

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΙ ΑΔΡΟΜΥΚΩΣΕΙΣ ΤΩΝ
ΣΟΛΑΝΩΔΩΝ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ANNA Σ. ΠΕΤΡΑΚΗ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Δρ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Ι. ΒΑΚΑΛΟΥΝΑΚΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2004

Αφιερώνεται στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας επιθυμώ να ευχαριστήσω τον εισηγητή μου κ. Δημήτριο Βακαλουνάκη για τη συμβολή του κατά τη συγγραφή της εργασίας αυτής.

Επίσης ευχαριστώ την ξαδέρφη μου Άννα Γύπαρη και το γαμπρό μου Στέλιο Μπικάκη για την πολύτιμη βοήθειά τους στη δακτυλογράφηση και εκτύπωση της εργασίας.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόκληρη την οικογένεια μου για την ηθική και υλική συμπαράσταση που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Εισαγωγή	5
 Κεφάλαιο πρώτο	
Αδρομυκώσεις οφειλόμενες σε μύκητες γένους <i>Verticillium</i>	6
1. Γεωγραφική εξάπλωση συμπτώματα	6
2. Συμπτώματα	7
3. Αίτιο-Συνθήκες ανάπτυξης	16
4. Καταπολέμηση	32
 Κεφάλαιο δεύτερο	
Αδρομύκωση οφειλόμενη σε μύκητα γένους <i>Fusarium</i>	41
1. Γεωγραφική εξάπλωση	41
2. Συμπτώματα	42
3. Αίτιο-Συνθήκες ανάπτυξης	43
4. Καταπολέμηση	50
 Βιβλιογραφία	 52

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε φυτό σε όλη τη διάρκεια της ζωής του βάλλεται από διάφορους μικροοργανισμούς. Ορισμένοι από αυτούς εισέρχονται και αναπτύσσονται σε αυτό προκαλώντας μεγάλες ζημιές στην παραγωγή του. Χαρακτηριστικές είναι οι μυκητολογικές ασθένειες του αγγειακού συστήματος των φυτών οι οποίες ονομάζονται «τραχειομυκώσεις» ή «αδρομυκώσεις». Οι τραχειομυκώσεις παρουσιάζουν ορισμένα κοινά συμπτώματα όπως: επιναστεία, μαρασμό, νανισμό, χλώρωση φύλλων και βλάβες των αγγείων με τη δημιουργία τυλώσεων και παραγωγή σε αυτά τοξικών ουσιών. Οι μύκητες που προσβάλουν το αγγειακό σύστημα των φυτών είναι:

I. *Verticillium* spp.

II. *Fusarium oxysporum*.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση των αδρομυκώσεων των κυριότερων σολανωδών στην Κρήτη και τον τρόπο αντιμετώπισής τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΑΔΡΟΜΥΚΩΣΕΙΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΕΣ ΣΕ ΜΥΚΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *VERTICILLIUM*

1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ

Ο μύκητας *Verticillium dahliae* αναγνωρίστηκε για πρώτη φορά το 1913 σε ασθενή φυτά ντάλιας (*Dahlia rosae*) στη Γερμανία από τον Klebahn.

Ο μύκητας *Verticillium albo-atrum* αναγνωρίστηκε για πρώτη φορά το 1879 σε ασθενή φυτά πατάτας (*Solanum tuberosum* L.) στη Γερμανία από τους Reink & Berthold. Στην Ελλάδα διαπιστώθηκε σε φυτά τομάτας στη Χίο, στην περιοχή Παλλήνη και στο Κορωπί Αττικής το 1953 και στην Ιεράπετρα το 1957. Παρόλα αυτά θεωρείται ότι πρόκειται μάλλον για το είδος *V.dahliae* και η λανθασμένη αναγνώριση οφείλεται στην επικρατούσα σύγχυση στην ταξινόμηση των δύο ειδών.

Ο μύκητας *V.nigrescens* απομονώθηκε από αγγεία τομάτας από τους Θανασουλόπουλο και Κίτσο το 1972. Παρ' όλα αυτά θεωρείται ότι δρα συνήθως σαπροφυτικά.

Ο μύκητας *V. tricorpus* αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1953 σε ασθενή φυτά τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill.) στην Αγγλία από τον Isaacs.

Από σχετική έρευνα που διεξήχθη στο Ινστιτούτο Προστασίας Φυτών Ηρακλείου του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, προέκυψε ότι το είδος *V.dahliae* είναι το μοναδικό του γένους *Verticillium* που αναγνωρίζεται ως παθογόνο αίτιο των αδρομυκώσεων των καλλιεργούμενων φυτών στην Κρήτη.

2. ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Όλα τα είδη των φυτών που προσβάλλονται από τη βερτιτσιλίωση (*V.dahliae*) παρουσιάζουν σχεδόν ανάλογα συμπτώματα, τα οποία συχνά συγχέονται με αυτά των φουζαριώσεων, των αδροβακτηριώσεων και ασθενειών του ριζικού συστήματος, της έλλειψης υγρασίας και ζημιών από ζιζανιοκτόνα. Πολλές φορές, όμως, η μακροσκοπική διάγνωσή τους είναι δύσκολη και επιβάλλεται ο εργαστηριακός έλεγχος.

Τα κύρια συμπτώματα της βερτιτσιλίωσης είναι:

- Μαρασμός.
- Χλωρωτικές κηλίδες που αντικαθίστανται σταδιακά από νεκρωτικές (Εικόνες 1 & 2).
- Μεταχρωματισμός των αγγείων (Εικόνα 3).

