικές ουσίες, για χρήση, σε συνδυασμό με κατευθυνόμενη ακτινοβολία laser, στη φωτοδυναμική καταστροφή των όγκων (Daub and Ehrenshaft, 2000).

Οι μόνοι οργανισμοί που έχουν αποδειχθεί ανθεκτικοί στην κερκοσπορίνη είναι μύκητες του γένους *Cercospora* και άλλοι μύκητες που παράγουν τοξίνες της ομάδας των περυλενικινόνων. Η ανθεκτικότητα των μυκήτων *Cercospora* στην ίδια τους την κερκοσπορίνη έχει καταστήσει τους οργανισμούς αυτούς πρότυπο σύστημα για τη μελέτη της κυτταρικής βάσης της ανθεκτικότητας στο μονήρες οξυγόνο. Η κερκοσπορίνη θανατώνει τα φυτικά κύτταρα μόνο παρουσία φωτός, με γραμμική σχέση ανάμεσα στην ένταση του φωτός και το θάνατο των κυττάρων. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι είναι η ίδια η κερκοσπορίνη, παρά ένα φωτοευαίσθητο βιοχημικό μονοπάτι των φυτών, που απαιτεί την ύπαρξη φωτός. Η κερκοσπορίνη παράγεται από τον μύκητα ως

αντίδραση σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα, κυρίως του φωτός. Αφού συντεθεί και εκκριθεί από τον μύκητα, το μόριο της ενεργοποιείται από το φως και αντιδρά με το μοριακό οξυγόνο, προς παραγωγή ενεργών μορφών οξυγόνου ($^1\text{O}_2 + ^*\text{O}_2^-$), οι οποίες προκαλούν υπεροξειδωση των λιπιδίων των μεμβρανών του ξενιστή, οδηγώντας σε κατάρρευση των μεμβρανών, διαρροή του κυτταρικού περιεχομένου στους μεσοκυττάριους χώρους του φύλλου και θάνατο του κυττάρου. Η κερκοσπορίνη είναι ένα μικρό, λιποδιαλυτό μόριο (εικόνα 7) που διεισδύει εύκολα στις μεμβράνες του ξενιστή. Η πρόκληση βλαβών στις μεμβράνες από τη δράση της κερκοσπορίνης αρμόζει ως μηχανισμός παθογένεσης στους μύκητες του γένους *Cercospora*, οι οποίοι είναι μεσοκυττάρια παθογό-να. Η παραγωγή μιας τοξίνης που να καταστρέφει τις μεμβράνες, όπως η κερκοσπορίνη, φέρεται ως ο μηχανισμός που επιτρέπει τη φυσική πρόσβαση σε αυτούς τους μύκητες στις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες για την αύξηση και τη σποροποίησή τους στους ιστούς του ξενιστή (Daub and Ehrenshaft, 2000).



Εικόνα 7 Συντακτικός τύπος του μορίου της κερκοσπορίνης (Προσαρμογή από Daub και Ehrenshaft, 2000).

Οι Assante *et al.* (1977) εξέτασαν καλλιέργειες 61 ειδών *Cercospora*, μεταξύ των οποίων και ο *C. apii*, για παραγωγή κερκοσπορίνης. Για τη δοκιμή, οι μύκητες επώαστηκαν σε PDA με pH 6,5-6,8, στους 22-24° C, για 15-20 ημέρες. Υπό αυτές τις συνθήκες δεν παρατηρήθηκε παραγωγή της τοξίνης από τον *C. apii*, ενώ η τοξίνη ανιχνεύθηκε στις καλλιέργειες εικοσιτεσσάρων από τα 61 είδη. Οι Daub και Ehrenshaft (2000) αναφέρουν ότι έλεγχος για *in vitro* παραγωγή κερκοσπορίνης κάτω από συγκεκριμένο συνδυασμό συνθηκών δεν αναμένεται να αποκαλύψει το πλήρες εύρος των παραγωγών. Επιπλέον, απομονώσεις που δεν παράγουν κερκοσπορίνη *in vitro* την παράγουν *in planta*. Οι Lynch και Geoghegan (1977) αναφέρουν την παραγωγή κερκοσπορίνης από δύο στελέχη *C. apii*, με ροζ έως κόκκινες ζώνες διάχυσης στο μέσο καλλιέργειας. Οι Goodwin *et al.* (2001) διαπίστωσαν *in vitro* παραγωγή κερκοσπορίνης από τον *C. apii*, κάτω από τις ακόλουθες συνθήκες: επώαση επί 5-10 ημέρες σε αραιό (0.2x) PDA στους 25° C υπό φωτισμό που παρείχαν φθορίζοντες λαμπτήρες (Phillips, Somerset, NJ) με φωτοπερίοδο 12 ωρών. Κύλινδροι θρεπτικού υποστρώματος με

μυκήλιο αφαιρέθηκαν και η κοκκινωπή-βυσσινί χρωστική εκχυλίστηκε σε 5N ΚΟΗ. Ενώσεις που εμφανίζονταν πράσινες σε άλκαλι και είχαν ένα χαρακτηριστικό φάσμα απορρόφησης με A_{\max} στα 480, 595, και 640nm θεωρήθηκε ότι αντιπροσωπεύουν την κερκοσπορίνη.

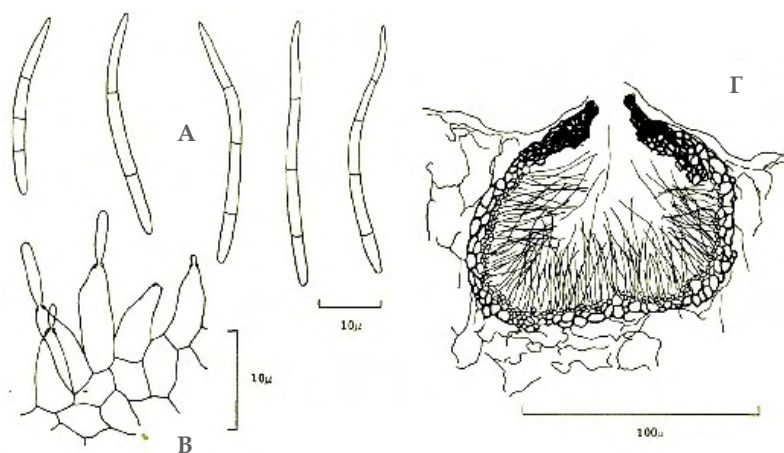
3.2 ΤΟ ΑΙΤΙΟ ΤΗΣ ΣΕΠΤΟΡΙΩΣΗΣ

Η σεπτορίωση προκαλείται από τον ατελή μύκητα *Septoria apiicola*. Μέχρι το 1964, θεωρείτο ότι για την ασθένεια ήταν υπεύθυνα δυο διαφορετικά είδη *Septoria*, ένα από τα οποία (*Septoria apii* Briosi & Cav.) φέρονταν να προκαλεί μεγάλες σαφείς κηλίδες και το άλλο (*Septoria apii-graveolentis* Dorogin, 1915) μικρές, όχι σαφώς καθορισμένες κηλίδες. Η διαφοροποίηση αυτή βασιζόταν επιπλέον σε χαρακτηριστές όπως: τρόπος ανάπτυξης σε καλλιέργεια θρεπτικού υποστρώματος αγαρόζης, αλληλεπιδράσεις με τον ξενιστή και συμπτωματολογία, μορφολογία πυκνιδίων, μορφολογία σπορίων και φυσιολογική εξειδίκευση. Μετά όμως από συγκριτική μελέτη μιας παγκόσμιας συλλογής απομονώσεων που διεξήγαγαν οι Gabrielson και Grogan (1964), αναγνώρισαν ένα μόνο είδος και πρότειναν ως σωστό όνομα το *Septoria apiicola* Spegazzini Bol. Acad. Nac. Cienc. (Cordoba, Rep. Arg.) 11:294. (1887), το οποίο θεώρησαν ότι ως παλαιότερο είχε προτεραιότητα έναντι των άλλων, βάσει των διεθνών κανόνων ονοματολογίας.

3.2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Κατά τους Hawksworth *et al.* (1983) το γένος *Septoria* ανήκει στην κλάση Coelomycetes των Δευτερομυκήτων. Στην κλάση αυτή κατατάσσονται μορφές που παράγουν κονίδια μεταξύ άλλων και σε πυκνίδια, όπως ο *Septoria apiicola*.

3.2.2 ΑΓΕΝΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



Εικόνα 8 Α) Κονίδια, Β) Φιαλοειδείς κονιδιοφόροι, Γ) Κατακόρυφη τομή πυκνιδίου του *Septoria apiicola* (Προσαρμογή από Sutton and Waterston, 1966).

Ο *S. apiicola* παράγει χαρακτηριστικά μαύρα πυκνίδια, σχήματος όμοιου με φλασκί, διαμέτρου 55-200 μm , εμβαπτισμένα στις κηλίδες ή στους μολυσμένους σπόρους. Κάθε πυκνίδιο περιέχει 1500-5400 πολυκύτταρα κονίδια (Hausbeck, 2002).

Τα πυκνίδια είναι παρόντα σε όλους τους προσβεβλημένους ιστούς, μεμονωμένα έως συνωστισμένα και συγχωνευμένα, καστανόχρυσα έως μαύρα, μεμβρανώδη όταν είναι νεαρά, ανθρακώδη όταν αποξηραθούν. Το σχήμα τους είναι λιγότερο ή περισσότερο σφαιρικό και επηρεάζεται από τα κύτταρα του ξενιστή και τα γειτονικά πυκνίδια. Τα πυκνίδια δε φέρουν επιμηκυσμένο λαιμό (beak), ενώ μπορεί να φέρουν ή όχι θηλή. Συνήθως εμφανίζονται συμπιεσμένα όταν αποξηραίνονται. Οι οστίδες είναι αποστρογγυλεμένες έως ακανόνιστες, συνήθως περιβάλλονται από πιο σκούρα κύτταρα, ενώ η διάμετρός τους τυπικά είναι μικρότερη από το μισό της διαμέτρου του πυκνιδίου (Gabrielson and Grogan, 1964).

Τα πυκνίδια είναι εμβαπτισμένα στους ιστούς των φύλλων, μεμονωμένα ή σε συσσωματώματα, αναπτύσσονται και στις δυο πλευρές των φύλλων, έχουν σχήμα σφαιρικό που εξελίσσεται σε πεπεσμένο, χρώμα καφέ έως μαύρο, διάμετρο 75-195 μm . Το τοίχωμά τους έχει πάχος 3 κυττάρων, αποτελείται από λεπτότοιχα ψευδοπαρεγχυματικά κύτταρα χρώματος ωχρού καφέ και είναι σημαντικά πιο σκούρο και σκληρωτικοειδές κοντά στην κυκλική οστίλη, η οποία είναι ελαφρά θηλοειδής και έχει διάμετρο 15-50 μm (Sutton and Waterston, 1966).

Κάθε πυκνίδιο μπορεί να απελευθερώσει μέχρι 5.400 κονίδια. Τα κονίδια στο εσωτερικό των πυκνιδίων περιβάλλονται από μια κολλώδη φέρουσα ουσία που αποτελείται από πρωτεΐνες και σάκχαρα. Όπως αναφέρθηκε, η ουσία αυτή διογκώνεται όταν απορροφά νερό και εξωθείται μέσω της οστίλης, παρασύροντας και τα κονίδια που περιβάλλει, υπό μορφή σπειραμάτων (cirrhi) (Lacy, 1994). Τα cirrhi προστατεύουν τα πυκνιδιοσπόρια από την αφυδάτωση και παρεμποδίζουν τη βλάστησή τους μέχρι να διαλυθούν από τη βροχή (Mathieu and Kushalappa, 1993).

Τα κονίδια είναι υαλώδη, νηματόμορφα, ευθύγραμμα έως κεκαμένα, με τοιχώματα λεία, χωρίς στένωση (Gabrielson and Grogan, 1964). Φέρουν 1 έως 5 septa (κατά μέσο όρο 3), η κορυφή τους είναι ελαφρά αιχμηρή, η βάση τους αμβλεία, και οι διαστάσεις τους 22-56 (κατά μέσο όρο 35 μm) \times 2-2,5 μm . Τα κονίδια σχηματίζονται ως φιαλιδιοσπόρια, από υαλώδεις, κυλινδρικές έως ροπαλοειδείς κονιδιοφόρους χωρίς septa, διαστάσεων 8-10 \times 3-3,5 μm (Sutton and Waterston, 1966).

3.2.3 ΕΙΤΕΝΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Δεν έχει αναφερθεί τέλεια μορφή του *S. apiicola* (Hausbeck, 2002).

3.2.4 ΚΥΚΛΟΣ ΞΕΝΙΣΤΩΝ

Ο *S. apiicola* μπορεί να απομονωθεί από φυτά φυτά *Apium* spp σε όλο τον κόσμο (Sutton and Waterston, 1966).

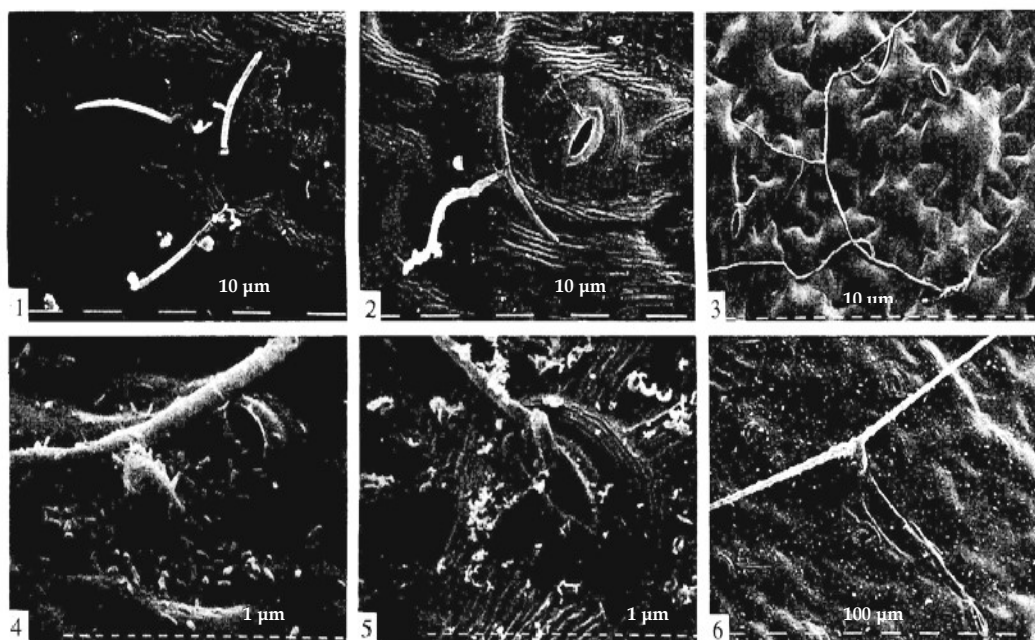
3.2.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΤΕΧΝΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.

Σε θρεπτικό υπόστρωμα αγαρόζης πατάτας δεξτρόζης (PDA) τα περισσότερα στελέχη έχουν αργή ανάπτυξη. Αρχικά ομοιάζουν με ζύμη, αργότερα σχηματίζουν ένα καστανοκίτρινο-προς-καφέ έως γκρι-προς-μαύρο εξωτερικό περίβλημα, ανθρακώδη όταν αφυδατώνονται. Η επιφάνεια των αποικιών είναι λεία έως πτυχωτή, επίπεδη έως προεξέχουσα, συχνά καλυμμένη με ένα λευκό έως γκρι υφάδι εναέριου μυκηλίου, ενώ τα όρια των αποικιών είναι γενικά ακανόνιστα, μερικές φορές περιβαλλόμενα από ένα ακανόνιστο λευκό έως καστανοκίτρινο έως ροζ, ζυμοειδές περιθώριο, μερικές φορές ασταθή δίδοντα γένεση σε μυκηλιακούς τομείς. Στελέχη άγριου τύπου είναι μερικές φορές μυκηλιακά. Αυτές οι αποικίες είναι σχετικά ταχείας αύξησης, παράγουσες ποικίλου χρώματος (έχει παρατηρηθεί λευκό, καστανοκίτρινο, γκρι, πράσινο, και ροζ) προεξέχον ή πεπιεσμένο μυκήλιο, με πυκνίδια συχνά διασκορπισμένα σε όλη την επιφάνεια των αποικιών από τα οποία εξέρχονται λευκές έως καστανοκίτρινες σταγόνες εκκρίματος πλήρους σπορίων, με ανάπτυξη κάτω από την επιφάνεια συνήθως σκουρόχρωμη, και ενδεχόμενη παραγωγή διαχεόμενης καφέ έως ροζ χρωστικής (Gabrielson and Grogan, 1964).

3.2.6 ΠΑΘΟΓΕΝΕΣΗ

Οι Donovan *et al.* (1990), παρατηρώντας την ανάπτυξη του *Septoria apiicola* επι φυλλικών επιφανειών σέλινου με χρήση ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (Scanning Electron Microscopy, SEM), διαπίστωσαν ότι τα νηματοειδή πολυκύτταρα κονιδία του μύκητα βλαστάνοντας σχηματίζουν βλαστικούς σωλήνες από οποιοδήποτε ή και από περισσότερα του ενός κύτταρα ενός κονιδίου (εικόνα 9-1). Οι υφές αναπτύσσονται τυχαία επί της φυλλικής επιφάνειας και δεν αναπτύσσονται απευθείας προς τα στόμα-

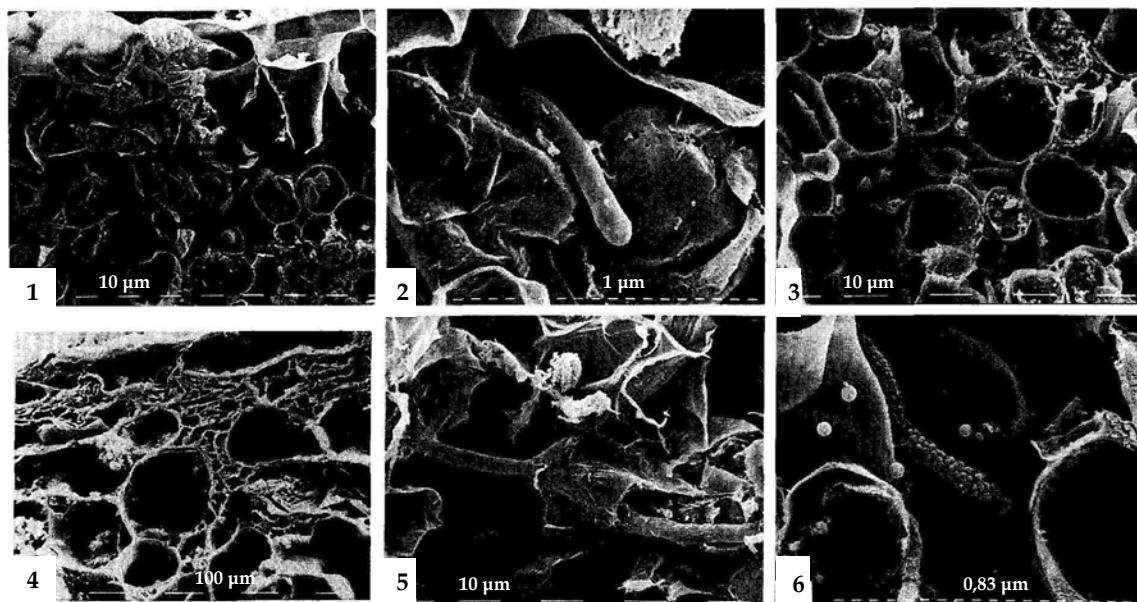
τα (εικόνα 9-2). Οι αναπτυσσόμενες υφές βρίσκονται συνήθως σε στενή επαφή με την εφυμενίδα του φύλλου και ακολουθούν τη διαμόρφωση της φυλλικής επιφάνειας (εικόνα 9-3). Η χρήση ηλεκτρονικής μικροσκοπίας επιβεβαίωσε την ικανότητα του μύκητα να διεισδύει στο φύλλο άμεσα μέσω της επιδερμίδας (εικόνα 9-4) αλλά και διαμέσου των στομάτων (εικόνα 9-5). Γύρω από τις θέσεις εισόδου των υφών έτειναν να συγκεντρώνονται βακτήρια, πιθανότατα λόγω της διαρροής θρεπτικών ουσιών. Η ανάπτυξη των υφών κάτω από την εφυμενίδα ήταν μερικές φορές εμφανής (εικόνα 9-6). Η διείσδυση στο φύλλο πραγματοποιούνταν 5 έως 7 ημέρες μετά τη μόλυνση και ακολουθούσε πάντα τη διακλάδωση του βλαστικού σωλήνα.



Εικόνα 9 SEM κονιδίων του *Septoria apiicola* σε κομμένα φύλλα σέλινου, 5-7 ημέρες μετά τη μόλυνση. **1)** Βλαστάνοντα κονίδια επάνω στη φυλλική επιφάνεια. **2)** Πρώιμη ανάπτυξη υφής από κονίδιο που βλάστησε κοντά σε στόμα. **3)** Ανάπτυξη υφής στην επιφάνεια του φύλλου. **4)** Άμεση διείσδυση υφής στη φυλλική επιφάνεια. **5)** Διείσδυση υφής σε φύλλο δια μέσου στοματικού ανοίγματος. **6)** Άμεση διείσδυση υφής στην εφυμενίδα και ανάπτυξη κάτω από αυτήν (Προσαρμογή από Donovan *et al.*, 1990).

Μετά την είσοδο στο φύλλο, οι υφές αναπτύσσονται ανάμεσα στα πασσαλώδη κύτταρα του ιστού του μεσόφυλλου (εικόνες 10-1,2). Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι υφές ή βλαστικοί σωλήνες διαπερνούν τα επιδερμικά κύτταρα. 21 ημέρες μετά τη μόλυνση, παρατηρήθηκε εκτεταμένη ανάπτυξη υφών, η οποία όμως ήταν περιορισμένη στους μεσοκυττάριους χώρους (εικόνα 10-3). Τελικά, κάποιοι μεσοκυττάριοι χώροι γέμισαν με μυκήλιο (εικόνα 10-4) παρόλο που βρίσκονταν συχνά πολύ κοντά σε περιοχές όπου

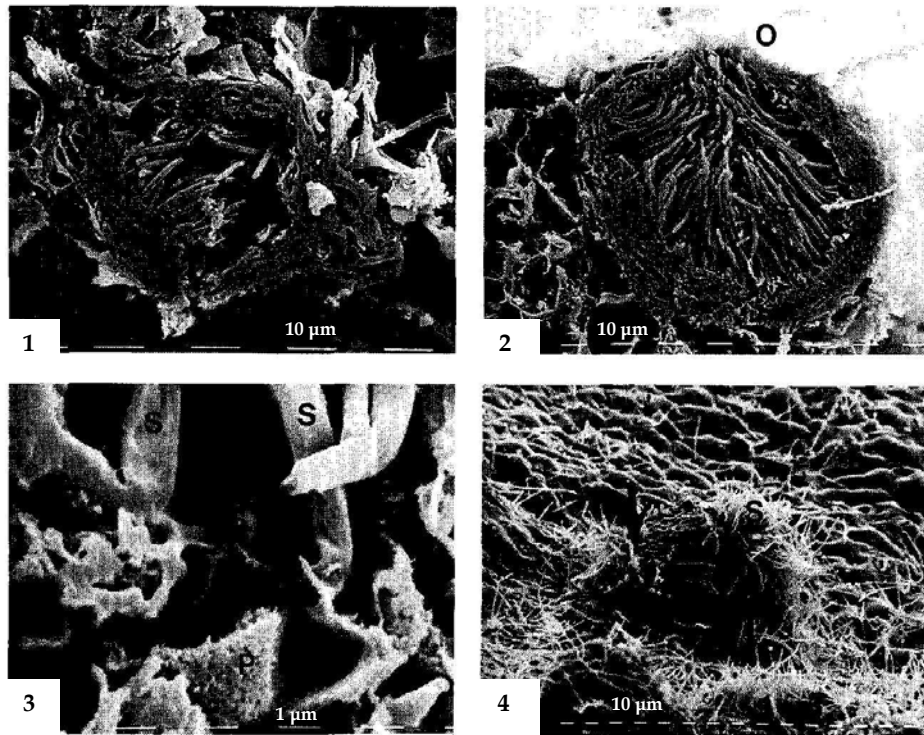
δεν είχαν εισβάλλει υφές και σε άδειους μεσοκυττάριους χώρους. Ενδοκυττάρια ανάπτυξη δεν παρατηρήθηκε μέχρι τις 27 ημέρες μετά τη μόλυνση, οπότε τα φύλλα ήταν πλέον μαύρα και νεκρωτικά (εικόνα 10-5). Οι εμφανείς δομικές βλάβες στα κύτταρα του μεσόφυλλου που βρίσκονταν κοντά στις περιοχές μυκηλιακής αύξησης ήταν περιορισμένη, ακόμα και όπου υπήρχε μεγάλη ποσότητα μυκηλίου. Το γεγονός αυτό ενισχύει παλαιότερους ισχυρισμούς ότι δεν παράγεται κάποια τοξίνη. Σε μολυσμένα φύλλα που είχαν επωαστεί για πάνω από 20 ημέρες παρατηρήθηκαν κάποιες υφές με φυματώδη εμφάνιση στο κυτταρικό τοίχωμα (εικόνα 10-6). Αυτές οι υφές αναπτύσσονται μεσοκυττάρια σε όλη την έκταση του φυλλικού ιστού.



Εικόνα 10 Ανάπτυξη του *Septoria apiiicola* εντός του ιστού φύλλου σέλινου. **1)** Μεσοκυττάρια ανάπτυξη υφών, μεταξύ πασσαλωδών κυττάρων. **2)** Μεγαλύτερη μεγέθυνση του άκρου υφής της προηγούμενης φωτογραφίας. **3)** Μεσοκυττάρια ανάπτυξη υφών 21 ημέρες μετά τη μόλυνση. **4)** Μεσοκυττάρια ανάπτυξη υφών 27 ημέρες μετά τη μόλυνση. **5)** Ενδοκυττάρια ανάπτυξη υφών και διείσδυση υφών στο κυτταρικό τοίχωμα. **6)** Μεσοκυττάρια υφή με φυματώδη επιφάνεια (Προσαρμογή από Donovan *et al.*, 1990).

Η ανάπτυξη των ποκνιδίων είναι μεριστογενής, ο σχηματισμός τους ξεκινά από τη διακλάδωση ενός μεμονωμένου κυττάρου υφής ή από μια ομάδα γειτονικών κυττάρων μιας υφής, με συνεχή σχηματισμό κυτταρικών τοιχωμάτων και διαίρεση των κυττάρων κατά τον επιμήκη άξονα. Ανώριμα ποκνίδια αναπτύσσονται ακριβώς κάτω από την ανώτερη φυλλική επιφάνεια (εικόνα 11-1), μερικές φορές σε στοματικές κοιλότητες. Τα ποκνίδια μεγαλώνουν και τελικά προβάλλουν δια μέσου της επιδερμίδας του φύλλου, διαρρηγνύοντας την εφουμένίδα. Κατά την ωρίμαση, τα ποκνίδια περιέχουν

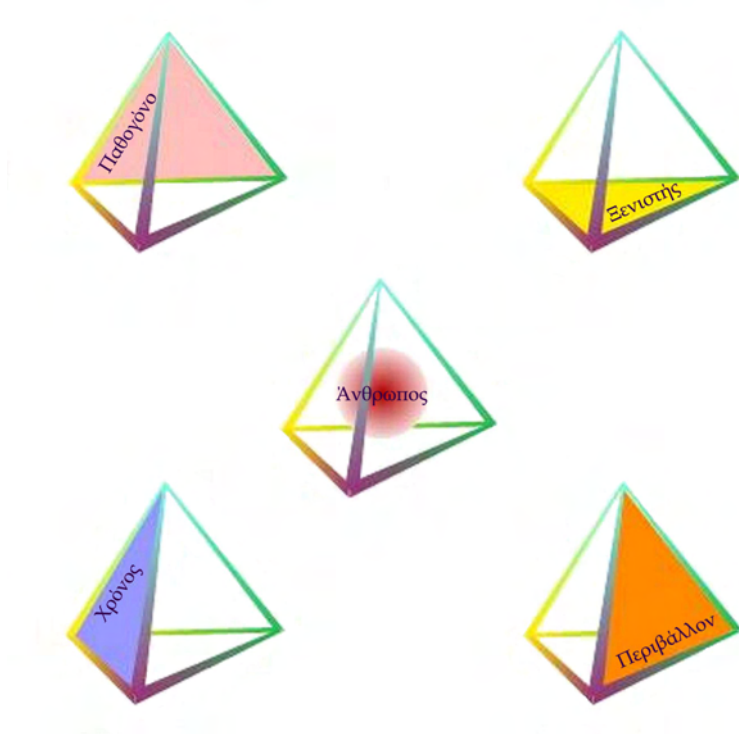
μεγάλο αριθμό κονιδίων, προσκολλημένα στις υφές που σχηματίζουν τα εσωτερικά στρώματα των πυκνιδίων (εικόνα 11-3). Τα κονίδια εξωθούνται από τις οστιόλες μετά από διαβροχή (εικόνα 11-4) (Donovan *et al.*, 1990).



Εικόνα 11 Ανάπτυξη πυκνιδίων του *Septoria apiicola* εντός φυλλικού ιστού σέλινου. **1)** Τομή πυκνιδίου αναπτυσσόμενου ακριβώς κάτω από την ανώτερη φυλλική επιφάνεια. **2)** Τομή ώριμου πυκνιδίου που προβάλλει στη φυλλική επιφάνεια, S-κονίδια, O-οστιόλη, P-πυκνίδιο. **3)** Μεγάλη μεγέθυνση της θέσης προσκόλλησης των κονιδίων στο πυκνίδιο, S-κονίδια, P-πυκνίδιο. **4)** Ωριμο πυκνίδιο προβάλλει μέσω της επιδερμίδας, S-κονίδια, βέλος-διερρηγμένη επιδερμίδα (Προσαρμογή από Donovan *et al.*, 1990).

4

ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ



4.1 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΕΡΚΟΣΠΟΡΙΩΣΗΣ

Οι παράγοντες που διαμορφώνουν μια επιδημία κερκοσπορίωσης, δηλαδή το παθογόνο, ο ξενιστής, το περιβάλλον, ο χρόνος και ο άνθρωπος, αλληλεπιδρούν όπως περιγράφεται στα ακόλουθα.

4.1.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥ

4.1.1.1 Είδος μολυσμάτων του *Cercospora arii* και τρόποι διάδοσής τους

Τα παθογόνα του γένους *Cercospora* επιβιώνουν πάνω ή μέσα στο σπόρο ως μικροσκοπικά μαύρα μυκηλιακά στρώματα και ως μικροσκοπικά μαύρα στρώματα σε παλαιά μολυσμένα φύλλα (Agrios, 2005). Έτσι, τα πρωτογενή μολύσματα του *C. arii* προέρχονται είτε από μολυσμένους σπόρους ή από υπολείμματα φυτών στο έδαφος (Raid, 2002).

Κονίδια του *Cercospora arii* είναι σχεδόν πάντα παρόντα στα προσβεβλημένα παλαιότερα φύλλα, στα υγρά κατώτερα επίπεδα της φυτομάζας (Lacy *et al.*, 1996). Τα κονίδια αποσπώνται εύκολα και μεταφέρονται με τον άνεμο σε απόσταση αρκετών χιλιομέτρων (Lacy *et al.*, 1996). Γι αυτό το λόγο, φυτείες σέλινου που βρίσκονται προς την συνήθη κατεύθυνση του ανέμου και απέχουν έως 800 m από έναν αγρό με σέλινο που συγκομίζεται, θα πρέπει να ψεκάζονται ακριβώς πριν την έναρξη της συγκομιδής (Kucharek and Berger, 2000). Επειδή τα κονίδια είναι ανεμοφερόμενα, σπάνια παρατηρούνται διαβαθμίσεις της έντασης της ασθένειας μεταξύ περιοχών (Lacy *et al.*, 1996).

Εκτός από τον άνεμο, τα σπόρια του *C. arii* διασπείρονται και με τις καλλιεργητικές εργασίες και τις πιτσιλιές της βροχής, αν και οι έντονες βροχοπτώσεις μειώνουν τη διαθεσιμότητα ζωτικών σπορίων, καθώς ξεπλένουν τα σπόρια από τις πηγές μόλυσματος κάτω στο έδαφος (Raid, 2002).

4.1.1.2 Διάρκεια επιβίωσης των μολυσμάτων

Έχει αναφερθεί ότι το παθογόνο είναι ικανό να επιζήσει ως μυκήλιο για περισσότερο από 2 χρόνια πάνω σε μολυσμένους σπόρους (Raid, 2002).

4.1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΞΕΝΙΣΤΗ

4.1.2.1 Γονοτυπικά ελεγχόμενη ανθεκτικότητα στον *Cercospora apii*

Στη Florida των Η.Π.Α., ευαίσθητες ποικιλίες όπως η Florida 683 και η Florida 2-14, σπέρνονται μόνο κατά τους πιο ψυχρούς μήνες. Μόνο ανθεκτικές ή ανεκτικές ποικιλίες σπέρνονται κατά τη διάρκεια περιόδων που θεωρούνται ευνοϊκές για την ασθένεια (θερμές και υγρές). Οι Florabelle, June-Belle και Earlibelle είναι κάποιες αξιοσημείωτες ποικιλίες, ανεκτικές στην κερκοσπορίωση (Raid, 2002). Ο Παναγόπουλος (1995) αναφέρει επίσης την ποικιλία Emerson Pascal ως ανθεκτική στον *C. apii*.

