

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



TECHNOLOGICAL
EDUCATIONAL
INSTITUTE *of* CRETE
DEPARTMENT *of* CROP SCIENCE

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΔΙΕΥΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΟΥ
ΜΥΚΗΤΑ *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*
ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΧΟΥΡΔΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΓΚΟΥΜΑΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, 2012

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ,

2012

ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

ΚΑΘ.

ΚΑΘ.

ΚΑΘ.

**ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΠΟΤΡΟΠΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών φυτών Χανίων υπό την εποπτεία του δρ. Καβρουλάκη Νεκτάριου. Αυτή τη στιγμή που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον δρ. Καβρουλάκη Νεκτάριο που με δέχτηκε στο εργαστήριο του διαθέτοντας τον χρόνο του και προσφέροντας μου τις γνώσεις του, όπως επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την επίβλεψη, την καθοδήγηση και την υπομονή του από την αρχή έως το τέλος της πτυχιακής μου εργασίας καθώς και για τη συγγραφής αυτής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την γεωπόνο κα. Μπαρμποπούλου Ελένη για τη διάθεση της να με βοηθήσει και να μου λύσει οποιαδήποτε απορία οποιαδήποτε στιγμή το χρειαζόμουν.

Αναμφίβολα πολλά ευχαριστώ αξίζει ο δρ. Γκούμας Δημήτρης που δέχτηκε την επίβλεψη της πτυχιακής εργασίας μου και βοήθησε για την ολοκλήρωση της.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου, οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτό τον καιρό. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την ηθική και οικονομική συμπαράσταση όχι μόνο κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας, αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	IV
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	V
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VII
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Το FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. RADICIS-LYCOPERSICI.....	8
1.1.1 ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ	8
1.1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	11
1.1.3 ΞΕΝΙΣΤΕΣ	11
1.1.4 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ	12
1.1.5 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ	13
1.1.5.1 Καλλιεργητικά μέτρα.....	13
1.1.5.2 Χημική Καταπολέμηση.....	15
1.1.5.3 Βιολογική Καταπολέμηση	15
1.1.5.3.1 Ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί	16
1.1.5.3.2 Χιτίνη	17
1.1.5.3.3 Ανθεκτικά υβρίδια	17
1.1.5.3.4 Ηλιοαπολύμανση.....	17
1.1.5.3.5 Επισχετικά εδάφη	19
1.2 COMPOST.....	20
1.2.1 ΕΠΙΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ COMPOST ENANTI ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΦΥΤΩΝ	21
1.2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΕ ΦΥΤΟΔΟΧΕΙΑ	22
1.2.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ	25
1.2.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΑ COMPOST	26
1.2.5 ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ COMPOST ΜΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	28
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	29
2.1 Το ΠΑΘΟΓΟΝΟ FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. RADICIS-LYCOPERSICI	29
2.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΟΛΥΣΜΑΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. RADICIS-LYCOPERSICI	29
2.3 Το ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΣΠΟΡΑ	30
2.4 Τα COMPOST ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	30
2.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	32

2.6	ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΜΥΚΗΤΑ FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. RADICIS LYCOPERSICI	33
2.7	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ COMPOST.....	33
2.8	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ COMPOST.....	34
2.9	IN VITRO ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ COMPOST ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΛΙΟΥ ΤΟΥ F. OXYSPORUM F.SP. RADICIS-LYCOPERSICI.	34
3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	35
3.1	ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ COMPOST	35
3.2	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ COMPOST.....	38
3.3	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ COMPOST ENANTI ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. RADICIS – LYCOPERSICI ΣΕ ΦΥΤΑ ΤΟΜΑΤΑΣ	40
3.4	IN VITRO ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ COMPOST ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΛΙΟΥ ΤΟΥ FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. RADICIS - LYCOPERSICI	42
4	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45
4.1	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45
4.2	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* είναι ένας φυτοπαθογόνος μύκητας που προκαλεί σε φυτά τομάτας καφέ σήψη στην περιοχή του λαιμού, μεταχρωματισμούς στα αγγεία, μαρανση των φύλλων και τελικά την ξήρανση του φυτού. Στην Ελλάδα πρωτοεμφανίστηκε το 1981 σε θερμοκήπια του Ρεθύμνου. Έχουν γίνει πολλές έρευνες για την αντιμετώπισή του παθογόνου. Στόχος του συγκεκριμένου πειράματος είναι η διερεύνηση της επισχετικότητας οργανικών υποστρωμάτων από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα και αστικά απορρίμματα έναντι του μύκητα *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* σε καλλιέργεια τομάτας. Το πείραμα περιλαμβάνει τέσσερις διαφορετικούς χειρισμούς για κάθε υπόστρωμα, όπου αναμίχθηκαν με τύρφη σε αναλογίες 75-25, 50-50, 25-75 και 0-100 (%τύρφη-%compost), για να γίνει ο έλεγχος της φυτοτοξικότητας των compost. Όταν παρατηρήθηκε χαμηλή φυτρωτικότητα των σπόρων στα μείγματα με σχετικά υψηλή συγκέντρωση compost, τα μείγματα τροποποιήθηκαν σε αναλογίες 95-5, 90-10, 85-15 (%τύρφη-%compost), για να διαπιστωθεί η διερεύνηση της επισχετικότητας έναντι του *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Για κάθε χειρισμό έγιναν 6 επαναλήψεις. Τα μείγματα τύρφης-compost τοποθετήθηκαν σε γλάστρες χωρητικότητας 600cm³, στις οποίες φυτεύτηκαν 5 σπόροι τομάτας. Πριν τη σπορά έγινε μέτρηση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, και έπειτα έγινε εμπλουτισμός με θρεπτικά στοιχεία N-P-K. Όταν τα φυτά έφθασαν στο κατάλληλο στάδιο, έγιναν τεχνητές μολύνσεις με το παθογόνο μύκητα *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Η εκτίμηση της προσβολής των φυτών από το μύκητα *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* βασίστηκε σε μακροσκοπικές παρατηρήσεις. Παράλληλα έγινε η παραλαβή υδατικών εκχυλισμάτων των υποστρωμάτων, ούτως ώστε να γίνει η εκτίμηση της φυτοτοξικότητας τους και η *in vitro* εκτίμηση της επισχετικότητας των υποστρωμάτων στην ανάπτυξη του μύκητα *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*

Το *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* είναι ένας φυτοπαθογόνος μύκητας που προσβάλλει, τις καλλιέργειες τομάτας, στην περιοχή του λαιμού και της ρίζας. Η πρώτη αναφορά της ασθένειας έγινε το 1969 στην Ιαπωνία. Το 1970 εμφανίστηκε σε ξεχωριστές γεωγραφικές περιοχές της Ιαπωνίας και Ontario, Ohio, New Hampshire, California and Florida. Στη συνέχεια το παθογόνο εξαπλώθηκε και σήμερα η ασθένεια είναι συνηθισμένη σε περιοχές, που υπάρχει καλλιέργεια τομάτας (ΗΠΑ, Καναδά, Ευρώπη, Ισραήλ) (Liane *et al*, 1999). Στην Ελλάδα η πρώτη αναφορά της ασθένειας έγινε το 1981 σε θερμοκήπια του Ρεθύμνου, λίγο αργότερα στην Ιεράπετρα και στα Χανιά (Βακαλουνάκης, 2010).

1.1.1 Συμπτώματα

Τα συμπτώματα που προκαλεί ο μύκητας *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl), ποικίλουν ανάλογα με τον τρόπο καλλιέργειας του φυτού, ανάλογα με το βλαστικό στάδιο του φυτού και ανάλογα με το φυτικό μέρος που προσβάλλεται.

Ο μύκητας εισβάλλει από πληγές και φυσικά ανοίγματα που δημιουργούνται από τις αναδυόμενες ρίζες, οπότε η προσβολή του μύκητα ξεκινάει από το ριζικό σύστημα, προκαλώντας πολυάριθμες σκούρες καστανές νεκρώσεις που σιγά - σιγά εξελίσσονται σε ένα γενικό καστανό μεταχρωματισμό των ριζών και τελικά οδηγούν το ριζικό σύστημα σε σήψη (Zhang *et al*, 2011, Blancard,1994). Το προσβεβλημένο ριζικό σύστημα σαπίζει εντελώς και εμφανίζονται καστανά έλκη. Καφέ νεκρώσεις είναι εμφανείς στην αρχή των πλευρικών ριζών. Τα αρχικά συμπτώματα που προκαλούνται από τον *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, σε σπορόφυτα τομάτας είναι νανισμός, πρόωρη απώλεια των κοτυληδόνων και των κατώτερων φύλλων (Zhang *et al*, 2011).

Συνήθως η εκδήλωση των συμπτωμάτων παρουσιάζεται μετά τη συγκομιδή των καρπών του πρώτου σταυρού. Παρατηρείται απότομη μάρανση της κορυφής των φυτών, που ακολουθείται από κιτρίνισμα των φύλλων της βάσης (εικ. 1) (Μπούρμπος

& Σκουντριδάκης, XX).

Τα προσβεβλημένα φυτά στις υπαίθριες καλλιέργειες, μπορεί να είναι υποανάπτυκτα και όταν αρχίσουν να παράγουν καρπούς, τα κατώτερα φύλλα κιτρινίζουν και μαραίνονται. Η ασθένεια μπορεί να εκδηλωθεί με δύο τρόπους, ο πρώτος είναι με τη μορφή του απότομου μαρασμού και ξήρανσης των φυτών και ο δεύτερος τρόπος με την αργή αποξήρανση του φυτού και με βαθμιαία ξήρανση των φύλλων. Όταν η ασθένεια εκδηλωθεί με βραδύ μαρασμό τα φυτά μπορούν να επιβιώσουν, ή μπορεί, μετά τη συγκομιδή να αναβλαστήσουν (Παναγόπουλος, 2000). Η μάρανση αρχικά ξεκινά κατά τη διάρκεια της θερμότερης ώρας της ημέρας και τα φυτά φαίνεται να ανακτούν το βράδυ. Τα προσβεβλημένα φυτά μπορεί είτε να μαραθούν ολοκληρωτικά και να πεθάνουν, είτε να συνεχίσουν να χάνουν τις δυνάμεις τους παράγοντας μειωμένο αριθμό καρπών (Zhang *et al*, 2011).

Τα νεαρά φυτά μπορούν να προσβληθούν από τον μύκητα *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* στο σπορείο και αμέσως μετά τη μεταφύτευση. Η προσβολή που προκαλεί τη μάρανση των φυταρίων δεν είναι πολύ συχνή (Μπούρμπος & Σκουντριδάκης, XX). Έχει παρατηρηθεί ότι σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, λίγο πριν την ωρίμανση των καρπών, η ασθένεια εκδηλώνεται με τη μορφή αποπληξίας, δηλαδή με φράξιμο των αγγείων του φυτού και απότομο μαρασμό αυτού (Παναγόπουλος, 2000).

Στα ανεπτυγμένα φυτά, αν γίνει μια επιμήκης τομή, στην περιοχή του λαιμού, παρατηρείται ένας καστανός μεταχρωματισμός του φλοιώδους ιστού και σήψη, η οποία είναι ορατή μόνο μετά από την αφαίρεση του περιβλήματος του ιστού (Παναγόπουλος, 2000, Zhang *et al*, 2011). Τα αγγεία του ξύλου μεταχρωματίζονται καστανά, από τη ρίζα έως 20-40cm πάνω από τη βάση του στελέχους (Βακαλουνάκης, 2010). Οι ιστοί στην περιοχή του λαιμού στενεύουν και μεταχρωματίζονται, όπου όμως ο μεταχρωματισμός δεν ξεπερνά τα 30cm (Μπούρμπος & Σκουντριδάκης, XX). Στην μία πλευρά του λαιμού εμφανίζεται έλκος που εξαπλώνεται μέχρι τα 1-2 μεσογονάτια διαστήματα και κάτω από κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας μπορεί να εμφανιστούν οι ρόδινες καρποφορίες του μύκητα (Βακαλουνάκης, 2010) (εικ.2).

Στο λαιμό και στο ριζικό σύστημα των άρρωστων φυτών παρουσιάζονται λύσεις καστανού χρώματος, όπου οδηγούν σε νέκρωση του λαιμού και σήψη των ριζών. (εικ.

3) Συχνά παρατηρούνται σχισίματα ή καστανορόδινη εξάνθιση, όπου αποτελείται από τις καρποφορίες του μύκητα (Μπούρμπος & Σκουντριδάκης, XX).

Σε ορισμένα σημεία των ριζών, εμφανίζεται στην αρχή καστανή σήψη, όπου έπειτα εξαπλώνεται και καταλαμβάνει όλο το ριζικό σύστημα. Αρχικά εμφανίζεται μαρασμός στα φύλλα της κορυφής, ενώ στη συνέχεια μαραίνονται και τα κατώτερα φύλλα όπου κιτρινίζουν από την κορυφή του ελάσματος προς τα μέσα και τελικά ξηραίνονται τελείως (Παναγόπουλος, 2000).



Εικόνα 1. Μάρανση της κορυφής του φυτού και κιτρινίσιμα των φύλλων της βάσης (González, 2006).



Εικόνα 2. Μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου.(Blancard a, 2011).



Εικόνα 3. Μέκρωση λαιμού και ριζών (Blancard b, 2011).

1.1.2 Ταξινόμηση

Ο αιτιολογικός παράγοντας της ασθένειας σήψη λαιμού και ριζών είναι ο μύκητας *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Το γένος *Fusarium* ανήκει στην κλάση *Hyphomycetes* των Δευτερομυκήτων και στην τάξη *Tuberculariales*, της οικογένειας *Tuberculariaceae*. Αποτελεί την ατελή μορφή των Ασκομυκήτων που ανήκουν στην κλάση *Sordariomycetes* και την τάξη *Hypocreales* (Ανώνομος, 2011).

1.1.3 Ξενιστές

Ο μύκητας *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* μπορεί να προσβάλει πολλά φυτικά είδη. Κάποια από αυτά ανήκουν στην οικογένεια *Solanaceae*, π.χ. τοματιά, πιπεριά, μελιτζάνα. Προσβάλει επίσης φυτά της οικογένειας *Fabaceae*, π.χ. φασόλι, μπιζέλι, φακή κλπ., και της οικογένειας *Chenopodiaceae*, π.χ. σπανάκι, τεύτλα., καθώς και κάποια ζιζάνια, π.χ. τραχύ βλίτο, λάπαθο, περικοκλάδα κ.α. Έχει διαπιστωθεί, ότι ο μύκητας δεν προσβάλει τα μονοκοτυλήδωνα φυτά, όπως το καλαμπόκι, και την πατάτα που ανήκει στην οικογένεια *Solanaceae* (Blancard, 1994, Βακαλουνάκης, 2010).

1.1.4 Επιδημιολογία

Ο μύκητας παράγει 3 τύπους κονιδίων: μακροκονίδια, μικροκονίδια και γλαμυδοσπόρια. Τα μικροκονίδια και μακροκονίδια είναι υαλώδη και παράγονται από απλά φιαλίδια. Τα μακροκονίδια σχηματίζονται κυρίως σε σποριοδόχεια ή σε εναέριο μυκήλιο και έχουν δρεπανοειδές σχήμα. Τα μικροκονίδια σχηματίζονται σε εναέριο μυκήλιο και έχουν ελλειψοειδές σχήμα, μονοκύτταρα ή δικύτταρα. Τα γλαμυδοσπόρια σχηματίζονται στην άκρη ή ενδιάμεσα ηλικιωμένων υφών, σφαιρικού σχήματος και είναι μονοκύτταρα ή δικύτταρα.