Ο μύκητας προκαλεί σημαντική μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας. Τα συμπτώματα γίνονται συνήθως αντιληπτά, μόνο όταν το παθογόνο αναπτυχθεί αρκετά μέσα στο αγγειακό σύστημα. Τα πιο χαρακτηριστικά συμπτώματα είναι το αρχικό κιτρίνισμα και η μάρανση και ξήρανση των παλαιότερων φύλλων. Έντονος είναι επίσης ο καστανός μεταχρωματισμός, αλλού εντονότερος και αλλού λιγότερο έντονος, βλαστών και στελεχών, που γίνεται ορατός σε εγκάρσια ή κατά μήκος τομής τους. Χαρακτηριστική επίσης είναι η καθυστερημένη ανάπτυξη, όταν προσβάλλονται τα φυτά στα νεαρά τους στάδια. Τα συμπτώματα στα κηπευτικά μπορούν να εμφανιστούν σε κάθε στάδιο ανάπτυξης. Όμως, τα χαρακτηριστικά συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως μετά την καρπόδεση. Η εξέλιξη της συμπτωματολογικής κατάστασης εξαρτάται: από το χρόνο προσβολής (πρώιμη ή όψιμη), τις κλιματολογικές συνθήκες, την πυκνότητα

του μολύσματος, την παρουσία ή απουσία ενός εξειδικευμένου στελέχους ή φυσιολογικής φυλής του μύκητα, το είδος, την ποικιλία ή το υβρίδιο του καλλιεργούμενου φυτού και τις καλλιεργητικές φροντίδες.



Εικόνα 1. Συμπτώματα βερτισιλλίωσης σε φυτάρια τομάτας μετά από τεχνητή μόλυνση με το μύκητα *Verticillium dahliae*.



Εικόνα 2. Συμπτώματα βερτισιλλίωσης σε φύλλο τομάτας μετά από τεχνητή μόλυνση με το μύκητα *Verticillium dahliae*.



Εικόνα 3. Μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου σε στέλεχος τομάτας προσβλημένης από το μύκητα *Verticillium dahliae*.

Όσον αφορά την αιτιολογία των συμπτωμάτων ο μύκητας εγκαθίσταται στις αγγειώδεις δεσμίδες του ξύλου, τις οποίες και αποφράζει. Το επικρατέστερο σύμπτωμα είναι ο μαρασμός. Για το φαινόμενο αυτό έχουν αναπτυχθεί θεωρίες όσον αφορά την ερμηνεία του. Άλλες αναφέρουν ότι η φυσική απόφραξη των αγγείων των προσβεβλημένων φυτών, μειώνει τη ροή του νερού στα φύλλα, άλλες ότι παράγονται διάφορες ουσίες (τοξίνες, πηκτινολυτικά ένζυμα κ.λπ.) από το παθογόνο, που είναι τοξικές στα φύλλα και άλλες και τα δύο.

Οι παρατηρούμενες αλλαγές στα αγγεία του ξύλου των προσβεβλημένων φυτών περιλαμβάνουν: αποθέσεις καστανών χρωστικών, επικάλυψη με ανώμαλο υλικό (π.χ. πλούσιο σε λιπίδια), τυλώσεις, αποδιοργάνωση των παρεγχυματικών κυττάρων, συσσώρευση υλικών στα κυτταρικά τοιχώματα κ.λπ. Τα πηκτινολογικά ένζυμα διασπούν τις πηκτινικές ουσίες του μεσοτοιχίου των κυττάρων (φαινόλες του παρεγχύματος), τις οποίες μετατρέπουν αρχικά σε μελανίνη, απ' όπου και ο κιτρινοπορτοκαλής μεταχρωματισμός και στη συνέχεια δημιουργούν πήγματα (πηκτίνης), όπου προκαλούν διόγκωση, τύλωση και κλείσιμο των αγγείων με τελικό αποτέλεσμα την παρεμπόδιση ή το σταμάτημα της κυκλοφορίας του νερού, απ' όπου και ο μαρασμός.

Η ανάπτυξη τύλωσης είναι μια διαδικασία αύξησης που φαίνεται ότι προκαλείται από αυξημένη παραγωγή του ινδολοξιακού οξέος (ΙΑΑ), η οποία σχετίζεται με αδρομυκώσεις διαφόρων φυτών. Ο πρώτος που παρατήρησε την ανάπτυξη τύλωσης σε φυτά πατάτας προσβεβλημένα από το μύκητα *V. albo-atrum* ήταν ο Pethybridge το 1911, όμως υπάρχουν λίγα δεδομένα στη σχέση τους με τη νόσο. Η παρουσία τυλώσεων στα αγγεία του ξύλου συντελεί σε μερικό περιορισμό της πορείας και πιθανώς αλλαγή της πορείας του νερού στα φύλλα που έχει ως αποτέλεσμα το μαρασμό τους.

Επίσης τα ένζυμα αυτά προσβάλλουν ακόμα τις τανίνες και κυτταρίνες, προκαλώντας ενίοτε κόλλα ή γόμμα. Παρατηρήσεις που έχουν γίνει με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, έχουν προσδιορίσει τη μορφολογία του υλικού επικάλυψης των αγγείων του ξύλου της τομάτας και άλλων ειδών φυτών προσβλημένων από αδρομυκώσεις. Το υλικό αυτό φαίνεται να είναι μεταβλητής πυκνότητας συχνά με πολλές στρώσεις, όμοιο στην εμφάνιση με το υλικό το οποίο καλύπτει τις υφές του μύκητα που βρέθηκαν στα αγγεία του φυτού. Το εν λόγω υλικό περιορίζει επίσης τη ροή του νερού στα αγγεία του ξύλου των προσβλημένων φυτών.