Ο Berger (1973) αναφέρει σχετικά με την αρχή της αντιμετώπισης των ασθενειών με μίγμα ανεκτικών και ευαίσθητων ατόμων, ότι βασίζεται στην υπόθεση ότι οι ευαίσθητες ποικιλίες θα πρέπει να προστατεύονται από τη γρήγορη ανάπτυξη της ασθένειας καθώς η αναπαραγωγή του μύκητα θα είναι μειωμένη στα ανεκτικά φυτά και λιγότερα σπόρια θα είναι διαθέσιμα για μόλυνση. Αντίστροφα, τα ανεκτικά φυτά μέσα σε έναν πληθυσμό φυτών ευαίσθητης ποικιλίας θα βρίσκονται κάτω από μεγαλύτερη πίεση από την ασθένεια λόγω των αυξημένων αριθμών αφίξεων σπορίων σε σχέση με εκείνες που θα παρατηρούνταν σε μια φυτεία με αμιγώς ανεκτικά φυτά, συνεπώς αναμένεται να εκδηλώσουν σε μεγαλύτερα ποσοστά συμπτώματα της ασθένειας.

Σε πείραμα του παραπάνω με στόχο τον έλεγχο της ισχύος αυτής της υπόθεσης στην περίπτωση της κερκοσπορίωσης του φυλλώδους σέλινου, διαπιστώθηκε ότι το ποσό της ασθένειας και οι ρυθμοί μόλυνσης του ευαίσθητου σέλινου μειώθηκαν όσο το ποσοστό των ανεκτικών στον *C. apii* φυτών στον πληθυσμό αυξάνονταν. Αυτή η προστατευτική επίδραση χάνονταν όταν το ποσό της ασθένειας ξεπερνούσε το 25%. Το ανεκτικό σέλινο σε ανάμικτους πληθυσμούς εκδήλωσε αυξανόμενα ποσά ασθένειας όσο το ποσοστό ευαίσθητων φυτών αυξανόταν. Επίσης, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στους ρυθμούς μόλυνσης μεταξύ ευαίσθητου και ανεκτικού σέλινου για ένα μεγάλο τμήμα της επιδημίας, γεγονός που ερμηνεύθηκε ως αποτελεσματικότητα της ανθεκτικότητας μόνο σε χαμηλά επίπεδα αφίξεων σπορίων.

4.1.2.2 Πυκνότητα των Φυτών στο Χώρο

Το μικροκλίμα του φυλλώματος των φυτών ασκεί πολύ σημαντική επίδραση στη μόλυνση από μύκητες κηλιδώσεων φύλλων. Οι αποστάσεις των φυτών επί της γραμμής

και μεταξύ των γραμμών επηρεάζουν το μικροκλίμα και, συνεπώς μεταβάλλουν το ρυθμό εξάπλωσης της ασθένειας (Berger, 1975). Ο Lacy (1986) αναφέρει ότι η κερκοσπορίωση του σέλινου εξαπλώνεται γρηγορότερα όταν η απόσταση μεταξύ των γραμμών φύτευσης είναι 60 cm παρά όταν είναι 80 cm, πιθανότατα λόγω της μεταβολής του μικροκλίματος που προκαλούν οι αποστάσεις φύτευσης. Αντίθετα, οι Lacy *et al.* (1996) αναφέρουν ότι λόγω της ιδιότητας των κονιδίων του *C. apii* να εξαπλώνονται μέσω του ανέμου, η αύξηση των αποστάσεων των φυτών επί και μεταξύ των γραμμών έχει μικρή συμβολή στην επιβράδυνση μιας επιδημίας κερκοσπορίωσης στο σέλινο.

Ο Berger (1975) δοκίμασε επτά διαφορετικούς συνδυασμούς αποστάσεων φύτευσης μεταξύ και επί των γραμμών, και διαπίστωσε ότι η κερκοσπορίωση εξαπλώνεται γρηγορότερα στο φυλλάδες σέλινο σε πειραματικά τεμάχια με μικρότερες αποστάσεις φύτευσης, καταλήγοντας σε διπλάσια ποσότητα ασθένειας στα τεμάχια με τη μικρότερη απόσταση φύτευσης, σε σχέση με τα τεμάχια με τη μεγαλύτερη απόσταση φύτευσης, μετά από οκτώ εβδομάδες. Ο ρυθμός εξάπλωσης της ασθένειας άρχισε να διαφοροποιείται μεταξύ των διάφορων αποστάσεων φύτευσης αργά μέσα στην καλλιεργητική περίοδο, όταν τα φύλλα των γειτονικών φυτών στις μικρές αποστάσεις φύτευσης είχαν αρχίσει να επικαλύπτονται, γεγονός που αδιαμφισβήτητα τροποποίησε τις μικροκλιματικές επιδράσεις εντός της φυτοστιβάδας.

Ο Berger (1975) αναφέρει ότι οι παραγωγοί σέλινου στη Florida των Η.Π.Α., προκειμένου να μεγιστοποιήσουν την παραγωγή, χρησιμοποιούν αποστάσεις φύτευσης τέτοιες ώστε 100 φυτά να καταλαμβάνουν 6,8 έως 10,6 m², να είναι δηλαδή συνωσιμμένα. Ωστόσο, το μικρό όφελος λόγω του μικρότερου ποσού ασθένειας που θα προέκυπτε από φύτευση σε μεγαλύτερες αποστάσεις δεν θα αντιστάθμιζε την απώλεια παραγωγής λόγω των μειωμένων πληθυσμών φυτών ανά μονάδα επιφάνειας. Συνεπώς, οι παραγωγοί σέλινου πιθανότατα θα προτιμούσαν να διατηρήσουν τις μικρές αποστάσεις φύτευσης, και να μειώσουν το ρυθμό μόλυνσης με χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και εφαρμογή ψεκασμών.

Οι Strandberg και White (1978) μελέτησαν την επίδραση των αποστάσεων φύτευσης κάτω από συνθήκες που προσομοιάζουν περισσότερο σε εκείνες της εμπορικής παραγωγής σέλινου, όπως η εφαρμογή μυκητοκτόνων (εφαρμόστηκε η ελάχιστη συχνότητα ψεκασμών, ένας ανά 7 ημέρες). Εφαρμόστηκαν 4 διαφορετικές αποστάσεις φύτευσης σε επίπεδο έδαφος, και 2 διαφορετικές αποστάσεις σε ανυψωμένη εδαφοκλίση

ύψους περίπου 20 cm. Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων τους διαπίστωσαν ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο ρυθμό μόλυνσης και στο βαθμό προσβολής των φύλλων και των μίσχων κατά τη συγκομιδή ανάμεσα στις διάφορες αποστάσεις φύτευσης αλλά και ανάμεσα στις δύο καλλιεργητικές μεθόδους. Τα αποτελέσματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι εφόσον εφαρμόζεται ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα αντιμετώπισης της ασθένειας, οι παραγωγοί μπορούν να επικεντρώνονται στη μεγιστοποίηση της παραγωγής χωρίς να ανησυχούν περαιτέρω για την αντιμετώπιση του *C. apii*. Επιπλέον, οι διάφορες αποστάσεις φύτευσης αλλά και η ανάπτυξη σε ανυψωμένη εδαφοκλίνη δε φάνηκε να επηρεάζουν τη διάρκεια διαβροχής των φύλλων. Οι αποστάσεις φύτευσης που χρησιμοποιήθηκαν δε μείωσαν τη διάρκεια διαβροχής σε σημείο που να είναι δυσμενής για το παθογόνο.

4.1.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Οι μύκητες του γένους *Cercospora* ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες, συνεπώς είναι πιο καταστροφικοί κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και στα θερμότερα κλίματα (Agris, 2005). Η ασθένεια που προκαλεί στο σέλινο ο *C. apii* θεωρείται επίσης θερμόφιλη ασθένεια, καθώς ευνοείται από θερμοκρασίες 15 έως 30° C και από παρατεταμένες περιόδους διαβροχής των φύλλων ή υψηλής σχετικής υγρασίας. Η σπορίωση είναι πιο άφθονη όταν η διάρκεια διύγρανσης των φύλλων είναι μεγαλύτερη από 10 ώρες στις παραπάνω θερμοκρασίες (Raid, 2002). Υπό τις παραπάνω συνθήκες, τα σπόρια παράγονται κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας (Kucharek and Berger, 2000).

Τα κονίδια του *C. apii* από κηλίδες στα ανώτερα επίπεδα της φυτείας αποσιπώνται κατά τις πρωινές ώρες (8-10 π.μ.) καθώς η θερμοκρασία ανεβαίνει, η σχετική υγρασία μειώνεται, και η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται. Οι βέλτιστες συνθήκες για μόλυνση είναι οι ίδιες με αυτές για το σχηματισμό σπορίων. Έτσι, η τυπική διαδικασία μόλυνσης περιλαμβάνει σχηματισμό κονιδίων τη νύχτα, διασπορά το επόμενο πρωί, ακολούθως βλάστηση των σπορίων και μόλυνση μέσω των στομάτων την επόμενη νύχτα (Lacy *et al.*, 1996).

4.1.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

4.1.4.1 Διάρκεια του βιολογικού κύκλου του παθογόνου

Ο χρόνος επώασης κυμαίνεται από 5 έως 14 ημέρες (Παναγόπουλος, 1995). Το παθογόνο μπορεί να ολοκληρώσει το δευτερογενή κύκλο του σε 5-14 ημέρες, με ταχύτερη ανάπτυξη σε θερμότερες συνθήκες (Raid, 2002).

4.1.4.2 Διάρκεια του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας

Το μεγάλο χρονικό διάστημα από τη μεταφύτευση έως τη συγκομιδή του σέλινου (12-14 εβδομάδες) είναι ευνοϊκό ως προς την επιδημιολογία της ασθένειας, καθώς καθιστά δυνατή την ολοκλήρωση πολλών δευτερογενών κύκλων του *C. apii*. Γι αυτό το λόγο, τα προγράμματα ψεκασμών για την αντιμετώπιση της κερκοσπορίωσης είναι από τα πιο επίπονα και ακριβά όλων των κηπευτικών καλλιεργειών (Raid, 2002).

4.1.4.3 Διάρκεια της υψηλής σχετικής υγρασίας

Αν και τα σπόρια των μυκήτων *Cercospora* χρειάζονται νερό για να βλαστήσουν και να διεισδύσουν, η ύπαρξη έντονης δροσιάς φαίνεται πως είναι αρκετή για επίτευξη μόλυνσης (Agrios, 2005). Η βλάστηση των σπορίων του *C. apii* και η διείσδυση μέσω των στομάτων μπορεί να ολοκληρωθεί εντός μόλις 5 ωρών, εφόσον τα φύλλα παραμένουν υγρά (Raid, 2002).

4.1.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ο άνθρωπος επεμβαίνει στην εξέλιξη μίας επιδημίας κερκοσπορίωσης με κατάλληλους χειρισμούς των παραμέτρων του περιβάλλοντος, αλλά και του παθογόνου και του ξενιστή, που αναπτύχθηκαν παραπάνω, με στόχο την πρόληψη ή την αντιμετώπιση της ασθένειας. Η τελευταία θα αναλυθεί στο κεφάλαιο της αντιμετώπισης. Όσον αφορά στην πρόληψη της ασθένειας, η επιδημιολογία την προσεγγίζει μέσω της αναζήτησης μαθηματικών τρόπων έκφρασης που ενδέχεται να προβλέπουν τις πιθανότητες εμφάνισης μιας επιδημίας, βασισμένη σε μαθηματικά μοντέλα (πρότυπα). Με χρήση τέτοιων μοντέλων είναι δυνατή η παροχή πρακτικών πληροφοριών έγκαιρης επέμβασης των παραγωγών για την αποτροπή ή τον περιορισμό της επίπτωσης μιας επαπει-

λούμενης επιδημίας σε μεγάλες γεωργικές εκτάσεις. Οι Raid *et al.* (2007) αναφέρουν ότι τα συστήματα πρόβλεψης ασθενειών χρησιμοποιούνται με επιτυχία στην αντιμετώπιση τόσο της κερκοσπορίωσης όσο και της σειπτορίωσης, στο Μίσιγκαν των ΗΠΑ.

Ο Berger (1969), αναλύοντας αρχεία παγίδευσης σπορίων και συσχετίζοντας τον αριθμό των παγιδευόμενων σπορίων με τις συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που είχαν προηγηθεί και καταγραφεί μέσω ενός θερμοϋγρογράφου, ανέπτυξε ένα μοντέλο πρόβλεψης της κερκοσπορίωσης του σέλινου, με τη βοήθεια του οποίου παραγωγοί σέλινου στη Florida των Η.Π.Α. απέφυγαν 5-15 εφαρμογές μυκητοκτόνων χωρίς αύξηση του τελικού ποσού της ασθένειας κατά τη χειμερινή καλλιεργητική περίοδο του 1968. Ο Berger παρατήρησε ότι η σπορίωση του *C. apii* αυξάνονταν προοδευτικά με κάθε διαδοχική νύχτα με 8 ή περισσότερες ώρες με υγρασία κοντά στο 100% και θερμοκρασίες 15-30° C. Λίγα σπόρια παγιδεύονταν μετά από νύχτες με θερμοκρασίες κάτω από 15° C, ανεξάρτητα από τη διάρκεια της περιόδου υψηλής σχετικής υγρασίας ή την προγενέστερη σπορίωση. Μετά από παρατεταμένη έκθεση σε θερμοκρασίες κάτω των 12° C, για να αρχίσει εκ νέου σημαντική σπορίωση από τον μύκητα ήταν απαραίτητες δύο ή περισσότερες νύχτες με θερμοκρασίες πάνω από 15° C και υγρασία κοντά στο 100%.

Εφαρμόζοντας το παραπάνω σύστημα πρόβλεψης, χωρίς παρακολούθηση των ανεμοφερόμενων κονιδίων του *C. apii*, οι Raid *et al.* (2007) συνιστούσαν ψεκασμό μόνο όταν όλα τα ακόλουθα κριτήρια ικανοποιούνταν:

- 1) δεν είχε γίνει εφαρμογή προστατευτικών μυκητοκτόνων τις προηγούμενες 7 ημέρες,
- 2) την προηγούμενη ημέρα (από τις 7:00 την προηγούμενη έως τις 6:00 την τρέχουσα ημέρα) είχαν καταγραφεί ≥ 12 ώρες σχετικής υγρασίας $\geq 90\%$,
- 3) την προηγούμενη ημέρα (από τις 7:00 την προηγούμενη έως τις 6:00 την τρέχουσα ημέρα) η μέση θερμοκρασία ήταν τουλάχιστον 15 αλλά όχι πάνω από 27° C,
- 4) οι θερμοκρασίες κατά την τρίτη ημέρα πριν από την τρέχουσα ημέρα (από τις 7:00 τρεις ημέρες πριν έως τις 6:00 της προχθεσινής ημέρας) ήταν τουλάχιστον 12° C ή, αν οι θερμοκρασία έπεφτε κάτω από τους 12° C, η μέση θερμοκρασία κατά τις δύο επόμενες νύχτες (από τις 22:00 έως τις 7:00) να είναι $\geq 15^\circ \text{C}$ με μέση σχετική υγρασία κατά τα ίδια χρονικά διαστήματα $\geq 95\%$.

Επιπλέον, οι Raid *et al.* (2007) δοκίμασαν την αποτελεσματικότητα του μοντέλου πρόβλεψης Tomcast στην αντιμετώπιση της κερκοσπορίωσης του σέλινου. Το Tomcast

αναπτύχθηκε για την αντιμετώπιση του *Alternaria solani* στην καλλιέργεια τομάτας, όμως αποδείχθηκε αποτελεσματικό και κατά άλλων ασθενειών κηπευτικών καλλιεργειών. Η απόφαση για εφαρμογή ψεκασμού λαμβάνονταν όταν οι εβδομαδιαίοι βαθμοί DSV (Disease Severity Values), που βασίζονται στις ώρες διαβροχής των φύλλων και στη θερμοκρασία, ξεπερνούσαν τους 15. Τόσο με το μοντέλο του Berger, όσο και με το Tomcast μειώθηκε ο αριθμός των ψεκασμών σε 2 έως 4 ανά καλλιεργητική περίοδο, από 13 που ήταν απαραίτητοι όταν εφαρμόζονταν σε εβδομαδιαία, ημερολογιακή βάση, χωρίς κανένα συμβιβασμό ως προς την αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης και της ποιότητας ή ποσότητας της παραγωγής.

Οι Lacy *et al.* (1996) αναφέρουν ότι στη Florida, κατά τη διάρκεια θερμών, βροχερών περιόδων, ένα τοπικό πρόγραμμα αντιμετώπισης της κερκοσπορίωσης στο σέλινο περιλαμβάνει έναν έως τρεις ψεκασμούς ανά εβδομάδα (20 έως 40 ψεκασμούς κατά τη διάρκεια της τρίμηνης παραμονής της καλλιέργειας στον αγρό). Όταν εφαρμόζεται σύστημα πρόβλεψης με σκοπό τη μείωση του αριθμού των ψεκασμών, τα δεδομένα του θερμοϋγρογράφου εξετάζονται καθημερινά περίπου στις 8 π.μ. για να προσδιοριστεί η πιθανότητα παρουσίας μολύσματος την ημέρα αυτή. Αν έχουν σημειωθεί 10 ή περισσότερες ώρες με σχετική υγρασία $\geq 95\%$ και θερμοκρασία 15-30° C και αν δεν έχει γίνει εφαρμογή μυκητοκτόνων κατά τις προηγούμενες 3 ημέρες, τότε συνιστάται ένας ψεκασμός. Μερικοί παραγωγοί εφαρμόζουν μεσοδιαστήματα 2 ημερών μεταξύ ψεκασμών κατά τη διάρκεια περιόδων με ευνοϊκές για την ασθένεια συνθήκες μετά το μέσο της καλλιεργητικής περιόδου, επειδή τότε σχηματίζεται ταχέως μεγάλη επιφάνεια νέου, απροστάτευτου φυλλικού ιστού. Ο προγραμματισμός των ψεκασμών κατά του *Cercospora apii* με τη βοήθεια συστημάτων πρόβλεψης αποδίδει καλύτερα αν τα φυτά είναι απαλλαγμένα από την ασθένεια όταν μεταφυτεύονται στον αγρό.

4.2 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΠΤΟΡΙΩΣΗΣ

Οι παράγοντες που διαμορφώνουν μια επιδημία σειπτορίωσης αλληλεπιδρούν όπως περιγράφεται στα ακόλουθα.

4.2.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥ

4.2.1.1 Είδος και τρόπος διάδοσης των μολυσμάτων

Οι προσβεβλημένοι σπόροι και τα υπολείμματα της καλλιέργειας που παραμένουν στον αγρό το χειμώνα είναι δυνητικές πηγές πρωτογενούς μόλυσματος (Hausbeck, 2002). Συγκεκριμένα, η επιβίωση του παθογόνου σε φυτικά υπολείμματα είναι δυνατή μόνο εφόσον αυτά δεν είναι αποσυντεθειμένα (Koike *et al.*, 2005).

Όσον αφορά στον τύπο του μόλυσματος που μπορεί να φέρουν οι σπόροι, ο Sheridan (1966) εξέτασε την πιθανή ύπαρξη μυκηλίου του *S. apiicola* στο περικάρπιο, το περικάλυμμα του σπόρου (testa), το ενδοσπέρμιο ή το έμβρυο του σπόρου, που θα μπορούσε να είναι υπεύθυνο, επιπλέον των κονιδίων που φέρονται στην επιφάνεια των σπόρων, για τη μόλυνση των φυταρίων. Με ευκολία εντόπισε μυκήλιο στο περικάρπιο και στο περικάλυμμα του σπόρου, ενώ στο ενδοσπέρμιο ή το έμβρυο δε βρέθηκε μυκήλιο.

Τα κονίδια του *S. apiicola* διασπείρονται επί των ίδιων ή διαφορετικών φυτών με τις πιτσιλιές της βροχής ή με την άρδευση με κατακλιτισμό, και με τους ανθρώπους ή τα μηχανήματα που κινούνται εντός της φυτείας όταν τα φυτά είναι βρεγμένα (Hausbeck, 2002). Γι αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό να παραμένουν οι παραγωγοί εκτός των αγρών με σέλινο προσβεβλημένο από σειπτορίωση όταν το φύλλωμα είναι υγρό (Charput, 2000).

Η σειπτορίωση δεν εξαπλώνεται από τα κέντρα των προσβολών εξίσου μακριά με την κερκοσπορίωση, επειδή τα σπόρια του *C. apii* είναι ανεμοφερόμενα ενώ του *S. apiicola* είναι μυξοσπόρια. Συνεπώς, η προσβολή από σειπτορίωση τείνει να εμφανίζεται κατά τυχαίες θέσεις σε έναν αγρό (Lacy, 1986).

4.2.1.2 Διάρκεια επιβίωσης των μολυσμάτων

Οι Sutton και Waterston (1966) αναφέρουν ότι η ζωτικότητα των μολυσμάτων του *S. apiiicola* σε προσβεβλημένους σπόρους σέλινου μπορεί να πέσει στο 2% μέσα σε 8 μήνες από τη συγκομιδή και ότι τόσο το μυκήλιο όσο και τα κονίδια μπορούν να παραμείνουν ζωντανά σε αποθηκευμένο σπόρο μέχρι και 14 μήνες, αλλά όχι πέρα από τα 2 χρόνια. Ο Sheridan (1966) διαπίστωσε ότι κονίδια του μύκητα από σπόρους που διατηρήθηκαν στο εργαστήριο για 15 μήνες δε βλάστησαν και από τους σπόρους αυτούς προέκυψαν υγιή φυτά.

Ο μύκητας βρέθηκε να παραμένει ζωτικός σε έδαφος στον αγρό σε ιστούς σέλινου σε αποσύνθεση μέχρι 6 εβδομάδες, και επί ακέραιου ιστού ξενιστή μέχρι 18 μήνες. Η απώλεια της ζωτικότητας του μύκητα σχετίζεται με την ταχύτητα αποσύνθεσης των φυτικών ιστών στο έδαφος (Gabrielson, 1962). Σπόρια του *S. apiiicola* μπορούν να επιβιώσουν σε υπολείμματα φύλλων εντός βάζων στο εργαστήριο για 10 μήνες και σε υπολείμματα στο έδαφος για 4 μήνες. Στον αγρό τα παλιά φύλλα σύντομα εξαφανίζονται αλλά μερικά φυτά μπορεί να επιβιώσουν μέχρι την περίοδο εγκατάστασης των νέων φυτειών σέλινου (τέλη Μαΐου με Ιούνιο), με συνέπεια να αποτελούν πραγματική απειλή για την επόμενη καλλιέργεια αν δεν εφαρμόζεται αμειψισπορά (Sheridan, 1966). Οι Maude και Shuring (1970), εργαζόμενοι σε ορυκτό έδαφος, διαπίστωσαν ότι φυτά σέλινου που φυτεύονται τον Ιούνιο μπορούν να προσβληθούν από σεπτορίωση, από υπολείμματα καλλιέργειας που ενσωματώνονται στο έδαφος εννέα μήνες νωρίτερα, όχι όμως και από υπολείμματα που ενσωματώνονται 21 μήνες νωρίτερα. Συνεπώς, ένα διετές πρόγραμμα αμειψισποράς θα μπορούσε να ελέγξει αυτή την πηγή μόλυσματος στον αγρό. Η εξαφάνιση του μύκητα από το έδαφος σχετίζεται πιθανώς με το ρυθμό αποσύνθεσης των υπολειμμάτων. Ζωτικά σπόρια του μύκητα μπορούσαν να ληφθούν από θαμμένα υπολείμματα για 7 μήνες, όσο δηλαδή παρέμενε στο έδαφος ορατό φυτικό υλικό.

4.2.1.3 Ποσότητα του μολύσματος κοντά σε ευπαθείς ξενιστές

Ο Sheridan (1966) απομόνωσε τον *Septoria apiiicola* από άγριο σέλινο (*Apium graveolens* L.) που εντόπισε σε βαλτώδεις περιοχές, και οι απομονώσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία σε μολύνσεις φυτών καλλιεργούμενου σέλινου. Συνεπώς το

άγριο σέλινο, όπου αυτό ευδοκίμει, είναι πιθανό να αποτελεί πηγή μολυσμάτων για τον ετήσιο κύκλο της ασθένειας σε γειτονικές καλλιέργειες σέλινου. Εκτός από το άγριο σέλινο, δεν είναι γνωστό άλλο ζιζάνιο-ξενιστής του *S. apiicola*. Είδη *Septoria* spp. που προσβάλλουν το μαϊντανό δεν αποτελούν παθογόνα του σέλινου.

4.2.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΞΕΝΙΣΤΗ

4.2.2.1 Γονοτυπικά ελεγχόμενη ανθεκτικότητα

Ποικιλίες σέλινου με αποδεδειγμένη ανθεκτικότητα στη σεπτορίωση, ειδικά κατά τη διάρκεια ευνοϊκών για την ασθένεια περιόδων (ζεστών και υγρών), είναι η Early Belle και η June Belle (Raid and Kucharek, 2006).

Σχετικά με το μηχανισμό ανθεκτικότητας του σέλινου στον *S. apiicola*, φαίνεται ότι τα αιθέρια έλαια παίζουν σημαντικό ρόλο στην άμυνα των φυτών κατά του παθογόνου (Edwards *et al.*, 1999). Τα αιθέρια έλαια δίνουν στο σέλινο το δριμύ και χαρακτηριστικό του άρωμα και, ως πτητικές ουσίες, πρέπει να είναι παρόντα στους μεσοκυττάριους χώρους. Καθώς η ανάπτυξη του *S. apiicola* είναι μεσοκυττάρια, οι αναπτυσσόμενες υφές θα εκτεθούν σε αυτές τις ουσίες κατά τον πολλαπλασιασμό τους εντός των φύλλων και των μίσχων. Οι πιο πτητικές ενώσεις στο σέλινο είναι τα μονοτερπένια (π.χ. β-πινένιο, λιμονένιο, καρυοφυλλένιο και γ-τερπινένιο) τα οποία είναι γνωστό ότι παρεμποδίζουν ένα μεγάλο φάσμα μυκήτων. Από τα διάφορα τερπένια, το β-πινένιο και το λιμονένιο είναι παρεμποδιστικά στην ανάπτυξη των υφών του *S. apiicola* σε στερεό και υγρό μέσο (Donovan *et al.*, 1993). Σε πείραμα των παραπάνω με μία ευαίσθητη αυτολευκαινόμενη ποικιλία και μια πιο ανθεκτική πράσινη ποικιλία σέλινου, διαπιστώθηκε ότι αν και η σύσταση των αιθέριων ελαίων (λιμονένιο, β-πινένιο, τερπινένιο, καρυοφυλλένιο, σεσκοιτερπένια και φθαλίδια) ήταν συγκρίσιμη και στις δυο ποικιλίες, η ανθεκτική ποικιλία περιείχε πάνω από τη διπλάσια συγκέντρωση ελαίων σε σχέση με την ευαίσθητη. Επίσης, εκχυλίσματα αιθέριου ελαίου από την ανθεκτική ποικιλία ήταν πιο παρεμποδιστικά για την ανάπτυξη του *S. apiicola* σε καλλιέργεια. Είναι λοιπόν πιθανό ότι τα αιθέρια έλαια περιορίζουν την εξάπλωση του *S. apiicola* στις πιο ανθεκτικές ποικιλίες, ως μέρος ενός δομικού αμυντικού μηχανισμού του σέλινου.

4.2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Η επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος στην επιδημιολογία της σειπορίωσης του σέλινου βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με την επίδραση του χρόνου, γι αυτό και θα εξεταστούν από κοινού στα παρακάτω.

Τα πυκνιδιοσπόρια βλαστάνουν σε θερμοκρασίες 9-28° C (άριστη θερμοκρασία 20-25° C) (Παναγόπουλος, 1995). Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που απαιτούνται για την εκδήλωση των συμπτωμάτων της σειπορίωσης στους 21° C περιλαμβάνουν τουλάχιστον 24 ώρες συνεχόμενης ή διακοπτόμενης (12 ώρες υγρά/12 ώρες στεγνά/12 ώρες υγρά φύλλα) δρόσου. Στους 21° C, περισσότερες κηλίδες αναπτύσσονται όταν οι περιόδοι συνεχόμενης δρόσου είναι μεγαλύτερες από 36 ώρες, παρά όταν διαρκούν λιγότερο από 24 ώρες, ενώ στους 25° C απαιτούνται περίοδοι δρόσου μεγαλύτερες από 36 ώρες για εμφάνιση κηλίδων. Συμπτώματα σε φύλλα έχουν παρατηρηθεί εντός 7 έως 8 ημερών, μετά από επώαση στους 21-27° C (Hausbeck, 2002).

Οι αναγκαίες συνθήκες για τη μέγιστη δυνατή προσβολή είναι 36 ή περισσότερες ώρες υψηλής σχετικής υγρασίας ($\geq 95\%$) και σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (15-20° C) με παρατεταμένες περιόδους διαβροχής των φύλλων (Lacy, 1986).

Σε πειράματα σχεδιασμένα για τη μελέτη των απαραίτητων για μόλυνση συνθηκών διαπιστώθηκε η ανάγκη διατήρησης των μολυσμένων φυτών της ποικιλίας Giant White Pascal σε θερμοκρασία 15-17° C και 100% συνεχή σχετική υγρασία κατά τις πρώτες 36 ώρες, προκειμένου να εισέλθει ο μύκητας στο φύλλο και ακολούθως να δώσει συμπτώματα τις ασθένειας. Η ασθένεια δεν εκδηλώθηκε ποτέ σε φυτά που μολύνθηκαν με ζωτικά μυκηλιακά σπόρια και αφήθηκαν στον πάγκο του θερμοκηπίου σε ατμοσφαιρική υγρασία (Sheridan, 1968_b).

Ομοίως, παρατηρήσεις στον αγρό κατέδειξαν ότι δεν πραγματοποιείται μόλυνση αν η μέση ατμοσφαιρική σχετική υγρασία πέσει κάτω από το 90% κατά τις δύο ημέρες μετά από τη μόλυνση. Τα σπόρια βλαστάνουν στη φυλλική επιφάνεια και οι βλαστικοί σωλήνες εισέρχονται στους ιστούς μέσω των στομάτων κατά τη διάρκεια των 36 ωρών της περιόδου μόλυνσης σε υψηλή σχετική υγρασία (Sheridan, 1968_a).

Οι Mathieu και Kushalappa (1993) κατέγραψαν το μέγιστο αριθμό κηλίδων όταν, μετά από τεχνητή μόλυνση, τα φυτά διατηρήθηκαν σε θάλαμο υδρονέφωσης, τους 25° C επί 72 ώρες. Ωστόσο στον αγρό σπάνια παρατηρούνται περίοδοι συνεχούς διαβροχής των φύλλων διάρκειας 72 ωρών, ενώ συντομότερες περίοδοι διαβροχής στις οποίες

παρεμβάλλονται διαστήματα υψηλής σχετικής υγρασίας είναι πολύ συνηθισμένες. Υπό αυτές τις συνθήκες μπορεί να συνεχίζονται οι μολύνσεις από σπόρια που βρίσκονται ήδη πάνω στα φύλλα. Οι ευνοϊκές για την ανάπτυξη της ασθένειας συνθήκες παρατείνονται καθώς η φυτεία ωριμάζει και η φυτομάζα κλείνει, μειώνοντας τον αερισμό και αυξάνοντας το χρόνο που απαιτείται για να στεγνώσει το φύλλωμα.

4.2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ο άνθρωπος επεμβαίνει στην εξέλιξη μίας επιδημίας σεπτορίωσης με κατάλληλους χειρισμούς του περιβάλλοντος, αλλά και του παθογόνου και του ξενιστή, με στόχο την πρόληψη ή την αντιμετώπιση της ασθένειας. Η τελευταία θα αναλυθεί στο κεφάλαιο της αντιμετώπισης. Στα ακόλουθα θα εξεταστεί η πρόληψη της σεπτορίωσης του σέλινου.

Τα μυκητοκτόνα είναι συχνά το σημαντικότερο εργαλείο για την αντιμετώπιση της σεπτορίωσης και μπορεί να εφαρμόζονται με συχνότητα 7 ημέρες. Η ημερολογιακή στρατηγική αντιμετώπισης μπορεί να οδηγήσει σε υπεράριθμες εφαρμογές όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν ευνοούν την ανάπτυξη της ασθένειας. Η εφαρμογή μυκητοκτόνων μόνο όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για τον *S. apiicola* μπορεί να μειώσει τον συνολικό αριθμό επεμβάσεων που απαιτούνται για αποτελεσματική αντιμετώπιση της ασθένειας, μειώνοντας τις εισροές φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο περιβάλλον (Bounds and Hausbeck, 2007).

Κατά τους Mathieu και Kushalappa (1993) ένα πρώτο βήμα για την ανάπτυξη ενός συστήματος αντιμετώπισης της σεπτορίωσης του σέλινου είναι η ποσοτικοποίηση της σχέσης ανάμεσα στη μόλυνση και τη διάρκεια διαβροχής των φύλλων σε διάφορες θερμοκρασίες. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος πρόβλεψης δεν αναμένεται να παρατείνεται πέρα από το κλείσιμο της φυτοσιβάδας, οπότε και τα φυτά σε μολυσμένους αγρούς πιθανότατα χρειάζονται συνεχή προστασία λόγω της μειωμένης εξάτμισης.