Τα μικροκονίδια και τα γλαμυδοσπόρια παίρνουν μέρος στην επιβίωση και την διάδοση του *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Τα γλαμυδοσπόρια έχουν παχύτερα τοιχώματα όπου επιτρέπουν στον μύκητα να επιβιώσει στο έδαφος, στα φυτικά υπολείμματα και στις εσωτερικές επιφάνειες του θερμοκηπίου, για περισσότερες από μία καλλιεργητικές περιόδους. Τα μικροκονίδια, εμφανίζονται σε αφθονία στο νεκρωτικό ιστό, όπου διασπείρονται σε κοντινές αποστάσεις, με τον αέρα, τα έντομα, το νερό άρδευσης, τα υπολείμματα των καλλιεργειών, τα γεωργικά εργαλεία και τα υποδήματα (Βακαλουνάκης, 2010, Zhang *et al*, 2011). Η διάδοση του μύκητα σε κοντινές αποστάσεις γίνεται, μέσω μολυσμένου εδάφους, με τον άνεμο και το νερό, ενώ η διάδοση του από φυτό σε φυτό γίνεται με την επαφή του μύκητα και της ρίζας. Αν δεν υπάρχουν ρίζες η κίνηση του παθογόνου είναι ελάχιστη (Blancard, 1994, Βακαλουνάκης, 2010). Η μεταφορά του παθογόνου σε μακρινές αποστάσεις γίνεται με μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό και με μολυσμένους σπόρους (Παναγόπουλος, 2000, Βακαλουνάκης, 2010). Ο μύκητας *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* μπορεί να εισχωρήσει από τις λεπτές ρίζες και να κατευθυνθεί προς την κύρια ρίζα του φυτού ή να εισχωρήσει απευθείας στην κύρια ρίζα από κάποιο τραυματισμό που έχει δημιουργηθεί κατά τον σχηματισμό των πλευρικών ριζών. Το παθογόνο εξαπλώνεται μέσα στο φυτό, πρωτίστως μέσω του φλοιώδους ιστού, με μεσοκυττάριας μυκηλιακές υφές και δευτερευόντως μέσω των ξυλωδών αγγείων, κυρίως κατά το τελευταίο στάδιο της ασθένειας.

Η άριστη θερμοκρασία περιβάλλοντος, που ευνοεί την ασθένεια να εκδηλωθεί, είναι γύρω στους 18-20 °C. Παρόλα αυτά η ασθένεια σε κάποιες χώρες έχει εμφανιστεί, όταν η θερμοκρασία είναι πάνω από 26 °C. Η θερμοκρασία εδάφους πρέπει να είναι γύρω στους 18 °C, το pH του εδάφους να είναι κάτω του 7. Ευνοεί η

ύπαρξη αμμωνιακού αζώτου, καθώς κι η απολύμανση, με ατμό ή με χημικά μέσα, του εδάφους, ενώ περιορίζεται από την ανταγωνιστική μικροχλωρίδα (Βακαλουνάκης, 2010, Blancard, 1994, Παναγόπουλος, 2000, Zhang *et al*, 2011).

Αύξηση του πληθυσμού του παθογόνου, επιδείνωση της προσβολής και μείωση της παραγωγής, είναι κάποια αποτελέσματα, όταν τα φυτά ποτίζονται με αλατούχο νερό, είτε σε καλλιέργεια αγρού, είτε θερμοκηπίου (Triky *et al*, 2005). Το φυτό γίνεται πιο ευπαθές όταν υπάρχει αυξημένη υγρασία στο ριζικό σύστημα, όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, όταν υπάρχουν τραυματισμένες ρίζες, όταν υπάρχει υψηλή παραγωγή (Βακαλουνάκης, 2010, Blancard, 1994).

1.1.5 Καταπολέμηση της ασθένειας

Η αντιμετώπιση της ασθένειας είναι πολύ δύσκολη, ιδιαίτερα σε εδάφη που έχει προηγηθεί απολύμανση, λόγω του ότι ο παθογόνος μύκητας *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, μπορεί να επαναποικήσει γρήγορα τα εδάφη αυτά. Ωστόσο γίνονται συνεχείς έρευνες τόσο για χημικά σκευάσματα, που περιορίζουν το παθογόνο, όσο και για βιολογικές μεθόδους.

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι τρόποι αντιμετώπισης:

1.1.5.1 Καλλιεργητικά μέτρα

Τα καλλιεργητικά μέτρα αποβλέπουν στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη των φυτών και την μείωση των μολυσμάτων του παθογόνου. Βοηθούν δηλαδή, στο να περιορίσουν το μόλυσμα, μέχρι το φυτό να αναπτύξει, διάφορους αμυντικούς μηχανισμούς, για να επιβιώσει έπειτα από την προσβολή. Επιπλέον βοηθούν στην ανάπτυξη της ωφέλιμης και ανταγωνιστικής (προς τους παθογόνους μικροοργανισμούς) μικροχλωρίδας (Μπούρμπος, 1996).

Τα καλλιεργητικά μέτρα που συνιστώνται είναι τα ακόλουθα:

1. Χρήση πολλαπλασιαστικού υλικού απαλλαγμένο από την ασθένεια. Ο χώρος που φτιάχνεται το πολλαπλασιαστικό υλικό, πρέπει να βρίσκεται μακριά από καλλιέργεια τομάτας, διότι μπορεί να μεταφερθεί το παθογόνο και να το μολύνει.

2. Αποφυγή αμειψισποράς με σωληνώδη και ψυχανθή. Προτιμάται η καλλιέργεια μαρουλιού ή καλαμποκιού, διότι δεν προσβάλλονται από το παθογόνο.
3. Αύξηση του pH του εδάφους πάνω από 7 με προσθήκη ασβεστίου.
4. Χρήση υγιούς σπόρου (Βακαλουνάκης, 2010, Blancard, 1994).
5. Χρήση ζεστού νερού κατά την άρδευση. Η άρδευση δεν πρέπει να γίνεται σε αυλάκια, διότι μεταφέρεται το μόλυσμα από τα προσβεβλημένα φυτά στα υγιή (Βακαλουνάκης, 2010, Zhang *et al*, 2011).
6. Κάψιμο των προσβεβλημένων φυτών και των υπολειμμάτων της καλλιέργειας. Άροση μετά την τελική συγκομιδή (Βακαλουνάκης, 2010, Μπούρμπος Α., 1996, Zhang *et al*, 2011).
7. Η φύτευση να γίνεται κατά τους μήνες όπου η θερμοκρασία είναι υψηλή, διότι το παθογόνο χρειάζεται χαμηλές θερμοκρασίες για την προσβολή (Βακαλουνάκης, 2010, Blancard, 1994).
8. Κατά τη λίπανση να αποφεύγεται η χορήγηση αμμωνιακού αζώτου, συνίσταται η νιτρική μορφή του (Βακαλουνάκης, 2010, Zhang *et al*, 2011)
9. Καταπολέμηση των ζιζανίων, διότι μπορεί να μολυνθούν και να μεταφέρουν το μόλυσμα στην καλλιέργεια (Βακαλουνάκης, 2010, Blancard, 1994).
10. Το χώμα πρέπει να είναι καλά οργωμένο και επαρκώς υγρό για τουλάχιστον 2 εβδομάδες πριν την απολύμανση. Μετά τη φύτευση πρέπει να αποφεύγεται το βαθύ όργωμα – φρεζάρισμα, γιατί υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού των ριζών (Μπούρμπος Α., 1996)
11. Παράχωμα των φυτών και ενσωμάτωση τύρφης γύρω από το λαιμό, για ευκολότερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (Βακαλουνάκης, 2010, Blancard, 1994).
12. Χλωρή λίπανση με ενσωμάτωση υπολειμμάτων μαρουλιού (*Lactuca sativa*), καρδάμου (*Lepidium sativum*) και σπανακιού (*Spinacia oleracea*) στο έδαφος (Βακαλουνάκης, 2010, Μπούρμπος Α., 1996).

1.1.5.2 Χημική Καταπολέμηση

Χημικά σκευάσματα χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες θερμοκηπίου είτε για την πρόληψη, είτε για την αντιμετώπιση του παθογόνου.

1. Για να διατηρηθεί αμόλυντο το έδαφος, γίνεται απολύμανση, με ατμό ή με κάποια δραστική ουσία, π.χ. dazomet, metam, sodium, σε συνδυασμό με ηλιοαπολύμανση. Υπάρχει όμως περίπτωση, το αποτέλεσμα της απολύμανσης, να μην διαρκέσει αρκετά, καθώς ο μύκητας ξανααποικεί πολύ γρήγορα το απολυμασμένο έδαφος.
2. Για τον περιορισμό και την καταπολέμηση του παθογόνου, κατά τα πρώτα στάδια της προσβολής, γίνεται χρήση ενός διασυστηματικού μυκητοκτόνου, το hymexazol, όπου η εφαρμογή του γίνεται με ριζοπότισμα (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2008).
3. Στη μείωση της εξάπλωσης και της προσβολής του παθογόνου έχει συντελέσει η χρήση Benzothiadiazole (Benhamou N., 1998).
4. Πριν την εγκατάσταση της νέας καλλιέργειας, πρέπει να γίνει ψεκασμός του θερμοκηπίου με φορμαλδεΰδη, για την απολύμανση του θερμοκηπίου. Για 48 ώρες μετά την απολύμανση το θερμοκήπιο πρέπει να παραμείνει κλειστό (Βακαλουνάκης, 2010, Blancard, 1994).
5. Η χρήση των χημικών σκευασμάτων γενικότερα δεν είναι αποτελεσματική, διότι δεν έχει δώσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα, έχει μεγάλο κόστος και επιπλέον έχει δημιουργήσει προβλήματα στο γεωργικό περιβάλλον (φυτοτοξικότητα, ανθεκτικότητα των παθογόνων στις χημικές ουσίες, αρνητική επίδραση σε ωφέλιμους μικροοργανισμούς κ.α.).

1.1.5.3 Βιολογική Καταπολέμηση

Σύμφωνα με τους Cook και Baker ο όρος της βιολογικής καταπολέμησης είναι ο εξής: *“Βιολογική καταπολέμηση των παθογόνων των φυτών είναι η μείωση της ποσότητας του μολύσματος ή της νοσογόνου δράσης τους, που πραγματοποιείται από ή διαμέσου ενός ή περισσότερων οργανισμών, άλλων από τον άνθρωπο”*. Λόγω της αναποτελεσματικότητας των χημικών σκευασμάτων, τα τελευταία χρόνια, γίνονται συνεχείς έρευνες για την αντικατάστασή τους με βιολογικές μεθόδους. Κάποιες απ`

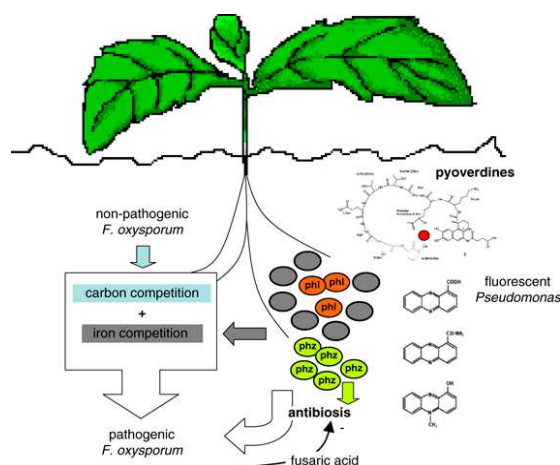
αυτές είναι:

1.1.5.3.1 Ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί

Ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί είναι οι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί, όπως μύκητες, βακτήρια και μυκόριζες. Έχει βρεθεί ότι ορισμένοι μικροοργανισμοί, περιορίζουν την προσβολή του παθογόνου. Η μικροβιακή οικολογία της ριζόσφαιρας, στηρίζεται στην αλληλεπίδραση των βιοτικών, φυσικών και χημικών διεργασιών που συμβαίνουν στο οικοσύστημα. Μερικοί από τους πιο γνωστούς είναι: *Trichoderma harzianum* (Grondona *et al*, 1997), *Trichoderma viride*, μη παθογόνα στελέχη *Fusarium oxysporum* (Hibar *et al*, 2007), *Bacillus spp*, *Pythium oligandrum* (Hibar *et al*, 2006), *Cladorrhinum foecundissimum*, *Laetisaria arvalis*, *Stilbella aciculosa*, *Penicillium spp* (Larkin & Fravel, 1998), *Pseudomonas fluorescense* (Thomas *et al*, 1998) (εικ. 4).

Ο τρόπος δράσης των βιολογικών παραγόντων εστιάζεται στα παρακάτω :

- Ύπαρξη ανταγωνισμού μεταξύ των δύο οργανισμών για την διεκδίκηση θρεπτικών στοιχείων ή οξυγόνου.
- Ύπαρξη ανταγωνισμού ως προς την κατάκτηση χώρου επί των ριζών.
- Βελτίωση της αντίστασης του φυτού, στο βλαβερό μικροοργανισμό μύκητα.
- Μικρο-παρασιτισμός, όπου ο ανταγωνιστής δρα ως τυπικό παράσιτο τρεφόμενος από τα θρεπτικά στοιχεία του παθογόνου (Nederhoff, 2001).



Εικόνα 4. Σχηματική παρουσίαση για το πώς ανταγωνίζεται η μικροβιακή βιομάζα για θρεπτικά στοιχεία (Sylvie *et al*, 2009).

1.1.5.3.2 Χιτίνη

Θετικά αποτελέσματα έχει δώσει η ενσωμάτωση της χιτίνης στο έδαφος. Η χιτίνη είναι ένα πολυμερές της β-1,4- D- γλυκοζαμίνης, όπου βρίσκεται στα κυτταρικά τοιχώματα διάφορων μυκήτων (Benhamou & Thériault, 1992).

Η εφαρμογή της χιτίνης στο έδαφος και η αποτελεσματικότητα της δεν είναι άμεση. Όταν το έδαφος είναι αποστειρωμένο και συνεπώς δεν υπάρχει μικροβιοκοινότητα δεν μπορεί να αντιμετωπίσει το παθογόνο. Η χιτίνη αυξάνει τον πληθυσμό των χιτινολυτικών μικροοργανισμών, μεταξύ των οποίων μπορεί να είναι πολλοί ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί του *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, (Μπούρμπος & Σκουντριδάκης, 1992) όπου διεγείρει μέσω των ριζών το αμυντικό σύστημα των φυτών (Μπούρμπος & Βενέτης, 1999).

1.1.5.3.3 Ανθεκτικά υβρίδια

Ο ασφαλέστερος και οικονομικότερος τρόπος για την καταπολέμηση των ασθeneιών είναι η καλλιέργεια ανθεκτικών υβριδίων.

Όπως είναι γνωστό κάθε φυτό προσβάλλεται από ένα συγκεκριμένο αριθμό παθογόνων. Αυτό οφείλεται στο ότι τα φυτά έχουν αναπτύξει μηχανισμούς ανοχής ως προς κάποια παθογόνα. Επιπλέον θα πρέπει να υπάρχουν συγκεκριμένα γονίδια τόσο στο φυτό, όσο και στο παθογόνο, για να μπορέσει το παθογόνο να προσβάλει το φυτό ξενιστή (Γραβάνης, XX).

Για την αντιμετώπιση της ασθένειας σήψη λαιμού και ριζών, έχουν βρεθεί λίγα υβρίδια τομάτας, τα οποία να είναι ανθεκτικά. Τα υβρίδια Jolly, Dombo, Caruso, Faraο, Vendro, CRC, VR11, VR12 και άλλα που προέρχονται από την ποικιλία ACE και τις γενετικές σειρές IRB 301-30, IRB 30, φαίνεται να μπορούν να συμβάλουν στην αντιμετώπιση, αφού έχουν αυξημένη ανοχή στο παθογόνο (Δασκαλάκη *et al*, 1992).

1.1.5.3.4 Ηλιοαπολύμανση

Με τον όρο ηλιοαπολύμανση εννοούμε ‘τη θερμική, χημική και βιολογική μεταβολή που υφίσταται ένα έδαφος από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν με υψηλή εδαφική υγρασία καλυφθεί με διαφανές πλαστικό’.