Οι τοξίνες δηλητηριάζουν το πρωτόπλασμα και καταστρέφουν την οσμωτική λειτουργία των κυττάρων, ιδίως των φύλλων. Τοξίνες είναι μόρια που παράγονται από το παθογόνο, που όταν εφαρμοστούν σε φυτικά μοσχεύματα σε χαμηλή συγκέντρωση, προκαλούν μαρασμό σε μικρό χρονικό διάστημα.

Όσον αφορά τα συμπτώματα στην τομάτα, αρχικά τα φυτά εμφανίζονται μαραμένα μόνο κατά τις θερμές ώρες τις ημέρας, ενώ το βράδυ ή μετά από άρδευση το φυτό επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Τελικά όμως ο μαρασμός τους γίνεται μόνιμος και νεκρώνονται. Έχουμε λοιπόν αρχικά μάρανση των κοτυληδόνων και ενώ το προσβλημένο φυτό μαραίνεται τα φύλλα στρέφονται ονυχόμορφα προς τα κάτω (επιναστεία). Τα κατώτερα φύλλα αποκτούν διάσπαρτες, μεσονεύριες χλωρωτικές κηλίδες, οι οποίες παίρνουν ένα έντονο κίτρινο χρώμα και μπορεί να καταλαμβάνουν μονόπλευρα το φύλλο. Η μορφή τους είναι τέτοια που αποκλείεται το ενδεχόμενο να οφείλονται στην έλλειψη κάποιου στοιχείου. Οι χλωρώσεις σιγά-σιγά επεκτείνονται προς τα υψηλότερα μέρη του φυτού ενώ στα κατώτερα φύλλα δημιουργούνται νεκρωτικές κηλίδες οι οποίες επεκτείνονται προς όλο το φύλλο με αποτέλεσμα να καταστρέφονται, παραμένοντας όμως προσκολλημένα στο βλαστό του φυτού.

Τα αγγεία του ξύλου του στελέχους και της ρίζας των προσβλημένων φυτών γίνονται καστανά, πρώτα κοντά στο λαιμό και αργότερα κοντά στο στέλεχος (Εικόνα 3). Ο μεταχρωματισμός είναι χρήσιμος στην αρχική διάγνωση στον αγρό. Επίσης είναι ορατός από το επίπεδο του εδάφους μέχρι το ύψος ενός μέτρου ή και περισσότερο πάνω από το έδαφος.

Σε προχωρημένα στάδια, τα φυτά παρουσιάζουν νανισμό, καχεξία, ενώ διατηρούν μερικά φύλλα χλωρωτικά, μαραμένα ή νεκρωμένα, λόγω της έλλειψης ουσιών. Από την απόφραξη των αγγείων έχουμε τη δημιουργία μικρότερων μεσογονατίων διαστημάτων, και συνεπώς έκπτυξη φύλλων σε μικρότερες αποστάσεις με αποτέλεσμα τη δημιουργία θυσσανώδους κορυφής. Παρατηρείται και έκπτυξη πλαγίων ριζών από το κατώτερο μέρος του στελέχους. Το διάστημα από την εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων μέχρι τη νέκρωση των φυτών μπορεί να είναι 3 ή 4 εβδομάδες και εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες.

Όσον αφορά την πατάτα, προσβολή από το μύκητα *V. dahliae* αποτελεί μια από τις συνηθέστερες αιτίες μάρανσης, ιδίως στα αμμώδη και ξηρά εδάφη όπου μπορεί να προκαλέσει σοβαρότατες ζημιές. Στην αρχή του θέρους συνήθως και αφού η υπέργεια βλάστηση αποκτήσει σημαντική ανάπτυξη παρατηρείται ξήρανση των φύλλων της βάσης ξεκινώντας από το κορυφαίο φύλλο και κατόπιν επεκτείνεται και στα υπόλοιπα. Οι προσβλημένοι κόνδυλοι, σε τομές, παρουσιάζουν στην περιοχή των αγγείων, κοντά στην επιφάνεια, μαύρες κηλίδες που συγκλίνουν στον ομφαλό (στο σημείο όπου συνδέεται ο κόνδυλος με το φυτό). Με την πάροδο του χρόνου το φράξιμο των αγγείων επιφέρει μαρασμό και νέκρωση του αντίστοιχου τμήματος ή και ολόκληρου του φυτού. Τα ξυλώδη αγγεία των βλαστών αποκτούν καστανό χρωματισμό, που είναι εντονότερος στη βάση παρά στην κορυφή. Στους κόνδυλους εκδηλώνονται συμπτώματα ξερής σήψης, τα οποία διαπιστώνονται με τομή στη θέση που έχει βγει ένας μαραμένος ή νεκρός

βλαστός, γιατί εξωτερικά δεν αφήνει καμία αλλοίωση. Σε προχωρημένο στάδιο η προσβολή μεταδίδεται στους γειτονικούς ιστούς της σάρκας και σχηματίζει έτσι μια πλατύτερη και βαθύτερη ζώνη από αλλοιωμένους ιστούς. Σε έντονες προσβολές οι μαύρες κηλίδες σχηματίζουν τόξα, τα οποία τείνουν να περιβάλλουν όλη την περιφέρεια του κονδύλου. Τα ασθενή φυτά παράγουν μικρούς και ρυτιδωμένους κονδύλους, ενώ διατηρούνται ζωντανά πολλές φορές μέχρι το τέλος της καλλιέργειας.