Ο Lacy (1994), αναζητώντας ένα μοντέλο για τον προγραμματισμό της εφαρμογής ψεκασμών με προστατευτικά μυκητοκτόνα μόνο όταν ήταν απαραίτητο για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης της ασθένειας, κατέληξε στη χρήση ως οριακής τιμής που συνεπάγεται κίνδυνο μόλυνσης μιας περιόδου διαβροχής των φύλλων διάρκειας 12 ωρών (ή μεγαλύτερη). Ψεκασμοί με chlorothalonil εφαρμόστηκαν σε μολυσμένα

πειραματικά τεμάχια μετά από 12 ή περισσότερες ώρες διαβροχής (υπό την προϋπόθεση ότι δεν είχαν εφαρμοστεί ψεκασμοί τις προηγούμενες 7 ημέρες). Κατά τα τρία χρόνια που διήρκεσε το πείραμα, δύο λιγότεροι ψεκασμοί εφαρμόζονταν κάθε χρόνο με χρήση του ορίου των 12 ωρών, σε σχέση με το εβδομαδιαίο πρόγραμμα ψεκασμών, χωρίς καμία μείωση στην αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης της ασθένειας. Το παραπάνω μοντέλο δεν περιλαμβάνει τη θερμοκρασία ως εκτιμώμενη μεταβλητή επειδή η θερμοκρασία δεν είναι περιοριστικός παράγοντας στην εξέλιξη της ασθένειας στο Μίσιγκαν, όπου το μοντέλο αναπτύχθηκε. Ωστόσο, η θερμοκρασία θα μπορούσε πιθανώς να αποτελεί παράγοντα σε άλλες τοποθεσίες αν σημειώνονται θερμοκρασίες κάτω από τους 10° C ή πάνω από τους 30° C.

Σήμερα, δύο διαθέσιμα συστήματα πρόβλεψης είναι το *Septoria predictor* που αναπτύχθηκε στο Μίσιγκαν των Η.Π.Α., και το μοντέλο Tomcast προσαρμοσμένο για χρήση στο σέλινο. Με αυτά τα συστήματα, η απόφαση επέμβασης βασίζεται στη θερμοκρασία και τη διάρκεια διαβροχής των φύλλων - τους ίδιους παράγοντες που καθορίζουν τη δριμύτητα των επιδημιών σεπτορίωσης και στον αγρό (McDonald, 2004). Το μοντέλο Tomcast λειτουργεί με καθημερινή εισαγωγή μετρήσεων μέσης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια περιόδων διαβροχής των φύλλων και διάρκειας σε ώρες αυτών των γεγονότων διαβροχής των φύλλων. Υπάρχει ένα κατώτατο θερμικό όριο των 13°C, κάτω από το οποίο η ανάπτυξη της ασθένειας είναι αμελητέα. Όταν η θερμοκρασία ανέβει πάνω από το κατώτατο όριο, οι ακόλουθες περιοδοί διαβροχής των φύλλων θα οδηγήσουν το μοντέλο, συγκεντρώνοντας βαθμούς DSV (Disease Severity Values), κάτι ανάλογο με τους ημεροβαθμούς που προσδιορίζουν την ανάπτυξη των αρθροπόδων με το χρόνο. Οι βαθμοί DSV είναι οι ώρες διαβροχής φύλλων σε ένα θερμοκρασιακό εύρος. Οι ημερήσιοι DSVs υπολογίζονται στις 11:00 και προστίθενται, μέχρι να φθάσουν την ουδό της χημικής επέμβασης (Phillips, 1999). Οι Bounds and Hausbeck (2007) δοκίμασαν το μοντέλο Tomcast ως προς την αποτελεσματικότητά του κατά του *S. apiicola* στο σέλινο, σε σχέση με ένα ημερολογιακό, εβδομαδιαίο πρόγραμμα ψεκασμών. Ως ουδοί για τη λήψη απόφασης επέμβασης με μυκητοκτόνα χρησιμοποιήθηκαν οι 10, 15 και 20 βαθμοί DSV. Η ουδός των 10 βαθμών DSV έδωσε τα πιο ικανοποιητικά και συνεπή αποτελέσματα, επιτυγχάνοντας αντιμετώπιση της ασθένειας συγκρίσιμη με εκείνη του ημερολογιακού προγράμματος ψεκασμών, με έως και 5 ψεκασμούς λιγότερους.

5

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ

Καθώς δεν έχουν αναγνωρισθεί παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης για τη σειπορίωση του σέλινου, οι παραγωγοί αντιμετωπίζουν την ασθένεια με συνδυασμό καλλιεργητικών και χημικών μέτρων (Ανομυμους, 2000). Ομοίως, για την κερκοσπορίωση του σέλινου, ο Raid (2002) αναφέρει ότι λόγω της «εκρηκτικής» φύσης της ασθένειας και της μεγάλης διάρκειας της καλλιέργειας του σέλινου, η αντιμετώπιση αυτής της ασθένειας σε θερμά, υγρά κλίματα δεν θα πρέπει να βασίζεται σε κάποια μεμονωμένη στρατηγική.

Η βιβλιογραφία σχετικά με την αντιμετώπιση της σειπορίωσης του σέλινου είναι πιο εκτεταμένη από αυτή της κερκοσπορίωσης, ωστόσο στα παρακάτω οι διάφορες μέθοδοι αντιμετώπισης θα παρουσιαστούν από κοινού, καθώς από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις συμπίπτουν.

5.1 ΧΡΗΣΗ ΥΓΙΟΥΣ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το τελικό επίπεδο μιας πολυκυκλικής ασθένειας προσδιορίζεται τόσο από το ποσό του αρχικού μολύσματος όσο και από τον ρυθμό αύξησης της ασθένειας. Σε πολυκυκλικές ασθένειες, η επίδραση του αρχικού μολύσματος είναι ελάσσονος σημασίας σε σχέση με την παράμετρο του ρυθμού αύξησης. Στη σειπορίωση του σέλινου, η περιορισμένη διάδοση του αρχικού μολύσματος και οι λίγες αρχικές εστίες της ασθένειας ευθύνονται για την μικρή αύξηση της ασθένειας στην αρχή μιας επιδημίας. Συνεπώς, η μείωση του αρχικού ποσού της ασθένειας θα μπορούσε να συμβάλλει στην αντιμετώπιση της ασθένειας όταν η μόλυνση προκύπτει νωρίς κατά την καλλιεργητική περίοδο (Mudita and Kushalappa, 1993).

Ο Lacy (1986), για τη μείωση του πρωτογενούς μολύσματος και της πιθανότητας μόλυνσης των φυταρίων από τα σποροφερόμενα παθογόνα *Cercospora apii* και *Septoria apiicola* προτείνει τη χρήση σπόρου ηλικίας τριών ετών με καλή βλαστικότητα (τουλάχιστον 80%). Ο Hausbeck (2002) αναφέρει ότι η παλαιώση του σπόρου με αποθήκευσή του για τουλάχιστον 2 χρόνια συνήθως εξαλείφει τον *S. apiicola*, ο οποίος γενικά δεν επιζεί πάνω σε σπόρους πέρα από αυτό το χρονικό διάστημα. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι εκατομμύρια σπόροι σέλινου σπέρνονται κάθε χρόνο, δεν μπορεί να προταθεί η χρήση παλαιού σπόρου ως μοναδικό μέτρο αντιμετώπισης της σειπορίωσης. Ένα ή δύο προσβεβλημένα φυτάρια αρκούν για να ξεκινήσουν μια επιδημία, και δεν

είναι εύκολο να γνωρίζει κανείς τις συνθήκες υπό τις οποίες είχε αποθηκευτεί ο σπόρος που χρησιμοποιεί. Επιπλέον, έχει επιτευχθεί μόλυνση υγιών φυτών μετά από εφαρμογή του υγρού που χρησιμοποιήθηκε για ξέπλυμα μολυσμένων σπόρων που διατηρήθηκαν υγροί για λίγες ημέρες, ενώ το υγρό που χρησιμοποιήθηκε για απόπλυση πριν την περίοδο διαβροχής δεν έδωσε μολύνσεις. Το παραπάνω αποδόθηκε σε πιθανή παραγωγή νέων σπορίων στα παλαιά πυκνίδια μετά από το μούλιασμα (Sheridan, 1966)

Η θερμοθεραπεία μπορεί να μειώσει τις προσβολές από *Septoria* και *Cercospora*. Οι σπόροι εμβαπτίζονται σε θερμό νερό, σε θερμοκρασίες υψηλότερες από το σημείο θερμοτικού θανάτου του μύκητα. Ατυχώς, το σημείο θερμοτικού θανάτου του παθογόνου είναι κοντά σε εκείνο των σπόρων. Έτσι, υπερβολική θέρμανση μπορεί να προκαλέσει μείωση της βλαστικότητας των σπόρων. Σπόροι που έχουν δεχθεί θερμοθεραπεία δε μπορούν να αποθηκευθούν για περισσότερο από δύο χρόνια (Anonymous, 2000). Σε εμπορική κλίμακα, στο παρελθόν, η θερμοθεραπεία ήταν ο κύριος χειρισμός για την αντιμετώπιση της σειπορίωσης, ωστόσο υπήρχαν κάποιες περιστασιακές αναφορές μολυσμένων φυτών από σπόρους που είχαν δεχθεί θερμοθεραπεία. Ο Maude (1970) διαπίστωσε ότι η εμπορική θερμοθεραπεία (50° C για 25 λεπτά) δεν εξάλειψε πλήρως τη μόλυνση των σπόρων (1/1600 φυτά από σπόρους που δέχθηκαν θερμοθεραπεία ήταν μολυσμένο). Πλήρης καταστολή της σειπορίωσης επιτεύχθηκε με μούλιασμα των σπόρων για 24 ώρες στους 30° C σε υδατικό αιώρημα 0,2% thiram. Επιπλέον, ο χειρισμός των σπόρων με thiram, σε αντίθεση με τη θερμοθεραπεία, δεν επηρέασε αρνητικά τη βλαστικότητα των σπόρων, και η καλλιέργεια που προέκυψε από σπόρους που δέχθηκαν χειρισμό με thiram ήταν ίση σε ποιότητα και παραγωγή με αυτή που προέκυψε από σπόρους στους οποίους εφαρμόστηκε θερμοθεραπεία.

Οι Gott *et al.* (1989) αναφέρουν ότι με συνδυασμένη εφαρμογή στους σπόρους σέλινου μυκητοκτόνων με ρυθμιστές αύξησης των φυτών επιτυγχάνεται η εξάλειψη τόσο του *Septoria apiicola*, όσο του φυσικού θερμολήθαργου των σπόρων του σέλινου που μπορεί να οδηγήσει σε αβέβαιο και ακανόνιστο φύτρωμα. Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός των γιββερελλινών A4 και A7 (GA 4/7) και ορισμένων μυκητοκτόνων, για παράδειγμα του benomyl και του carbendazim, ήταν πιο αποτελεσματικός κατά του μύκητα από ότι τα μυκητοκτόνα, όταν εφαρμόζονταν μόνο τους. Επιπλέον, το benomyl και το carbendazim, όταν εφαρμόζονταν με «μούλιασμα» των σπόρων επί 24 ώρες ήταν εξίσου αποτελεσματικά με το thiram, ενώ δοκιμές βλαστικότητας των σπόρων

απέδειξαν ότι τα βενζιμιδαζολικά μυκητοκτόνα ήταν λιγότερο φυτοτοξικά στους σπόρους του σέλινου από άλλα μυκητοκτόνα, συμπεριλαμβανομένου και του thiram.

Η επιλογή οποιουδήποτε από τους παραπάνω χειρισμούς των κύριων πηγών πρωτογενούς μόλυσματος των σπόρων είναι μεγάλης σημασίας στην περίπτωση της σειπτορίωσης, η οποία είναι μια πολύ μολυσματική ασθένεια. Συνεπώς, υπό ευνοϊκές καιρικές συνθήκες, πολύ λίγα μολυσμένα φυτά σε ένα φυτώριο ή μια καλλιέργεια μπορούν να προκαλέσουν την έναρξη μιας σοβαρής επιδημίας. Γι αυτό το λόγο οποιουδήποτε χειρισμός των σπόρων πρέπει να δίνει πολύ υψηλό βαθμό αποτελεσματικότητας, κατά προτίμηση θα πρέπει να εξαλείφει τελείως τη μόλυνση (Maude, 1969).

5.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Η κερκοσπορίωση και η σειπτορίωση του σέλινου αντιμετωπίζονται με κοινά καλλιεργητικά μέτρα (Anonymous, 2000). Ως μέρος ενός προγράμματος ολοκληρωμένης διαχείρισης της καλλιέργειας, το κυριότερο συστατικό μιας επιτυχούς αντιμετώπισης των κηλιδώσεων του σέλινου είναι ο έλεγχος των ασθενειών στα σπορεία (Charut, 2000). Η ένταση της κερκοσπορίωσης που παρατηρείται σε παραγωγικούς αγρούς συσχετίζεται συχνά με το επίπεδο της ασθένειας που αναπτύσσεται αρχικά στα σπορεία. Γι αυτό το λόγο, θα πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια να χρησιμοποιούνται υγιείς σπόροι και να περιορίζεται η ανάπτυξη της ασθένειας στις σποροκλίνες. Αυτές οι προσπάθειες μπορούν να περιλαμβάνουν αμειψισπορά και αποστείρωση ή υποκαπνισμό της σποροκλίνης. Θα πρέπει να αποφεύγεται ο συνωστισμός των φυταρίων (που παραινεί τη διαβροχή των φύλλων), και τα φυτά θα πρέπει να ετοιμάζονται άμεσα για μεταφύτευση, όταν είναι έτοιμα (Raid, 2002).

Στον αγρό, τα καλλιεργητικά μέτρα αντιμετώπισης της κερκοσπορίωσης και της σειπτορίωσης του σέλινου ξεκινούν με την επιλογή προς μεταφύτευση φυταρίων απαλλαγμένων από μολύνσεις από το σπορείο (Anonymous, 2000). Θα πρέπει να ακολουθεί τακτική και συνεπής επιθεώρηση των αγρών και απομάκρυνση των προσβεβλημένων φυτών, αρχίζοντας από το στάδιο του φυταρίου και μέχρι τη συγκομιδή. Καθώς το σέλινο φυτεύεται συνήθως σε διαδοχικά χέρια, είναι σημαντικό να προστατεύονται τα προσφάτως μεταφυτευμένα φυτά από μολύνσεις που μπορεί να έχουν αναπτυχθεί σε εγκατεστημένα φυτά προηγούμενων φυτεύσεων (Charut, 2000).

Αμειψιοπορά διάρκειας 3 ή 4 χρόνων και ενσωμάτωση σε μεγάλο βάθος των υπολειμμάτων της καλλιέργειας μπορεί να βοηθήσουν να μειωθούν οι πηγές μόλυσματος των ασθενειών. Η βελτίωση του αερισμού μέσα στον αγρό μέσω μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ των γραμμών και μικρότερης πυκνότητας φύτευσης ή με επιλογή ποικιλιών με «ορθόκλαδη» ανάπτυξη, μπορεί να φανεί χρήσιμη. Τα φυτά σέλινου θα πρέπει να διατηρούνται εύρωστα μέσω ενός ισορροπημένου προγράμματος λίπανσης και άρδευσης που να προάγει την ικανότητα των φυτών να αμύνονται κατά των ασθενειών (Charut, 2000). Ωστόσο, θα πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική αζωτούχος λίπανση (Sutton and Waterston, 1966).

Μετά την εγκατάσταση των φυτών στον αγρό να αποφεύγεται η άρδευση με καταιονισμό αν είναι δυνατόν (Koike *et al.*, 2005). Αν η άρδευση με καταιονισμό είναι αναπόφευκτη, θα πρέπει να μειώνεται η πίεση του νερού έτσι ώστε να μειωθεί το πιτσιλισμα και η διάδοση των ασθενειών (Anonymous, 2000). Συνιστάται οι παραγωγοί να ποτίζουν το πρωί και να εξασφαλίζουν καλό αερισμό (Mathieu and Kushalappa, 1993). Αν είναι δυνατό, η άρδευση θα πρέπει να προγραμματίζεται έτσι ώστε οι περίοδοι διαβροχής των φύλλων να μην εκτείνονται πέρα από τις περιόδους κατά τις οποίες το φύλλωμα αναμένεται να είναι βρεγμένο λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών. Για παράδειγμα, καλό είναι τα φυτά να αρδεύονται κατά τη νύχτα, όταν τα φύλλα είναι ήδη υγρά λόγω δρόσου (Charut, 2000).

Για αποφυγή διασποράς των σπορίων του *S. apiiicola*, συνιστάται μείωση της μετακίνησης ανθρώπων και μηχανημάτων μέσα στον αγρό όταν το φύλλωμα είναι βρεγμένο. Ο εξοπλισμός θα πρέπει να καθαρίζεται πριν χρησιμοποιηθεί σε άλλον αγρό (Anonymous, 2001_a).

5.3 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Ελλείπει εμπορικά διαθέσιμων ποικιλιών σέλινου με υψηλό επίπεδο ανθεκτικότητας στην κερκοσπορίωση ή στη σεπτορίωση, η κύρια μέθοδος αντιμετώπισης των ασθενειών αυτών είναι η εφαρμογή μυκητοκτόνων με ψεκασμούς φυλλώματος (Lacy, 1986). Οι εφαρμογές μυκητοκτόνων θα πρέπει να βασίζονται είτε σε πρόβλεψη για την εξέλιξη της κερκοσπορίωσης και της σεπτορίωσης, είτε σε επιθεωρήσεις ή στο ιστορικό

του αγρού. Είναι σημαντικό να εναλλάσσονται τα διαθέσιμα μυκητοκτόνα για να περιοριστεί η ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα παθογόνα και να εφαρμόζονται με τον κατάλληλο όγκο ψεκαστικού υγρού έτσι ώστε να καλύπτονται τα κατώτερα φύλλα και τα στελέχη. Οι επεμβάσεις είναι πιο αποτελεσματικές όταν εφαρμόζονται στα σπορεία, επειδή τα φυτά είναι συγκεντρωμένα σε μικρότερη έκταση (Charut, 2000). Επίσης, αναφέρεται ότι η αποτελεσματικότητα των μυκητοκτόνων κατά της σειποριώσης και της κερκοσποριώσης είναι μεγαλύτερη όταν τα μυκητοκτόνα χρησιμοποιούνται ως προστατευτικά παρά μετά την εμφάνιση των ασθενειών (Anonymous, 2001a).

Όσον αφορά στο χρόνο έναρξης εφαρμογής μυκητοκτόνων κατά της σειποριώσης στο σέλινο, οι Mudita και Kushalappa (1993) αναφέρουν ότι επειδή η ασθένεια αυξάνεται ταχύτατα, οδηγώντας σε σημαντική απώλεια παραγωγής ακόμα και όταν κατά τη μεταφύτευση τα επίπεδα της ασθένειας είναι πολύ χαμηλά, οι εφαρμογές μυκητοκτόνων πρέπει να ξεκινούν αμέσως μόλις παρατηρηθεί η ασθένεια κατά το στάδιο αυτό. Ωστόσο, αν η ασθένεια εμφανιστεί αργότερα κατά την καλλιεργητική περίοδο, οι εφαρμογές μυκητοκτόνων μπορούν να καθυστερήσουν μέχρι η προσβολή να φθάσει σε μία υψηλότερη οικονομική ουδό, δηλαδή η οικονομική ουδός δεν είναι σταθερή αλλά δυναμική και εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Πράγματι, σε συνθήκες εμπορικής καλλιέργειας σέλινου, η ύπαρξη της ασθένειας κατά τη μεταφύτευση είναι εξαιρετικά σπάνια. Ο χρόνος εμφάνισης της ασθένειας ποικίλει ανάλογα με το ποσό του αρχικού μολύσματος που επιζεί σε υπολείμματα της καλλιέργειας ή που φέρεται από μολυσμένους σπόρους. Η αναβολή της εφαρμογής μυκητοκτόνων μέχρι να γίνουν ορατά τα πρώτα συμπτώματα της ασθένειας στον αγρό βοήθησε να αποφευχθούν τουλάχιστον 3 ψεκασμοί. Έτσι, η πρώτη εφαρμογή μυκητοκτόνου μπορεί να αναβληθεί, χωρίς πολύ ρίσκο, ειδικά σε πιο προχωρημένα στάδια ανάπτυξης, μέχρι η ασθένεια να παρατηρηθεί στον αγρό.

Ομοίως, για καλύτερα αποτελέσματα οι Koike *et al.* (2005) συνιστούν την εφαρμογή μυκητοκτόνων με την πρώτη εμφάνιση των συμπτωμάτων, μετά από παρακολούθηση των καλλιεργειών σέλινου για συμπτώματα σειποριώσης. Αν ανιχνευθούν συμπτώματα, μπορεί να είναι απαραίτητη η χρήση προστατευτικών μυκητοκτόνων για έλεγχο της ασθένειας, ειδικά αν εφαρμόζεται άρδευση με καταιωνισμό ή αν έχει βρέξει. Η εφαρμογή μυκητοκτόνων δεν είναι απαραίτητη όταν οι θερμοκρασίες στον αγρό παραμένουν κάτω από τους 13° C.

Για την κερκοσπορίωση του σέλινου, οι Raid και Kucharek (2006) αναφέρουν ότι τα μυκητοκτόνα θα πρέπει να εφαρμόζονται με την πρώτη εμφάνιση συμπτωμάτων της ασθένειας.

Όσον αφορά στη συχνότητα των ψεκασμών, συνήθως πραγματοποιούνται ανά 7 έως 10 ημέρες για τα προστατευτικά μυκητοκτόνα, και ανά 7 έως 14 ημέρες για τα διαουσηματικά (Lacy, 1986). Όπως αναφέρθηκε, η τρέχουσα έρευνα στοχεύει στην ανάπτυξη στρατηγικών ολοκληρωμένης αντιμετώπισης της σειπτορίωσης, που συμπεριλαμβάνουν τη χρήση ποικίλων μυκητοκτόνων αντιπροσωπευτικών διάφορων χημικών ομάδων, τα οποία όμως εφαρμόζονται μόνο όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη της ασθένειας (Green and O'Neil, 2002).

Τα ίδια μυκητοκτόνα που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση της κερκοσπορίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και κατά της σειπτορίωσης του σέλινου (Raid and Kucharek, 2006). Στα ακόλουθα παρουσιάζονται τα μυκητοκτόνα που από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι έχουν τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα κατά των προσβολών από τους μύκητες *C. apii* και *S. apiiicola*.

5.3.1 ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ ΜΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

Τα ευρέως φάσματος προστατευτικά μυκητοκτόνα θα πρέπει να εφαρμόζονται σε αρκετό όγκο ψεκαστικού διαλύματος για να επιτευχθεί καθολική διαβροχή (Raid and Kucharek, 2006).

Clorothalonil

Το chlorothalonil ανήκει στα χλωρονιτρίλια (Anonymous, 2006). Πρόκειται για ευρέως φάσματος προστατευτικό μυκητοκτόνο με άριστη έως καλή αποτελεσματικότητα (100-80% αντιμετώπιση) κατά του *C. apii* και του *S. apiiicola* και πολύ καλή σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας. Χρησιμοποιείται και σε προγράμματα διαχείρισης ανθεκτικότητας των παραπάνω μυκήτων σε μυκητοκτόνα με εξειδικευμένη δράση. Για τους παραπάνω λόγους χαρακτηρίζεται ως το πιο σημαντικό εργαλείο κατά των κηλιδώσεων του σέλινου. Ωστόσο, έχει ταξινομηθεί ως B2 καρκινογόνο (πιθανό καρκινογόνο για τον άνθρωπο) από τον EPA (Environmental Protection Agency) (Anonymous, 2002). Οι Bounds και Hausbeck (2007) αναφέρουν ότι οι περισσότεροι παραγωγοί

χρησιμοποιούν για την αντιμετώπιση της σειπορίωσης στο σέλινο το προστατευτικό μυκητοκτόνο chlorothalonil, το οποίο έχει χαρακτηριστεί ως B2 καρκινογόνο, επειδή είναι αποτελεσματικό και σχετικά οικονομικό.

Η αποτελεσματικότητα του chlorothalonil κατά του *Septoria apiicola* αυξάνεται όταν συνδυάζεται με benomyl και εφαρμόζεται προστατευτικά. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μόνο του, εναλλάξ με το propiconazole και το benomyl για λόγους αντιμετώπισης ανθεκτικότητας. Κατά την παρασκευή σε θερμοκήπια φυταρίων σέλινου για μεταφύτευση χρησιμοποιείται chlorothalonil σε συνδυασμό με benomyl για την κατάποληση της σειπορίωσης (Anonymous, 2000).

Ανόργανα Χαλκούχα Μυκητοκτόνα

Τα χαλκούχα μυκητοκτόνα έχουν μικρή έως ικανοποιητική αποτελεσματικότητα (<70-80%) κατά της κερκοσπορίωσης και της σειπορίωσης του σέλινου. Η αποτελεσματικότητά τους περιορίζεται κάτω από αυξημένη πίεση από τις ασθένειες αυτές. Πρόκειται για οικονομικά μυκητοκτόνα, τα οποία όμως δεν είναι αποτελεσματικά μόνα τους, πρέπει να χρησιμοποιούνται σε εναλλαγή με άλλα μυκητοκτόνα. Το ελάχιστο χρονικό διάστημα από την τελευταία επέμβαση μέχρι τη συγκομιδή είναι 0 ημέρες (Anonymous, 2002).

Τα ακόλουθα χαλκούχα μυκητοκτόνα αναφέρονται ως αποτελεσματικά κατά της σειπορίωσης και της κερκοσπορίωσης του σέλινου: οξειδίο του χαλκού, υδροξείδιο του χαλκού (να μην εφαρμόζεται σε διάλυμα με pH<6,5), οξυχλωριούχος χαλκός, άλας αμμωνίου του χαλκού, άλατα χαλκού με λιπαρά και ρητινικά οξέα (να μην εφαρμόζεται σε διάλυμα με pH<6,5) (Pernezny *et al.*, 2006), θειικός χαλκός, copper ammonium carbonate (Anonymous, 2002), βορδιγάλειος πολτός (Sutton and Waterston, 1966).

Αναφέρεται ότι το υδροξείδιο του χαλκού εφαρμόζεται για την αντιμετώπιση της σειπορίωσης σε βιολογικές καλλιέργειες σέλινου. Σε φυτάρια θερμοκηπίου, μέτρια αντιμετώπιση της σειπορίωσης μπορεί να επιτευχθεί με 3-4 εφαρμογές κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 6 εβδομάδων (Anonymous, 2000).

Διθειοκαρβαμιδικά

Ο Παναγόπουλος (1995) αναφέρει ότι το propineb και το μίγμα mancozeb/zineb είναι αποτελεσματικά κατά της σειπορίωσης του σέλινου, το thiram, το mancozeb και

το maneb είναι αποτελεσματικά κατά της κερκοσπορίωσης, ενώ το zineb και το metiram προστατεύουν αποτελεσματικά και από τις δύο ασθένειες.

Θειάφι

Το θειάφι αναφέρεται από τους Pernezny *et al.* (2006) ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί προληπτικά κατά της κερκοσπορίωσης και της σεπτορίωσης του σέλινου. Δε θα πρέπει να εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια θερμών περιόδων και εντός 2 εβδομάδων από ψεκάσμο με έλαια.

Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες

Από τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες, το dicloran μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση του *S. apiicola*, συνήθως σε συνδυασμό με το chlorothalonil σε προληπτικές επεμβάσεις (Anonymous, 2000).

Οργανοκασσιτερούχα

Οι Γεωργόπουλος και Ζιώγας (1992) αναφέρουν ότι τα οργανοκασσιτερούχα αποτελούν μια πολύ ενδιαφέρουσα ομάδα μυκητοκτόνων και, παρότι είναι μάλλον τοξικά για τα θηλαστικά, χρησιμοποιούνται σε σημαντικό βαθμό σαν προστατευτικά μυκητοκτόνα εναντίον, μεταξύ άλλων, μερικών κηλιδώσεων των φύλλων από μέλη του γένους *Cercospora*.

Σε πείραμα του Sheridan (1967) συγκρίθηκαν ως προς την αποτελεσματικότητά τους στην αντιμετώπιση του *S. apiicola* στον αγρό τα εξής 11 προστατευτικά μυκητοκτόνα: μίγμα οξικού τριφαινυλοκασσιτερου/maneb, captafol (φθαλιμίδιο), βορδιγάλειος πολτός, βουργούνδιος πολτός, maneb, οξυχλωριούχος χαλκός με maneb, οξειδίο του χαλκού, captan, zineb, οργανικός υδράργυρος και οξυχλωριούχος χαλκός. Υπό τις συνθήκες του συγκεκριμένου πειράματος, το μίγμα οξικού τριφαινυλοκασσιτερου με maneb ήταν σαφώς ανώτερο από τα υπόλοιπα μυκητοκτόνα ενώ το captafol ήταν σχεδόν εξίσου αποτελεσματικό με το βορδιγάλειο πολτό. Το zineb και το maneb ήταν τα λιγότερο αποτελεσματικά μυκητοκτόνα. Ο Sheridan συμπέρανε ότι ο οξικός τριφαινυλοκασσίτερος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς κατά της σεπτορίωσης.

Στην Ελλάδα η έγκριση κυκλοφορίας φυτοπροστατευτικών προϊόντων που περιέχουν ως δραστική ουσία οξικό τριφαινυλοκασσίτερο (fentin acetate) έχει ανακληθεί από το 2002 (Ανώνυμο, 2002).

5.3.2 ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ ΜΕ ΔΙΑΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

Βενζιμιδαζολικά

Από τα βενζιμιδαζολικά μυκητοκτόνα, το benomyl αναφέρεται ότι έχει άριστη έως καλή (100-80%) αποτελεσματικότητα κατά των *C. arii* και *S. apiiicola* στο σέλινο. Αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την καταστολή της κερκοσπορίωσης και της σειπτορίωσης μετά την εμφάνισή τους (Anonymous, 2002). Ο χρόνος εφαρμογής του benomyl ποικίλει. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του ή σε μίγμα, ως προστατευτικό νωρίς κατά την καλλιεργητική περίοδο, σε επεμβάσεις καθόλη την καλλιεργητική περίοδο, ή ως λύση τελευταίας στιγμής προς τα τέλη της καλλιεργητικής περιόδου. Εφαρμόζεται 1 ή 2 φορές ανά καλλιεργητική περίοδο. Μετά από εφαρμογή του benomyl απαγορεύεται η είσοδος στον αγρό για 24 ώρες. Η τελευταία εφαρμογή μπορεί να γίνει μέχρι 7 ημέρες πριν τη συγκομιδή. Ωστόσο, μετά την εισαγωγή στη χρήση του πολύ αποτελεσματικού propiconazole, η χρήση του benomyl μειώνεται (Anonymous, 2000).

Το benomyl μαζί με το chlorothalonil είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μυκητοκτόνα για την αντιμετώπιση της κερκοσπορίωσης και της σειπτορίωσης στο σέλινο στην Αριζόνα των Η.Π.Α. (Anonymous, 2001_a). Ωστόσο, σε μέρη όπως η Νότια Αυστραλία, η συχνή εφαρμογή ουσιών όπως το benomyl και το carbendazim έχει οδηγήσει σε προβλήματα ανθεκτικότητας και ανεπαρκή καταπολέμηση του *S. apiiicola* (Wicks, 1990). Για να προληφθεί η ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε μέρη όπου το benomyl δεν έχει χάσει την αποτελεσματικότητά του, συνήθως δεν εφαρμόζεται μόνο του αλλά σε συνδυασμό με το chlorothalonil και/ή το propiconazole σε ένα πρόγραμμα διαχείρισης ανθεκτικότητας (Anonymous, 2000).

Το thiophanate methyl είναι ένα βενζιμιδαζολικό μυκητοκτόνο με πολύ περιορισμένη χρήση στην παραγωγή σέλινου. Μερικές φορές χρησιμοποιείται ως εναλλακτικό του benomyl (Anonymous, 2000). Για την αποτελεσματικότητά του thiophanate methyl κατά του *C. arii* και του *S. apiiicola* δεν υπάρχουν δεδομένα, αλλά είναι επιτυχημένο σε συγγενείς οργανισμούς. Το thiophanate methyl θα κληθεί να γεμίσει το κενό που μπορεί να αφήσει η ανάκληση του benomyl (Anonymous, 2002).

Παρεμποδιστές Βιοσύνθεσης Εργαστηρίου

Οι παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργαστηρίου και οι στρομπιλουρίνες, που θα αναφερθούν στη συνέχεια, θα πρέπει να εφαρμόζονται στα πλαίσια ενός προγράμματος αντιμετώπισης ανθεκτικότητας μαζί με ευρέως φάσματος προστατευτικά μυκητοκτόνα για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ανάπτυξης ανθεκτικότητας από τα παθογόνα *C. apii* και *S. apiiicola*. (Raid and Kucharek, 2006)

Από τους παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργαστηρίου, το propiconazole της ομάδας των τριαζολικών μυκητοκτόνων είναι αποτελεσματικό τόσο κατά της σειπορίωσης όσο και της κερκοσπορίωσης του σέλινου (Pernezny *et al.*, 2006). Μάλιστα, αναφέρεται ότι το propiconazole θεωρείται πλέον το πιο αποτελεσματικό μυκητοκτόνο για την αντιμετώπιση της σειπορίωσης του σέλινου, με αναφορές για αποτελεσματικότητα μεγαλύτερη από 90%. Τα κύρια πλεονεκτήματά του είναι η μεγάλη υπολειμματική του δράση και η αντοχή του στην απόπλυση από το φύλλωμα (Anonymous, 2000). Ο Wicks (1990) επίσης αναφέρει ότι το propiconazole είναι ένα από τα πιο αποτελεσματικά μυκητοκτόνα που έχουν δοκιμαστεί για την αντιμετώπιση του *S. apiiicola* με θεραπευτικές επεμβάσεις και ότι έχει άριστη προοπτική να αντικαταστήσει το ευρύτατα χρησιμοποιούμενο chlorothalonil.