Οι παράγοντες που συμμετέχουν στην μέθοδο της ηλιοαπολύμανσης είναι:

- **Το έδαφος.** Πριν την κάλυψή του με το αδιαφανές πλαστικό, πρέπει να έχουν γίνει οι απαραίτητες εργασίες, δηλ. να είναι ισοπεδωμένο, φιλοχωματισμένο και με αρκετή εδαφική εργασία

- **Το αδιαφανές πλαστικό πολυαιθυλενίου.** Το πάχος του αν χρησιμοποιηθεί σε θερμοκήπιο θα πρέπει να είναι 0,05 – 0,075mm, ενώ αν χρησιμοποιηθεί σε υπαίθριες καλλιέργειες θα πρέπει να είναι 0,10 – 0,125mm. Τα βασικά χαρακτηριστικά των πλαστικών πολυαιθυλενίου είναι ότι έχουν μεγάλο φάσμα θερμικής αγωγιμότητας, είναι ανθεκτικά και έχει σχετικά μικρό κόστος.

- **Η ηλιακή ακτινοβολία.** Για να γίνει η κάλυψη του εδάφους θα πρέπει να η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι υψηλή. Γι' αυτό στη χώρα μας η κάλυψη πρέπει να γίνεται κατά τους θερινούς μήνες και να έχει διάρκεια από 4 έως 8 εβδομάδες.

Η δράση της μεθόδου της ηλιοαπολύμανσης στηρίζεται:

- **Στην υδροθερμική δράση.** Η υδροθερμική δράση στηρίζεται στην αύξηση της θερμοκρασίας και υγρασίας από την κάλυψη του εδάφους. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 42°C – 59°C, αυτό έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο ορισμένων μικροοργανισμών (φουζάρια, τύθια, ριζοκτόνια, νηματώδεις κλπ.), ή την περιορισμένη μολυσματικότητα για άλλους (βερτιτσιλλιο κλπ).

- **Στην ανταγωνιστική μικροβιοκοινότητα.** Με την κάλυψη του εδάφους έχει παρατηρηθεί, ότι αυξάνεται ο πληθυσμός των ωφέλιμων μικροοργανισμών έως 35%. Αυτό συνεπάγει την δημιουργία μιας νέας βιοκοινότητας, η οποία παράγει υψηλά ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα και δημιουργεί δυσμενής συνθήκες για τους παθογόνους οργανισμούς. Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι επιδρά θετικά στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους βελτιώνοντας την γονιμότητα του εδάφους, αφού υπάρχει αύξηση των θρεπτικών συστατικών.

- **Στη μείωση των ζιζανίων.** Σε καλλιέργειες θερμοκηπίου υπάρχει σημαντική μείωση των ζιζανίων καθώς και της οροβάγγης. Όμως δεν ελέγχονται τα θερινά ζιζάνια.

- **Στη μείωση των νηματωδών.** Για την μείωση των νηματωδών, τα εδάφη που ηλιοθερμαίνονται πρέπει να είναι αβαθή και η ηλιοθέρμανση να διαρκεί πάνω από 8 εβδομάδες (Μπούρμπος & Σκουντριδάκης, 1988).

1.1.5.3.5 Επισχετικά εδάφη

Η ευρέως διαδεδομένη, αλλά περιορισμένη ικανότητα των εδαφών να καταστέλλει την ανάπτυξη ή τη δραστηριότητα των εδαφογενών παθογόνων αναφέρεται ως «γενική επισχετικότητα», ή «ειδικός ή μη ειδικός ανταγωνισμός». Γενικά η επισχετικότητα έχει σχέση με τη συνολική μικροβιακή βιομάζα. Το έδαφος, ανταγωνίζεται με το παθογόνο για την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών ή προκαλεί αναστολή της ασθένειας, μέσω πιο άμεσων μορφών ανταγωνισμού.

Η γενική επισχετικότητα συχνά ενισχύεται από την προσθήκη οργανικής ουσίας και ορισμένες καλλιεργητικές τεχνικές, όπου αυξάνουν τη μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους (Weller *et al*, 2002). Ο ανταγωνισμός για τους πόρους και την παραγωγή των αντι-μικροβιακών ουσιών μειώνουν την ικανότητα των παθογόνων να αναπτυχθούν και να μολύνουν, με αποτέλεσμα, χαμηλότερα επίπεδα της νόσου (Eastburn, 2010).

Η ειδική επισχετικότητα οφείλεται, στο ότι κάποιοι μικροοργανισμοί μπορούν να αντιδρούν εν μέρει, στην παρουσία του φυτοπαθογόνου. Οι μικροοργανισμοί λειτουργούν ως παράσιτα του φυτοπαθογόνου και μπορεί να είναι είτε μύκητες (*Trichoderma*, *Penicillium*, *Sporodesmium*), ή βακτήρια (*Bacillus*, *Pseudomonas*), ή ακόμα και κάποια είδη φυτών (Γραβάνης, XX, Eastburn, 2010, Weller *et al*, 2002).

Τα επισχετικά εδάφη οφείλουν αναμφίβολα τη δραστηριότητά τους σε ένα συνδυασμό των γενικών και ειδικών επισχετικοτήτων, αν και μπορεί να επηρεάζονται διαφορετικά από τις εδαφικές, κλιματικές και αγρονομικές συνθήκες.

Τα επισχετικά εδάφη χωρίζονται σε δύο κατηγορίες «μακράς διάρκειας» και «μειωμένης διάρκειας».

Τα εδάφη μακράς διάρκειας αναφέρονται σε βιολογικές φυσικές καταστάσεις, άγνωστης συχνά προέλευσης και φαίνεται να επιβιώνουν και σε περίπτωση απουσίας των φυτών. Τα εδάφη μειωμένης διάρκειας δημιουργούνται με προσθήκη αντιβιοτικών, υπολείμματα μονοκαλλιεργειών κ.α (Weller *et al*, 2002)

Οι έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με τα επισχετικά εδάφη έχουν προσφέρει

μεγάλη βοήθεια για τον βιολογικό έλεγχο πολλών εδαφικών ασθενειών. Η κατασταλτική δράση των εδαφών λειτουργεί μέσα από τις κοινότητες των μικροοργανισμών και των πολλαπλών γονοτύπων των συγκεκριμένων μικροβίων (Mazzola, 2002). Σε ορισμένες περιπτώσεις η αυξημένη δραστηριότητα των μικροβίων προκύπτει από την εισροή του άνθρακα και του αζώτου που παρέχεται από την ενσωματωμένη οργανική ύλη (Eastburn, 2010).

Τα εδάφη που καταστέλλουν την ανάπτυξη του *Fusarium* έχουν αναγνωριστεί σε πολλά συστήματα καλλιέργειας και σε πολλές περιοχές του κόσμου. Η ύπαρξη αυτών των εδαφών έχει ανακαλυφθεί από καιρό και γίνονται προσπάθειες να αναγνωριστούν οι μηχανισμοί που παίρνουν μέρος στην καταστολή των ασθενειών (Eastburn, 2010).

1.2 Compost

Η χρήση των compost στην αντιμετώπιση παθογόνων εδαφών έχει διερευνηθεί εκτενώς από πολλούς ερευνητές (Hoitink & Fahy, 1986, De Ceuster & Hoitink, 1999a, Hoitink & Boehm, 1999, Hoitink *et al*, 2001, Ryckeboer, 2001). Οι περισσότερες από αυτές τις εργασίες αναφέρονται σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε φυτοδοχεία, όπου τα compost χρησιμοποιήθηκαν ως εναλλακτικά υποστρώματα των συνήθως χρησιμοποιημένων όπως για παράδειγμα η τύρφη. Ωστόσο υπάρχουν επίσης πολλές δημοσιευμένες μελέτες που αφορούν τη χρήση κομποστοποιημένων υλικών στην αντιμετώπιση εδαφικών, κυρίως, εδαφικών παθογόνων σε πραγματικές συνθήκες, δηλαδή στον αγρό.

Compost θεωρούνται τα οργανικά απόβλητα που έχουν υποστεί αποδόμηση από θερμοφίλους και μεσόφιλους μικροοργανισμούς και μπορεί επιπλέον να έχουν περάσει από μια διαδικασία περαιτέρω ωρίμανσης (Day & Shaw, 2001). Η χρήση μη κομποστοποιημένων οργανικών προσθέτων, όπως υλικών με υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και κοπριών, στην καταπολέμηση φυτοπαθογόνων έχει μελετηθεί από άλλους επιστήμονες (Blok *et al*, 2000, Balley & Lazarovits, 2003). Συνοψίζοντας, θα μπορούσε να καταλήξει κάποιος στο συμπέρασμα ότι τα κομποστοποιημένα υλικά είναι περισσότερο αποτελεσματικά για την καταπολέμηση των εδαφικών παθογόνων (Hoitink & Boehm, 1999) αν και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις τα μη κομποστοποιημένα υλικά είναι εξίσου κατασταλτικά (Argantha *et al*, 2000).

1.2.1 Επισχετικότητα compost έναντι παθογόνων φυτών

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα μιας σειράς μελετών οι οποίες αφορούν την επισχετικότητα των compost. Οι πληροφορίες που αυτός ο πίνακας δίνει αφορούν:

- Το είδος του παθογόνου και την μορφή του μολύσματος που χρησιμοποιήθηκε κατά την μόλυνση των φυτών
- Το είδος της καλλιέργειας,
- Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την παρασκευή των compost.

Οι εργασίες που αναφέρονται σε πειράματα σε φυτοδοχεία συνήθως έγιναν σε ελεγχόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και με το συνήθη πειραματικό σχεδιασμό που ακολουθείται σε αυτές τις περιπτώσεις (επαναλήψεις κτλ).

Πίνακας 1. Πειράματα με διάφορα παθογόνα και compost για την αντιμετώπιση των αντίστοιχων ασθενειών

Παθογόνο είδος	Μόλυσμα	Ασθένεια	Ξενιστής	Compost
<i>Fusarium oxysporum</i>				
f.sp. <i>melonis</i>	Μυκήλιο	Σήψη λαιμού	Πεπονιά	sewage sludge (Lumsden <i>et al</i> , 1983)
f.sp. <i>chrysanthemi</i>	Μυκήλιο	Σήψη λαιμού	Χρυσάνθεμο	harwood bark (Chef <i>et al</i> , 1983)
f.sp. <i>lycopersici</i>	Κονίδια	Σήψη λαιμού	Τομάτα	sewage sludge, green waste (Conxarrera <i>et al</i> , 2002)
	Κονίδια	Σήψη λαιμού	Τομάτα	cork (Trillas <i>et al</i> , 2002)
	Κονίδια	Σήψη λαιμού	Τομάτα	grape marc (Trillas <i>et al</i> , 2002)
f.sp. <i>radicis-lycopersici</i>	Μυκήλιο	Σήψη λαιμού	Τομάτα	paper mill sludge (Pharand <i>et al</i> , 2002)
	Κονίδια	Σήψη λαιμού	Τομάτα	υπολείμματα καλλιέργειας τομάτας (Cheuk <i>et al</i> , 2003)
f.sp. <i>radicis-cucumerinum</i>	Αιώρημα σπορίων	Σήψη ριζών και στελέχους	Αγγούρι	Φύλλα, στέλεχος, καρπός τομάτας (Rose <i>et al</i> , 2003)
	Αιώρημα σπορίων	Σήψη ριζών και στελέχους	Αγγούρι	στερεά κοπριά βοοειδή ((Rose <i>et al</i> , 2003)

<i>Phytophthora nicotianae</i>	Χλαμυδοσπόρια	Σήψη ριζών	Πορτοκαλιά	Αστικά απόβλητα (Widmer <i>et al</i> , 1998)
	Χλαμυδοσπόρια	Σήψη ριζών	Τομάτα	ζωική κοπριά (Widmer <i>et al</i> , 1998)
<i>Pythium aphanidermatum</i>	Μυκήλιο	Σήψη ριζών και λαιμού	Αγγουριά	αστικά απόβλητα (Ben-Yephet & Nelson, 1999)
	Οοσπόρια	Σήψη ριζών και λαιμού	Αγγουριά	ρίζες γλυκόριζας (Hadar & Mandelbaum, 1986)
	Οοσπόρια	Σήψη ριζών και λαιμού	Αγγουριά	βοειδή κοπριά (Mandelbaum & Hadar, 1997)
	Μυκήλιο	Σήψη ριζών	Αγγουριά	spruce bark (Zhang <i>et al</i> , 1996)
<i>Pythium ultimum</i>	Μυκήλιο	Σήψη ριζών	Αγγουριά	spruce bark (Zhang <i>et al</i> , 1996)
	Μυκήλιο	Σήψη ριζών και λαιμού	Τομάτα	harwood bark (Moustafa <i>et al</i> , 1977)
<i>Pythium myriotylum</i>	Μυκήλιο	Σήψη ριζών και λαιμού	Αγγουριά	αστικά απόβλητα (Ben-Yephet & Nelson, 1999)
	Μυκήλιο	Σήψη ριζών και λαιμού	Αγγουριά	απόβλητα φύλλων (Ben-Yephet & Nelson, 1999)
<i>Rhizoctonia solani</i>	Μυκήλιο	Ριζοκτόνια	Αγγουριά	φυτικά υπολείμματα, υπολείμματα φρούτων, χλωρά υπολείμματα (Tuitert & Bollen, 1996)
<i>Verticillium dahliae</i>	Κονίδια	Σήψη ριζών	Τομάτα	cork (Borrero <i>et al</i> , 2002)
	Μικροσκληρώτια	Σήψη ριζών	Πατάτα	cannery wastes (La Mondia <i>et al</i> , 1999)
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>	Αιώρημα	Βακτηριακή κηλίδωση	Τομάτα	cannery wastes (Abbasi <i>et al</i> , 2002)

1.2.2 Πειράματα σε φυτοδοχεία

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός δημοσιεύσεων οι οποίες αναφέρονται σε πειράματα επισχετικότητας των compost έναντι παθογόνων τα οποία έχουν πραγματοποιηθεί σε φυτοδοχεία κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Για παράδειγμα ο έλεγχος των παθογόνων εδάφους *Pythium ultimum* (Trow), *Phytophthora spp.* *Rhizoctonia solani* (Kuhn) και *Fusarium oxysporum* (Schlecht) με τη χρήση compost

έχει διερευνηθεί από πολλούς επιστήμονες. Οι διαφορετικές αυτές εργασίες δείχνουν την επισχετική δράση των compost έναντι αυτών των παθογόνων τόσο στο χώμα όσο και στην τύρφη. Παρόλα αυτά, το μέγεθος επισχετικότητας διέφερε από μελέτη σε μελέτη. Οι διαφορές αυτές μπορούν να αποδοθούν, τουλάχιστον σε ένα βαθμό, είτε στην επιτυχία της ενσωμάτωσης είτε στο κύριο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών (τύρφη ή χώμα) είτε στα αρχικά υλικά που κομποστοποιήθηκαν είτε στον βαθμό κομποστοποίησης. Επίσης δεν υπάρχει σαφής τάση για το βαθμό καταστολής ίδιων παθογόνων σε διαφορετικές καλλιέργειες.

Οι περισσότερες μελέτες σε φυτοδοχεία έχουν διεξαχθεί με τεχνητή εισαγωγή (εμβολιασμό) των παθογόνων, σε αντίθεση με πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί στον αγρό όπου το παθογόνο προϋπήρχε. Κατά τον εμβολιασμό το παθογόνο εισάγονταν με διάφορες μορφές (κονίδια, ζωοσπόρια, μυκύλιο κτλ) και δεν έχει επαρκώς αποτιμηθεί η επίδραση αυτής της διαφοράς στα τελικά αποτελέσματα.