Στην πιπεριά και στη μελιτζάνα ο μύκητας *V. dahliae* προκαλεί ανάλογα συμπτώματα και τεράστιες ζημιές. Ανάλογα με την ηλικία του φυτού κατά την προσβολή η ασθένεια μπορεί να προκαλέσει: α) κιτρίνισμα ή νέκρωση πρώτα των φύλλων της βάσης, β) θαμνώδη νανισμό των φυτών και γ) μάρανση των κανονικά αναπτυχθέντων φυτών.

Στη μελιτζάνα τα πρώτα συμπτώματα της προσβολής εμφανίζονται 6-8 εβδομάδες μετά τη φύτευση.

Το άρρωστο φυτό μαραμένο, με πολλά φύλλα ξερά δεν πεθαίνει, ούτε αποφυλλώνεται τελείως όπως στη φουζαρίωση, αλλά έχει ωστόσο πολύ μειωμένη και κακής ποιότητας παραγωγή.

Όπως είδαμε η μάρανση του φυτού είναι το κυριότερο γνώρισμα των ασθενειών αυτών, αλλά δυστυχώς όχι το μόνο. Μάρανση επίσης, προκαλούν οι σηψιρριζίες και οι αδροβακτηριώσεις. Και σ' αυτές όμως τις περιπτώσεις υπάρχουν διαφορετικά συμπτώματα, τα οποία καθιστούν δυνατή τη μακροσκοπική διάκριση των ασθενειών. Το κύριο γνώρισμα στην περίπτωση των σηψιρριζιών είναι η σήψη των ριζών καθώς και η ανυπαρξία μεταχρωματισμού των αγγείων του ξύλου. Υπάρχουν βέβαια και εξαιρέσεις, όπως η σήψη των ριζών και του λαιμού, που προκαλείται από το μύκητα *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopescici* στην οποία παρατηρείται μεταχρωματισμός στα αγγεία του ξύλου της ρίζας καθώς και του στελέχους μέχρι ύψος περίπου 20-40 cm πάνω από το έδαφος. Στις αδροβακτηριώσεις

η μάρανση είναι απότομη και παρατηρείται είτε σ' ολόκληρο το φυτό είτε σε μερικούς βλαστούς. Ένα κοινό σύμπτωμα των αδρομυκώσεων με την κορυνοβακτηρίωση (*Clavibacter michiganense* subsp. *michiganense*) είναι το κιτρίνισμα των φύλλων, μόνο που στην κορυνοβακτηρίωση παρατηρείται στα ηλικιωμένα φυτά.

Πρέπει να επισημάνουμε ότι η διάγνωση των ασθενειών του αγγειακού συστήματος είναι δύσκολη και καλό είναι να επιβεβαιώνεται μόνο στο εργαστήριο με την απομόνωση του παθογόνου σε καθαρή καλλιέργεια. Υπάρχει και ταχύτερος τρόπος διάγνωσης με τη βοήθεια ενός κοινού σύνθετου μικροσκοπίου. Επεξεργαζόμαστε στην περίπτωση αυτή τομείς από το βλαστό κατά προτίμηση από τους κόμβους στο σημείο του μεταχρωματισμού. Στις αδρομυκώσεις, παρατηρούνται υφές του παθογόνου μύκητα, ενώ στις αδροβακτηριώσεις στα αγγεία του ξύλου σύννεφο από βακτήρια. Δυσκολίες κατά τη μακροσκοπική διάκριση της προσβολής από *Fusarium* και *Verticillium*, παρουσιάζονται συχνότατα λόγω των ομοιοτήτων στις συμπτωματολογικές εκδηλώσεις (πίνακα 1).