Το propiconazole μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του ή σε συνδυασμό με άλλα μυκητοκτόνα σε πρώιμες προστατευτικές επεμβάσεις, μεμονωμένο καθόλη την καλλιεργητική περίοδο, και στην τελευταία επέμβαση προ της συγκομιδής. Σε προγράμματα αντιμετώπισης ανθεκτικότητας εναλλάσσεται το propiconazole με το benomyl και το chlorothalonil. Η χρήση του σε θερμοκήπια απαγορεύεται (Anonymous, 2000). Οι επεμβάσεις με propiconazole δεν πρέπει να ξεπερνούν τις 4 ανά καλλιεργητική περίοδο (Pernezny *et al.*, 2006).

Από τα τριαζολικά μυκητοκτόνα, τα tebuconazole και fenbuconazole μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κατά της κερκοσπορίωσης και της σειπορίωσης στο σέλινο με αποτελεσματικότητα όμως μικρή έως ικανοποιητική (<70-80%) (Anonymous, 2002).

Εφαρμογή κοκκώδους σκευάσματος του τριαζολικού μυκητοκτόνου triadimenol στο έδαφος ελέγχει αποτελεσματικά τον *S. apiiicola* σε φυτά που μεγαλώνουν σε γλαστράκια, και στον αγρό οι κόκκοι triadimenol ήταν αποτελεσματικοί για 45 ημέρες. Υψηλότερες δόσεις κοκκώδους παρέτειναν την περίοδο αποτελεσματικότητας, αλλά τέτοιες δόσεις πιθανότατα δεν θα ήταν οικονομικές. Σε πειράματα με γλαστράκια, εφαρμογή

triadimenol στο έδαφος μετά τη μόλυνση ήταν αποτελεσματική κατά της κηλιδώσης. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή κοκκώδους μπορεί να είναι αποτελεσματική αν γίνει αμέσως μετά τις ευνοϊκές για μόλυνση συνθήκες και ακολουθήσει πότισμα για να εξασφαλιστεί η πρόσληψη της δραστικής ουσίας από τα φυτά (Wicks, 1990).

Οι Amer *et al.* (1993) διαπίστωσαν ότι τα πιο αποτελεσματικά μυκητοκτόνα για την αντιμετώπιση της σепτορίωσης του σέλιου ήταν το μίγμα των τριαζολικών tebuconazole/triadimenol και το flutriafol, ακολουθούμενα από το μίγμα mancozeb /oxadixyl και μετά από το prochloraz. Ωστόσο, η προσθήκη βοηθητικών ουσιών στα μυκητοκτόνα τροποποίησε τα παραπάνω αποτελέσματα.

Στρομπιλουρίνες

Το azoxystrobin έχει άριστη έως καλή (100-80%) αποτελεσματικότητα κατά της κερκοσπορίωσης και της σепτορίωσης του σέλιου. Μειονεκτεί όμως ως προς το κόστος του, το οποίο είναι υψηλότερο από αυτό των προστατευτικών μυκητοκτόνων (Anonymous, 2002).

Τα μυκητοκτόνα trifloxystrobin, pyraclostrobin, και kresoxim-methyl που επίσης ανήκουν στις στρομπιλουρίνες, χαρακτηρίζονται από καλή αποτελεσματικότητα (80-90%) κατά των *C. apii* και *S. apicola* (Anonymous, 2002).

Δε θα πρέπει να πραγματοποιούνται περισσότερες από 3 διαδοχικές ή 4 συνολικά επεμβάσεις με στρομπιλουρίνες ανά καλλιεργητική περίοδο (Pernezny *et al.*, 2006).

Σήμερα, στην Ελλάδα, οι εγκεκριμένες δραστικές ουσίες για χρήση κατά του *Cercospora apii* στο σέλινο είναι οι εξής: copper hydroxide, calcium copper sulphate, chlorothalonil, maneb, mancozeb. Κατά του *Septoria apicola* εγκεκριμένες είναι οι εξής δραστικές ουσίες: calcium copper sulfate, copper hydroxide, copper oxide, copper oxychloride, chlorothalonil, mancozeb, maneb, metiram, ziram, carbendazim (Ανώνομο, 2007β).

ΜΕΡΟΣ Β΄
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κερκοσπορίωση και η σειπορίωση του σέλινου και του ριζοσέλινου είναι ασθένειες φυλλώματος. Η κερκοσπορίωση (early blight) γενικά εμφανίζεται πριν τη σειπορίωση (late blight) στον αγρό (Raid, 2002).

Η κερκοσπορίωση του σέλινου προκαλείται από τον ατελή μύκητα *Cercospora apii*. Το γένος *Cercospora* ανήκει στην κλάση Υφομύκητες των Δευτερομυκήτων (Hawksworth *et al.*, 1983). Οι μύκητες του γένους *Cercospora* παράγουν μακριά, πολυκύτταρα κονίδια πάνω σε βραχείς σκούρους κονιδιοφόρους. Οι κονιδιοφόροι προβάλλουν στην επιφάνεια του φυτού μέσα από τα στόματα κατά συστάδες και σχηματίζουν κονίδια διαδοχικά, πάνω σε νέα αναπτυσσόμενα άκρα τους (Agrios, 2005). Η σειπορίωση προκαλείται από τον ατελή μύκητα *Septoria apiicola*. Το γένος *Septoria* ανήκει στην κλάση Coelomycetes των Δευτερομυκήτων (Hawksworth *et al.*, 1983). Ο *S. apiicola* παράγει χαρακτηριστικά μαύρα πυκνίδια εμβαπτισμένα στις κηλίδες ή στους μολυσμένους σπόρους (Hausbeck, 2002). Η κερκοσπορίωση μπορεί να διακριθεί εύκολα από την σειπορίωση, από την έλλειψη μαύρων πυκνιδίων εμβαπτισμένων στον ιστό των φύλλων. Επιπλέον, οι μεμονωμένες κηλίδες της κερκοσπορίωσης είναι τυπικά μεγαλύτερες και έχουν λιγότερο καθορισμένα όρια από της κηλίδες της σειπορίωσης (Raid, 2002).

Τα παθογόνα του γένους *Cercospora* επιβιώνουν πάνω ή μέσα στο σπόρο ως μικροσκοπικά μαύρα μυκηλιακά στρώματα και ως μικροσκοπικά μαύρα στρώματα σε παλαιά μολυσμένα φύλλα (Agrios, 2005). Έτσι, τα πρωτογενή μόλυσματά του *C. apii* προέρχονται είτε από μολυσμένους σπόρους ή από υπολείμματα φυτών στο έδαφος (Raid, 2002). Για τον *Septoria apiicola*, οι προσβεβλημένοι σπόροι και τα υπολείμματα της καλλιέργειας που παραμένουν στον αγρό το χειμώνα είναι δυνητικές πηγές πρωτογενούς μόλυσματος (Hausbeck, 2002).

Τα κονίδια του *C. apii* είναι ανεμοφερόμενα: αποσπώνται εύκολα και μεταφέρονται με τον άνεμο σε απόσταση αρκετών χιλιομέτρων (Lacy *et al.*, 1996). Εκτός από τον άνεμο, τα σπόρια του *C. apii* διασπείρονται και με τις καλλιεργητικές εργασίες και τις πιτσιλιές της βροχής (Raid, 2002). Τα κονίδια του *S. apiicola* διασπείρονται επί των ίδιων ή διαφορετικών φυτών με τις πιτσιλιές της βροχής ή με την άρδευση με καταιωνισμό, και με τους ανθρώπους ή τα μηχανήματα που κινούνται εντός της φυτείας όταν τα φυτά είναι βρεγμένα (Hausbeck, 2002). Η σειπορίωση δεν εξαπλώνεται από τα κέντρα των προσβολών

εξίσου μακριά με την κερκοσπορίωση, επειδή τα σπόρια του *C. apii* είναι ανεμοφερόμενα ενώ του *S. apiicola* είναι μυξοσπόρια. Συνεπώς, η προσβολή από σειπορίωση τείνει να εμφανίζεται κατά τυχαίες θέσεις σε έναν αγρό (Lacy, 1986).

Η αντιμετώπιση της κερκοσπορίωσης και της σειπορίωσης του σέλινου δε θα πρέπει να βασίζεται σε κάποια μεμονωμένη στρατηγική. Για τη μείωση του πρωτογενούς μόλυσματος και της πιθανότητας μόλυνσης των φυταρίων από τα σποροφερόμενα παθογόνα *C. apii* και *S. apiicola* προτείνεται η χρήση η υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού, συγκεκριμένα η χρήση πεπαλαιωμένου σπόρου, ηλικίας τριών ετών με καλή βλαστικότητα (Lacy, 1986). Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι εκατομμύρια σπόροι σέλινου σπέρνονται κάθε χρόνο, δεν μπορεί να προταθεί η χρήση παλαιού σπόρου ως μοναδικό μέτρο αντιμετώπισης της σειπορίωσης (Hausbeck, 2002). Η θερμοθεραπεία μπορεί να μειώσει τις προσβολές από *Septoria* και *Cercospora*. Οι σπόροι εμβαπτίζονται σε θερμό νερό, σε θερμοκρασίες υψηλότερες από το σημείο θερμοκτικού θανάτου του μύκητα (Anonymous, 2000).

Η κερκοσπορίωση και η σειπορίωση του σέλινου αντιμετωπίζονται με κοινά καλλιεργητικά μέτρα. Στον αγρό, τα καλλιεργητικά μέτρα αντιμετώπισης ξεκινούν με την επιλογή προς μεταφύτευση φυταρίων απαλλαγμένων από μολύνσεις από το σπορείο (Anonymous, 2000). Θα πρέπει να ακολουθεί τακτική και συνεπής επιθεώρηση των αγρών και απομάκρυνση των προσβεβλημένων φυτών, αρχίζοντας από το στάδιο του φυταρίου και μέχρι τη συγκομιδή (Charut, 2000). Αμειψισπορά διάρκειας 3 ή 4 χρόνων και ενσωμάτωση σε μεγάλο βάθος των υπολειμμάτων της καλλιέργειας μπορεί να βοηθήσουν να μειωθούν οι πηγές μόλυνσης των ασθενειών. Μετά την εγκατάσταση των φυτών στον αγρό να αποφεύγεται η άρδευση με κατακλιση αν είναι δυνατόν (Koike *et al.*, 2005). Για απόφυγη διασποράς των σπορίων του *S. apiicola*, συνιστάται μείωση της μετακίνησης ανθρώπων και μηχανημάτων μέσα στον αγρό όταν το φύλλωμα είναι βρεγμένο. Ο εξοπλισμός θα πρέπει να καθαρίζεται πριν χρησιμοποιηθεί σε άλλον αγρό (Anonymous, 2001_a).

Ελλείπει εμπορικά διαθέσιμων ποικιλιών σέλινου με υψηλό επίπεδο ανθεκτικότητας στην κερκοσπορίωση ή στην σειπορίωση, η κύρια μέθοδος αντιμετώπισης των ασθενειών αυτών παραμένει η εφαρμογή μυκητοκτόνων με ψεκασμούς φυλλώματος (Lacy, 1986). Οι εφαρμογές μυκητοκτόνων θα πρέπει να βασίζονται είτε σε πρόβλεψη για την εξέλιξη της κερκοσπορίωσης και της σειπορίωσης, είτε σε επιθεωρήσεις ή στο ιστορικό του αγρού. Είναι σημαντικό να εναλλάσσονται τα διαθέσιμα μυκητοκτόνα για να περιοριστεί

η ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα παθογόνα και να εφαρμόζονται με τον κατάλληλο όγκο ψεκαστικού υγρού έτσι ώστε να καλύπτονται τα κατώτερα φύλλα και τα στελέχη (Charut, 2000). Επίσης, αναφέρεται ότι η αποτελεσματικότητα των μυκητοκτόνων κατά της σειπορίωσης και της κερκοσπορίωσης είναι μεγαλύτερη όταν τα μυκητοκτόνα χρησιμοποιούνται ως προστατευτικά παρά μετά την εμφάνιση των ασθενειών (Anonymous, 2001a). Η εφαρμογή μυκητοκτόνων δεν είναι απαραίτητη όταν οι θερμοκρασίες στον αγρό παραμένουν κάτω από τους 13° C. Τα ίδια μυκητοκτόνα που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση της κερκοσπορίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και κατά της σειπορίωσης του σέλινου (Raid and Kucharek, 2006).

Σήμερα, στην Ελλάδα, οι εγκεκριμένες δραστικές ουσίες για χρήση κατά του *C. apii* και του *S. apiiicola* στο σέλινο ανήκουν στις οικογένειες των χαλκούχων και των διθειοκαρβαμιδικών, εκτός από το chlorothalonil που είναι εγκεκριμένο και για τους δύο μύκητες, και το βενζιμιδαζολικό carbendazim κατά του *S. apiiicola*.

Το παρόν πείραμα διεξήχθη στην περιοχή του Κροκίου της επαρχίας Αλμυρού, στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις της επιχείρησης παραγωγής καλλωπιστικών φυτών Crocus Florae, την άνοιξη του 2006. Στόχος του πειράματος ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του προσφάτως αναπτυχθέντος σκευάσματος Signum (boscalid/pyraclostrobin), καθώς και της δραστικής ουσίας azoxystrobin, κατά της σειπορίωσης και της κερκοσπορίωσης του σέλινου, τόσο σε μεμονωμένες όσο και σε μικτές προσβολές. Τα παραπάνω συγκρίθηκαν με δύο παλαιότερες δραστικές ουσίες, το chlorothalonil του οποίου η προστατευτική δράση κατά των *Cercospora apii* και *Septoria apiiicola* είναι δεδομένη, και το flusilazole το οποίο συνδυάζει προστατευτική και θεραπευτική δράση.

Στα ακόλουθα παρατίθενται ορισμένα στοιχεία σχετικά με τον τρόπο δράσης και τις ιδιότητες των δραστικών ουσιών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

Chlorothalonil

Το chlorothalonil είναι ένα μη διασυστηματικό μυκητοκτόνο φυλλώματος με προστατευτική δράση (Tomlin, 2003). Κατά το 1997, αποτελούσε το δεύτερο πιο χρησιμοποιούμενο μυκητοκτόνο στις Η.Π.Α. (μόνο το θειάφι ήταν πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο) (Cox, 1997). Είναι αποτελεσματικό εναντίον μεγάλου φάσματος παθογόνων μυκήτων λαχανικών, καλλωπιστικών και φυτών μεγάλης καλλιέργειας (Γεωργόπουλος και Ζιώγας, 1992).

Παρότι η χημική του δομή θυμίζει την ομάδα των αρωματικών υδρογονανθράκων, το chlorothalonil δεν ανήκει στην ομάδα αυτή, γιατί ούτε χάνει την τοξικότητά του με τις μεταλλαγές ανθεκτικότητας στους αρωματικούς υδρογονάνθρακες ούτε προκαλεί μιτωτικούς ανασυνδυασμούς στους μύκητες (Γεωργόπουλος και Ζιώγας, 1992). Το chlorothalonil ανήκει στη χημική ομάδα των χλωρονιτριλίων (φθαλονιτριλίων). Από τον FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), σε σχέση με τον γενικό τρόπο δράσης του, του έχει αποδοθεί ο κωδικός M5, ανήκει δηλαδή στα μυκητοκτόνα με γενικό κωδικό M τα οποία είναι παρεμποδιστές πολλαπλών θέσεων (multi-site inhibitors, M). Τα μυκητοκτόνα αυτά αποτελούν μια χαμηλού κινδύνου ομάδα χωρίς καμία ένδειξη ανάπτυξης ανθεκτικότητας από τους φυτοπαθογόνους μύκητες και χωρίς διασταυρωτή ανθεκτικότητα μεταξύ τους (Anonymous, 2006).

Το chlorothalonil είναι ένας ισχυρός παρεμποδιστής της βλάστησης των σποριών (Bartlett *et al.*, 2002). Η μυκητοτοξικότητά του φαίνεται ότι μοιάζει με τη δράση των φθαλιμιδίων και οφείλεται σε αντίδραση με σουλφυδρυλικές ομάδες (Γεωργόπουλος και Ζιώγας, 1992). Συγκεκριμένα, ο τρόπος δράσης του στα μυκηλιακά κύτταρα περιλαμβάνει την υποκατάσταση των σουλφυδρυλικών ομάδων της γλουταθειόνης και άλλων χαμηλού μοριακού βάρους θειολών με χλώριο. Οι κυτταρικές θειόλες φαίνονται να είναι οι πρωταρχικές ομάδες με τις οποίες αντιδρά το chlorothalonil. Χαμηλού μοριακού βάρους θειόλες αντιδρούν ταχύτατα με το chlorothalonil προς σχηματισμό υποκατεστημένων παραγώγων (Tillman *et al.*, 1973). Καθώς σχηματίζονται αυτά τα παράγωγα γλουταθειόνης-chlorothalonil, δεσμεύουν όλη τη διαθέσιμη γλουταθειόνη των κυττάρων, αφήνοντας ένζυμα εξαρτώμενα από τη γλουταθειόνη ανίκανα να δράσουν. Πολλά ένζυμα απαραίτητα στην κυτταρική αναπνοή είναι εξαρτώμενα από τη γλουταθειόνη. Η αποστέρωση της γλουταθειόνης και η παρεμπόδιση τους αποτελεί την έκφραση της μυκητοτοξικότητας του chlorothalonil (Cox, 1997). Ακολουθεί διατάραξη της γλυκόλυσης και της παραγωγής ενέργειας, διακοπή της ανάπτυξης του μυκηλίου και μυκητοκτόνος δράση (Tomlin, 2003).

Εφαρμόζεται με ψεκασμό φυλλώματος νωρίς κατά την καλλιεργητική περίοδο ως προστατευτικό και μετά καθόλη την καλλιεργητική περίοδο σε εναλλαγή με άλλα μυκητοκτόνα. Μετά από κάθε ψεκασμό αντενδείκνυται η είσοδος στον αγρό για 48 ώρες. Μετά την τελευταία εφαρμογή συνιστώνται 7 ημέρες αναμονής πριν από τη συγκομιδή (Anonymous, 2000). Οι συνήθεις δόσεις είναι 1-2,5 kg/ha (Tomlin, 2003). Η υπολειμματική δράση του chlorothalonil είναι περιορισμένη (Rohel *et al.*, 2002).

Το chlorothalonil έχει χαρακτηριστεί ως «πιθανό καρκινογόνο για τον άνθρωπο» από την EPA (Environmental Protection Agency, US). Στα φυτά έχει διάφορες επιδράσεις, μεταξύ των οποίων και μείωση της παραγωγής. Το σέλινο, η αραχίδα, οι τομάτες, οι πατάτες και τα κρεμμύδια δέχονται συχνές επεμβάσεις με chlorothalonil. Υπολείμματα chlorothalonil ανιχνεύονται συχνά στο σέλινο και τα πράσινα φασόλια (Cox, 1997). Στην Ελλάδα, η άδεια κυκλοφορίας του Daconil 75 WP έχει ανακληθεί από το 2006 (Ανώμυμο, 2007_α).

Flusilazole

Το μυκητοκτόνο flusilazole είναι ένας πολύ δραστικός παρεμποδιστής βιοσύνθεσης εργοστερόλης που προσφέρει άριστο έλεγχο ενός ευρέως φάρματος ασθενειών σε πολλές οικονομικά σημαντικές καλλιέργειες (Tacke *et al.*, 1989). Οι παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης (Ergosterol Biosynthesis Inhibitors, EBIs) γνώρισαν ευρύτατη χρήση, κυρίως στην αντιμετώπιση ωιδίων, φουζικλαδίων και ορισμένων κηλιδώσεων φυλλώματος (Καραογλανιδης, 2000). Σήμερα οι EBIs και, ειδικά, οι αζόλες είναι μια από τις πιο σημαντικές εμπορικά ομάδες μυκητοκτόνων (Mavroidis and Shaw, 2002).

Τα τριαζολικά μυκητοκτόνα, στα οποία περιλαμβάνεται και το flusilazole, είναι μέλη της ομάδας των αζολών των παρεμποδιστών βιοσύνθεσης εργοστερόλης. Η μυκητοτοξική τους επίδραση ασκείται κυρίως με την παρεμπόδιση του ενζύμου 14α-απομεθυλάση της 14α-μεθυλοστερόλης, που συμμετέχει στη βιοσύνθεση στερολών (Demethylation Inhibitors, DMIs). Το ένζυμο αυτό είναι μία εξαρτώμενη από το κυτόχρωμα P450 μονοοξυγενάση. Η παρεμπόδιση αυτού του ενζύμου από τις αζόλες οδηγεί σε συσσώρευση 14α-μεθυλοστερολών και εξάντληση των συνήθων στερολών, επιδράσεις που θεωρείται ότι αποσταθεροποιούν την λειτουργία των μεμβρανών και οδηγούν σε κυτταρικό θάνατο (Yates *et al.*, 1993). Πράγματι, όσον αφορά στον τρόπο δράσης του flusilazole, οι Kwok και Loeffler (1993) κατέληξαν ότι συνίσταται στην παρεμπόδιση της απομεθυλάσης 14α, αποκλείοντας οποιονδήποτε εναλλακτικό τρόπο δράσης στο βιοχημικό μονοπάτι σύνθεσης εργοστερόλης και άλλων στερολών.

Στο flusilazole, μαζί με τα υπόλοιπα μυκητοκτόνα που δρουν ως DMIs, έχει αποδοθεί από τον FRAC ο κωδικός G3. Τα μυκητοκτόνα αυτά χαρακτηρίζονται «μέτριου κινδύνου» ως προς την πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας από τους φυτοπαθογόνους μύκητες (Anonymous, 2006).

Azoxystrobin

Το azoxystrobin ανήκει στην ομάδα των στρομπιλουρινών. Φυσικές στρομπιλουρίνες έχουν απομονωθεί από ένα μεγάλο αριθμό Βασιδιομυκήτων που ανήκουν στα γένη *Strobilurus*, *Oudemansiella*, *Xerula*, *Hydropus*, *Mycena*, *Filoboletus*, *Crepidotus*, και *Cyphollopsis*, καθώς και από έναν ασκομύκητα, τον *Bolinea lutea*. Οι περισσότεροι από αυτούς τους μύκητες αναπτύσσονται στο ξύλο ή σε αποσυντιθέμενη ύλη φυτικής προέλευσης. Ο ρόλος των φυσικών στρομπιλουρινών φαίνεται ότι είναι η επικράτηση των μυκήτων που τις παράγουν έναντι άλλων μυκήτων που τους ανταγωνίζονται ως προς την εκμετάλλευση ενός ενδιαιτήματος ή των θρεπτικών συστατικών ενός υποστρώματος. Η ισχυρή παρεμποδιστική δράση των στρομπιλουρινών σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (10^{-7} - 10^{-8} M) κατά της ανάπτυξης φυτοπαθογόνων μυκήτων και η μικρή τους τοξικότητα στα θηλαστικά τις κατέστησε αρκετά ελκυστικές ως δραστικές ουσίες για τη σύνθεση μυκητοκτόνων. (Anke, 1994).

Τα μυκητοκτόνα που ανήκουν στην ομάδα των στρομπιλουρινών έχουν πλέον αναχθεί σε αναπόσπαστο μέρος των προγραμμάτων αντιμετώπισης των ασθενειών των φυτών σε ένα μεγάλο εύρος καλλιεργειών σε πολλές χώρες του κόσμου. Επιπλέον των παραπάνω, οι κύριοι λόγοι για την επιτυχία των στρομπιλουρινών είναι το ευρύ φάσμα δράσης τους (αποτελεσματικές και στις τέσσερις κύριες ομάδες φυτοπαθογόνων μυκήτων, τους Ασκομύκητες, τους Βασιδιομύκητες, τους Δευτερομύκητες και τους Ωομύκητες), η αποτελεσματικότητα κατά στελεχών μυκήτων ανθεκτικών σε μυκητοκτόνα με άλλους τρόπους δράσης [π.χ. το azoxystrobin είναι αποτελεσματικό κατά στελεχών παθογόνων ανθεκτικών τους DMIs, τα φαινυλαμιδία, τα δικαρβοξιμιδικά ή τα βενζιμιδαζολικά μυκητοκτόνα (Tomlin, 2003)] και η ευνοϊκή επίδρασή τους στην απόδοση και την ποιότητα της καλλιέργειας. Ο τεράστιος αντίκτυπος των στρομπιλουρινών στη γεωργία αντανακλάται στην τρέχουσα κατάσταση του azoxystrobin, το οποίο έχει εγκριθεί για χρήση σε 84 διαφορετικές καλλιέργειες σε 72 χώρες, δηλαδή για περισσότερα από 400 συστήματα καλλιέργειας/ασθένειας. Το azoxystrobin ήταν το μυκητοκτόνο με τις υψηλότερες πωλήσεις παγκοσμίως για το έτος 1999 (Bartlett *et al.*, 2002).

Η μυκητοκτόνος δράση των στρομπιλουρινών οφείλεται στην ικανότητά τους να παρεμποδίζουν τη μιτοχονδριακή αναπνοή δεσμευόμενες στην αποκαλούμενη Qo θέση του κυτοχρώματος b. Το κυτόχρωμα b είναι μέρος του συμπλέγματος του κυτοχρώματος

bc_1 , που εδράζεται στην εσωτερική μιτοχονδριακή μεμβράνη των μυκήτων και άλλων ευκαρυωτικών οργανισμών. Όταν ένας από τους παρεμποδιστές δεσμεύεται, εμποδίζει τη μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ του κυτοχρώματος b και του κυτοχρώματος c_1 , διακόπτοντας την παραγωγή ATP (Bartlett *et al.*, 2002).

Οι στρομπιλουρίνες μαζί με τα μυκητοκτόνα famoxadone και το fenamidone, τα οποία δεν σχετίζονται δομικά με τις στρομπιλουρίνες αλλά έχουν τον ίδιο με αυτές τρόπο δράσης, αποτελούν μια νέα ομάδα διασταυρωτής ανθεκτικότητας, στην οποία έχει αποδοθεί από τον FRAC η ονομασία QoI-μυκητοκτόνα (Quinone outside Inhibitors). Λόγω του πολύ εξειδικευμένου τρόπου δράσης τους, τα μυκητοκτόνα της ομάδας αυτής θεωρούνται υψηλού κινδύνου ως προς την πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας από τους φυτοπαθογόνους μύκητες (Anonymous, 2006).

Η κατανόηση των επιδράσεων των στρομπιλουρινών σε διαφορετικά στάδια της ανάπτυξης των μυκήτων είναι σημαντική για τον προσδιορισμό του καταλληλότερου χρόνου εφαρμογής τους, έτσι ώστε να επιτευχθεί μέγιστη αποτελεσματικότητα. Μελέτες με το azoxystrobin, το pyraclostrobin και άλλες στρομπιλουρίνες απέδειξαν ότι η βλάστηση των σποριών και η κινητικότητα των ζωοσποριών είναι τα πιο ευαίσθητα στις στρομπιλουρίνες στάδια της ανάπτυξης των μυκήτων. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τον βιοχημικό τρόπο δράσης τους, την διατάραξη της παραγωγής ενέργειας, που καθιστά τις στρομπιλουρίνες ιδιαίτερα αποτελεσματικές κατά αυτών των απαιτητικών σε ενέργεια σταδίων της ανάπτυξης των μυκήτων. Αυτή είναι μια ενδιαφέρουσα αντίθεση σε σχέση με τα τριαζολικά μυκητοκτόνα, που παρεμποδίζουν τη βιοσύνθεση εργοστερόλης και συνεπώς δεν παρεμποδίζουν τη βλάστηση των σποριών και την ανάπτυξη του βλαστικού σωλήνα επειδή το παθογόνο εφοδιάζεται με εργοστερόλη ή πρόδρομες αυτής ενώσεις από αποθέματα που διαθέτουν τα σπόρια. Η ισχυρή επίδραση των στρομπιλουρινών στη βλάστηση των σποριών και την κινητικότητα των ζωοσποριών είναι ο λόγος που τα μυκητοκτόνα αυτά παρέχουν τόσο υψηλά επίπεδα προστατευτικής δράσης (Bartlett *et al.*, 2002).

Το azoxystrobin, το pyraclostrobin και άλλες στρομπιλουρίνες έχει αποδειχθεί ότι εκδηλώνουν και θεραπευτική δράση ενάντια σε ένα πλήθος ασθενειών, δηλαδή αντιμετώπιση της ασθένειας μετά τη μόλυνση και πριν την εμφάνιση συμπτωμάτων. Η δράση αυτή συνήθως εκδηλώνεται με μυκηλιακή κατάρρευση του παθογόνου μύκητα (Bartlett *et al.*, 2002). Στην περίπτωση προσβολής σιταριού από τον *Mycosphaerella graminicola* (ατε-

λής μορφή: *Septoria tritici*), εκτός από την παρεμπόδιση της βλάστησης των σπορίων και της εισόδου στον φυτικό ιστό κατά το πρώτο 15% της φάσης επώσης, το azoxystrobin ασκεί και μυκητοστατική δράση σε στάδια μετά την είσοδο και μέχρι το 50% της φάσης επώσης του *M. graminicola* (Rohel *et al.*, 2001). Έτσι, το azoxystrobin δε δρα μόνο ως προστατευτικό όπως το chlorothalonil, αλλά παραμένει αποτελεσματικό όταν εφαρμόζεται 1 εβδομάδα μετά τη μόλυνση του σιταριού από τον *M. graminicola*, όπως το τριαζολικό epxiconazole (Rohel *et al.*, 2002).

Σε μερικές περιπτώσεις στρομπλουρινών [μεταξύ αυτών και το azoxystrobin (Tomlin, 2003)] έχει διαπιστωθεί και εξάλειψη (έλεγχος της ασθένειας μετά την εμφάνιση ορατών συμπτωμάτων) και αντισποριογόνος δράση (μείωση της σπορίωσης) (Bartlett *et al.*, 2002). Η αποτελεσματικότητα των στρομπλουρινών μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων είναι μεγάλης επιδημιολογικής σημασίας προκειμένου περί πολυκυκλικών ασθευνειών, στην περίπτωση των οποίων η μείωση της παραγωγής σπορίων μπορεί να συμβάλει στην παρεμπόδιση της περαιτέρω ανάπτυξης της ασθένειας (Karadimos *et al.*, 2005).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι στρομπλουρίνες πρέπει να εφαρμόζονται πριν την μόλυνση ή σε πρώιμα στάδια της εξέλιξης της ασθένειας, προκειμένου να επωφεληθούμε τα μέγιστα από την ισχυρή επίδρασή τους στη βλάστηση των σπορίων και την κινητικότητα των ζωοσπορίων. Η προστατευτική χρήση των στρομπλουρινών για βέλτιστη αντιμετώπιση των ασθευνειών συνιστάται και από τον FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) ως η καλύτερη πρακτική για τη διαχείριση του κινδύνου ανάπτυξης ανθεκτικότητας στις στρομπλουρίνες και τα συναφή μυκητοκτόνα (Bartlett *et al.*, 2002).

Οι στρομπλουρίνες που διατίθενται στην αγορά ή βρίσκονται στο στάδιο ανάπτυξης χαρακτηρίζονται από πολύ διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες οι οποίες ευθύνονται για τις διαφορές στη συμπεριφορά τους τόσο μέσα στα φυτά όσο και επί των εξωτερικών επιφανειών τους. Η πρόληψη του azoxystrobin στο εσωτερικό των κυττάρων του φύλλου μετά από εφαρμογή του στην επιφάνεια του φυλλώματος εξαρτάται από την τυποποίηση του σκευάσματος, τις βοηθητικές ουσίες, την ανάμειξη με άλλα προϊόντα, την καλλιέργεια (τον τύπο του φύλλου, την αντίδραση του στις καιρικές συνθήκες και την ηλικία) και σε περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν το στέγνωμα των ψεκάδων του ψεκαστικού διαλύματος. Το azoxystrobin μετακινείται και μέσω των ξυλωδών αγγείων. Αντίθετα, το pyraclostrobin δεν εμφανίζει διασυστηματική κίνηση μέσω των ξυλωδών αγγείων. Στο σιτάρι και το κριθάρι, η δυνατότητα διασυστηματικής κίνησης του azoxy-

strobilin μέσω των ξυλωδών αγγείων του επιτρέπει να μετακινείται στη νεοεμφανιζόμενη βλάστηση ή σε τμήματα βλάστησης που σχηματίζονται από επιμήκυνση των παλαιότερων, καθώς το φυτό αναπτύσσεται. Ωστόσο, σε πλατύφυλλες καλλιέργειες η μετακίνηση του στη νέα βλάστηση δεν παρέχει επαρκή προστασία από ασθένειες στα νεοσχηματιζόμενα φύλλα. Καμία άλλη στρομπιλουρίνη από αυτές που χρησιμοποιούνται σε πλατύφυλλες καλλιέργειες δεν εμφανίζει καμία διασυστηματική κίνηση προς τη νέα βλάστηση. Το azosystrobin χαρακτηρίζεται επίσης από διελασματική κίνηση (Bartlett *et al.*, 2002).