Στα πειράματα που έχουν γίνει τόσο σε φυτοδοχεία όσο και στον αγρό χρησιμοποιήθηκαν compost που παρασκευάστηκαν από πρώτες ύλες όπως λυματολάσπη, πράσινα υπολείμματα αγροτικών δραστηριοτήτων και ζωική κοπριά. Οι Erart *et al*, (1999) έδειξαν ότι το compost που φτιάχτηκε από φλοιώδη απόβλητα γεωργικών δραστηριοτήτων ήταν επισχετικό έναντι των σήψεων της ρίζας που προκαλείται από το *Pythium*, σε αντίθεση με το compost που φτιάχτηκε από στέμφυλα αμπελιού το οποίο δεν περιόριζε ή και βοηθούσε την ασθένεια. Οι Kannangara *et al*, (2000) βρήκαν ότι αν και η κομποστοποιημένη βοοειδή στερεά κοπριά ήταν κατασταλτική για την ασθένεια της σήψης λαιμού και ρίζας στο αγγούρι (*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-cucumerinum* Owen), η ίδια πρώτη ύλη όταν χρησιμοποιήθηκε σε αναερόβια χώνευση ή κομποστοποίηση με την χρήση γαιοσκωλήκων, παράχθηκε ένα υλικό με καμία επισχετική δράση. Αντίθετα compost που είχε παραχθεί από γαιοσκώληκες και ζωική κοπριά μπορούσε να καταστείλει σημαντικά την προσβολή σε σπορόφυτα τομάτας από το ωμόκητα *Phytophthora nicotianae* (Breda de Haan) (Szczech & Smalinska, 2001). Οι Schuler *et al*, (1993) βρήκαν ότι αν και η σήψη ριζών του μπιζελιού (*Mycosphaerella pinodes* Berk. & Blox) μπορούσε να κατασταλεί από compost όταν αυτό χρησιμοποιήθηκε σε μείγμα 30% (κ.ο.) με τύρφη δεν έχει υπήρχε ανάλογη δράση όταν εφαρμόστηκε σε μείγμα με χώμα.

Οι Nelson *et al*, (1983) έδειξαν ότι αυξημένα επίπεδα αποδόμησης της οργανικής ουσίας οδηγούν σε αυξημένα επίπεδα επισχετικότητας έναντι της σήψης λαιμού του ραδικιού που προκαλείται από την *Rhizoctonia*. Οι Hoitink και Boehm, (1999) δήλωσαν ότι ο βαθμός αποδόμησης της οργανικής ουσίας επηρεάζει σημαντικά τον πληθυσμό των ανταγωνιστικών μικροοργανισμών και κατά συνέπεια και τα επίπεδα της επισχετικότητας των compost έναντι των ασθενειών. Παρόλα αυτά, σε άλλες εργασίες προέκυψαν, αντιφατικά αποτελέσματα όσον αφορά την επισχετικότητα compost στα οποία χρησιμοποιήθηκαν παρόμοια υλικά κομποστοποίησης (Ryckeboer, 2001).

Στις περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν φυτοδοχεία, η ποσότητα compost στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών εκφράζεται σε αναλογία όγκου προς όγκο (v/v). Σε άλλες εργασίες η ποσότητα compost που χρησιμοποιήθηκε εκφράζεται ως βάρος κατά όγκο (w/v) ή βάρος κατά βάρος (w/w) του τελικού υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών. Ο διαφορετικός αυτός τρόπος έκφρασης της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε compost οδηγεί σε μη συγκρίσιμα αποτελέσματα αφού το ειδικό βάρος των διαφόρων υλικών του υποστρώματος είναι πολύ διαφορετικό. Η χαμηλή συγκέντρωση compost στο υπόστρωμα ανάπτυξης μειώνει τις πιθανότητες να δημιουργηθούν προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών σχετιζόμενα με το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα και φυτοτοξικές ουσίες (Sullivan & Miller, 2001). Όμως αν και υπάρχουν εργασίες που δείχνουν ότι ποσοστό compost ίσο με το 10% (v/v) μπορεί να έχει επισχετικές ιδιότητες συνήθως όμως απαιτείται η συγκέντρωση του compost να είναι τουλάχιστον 20%. Για παράδειγμα, ενώ οι Lumsden *et al*, (1983) έδειξαν ότι ποσοστά compost 5 και 30% (w/w) δρουν εξίσου επισχετικά στη σήψη των ριζών του μπιζελιού από τον *Aphanomyces euteiches* και στην σήψη ριζών του φασολιού από *Rhizoctonia solani*, ο Ryckeboer (2001) βρήκε ότι η επισχετικότητα έναντι των *Pythium* και *Rhizoctonia* ήταν μεγαλύτερη όταν το ποσοστό του compost ήταν 20% (v/v) από ότι όταν ήταν 5 ή 10% (v/v). Ο Fushs (1995), Serra-Wittling *et al*, (1996) και Coventry *et al*, (2002) βρήκαν επίσης ότι η επίσχεση της σήψης φυτών του κάρδαμου (*Pythium ultimum*), της μάρανση στο λινάρι (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lini*) και στη λευκή σήψη στο κρεμμύδι (*Sclerotium cepivorum*), ήταν ανάλογη με την συγκέντρωση των compost στο υπόστρωμα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι αν και η συνήθη πρακτική είναι να ενσωματώνεται

compost σε χαμηλή συγκέντρωση, η επισχετική δράση των compost τα κάνει ιδιαιτέρως ενδιαφέροντα ως υποκατάστατα της τύρφης (Ανώνυμος, 2001).

Υπάρχουν λίγες δημοσιεύσεις που αναφέρουν ότι τα compost μπορεί να αυξήσουν την ένταση της ασθένειας. Για παράδειγμα, compost από φλοιό έλατου αυξάνει την μάρανση του κυκλάμινου που προκαλείται από το *Fusarium oxysporum* f.sp. *cyclaminis* και της μαύρης σήψης των ριζών της ποινσέτίας (*Thielaviopsis basicola*) (Krebs, 1990). Οι Lumsden *et al*, (1983) βρήκαν compost από λυματολάσπη αυξάνει τις επιπτώσεις στα φυτά από τη σήψη ριζών στο μπιζέλι (*Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi*), ενώ δεν έχει καμία επίδραση στο παθογόνο *Thielaviopsis basicola*. Οι Hointink *et al*, (2001) επίσης αναφέρουν ότι τα compost με υψηλή συγκέντρωση σε άζωτο και αμμωνία αυξάνουν την μάρανση που προκαλείται από *Fusarium* όπως επίσης τα υψηλής αλατότητας compost ενισχύουν τις ασθένειες που προκαλούν οι ωομύκητες *Pythium* και *Phytophthora*.

1.2.3 Πειράματα στον αγρό

Compost παρασκευασμένα από διάφορες πρώτες ύλες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στις Ηνωμένες Πολιτείες προκειμένου να καταπολεμηθούν ασθένειες διάφορων καλλιεργειών όπως της φράουλας (Goldstein, 1998). Γενικά, έχουν πραγματοποιηθεί λιγότερα πειράματα για την επισχετικότητα των compost έναντι των εδαφογενών παθογόνων στον αγρό από ότι σε γλάστρες. Πειράματα σε φυτοδοχεία που έγιναν από τους Tilston *et al*, (2002), έδειξαν επισχετικότητα διαφόρων compost εναντίον ασθενειών σε αρκετές καλλιέργειες σιτηρών και κηπευτικών, όπως το *Plasmodiophora brassicae*. Ωστόσο τα αποτελέσματα δεν μπορούν να αναχθούν επαγωγικά σε επίπεδο αγρού αφού το compost δεν είχε αναμιχθεί με χώμα. Όταν επιχειρήθηκε να ελεγχτεί η αποτελεσματικότητα του compost σε επίπεδο αγρού η επισχετικότητα ήταν μικρότερη και μεγαλύτερη παραλλακτικότητα από αυτήν σε φυτοδοχεία. Επίσης οι Widmer *et al*, (1998) βρήκαν ότι το παθογόνο *Phytophthora nicotianae* σε εσπεριδοειδή μπορεί να παρεμποδιστεί με την χρήση compost όταν εφαρμόζεται σε πειράματα με δοχεία, όχι όμως σε πειράματα που έγιναν στον αγρό. Παρόλα αυτά, υπάρχουν διάφορες μελέτες που δείχνουν επισχετικότητα των ασθενειών στον αγρό. Οι Abbasi *et al*, (2002) χρησιμοποιώντας compost από απόβλητα κονσερβοποιίας, μπόρεσαν να αντιμετωπίσουν την ανθράκωση

(*Colletotrichum coccodes*) και βακτηριακή κηλίδωση (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) σε καλλιέργειες τομάτας. Οι Coventry *et al*, (2001) βρήκαν ότι compost από απόβλητα κρεμμυδιών μειώνει τον αριθμό των προσβεβλημένων φυτών των κρεμμυδιών από σκληρωτινίαση (*Sclerotium cepivorum*) πάνω από το 50%. Ένα παρόμοιο επίπεδο στον έλεγχο της σκληρωτινίασης πέτυχε σε πειράματα σε δοχεία με ένα ισοδύναμο ποσοστό από τους ίδιους τύπους compost. Σε πειράματα των Mayard και Hill (2000), τρεις διαδοχικές ετήσιες εφαρμογές compost από χλωρά απόβλητα είχε ως αποτέλεσμα την αντιμετώπιση μιας μαλακής σήψης κρεμμυδιών μη προσδιορισμένου μολυσματικού αιτίου. Επίσης, με πέντε ετήσιες εφαρμογές compost μπόρεσαν να ελέγξουν τις ασθένειες που προκαλούνται σε υπαίθριες καλλιέργειες αγγουριού και μαρουλιού από τα παθογόνα *Phythium ultimum* και ο *Rhizoctonia solani* (Fuchs, 1995). Οι Lodha *et al*, (2002) επίσης βρήκαν ότι ο εμπλουτισμός του εδάφους με compost από καλλιεργητικά ή υπολείμματα ζιζανίων μειώνουν την προσβολή από την ξηρή σήψη των ριζών (*Macrophomina phaseolina*) στην μπάμια. Ο Dickerson (1996, 1999) έδειξε ότι όταν εφαρμόζονταν compost σε ποσότητες 48 τόνων το εκτάριο μπορούσε να αντιμετωπισθεί η σήψη των ριζών σε πιπεριές που προκαλείται από την *Phytophthora capsici* Leonian). Τα αντίθετα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν όταν η δόση ήταν 72 τόνοι το εκτάριο πιθανώς αύξησης της αλατότητας του εδάφους (Ανώνυμος, 1991).

1.2.4 Μηχανισμοί του ελέγχου των ασθενειών από τα compost

Σε πολλές μελέτες έχει βρεθεί ότι κάποια compost χάνουν την επισχετική τους ικανότητα έναντι των φυτοπαθογόνων όταν αποστειρωθούν, παστεριωθούν ή υποστούν θερμική επεξεργασία (Gorodecki & Hadar, 1990, Hoitink *et al*, 1997, Cotxarrera *et al*, 2002, Reuveri *et al*, 2002, Tilston *et al*, 2002). Οι El-Marsy *et al*, (2002) βρήκαν ότι τα εκχύλισμα διαφόρων compost είχαν επίσης επισχετικές ιδιότητες παρόλο που δεν περιείχαν αντιβιοτικά ή σιδηροφόρα. Τα αποτελέσματα στις περιπτώσεις αυτές δείχνουν ότι η επισχετικότητα οφείλεται κατά κύριο λόγο σε βιολογικό και όχι σε χημικό ή φυσικό παράγοντα. Η παρατηρούμενη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα των compost στα πειράματα που πραγματοποιούνται σε θερμοκήπια ή θαλάμους ανάπτυξης απ' ότι στον αγρό μάλλον οφείλεται σε αυξημένη δραστηριότητα των ανταγωνιστικών μικροοργανισμών σε αυξημένες θερμοκρασίες

που επικρατούν εκεί. Επιπλέον, η καλύτερη μίξη των compost που πραγματοποιείται στα φυτοδοχεία σε σχέση με αυτήν στο αγρό πιθανά επίσης μπορεί να ευθύνεται για τη παρατηρούμενη διαφοροποίηση στην αποτελεσματικότητα.

Οι Hoitink και Boehm (1999) πρότειναν τους παρακάτω πιθανούς βιολογικούς μηχανισμούς με τους οποίους τα compost βοηθούν τον έλεγχο των ασθενειών

1. Επιτυχής παρασιτισμός εναντίον των παθογόνων από επωφελείς μικροοργανισμούς.
2. Παραγωγή αντιβιοτικών ουσιών από επωφελείς μικροοργανισμούς
3. Ανταγωνισμός για θρεπτικά συστατικά από επωφελείς μικροοργανισμούς.
4. Ενεργοποίηση γονιδίων αντοχής και άμυνας των φυτών από επωφελείς μικροοργανισμούς (επίκτητη διασυστηματική αντοχή).
5. Βελτίωση της ευρωστίας των φυτών εξαιτίας της καλύτερης θρέψης.

Οι τελευταίοι τρόποι δράσης (4 και 5) προτάθηκαν για να εξηγήσουν περιπτώσεις που η επισχετική δράση των compost δεν συνδέονταν με μείωση του πληθυσμού του παθογόνου (Lumsden *et al*, 1983, Zhang *et al*, 1996, Abbasi *et al*, 1997, Lievens *et al*, 2001) ή που το παθογόνο δεν ήταν εδαφογενές (Huelsman & Edwards, 1998.) Οι McKellar και Nelson (2003) υποστηρίζουν ότι τα compost περιέχουν ομάδες μικροοργανισμών που αποδημούν τα λιπαρά οξέα που εκκρίνονται από τους σπόρους. Τα σποριαγγεία του *Pythium ultimum* διεγείρονται και αναπτύσσονται από αυτά τα λιπαρά οξέα και πιθανά ο έλεγχος της ασθένειας που προκαλείται να σχετίζεται με το γεγονός αυτό.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός δημοσιευμένων εργασιών που αναφέρουν την ανίχνευση και ταυτοποίηση συγκεκριμένων ειδών ανταγωνιστικών βακτηρίων και μυκήτων στα compost. Οι Hoitink *et al.*, (2001, 1997) αναφέρουν ότι *Bacillus* spp, *Enterobacter* spp, *Flavobacterium balustinum*, *Pseudomonas* spp. και άλλα βακτηριακά γένη και *Streptomyces* spp. καθώς και *Penicillium* spp. διάφορα *Trichoderma* spp., στελέχη *Gliocladium* (= *Trichoderma*) *virens* και άλλοι μύκητες είχαν προσδιοριστεί σαν ανταγωνιστικοί των παθογόνων παράγοντες μέσα σε κομποστοποιημένα υλικά υποστρώματα. Οι Chen *et al*, (1987), οι Boehm *et al* (1993) και Boulter *et al* (2002a) χρησιμοποίησαν μεθόδους σε τρυβλία για να εντοπίσουν ποιοι από τους

μικροοργανισμούς που απομονώθηκαν σε compost ήταν υπεύθυνοι για την επισχετικότητα του.

Άλλοι μηχανισμοί που από διάφορους επιστήμονες έχουν προταθεί προκειμένου να εξηγήσουν την επισχετική δράση των compost είναι η παρουσία τοξικών ή διεγερτικών πτητικών ενώσεων των compost (Tavoularis *et al*, 1995, Smolinska, 2000, Coventry *et al*, 2001), η αλλαγή των φυσικών ιδιοτήτων του υποστρώματος ανάπτυξης, της αγωγιμότητας και του pH του εδάφους (Tilston *et al*, 2002).

1.2.5 Εμβολιασμός των compost με βιολογικούς παράγοντες

Προκειμένου να παρασκευαστούν compost με σταθερά επισχετικές ιδιότητες έχει δοκιμασθεί ο εμπλουτισμός τους με μικροβιακά στελέχη που αποδεδειγμένα δρουν ανταγωνιστικά έναντι των φυτοπαθογόνων, όπως η *Trichoderma* spp. και το *Flavobacterium balustinum* (De Ceuster & Hoitink, 1999 Hoitink *et al*, 2001, Ryckeboer, 2001, Nakasaki *et al*, 1998). Τα compost μπορούν να λειτουργήσουν ως θρεπτικό υπόστρωμα για τους μικροοργανισμούς ανταγωνιστές των εδαφογενών παθογόνων (Ramona & Line, 2002). Έχει υποστηριχθεί επίσης ότι η προσθήκη στα compost συνδυασμών μικροοργανισμών-ανταγωνιστών είναι περισσότερο αποτελεσματική από την χρήση μεμονωμένων ανταγωνιστών (Ryckeboer, 2001).