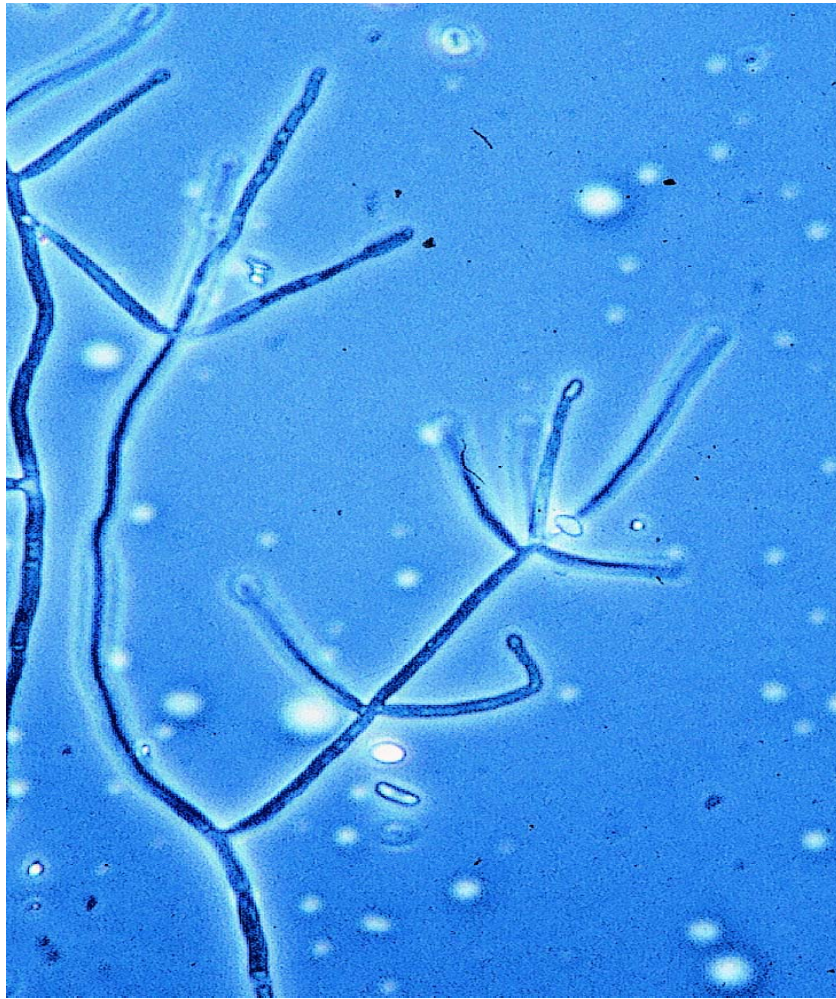
3. ΑΙΤΙΟ-ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Το γένος *Verticillium* ανήκει στην Τάξη των Moniliales (= Hyphomycetes), στην οικογένεια των Moniliaceae και στην κλάση των Αδηλομυκήτων (Adelomycetes). Μέχρι σήμερα δεν έχει βρεθεί τέλεια μορφή. Σχεδόν όλα τα εδάφη στις Εύκρατες και υποτροπικές ζώνες, περιέχουν είδη του γένους. Τα είδη που αναφέρονται είναι πέντε και είναι εδαφογενή παθογόνα. Αυτά είναι τα: *V. albo-atrum*, *V. dahliae* (Εικόνα 4), *V. nigrescens*, *V. nubilum* και *V. tricorpus*. Τα είδη αυτά είναι υπεύθυνα για μεγάλες καταστροφές στα λαχανικά.

Τα είδη με τη μεγαλύτερη φυτοπαθολογική σημασία είναι τα *V. dahliae* και *V. albo-atrum*. Τα δυο αυτά είδη όπως αναφέρεται παρουσιάζουν σύγχυση στην ταξινόμησή τους. Το ερώτημα το οποίο τίθεται είναι εάν ο *V. dahliae* είναι ένα ξεχωριστό είδος ή θα έπρεπε να συμπεριληφθεί στο είδος *V. albo-atrum*. Το *V. albo-atrum* αναφέρθηκε αρχικά το 1879 σε ασθενή φυτά πατάτας στη Γερμανία, ενώ το *V. dahliae* αναφέρθηκε το 1913 σε μολυσμένα φυτά ντάλιας. Τα δυο αυτά είδη παρουσιάζουν πολλές διαφορές, αλλά η πιο χαρακτηριστική είναι ο τύπος διατήρησης των οργάνων τους. Ο *V. dahliae* σχηματίζει μικροσκληρώτια, ενώ ο *V. albo-atrum* σχηματίζει σκοτεινόμορφο διατηρητικό μυκήλιο.

Πίνακας 1. Διαφορές στη συμπτωματολογική εκδήλωση της αδρομύκωσης από *Fusarium* και *Verticillium*

Διαφορές εκδήλωσης ασθένειας	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Verticillium dahliae</i>
Ηλικία φυτών	Οποιοδήποτε στάδιο	Κυρίως, στο φορτσάρισμα για αύξηση των καρπών
Βαθμός αποπληξίας	Έντονη. Τα φυτά καταρρέουν γρήγορα.	Μικρότερης έντασης. Τα φυτά μπορεί να αντέξουν, σε υπολειτουργία, μέχρι τέλους περιόδου. Ξήρανση και πτώση των φύλλων της βάσης.
Μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου	Έντονος, καστανός	Ανοικτός καστανός.



Εικόνα 4. Υφές, κονιδιοφόροι και κονίδια του μύκητα *Verticillium dahliae*. Παρατηρείστε τις διακλαδώσεις στους κονιδιοφόρους κατά σπονδύλους.

Οι δυο τύποι διατηρητικών οργάνων διακρίνονται ως εξής: α) Διατηρητικό μυκήλιο: μάζες σκοτεινών υφών με παχιά κυτταρικά τοιχώματα, πολυάριθμα εγκάρσια τοιχώματα και βοτρυόμορφη εμφάνιση που θυμίζουν κάπως χλαμυδοσπόρια. β) Μικροσκληρώτια: όργανα με παχιά τοιχώματα που μοιάζουν με ιστό και προκύπτουν από τη διαδικασία διαφοροποίησης των υφών. Παρόλα αυτά, όμως τα δύο είδη μπορεί να μη σχηματίζουν όργανα διατήρησης, αλλά μόνο αποικίες που είναι μορφολογικά όμοιες και γι αυτό διχάζονται οι απόψεις και μερικοί φυτοπαθολόγοι υποστηρίζουν, ότι

ανεξάρτητα από τα όργανα διατήρησης που παράγουν, είναι μέλη του είδους *V. albo-atrum*, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι η μορφή των οργάνων διατήρησης είναι κριτήριο διάκρισης των εν λόγω ειδών.