Η διελασματική δράση είναι προφανώς αποτέλεσμα της διεϊόδουσης μιας ποσότητας της εφαρμοσθείσας ουσίας στο φυλλικό ιστό και απόθεσής της στην εφυμενίδα της αντίθετης φυλλικής επιφάνειας, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της βλάστησης των σπορίων ή τον περιορισμό της μυκηλιακής ανάπτυξης στο εσωτερικό του φύλλου. Η διελασματική δράση αποτελεί ένα εξαιρετικά σημαντικό χαρακτηριστικό, προσφέροντας στην ομάδα των στρομπιλουρινών ένα ακόμα πλεονέκτημα, ειδικά για την αντιμετώπιση της ασθeneιών σε καλλιέργειες των οποίων η πολύ πυκνή φυτοσιβάδα δυσχεραίνει την πρόσβαση των μυκητοκτόνων και την πλήρη κάλυψη της φυλλικής επιφάνειας (Karadimos *et al.*, 2005).

Το azoxystrobin είναι αποτελεσματικό σε δόσεις 100 έως 375 gr/ha. Δεν είναι φυτοτοξικό, εκτός από κάποιες ποικιλίες μήλων (Tomlin, 2003).

Signum (azoxystrobin + boscalid)

Γενικά, για την παράταση της χρησιμότητας των μυκητοκτόνων συνιστάται η εφαρμογή μυκητοκτόνων με διαφορετικούς τρόπους δράσης εναλλάξ ή τυποποιημένων σε κοινά σκευάσματα ή με ανάμιξη των σκευασμάτων τους κατά την παρασκευή του ψεκαστικού διαλύματος. Πολλές παρασκευάστριες εταιρείες έχουν συνδυάσει μυκητοκτόνα με διαφορετικούς τρόπους δράσης σε εμπορικά προϊόντα, π.χ. το Pristine (pyraclostrobin + boscalid) της BASF (Wedge *et al.*, 2007). Όταν επιλέγονται δραστικές ουσίες για τυποποίηση μίγματός τους με στόχο τη μείωση της επιλογής για ανθεκτικά στελέχη, είναι πολύ σημαντικό και τα δύο μυκητοκτόνα να έχουν καλή αποτελεσματικότητα κατά του παθογόνου-στόχου (Elcock *et al.*, 2000).

Το pyraclostrobin είναι ένα ευρέως φάσματος μυκητοκτόνο που ανήκει, όπως αναφέρθηκε, στις στρομπιλουρίνες. Με διαφυλλικό ψεκασμό, αντιμετωπίζει τους κύριους φυτοπαθογόνους μύκητες από τις κλάσεις των Ασκομυκήτων, των Βασιδιομυκήτων, τους

Δευτερομύκητες και τους Ωομύκητες. Είναι ένα πολύ δραστικό μυκητοκτόνο για δημητριακά, αμπέλια, λαχανικά, μπανανιές, λεμονιές και χλοοτάπητες με εξαιρετική ασφάλεια ως προς το παραγόμενο προϊόν. Βιοχημικά, το pyraclostrobin δρα όπως όλες οι συνθετικές στρομπιλουρίνες, ως παρεμποδιστής του συμπλόκου bc_1 κατά τη ροή των ηλεκτρονίων στα μιτοχόνδρια και ως εκ τούτου εμποδίζει την κύρια δίοδο της αναπνοής (Ammermann *et al.*, 2000).

Το pyraclostrobin επιδεικνύει πολύ μακράς διάρκειας προστατευτική δράση κατά των ασθενειών, μέσω της ισχυρής παρεμπόδισης της βλάστησης των σπορίων. Επιπλέον, οι ικανοποιητικές θεραπευτικές του ιδιότητες ερμηνεύονται από την παρεμπόδιση της μυκηλιακής αύξησης στο εσωτερικό των φύλλων (Ammermann *et al.*, 2000). Το pyraclostrobin σημείωσε εξαιρετικές επιδόσεις στην αντιμετώπιση του *Septoria tritici* στο σιτάρι (Stierl *et al.*, 2000) και του *Cercospora beticola* στα ζαχαρότευλα (Karadimos *et al.*, 2005), τόσο όταν εφαρμόστηκε προληπτικά αλλά και όταν εφαρμόστηκε μετά τη μόλυνση, θεραπευτικά.

Η ακρο- και βασιπεταλική μετακίνηση μέσα στα φύλλα και η δράση των ατμών του είναι πολύ περιορισμένες, αλλά έχει παρατηρηθεί έντονη διελασματική δράση. Αυτά τα χαρακτηριστικά του pyraclostrobin το καθιστούν ένα τοπικά διασυστηματικό μυκητοκτόνο με πολύ καλή ανθεκτικότητα στην έκπλυση από τη βροχή. Η δραστική ουσία έχει καλό τοξικολογικό και οικοτοξικολογικό προφίλ και είναι ασφαλής στους χρήστες και στο περιβάλλον (Ammermann *et al.*, 2000).

Η ομάδα των συνθετικών στρομπιλουρινών έχει αποδεδειγμένη ικανότητα να επιλέγει ανθεκτικά στελέχη φυτοπαθογόνων μυκήτων υπό συνθήκες αγρού (Ammermann *et al.*, 2000). Γι αυτόν τον λόγο, οι εφαρμογές του pyraclostrobin περιορίζονται στις 5 το χρόνο (4 εφαρμογές για το azoxystrobin). Επιπλέον, δεν μπορούν να γίνουν περισσότερες από 2 διαδοχικές εφαρμογές τόσο με το pyraclostrobin όσο και με το azoxystrobin πριν την αλλαγή σε ένα μυκητοκτόνο με διαφορετικό τρόπο δράσης (Wedge *et al.*, 2007). Για τους παραπάνω λόγους, συνιστάται αυστηρά η χρήση του pyraclostrobin σε μίγματα με δραστικές ουσίες από διαφορετικές ομάδες διασταυρωτής ανθεκτικότητας και με περιορισμένο αριθμό εφαρμογών ανά καλλιεργητική περίοδο. Τα μίγματα μπορεί να είναι τυποποιημένα, ετοιμόχρηστα, ή να δημιουργούνται κατά την παρασκευή ψεκαστικού διαλύματος (Ammermann *et al.*, 2000).

Μια δραστική ουσία που όχι μόνο ανήκει σε διαφορετική ομάδα διασταυρωτής ανθεκτικότητας από το pyraclostrobin, αλλά διαπιστώθηκε ότι έχει και μικρού επιπέδου αρνητική διασταυρωτή ανθεκτικότητα με το pyraclostrobin, είναι το boscalid (Μαλανδράκης *et al*, 2004). Το boscalid ανήκει στα καρβοξαμιδικά μυκητοκτόνα, και συγκεκριμένα στη χημική ομάδα των πυριδινικών καρβοξαμιδικών. Η μυκητοτοξική δράση του εκδηλώνεται με παρεμπόδιση της αναπνοής, και συγκεκριμένα την παρεμπόδιση του ενζυμικού συμπλόκου της αφυδρογονάσης του ηλεκτρικού οξέος (σύμπλοκο II) (κωδικός FRAC: C7). Θεωρείται ενδιάμεσου κινδύνου μυκητοκτόνο, ως προς την πιθανότητα επιλογής ανθεκτικών στελεχών μυκήτων (Anonymous, 2006). Παρά το γεγονός ότι και το pyraclostrobin και το boscalid παρεμποδίζουν, σε μοριακό επίπεδο, τη λειτουργία της αναπνευστικής αλυσίδας στα μιτοχόνδρια, η μοριακή τους δράση είναι διαφορετική και συμπληρωματική με μοναδικό τρόπο. Ενώ το pyraclostrobin παρεμποδίζει το σύμπλοκο III, το boscalid δρα παρεμποδίζοντας το σύμπλοκο II στην αναπνευστική αλυσίδα των μιτοχονδρίων (Hanke *et al.*, 2004).

Το boscalid έχει ευρύ φάσμα δράσης. Παρεμποδίζει όλα τα κύρια στάδια ανάπτυξης και αναπαραγωγής των μυκήτων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των ασθενειών, όπως βλάστηση των σπορίων, επιμήκυνση του βλαστικού σωλήνα, ανάπτυξη των μυκηλιακών υφών και σπορίωση. Έχει παρατηρηθεί στους ιστούς του φύλλου διαφόρων φυτών, ότι το boscalid μετακινείται ακροπέταλα και διελασματικά. Η δράση ατμών του boscalid, όπως και του pyraclostrobin, είναι περιορισμένη, αλλά λόγω της πολύ υψηλής ενδογενούς δραστικότητας που παρουσιάζουν και της καλής αντοχής στην έκπλυση και τα δύο εμφανίζουν μεγάλη διάρκεια δράσης στην πράξη (Hanke *et al.*, 2004).

Το boscalid βρίσκεται σε ανάπτυξη και έχει ζητηθεί η έγκριση κυκλοφορίας του ως σκεύασμα αυτοδύναμο και σε μίγματα με pyraclostrobin, με τη μορφή διαφορετικών σκευασμάτων μεταξύ των οποίων και τα Signum και Bellis. Σε ψεκασμούς φυλλώματος τα σκευάσματα αυτά ελέγχουν αποτελεσματικά ευρύ φάσμα σημαντικών ασθενειών παθογόνων όπως *Botrytis* spp., *Monilinia* spp., *Alternaria* spp., *Venturia* spp., *Podosphaera* spp., αλλά και πολλά άλλα είδη παθογόνων μυκήτων σε διάφορα είδη λαχανικών και φρούτων με πολύ καλή ανοχή από τις καλλιέργειες. Παρά το γεγονός ότι η διαχείριση ανθεκτικότητας των παθογόνων στις δυο δραστικές ουσίες γίνεται αποτελεσματικά με τη χρήση ετοιμόχρηστων σκευασμάτων των μιγμάτων τους, η χρήση των Signum και Bellis συνιστάται μόνο σε προληπτική βάση περιορισμένου αριθμού εφαρμογών ανά

καλλιεργητική περίοδο και σύμφωνα με τις οδηγίες του FRAC. Τα δύο σκευάσματα έχουν αποδεκτές τοξικολογικές και οικοτοξικολογικές ιδιότητες και η δράση τους είναι ασφαλής για το χρήστη, τους οργανισμούς μη στόχους και το περιβάλλον. Η είσοδος των Bellis και Signum στην αγορά των ευρωπαϊκών χωρών βρίσκεται σε εξέλιξη (Hanke *et al.*, 2004).

Στην Ελλάδα, το Signum έχει λάβει προσωρινή έγκριση για χρήση στις εξής καλλιέργειες: κερασιά για μονίλια, φράουλες (θερμοκηπίου) για βοτρυτή και ωίδιο, τομάτα, πιπεριά (υπαίθρου και θερμοκηπίου) για βοτρυτή και ωίδιο, μαρούλι (υπαίθρου) για βοτρυτή και σκληρωτίνια, καρότο (υπαίθρου) για ωίδιο, και αλτερνάρια και σπαράγγι για σκωρίαση (Ανώνυμο, 2006).

Ο Lacy (1986) αναφέρει ότι όταν γίνεται σύγκριση μυκητοκτόνων ως προς την αποτελεσματικότητά τους κατά των *Cercospora apii* και *Septoria apiicola*, ο πρώτος ψεκασμός συχνά εφαρμόζεται ακριβώς πριν τη μόλυνση, έτσι ώστε το μυκητοκτόνο να είναι παρόν στη φυτική επιφάνεια κατά την άφιξη των σπορίων, και ότι οι ψεκασμοί εφαρμόζονται ανά 7-10 ημέρες για τα προστατευτικά μυκητοκτόνα και ανά 7-14 ημέρες για τα διασυστηματικά. Στο παρόν πείραμα πραγματοποιήθηκαν τρεις εφαρμογές των παραπάνω δραστικών ουσιών. Ο πρώτος ψεκασμός πραγματοποιήθηκε μία ημέρα πριν την πρώτη τεχνητή μόλυνση των φυτών, ο δεύτερος 14 ημέρες μετά τον πρώτο ψεκασμό και ο τρίτος 16 ημέρες μετά τον πρώτο.

Για να εξασφαλιστεί ένα καλό επίπεδο προσβολής, σε πειράματα σύγκρισης μυκητοκτόνων ως προς την αποτελεσματικότητά τους κατά των *C. apii* και *S. apiicola*, ο Lacy (1986) προτείνει την πραγματοποίηση και δεύτερης τεχνητής μόλυνσης. Για τον ίδιο λόγο, στο παρόν πείραμα, 14 ημέρες μετά την πρώτη μόλυνση πραγματοποιήθηκε δεύτερη τεχνητή μόλυνση αμέσως μετά τη δεύτερη εφαρμογή των μυκητοκτόνων.

Οι Murakishi *et al.* (1960), για τεχνητές μολύνσεις φυταρίων σέλινου με κονίδια του *C. apii*, χρησιμοποίησαν αιώρημα κονιδίων του μύκητα πυκνότητας 5.000-10.000 κονίδια/ml, ενώ ο Lacy (1986) επίσης αναφέρει ότι καλά επίπεδα προσβολής επιτυγχάνονται με ψεκασμό των φυτών με υδατικό αιώρημα κονιδίων του *C. apii* πυκνότητας 5.000-10.000 κονίδια/ml. Στο παρόν πείραμα, η πυκνότητα των κονιδίων του *C. apii* στο αιώρημα που χρησιμοποιήθηκε για την τεχνητή μόλυνση των φυτών προσαρμόστηκε στα 10.000 σπόρια/ml. Για τεχνητές μολύνσεις με τον *S. apiicola* οι Edwards *et al.* (1997) και ο

Lacy (1986), προτείνουν τη χρήση αιωρήματος σπορίων του μύκητα συγκέντρωσης 100.000 σπόρια/ml. Στη συγκέντρωση αυτή προσαρμόστηκε και στο δικό μας πείραμα το αιώρημα κονιδίων του μύκητα με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι τεχνητές μολύνσεις.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, όπως αναφέρθηκε στο Α΄ Μέρος της παρούσας μελέτης, προκύπτει ότι οι βέλτιστες συνθήκες για μόλυνση του σέλινου από τον *C. apii* είναι οι ίδιες με αυτές για το σχηματισμό σπορίων του μύκητα (Lacy *et al.*, 1996), δηλαδή διύγρανση των φύλλων για πάνω από 10 ώρες, σε θερμοκρασίες 15 έως 30° C (Raid, 2002). Τα σπόρια του *S. apiiicola* βλαστάνουν στη φυλλική επιφάνεια και οι βλαστικοί σωλήνες εισέρχονται στους ιστούς μέσω των στομάτων κατά τη διάρκεια των 36 ωρών της περιόδου μόλυνσης σε υψηλή σχετική υγρασία (Sheridan, 1968_a). Κατά τον Hausbeck (2002), για επιτυχημένη μόλυνση του σέλινου από τον *S. apiiicola*, στους 21° C, απαιτείται συνεχόμενη δρόσος τουλάχιστον κατά το πρώτο εικοσιτετράωρο μετά την άφιξη των μολυσμάτων στις φυτικές επιφάνειες, ή διακοπόμενη δρόσος (12 ώρες υγρά/12 ώρες στεγνά/12 ώρες υγρά φύλλα), με μέγιστο αριθμό κηλίδων όταν οι περίοδοι συνεχόμενης δρόσου είναι μεγαλύτερες από 36 ώρες, παρά όταν διαρκούν λιγότερο από 24 ώρες. Στους 25° C απαιτούνται περίοδοι δρόσου μεγαλύτερες από 36 ώρες για εμφάνιση κηλίδων. Κατά τον Lacy (1986) οι αναγκαίες συνθήκες για τη μέγιστη δυνατή προσβολή από τον *S. apiiicola* είναι 36 ή περισσότερες ώρες υψηλής σχετικής υγρασίας (≥95%) και σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (15-20°C) με παρατεταμένες περιόδους διαβροχής των φύλλων. Ο Sheridan (1968_b) διαπίστωσε την ανάγκη διατήρησης των μολυσμένων φυτών της ποικιλίας Giant White Pascal σε θερμοκρασία 15-17° C και 100% συνεχή σχετική υγρασία κατά τις πρώτες 36 ώρες, προκειμένου να εισέλθει ο μύκητας στο φύλλο και ακολούθως να δώσει συμπτώματα τις ασθένειας. Η ασθένεια δεν εκδηλώθηκε ποτέ σε φυτά που μολύνθηκαν με ζωτικά μυκηλιακά σπόρια και αφέθηκαν στον πάγκο του θερμοκηπίου σε ατμοσφαιρική υγρασία. Οι Mathieu και Kushalappa (1993) κατέγραψαν το μέγιστο αριθμό κηλίδων όταν, μετά από τεχνητή μόλυνση, τα φυτά διατηρήθηκαν σε θάλαμο υδρονέφωσης, τους 25° C επί 72 ώρες.

Στο παρόν πείραμα, για να εξασφαλιστεί η επιτυχία των τεχνητών μολύνσεων των φυτών, δημιουργήθηκαν συνθήκες αυξημένης σχετικής υγρασίας με κάλυψη των φυτών με πλαστικό φύλλο αμέσως μετά την εφαρμογή των μολυσμάτων. Τα φυτά παρέμειναν καλυμμένα για 36 ώρες. Οι συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που επικρά-

τησαν καταγράφηκαν από θερμοϋγρογράφο και παρουσιάζονται στα διαγράμματα 1 και 2.

Ο Lacy (1986) αναφέρει ότι όταν συγκρίνονται μυκητοκτόνα ως προς την αποτελεσματικότητά τους κατά της κερκοσπορίωσης ή της σειπορίωσης του σέλινου, η ασθένεια αξιολογείται δύο ή τρεις φορές σε εβδομαδιαία διαστήματα πριν τη λήξη του πειράματος. Στο δικό μας πείραμα πραγματοποιήθηκαν τρεις αξιολογήσεις της έντασης της προσβολής ανά εβδομαδιαία διαστήματα, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 7.

6

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6.1 ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ

Τα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το chlorothalonil [εμπορικό σκεύασμα Daconil 75 WP (βρέξιμη σκόνη)/Syngenda], το flusilazole [εμπορικό σκεύασμα Punch 40 EC (πυκνό γαλακτωματοποίηση)/Du Pont], το azoxystrobin [εμπορικό σκεύασμα Ortiva 25 SC (πυκνό εναιώρημα)/Syngenda] και το μίγμα boscalid/pyraclostrobin [εμπορικό σκεύασμα Signum 26.7/6.7 WG (πυκνό αιωρηματοποίηση κοκκώδες), προσφορά της εταιρείας BASF Agro Ελλάς].

6.2 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Χρησιμοποιήθηκε σπόρος πεπαλαιωμένος, συγκομιδής 2002, κοινής ποικιλίας φυλλώδους σέλινου, διατηρημένος στο ψυγείο σε θερμοκρασία 5° C. Προ της σποράς, ως επιπλέον μέτρο εξάλειψης τυχόν μολυσμάτων των μυκήτων *C. arii* και *S. apiiicola* στην επιφάνεια των σπόρων, εφαρμόστηκε chlorothalonil (Daconil, 5gr/100gr σπόρου).



Εικόνα 12 Φυτοδοχεία αμέσως μετά τη σπορά, στο προβλαστητήριο. Είναι ορατοί οι σπόροι σέλινου στην επιφάνεια του εδαφικού υποστρώματος και το ειδικό κάλυμα.

Το εδαφικό υπόστρωμα παρασκευάστηκε με ανάμειξη 3 μερών των 250 lt Klasmann Lithuanian peat moss (τύρφη από βρυόφυτα του γένους *Sphagnum* sp., pH 3,5-4,5), 2 μερών των 320 lt τύρφης Kekkila, 2 μερών των 100lt περλίτη, 4lt κοκκώδους βελτιωτικού εδάφους Granucal (φυσικό ασβέστιο από κοιτάσματα οστράκων με Mg και ιχνοστοιχεία), 4lt λιπάσματος Planterra (12-12-17 + 2MgO), 4lt μαρμαρόσκονης (CaCO₃) NOVOCARB και 4lt υδρασβέστου Ca(OH)₂.

Η σπορά έγινε στις 3/3/2006 με χρήση αλατιέρας, επιφανειακά, σε μαύρα πλαστικά φυτοδοχεία διαστάσεων 8×8×8 cm (PS TEKU Porraimann) τα οποία τοποθετήθηκαν ανά 15 (5×3) σε δίσκους. Τα φυτοδοχεία καλύφθηκαν με ειδικό συνθετικό αραχνούφαντο κάλυμα Lutrasil-Thermoselect, ώστε να διατηρείται σταθερό το επίπεδο της υγρασίας μέ-

χρι το φύτευμα. Ακολούθησε επώαση σε προβλαστητήριο, σε θερμοκρασία 20° C και σχετική υγρασία που διατηρούνταν στο 85% με μπεκ υδρονέφωσης.

Οι σπόροι φύτευαν μετά από 7 ημέρες στις παραπάνω συνθήκες (στις 10/3/2006) και την όγδοη ημέρα από τη σπορά μεταφέρθηκαν σε γυάλινο θερμοκήπιο (με ελάχιστη θερμοκρασία 15° C), σε πάγκο που δέχονταν επαρκή φωτισμό από λαμπτήρες, για να αποφευχθεί η υπερβολική αύξηση σε ύψος των φυταρίων λόγω ελλειπούς φωτισμού. Ο πάγκος στον οποίο τοποθετήθηκαν οι δίσκοι με τα φυτά είχε προηγουμένως απολυμανθεί με διάλυμα φορμαλδεΐδης 2%. Τέσσερις ημέρες μετά (15/3/2006), τα φυτάρια μεταφέρθηκαν σε πλαστικό θερμοκήπιο χωρίς θέρμανση. Τα φυτάρια βρισκόταν τότε στο βλαστικό στάδιο των κοτυληδόνων.

Στη συνέχεια, και καθόλη τη διάρκεια του πειράματος, τα φυτά παρέμειναν στο χώρο του πλαστικού θερμοκηπίου. Για να προσομοιωθούν οι συνθήκες εμπορικής καλλιέργειας, η καθημερινή άρδευση των φυτών γινόταν με καταβιοτισμό.

6.3 ΠΑΘΟΓΟΝΑ

Για τις τεχνητές μολύνσεις χρησιμοποιήθηκαν δύο απομονώσεις του *Septoria apiicola* (S₁ και S₂) από προσβεβλημένα φυτά από τα Γρεβενά και μία απομόνωση του *Cercospora apii* (C) από την περιοχή Αλμυρού. Τα παθογόνα απομονώθηκαν από φύλλα σέλινου που έφεραν συμπτώματα και σημεία των ασθενειών.

Η απομόνωση του *Cercospora apii* από τις προσβεβλημένες φυτικές επιφάνειες έγινε ως εξής: για να διαλυθεί η κηρώδης επιφάνεια τους και να είναι δυνατή η διαβροχή τους, τα φύλλα εμβαπτίστηκαν στιγμιαία σε αλκοόλη, και στη συνέχεια σε δοκιμαστικό σωλήνα με 10% NaClO για επιφανειακή αποστείρωση. Από το όριο των κηλίδων αφαιρέθηκαν με αποστειρωμένο νυστέρι τετράγωνα κομματάκια ιστού και μεταφέρθηκαν με αποστειρωμένη λαβίδα διαδοχικά σε 3 δοκιμαστικούς σωλήνες με αποστειρωμένο απιονισμένο νερό για να ξεπλυθούν από το υποχλωριώδες νάτριο. Ακολούθως αποτέθηκαν σε αποστειρωμένο στυπόχαρτο για να στεγνώσουν και μεταφέρθηκαν ασηπτικά σε τρυβλίο με PDA, εντός θαλάμου νηματικής ροής αέρα (laminar air flow cabinet), τέσσερα κομματάκια ανά τρυβλίο Petri.

Για την απομόνωση του *Septoria apiicola* τα προσβεβλημένα φύλλα απολυμαίνονταν επιφανειακά με εμβάπτιση σε διάλυμα 10% NaClO, στη συνέχεια εμβαπτιζόνταν σε απο-






στερωμένο αποιονισμένο νερό και στεγνώνονταν με τη χρήση αποστειρωμένου στυπόχαρτου. Κατόπιν τοποθετούνταν σε αποστειρωμένα τρυβλία και εναποθέτονταν στις κηλίδες προσεκτικά 2-3 σταγόνες αποστειρωμένου αποιονισμένου νερού για 5 min έτσι ώστε να εξέλθουν τα πυκνιδιοσπόρια από τα πυκνίδια στο υπερκείμενο νερό. Κατόπιν μεταφέρονταν μικρή ποσότητα αιωρήματος πυκνιδιοσπορίων σε τρυβλία με PDA (Potato-dextrose agar).

Για τις ανάγκες του πειράματος έγιναν οι απαραίτητες υποκαλλιέργειες των καλλιεργειών των δύο μυκήτων υπό ασηπτικές συνθήκες. Η ανάπτυξη των παθογόνων *in vitro* έγινε σε θρεπτικό υπόστρωμα PDA μέσα σε τρυβλία Petri διαμέτρου 9cm. Τα τρυβλία τοποθετήθηκαν σε θάλαμο επώασης ρυθμισμένο στους 24°C, σε συνθήκες σκότους.

6.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΩΝ

Ο πρώτος ψεκασμός πραγματοποιήθηκε στις 5/4/2006. Τα φυτά είχαν τότε ηλικία 26 ημερών και βρισκόταν στο στάδιο των δύο πραγματικών φύλλων. Ο δεύτερος ψεκασμός πραγματοποιήθηκε 14 ημέρες μετά τον πρώτο, στις 19/4/2006. Η τρίτη εφαρμογή των μυκητοκτόνων πραγματοποιήθηκε 16 ημέρες αργότερα, στις 5/5/2006.

Χρησιμοποιήθηκε ψεκαστήρας χειρός χωρητικότητας 1,5 lt και επιδιώχθηκε καλό λούσιμο των φυτών με το ψεκαστικό διάλυμα, και από τις δύο επιφάνειες των φύλλων, μέχρις απορροής του ψεκαστικού διαλύματος. Στην περίπτωση του μάρτυρα, το ψεκαστικό διάλυμα αποτελούνταν μόνο από νερό. Οι δόσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι συνιστώμενες για κάθε σκεύασμα και φαίνονται στον Πίνακα 1.

Εμπορικό Όνομα	Δραστική Ουσία	Μορφή Σκευάσματος	Περιεκτικότητα Δ.Ο. στο Εμπορικό Σκεύασμα	Καθαρότητα Δ.Ο.	Εφαρμοσθείσα Δόση	Περιεκτικότητα Δ. Ο. στο Ψεκαστικό Διάλυμα	Χρώμα
<i>Μάρτυρας</i>	—	—	—	—	—	—	
Ortiva	azoxystrobin	SC	25% β/ο	93%	1 ml/lt	0,023% β/ο	
Signum	boscalid/ pyraclostrobin	WG	26.7/6.7% β/β	96%/97,5%	1 gr/lt	0,027/0,006% β/ο	
Daconil	chlorothalonil	WP	75% β/β	96%	1,5 gr/lt	0,108% β/ο	
Punch	flusilazole	EC	40% β/ο	91,3%	0,065 ml/lt	0,024% β/ο	

Πίνακας 1 Σκευάσματα, δραστικές ουσίες και δόσεις που χρησιμοποιήθηκαν.

6.5 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΟΛΥΝΣΕΙΣ

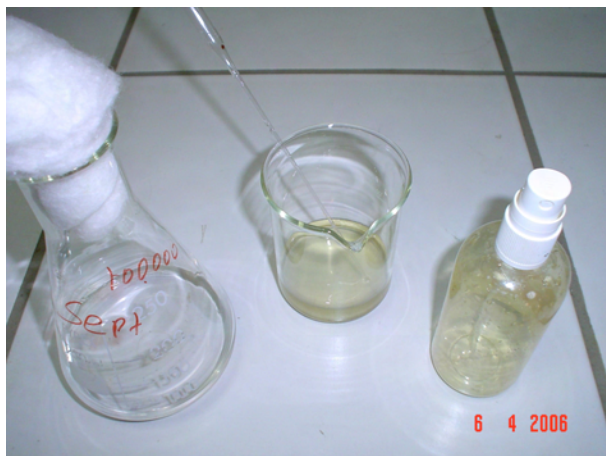
Η πρώτη τεχνητή μόλυνση των φυτών πραγματοποιήθηκε στις 6/4/2006, μία ημέρα μετά την πρώτη εφαρμογή των μυκητοκτόνων.

Το μόλυσμα του *Septoria apii* ελήφθη από καλλιέργειες των απομονώσεων S₁ και S₂ του μύκητα σε θρεπτικό υπόστρωμα PDA, ηλικίας 23 ημερών, σε δοκιμαστικούς σωλήνες, που είχαν σχηματίσει καρποφορίες. Οι καλλιέργειες κατακλύστηκαν με 20ml αποιονισμένο αποστειρωμένο νερό, αναδεύτηκαν ελαφρά με μια γυάλινη ράβδο και τα αιωρήματα που προέκυψαν πέρασαν από διπλό φίλτρο μουσελίνας για να απομακρυνθούν τυχόν τμήματα μυκηλίου

και θρεπτικού υποστρώματος. Η συγκέντρωση των σπορίων στο τελικό αιώρημα (εικόνα 13) που προέκυψε από ανάμειξη των αιωρημάτων των δύο απομονώσεων προσδιορίστηκε με αιματοκυτόμετρο και προσαρμόστηκε στα 100.000 σπόρια/ml.

Λόγω αδυναμίας των δύο απομονώσεων του *Cercospora apii* που χρησιμοποιήθηκαν να σχηματίσουν καρποφορίες υπό τις συνθήκες που δοκιμάστηκαν, για την παρασκευή τεχνητού μολύσματος του *C. apii* χρησιμοποιήθηκαν κονίδια που σχηματίστηκαν σε προσβεβλημένα φύλλα μετά από επώασή τους σε υγρό θάλαμο (εικόνα 14). Τα φύλλα στη συνέχεια αφέθηκαν να μουλιάσουν σε μικρή ποσότητα αποστειρωμένου νερού σε τρυβλίο και με τη βοήθεια καλυπτρίδας «ξύθηκαν»

απαλά για να αποσπασθούν τα κονίδια από τις κονιδιοφόρους. Η πυκνότητα των



Εικόνα 13 Αιώρημα κονιδίων του *S. apii* έτοιμο για εφαρμογή (αριστερά), αρχικό αιώρημα κονιδίων (κέντρο) και διασπορέας (αριστερά).



Εικόνα 14 Φύλλα σέλινου προσβεβλημένα από τον *C. apii*, τοποθετημένα σε υγρό θάλαμο προκειμένου να σχηματιστούν καρποφορίες του μύκητα.

κονιδίων στο αιώρημα που προέκυψε προσδιορίστηκε με αιματοκυτόμετρο και προσαρμόστηκε στα 10.000 σπόρια/ml.

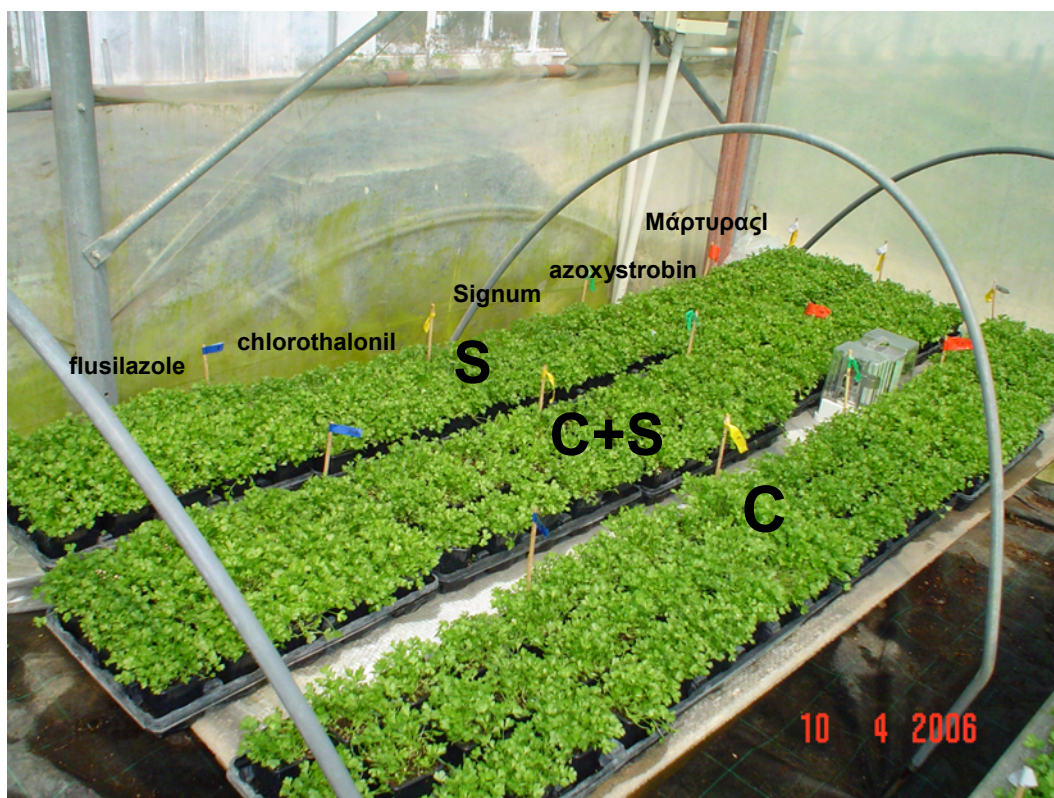
Στη συνέχεια, για την πραγματοποίηση μικτών μολύνσεων, παρασκευάστηκε ένα αιώρημα με ανάμεικτο μόλυσμα και των δύο μυκήτων του οποίου η συγκέντρωση προσαρμόστηκε στα 10.000 σπόρια από κάθε μύκητα/ml.