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Το παθογόνο *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici*

Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε το στέλεχος CBS 101587 του φυτοπαθογόνου μύκητα *F. oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* (Central Bureau voor Schimmelcultures, Baam The Netherlands). Η διατήρηση του μύκητα γίνονταν σε τρυβλία Petri με θρεπτικό υλικό PDA (Potato Dextrose Agar). Οι ανακαλλιέργειες του παθογόνου γινόταν, σε ασηπτικές συνθήκες, κάθε περίπου 2 μήνες.

2.2 Προετοιμασία μολυσματικού υλικού του μύκητα *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici*

Για την παραγωγή μακροκονιδίων του μύκητα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στον εμβολισμό των υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Κωνικές φιάλες με υγρό θρεπτικό υπόστρωμα PDB (Potato Dextrose Broth) εμβολιάστηκαν ασηπτικά με τμήμα στερεής καλλιέργειας του μύκητα *F.oxysporum f.sp. radicis-lycopersici*. Ακολούθησε επώαση, για 4 ημέρες υπό συνεχή ανάδευση στις 150 στροφές/λεπτό και σε θερμοκρασία 25°C. Η απομάκρυνση του μυκηλίου έγινε με διήθηση της καλλιέργειας μέσω ηθμού (τουλουπάνι) με κατάλληλη διάμετρο πόρων. Τα μακροκονίδια απομονώθηκαν με φυγοκέντρηση στις 4.000 στροφές ανά λεπτό. Ακολούθησε επανααιώρηση των κονιδίων σε φυσιολογικό όρο (0,85% NaCl). Η συγκέντρωση των κονιδίων προσδιορίζονταν με τη χρήση αιματοκυττόμετρου (εικ.5) και μικροσκοπίου (εικ.6). Η συγκέντρωση των σπορίων στο διήθημα προκύπτει από τον τύπο:

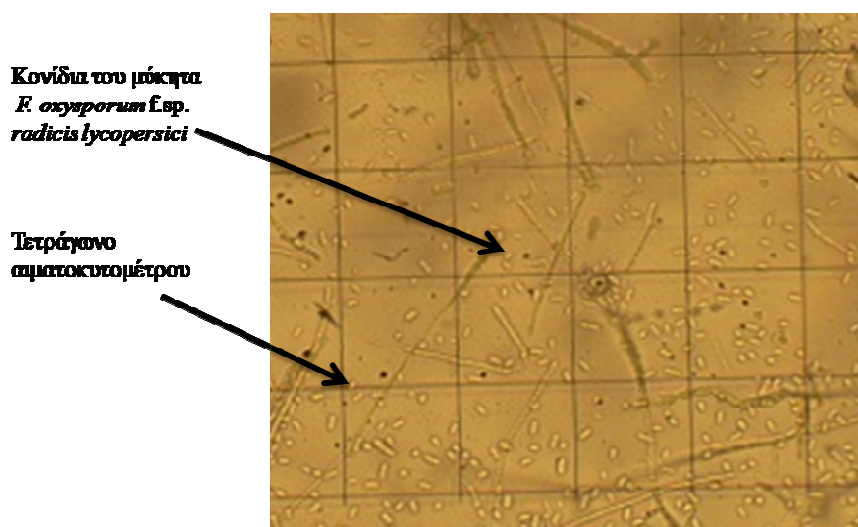
$$a \times 4 \times 25 \times 10^4 \times \text{συντελεστής αραιώσης} = \text{σπόρια} / \text{ml.}$$

όπου **a**: μέσος όρος σπορίων ανά τετράγωνο του αιματοκυττόμετρου,

Η τελική συγκέντρωση των σπορίων του *F. oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* που χρησιμοποιήθηκε στο υπόστρωμα ανάπτυξης για την μόλυνση των φυτών ήταν 10^5 σπόρια/ml.



Εικόνα 5. Αιματοκυττόμετρο (Χουρδάκη, 2011).



Εικόνα 6. Οπτικό πεδίο στο αιματοκυττόμετρο κατά τη μέτρηση των κονιδίων (Χουρδάκη, 2011).

2.3 Το φυτικό υλικό και χειρισμοί πριν την σπορά

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν σπόροι τομάτας (*Lycopersicon esculentum*), ποικιλίας ACE55 οι οποίοι δεν είχαν επικαλυφθεί με μυκητοκτόνα. Η ποικιλία ACE55 δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη ανθεκτικότητα σε παθογόνα. Οι σπόροι απολυμάνθηκαν σε διάλυμα χλωρίνης εμπορίου (NaClO), συγκέντρωσης 0,5% για 5 λεπτά. Ακολούθησε καλό ξέπλυμα με νερό βρύσης.

2.4 Τα compost που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη

Στην εργασία εξετάστηκε η επισχετικότητα δύο διαφορετικών compost. Το πρώτο compost είχε παρασκευαστεί από αγροτοβιομηχανικά υπολείματα (HC) και

συγκεκριμένα από υποπροϊόντα ελαιουργείας στην περιοχή Περιβόλια Χανίων.

Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή του εδαφοβελτιωτικού είναι αποκλειστικά τα παραπροϊόντα επεξεργασίας του ελαιοκάρπου, δηλ. ο ελαιοπυρήνας, τα φύλλα ελιάς και τα φυτικά υγρά (λιόζουμο ή κατσίγαρος). Στο εδαφοβελτιωτικό δεν υπάρχουν εδαφικοί φυτοπαθογόνοι οργανισμοί και σπόροι ζιζανίων, διότι οι πρώτες ύλες για την παραγωγή του προέρχονται από τα εναέρια τμήματα του ελαιοδέντρου. Η διαδικασία κομποστοποίησης που ακολουθείται για την παραγωγή του είναι αερόβια με όλα τα θετικά αποτελέσματά αυτού του είδους της ζύμωσης να εντοπίζονται στο τελικό προϊόν. Πιο συγκεκριμένα το τελικό προϊόν είναι αποστειρωμένο αφού παραμένει σε υψηλές θερμοκρασίες για μεγάλο χρονικό διάστημα, και οι απώλειες του αζώτου που περιέχεται στα αρχικά υλικά είναι μικρές. Ως προς την κοκκομετρία, το ώριμο compost, είναι μικρότερο από 5mm.

Το δευτερο compost είχε παρασκευαστεί από από αστικά απορρίμματα (ΔC) της πόλεως των Χανίων

Στις δεξαμενές ταχείας κομποστοποίησης το οργανικό κλάσμα, αφού έχει αναμειχθεί με τεμαχισμένα κλαδιά, αναδεύεται περιοδικά για 4 έως 6 εβδομάδες. Μια περίπλοκη βιοχημική επεξεργασία σε αερόβιες συνθήκες και ελεγχόμενη υγρασία, που έχει ως αποτέλεσμα, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικό εδάφους. Το παραγόμενο compost διαχωρίζεται από ξένα σώματα, με κόσκινα τύπου flip-flop και διάταξη συνδυασμένου αεροδυναμικού και βαλλιστικού διαχωρισμού, για να συνεχίσει την ωρίμανσή του σε σειράδια. Στη συνέχεια αποθηκεύεται ή συσκευάζεται ώστε να οδηγηθεί στην αγορά.

Ως προς την κοκκομετρία, το ώριμο compost είναι μικρότερο από 6,3mm σε ποσοστό 80% περίπου κατά βάρος. Το ώριμο compost είναι πλούσιο σε οργανική ουσία. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) διαμορφώνεται σε χαμηλά σχετικά επίπεδα για compost απορριμμάτων. Η σχέση C/N είναι πολύ χαμηλή. Η περιεκτικότητά του σε βαριά μέταλλα βρίσκεται κάτω των επιτρεπτών ορίων.

Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μείγματα των compost σε διάφορες αναλογίες τύρφης εμπορίου

Σε κατάλληλα δοχεία αναμίχθηκαν τα compost με την τύρφη (Peat moss, Sunu Kura, Seda joint-Stock company) στις παρακάτω αναλογίες:

1^ο μείγμα: 100% τύρφη (T) – 0% compost.

2^ο μείγμα: 75% τύρφη – 25% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC25%).

3^ο μείγμα: 50% τύρφη – 50% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC50%).

4^ο μείγμα: 25% τύρφη – 75% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC75%).

5^ο μείγμα: 75% τύρφη – 25% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC25%).

6^ο μείγμα: 50% τύρφη – 50% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC50%).

7^ο μείγμα: 25% τύρφη – 75% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC75%).

Οι παραπάνω αναλογίες στην συνέχεια του πειράματος τροποποιήθηκαν ως εξής:

1^ο μείγμα: 100% τύρφη (T) – 0% compost.

2^ο μείγμα: 95% τύρφη – 5% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC25%).

3^ο μείγμα: 90% τύρφη – 10% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC10%).

4^ο μείγμα: 85% τύρφη – 15% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC15%).

5^ο μείγμα: 95% τύρφη – 5% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC5%).

6^ο μείγμα: 90% τύρφη – 10% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC10%).

7^ο μείγμα: 85% τύρφη – 15% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC15%).

Σε όλα τα παραπάνω μείγματα προστέθηκε νερό μέχρι το όριο της υδατοχωρητικότητας τους.

2.5 Ανάπτυξη φυτών τομάτας

Τα μείγματα compost-τύρφης χρησιμοποιήθηκαν για το γέμισμα φυτοδοχείων χωρητικότητας 600 cm³. Με τον τρόπο αυτό ετοιμάστηκαν 12 φυτοδοχεία ανά μείγμα.

Το κάθε φυτοδοχείο θεωρήθηκε μια επανάληψη. Προκειμένου να πετύχουμε ομοιόμορφη θρέψη των φυτών τα υποστρώματα εμπλουτίστηκαν με λίπασμα (N-P-K) σε ποσότητα ίση με 0,32 γραμμάρια ανά φυτοδοχείο. Ακολούθησε φύτευση 10 σπόρων τομάτας, ποικιλίας ACE55. Τα φυτοδοχεία στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης φυτών στους 25°C και σε φωτοπερίοδο 16 ώρες φως / 8 ώρες σκοτάδι. Το πότισμα γινόταν καθημερινά στο αρχικό βάρος του υποστρώματος. Μετά την βλάστηση των σπόρων, 15 μέρες περίπου μετά την σπορά επιλέχθηκαν τα 5 περισσότερο εύρωστα φυτά για την συνέχεια του πειράματος.

2.6 Μόλυνση των φυτών με τον μύκητα *Fusarium oxysporum f.sp. radicis lycopersici*

Τα μακροκονίδια που απομονώθηκαν από τις υγρές καλλιέργειες του μύκητα σε PDB χρησιμοποιήθηκαν για τον εμβολιασμό του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών. Η πρώτη μόλυνση πραγματοποιήθηκε 8 ημέρες μετά την σπορά και η δεύτερη 14 μέρες μετά την σπορά. Η προσθήκη των κονιδίων έγινε με την μορφή υδατικού εναιωρήματος τους. Η τελική συγκέντρωση των σπορίων του *F.oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών ήταν 10^5 σπόρια/ml. Στις γλάστρες που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες (control) έγινε προσθήκη μόνο νερού (χωρίς κονίδια). Αμέσως μετά την πρώτη μόλυνση η θερμοκρασία του θαλάμου ανάπτυξης των φυτών ρυθμίστηκε στους 18 °C η οποία θεωρείται η ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξη του μύκητα *F. oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* προκειμένου να εκδηλώσει την παθογένεια του. Δέκα ημέρες μετά την πρώτη μόλυνση των φυτών παρατηρήθηκαν οι πρώτες σήψεις των φυτών οι οποίες και στη συνέχεια καταγράφονταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα για 8 εβδομάδες.

2.7 Παραλαβή υδατικών εκχυλισμάτων compost

Διακόσια (200) g από κάθε compost τοποθετήθηκαν σε διαφορετικά ποτήρια ζέσεως και στα οποία επιπλέον προστέθηκαν από 600 ml απιονισμένου νερού στο καθένα. Ακολούθησε ισχυρή ανάδευση για 30min. Στην συνέχεια το μείγμα διηθήθηκε με τη βοήθεια ηθμού για την απομάκρυνση των μεγάλων κομματιών compost. Για την απομάκρυνση μικρότερου μεγέθους στερεών το εκχύλισμα φυγοκεντρήθηκε για 8min σε 4.600 στροφές ανά λεπτό.

2.8 Εκτίμηση φυτοτοξικότητας των Compost

Για την εκτίμηση φυτοτοξικότητας των δύο compost και τις τύρφης, χρησιμοποιήθηκαν για κάθε χειρισμό, 5 αποστειρωμένα γυάλινα τρυβλία, ίδιου μεγέθους, και τοποθετήθηκαν στην βάση τους 3 κομμάτια διηθητικού χαρτιού στο καθένα, ίδιου μεγέθους με εκείνη των τρυβλίων.

Προστέθηκαν 5ml σε κάθε τρυβλίο από το αντίστοιχο εκχύλισμα. Τοποθετήθηκαν 10 σπόροι τομάτας ποικιλίας ACE55, έπειτα προστέθηκε ένα δεύτερο διηθητικό χαρτί και προστέθηκε 1ml εκχυλίσματος.

Τα τρυβλία τυλίχθηκαν με αλουμινόχαρτο και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες (22 °C, ±1), για 6 μέρες.

2.9 In vitro εκτίμηση της επισχετικότητας εκχυλισμάτων Compost στην ανάπτυξη μυκηλίου του *Fusarium oxysporum f.sp. radialis-lycopersici*.

Για τη δημιουργία θρεπτικού υποστρώματος ανάπτυξης μυκηλίου τοποθετήθηκαν σε κωνική φιάλη, 500ml εκχυλίσματος από το κάθε compost και προστέθηκαν 500ml απιονισμένου νερού, 24gr Potato Dextrose Broth (Fluka) και 15gr Άγαρ. Η διαδικασία έγινε ξεχωριστά για κάθε εκχύλισμα. Σαν μάρτυρας χρησιμοποιήθηκαν, το θρεπτικό υπόστρωμα Potato Dextrose Agar που περιείχε 1l νερό, 24gr Potato Dextrose Broth (Fluka), 15gr Άγαρ, και το εκχύλισμα από τύρφη. Οι κωνικές φιάλες καλύφθηκαν και τοποθετήθηκαν στον κλίβανο για να αποστειρωθούν. Στη συνέχεια το κάθε εκχύλισμα διανεμήθηκε σε τρυβλία και όταν σταθεροποιήθηκαν τοποθετήθηκαν στο ψυγείο. Την επόμενη μέρα έγινε εμβολιασμός του μύκητα *F.oxysporum f.sp. radialis-lycopersici* σε κάθε υπόστρωμα ανάπτυξης. Πραγματοποιήθηκαν 5 επαναλήψεις για το κάθε εκχύλισμα.

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Έλεγχος της φυτοτοξικότητας των compost

Για να διερευνηθεί πιθανή τοξικότητα των δύο υποστρωμάτων που περιείχαν αστικά (ΔC) και αγροτοβιομηχανικά (HC) υποστρώματα ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Σπόροι τομάτας, ποικιλίας ACE55, φυτεύτηκαν χρησιμοποιώντας μείγματα των compost σε τύρφη στις αναλογίες που παρουσιάζονται παρακάτω.

1^ο μείγμα: 100% τύρφη (T) – 0% compost.

2^ο μείγμα: 75% τύρφη – 25% compost από αστικά υπολείμματα (ΔC25%).

3^ο μείγμα: 50% τύρφη – 50% compost από αστικά υπολείμματα (ΔC50%).

4^ο μείγμα: 25% τύρφη – 75% compost από αστικά υπολείμματα (ΔC75%).