Οι μύκητες του γένους *Verticillium* καλλιεργούμενοι σε θρεπτικό υλικό σχηματίζουν λευκές, βαμβακώδεις αποικίες, που αναπτύσσονται αργά και εμφανίζονται αρχικά υπόλευκες (μετά από μια εβδομάδα περίπου) και αργότερα μαύρες, λόγω σχηματισμού των οργάνων διατήρησης (μικροσκληρώτιων, χλαμυδοσπορίων, μυκηλίου ανάπαυσης). Οι κονιδιοφόροι είναι υαλώδεις με 2-3 σπονδύλους, που καθένας τους έχει 2-4 ατρακτοεδείς κλάδους. Κάθε κλάδος καταλήγει σε φιαλίδιο που περιέχει πολυάριθμα φιαλοκονίδια. Τα φιαλίδια έχουν διάφορα σχήματα και μερικές φορές είναι δευτερογενώς διακλαδισμένα.

Το *Verticillium* είναι ένας εδαφογενής μύκητας. Αρκετές έρευνες έχουν γίνει για την πλήρη μελέτη του βιολογικού του κύκλου. Το 1973, ο Tolmsoff προσδιόρισε το βιολογικό κύκλο του *V. dahliae*. Συγκεκριμένα ο βιολογικός του κύκλος απαρτίζεται από 9 στάδια, όπως αυτά περιγράφονται παρακάτω:

1. Διέργεση της βλάστησης των μικροσκληρωτίων από τα εκκρίματα των ριζών του ξενιστή και αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα την εποχή της άνοιξης. Ακόμα η γενετική μορφή των βλαστημένων κυττάρων δεν είναι γνωστή, αλλά απλοειδή κύτταρα είναι αυτά που προκαλούν τη μόλυνση.
2. Παραγωγή μεγάλων απλοειδών κονιδίων που βλαστάνουν γρήγορα και μολύνουν τις ρίζες.
3. Εισβολή στο αγγειακό σύστημα με την εισχώρηση απλοειδών υφών.
4. Εγκατάσταση του μύκητα και παραγωγή κονιδίων τα οποία μεταφέρονται και διαχέονται με το ανιόν ρεύμα.
5. Νέκρωση των ιστών του ξενιστή, ιδιαίτερα των φύλλων από την απλοειδή μορφή του μύκητα.

6. Δευτερογενής εισβολή στους νεκρούς ιστούς του ξενιστή από απλοειδή μυκήλια, παραγωγή περισσότερων κονιδίων από σπονδυλωτούς πλέον κονιδιοφόρους.
7. Μετάπτωση του μυκηλίου από απλοειδές σε διπλοειδές μέσα στις ανεπτυγμένες υφές και εξογκωμένα κονίδια για την παραγωγή ανθεκτικών μορφών (μικροσκληρώτια) στους ήδη νεκρωμένους ιστούς.
8. Ενηλικίωση και εσωτερική παραγωγή απλοειδών παραλλαγών μέσα στα μικροσκληρώτια.
9. Απελευθέρωση των ωρίμων πια μικροσκληρωτίων από αποσυντεθημένα υπολείμματα προσβεβλημένων φυτών, τυχαία βλάστηση των λιγότερο ληθαργούντων μικροσκληρωτίων (λόγω της ύπαρξης στο έδαφος οργανικής ουσίας και υπολειμμάτων ριζικών εκκριμάτων), που αφήνουν τα περισσότερα ληθαργούντα μικροσκληρώτια να διεγερθούν από τα εκκρίματα των ριζών της νέας καλλιέργειας. Πρέπει να αναφερθεί ότι η διάρκεια ζωής του παθογόνου είναι συνάρτηση της εδαφικής υγρασίας, της θερμοκρασίας του pH κ.α.

Το μόλυσμα διατηρείται και αυξάνεται στο έδαφος, είτε με τη συγκαλλιέργεια ευπαθών καλλιεργούμενων φυτών (τομάτα, πατάτα, βαμβάκι κ.α.), είτε σε αυτοφυή ζιζάνια ή με τη μακρόχρονη επιβίωση των αυθεντικών οργάνων που σχηματίζει ο μύκητας (μικροσκληρώτια για το *V. dahliae*, χλαμυδοσπόρια για το *V. nubilum*, σκούρες μυκηλιακές υφές για το *V. albo-atrum* κ.ά.), που μπορούν να παραμείνουν έως και 14 χρόνια ελεύθερα στο έδαφος ή πάνω σε παλιούς προσβεβλημένους φυτικούς ιστούς.

Το παθογόνο βρίσκεται σε βάθος 20-30 cm και είναι πιθανό να βρεθεί σε βαθύτερα στρώματα μέχρι και 50 cm, ίσως και ενός μέτρου. Διατηρείται και επιβιώνει στο έδαφος, όπως είπαμε και παραπάνω για πολλά χρόνια (8-14) ακόμη και χωρίς παρουσία ευπαθών ξενιστών. Επιβιώνει κυρίως με τα μικροσκληρώτια αλλά και σαν μυκήλιο και με τα κονίδια στα προσβεβλημένα

υπολείμματα καλλιέργειας (κυρίως των ετήσιων φυτών). Ένας άλλος τρόπος διαιώνισης του παθογόνου και αύξησεως των μολυσμάτων του στο έδαφος είναι τα διάφορα ζιζάνια-ξενιστές του. Διάφορα πειράματα δείχνουν ότι τα ζιζάνια είναι ιδιαίτερα σημαντικά στην επιβίωση του μύκητα. Όπως σε ρίζες ζιζανίου στύφνου (*S.nigrum*) που ήταν φυσικά μολυσμένα από το *V. albo-atrum* ή το *V. dahliae* και καλύφθηκαν στο έδαφος για επτά μήνες, ο μύκητας όχι μόνο διατηρούνταν αλλά και αυξάνονταν με διαπιστωμένα ποσοστά επιβίωσης 19% έως 235%. Μερικά απ' αυτά όταν μολυνθούν εμφανίζουν συμπτώματα, ενώ αρκετά άλλα αν και έχουν στα αγγεία τους το μύκητα δεν εκδηλώνουν συμπτώματα αλλά συντελούν και αυτά με την ενσωμάτωσή τους στο έδαφος στον εμπλουτισμό του με μολύσματα (κυρίως μικροσκληρώτια).