Πριν τη μόλυνση προστέθηκε μία σταγόνα 0,1% Tween 20* σε κάθε αιώρημα. Οι τεχνητές μολύνσεις πραγματοποιήθηκαν στο θερμοκήπιο λίγο αργότερα από την παρασκευή του μολύσματος, στις 17:30. Ο Lacy (1986) αναφέρει ότι οι τεχνητές μολύνσεις σέλινου με τον *C. apii* είναι συνήθως πιο αποτελεσματικές όταν πραγματοποιούνται αργά το απόγευμα. Πριν τη μόλυνση ποτίστηκαν όσα γλαστράκια χρειαζόταν. Η εφαρμογή του μολύσματος έγινε με χρήση ενός πλαστικού διασπορέα σπρέϊ (εικόνα 13), πατώντας 3 φορές πάνω από κάθε γλαστράκι. Τα φυτά-μάρτυρες που είχαν δεχθεί χειρισμό με ψεκαστικό διάλυμα αποτελούμενο μόνο από νερό, μολύνθηκαν κανονικά όπως και τα υπόλοιπα φυτά του αντίστοιχου πειράματος δηλαδή, κατά περίπτωση, με μόλυσμα του *C. apii*, του *S. apiiicola*, ή με ανάμεικτο μόλυσμα. Ανάμεσα στα φυτά τοποθετήθηκε ένα θερμομέτρο μέγιστης-ελάχιστης θερμοκρασίας και ένας θερμοϋγρογράφος.

Αμέσως μετά τη μόλυνση, τα φυτά (διατεταγμένα όπως φαίνεται στην εικόνα 15), καλύφθηκαν με πλαστικό φύλλο που ψεκάστηκε εσωτερικά με νερό, για δημιουργία συνθηκών υψηλής ($\approx 100\%$) σχετικής υγρασίας (εικόνα 16). Τα φυτά παρέμειναν στις παραπάνω συνθήκες για 36 ώρες, οπότε και απομακρύνθηκε το πλαστικό φύλλο.

Για να εξασφαλιστεί καλό επίπεδο προσβολής πραγματοποιήθηκε δεύτερη τεχνητή μόλυνση στις 19/4/2006, 14 ημέρες μετά την πρώτη μόλυνση, αμέσως μετά τη δεύτερη εφαρμογή των μυκητοκτόνων και αφού αφέθηκε να στεγνώσει πλήρως το ψεκαστικό διάλυμα στη φυλλική επιφάνεια. Η παρασκευή των μολυσμάτων και η εφαρμογή τους έγινε ακριβώς όπως και στην πρώτη τεχνητή μόλυνση.

* Το Tween 20 είναι το εμπορικό όνομα της τασιενεργού ουσίας polysorbate 20, που χρησιμοποιείται ως γαλακτωματοποιητής σε πλήθος οικιακών, επιστημονικών και φαρμακολογικών εφαρμογών. Στις τελευταίες, χρησιμοποιείται για σταθεροποίηση γαλακτωμάτων και αιωρημάτων (Anonymous, 2001b).



Εικόνα 15 Διάταξη των φυτών προ της κάλυψής τους με πλαστικό. S φυτά που μολύνθηκαν με *S. aricola*, C φυτά που μολύνθηκαν με *C. arii*, C+S φυτά που μολύνθηκαν με μικτό μόλυσμα.



Εικόνα 16 Διατήρηση των φυτών σε συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας μετά την τεχνητή μόλυνση, για επίτευξη μέγιστου βαθμού προσβολής.

6.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ

Πραγματοποιήθηκαν τρεις αξιολογήσεις της έντασης της προσβολής, ανά εβδομαδιαία διαστήματα: η πρώτη στις 12/5/2006, η δεύτερη στις 18/5/2006 και η τρίτη στις 25/5/2006 (7, 13 και 20 ημέρες μετά την τελευταία εφαρμογή των μυκητοκτόνων, αντίστοιχα).

Κατά την αξιολόγηση, για κάθε έναν από τους 5 χειρισμούς με μυκητοκτόνα (συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα) και για κάθε μια από τις 3 επαναλήψεις, επιλέχθηκε τυχαία ένα από τα πέντε γλαστράκια κάθε επανάληψης. Από το γλαστράκι με το χέρι αφαιρέθηκε ένα σύνολο με τυχαίο κάθε φορά αριθμό φύλλων (από 19 έως 53 φύλλα).

Στη συνέχεια καθένα από τα φύλλα που είχαν ληφθεί εξετάστηκε για ύπαρξη συμπτωμάτων, δηλαδή κηλίδων. Για την ταξινόμηση των φύλλων ανάλογα με τον αριθμό των κηλίδων που έφεραν, χρησιμοποιήθηκε μια κλίμακα με 5 κλάσεις, τις εξής:

Κλάση	1η	2η	3η	4η	5η
Αριθμός Κηλίδων ανά φύλλο	0	1 - 3	4 - 10	11 - 50	50-100

Με βάση την παραπάνω κλίμακα, καταγράφηκε ο αριθμός των φύλλων που είχαν ληφθεί από το ίδιο γλαστράκι και αντιστοιχούσαν σε κάθε κλάση. Κατά τις επόμενες δύο μετρήσεις ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία, λαμβάνοντας όμως φύλλα από γλαστράκι που δεν είχε χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενη αξιολόγηση.

Για τον υπολογισμό της έντασης της προσβολής χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη σχέση:

$$\text{Ένταση της προσβολής} = (0 \times v_1 + 2 \times v_2 + 7 \times v_3 + 30,5 \times v_4 + 75 \times v_5) / v_{\text{ολ}}$$

Όπου v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 = αριθμός φυλλαρίων από κάθε γλαστράκι που ταξινομήθηκαν στην πρώτη, δεύτερη, τρίτη, τέταρτη και πέμπτη κλάση, αντίστοιχα
 $v_{\text{ολ}}$ = συνολικός αριθμός φύλλων που αξιολογήθηκαν από κάθε γλαστράκι

6.7 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Η παρούσα μελέτη μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τρία επιμέρους πειράματα στα οποία συγκρίνεται η αποτελεσματικότητα των τεσσάρων μυκητοκτόνων με την πάροδο του χρόνου σε φυτά μολυσμένα με τον μύκητα *C. arii* (πρώτο πείραμα), με τον μύκητα *S. ariiicola* (δεύτερο πείραμα) και σε φυτά με μικτές μολύνσεις των δύο μυκήτων (τρίτο πείραμα).

Και στις τρεις περιπτώσεις εφαρμόστηκε Διπαραγοντικό πειραματικό σχέδιο Επαναλαμβανόμενων Μετρήσεων (Two-Way Repeated Measures), με έναν παράγοντα το εφαρμοζόμενο Μυκητοκτόνο και δεύτερο παράγοντα τον Χρόνο. Ο παράγοντας Μυκητοκτόνο είχε 5 επίπεδα (Μάρτυρας, azoxystrobin, Signum, chlorothalonil, flusilazole), ενώ ο παράγοντας Χρόνος είχε 3 επίπεδα (τα τρία διαφορετικά χρονικά βήματα κατά τα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις για τον υπολογισμό της έντασης της ασθένειας). Πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις. Σε κάθε επανάληψη αντιστοιχούσαν 5 γλαστράκια.

6.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με τη μέθοδο Ανάλυσης Διασποράς Διπλής Κατεύθυνσης με Επαναλαμβανόμενες Μετρήσεις (Two Way Repeated Measures ANOVA). Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το STATISTICA® (version 7).

7

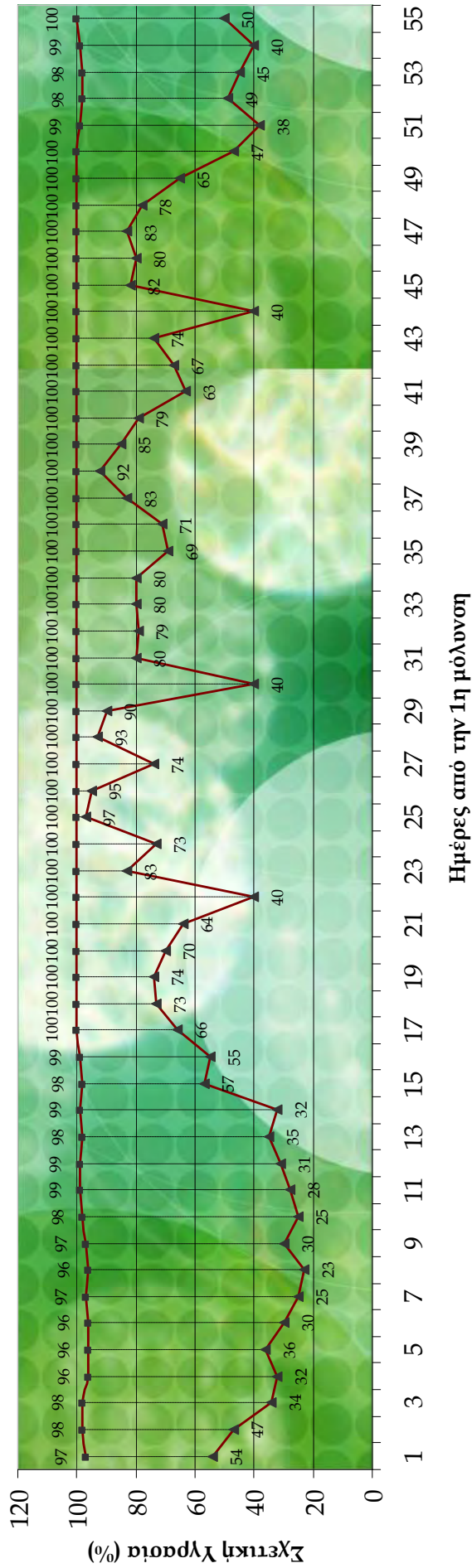
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το μεγαλύτερο φερόμενο ως κρίσιμο χρονικό διάστημα για την επιτυχία τεχνητών μολύνσεων από τους δύο μύκητες του παρόντος πειράματος που βρέθηκε κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι αυτό που αναφέρεται για τον *S. apiiicola* από τους Mathieu και Kushalappa (1993), οι οποίοι κατέγραψαν το μέγιστο αριθμό κηλίδων όταν, μετά από τεχνητή μόλυνση σέλινου με τον μύκητα, τα φυτά διατηρήθηκαν σε θάλαμο υδρονέφωσης, στους 25° C επί 72 ώρες, ενώ το μικρότερο κρίσιμο χρονικό διάστημα είναι αυτό που αναφέρεται για τον *C. apii*: διύγρανση των φύλλων επί 10 ώρες στους 15 έως 30° (Raid, 2002).

Αν και με τον θερμοϋγρογράφο που χρησιμοποιήσαμε στο παρόν πείραμα δεν ήταν δυνατή η μέτρηση της διάρκειας διύγρανσης των φύλλων, από την εξέταση των δεδομένων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που επικράτησαν κατά τις 72 ώρες μετά την εφαρμογή των μολυσμάτων στα φυτά και καταγράφηκαν από τον θερμοϋγρογράφο, προκύπτουν τα ακόλουθα: μετά την πρώτη τεχνητή μόλυνση ακολούθησαν διαστήματα υψηλής σχετικής υγρασίας (>90%) διάρκειας κατά μέσο όρο 12 ωρών, που εναλλάσσονταν με διαστήματα σχετικής υγρασίας μικρότερης από 90% διάρκειας κατά μέσο όρο 12 ωρών. Το ίδιο ακριβώς παρατηρήθηκε και κατά τις 72 ώρες μετά τη δεύτερη τεχνητή μόλυνση. Όσον αφορά στη θερμοκρασία, κατά τις 72 ώρες μετά την πρώτη μόλυνση κυμάνθηκε από 10 έως 47° C, ενώ κατά τις 72 ώρες μετά τη δεύτερη μόλυνση κυμάνθηκε από 11 έως 35° C όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2. Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν κατά τις 3 ημέρες μετά την πρώτη μόλυνση (μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία 39, 47, 42° C κατά την πρώτη, δεύτερη, τρίτη ημέρα, αντίστοιχα), είναι πιθανό να προκάλεσαν αναστολή των μολύνσεων και της εμφάνισης συμπτωμάτων, τα οποία δεν ήταν ορατά παρά μόνο 10 ημέρες μετά τη δεύτερη τεχνητή μόλυνση, δηλαδή στις 29/4/2006, οπότε εμφανίστηκαν κηλιδώσεις σε φυτά που είχαν μολυνθεί με μολύσματα τόσο του *C. apii* και του *S. apiiicola*, όσο και με ανάμεικτο μολύσμα.

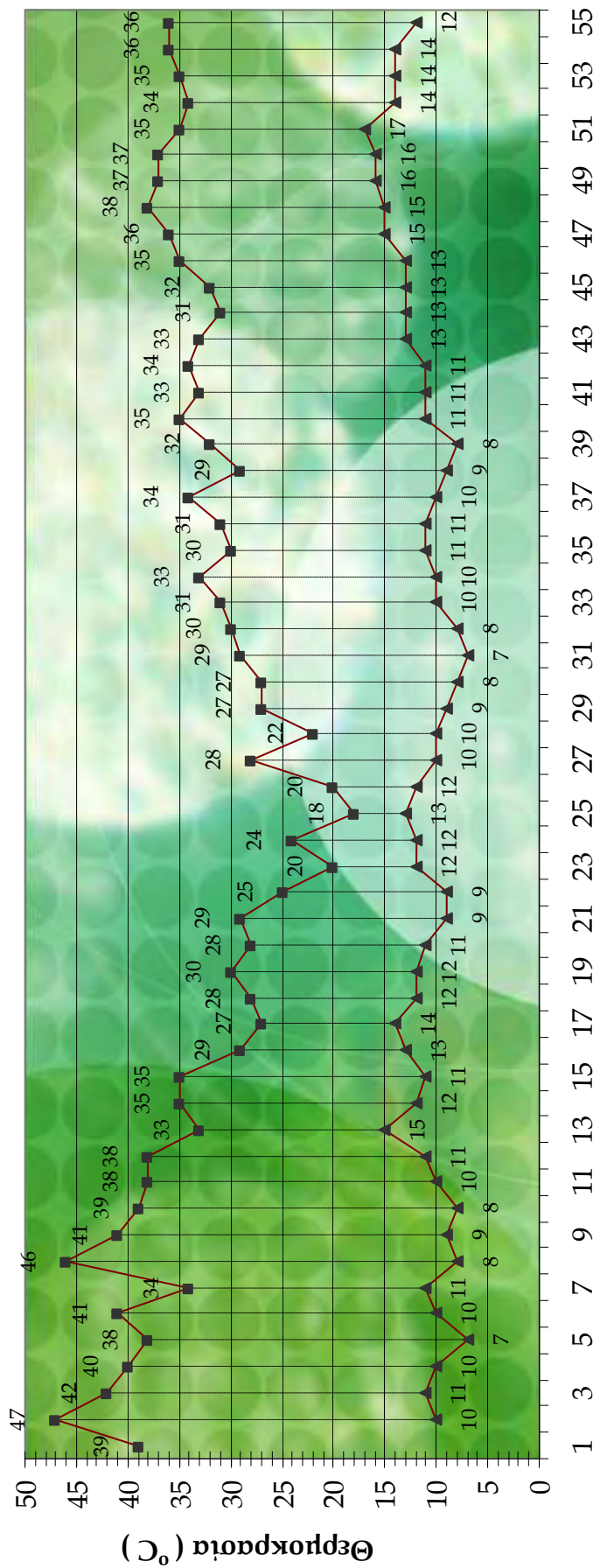
Τα Διαγράμματα 1 και 2 με τις μέγιστες και ελάχιστες ημερήσιες τιμές σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας που κατέγραψε ο θερμοϋγρογράφος ακολουθούν οι Πίνακες 2, 3 και 4 με τα δεδομένα των τριών αξιολογήσεων που πραγματοποιήθηκαν και τις τιμές της έντασης της ασθένειας που προκύπτουν από αυτά, και στη συνέχεια τα αποτελέσματα της ανάλυσης των αποτελεσμάτων του πειράματος.

Διακρύμανση Σχετικής Υγρασίας στο θερμοκήπιο
από 6/4/2006 έως 30/5/2006



■ Μέγιστη Ημερήσια Υγρασία
▲ Ελάχιστη Ημερήσια Υγρασία

Διακύμανση Θερμοκρασίας στο Θερμοκήπιο από 6/4/2006 έως 30/5/2006



Ημέρες από 1η μάλυση (6/4/2006)

- Μέγιστη Ημερήσια Θερμοκρασία
- ▲ Ελάχιστη Ημερήσια Θερμοκρασία

1 ^η Αξιολόγηση: 12/5/2006								
	Επανάληψη	Αριθμός φυλλαρίων που εξετάστηκαν	Αριθμός φύλλων ανά κλάση της ακόλουθης κλίμακας					Ένταση Προσβολής
			0 κηλίδες /φύλλο	1-3 κηλίδες /φύλλο	4-10 κηλίδες /φύλλο	11-50 κηλίδες /φύλλο	50-100 κηλίδες /φύλλο	
Μάρτυρας S	1	28	7	9	6	3	3	13,45
	2	52	21	8	13	4	6	13,06
	3	53	16	5	14	16	2	14,08
Μάρτυρας S+C	1	34	11	9	5	5	4	14,87
	2	28	16	5	3	1	3	10,23
	3	32	13	6	4	7	2	12,61
Μάρτυρας C	1	33	18	7	4	2	2	7,67
	2	32	18	3	4	2	5	14,69
	3	29	15	4	3	4	3	12,97
azoxystrobin S	1	31	29	1	1			0,29
	2	30	29	1				0,07
	3	31	30	1				0,06
azoxystrobin S+C	1	31	25	1	3	2		2,71
	2	31	29	1		1		1,05
	3	30	25	1	4			1,00
azoxystrobin C	1	30	28		1	1		1,25
	2	30	23	1	3	3		3,82
	3	29	25	2		2		2,24
Signum S	1	31	30			1		0,98
	2	30	29		1			0,23
	3	30	29			1		1,02
Signum S+C	1	31	24	2	3	1	1	4,21
	2	28	21	4		2	1	5,14
	3	27	22	1	3	1		1,98
Signum C	1	31	27	2	2			0,58
	2	31	28		2	1		1,44
	3	26	25		1			0,27
chlorothalonil S	1	30	28			1	1	3,52
	2	30	29			1		1,02
	3	29	25	2	1	1		1,43
chlorothalonil S+C	1	30	27		2	1		1,48
	2	30	25	3	1	1		1,45
	3	31	24	1	2	4		4,45
chlorothalonil C	1	30	27	1	2			0,53
	2	35	28	4	2	1		1,50
	3	31	30			1		0,98
flusilazole S	1	30	18	3	2	5	2	10,75
	2	32	25	3	2		2	5,31
	3	30	24	2	1	1	2	6,38
flusilazole S+C	1	34	27	6	1	0		0,56
	2	30	27	3				0,20
	3	30	25	4	1			0,50
flusilazole C	1	30	24	4	1	1		1,52
	2	31	25	2	2	2		2,55
	3	28	20	6	1	1		1,77

2 ^η Αξιολόγηση: 18/5/2006								
	Επανάληψη	Αριθμός φύλλων που εξετάστηκαν	Αριθμός φυλλαρίων ανά κλάση της ακόλουθης κλίμακας					Ένταση Προσβολής
			0 κηλίδες /φύλλο	1-3 κηλίδες /φύλλο	4-10 κηλίδες /φύλλο	11-50 κηλίδες /φύλλο	50-100 κηλίδες /φύλλο	
Μάρτυρας S	1	26	10	2	9	1	4	15,29
	2	23	16	2		3	2	10,67
	3	20	10		4	5	1	12,78
Μάρτυρας S+C	1	22	11	5	3	3		5,57
	2	20	11	3	5	1		3,58
	3	20	15	1	2	2		3,85
Μάρτυρας C	1	20	11	4	3	1	1	6,73
	2	21	11	4	2	4		6,86
	3	24	14	3	3	2	2	9,92
azoxystrobin S	1	20	19	1				0,10
	2	21	20		1			0,33
	3	19	18	1				0,11
azoxystrobin S+C	1	20	19	1				0,10
	2	20	19	1				0,10
	3	20	19		1			0,35
azoxystrobin C	1	20	20					0,00
	2	20	19	1				0,10
	3	20	19	1				0,10
Signum S	1	20	20					0,00
	2	20	19		1			0,35
	3	20	20					0,00
Signum S+C	1	22	18	3		1		1,66
	2	20	19		1			0,35
	3	20	20					0,00
Signum C	1	20	20					0,00
	2	20	18		1	1		1,88
	3	21	20		1			0,33
chlorothalonil S	1	20	19	1				0,10
	2	20	19		1			0,35
	3	20	19	1				0,10
chlorothalonil S+C	1	20	19		1			0,35
	2	20	19	1				0,10
	3	20	20					0,00
chlorothalonil C	1	20	19	1				0,10
	2	20	20					0,00
	3	20	19		1			0,35
flusilazole S	1	20	19	1				0,10
	2	20	16	3	1			0,65
	3	20	20					0,00
flusilazole S+C	1	21	13	7	1			1,00
	2	20	20					0,00
	3	20	20					0,00
flusilazole C	1	21	13	1	6	1		3,55
	2	21	16	1	2	1	1	5,79
	3	20	18		1	1		1,88

3η Αξιολόγηση: 25/5/2006								
	Επανάληψη	Αριθμός φύλλων που εξετάστηκαν	Αριθμός φυλλαρίων ανά κλάση της ακόλουθης κλίμακας					Ένταση Προσβολής
			0 κηλίδες /φύλλο	1-3 κηλίδες /φύλλο	4-10 κηλίδες /φύλλο	11-50 κηλίδες /φύλλο	50-100 κηλίδες /φύλλο	
Μάρτυρας S	1	34	10	12	8	4		5,94
	2	31	16	8	1	4	2	9,52
	3	29	3	10	7	8	1	13,38
Μάρτυρας S+C	1	34	16	7	3	7	1	9,51
	2	20	15	2		1	2	9,23
	3	27	9	8	3	5	2	12,57
Μάρτυρας C	1	19	5	6	5	3		7,29
	2	21	5	5	5	6		10,86
	3	20	5	10	4	1		3,93
azoxystrobin S	1	20	19	1				0,10
	2	20	18	2				0,20
	3	21	19	2				0,19
azoxystrobin S+C	1	20	18		1	1		1,88
	2	20	15	4			1	4,15
	3	20	16	2		2		3,25
azoxystrobin C	1	20	18	1		1		1,63
	2	20	18		2			0,70
	3	20	17		3			1,05
Signum S	1	20	18				2	7,50
	2	20	17	1		2		3,15
	3	20	17	1	1		1	4,20
Signum S+C	1	20	14	1	3	2		4,20
	2	20	11	3	2	4		7,10
	3	19	13	1	1	4		6,89
Signum C	1	24	16	3	2	3		4,65
	2	20	16		1	3		4,93
	3	20	19			1		1,53
chlorothalonil S	1	20	19	1				0,10
	2	20	20					0,00
	3	20	20					0,00
chlorothalonil S+C	1	20	20					0,00
	2	20	20					0,00
	3	20	19	1				0,10
chlorothalonil C	1	20	18			2		3,05
	2	20	18		1	1		1,88
	3	20	17			3		4,58
flusilazole S	1	20	18		2			0,70
	2	20	16	4				0,40
	3	20	14	5	1			0,85
flusilazole S+C	1	20	14	3	1	2		3,70
	2	20	14	3	1	2		3,70
	3	19	11	6		2		3,84
flusilazole C	1	20	16	1		3		4,68
	2	20	15		4	1		2,93
	3	20	12	2	4	2		4,65

Η παρούσα μελέτη αποτελείται από τρία επιμέρους πειράματα στα οποία συγκρίνεται η αποτελεσματικότητα των μυκητοκτόνων chlorothalonil, azoxystrobin, flusilazole και Signum (pyraclostrobin+boscalid) με την πάροδο του χρόνου σε φυτά μολυσμένα με τον μύκητα *C. arii* (πρώτο πείραμα), με τον μύκητα *S. apicola* (δεύτερο πείραμα) και σε φυτά με μικτές μολύνσεις των δύο μυκήτων (τρίτο πείραμα). Τα αποτελέσματα των τριών αυτών πειραμάτων υποβλήθηκαν ξεχωριστά σε ανάλυση παραλλακτικότητας σύμφωνα με το Διαπαραγοντικό πειραματικό σχέδιο Επαναλαμβανόμενων Μερήσεων (Two-Way Repeated Measures), με έναν παράγοντα το Μυκητοκτόνο και δεύτερο παράγοντα το Χρόνο. Κατά την ανάλυση, ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε η ένταση της προσβολής.

7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΗΣ *Cercospora*

Από την Ανάλυση της Παραλλακτικότητας του πειράματος της *Cercospora* (Πίνακας 4) προκύπτει ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ο παράγοντας Μυκητοκτόνο προκαλεί στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ένταση της προσβολής, ενώ αντίθετα ο παράγοντας Χρόνος δεν προκαλεί στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ωστόσο, η Αλληλεπίδραση (Μυκητοκτόνο × Χρόνος) των δύο παραγόντων προκαλεί στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ένταση της προσβολής.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p
Μυκητοκτόνο	4	383,7236	95,9309	33,6700	0,000000
Χρόνος	2	15,8331	7,9165	2,7786	0,078148
Μυκητοκτόνο×Χρόνος	8	67,6838	8,4605	2,9695	0,014239
Σφάλμα	30	85,4744	2,8491		

Πίνακας 4 Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς για το πείραμα της *Cercospora*.

Για να απομακρυνθεί η αμφιβολία σχετικά με το αν οι σημαντικές διαφορές οφείλονται μόνο στο γεγονός ότι είχαν συμπεριληφθεί στην ανάλυση και οι μετρήσεις που ελήφθησαν από τα φυτά-μάρτυρες, διενεργήθηκε εκ νέου Ανάλυση Παραλλακτικότητας, αγνοώντας τις τιμές των μαρτύρων και θεωρώντας ότι ο παράγοντας μυκητοκτόνο έχει τέσσερα επίπεδα, τα τέσσερα μυκητοκτόνα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής φαίνονται στον πίνακα 5.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p
Μυκητοκτόνο	3	22,9568	7,6523	6,5264	0,002198
Χρόνος	2	22,9444	11,4722	9,7843	0,000781
Μυκητοκτόνο×Χρόνος	6	25,3191	4,2198	3,5990	0,010942
Σφάλμα	24	28,1403	1,1725		

Πίνακας 5 Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς για το πείραμα της *Cercospora* χωρίς μάρτυρες.

Αν λοιπόν αγνοηθεί το επίπεδο «Μάρτυρας» του παράγοντα «Μυκητοκτόνο», προκύπτει ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ένταση της προσβολής μεταξύ τουλάχιστον δύο από τα τέσσερα μυκητοκτόνα. Συνεπώς, οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που αντιχενεύθηκαν στην πρώτη ανάλυση παραλλακτικότητας δεν οφείλονται μόνο στις διαφορές της έντασης της προσβολής στα φυτά μάρτυρες με την ένταση στα φυτά που δέχθηκαν χειρισμό με μυκητοκτόνο, αλλά και στα ίδια τα μυκητοκτόνα. Η Αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων εξακολουθεί να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση, ενώ και ο παράγοντας Χρόνος φαίνεται τώρα να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ένταση της προσβολής.

Τα παραπάνω γίνονται αμεσότερα αντιληπτά με την εξέταση του Διαγράμματος 3. Τα διαγράμματα που ακολουθούν αποτελούν στην πραγματικότητα θηκογράμματα. Το Θηκόγραμμα ή Κυτιόγραμμα (Box-plot) είναι μια ειδική μορφή διαγράμματος που περιγράφει την κατανομή των τιμών ενός δείγματος. Χαρακτηριστικό του είναι ότι τα άκρα του οριοθετούν το 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου (το διάστημα δηλαδή που βρίσκεται ο μέσος όρος με πιθανότητα 95%). Συνεπώς, όταν οι περιοχές τιμών που οριοθετούνται από τα ακρα των κατακόρυφων αξόνων που περιβάλλουν δύο μέσους δε συμπίπτουν, οι δύο μέσοι διαφέρουν σημαντικά, σε επίπεδο σημαντικότητας 5% (Pagano and Gauvreau, 2000).

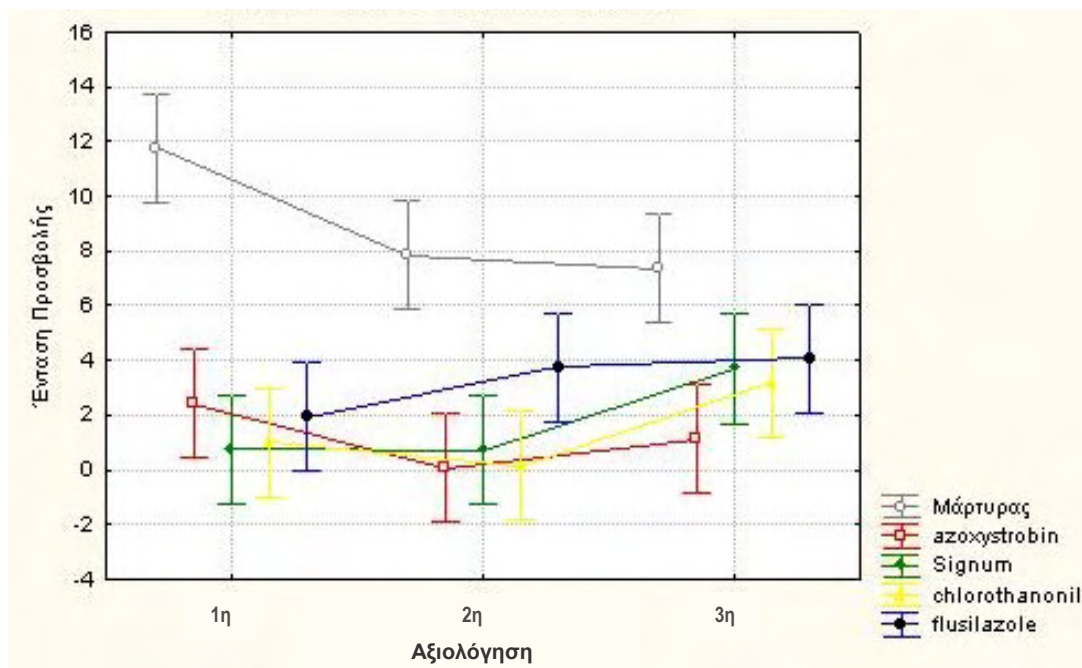
Στο Διάγραμμα 1 φαίνεται ότι κατά το πρώτο χρονικό βήμα ο Μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά και από τα τέσσερα μυκητοκτόνα, τα οποία όμως δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο χρονικό βήμα, ενώ κατά το τρίτο ο Μάρτυρας διαφέρει σημαντικά μόνο από το azoxystrobin και το chlorothalonil, ενώ τα υπόλοιπα δύο μυκητοκτόνα δε διαφέρουν σημαντικά ούτε από το μάρτυρα ούτε από το azoxystrobin και το chlorothalonil.

Είναι επίσης ορατό ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν υπάρχουν μόνο μεταξύ του μάρτυρα και των διάφορων μυκητοκτόνων, αλλά και μεταξύ των μυκητοκτόνων,

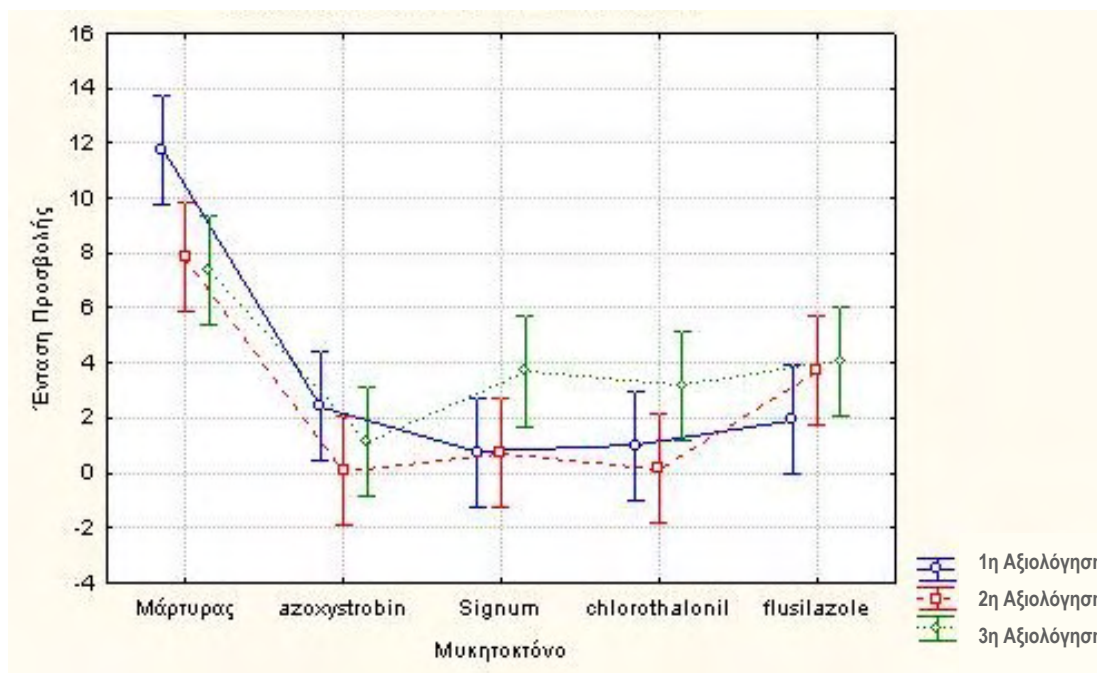
όπως προέκυψε και από την Ανάλυση της Παραλλακτικότητας όταν αγνοήθηκε ο Μάρτυρας. Συγκεκριμένα, η ένταση της προσβολής για το azoxystrobin κατά τη δεύτερη αξιολόγηση διαφέρει σημαντικά από την ένταση για το flusilazole κατά την τρίτη αξιολόγηση.