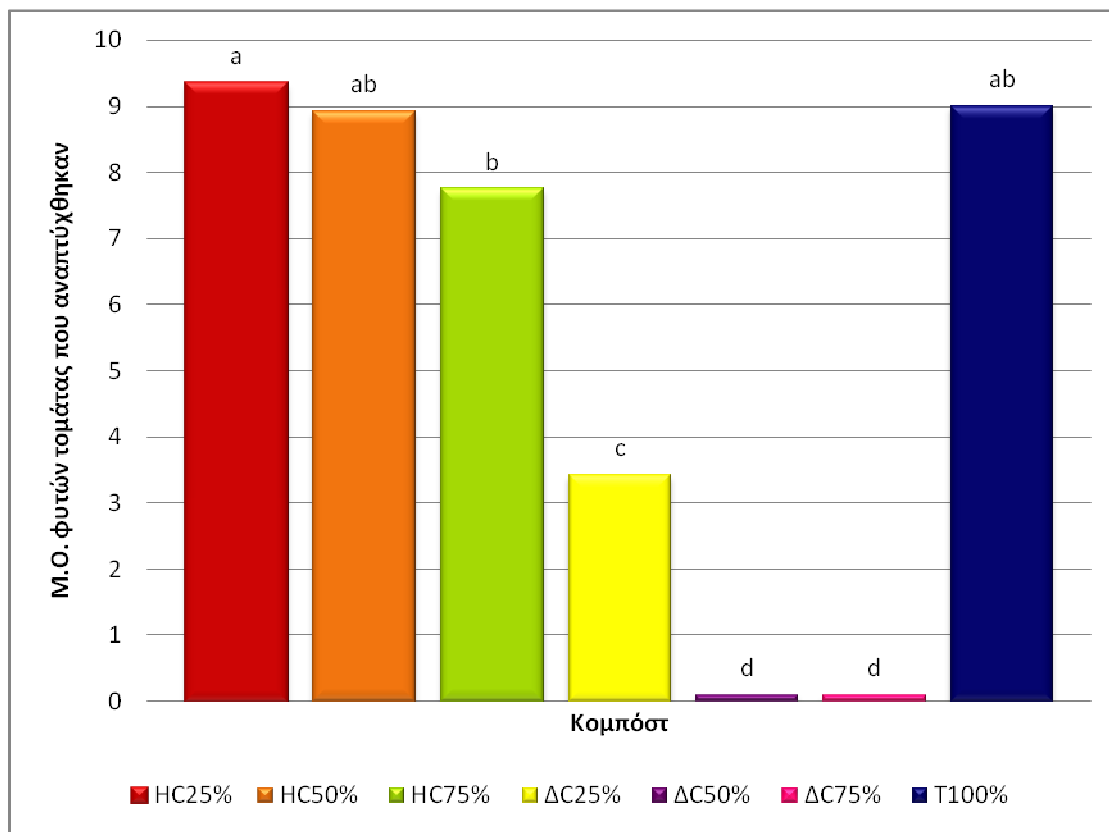
5^ο μείγμα: 75% τύρφη – 25% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC25%).

6^ο μείγμα: 50% τύρφη – 50% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC50%).

7^ο μείγμα: 25% τύρφη – 75% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC75%).

Τα μείγματα μοιράστηκαν σε φυτοδοχεία (6 φυτοδοχεία ανά χειρισμό) και σε καθένα από αυτά φυτεύτηκαν 10 σπόροι τομάτας όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο ‘Υλικά και Μέθοδοι’. Το κάθε φυτοδοχείο αποτέλεσε μια επανάληψη. Έπειτα από 7 ημέρες έγινε η πρώτη καταμέτρηση των σπόρων που φύτρωσαν, καθώς και μακροσκοπική παρατήρηση της ανάπτυξης των φυτών. Το αποτέλεσμα ήταν η διαπίστωση της σχεδόν μηδενικής φυτρωτικής ικανότητας των μιγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν σε σχέση με τον μάρτυρα (T). Μετά από αυτό, τα φυτοδοχεία με τα μείγματα και τους σπόρους τομάτας διατηρήθηκαν στον θάλαμο ανάπτυξης για επιπλέον 7 ημέρες (συνολικά 14 ημέρες μετά την φύτευση). Στην συνέχεια ακολούθησε νέα καταμέτρηση των σπόρων που βλάστησαν (ανεπτύχθησαν) ανά μείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Στο γράφημα 1 εμφανίζεται ο μέσος όρος των σπόρων που φύτρωσαν ανά φυτοδοχείο σε κάθε μείγμα υποστρωμάτων διαφορετικής

σύστασης. Παρατηρείται ότι τα μείγματα από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα δεν διαφέρουν στατιστικά με αυτά της τύρφης, ενώ τα μείγματα HC25% και HC75%, διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (εικ.7).



Γράφημα 1. Μέσος όρος σπόρων τομάτας που φύτρωσαν σε μείγματα υποστρωμάτων διαφορετικής σύνθεσης.



Εικόνα 7. Μακροσκοπική παρατήρηση ανάπτυξης των φυτών σε υπόστρωμα αγροτοβιομηχανικών υπολειμμάτων. Από αριστερά προς τα δεξιά της εικόνας φαίνεται ο μάρτυρας (H-ΔC0), το μείγμα compost- τύρφη 25- 75% (HC25), το μείγμα compost- τύρφη 50- 50% (HC50), το μείγμα compost- τύρφη 75- 25%(HC75) (Χουρδάκη, 2011).

Όσον αφορά τα μείγματα από αστικά απορρίμματα παρατηρείται ότι το μείγμα ΔC25% διαφέρει στατιστικά και από τον μάρτυρα (T) και από τα μείγματα των αγροτοβιομηχανικών υπολειμμάτων. Στα μείγματα ΔC50% και ΔC75% δεν φύτρωσε κανένας σπόρος, οπότε διαφέρουν στατιστικά με τα υπόλοιπα. Στην εικόνα 8, φαίνεται ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο μείγμα ΔC25% από compost από αστικά απορρίμματα ήταν πολύ καχεκτικά, συγκριτικά με τον μάρτυρα (T), ενώ στο ΔC50% και ΔC75% φαίνεται ότι δεν υπάρχει ανάπτυξη των φυτών.



Εικόνα 8. Μακροσκοπική παρατήρηση ανάπτυξης των φυτών σε υπόστρωμα από αστικά απορρίμματα. Από αριστερά προς τα δεξιά της εικόνας φαίνεται το μείγμα compost- τύρφη 75-25% (ΔC75), το μείγμα compost- τύρφη 50- 50% (ΔC50), το μείγμα compost- τύρφη 25- 75% (ΔC25), ο μάρτυρας (H-ΔC0) (Χουρδάκη, 2011).

Για να ερευνηθεί η αιτία για την οποία οι σπόροι δεν μπόρεσαν να φυτρώσουν και να αναπτυχθούν φυσιολογικά τα φυτά τομάτας, μετρήθηκε στο εργαστήριο εδαφολογίας στο Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα των διαφορετικών υποστρωμάτων. Στον πίνακα 2 εμφανίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Παρατηρείται ότι οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι αρκετά υψηλές και πάνω από το όριο της επιτρεπόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη τομάτα το οποίο είναι στα 2,5 mS/cm (Ya Ling Li *et al*, 2001). Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο compost από τα αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα είναι υψηλότερη από το όριο αυτό, αφού μετρήθηκε 3,71 mS/cm. Όμως, το γεγονός ότι αυτά εφαρμόστηκαν σε μείγματα με τύρφη σε διάφορες αναλογίες και οι πιθανολογούμενες εκπλύσεις των αλάτων από τα ποτίσματα τελικά επέτρεψαν το φύτρωμα των σπόρων. Αντίθετα στην περίπτωση των compost από τα αστικά υπολείμματα η ηλεκτρική αγωγιμότητα βρέθηκε υπερβολικά

μεγάλη αφού μετρήθηκε 19,26mS/cm και προφανώς δεν μειώθηκε στα μείγματα με την τύρφη και μετά τις εκπλύσεις με τα ποτίσματα. Έτσι διαπιστώθηκε ότι η υψηλή αγωγιμότητα ήταν η αιτία της χαμηλής φυτρωτικότητας στους χειρισμούς που περιείχαν το compost αυτό.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα μετρήσεων pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα
H₂O	5,77	1 mS/cm
Τύρφη	5,64	0,999 mS/cm
Αστικά απορρίμματα	7,78	19,26 mS/cm
Αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα	7,13	3,71 mS/cm

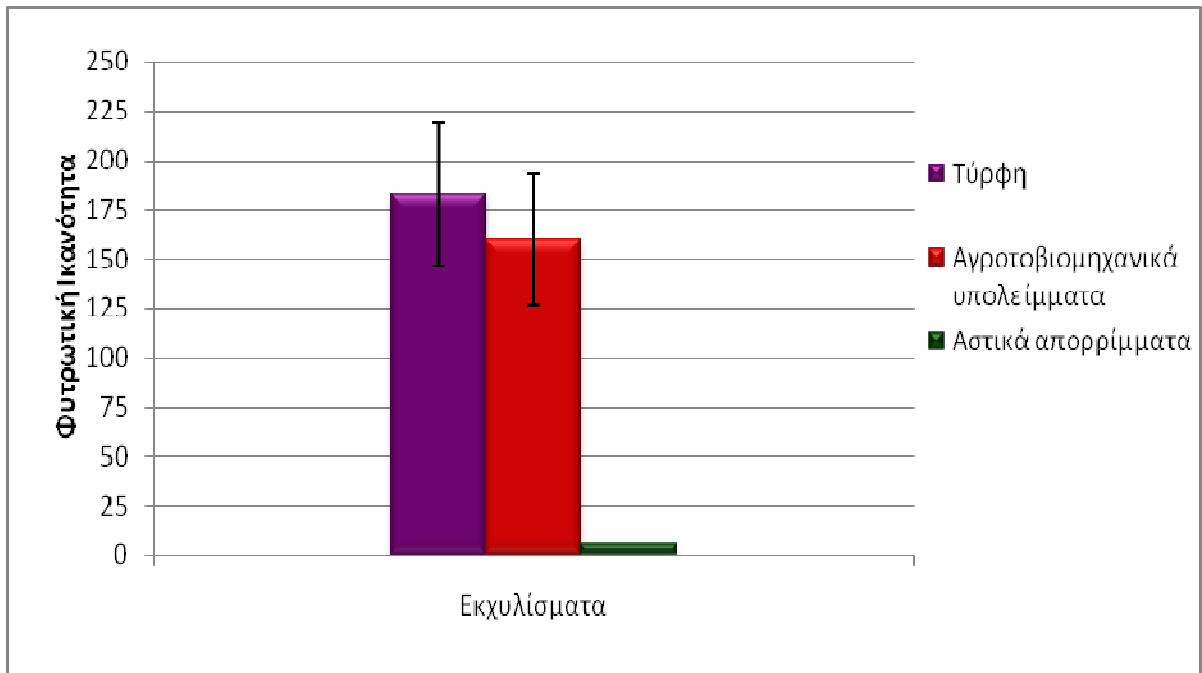
3.2 Εκτίμηση της φυτοτοξικότητας των compost

Για να γίνει ποσοτικοποίηση της φυτοτοξικότητας των compost με τρόπο περισσότερο επιστημονικά αποδεκτό ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογία. Έγινε η λήψη υδατικών εκχυλισμάτων, με τη διαδικασία που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο ‘Υλικά και Μέθοδοι’ (σελ. 33). Σε τρυβλία τοποθετήθηκε διηθητικό χαρτί, το εκχύλισμα του αντίστοιχου compost ή της τύρφης, και 10 σπόροι τομάτας. Τα τρυβλία τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκρασία 22 °C, ± 1 °C). Μετά από 6 ημέρες έγινε η καταμέτρηση των σπόρων τομάτας που φύτρωσαν, καθώς και η μέτρηση του μήκους του ριζιδίου (εικ. 9).

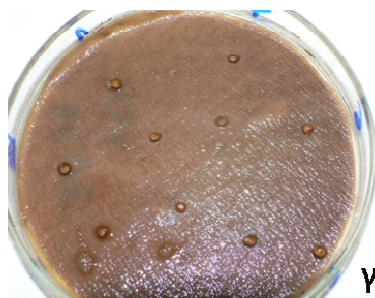
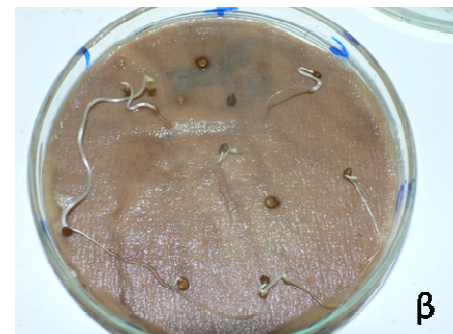
Ο δείκτης για την φυτρωτική ικανότητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$\% \text{ Φυτρωτική ικανότητα} = (\text{αριθμός σπόρων που φύτρωσαν στο χειρισμό} / \text{αριθμός σπόρων που φύτρωσαν στο μάρτυρα}) \times (\text{μήκος ριζιδίου του κάθε χειρισμού} / \text{μήκος ριζιδίου του μάρτυρα}) \times 100.$

Στο γράφημα 2, παρατηρείται ότι στο χειρισμό που εφαρμόστηκε εκχύλισμα από το compost με τα αστικά υπολείμματα ο δείκτης φυτρωτικής ικανότητας είναι μηδενικός. Το γεγονός αυτό δείχνει την υψηλή φυτοτοξικότητα του αντίστοιχου compost. Στην περίπτωση του χειρισμού με το εκχύλισμα από το compost των αγροτοβιομηχανικών υπολειμμάτων ο δείκτης φυτρωτικής ικανότητας έχει τιμές συγκρίσιμες με αυτές του μάρτυρα (Τ). Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με αυτά που κατεγράφησαν στο πρώτο πείραμα όπου φυτευτήκαν σπόροι τομάτας σε φυτοδοχεία με μείγματα από τα αντίστοιχα compost.



Γράφημα 2. Εκτίμηση φυτοτοξικότητας σπόρων τομάτας σε εκχυλίσματα compost



Εικόνα 9. Έλεγχος φυτρωτικής ικανότητας σπόρων τομάτας σε τρυβλία Petri α. υδατικό εκχύλισμα τύρφης, β. υδατικό εκχύλισμα από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα, γ. υδατικό εκχύλισμα από αστικά απορρίμματα (Χουρδάκη, 2011).

3.3 Εκτίμηση της επισχετικότητας των compost έναντι του μύκητα *Fusarium oxysporum f.sp. radicans-lycopersici* σε φυτά τομάτας

Εξαιτίας της χαμηλής φυτρωτικότητας των σπόρων τομάτας στα μείγματα με σχετικά υψηλή συγκέντρωση compost, η οποία πιθανότατα οφείλεται στην αυξημένη ηλεκτρική αγωγιμότητα τους, και προκειμένου να ελεγχθεί η επισχετικότητα έναντι του *F. oxysporum f.sp. radicans-lycopersici* οι αναλογίες των compost τροποποιήθηκαν ως εξής:

1^ο μείγμα: 100% τύρφη (T) – 0% compost.

2^ο μείγμα: 95% τύρφη – 5% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC25%).

3^ο μείγμα: 90% τύρφη – 10% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC10%).

4^ο μείγμα: 85% τύρφη – 15% compost από αστικά απορρίμματα (ΔC15%).

5^ο μείγμα: 95% τύρφη – 5% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC5%).

6^ο μείγμα: 90% τύρφη – 10% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC10%).

7^ο μείγμα: 85% τύρφη – 15% compost από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (HC15%).