Τα κονίδια ζουν λίγο και δεν έχουν επιδημιολογική σημασία. Ο μύκητας δεν μπορεί να επιβιώσει μακριά από τον ξενιστή, με τη μορφή κονιδίων και μυκηλίου περισσότερο από μερικές εβδομάδες. Τα κονίδια που παράγονται σε μολυσμένες νεκρές ρίζες και στελέχη ευπαθών ξενιστών είναι δυνατό να δρουν ως μόλυσμα για περισσότερες από τρεις εβδομάδες πριν νεκρωθούν ή ξεραθούν.

Τα μικροσκληρώτια ζουν για πολλά χρόνια στο έδαφος 12-14 χρόνια και κάτω από ευνοϊκές συνθήκες βλαστάνουν και δίνουν μολυσματική υφή. Τα μικροσκληρώτια αναπτύσσονται μονήρη ή σε μικρές ομάδες και είναι βυθισμένα σε τεμάχια φυτικού ιστού. Ο μύκητας επιβιώνει στο έδαφος απουσία ξενιστών με τη μορφή των μικροσκληρωτίων για μεγάλο διάστημα. Απουσία ξενιστών, ο *V. dahliae* μπορεί να επιβιώσει σε ακαλλιέργητο έδαφος για 3-6 χρόνια. Γενικά αναφέρεται ότι απαιτούνται από 10 μέχρι 20 χρόνια για να μηδενισθεί ο πληθυσμός του *V. dahliae* σε καλλιεργημένο και μολυσμένο έδαφος (Huismon & Ashworth, 1976).

Όσο αφορά τις συνθήκες που ευνοούν τα μικροσκληρώτια αναφέρεται ότι επιβίωσαν σε 30°C για διάστημα 12 ημερών μέχρι 6 μηνών και σε 40°C για διάστημα 3-35 ημερών. Επίσης η επιβίωση των μικροσκληρωτίων εξαρτάται εκτός από τη θερμοκρασία και από άλλους παράγοντες όπως είναι η εδαφική υγρασία. Σε περιόδους πλημμύρας αναφέρεται ότι οι αριθμοί των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* που υπάρχουν στο έδαφος μειώνονται. Για παράδειγμα έχει αναφερθεί ότι μια πλημμύρα διάρκειας 6 εβδομάδων κατέστρεψε τα μικροσκληρώτια που υπήρχαν σε ένα αγρό, ο οποίος ακολούθως καλλιεργήθηκε επιτυχώς με ευπαθείς ποικιλίες τομάτας (Menzies , 1926)

Τα μικροκκληρώτια κάτω από ευνοϊκές συνθήκες βλαστάνουν και δίνουν μολυσματική υφή. Η υφή έχει τη δυνατότητα εισόδου σε άθικτα ριζίδια ή ρίζα, αλλά επίσης εισέρχεται και από τραύματα που δημιουργούν οι νηματώδεις ή δημιουργήθηκαν από καλλιεργητικές φροντίδες. Οι υφές περνούν την επιδερμίδα και φθάνουν στο ξύλωμα χωρίς να προκαλέσουν σηψιρριζία. Όταν το αγγειακό σύστημα προσβληθεί ο μύκητας περιορίζεται σ' αυτό αρχίζοντας να παράγει κονίδια σε τοπικές αποικίες, τα οποία μεταφέρονται στα ανώτερα μέρη του φυτού όπου σχηματίζονται νέες αποικίες.

Στην περίπτωση του *Verticillium* αναφέρεται και μόλυνση από τα φύλλα εκτός από το ριζικό σύστημα. Οι *V. dahliae* και *V. albo-atrum* ενίοτε μπορούν να προσβάλουν και τα φύλλα ευπαθών ξενιστών, τομάτας και πατάτας με αερομεταφερόμενα κονίδια, με αποτέλεσμα τη διασυστηματική προσβολή των φύλλων.

Η μετάδοση του *Verticillium* γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

A. Με σπόρους καλλιεργούμενων φυτών, κονδύλους πατάτας καθώς επίσης και με σπόρους αυτοφυών φυτών.

Η ικανότητα του μύκητα που προσβάλλει το σπόρο εξαρτάται από την παθογόνο ικανότητα του στελέχους και από το χρόνο προσβολής του φυτού (πρώιμα ή όψιμα). Ο μύκητας βρίσκεται στο μολυσμένο σπόρο με τη μορφή μυκηλίου ή μικροσκληρωτίων. Η μετάδοση του μολύσματος από το σπόρο γίνεται σε φυτά μελιτζάνας, τομάτας πατάτας κ.ά. Ξενιστές του παθογόνου είναι και πολλά ζιζάνια.