Η Εξέλιξη της έντασης της προσβολής ανά μυκητοκτόνο για κάθε μία από τις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το πείραμα της *Cercospora* αποδίδεται καλύτερα από το Διάγραμμα 4. Παρατηρείται μια πτωτική τάση στην ένταση της ασθένειας του Μάρτυρα, με τις τιμές της κατά την πρώτη και την τρίτη αξιολόγηση να διαφέρουν σημαντικά. Αντίθετα, η ένταση της ασθένειας τείνει γενικά να αυξάνεται με το χρόνο για τα δύο από τα τέσσερα μυκητοκτόνα (Signum, flusilazole), χωρίς όμως οι διαφορές μεταξύ των τριών αξιολογήσεων για κάθε μυκητοκτόνο να είναι στατιστικά σημαντικές. Για το azoxystrobin και το chlorothalonil, οι μεταβολές της έντασης της ασθένειας επίσης δεν είναι στατιστικά σημαντικές: εμφανίζεται μειωμένη κατά τη δεύτερη αξιολόγηση, ενώ κατά την τρίτη αυξάνεται, παραμένοντας όμως χαμηλότερη από την ένταση της πρώτης αξιολόγησης στην περίπτωση του azoxystrobin, ενώ στην περίπτωση του chlorothalonil η τελική ένταση είναι υψηλότερη της έντασης της πρώτης αξιολόγησης.

Όπως προκύπτει, τα μυκητοκτόνα με την καλύτερη συμπεριφορά κατά του *Cercospora apii* στην πορεία του χρόνου είναι το azoxystrobin και το chlorothalonil. Οι δραστικές αυτές ουσίες δίνουν τιμές έντασης της προσβολής σταθερά χαμηλότερες από αυτές του Μάρτυρα, με διαφορές στατιστικά σημαντικές, ενώ δε διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ως προς την ένταση της προσβολής. Ακολουθούν το flusilazole και το Signum, των οποίων οι μέσοι της έντασης προσβολής κάθε αξιολόγησης δε διαφέρουν σημαντικά από τους μέσους του azoxystrobin και του chlorothalonil κατά την ίδια αξιολόγηση, ωστόσο κατά την τρίτη αξιολόγηση δε διαφέρουν σημαντικά ούτε από το μέσο του Μάρτυρα, δηλαδή φυτά που δε δέχθηκαν επέμβαση με κανένα μυκητοκτόνο εμφάνισαν στην τρίτη αξιολόγηση ένταση Προσβολής με μέσο που δε διέφερε σημαντικά από το μέσο των φυτών που δέχθηκαν επέμβαση με flusilazole ή με Signum 20 ημέρες νωρίτερα.



Διάγραμμα 3 Εξέλιξη της έντασης της προσβολής σε σχέση με το χρόνο, για κάθε ένα από τα επίπεδα του παράγοντα Μυκητοκτόνο, κατά το πείραμα της *Cercospora*.



Διάγραμμα 4 Εξέλιξη της έντασης της προσβολής ανά μυκητοκτόνο για κάθε μία από τις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το πείραμα της *Cercospora*.

7.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΗΣ *Septoria*

Από τον πίνακα Ανάλυσης της Διασποράς για το πείραμα της *Septoria* (Πίνακας 6) προκύπτει ότι τόσο οι παράγοντες Μυκητοκτόνο και Χρόνος, όσο και η Αλληλεπίδρασή τους (Μυκητοκτόνο×Χρόνος) επιδρούν στατιστικά σημαντικά στην ένταση της προσβολής.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p
Μυκητοκτόνο	4	858,8515	214,7129	87,6712	0,000000
Χρόνος	2	34,9898	17,4949	7,1435	0,002902
Μυκητοκτόνο×Χρόνος	8	140,4595	17,5574	7,1690	0,000028
Σφάλμα	30	73,4721	2,4491		

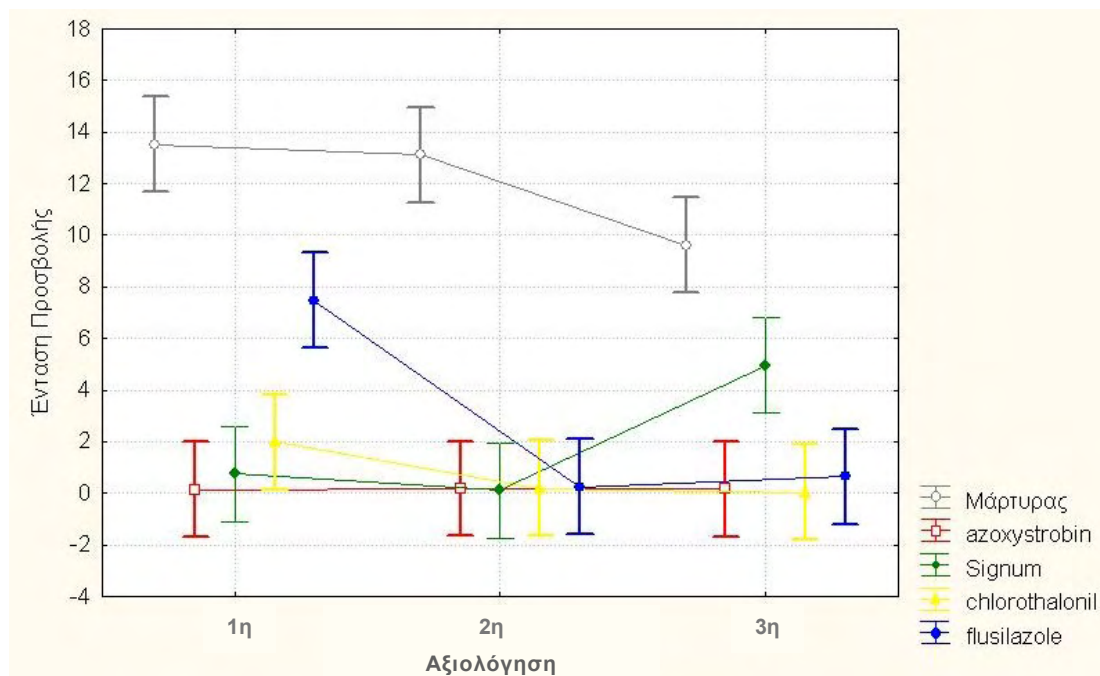
Πίνακας 6 Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς για το πείραμα της *Septoria*.

Η Ανάλυση της Παραλλακτικότητας, αν αγνοηθεί ο Μάρτυρας, φαίνεται στον Πίνακα 7. Όπως στο πείραμα της *Cercospora*, έτσι και στο πείραμα της *Septoria* υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ένταση της προσβολής μεταξύ δύο τουλάχιστο μυκητοκτόνων. Ο παράγοντας Χρόνος και η Αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων εξακολουθούν να έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση.

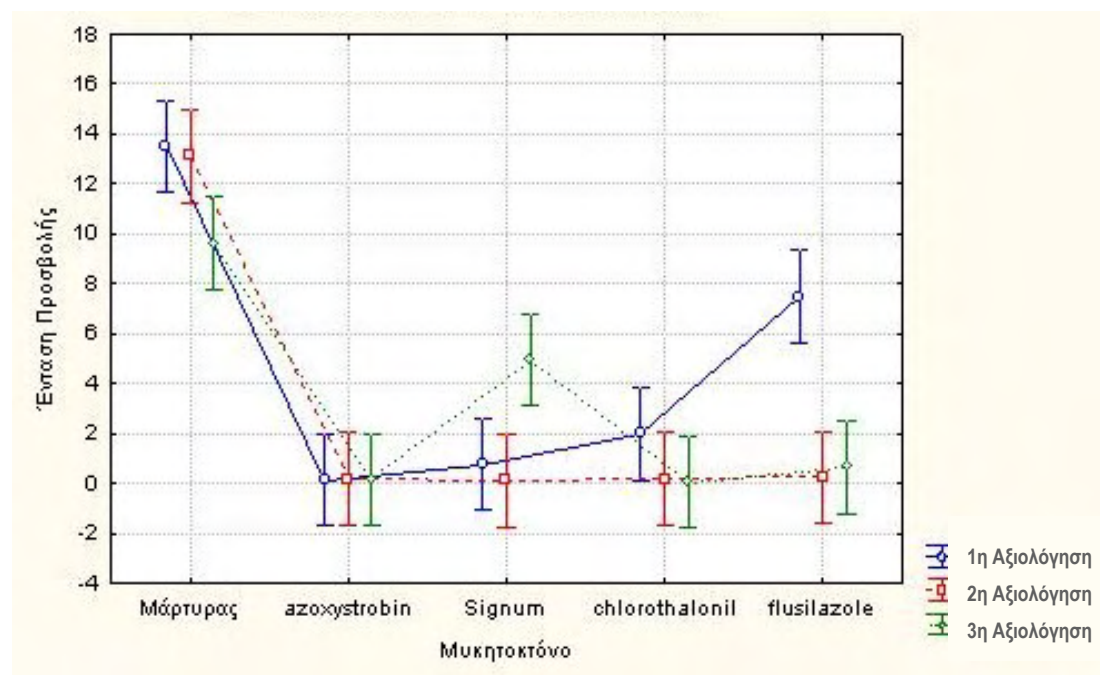
Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p
Μυκητοκτόνο	3	37,8763	12,62543	9,63863	0,000233
Χρόνος	2	34,7774	17,38869	13,27505	0,000131
Μυκητοκτόνο×Χρόνος	6	112,9030	18,81717	14,36559	0,000001
Σφάλμα	24	31,4371	1,30988		

Πίνακας 7 Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς για το πείραμα της *Septoria* χωρίς μάρτυρες.

Το Διάγραμμα 5 παρουσιάζει τα παραπάνω με πιο εύληπτο τρόπο.



Διάγραμμα 5 Εξέλιξη της έντασης της προσβολής σε σχέση με το χρόνο, για κάθε ένα από τα επίπεδα του παράγοντα Μυκητοκτόνο, κατά το πείραμα της *Septoria*.



Διάγραμμα 6 Εξέλιξη της έντασης της προσβολής ανά μυκητοκτόνο για κάθε μια από τις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, κατά το πείραμα της *Septoria*.

Στο Διάγραμμα 5 φαίνεται ότι κατά το πρώτο χρονικό βήμα ο Μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά και από τα τέσσερα μυκητοκτόνα, ενώ μεταξύ των μυκητοκτόνων σημαντικά διαφέρει μόνο το flusilazole από τα υπόλοιπα τρία μυκητοκτόνα. Κατά το δεύτερο χρονικό βήμα ο Μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά και από τα τέσσερα μυκητοκτόνα, τα οποία όμως δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ κατά το τρίτο ο Μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά και από τα τέσσερα μυκητοκτόνα, ενώ μεταξύ των μυκητοκτόνων σημαντικά διαφέρει μόνο το Signum από τα υπόλοιπα τρία μυκητοκτόνα. Στην περίπτωση δηλαδή της *Septoria*, όσο και αν διαφοροποιούνται οι τιμές της έντασης της προσβολής των τεσσάρων μυκητοκτόνων από αξιολόγηση σε αξιολόγηση, ωστόσο παραμένουν σημαντικά μικρότερες από την ένταση της προσβολής του Μάρτυρα για την αντίστοιχη αξιολόγηση.

Όσον αφορά στη συμπεριφορά κάθε επιπέδου του παράγοντα Μυκητοκτόνο στο χρόνο, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 6, η ένταση της προσβολής στα φυτά του Μάρτυρα έχει πτωτική τάση από αξιολόγηση σε αξιολόγηση, με την πρώτη και την τρίτη αξιολόγηση να διαφέρουν σημαντικά. Το azoxystrobin διατηρεί σταθερά χαμηλές, σχεδόν μηδενικές, τιμές έντασης χωρίς σημαντικές διαφοροποιήσεις. Το Signum κατά την τρίτη αξιολόγηση εμφανίζει αυξημένη ένταση που διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τους μέσους των προηγούμενων αξιολογήσεων, αλλά και από του Μάρτυρα. Το chlorothalonil δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές μεταβολές, αν και από την πρώτη στη δεύτερη αξιολόγηση η ένταση της προσβολής μειώνεται και παραμένει μέχρι και την τρίτη αξιολόγηση σε σχεδόν μηδενικά επίπεδα. Το flusilazole κατά την πρώτη αξιολόγηση εμφανίζει αυξημένες τιμές έντασης της προσβολής, με μέσο σημαντικά μεγαλύτερο από τους αντίστοιχους των επόμενων δύο αξιολογήσεων. Κατά τη δεύτερη αξιολόγηση ο μέσος της έντασης του flusilazole είναι σχεδόν μηδενικός, για να αυξηθεί στην τρίτη αξιολόγηση, όχι όμως σημαντικά. Σε αντίθεση λοιπόν με το πείραμα της *Cercospora*, στο πείραμα της *Septoria* οι σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των τεσσάρων μυκητοκτόνων, που ανιχνεύει η Ανάλυση Παραλλακτικότητας αν εξαιρεθεί ο Μάρτυρας, δεν εντοπίζονται μόνο ανάμεσα σε μέσους διαφορετικών μυκητοκτόνων, αλλά και σε μέσους διαφορετικών αξιολογήσεων του ίδιου μυκητοκτόνου.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι και στην περίπτωση του *Septoria apiicola* τα μυκητοκτόνα με την καλύτερη συμπεριφορά κατά του μύκητα στην πορεία του χρόνου

είναι το azoxystrobin και το chlorothalonil. Οι δραστικές αυτές ουσίες δίνουν τιμές έντασης της προσβολής σταθερά χαμηλότερες από αυτές του Μάρτυρα, με διαφορές στατιστικά σημαντικές, ενώ δε διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ως προς την ένταση της προσβολής

Η υπολειμματική δράση του Signum είναι μικρότερη από εκείνη των υπόλοιπων μυκητοκτόνων, καθώς στην τρίτη αξιολόγηση ο μέσος της έντασης προσβολής των φυτών που δέχθηκαν χειρισμό με Signum είναι σημαντικά μεγαλύτερος από τον μέσο των φυτών του azoxystrobin, του chlorothalonil και του flusilazole. Το flusilazole, αν και στις δύο τελευταίες μετρήσεις δε διαφέρει σημαντικά από το azoxystrobin και το chlorothalonil, κατά την πρώτη αξιολόγηση εμφάνισε ένταση προσβολής σημαντικά υψηλότερη από των υπόλοιπων μυκητοκτόνων.

Συνολικά, η χημική αντιμετώπιση του *Septoria apiicola* με τα μυκητοκτόνα του συγκεκριμένου πειράματος είναι αποτελεσματική, καθώς καθόλη τη διάρκεια του πειράματος τα φυτά που δέχθηκαν χειρισμό με κάποιο μυκητοκτόνο εμφάνισαν ένταση προσβολής σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη των φυτών του Μάρτυρα.

7.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΩΝ *Cercospora* + *Septoria*

Από τον πίνακα Ανάλυσης της Διασποράς για το πείραμα της *Cercospora+Septoria* (Πίνακας 8) προκύπτει ότι τόσο οι παράγοντες Μυκητοκτόνο και Χρόνος, όσο και η Αλληλεπίδρασή τους (Μυκητοκτόνο×Χρόνος) επιδρούν στατιστικά σημαντικά στην ένταση της προσβολής.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Μυκητοκτόνο	4	411,6415	102,9104	71,2361	0,000000
Χρόνος	2	109,9139	54,9569	38,0420	0,000000
Μυκητοκτόνο×Χρόνος	8	90,4839	11,3105	7,8293	0,000012
Σφάλμα	30	43,3392	1,4446		

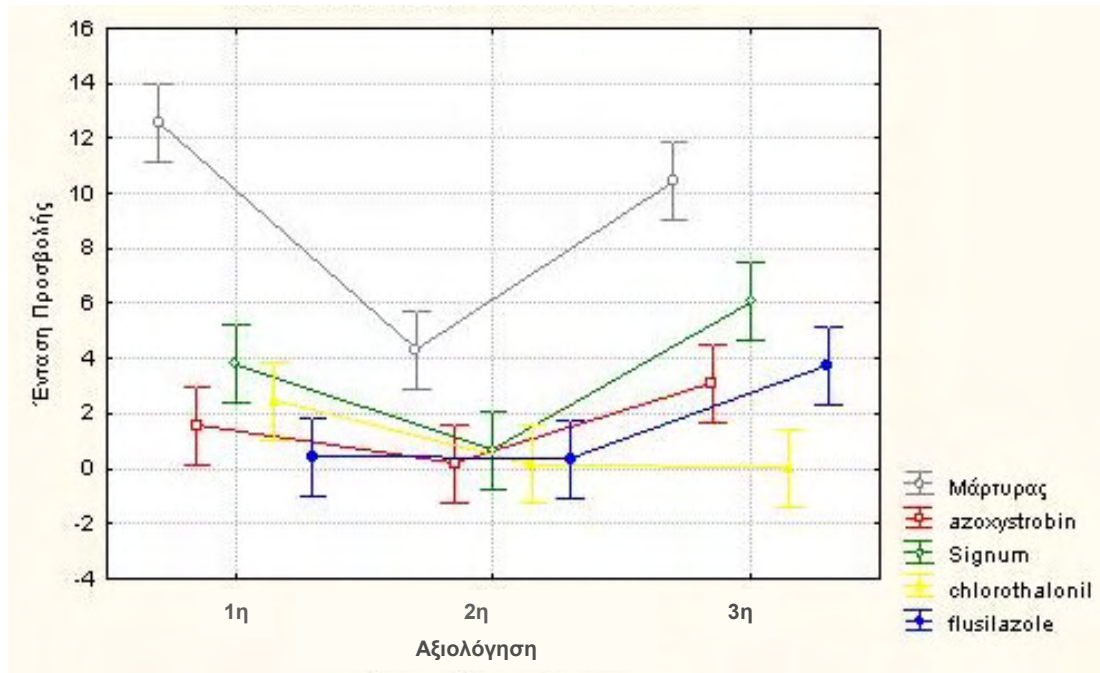
Πίνακας 8 Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς για το πείραμα των *Septoria* + *Cercospora*.

Η Ανάλυση της Παραλλακτικότητας, αν αγνοηθεί ο Μάρτυρας, φαίνεται στον Πίνακα 9. Όπως στα προηγούμενα δύο πειράματα, έτσι και στο πείραμα με μικτή προσβολή των *Cercospora* και *Septoria* υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ένταση της προσβολής μεταξύ δύο τουλάχιστον μυκητοκτόνων. Ο παράγοντας Χρόνος και η Αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων εξακολουθούν να έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση.

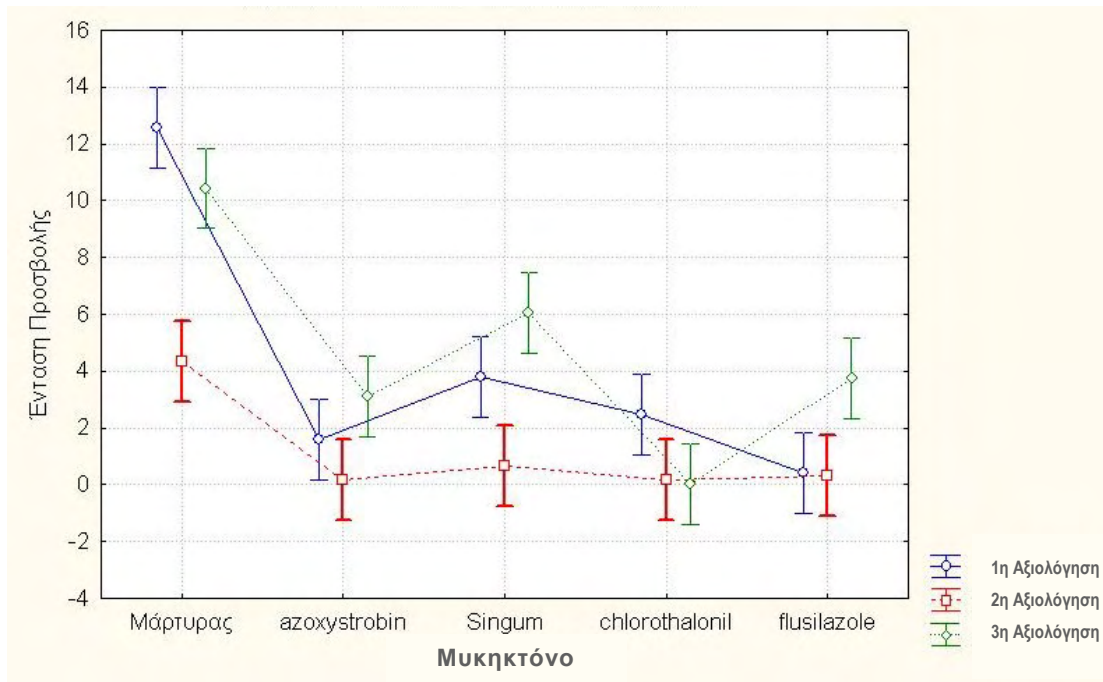
Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p
Μυκητοκτόνο	3	34,6178	11,5393	11,8490	0,000059
Χρόνος	2	51,0823	25,5412	26,2267	0,000001
Μυκητοκτόνο×Χρόνος	6	39,6016	6,6003	6,7774	0,000269
Σφάλμα	24	23,3727	0,9739		

Πίνακας 9 Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς για το πείραμα των *Septoria* + *Cercospora* χωρίς μάρτυρες.

Τα παραπάνω γίνονται πιο άμεσα αντιληπτά με εξέταση των Διαγραμμάτων 7 και 8.



Διάγραμμα 7 Εξέλιξη της έντασης της προσβολής σε σχέση με το χρόνο, για κάθε ένα από τα επίπεδα του παράγοντα Μυκητοκτόνο, κατά το πείραμα των *Cercospora* + *Septoria*.



Διάγραμμα 8 Εξέλιξη της έντασης της προσβολής ανά μυκητοκτόνο για κάθε μία από τις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, κατά το πείραμα των *Cercospora* + *Septoria*.

Στο Διάγραμμα 7 φαίνεται ότι κατά το πρώτο και το δεύτερο χρονικό βήμα ο Μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά και από τα τέσσερα μυκητοκτόνα, τα οποία όμως δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Κατά το τρίτο χρονικό βήμα ο Μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά και από τα τέσσερα μυκητοκτόνα, ενώ εντός των μυκητοκτόνων ο μέσος του chlorothalonil είναι μικρότερος από τους μέσους και των τριών άλλων μυκητοκτόνων με στατιστικά σημαντική διαφορά, ο μέσος του Signum είναι ο υψηλότερος με στατιστικά σημαντική διαφορά από του azoxystrobin αλλά όχι και από του flusilazole. Και στην περίπτωση δηλαδή των *Cercospora+Septoria*, όσο και αν διαφοροποιούνται οι τιμές της έντασης της προσβολής των τεσσάρων μυκητοκτόνων από αξιολόγηση σε αξιολόγηση, ωστόσο παραμένουν σημαντικά μικρότερες από την ένταση της προσβολής του Μάρτυρα για την αντίστοιχη αξιολόγηση.

Όσον αφορά στη συμπεριφορά κάθε επιπέδου του παράγοντα Μυκητοκτόνο στο χρόνο, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 8, η ένταση της προσβολής στα φυτά του Μάρτυρα, του azoxystrobin, του Signum και του flusilazole μειώνεται κατά τη δεύτερη αξιολόγηση και αυξάνεται κατά την τρίτη αξιολόγηση. Συγκεκριμένα, για τον Μάρτυρα, ο μέσος της έντασης κατά τη δεύτερη αξιολόγηση είναι σημαντικά χαμηλότερος από τους μέσους της πρώτης και της τρίτης αξιολόγησης, και ο μέσος της τρίτης αξιολόγησης είναι μικρότερος από εκείνον της πρώτης αξιολόγησης, δε διαφέρει όμως σημαντικά από αυτόν. Για το azoxystrobin, ο μέσος της δεύτερης αξιολόγησης, αν και μικρότερος, δε διαφέρει σημαντικά από τον μέσο της πρώτης αξιολόγησης, ενώ ο μέσος της τρίτης αξιολόγησης, που είναι και ο υψηλότερος από τους τρεις, διαφέρει σημαντικά μόνο από τον μέσο της δεύτερης αξιολόγησης. Για το Signum, ο μέσος της πρώτης αξιολόγησης είναι σημαντικά υψηλότερος από τον μέσο της δεύτερης αξιολόγησης, ενώ ο μέσος της τρίτης αξιολόγησης, που είναι και ο υψηλότερος από τους τρεις, διαφέρει σημαντικά μόνο από τον μέσο της δεύτερης αξιολόγησης. Για το flusilazole, ο μέσος της δεύτερης αξιολόγησης είναι μικρότερος από τον μέσο της πρώτης αξιολόγησης, με όχι σημαντική διαφορά, ενώ ο μέσος της τρίτης αξιολόγησης, που είναι και ο υψηλότερος από τους τρεις, διαφέρει σημαντικά από τους μέσους και των δυο προηγούμενων αξιολογήσεων. Μόνο στην περίπτωση του chlorothalonil η ένταση μειώνεται από αξιολόγηση σε αξιολόγηση, χωρίς να εμφανίζει όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές. Όπως λοιπόν και στο πείραμα της *Septoria*, οι σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των τεσσάρων

μυκητοκτόνων, που ανιχνεύει η Ανάλυση Παραλλακτικότητας όταν εξαιρείται ο Μάρτυρας, δεν εντοπίζονται μόνο ανάμεσα σε μέσους διαφορετικών μυκητοκτόνων, αλλά και σε μέσους διαφορετικών αξιολογήσεων του ίδιου μυκητοκτόνου. Συγκεκριμένα, όλα τα επίπεδα του παράγοντα Μυκητοκτόνο εκτός από το chlorothalonil εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μέσους τους.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι στο τρίτο πείραμα, πιο αποτελεσματικό μυκητοκτόνο αποδείχθηκε το chlorothalonil, του οποίου η μέση ένταση προσβολής δε μεταβάλλεται σημαντικά καθόλη τη διάρκεια του πειράματος, στην τρίτη δε αξιολόγηση είναι σημαντικά μικρότερη από όλων των άλλων μυκητοκτόνων. Ακολουθούν το azoxystrobin και το flusilazole, των οποίων οι μέσοι της έντασης προσβολής είναι σημαντικά υψηλότεροι από του chlorothalonil μόνο κατά την τελευταία αξιολόγηση, ενώ το Signum είναι το λιγότερο αποτελεσματικό, με ένταση κατά την πρώτη αξιολόγηση σημαντικά υψηλότερη από του flusilazole και κατά την τρίτη αξιολόγηση σημαντικά υψηλότερη από του flusilazole και του azoxystrobin.

Ωστόσο, συνολικά, όπως και στο πείραμα της *Septoria*, η χημική αντιμετώπιση στην περίπτωση μικτών προσβολών του *C. apii* και του *S. apiiicola* με τα μυκητοκτόνα του πειράματος είναι αποτελεσματική, καθώς καθόλη τη διάρκεια του πειράματος τα φυτά που δέχθηκαν χειρισμό με κάποιο μυκητοκτόνο εμφάνισαν ένταση προσβολής σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη των φυτών του Μάρτυρα, κατά το ίδιο χρονικό βήμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πείραμα διεξήχθη στην περιοχή του Κροκίου της επαρχίας Αλμυρού, στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις της επιχείρησης παραγωγής καλλωπιστικών φυτών *Crocus Florae*, την άνοιξη του 2006.

Στόχος του πειράματος ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του προσφάτως αναπτυχθέντος σκευάσματος *Signum* (boscalid/pyraclostrobin), καθώς και της δραστικής ουσίας azoxystrobin, κατά των δύο σημαντικότερων ασθeneιών του σέλινου, της σεπτορίωσης και της κερκοσπορίωσης, τόσο σε μεμονωμένες όσο και σε μικτές προσβολές. Τα παραπάνω συγκρίθηκαν με δύο παλαιότερες δραστικές ουσίες, το chlorothalonil του οποίου η προστατευτική δράση κατά των *Cercospora apii* και *Septoria apiicola* είναι δεδομένη, και το flusilazole το οποίο συνδυάζει προστατευτική και θεραπευτική δράση.

Πραγματοποιήθηκαν δύο τεχνητές μολύνσεις των φυτών και τρεις εφαρμογές των μυκητοκτόνων. Μετρήθηκε η ένταση της προσβολής σε τρεις διαδοχικές μετρήσεις, ανά 7 ημέρες.

Στην περίπτωση μεμονωμένων μολύνσεων από τον μύκητα *C. apii*, καθώς και από τον μύκητα *S. apiicola*, τα μυκητοκτόνα με τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην πορεία του χρόνου αποδείχθηκαν το azoxystrobin και το chlorothalonil, ενώ στην περίπτωση των μικτών προσβολών από τους παραπάνω μύκητες, το πιο αποτελεσματικό μυκητοκτόνο ήταν το chlorothalonil.

Ωστόσο, με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, και τα τέσσερα μυκητοκτόνα θα μπορούσαν να ενταχθούν με επιτυχία σε ένα πρόγραμμα χημικής αντιμετώπισης των δύο μυκήτων με ψεκασμούς ανά δύο εβδομάδες.

8

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για την αντιμετώπιση της κερκοσπορίωσης, στην πορεία του χρόνου, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μυκητοκτόνα. Για πολλά χρόνια συνιστώνταν διάφορα προστατευτικά μυκητοκτόνα, με πρώτο τον βορδιγάλειο πολτό και άλλες χαλκούχες ενώσεις, μετά τα αιθυλενο-δισ-διθειοκαρβαμιδικά (όπως το maneb), το chlorothalonil και τα βενζιμιδαζολικά, και τελικά οι παρεμποδιστές βιοσύνθεσης εργοστερόλης. Πιο πρόσφατα, οι πολύ αποτελεσματικές στρομπλουρίνες βγήκαν στην αγορά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο σέλινο (Raid *et al.*, 2007). Όπως αναφέρθηκε, στην Ελλάδα σήμερα οι εγκεκριμένες δραστικές ουσίες για χρήση κατά του *Cercospora apii* στο σέλινο είναι οι εξής: copper hydroxide, calcium copper sulphate, chlorothalonil, maneb, mancozeb (Ανώνυμο, 2007β).

Κατά του *Septoria apiicola* στην Ελλάδα εγκεκριμένες είναι οι εξής δραστικές ουσίες: calcium copper sulfate, copper hydroxide, copper oxide, copper oxychloride, chlorothalonil, mancozeb, maneb, metiram, ziram, carbendazim (Ανώνυμο, 2007β).

Από τις παραπάνω δραστικές ουσίες, το chlorothalonil θεωρείται το πιο σημαντικό εργαλείο κατά των κηλιδώσεων του σέλινου. Ωστόσο, αν και χαρακτηρίζεται από άριστη έως καλή αποτελεσματικότητα (100-80% αντιμετώπιση) κατά του *C. apii* και του *S. apiicola* και πολύ καλή σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, έχει ταξινομηθεί ως B2 καρκινογόνο (πιθανό καρκινογόνο για τον άνθρωπο) από τον EPA (Environmental Protection Agency) (Αnonymous, 2002).