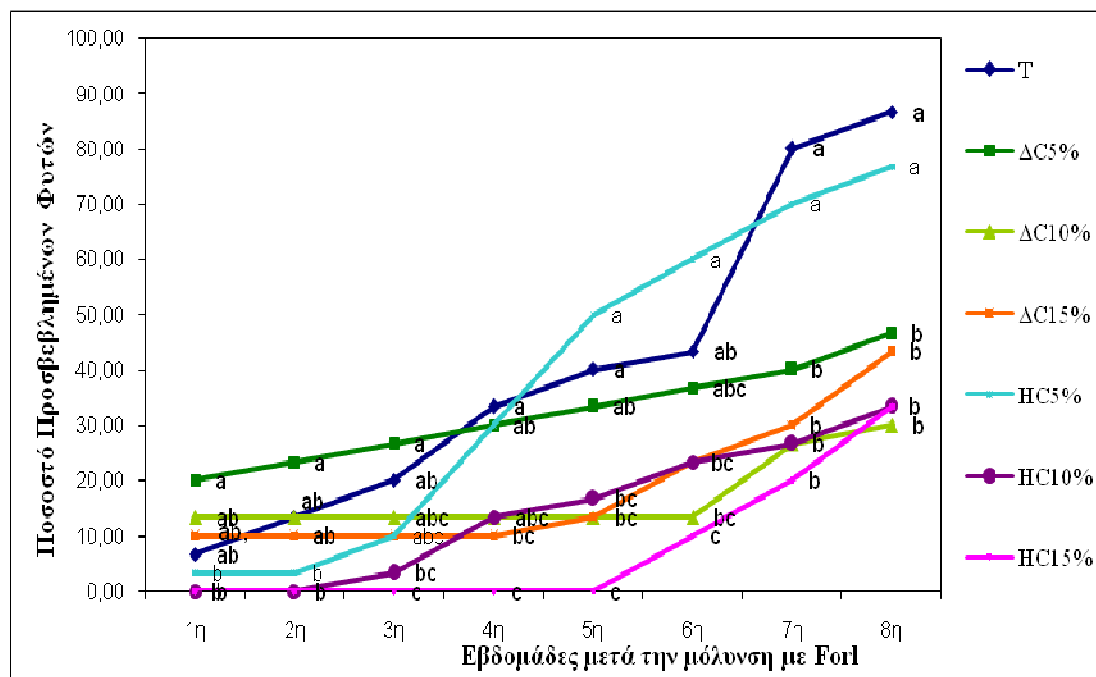
Και στις δύο περιπτώσεις η σχετικές συγκεντρώσεις των compost στο τελικό μείγμα ελαττώθηκαν δραστικά σε σχέση με τον αρχικό πειραματικό σχεδιασμό.

Έγινε η φύτευση 10 σπόρων τομάτας και μετά από 5 ημέρες επιλέχθηκαν τα 5 πιο εύρωστα φυτά ενώ τα υπόλοιπα αφαιρέθηκαν. Την 8^η ημέρα μετά τη σπορά έγινε ο πρώτος εμβολιασμός των φυτών με κονίδια του μύκητα *F. oxysporum f.sp. radicans-lycopersici* σε τελική συγκέντρωση 10^5 σπόρια/ml compost-τύρφης.

Περίπου 7 ημέρες μετά την μόλυνση άρχισαν να παρατηρούνται τα πρώτα συμπτώματα της ασθένειας στα φυτά, λόγω της προσβολής από τον μύκητα, δηλαδή η σήψη στην περιοχή του λαιμού και σταδιακά η νέκρωση των φυτών. Παρατηρήσεις γίνονταν, ανά τακτά χρονικά διαστήματα για 8 συνεχόμενες εβδομάδες.

Κάθε μια από τις καμπύλες του γραφήματος 3 αντιπροσωπεύει την εξέλιξη των νεκρώσεων των φυτών στην κατά τη διάρκεια εξέλιξης του πειράματος για καθένα από

τα μείγματα των compost που χρησιμοποιήθηκαν. Με την πάροδο του χρόνου, παρατηρήθηκε, όπως άλλωστε αναμένονταν, μια σταδιακή αύξηση των φυτών που νεκρώνονταν σε όλους τους χειρισμούς. Παρόλα αυτά ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνονται οι νεκρώσεις στο μάρτυρα είναι σαφώς μεγαλύτερος από σχεδόν όλους τους χειρισμούς με compost. Προς το τέλος του πειράματος (7 και 8 εβδομάδες μετά την μόλυνση) σχεδόν το 80 με 90% των φυτών του μάρτυρα έχει νεκρωθεί, ενώ τις ίδιες χρονικές στιγμές οι νεκρώσεις στα μείγματα compost κυμαίνονται από 25 έως 45%. Εξαιρέση αποτελεί ο χειρισμός HC5% όπου το ποσοστό των θανάτων είναι συγκρίσιμο με αυτό του μάρτυρα. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι για μια σειρά από μείγματα compost (όπως το HC15%) το ποσοστό των νεκρώσεων από το παθογόνο *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* ήταν τις πρώτες 5 εβδομάδες από μηδενικό έως πολύ χαμηλό. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι και τα δύο compost έχουν την ικανότητα να δρουν επισχετικά έναντι του παθογόνου *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* στις συνθήκες που πραγματοποιήθηκε το πείραμα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία όπως αυτή παρουσιάστηκε στη εισαγωγή η επισχετική δράση των compost μπορεί να σχετίζεται είτε με φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους είτε με βιολογικούς παράγοντες που υπάρχουν σε αυτά. Το γεγονός ότι τα συγκεκριμένα compost έχουν την ικανότητα να δρουν επισχετικά ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις, όπως αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν πείραμα, κάνει περισσότερο πιθανό η ικανότητας τους αυτή να σχετίζεται με την ύπαρξη σε αυτά μικροοργανισμών-ανταγωνιστών του παθογόνου και όχι σε φυσικοχημικές τους ιδιότητες.



Γράφημα 3. Εξέλιξη των νεκρωμένων φυτών τομάτας από τον μύκητα *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* κατά την ανάπτυξή τους στα μείγματα compost-τύρφης σε διάφορες αναλογίες.

Τα γράμματα a, b, c που εμφανίζονται στο γράφημα 3, δείχνουν αν υπάρχουν ή όχι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, ANOVA. Όταν οι επεμβάσεις εμφανίζουν κοινά γράμματα, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

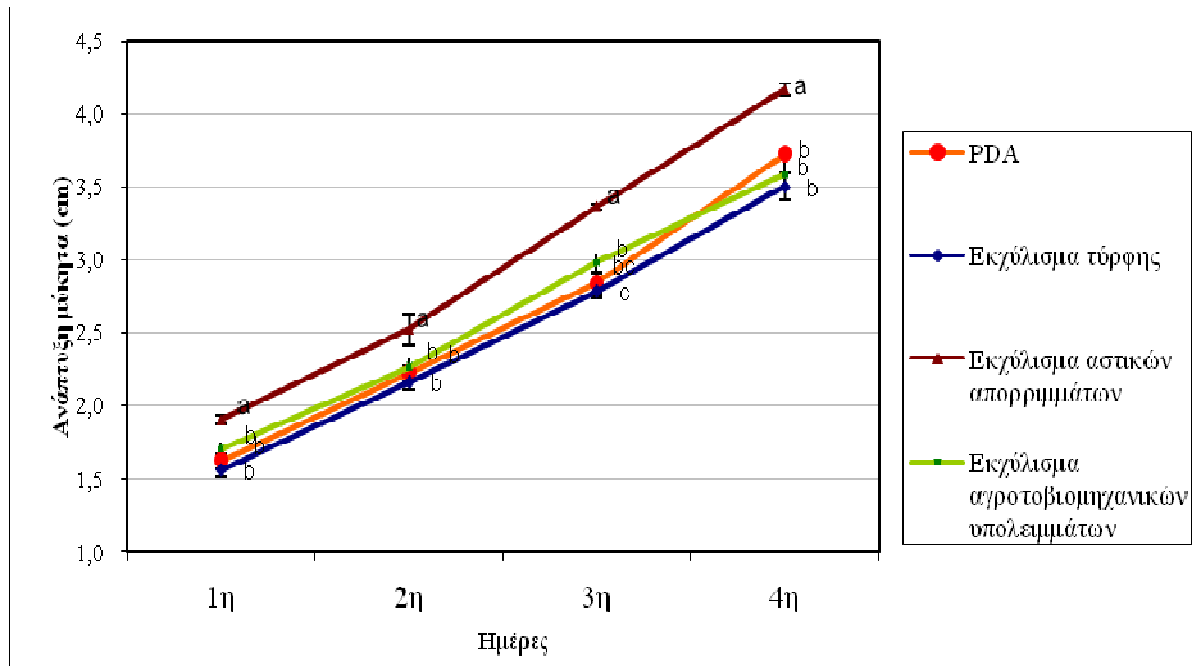
3.4 *In vitro* εκτίμηση της επισχετικότητας εκχυλισμάτων compost στην ανάπτυξη μυκηλίου του *Fusarium oxysporum f.sp. radicis - lycopersici*

Για να διερευνηθεί, κατά το δυνατόν, ο μηχανισμός με τον οποίο δρουν επισχετικά τα compost έναντι του φυτοπαθογόνου μύκητα *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici*, ελέγχθηκε η *in vitro* κατασταλτική δράση υδατικών εκχυλισμάτων των compost στην ανάπτυξη του μυκηλίου του παθογόνου. Μετά την λήψη υδατικών εκχυλισμάτων προστέθηκαν σε κωνική φιάλη, το εκχύλισμα του compost, απιονισμένο νερό, Potato Dextrose Broth (PDB) και Άγαρ, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο ‘Υλικά και Μέθοδοι’ (σελ. 33). Η διαδικασία έγινε ξεχωριστά για κάθε εκχύλισμα. Σαν μάρτυρας χρησιμοποιήθηκαν, το εκχύλισμα από τύρφη και το θρεπτικό υπόστρωμα Potato Dextrose Agar (PDA) που περιείχε νερό, Potato Dextrose Broth (PDB) και Άγαρ. Τα τροποποιημένα θρεπτικά μέσα με τα εκχυλίσματα αποστειρώθηκαν στο αυτόκαυστο και μοιράστηκαν σε τρυβλία για να στερεοποιηθούν (για το κάθε

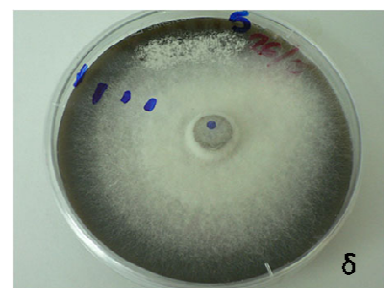
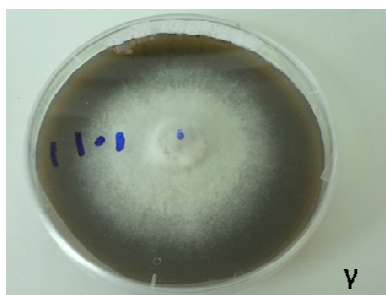
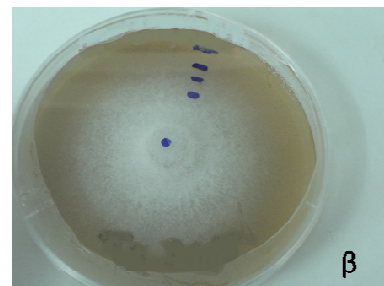
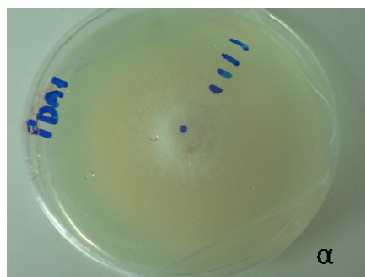
εκχύλισμα έγιναν 5 επαναλήψεις). Την επόμενη ημέρα έγινε ο εμβολιασμός του μύκητα *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* σε κάθε υπόστρωμα ανάπτυξης (εικ. 10).

Όπως φαίνεται στο γράφημα 4 η ανάπτυξη του μυκηλίου του μύκητα *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* δεν παρεμποδίστηκε από την παρουσία στο θρεπτικό μέσο εκχυλισμάτων από τα compost. Στην περίπτωση μάλιστα όπου χρησιμοποιήθηκε εκχύλισμα από αστικά υπολείμματα, η ανάπτυξη του μυκηλίου φαίνεται να αυξάνεται στατιστικά σημαντικά σε σχέση με τον μάρτυρες (σκέτο PDA ή με εκχύλισμα τύρφης). Με άλλα λόγια η παρουσία του compost από αστικά απορρίμματα φαίνεται να προάγει την ανάπτυξη του μύκητα παρόλο που το ίδιο compost παρεμποδίζει την δράση του ως φυτοπαθογόνο (γράφημα. 3). Το γεγονός αυτό μειώνει τις πιθανότητες ύπαρξης χημικών παρεμποδιστικών ουσιών στο compost που δρουν φυτοπροστατευτικά έναντι του φυτοπαθογόνου και αυξάνει την πιθανότητα η επισχετική του δράση να οφείλεται σε μικροοργανισμούς. Οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορεί να δρουν είτε απευθείας στο παθογόνο είτε να επάγουν ενδογενείς μηχανισμούς άμυνας του φυτού (επαγόμενη ανθεκτικότητα). Βέβαια δεν μπορεί να αποκλεισθεί η περίπτωση ότι η διαδικασία εκχύλισης και αποστείρωσης του εκχυλίσματος δεν κατόρθωσε ή κατέστρεψε αντίστοιχα κάποιο χημικό παράγοντα ου compost με αντι-μυκητιακή δράση.

Η αύξηση που παρατηρείται στον ρυθμό ανάπτυξης του μύκητα πιθανά μπορεί να αποδοθεί στην επιπλέον διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών (π.χ. σάκχαρα) τα οποία ευνοούν της ανάπτυξη του.



Γράφημα 4. Ανάπτυξη του μύκητα *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* σε εκχυλίσματα τύρφης και *compost*.



Εικόνα 10. Ανάπτυξη του μύκητα *F. oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* σε τρυβλία με **α.** θρεπτικό υπόστρωμα PDA, **β.** θρεπτικό υπόστρωμα που περιέχει υδατικό εκχύλισμα τύρφης, **γ.** θρεπτικό υπόστρωμα που περιέχει υδατικό εκχύλισμα από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα, **δ.** με θρεπτικό υπόστρωμα που περιέχει υδατικό εκχύλισμα από αστικά απορρίμματα (Χουρδάκη, 2011).

4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4.1 Ελληνική βιβλιογραφία

- Ανώνυμος**, 2001. «Peatering Out – Towards a sustainable UK growing media industry». English Nature, Peterborough, UK.
- Ανώνυμος**, 2011. «*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis – lycopersici*».
- Βακαλονάκης Δ.Ι.**, 2010. «Ασθένειες της τομάτας. Διάγνωση και αντιμετώπιση».
- Γραβάνης Φ.Θ.** «Η ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ». Τμήμα Φυτικής Παραγωγής Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι.), Λάρισα.
- Δασκαλάκη Α., Μπούρμπος Β.Α., Σκουντριδάκης Μ.Θ.**, 1992. «Συμπεριφορά μερικών υβριδίων τομάτας θερμοκηπίου στο μύκητα *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*». 6^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Πάτρα 6-8/10/92.
- Μπούρμπος Β.Α., Σκουντριδάκης Μ.Θ.**. «Εχθροί και ασθένειες τομάτας θερμοκηπίου-Μέρος Ι».
- Μπούρμπος Β.Α., Σκουντριδάκης Μ.Θ.**, 1988. «Η ηλιοθέρμανση του εδάφους στην αντιμετώπιση των εδαφικών ασθενειών των καλλιεργούμενων φυτών». Ενημερωτικό Δελτίο ΙΥΦΕ, Χανιά.
- Μπούρμπος Β.Α., Σκουντριδάκης Μ.Θ.**, 1992. «Δυνατότητα αντιμετώπισης της σήψης του λαιμού και των ριζών στην τομάτα (Crown root rot) με την ενσωμάτωση στο έδαφος χιτίνης. 6^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Πάτρα 6 – 8/10/92, 28.
- Μπούρμπος Β.Α.**, 1996. «Εναλλακτικοί τρόποι φυτοπροστασίας». Περιοδικό Αγροτικός Συνεργατισμός, τεύχος 11 – 12, σελ. 35 – 36. Αθήνα.
- Μπούρμπος Β.Α., Βενέτης Κ.**, 1999. «Δυνατότητα αντιμετώπισης της σήψης του λαιμού και των ριζών της τομάτας θερμοκηπίου με τη χρησιμοποίηση της ηλιοθέρμανσης σε συνδυασμό με θείο + *Thiobacillus* spp. και χιτίνη». 3rd European workshop on Methyl Bromide Alternatives for Southern Member States, 7 – 10 Dec. 1999, Heraclion.
- Παναγόπουλος Χ. Γ.**, 2000. «Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών». Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων**, 2008. «Χορήγηση οριστικής έγκρισης στο φυτοπροστατευτικό προϊόν (μυκητοκτόνο) HYMENAZOL ΥΨΙΛΟΝ 36 SL». Αθήνα.
<http://www.minagric.gr/greek/data/HYMEXAZOL%20%CE%A5%CE%A8%CE%99%CE%9B%CE%9F%CE%9D%2036%20SL.pdf> Τελευταία πρόσβαση 12.07.2011.