Εκτός από το chlorothalonil, το χημικό οπλοστάσιό μας κατά της κερκοσπορίωσης και της σεπτορίωσης του σέλινου περιλαμβάνει κυρίως χαλκούχα και διθειοκαρβαμιδικά μυκητοκτόνα. Συγκεκριμένα, από τα παραπάνω διθειοκαρβαμιδικά, τα mancozeb, maneb, metiram ανήκουν στην υπο-ομάδα των μονοαλκυλοδιθειοκαρβαμιδικών ή αιθυλενο-δισ-διθειοκαρβαμιδικών τα οποία είναι τα πιο επιτυχή διθειοκαρβαμιδικά: αποτελούν τα πιο σημαντικά προστατευτικά μυκητοκτόνα για πολλές ασθένειες των οπωροφόρων, των λαχανικών, της πατάτας και του καπνού, ενώ πλεονεκτούν έναντι των χαλκούχων γιατί δεν είναι φυτοτοξικά και δίνουν καλύτερη εμφάνιση στο φύλλωμα. Ωστόσο, ιδίως τα μονοαλκυλοδιθειοκαρβαμιδικά έχουν αρχίσει να αντιμετωπίζουν θέμα άρσης των αδειών κυκλοφορίας σε μερικές χώρες. Ένας κοινός μεταβολίτης όλων των μονοαλκυλοδιθειοκαρβαμιδικών είναι η αιθυλενο-θειουρία (ETU), που προκύπτει από την αποδόμηση των μυκητοκτόνων αυτών. Η ETU βρέθηκε ότι είναι τερατογόνος και καρκινογόνος (προκαλεί καρκίνο ιδίως του θυροειδούς και του ήπατος) σε διάφορα είδη πειραματόζωων. Σχηματίζεται σε μικρές ποσότητες κατά τη βιομηχανική παραγωγή, κατά την αποθή-

κευση, ιδιαίτερα σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας, και στον αγρό. Σχηματίζεται και κατά τον μεταβολισμό των μονοαλκυλοδιθειοκαρβαμιδικών στα φυτά, τα ζώα, το έδαφος και το νερό. Αλκαλικές συνθήκες και υψηλή θερμοκρασία ευνοούν τον σχηματισμό της ETU. Παρόλο ότι η ETU συσσωρεύεται στον θυροειδή των ζώων δε φαίνεται, ευτυχώς, να συσσωρεύεται στα φυτά, στο έδαφος ή το νερό. Τα υπολείμματα της ETU στα ακατέργαστα γεωργικά προϊόντα φαίνεται να είναι πολύ μικρά. Ιδιαίτερα ανησυχητικό φαίνεται να είναι το γεγονός ότι, κατά τη διαδικασία παρασκευής των φαγητών περίπου το 20% των μονοαλκυλοδιθειοκαρβα-μιδικών μυκητοκτόνων μετατρέπεται σε ETU (Γεωργόπουλος και Ζιώγας, 1992).

Συνεπώς, η ένταξη δραστικών ουσιών με πιο ήπια τοξικολογικά χαρακτηριστικά στο πρόγραμμα χημικής καταπολέμησης των συγκεκριμένων ασθενειών θα επέτρεπε τη μείωση ή και τη διακοπή της χρήσης των παραπάνω μονοαλκυλοδιθειοκαρβαμιδικών, μειώνοντας και τις πιθανότητες πρόσληψης του επικίνδυνου μεταβολίτη ETU, ενώ θα περιόριζε και τη χρήση του chlorothalonil, που επίσης θεωρείται επικίνδυνο.

Από την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι, υπό συνθήκες θερμοκηπίου, από τα τέσσερα μυκητοκτόνα που δοκιμάστηκαν, το chlorothalonil, αν και μη διασυστηματικό αλλά προστατευτικό μυκητοκτόνο, ήταν το πιο αποτελεσματικό στην αντιμετώπιση των προσβολών των μυκήτων *Cercospora apii* και *Septoria apiicola* στο σέλινο, τόσο σε μεμονωμένες όσο και σε μικτές μολύνσεις.

Το azoxystrobin βρέθηκε εξίσου αποτελεσματικό με το chlorothalonil στην αντιμετώπιση μεμονωμένων προσβολών των δύο μυκήτων, ενώ σε μικτές προσβολές δεν προστάτεψε μακροπρόθεσμα τα φυτά εξίσου καλά με το chlorothalonil.

Το flusilazole δε διέφερε σημαντικά από τα υπόλοιπα μυκητοκτόνα στην αποτελεσματικότητά του κατά του *C. apii* σε κάθε αξιολόγηση, διέφερε όμως σημαντικά ο μέσος του κατά την τρίτη αξιολόγηση από τον μέσο του azoxystrobin κατά τη δεύτερη αξιολόγηση, ενώ όπως και το Signum, κατέληξε να δίνει τιμές έντασης προσβολής των οποίων ο μέσος δε διέφερε σημαντικά από το μέσο του αφέκαστου Μάρτυρα. Στην περίπτωση προσβολών από τον *S. apiicola*, το flusilazole δεν έδωσε σταθερά υψηλή αποτελεσματικότητα, με μέση ένταση προσβολής κατά την πρώτη αξιολόγηση σημαντικά υψηλότερη από όλων των άλλων μυκητοκτόνων. Σε πείραμα του Wicks (1989) διαπιστώθηκε ότι στο θερμοκήπιο το flusilazole παρεμποδίζει την ανάπτυξη του *S. apiicola* όταν εφαρμόζεται 2, αλλά όχι 8 ημέρες μετά τη μόλυνση, ενώ στον αγρό, με εφαρμογές ανά 7-10 ημέρες, το

flusilazole δεν ήταν αποτελεσματικό. Στην περίπτωση μικτών μολύνσεων δε διατήρησε κατά το τρίτο χρονικό βήμα την καλή αποτελεσματικότητα που είχε εμφανίσει κατά τις δύο πρώτες μετρήσεις.

Το Signum (pyraclostrobin+boscalid) δε διέφερε σημαντικά από το chlorothalonil και το azoxystrobin μόνο στην περίπτωση προσβολής από τον *C. apii*, όπου όμως κατέληξε να δίνει τιμές έντασης προσβολής των οποίων ο μέσος δε διέφερε σημαντικά από το μέσο του αφέκαστου Μάρτυρα. Σε ανάλογο αποτέλεσμα ως προς το Signum κατέληξαν και οι Schrameyer *et al.* (2005), οι οποίοι σύγκριναν ένα άλλο τριαζολικό μυκητοκτόνο, το difenoconazole (Score), με το azoxystrobin (Ortiva) και το pyraclostrobin+boscalid (Signum) κατά του *C. apii* σε πείραμα αγρού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μυκητοκτόνα είχαν μικρή επίδραση σε σχέση με τον Μάρτυρα, ως προς το ποσοστό προσβολής. Στο παρόν πείραμα, σε προσβολές του *S. apii* και σε μικτές προσβολές το Signum δε διατήρησε την καλή αποτελεσματικότητά του μέχρι το τέλος του πειράματος.

Συνολικά, με εξαίρεση το Signum και το flusilazole κατά το τρίτο χρονικό βήμα του πειράματος της *Cercospora*, η χημική αντιμετώπιση του *C. apii* και του *S. apii* τόσο σε μεμονωμένες όσο και σε μικτές προσβολές, με τα μυκητοκτόνα της συγκεκριμένης μελέτης ήταν αποτελεσματική, καθώς καθόλη τη διάρκεια των πειραμάτων τα φυτά που δέχθηκαν επέμβαση με κάποιο μυκητοκτόνο εμφάνισαν ένταση προσβολής σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη των φυτών του Μάρτυρα.

Αν μάλιστα ληφθεί υπόψη ότι οι ψεκασμοί, όπως αναφέρθηκε, συνήθως πραγματοποιούνται ανά 7 έως 10 ημέρες για τα προστατευτικά μυκητοκτόνα, και ανά 7 έως 14 ημέρες για τα διασυστηματικά (Lacy, 1986), και ότι μέχρι και τη δεύτερη μέτρησή μας, 13 ημέρες μετά την τελευταία επέμβαση με μυκητοκτόνα, όλα τα μυκητοκτόνα προστάτευαν εξίσου καλά τα φυτά σέλινου (εξαίρεση το flusilazole, που έδωσε σημαντικά υψηλότερη ένταση ασθένειας από τα υπόλοιπα μυκητοκτόνα κατά την πρώτη αξιολόγηση του πειράματος της *Septoria*), με σημαντική διαφορά από τους αντίστοιχους μάρτυρες, τότε θα μπορούσε να προταθεί η ένταξη όλων των μυκητοκτόνων σε ένα πρόγραμμα χημικής αντιμετώπισης των δύο ασθενειών με ψεκασμούς ανά δύο εβδομάδες.

Οι Bounds and Hausbeck (2007) αναφέρουν ότι για την αντιμετώπιση της σειπορίωσης του σέλινου, τυπικά συνιστάται η χρήση του azoxystrobin εναλλάξ με το chlorothalonil, επειδή και τα δύο προϊόντα περιορίζουν αποτελεσματικά την ασθένεια και έχουν διαφορετικούς τρόπους δράσης, και ότι η ένταξη του azoxystrobin σε ένα πρόγραμμα

ψεκασμών για την αντιμετώπιση της σειπορίωσης μπορεί να υποκαταστήσει μερικές από τις εφαρμογές του chlorothalonil. Οι Raid *et al.* (2007) διαπίστωσαν ότι το azoxystrobin και το τυποποιημένο μίγμα Pristine των δραστικών ουσιών pyraclostrobin+boscalid υπερείχαν του chlorothalonil στην αποτελεσματικότητά τους κατά του *C. apii* τόσο όταν εφαρμόζονταν σύμφωνα με δύο μοντέλα πρόβλεψης, όσο και σε ημερολογιακή, εβδομαδιαία βάση. Στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε ότι το azoxystrobin είναι εξίσου αποτελεσματικό με το chlorothalonil τόσο κατά του *C. apii* όσο και κατά του *S. apicola*, συνεπώς, αν λάβει έγκριση για χρήση, μπορεί να υποκαταστήσει το θεωρούμενο B2 καρκινογόνο chlorothalonil στην αντιμετώπιση και των δύο παραπάνω παθογόνων του σέλινου. Στην περίπτωση αυτή όπως αναφέρθηκε, η χρήση του θα περιορίζεται από το γεγονός ότι δε θα πρέπει να πραγματοποιούνται περισσότερες από 3 διαδοχικές ή 4 συνολικά επεμβάσεις με στρομπιλουρίνες ανά καλλιεργητική περίοδο λόγω υψηλής επικινδυνότητας ως προς την ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα παθογόνα (Pernezny *et al.*, 2006) και από το κόστος του, το οποίο είναι υψηλότερο από αυτό των προστατευτικών μυκητοκτόνων (Anonymous, 2002).

Λύση στο παραπάνω πρόβλημα θα μπορούσε να δώσει η χρήση μοντέλων πρόβλεψης επιδημιών κερκοσπορίωσης ή σειπορίωσης. Οι Raid *et al.* (2007), μετά από σύγκριση δύο μοντέλων πρόβλεψης (μοντέλο Berger για την κερκοσπορίωση του σέλινου και μοντέλο Tomcast προσαρμοσμένο για την κερκοσπορίωση του σέλινου) ως προς την αποτελεσματικότητά τους να προγραμματίζουν ψεκασμούς με παραδοσιακά προστατευτικά μυκητοκτόνα (chlorothalonil, υδροξείδιο του χαλκού) και νεότερα, «χαμηλού κινδύνου» μυκητοκτόνα (azoxystrobin, pyraclostrobin+boscalid), αναφέρουν ότι η δυνατότητα χρήσης των στρομπιλουρινών όπως το azoxystrobin και το pyraclostrobin στο σέλινο έχει κάνει και τη χρήση μοντέλων πρόβλεψης ακόμα πιο ελκυστική. Αυτά τα μυκητοκτόνα είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά κατά του *C. apii* και φαίνεται να αντιμετωπίζουν την ασθένεια καλύτερα από τα παραδοσιακά προστατευτικά μυκητοκτόνα όπως ο χαλκός και το chlorothalonil, ειδικά όταν οι ψεκασμοί βασίζονται σε συστήματα πρόβλεψης του καιρού. Επιπλέον, η μειωμένες εφαρμογές που εγγυώνται τα μοντέλα πρόβλεψης, θα συμβάλουν στην πρόληψη της ανάπτυξης ανθεκτικότητας στα συγκεκριμένα μυκητοκτόνα.

Το Signum, βάσει και των αποτελεσμάτων μας, εφόσον πάρει έγκριση για χρήση κατά των εν λόγω παθογόνων του σέλινου, θα μπορούσε να υποκαταστήσει το chlorotha-

Ionil εξίσου αποτελεσματικά με το azoxystrobin, απαιτεί όμως συχνότερη εφαρμογή, ανά δύο εβδομάδες. Σε γενικές γραμμές, το ίδιο ισχύει και για το τριαζολικό flusilazole.

Εξάλλου, η εναλλαγή του azoxystrobin, του Signum και του flusilazole μεταξύ τους αλλά και με τα ήδη εγκεκριμένα μυκητοκτόνα με προστατευτική και θεραπευτική δράση σε ένα πρόγραμμα ψεκασμών, θα συνέβαλε στη διαχείριση ανθεκτικότητας αυτών των μυκητοκτόνων.

Το azoxystrobin και, κυρίως, το Signum είναι νέα μυκητοκτόνα, και τα ερευνητικά δεδομένα γύρω από την αποτελεσματικότητά τους κατά της σειπορίωσης και της κερκοσπορίωσης του σέλινου είναι περιορισμένα. Απαιτείται περαιτέρω *in vitro* και *in vivo* έρευνα για να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα, η βέλτιστες δόσεις εφαρμογής και το καταλληλότερο πρόγραμμα εφαρμογής υπό συνθήκες αγρού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΗΓΕΣ

Agrios GN, 2005. *Plant Pathology, 5th edition*. San Diego, USA: Elsevier Academic Press.

Amer MA, Hoorne D, Poppe J, 1993. In-vivo evaluation of adjuvants for more effective control of celery leaf-spot (*Septoria apiicola*) and powdery mildew (*Erysiphe graminis*) of wheat with fungicides. *Pesticide Science* **37**, 113-120.

Ammermann E, Lorenz G, Schelberger K, Mueller B, Kirstgen R, Sauter H, 2000. BAS 500F - the new broad-spectrum strobilurin fungicide. *Proceedings of the BCPC Conference - Pests and Diseases 2000*, 541-548.

Anke T, 1994. The antifungal strobilurins and their possible ecological role. *Canadian Journal of Botany* **73** (Suppl.1), 940-945.

Anonymous, 2000. Crop Profile for Celery in California. *USDA Crop Profiles On-line* [<http://cipm.ncsu.edu/cropprofiles/cropprofiles.cfm>].

Anonymous, 2001_a. Celery production in Arizona. *USDA Crop Profiles On-line* [<http://cipm.ncsu.edu/cropprofiles/cropprofiles.cfm>].

Anonymous, 2001_b. Polysorbate 20. *Wikipedia, the free encyclopedia On-line* [http://en.wikipedia.org/wiki/Polysorbate_20].

Anonymous, 2002. Pest management in the future: a strategic plan for the Michigan celery industry. *USDA Pest Management Centers, Pest Management Strategic Plans On-line* [<http://www.ipmcenters.org/pmsp/pdf/MICelery.pdf>].

Anonymous, 2006. Frac Code List 2: Fungicides sorted by modes of action. *FRAC Publications, Fungicide Lists On-line* [<http://www.frac.info/frac/index.htm>].

Assante G, Locci R, Camarda L, Merlini L, Nasini G, 1977. Screening of the genus *Cercospora* for secondary metabolites. *Phytochemistry* **16**, 243-247.

Bartlett DW, Clough JM, Godwin JR, Hall AA, Hamer M, Parr-Dobrzanski B, 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Management Science* **58**, 649-662.

Berger RD, 1969. Forecasting Cercospora blight of celery in Florida. (Abstr) *Phytopathology* 59, 1018.

Berger RD, 1973. Infection rates of *Cercospora apii* in mixed populations of susceptible and tolerant celery. *Phytopathology* 63, 535-537.

Berger RD, 1975. Disease incidence and infection rates of *Cercospora apii* in plant spacing plots. *Phytopathology* 65, 485-487.

Bounds RS, Hausbeck MK, 2007. Comparing disease predictors and fungicide programs for late blight management in celery. *Plant Disease* 91, 532-538.

Chaput J, 2000. Identification and management of celery leaf blights. *Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs Fact Sheet* 00-093 Online [<http://www.omafra.gov.on.ca/English/crops/facts/00-093.htm>].

Coppin E, Debuchy R, Arnaise S, and Picard M, 1997. Mating types and sexual development in filamentous ascomycetes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 61, 411-428.

Cox C, 1997. Fungicide Factsheet: Chlorothalonil. *Journal of Pesticide Reform* 17, 14-19.

Daub ME, Ehrenshaft M, 2000. The photoactivated *Cercospora* toxin cercosporin: contributions to plant disease and fundamental biology. *Annual Review of Phytopathology* 38, 461-490.

Donovan A, Isaac S, Collin HA, 1993. Inhibitory effects of essential oil components extracted from celery (*Apium graveolens*) on the growth of *Septoria apiicola*, causal agent of leaf spot disease. *Plant Pathology* 42, 691-700.

Donovan A, Isaac S, Collin HA, Veltkamp CJ, 1990. Ultrastructure of infection of excized leaves of celery by *Septoria apiicola*, causal agent of leaf spot disease. *Mycological Research* 94, 548-552.

Edwards SJ, Collin HA, Isaac S, 1997. The response of different celery genotypes to infection by *Septoria apiicola*. *Plant Pathology* 46, 264-270.

Edwards SJ, Isaac S, Collin HA, Clipson, NJ, 1999. Stereological analysis of celery leaves infected by *Septoria apiicola*. *Mycological Research* **103**, 750-756.

Gabrielson RL, 1962. Survival of the celery late blight organism. *Phytopathology* **52**, 361.

Gabrielson RL, Grogan RG, 1964. The celery late blight organism *Septoria apiicola*. *Phytopathology* **54**, 1251-1257.

Goodwin SB, Dunkle LD, Zismann, VL, 2001. Phylogenetic analysis of *Cercospora* and *Mycosphaerella* based on the Internal Transcribed Spacer Region of ribosomal DNA. *Phytopathology* **91**, 648-658.

Green KR, O'Neil TM, 2002. Effect of leaf wetness duration and temperature on the development of leaf spot (*Septoria apiicola*) on celery. *Proceedings of the BCPC Conference – Pests and Diseases 2000*, 225-230.

Gott KA, Maude RB, Thomas TH, 1989. Fungitoxicity of plant growth regulators (PGRs) and PGR/fungicide mixtures in soak treatments to *Septoria apiicola* pycnidiospores. *Plant Pathology* **38**, 21-25.

Groenewald M, Groenewald JZ, Braun U, Crous PW, 2006_a. Host range of *Cercospora apii* and *C. beticola* and description of *C. apiicola*, a novel species from celery. *Mycologia* **98**, 275-285.

Groenewald M, Groenewald JZ, Crous PW, 2005. Distinct species exist within the *Cercospora apii* morphotype. *Phytopathology* **95**, 951-959.

Groenewald M, Groenewald JZ, Harrington, TC, Abeln ECA, Crous, PW, 2006_b. Mating type gene analysis in apparently asexual *Cercospora* species is suggestive of cryptic sex. *Fungal Genetics and Biology* **43**, 813-825.

Hanke W, Bestman H, Gold RE, 2004. Δύο νέα μυκητοκτόνα ευρέως φάσματος για την προστασία κηπευτικών και δενδροκομικών καλλιεργειών. Από: Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρεία, εκδ. 12^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο Πρόγραμμα & Περιλήψεις Εργασιών, 2004. Κηφισιά, Αττική, 125-126.

- Hausbeck M, 2002. Late Blight of Celery. In: Davis RM, Raid RN, eds. *Compendium of Umbelliferous Crop Diseases*. St. Paul, Minnesota, USA: American Phytopathological Society, 21-22.
- Hawksworth DL, Sutton BC, Ainsworth GC, 1983. *Dictionary of the Fungi*, Seventh Edition. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute.
- Hsieh WH, Goh TK, 1990. *Cercospora and similar fungi from Taiwan*. Taipei, Taiwan: Maw Chang Book Co.
- Jeger MJ, 2000. Theory and plant epidemiology. *Plant Pathology* **49**, 651-658.
- Karadimos DA, Karaoglanidis GS, Tzavella-Klonari K, 2005. Biological activity and physical modes of action of the Qo inhibitor fungicides trifloxystrobin and pyraclostrobin against *Cercospora beticola*. *Crop Protection* **24**, 23-29
- Kilpatrick RA, Johnson HW, 1956. Sporulation of *Cercospora* species on carrot leaf decoction agar. *Phytopathology* **46**, 180-181.
- Koike ST, Davis RM, Laemmlen FF, Turini TA, 2005. Celery late blight. *UC IPM Pest Management Guideleines* On-line [<http://xipm.ucdavis.edu/PMG/r104100111.html>].
- Kronstad JW, Staben C, 1997. Mating type in filamentous fungi. *Annual Review of Genetics* **31**: 245-276.
- Kucharek T, Berger D, 2000. Early, late, and bacterial blight of celery. *Plant Pathology Fact Sheet* PP-8 Online [<http://plantpath.ifas.ufl.edu/takextpub/FactSheets/pp0008.pdf>].
- Kwok IM-Y, Loeffler TR, 1993. The biochemical mode of action of some newer azole fungicides. *Pesticide Science* **39**, 1-11.
- Lacy ML, 1986. Field evaluation of fungicides for control of celery diseases. In *Methods for Evaluating Pesticides for Control of Plant Pathogens*. K. D. Hickey Ed. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA, pp. 182-184.

Lacy ML, 1994. Influence of wetness periods on infection of celery by *Septoria apiicola* and use in timing sprays for control. *Plant disease* **78**, 975-979.

Lacy ML, Berger RD, Gilbertson RL, Little EL, 1996. Current challenges in controlling diseases of celery. *Plant Disease* **80**:1084-1091.

Lewis RW, 1940. A method of inducing spore production by *Cercospora apii* Fres. in pure culture. *Phytopathology* **30**, 623.

Lynch FJ, Geoghegan MJ, 1977. Production of cercosporin by *Cercospora* species. *Transactions of the British Mycological Society* **69**, 496-497

Mathieu D, Kushalappa AC, 1993. Effects of temperature and leaf wetness duration on the infection of celery by *Septoria apiicola*. *Phytopathology* **83**, 1036-1040.

Maude RB, 1970. The control of *Septoria* on celery seed. *Annals of Applied Biology* **65**, 249-254.

Maude RB, Shuring CG, 1970. The persistence of *Septoria apiicola* on diseased celery debris in soil. *Plant Pathology* **19**, 177-179.

Mavroidis VJ, Shaw MW, 2002. Effect of dose rate and mixture on selection for reduced sensitivity to triazole fungicides in *Mycosphaerella graminicola*. *Proceedings of the BCPC Conference – Pests & Diseases 2002*, 859-864.

McDonald MR, 2004. Towards environmentally sustainable celery production through improved management of *Septoria* late blight. *Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs: New directions research program funded projects 2004 SR91151* Online [http://www.omafra.gov.on.ca/english/research/new_directions/projects/2004/sr91151.htm].

Miller PM, 1955. V-8 Juice Agar as a general-purpose medium for fungi and bacteria. *Phytopathology* **45**, 462-463.

- Mudita IW, Kushalappa AC, 1993. Ineffectiveness of the first fungicide application at different initial disease levels to manage *Septoria* blight in celery. *Plant disease* **77**, 1081-1084.
- Murakishi HH, Honma S, Knutson R, 1960. Inoculum production and seedling evaluation of celery for resistance to *Cercospora apii*. *Phytopathology* **50**, 605-607.
- Pagano M, Gauvreau K, 2000. *Αρχές Βιοστατιστικής*. Αθήνα: Εκδόσεις Έλλην.
- Pernezny K, Momol T, Peres N, Raid R, Roberts P, 2006. Chemical Control Guide for Diseases of Vegetables Revision No. 17. *2006 Florida Plant Disease Management Guide, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida* On-line [<http://edis.ifas.ufl.edu/PG100>].
- Phillips PA, 1999. Monitoring disease model microclimates: a perspective on leaf wetness instrumentation pitfalls. *Plant Protection Quarterly* **9**, 7-9.
- Quiros CF, 2002. Breeding for disease resistance in Celery. In: Davis RM, Raid RN, eds. *Compendium of Umbelliferous Crop Diseases*. St. Paul, Minnesota, USA: American Phytopathological Society, 8-9.
- Raid RN, 2002. Early blight of celery. In: Davis RM, Raid RN, eds. *Compendium of Umbelliferous Crop Diseases*. St. Paul, Minnesota, USA: American Phytopathological Society, 20-21.
- Raid R, Kucharek T, 2006. Celery. *Department of Plant Pathology, 2006 Florida Plant Disease Management Guide, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural sciences, University of Florida* On-line [http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_PG044].
- Raid RN, Pernezny K, Havranek N, Sanchez J, Saddler B, 2007. Weather-based forecasting systems reduce fungicide use for early blight of celery. *Crop Protection*, In Press.
- Rohel EA, Cavelier N, Hollomon DW, 2001. Microscopic analysis of the effect of azoxystrobin treatments on *Mycosphaerella graminicola* infection using green fluorescent protein (GFP)-expressing transformants. *Pest Management Science* **57**, 1017-1022.

- Rohel EA, Laurent P, Fraaije BA, Cavelier N, Hollomon DW, 2002. Quantitative PCR monitoring of the effect of azoxystrobin treatments on *Mycosphaerella graminicola* epidemics in the field. *Pest Management Science* **58**, 248-254.
- Schrameyer K, Heilbronn A, Merz F, 2005. *Cercospora apii* damages early celery. *Gemüse* **41**, 28-29.
- Sheridan, JE, 1966. Celery leaf spot: sources of inoculum. *Annals of Applied Biology* **57**, 75-81.
- Sheridan JE, 1967. A comparison of eleven different fungicides for control of celery leaf spot (*Septoria apiicola* Speg.). *Plant Pathology* **16**, 93-96.
- Sheridan, JE, 1968_a. Conditions for germination of pycnidiospores of *Septoria apiicola* Speg. *New Zealand Journal of Botany* **6**, 315-322.
- Sheridan, JE, 1968_b. Conditions for infection of celery by *Septoria apiicola*. *Plant Disease Reporter* **52**, 142-145.
- Stierl R, Merk M, Schrof W, Butterfield EJ, 2000. Activity of the new BASF strobilurin fungicide, BAS 500 F, against *Septoria tritici* on wheat. *Proceedings of the BCPC Conference – Pests & Diseases 2000*, 859-865.
- Strandberg JO, White JM, 1978. *Cercospora apii* damage of celery-effects of plant spacing and growth on raised beds. *Phytopathology* **68**, 223-226.
- Sutton BC, Waterston JM, 1966. *Septoria apiicola*. In: Commonwealth Mycological Institute, ed. *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi & Bacteria No 88*. London, UK: The Eastern Press Ltd.
- Tacke R, Becker B, Schomburg D, 1989. The synthesis and the crystal and molecular structure of the fungicide bis(4-fluorophenyl)-mehtyl(1H-1,2,4-triazol-1-yl-methyl)silane (flusilazole), DPX H 6573. *Applied Organometallic Chemistry* **3**:133-139.

Tillman RW, Siegel MR, Long JW, 1973. Mechanism of action and fate of the fungicide chlorothalonil (2,4,5,6-Tetrachloroisophthalonitrile) in biological systems. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **3**, 160-167.

Tomlin CDS, ed, 2003. *The Pesticide Manual*. Hampshire, UK: British Crop Protection Council (BCPC).

Wedge DE, Smith BJ, Quebedeaux JP, Contantin RJ, 2007. Fungicide management strategies for control of strawberry fruit rot diseases in Louisiana and Mississippi. *Crop Protection*, In Press.

Wicks TJ, 1989. Fungicidal control of leaf spot (*Septoria apiicola*) of celery. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **29**, 261 - 266

Wicks TJ, 1990. Glasshouse and field evaluation of fungicides for the control of *Septoria apiicola* on celery. *Crop Protection* **9**, 433-438.

Yates PJ, Lenton JR, Goad LJ, 1993. Effects of triazole inhibitors of sterol biosynthesis on the free and esterified sterol composition of celery cell suspension cultures. *Pesticide Science* **39**, 257-265.

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Ανώνυμο, 2002. Ανάκληση εγκρίσεων κυκλοφορίας φυτοπροστατευτικών προϊόντων, που περιέχουν ως δραστική ουσία fentin acetate. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής, Διεύθυνση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής, Τμήμα Γεωργικών Φαρμάκων On-line [<http://www.minagric.gr/greek/data/farmaka/AN-fentin.pdf>].

Ανώνυμο, 2006. Προσωρινή έγκριση διάθεσης στην αγορά στο φυτοπροστατευτικό προϊόν (μυκητοκτόνο) SIGNUM 26.7/6.7 WG. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής, Διεύθυνση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής, Τμήμα Γεωργικών Φαρμάκων On-line [http://www.minagric.gr/syspest/syspest_Detail.aspx?kod_farmak=60098].

Ανώνυμο, 2007α. Daconil 75WP. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Διεύθυνση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής, Κατάλογοι Φυτοπροστατευτικών Προϊό-

ντων και Βιοκτόνων On-line [http://www.minagric.gr/syspest/syspest_Detail.aspx?kod_farmak=6089].

Ανώνυμο, 2007β. Λαχανικά Υπαίθρου/Σέλινο. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Διεύθυνση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής, Κατάλογοι Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων και Βιοκτόνων Κατά Καλλιέργεια και Ασθένεια On-line [http://www.minagric.gr/syspest/syspest_Detail.aspx?kod_farmak=6089].

Γεωργόπουλος ΧΓ, 1995. *Ασθένειες Κηπευτικών Καλλιεργειών*. Αθήνα-Πειραιάς: Εκδόσεις Σταμούλης.

Γεωργόπουλος ΣΓ, Ζιώγας ΒΝ, 1992. Αρχές και μέθοδοι καταπολέμησης των ασθενειών των φυτών. ΒΝ Ζιώγας, Αθήνα.

Καραογλανίδης Γ, 2000. Ανθεκτικότητα του μύκητα *Cercospora beticola* Sacc. σε τριαζολικά μυκητοκτονα. Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Διδακτορική Διατριβή.

Μαλανδράκης ΑΑ, Μάρκογλου ΑΝ, Ζιώγας ΒΝ, 2004. Διερεύνηση του κινδύνου εμφάνισης ανθεκτικότητας του μύκητα *Botrytis cinerea* στο μυκητοκτόνο pyraclostrobin. Από: Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρεία, εκδ. 12^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο Πρόγραμμα & Περιλήψεις Εργασιών, 2004. Κηφισιά, Αττική, 167.

Ολύμπιος ΧΜ, 1994. *Ειδική Λαχανοκομία (Λαχανικά Υπαίθρου)*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Διάγραμμα 1 Μέγιστες και ελάχιστες ημερήσιες τιμές σχετικής υγρασίας στο χώρο διεξαγωγής του πειράματος, από την ημέρα της πρώτης τεχνητής μόλυνσης (6/4/2006) μέχρι τη λήξη του πειράματος.

Διάγραμμα 2 Μέγιστες και ελάχιστες ημερήσιες τιμές της θερμοκρασίας στο χώρο διεξαγωγής του πειράματος, από την ημέρα της πρώτης τεχνητής μόλυνσης (6/4/2006) μέχρι τη λήξη του πειράματος.

Πίνακας 2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της πρώτης αξιολόγησης. Στον πίνακα φαίνεται ο αριθμός φύλλων από κάθε επανάληψη κάθε μεταχείρισης που εξετάστηκαν, και πώς αυτά αντιστοιχίστηκαν στις 5 κλάσεις της κλίμακας που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση. Τέλος, φαίνεται η Ένταση Προσβολής, οι τιμές της οποίας προκύπτουν, όπως αναφέρθηκε, από την ακόλουθη σχέση: Ένταση της Προσβολής = $(0 \times v_1 + 2 \times v_2 + 7 \times v_3 + 30,5 \times v_4 + 75 \times v_5) / v_{\text{ολ}}$ (όπου v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 = ο αριθμός φυλλαρίων που ταξινομήθηκαν στην πρώτη, δεύτερη, τρίτη, τέταρτη και πέμπτη κλάση, αντίστοιχα και $v_{\text{ολ}}$ = ο συνολικός αριθμός φύλλων που αξιολογήθηκαν από κάθε επανάληψη).

Πίνακας 3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της δεύτερης αξιολόγησης. Στον πίνακα φαίνεται ο αριθμός φύλλων από κάθε επανάληψη κάθε μεταχείρισης που εξετάστηκαν, και πώς αυτά αντιστοιχίστηκαν στις 5 κλάσεις της κλίμακας που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση. Τέλος, φαίνεται η Ένταση Προσβολής, οι τιμές της οποίας προκύπτουν, όπως αναφέρθηκε, από την ακόλουθη σχέση: Ένταση της Προσβολής = $(0 \times v_1 + 2 \times v_2 + 7 \times v_3 + 30,5 \times v_4 + 75 \times v_5) / v_{\text{ολ}}$ (όπου v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 = ο αριθμός φυλλαρίων που ταξινομήθηκαν στην πρώτη, δεύτερη, τρίτη, τέταρτη και πέμπτη κλάση, αντίστοιχα και $v_{\text{ολ}}$ = ο συνολικός αριθμός φύλλων που αξιολογήθηκαν από κάθε επανάληψη).

Πίνακας 4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της τρίτης αξιολόγησης. Στον πίνακα φαίνεται ο αριθμός φύλλων από κάθε επανάληψη κάθε μεταχείρισης που εξετάστηκαν, και πώς αυτά αντιστοιχίστηκαν στις 5 κλάσεις της κλίμακας που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση. Τέλος, φαίνεται η Ένταση Προσβολής, οι τιμές της οποίας προκύπτουν, όπως αναφέρθηκε, από την ακόλουθη σχέση: Ένταση της Προσβολής = $(0 \times v_1 + 2 \times v_2 + 7 \times v_3 + 30,5 \times v_4 + 75 \times v_5) / v_{\text{ολ}}$ (όπου v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 = ο αριθμός φυλλαρίων που ταξινομήθηκαν στην πρώτη, δεύτερη, τρίτη, τέταρτη και πέμπτη κλάση, αντίστοιχα και $v_{\text{ολ}}$ = ο συνολικός αριθμός φύλλων που αξιολογήθηκαν από κάθε επανάληψη).