4.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Abbasi PA., Sahin F., Hoitink HAJ., Miller SA.,** 1997. «Induction of systemic resistance against bacterial spot in tomato seedlings by compost amended substrates and Actigard». *Phytopathology* 87:S2.
- Abbasi PA., Al-Dhamani J., Shain F., Hoitink HAJ., Miller SA.,** 2002. «Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in conventional and organic production systems». *Plant Disease* 85: 156-161.
- Aryantha IP., Cross R., Guest DI.,** 2000. «Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in potting mixes amended with uncomposted and composted animal manures». *Phytopathology* 90:775-782.
- Bailey KL., Lazarovits G.,** 2003. «Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments». *Soil & Tillage Research* 72:169-180.
- Ben-Yephet Y., Nelson EB.,** 1999. «Differential suppression of damping-off caused by *Pythium aphanidermatum*». *Plant Disease* 83:356-360.
- Benhamou N., Thériault G.,** 1992. «Treatment with chitosan enhances resistance of tomato plants to the crown and root rot pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*». *Faculté des Sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Canada*. 41, 33-52.
- Benhamou N., Richard R. Be Ianger,** 1998. «Benzothiadiazole-Mediated Induced Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in Tomato». *Universite Laval, Canada*, 118: 1203–1212.
- Blancard D.,** 1994. «A color Atlas of Tomato Diseases Observation, Identification and Control». *Manson Publishing, France*.
- Blancard Dominique a,** 2011. «*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*(Fusariose racinaire)». http://ephytia.inra.fr/tomate/tomate_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=tomate&main=1&ssrub1=8&ssrub2=13&ssrub3=47&id_fiche=30&theme=147 Τελευταία πρόσβαση 20.10. 2011.
- Blancard Dominique b,** 2011. «*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*(Fusariose racinaire, FORL)». http://ephytia.inra.fr/tomate/tomate_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=tomate&main=1&ssrub1=8&ssrub2=13&ssrub3=47&id_fiche=30&theme=147 Τελευταία πρόσβαση 20.10. 2011.
- Blok WJ., Lamers JG., Termorshuizen AJ., Bollen G.,** 2000. «Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping». *Phytopathology* 90:253-259.
- Boehm M., Madden LV., Hoitink HAJ.,** 1993. «Effect of organic matter decomposition level on bacterial species diversity and composition in relationship to *Pythium* damping-off severity». *Applied and Environmental Microbiology* 59:4179.
- Boulter JI., Trevors JT., Boland GJ.,** 2002a. «Microbial studies of compost: bacterial identification, and their potential for turfgrass pathogen suppression». *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 18:661-671.
- Chef DG., Hoitink HAJ., Madden LV.,** 1983. «Effects of organic compounds in container media on suppression of *Fusarium* wilt of chrysanthemum and flax». *Phytopathology*

73:279-285.

- Chen W., Hoitink HAJ., Schmitthenner AF.,** 1987. «Factors affecting suppression of *Pythium damping-off* in container media amended with composts». *Phytopathology* 77:755-760.
- Cheuk W., Lo KV., Branion R., Fraser B., Copeman R., Jolliffe P.,** 2003. «Applying leaf compost to suppress tomato disease». *BioCycle* 44: (1)50-51.
- Cotxarrera L., Trillas-Gay MI., Steinberg C., Alabouvette C.,** 2002. «Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium wilt* of tomato». *Soil Biology & Biochemistry* 34:467-476.
- Coventry E., Noble R., Whipps JM.,** 2001. «Composting of onion and other vegetable wastes, with particular reference to *Allium white rot*». Report CSA 4862, 1-95. Wellesbourne, Warwick, UK, Horticulture Research International.
- Coventry E., Noble R., Mead A., Whipps JM.,** 2002. «Control of *Allium white rot* (*Sclerotium cepivorum*) with composted onion waste». *Soil Biology & Biochemistry* 34:1037-1045.
- Day M., Shaw K.,** 2001. «Biological, chemical, and physical processes of composting». In: Stofella PJ., Kahn BA., editors. *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*. Boca Raton, USA: Lewis Publishers. P 17-50.
- De Ceuster TJJ., Hoitink HAJ.,** 1999a. «Prospects for composts and biocontrol agents as substitutes for methyl bromide in biological control of plant diseases». *Compost Science & Utilization* 7:6-15.
- De Ceuster TJJ., Hoitink HAJ.,** 1999b. «Using compost to control plant diseases». *BioCycle* 40:61-63.
- Dickerson GW.,** 1999. «Damping-off and root rot». *BioCycle* 37:80-87.
- Eastburn D.,** 2010. «Managing disease by managing soils». *Crop Sciences*, University of Illinois. <http://www.extension.org/pages/18638/managing-disease-by-managing-soils#1> Τελευταία πρόσβαση 12. 08. 2011.
- El-Masry MH., Khalil AI., Hassouna MS., Ibrahim HAH.,** 2002. «In situ and in vivo suppressive effect of agricultural composts and their water extracts on some phytopathogenic fungi». *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 18:551-558.
- Erhart E., Burian K., Hartl W., Stich K.,** 1999. «Suppression of *Pythium ultimum* by biowaste composts in relation to compost microbial biomass, activity and content of phenolic compounds». *Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift* 147:299-305.
- Fuschs JG.,** 1995. «Practical use of quality compost for plant health and vitality improvement». In: Insam H., Riddech N., Klammer S., editors. *Microbiology of Composting*. Berlin: Springer Verlag. P 435-444.
- Goldstein J.,** 1998. «Compost suppresses diseases in the lab and on the fields». *BioCycle* 39:62-62.
- Gorodecki B., Hadar Y.,** 1990. «Suppression of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* in container media containing composted separated cattle manure and composted grape marc». *Crop Protection* 9:271-274.
- Grondona I., Hermosa R., Tejada M., Gomis MD., Mateos P.F., Bridge P.D., Monte E. and Garcia-Acha I.,** 1997. «Physiological and biochemical characterization of

- Trichoderma harzianum*, a biological control agent against soilborne fungal plant pathogens». American Society for Microbiology. p. 3189–3198.
- Hadar Y., Mandelbaum R.,** 1986. «Suppression of *Pythium aphanidermatum* damping-off in container media containing composted liquorice roots». Crop Protection 5:88-92.
- Hibar K., Daami-Remadi M., and El Mahjoub M.,** 2007. «Induction of resistance in tomato plants against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* by *Trichoderma* spp». Tunisian, Journal of Plant Protection 2: 47 -58.
- Hibar K., Daami-Remadi M., Hamada W., and El-Mahjoub M.,** 2006. «Bio-fungicides as an alternative for tomato Fusarium crown and root rot control». Tunisian Journal of Plant Protection 1: 19-29.
- Hoitink HAJ., Fahy PC.,** 1986. «Basis for the control of soilborne plant-pathogens with composts». Annual Review of Phytopathology 24:93-114.
- Hoitink HAJ., Boehm MJ.,** 1999. «Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon». Annual Review of Phytopathology 37:427-446.
- Hoitink HAJ., Van Doren DM., Schmitthenner AF.,** 1977. «Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in a composted hardwood bark medium». Phytopathology 67:561-565.
- Hoitink HAJ., Krause MS., Han DY.,** 2001. «Spectrum and mechanisms of plant disease control with composts». In: Stofella PJ., Kahn BA., editors. Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. Boca Raton, USA: Lewis Publishers. P 263-274.
- Huelsman MF., Edwards CA.,** 1998. «Management of diseases in cucumbers (*Cucumis sativus*) and peppers (*Capsicum annum*) by using composts as fertility inputs». Proceedings of the 1998 Brighton Crop Protection Conference: Pests & Diseases: Volume 3. British Crop Protection Council, Farnham, UK, 881-886.
- Kannangara T., Utkhede RS., Paul JW., Punja ZW.,** 2002. «Effects of mesophilic and thermophilic composts on suppression of Fusarium root and stem rot of greenhouse cucumber». Canadian Journal of Microbiology 46:1021-1028.
- Krebs E.,** 1990. «Rinden-Kultursubstrate und Schadpilze». Deutscher Gartenbau 44:2874-2877.
- Larkin R. P., and Fravel D. R.,** 1998. «Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato». Biocontrol of Plant Diseases Laboratory, Beltsville. 82:1022-1028.
- Liane Rosewich U., R.E. Pettway, Talma Katan, and H.C. Kistler,** 1999. «Population Genetic Analysis Corroborates Dispersal of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* from Florida to Europe». Plant Pathology Department, University of Florida.
- Lievens B., Vaes K., Coosemans J., Ryckeboer J.,** 2001. «Systemic resistance induced in cucumber against Pythium root rot by source separated household waste and yard trimmings composts». Compost Science and Utilization 9:221-229.
- Lodha S., Sharma SK., Aggarwal RK.,** 2002. «Inactivation of *Macrophomina phaseolina* propagules during composting and effect of composts on dry root rot severity and on seed yield of clusterbean». European Journal of Plant Pathology 108:253-261.
- Lumsden RD., Lewis JA., Milner RD.,** 1983. «Effect of composted sewage sludge on several soilborne pathogens and diseases». Phytopathology 73: 1543-1548.
- Maynard AA., Hill DE.,** 2000. «Leaf compost suppresses disease, improves onion yields».

BioCycle 41: (5)69-71.

- Mazzola M., 2002.** «Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases», USDA Agricultural Research Service, USA, **81**: 557–564.
- Mckellar ME., Nelson EB., 2003.** «Compost-induced suppression of Pythium damping-off is mediated by fatty-acid metabolizing seed-colonizing microbial communities». Applied and Environmental Microbiology 69:452-460.
- Nakasaki K., Hiraoka S., Nagata H., 1988.** «A new operation for producing disease suppressive compost from grass clippings». Applied & Environmental Microbiology 64:4015-4020.
- Nederhoff Elly, 2001.** «Biological control of root diseases – especially with Trichoderma», New Zealand.
- Nelson EB., Kuter GA., Hoitink HAJ., 1983.** «Effects of fungal antagonists and compost age on suppression of Rhizoctonia damping-off in container media amended with composted hardwood bark». Phytopathology 73:1457-1462.
- Pharand B., Carisse O., Benhamou N., 2002.** «Cytological aspects of compost-mediated induced resistance against Fusarium crown and root rot in tomato». Phytopathology 92:424-438.
- Pablo González, 2006.** « Enfermedades del tomate».
http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Fusarium_tom.html
Τελευταία πρόσβαση 20.10. 2011.
- Ramona Y., Line MA., 2002.** «Potential for the large-scale production of a biocontrol fungus in raw and composted paper mill waste». Compost Science & Utilization 10:(1)57-62.
- Reuveri R., Raviv M., Krasnovsky A., Freiman L., Medina S., Bar A., Orion D., 2002.** «Compost induces protection against *Fusarium oxysporum* in sweet basil». Crop Protection 21:583-587.
- Rose S., Parker M., Punja ZK., 2003.** «Efficacy of biological and chemical treatments for control of Fusarium root and stem rot on greenhouse cucumber». Plant Disease 87:1462-1470.
- Ryckeboer J., 2001.** «Biowaste and yard waste composts: microbiological and hygienic aspects – suppressiveness to plant diseases». 1-245. PhD Thesis. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- Schüler C., Pinky J., Nasir M., Vogtmann H., 1993.** «Effects of composted organic kitchen and garden waste on *Mycosphaerella pinodes* (Berk And Blox) Vesterg., causal organism of foot rot on peas (*Pisum sativum* L.)». Biological Agriculture & Horticulture 9:353-360.
- Serra-Wittling C., Houot S., Alabouvette C., 1996.** «Increased soil suppressiveness to Fusarium wilt of flax after addition of municipal solid waste compost». Soil Biology & UBiochemistry 28:1207-1214.
- Smolinska U., 2000.** «Survival of *Sclerotium cepivorum* sclerotia and *Fusarium oxysporum* chlamydospores in soil amended with cruciferous residues». Journal of Phytopathology Phytopathologische Zeitschrift 148:343-349.
- Sullivan DM., Miller RO., 2001.** «Compost quality attributes, measurements, and variability». In: Stofella PJ., Kahn BA., editors. Compost Utilization in Horticultural

- Cropping Systems. Boca Raton, USA: Lewis Publishers. p 95-120.
- Sylvie Mazurier, Thérèse Corberand, Philippe Lemanceau and Jos M Raaijmakers**, 2009. «Phenazine antibiotics produced by *Fluorescent pseudomonads* contribute to natural soil suppressiveness to *Fusarium wilt*». The ISME Journal, 977–991.
- Szczech M., Smolinska U.**, 2001. «Comparison of suppressiveness of vermicomposts produced from animal manures and sewage sludge against *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *nicotianae*». Journal of Phytopathology 149:77-82.
- Tavoularis K., Papadak A., Manios V.**, 1995. «Effect of volatile substances released from olive tree leave compost on the vegetative growth of *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporu* f.sp. *lycopersici*». Acta Horticulturae 382:183-186.
- Tilson EL., Pitt D., Groenhof AC.**, 2002. «Composted recycled organic matter suppresses soil-borne diseases of field crops». New Phytologist 154:731-740.
- Thomas F. C. Chin-A-Woeng, Guido V. Bloemberg, Arjan J. van der Bij, Koen M. G. M. van der Drift, Jan Schripsema, Bernadette Kroon, Rudy J. Scheffer, Christoph Keel, Peter A. H. M. Bakker, Hans-Volker Tichy, Frans J. de Bruijn, Jane E. Thomas-Oates, and Ben J. J. Lugtenberg**, 1998. «Biocontrol by Phenazine-1-carboxamide-Producing *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 of Tomato Root Rot Caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*». Institute of Molecular Plant Sciences, Michigan State University, p. 1069–1077.
- Triky-Dotan, S., Yermiyahu, U., Katan, J., and Gamliel, A**, 2005. Development of crown and root rot disease of tomato under irrigation with saline water, Israel, p. 1438-1444.
- Trillas I., Aviles M., Ordovas J., Bello A., Trello JC.**, 2002. «Using compost as a methyl bromide alternative». BioCycle 43:64-67.
- Weller D. M., Raaijmaker J. M., McSpadden Gardener B. B. and Thomashow L. M.**, 2002. «Microbial Populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens». Annual Review of Phytopathology, 40:309–48.
- Widmer TL., Graham JH., Mitchell DJ.**, 1988. «Composted municipal waste reduces infection of citrus seedlings by *Phytophthora nicotianae*». Plant Disease 82:683-688.
- Ya Ling Li, Cecilia Stanghellini, Hugo Challa**, 2001. «Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.)». Scientia Horticulturae, Volume 88, Pages 11-29.
- Zhang W., Dick WA., Hoitink HAJ.**, 1996. «Compost-induced systemic acquired resistance in cucumber to *Pythium* root rot and anthracnose». Phytopathology 86:1066-1069.
- Zhang S., Roberts P. D., McGovern R. J., and Datnoff L. E.**, 2011. «*Fusarium* Crown and Root Rot of Tomato in Florida», university of Florida.