Β. Με φύτευση βλαστικού αναπαραγωγικού υλικού σε μολυσμένο έδαφος ή φύτευση βλαστικού αναπαραγωγικού υλικού, που έχει πολλαπλασιαστεί σε μολυσμένο έδαφος και μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται μεταφορά του παθογόνου σε μεγάλες αποστάσεις (φυτάρια ετήσιων φυτών, μοσχεύματα, εμβόλια).

Γ. Μεταφορά μολυσμένου εδάφους και προσβεβλημένου φυτικού υλικού. Η διασπορά είναι δυνατή με κάθε μέσο που μπορεί να μεταφέρει έδαφος και φυτικά υπολείμματα μέσα στο οποίο βρίσκονται είτε τα μικροσκληρώτια, είτε μυκήλιο το μύκητα.

Ο πιο απλός τρόπος διασποράς μολυσμένου εδάφους και προσβεβλημένου φυτικού υλικού είναι ο άνθρωπος, τα γεωργικά μηχανήματα και τα εργαλεία.

Άλλοι τρόποι μετάδοσης της ασθένειας είναι ο άνεμος, η βροχή και το νερό άρδευσης ιδιαίτερα σε ανοικτά αυλάκια.

Η διάδοση του παθογόνου ευνοείται από τον άνεμο με τη μεταφορά ξερών φύλλων από μολυσμένα φυτά και αυτό διότι ο μύκητας *V. dahliae* φέρει ανθεκτικά όργανα, όπως σκούρο μυκήλιο, μικροσκληρώτια, χλαμυδοσπόρια κ.λπ. Έτσι ο μύκητας λόγω των ανθεκτικών του οργάνων έχει τη δυνατότητα να διατηρείται και σε ήδη κατεστραμμένους φυτικούς ιστούς. Επίσης ο άνεμος μπορεί να μεταφέρει όργανα του μύκητα (π.χ. σπόρια), σε γειτονικούς αγρούς ή ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις.

Μεταφορά οργάνων του μύκητα (π.χ. σπορίων), έχει αναφερθεί στο μύκητα *V. albo-atrum* από μολυσμένα φυτά μηδικής σε γειτονικούς αγρούς.

Παρ' όλα αυτά φαίνεται ότι η διάδοση των κονιδίων του με τον άνεμο, είναι περιορισμένη. Αυτό οφείλεται στην ευπάθεια των κονιδίων στη ξηρασία και δεν επιτυγχάνεται μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις. Εύλογα γεννιέται το ερώτημα : «τα όργανα αυτά (μικροσκληρώτια, κονίδια) του μύκητα *Verticillium* είναι αρκετά για την μόλυνση της ασθένειας;». Η απάντηση δίνεται από διάφορες μελέτες, όπως αυτή του Eastom, ο οποίος συνέλεξε πάνω από 100 βιώσιμα μικροσκληρώτια ανά γραμμάριο εδάφους σε απόσταση 6,1 μέτρα, από μολυσμένους αγρούς. Ο άνεμος αποτελεί το κυριότερο μέσο διάδοσης και εξάπλωσης της ασθένειας, ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι διαμέσου του ανέμου, είναι δυνατή όχι μόνο η αερομεταφορά των απλών οργάνων του μύκητα, αλλά και ολόκληρων φυτικών ιστών του προσβεβλημένου φυτού.

Επίσης ο μύκητας μεταφέρεται και με το νερό και με τα έντομα. Το νερό είναι σπουδαίος παράγοντας για τη διασπορά και τη βλάστηση των αναπαραγωγικών μονάδων των *V. albo-atrum* και *V. dahliae*. Τα κονίδια εξαπλώνονται και με σταγονίδια νερού.

Ένας από τους σπουδαιότερους παράγοντες, που επηρεάζει την ανάπτυξη της ασθένειας είναι η θερμοκρασία εδάφους και αέρα. Συμπτώματα προσβολής από το παθογόνο παρουσιάζονται σε θερμοκρασίες, από 12°C έως 30°C. Είναι φανερό, ότι σε αυτές τις θερμοκρασίες οι περισσότερες καλλιέργειες κινδυνεύουν να προσβληθούν (Θανασουλόπουλος 1992).

Πλήθος εργασιών έχουν δείξει ότι ο *V. dahliae* αναπτύσσεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες από το *V. albo-atrum*. Ο Issac το 1949 μελετώντας την άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης βρήκε, πως ήταν ίδια και για τα δύο είδη. Όμως υπάρχουν αναφορές σε πειραματικές εργασίες, όπου το *V. dahliae* αναπτύσσεται άριστα σε θερμοκρασίες μεταξύ 18°-26°C ενώ για το *V. albo-atrum* είναι μεταξύ 22°-24°C, σε απομονώσεις που προέρχονται από

διαφορετικά γεωγραφικά μέρη. Άριστες θερμοκρασίες για το *V. nigrescens* είναι 22,5°C - 25°C για το *V. nubilum* 20°C και για το *V. tricorpus* 22,5°C

Αναφέρεται ότι η ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξη των ειδών του γένους *Verticillium* spp. είναι στους 4,5°C και έτσι κατατάσσονται στους ψυχρόφιλους μύκητες. Στους 35°C μειώνεται κατά πολύ ο αριθμός των μικροσκληρωτίων, που υπάρχουν στο έδαφος και γι αυτό η βερτιτσιλλίωση εμφανίζεται κυρίως το χειμώνα και φθινόπωρο, που επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης παρουσιάζει ένα εύρος 4,4 έως 10°C ανάλογα με τις απομονώσεις. Όσον αφορά τη θερμοκρασία παραγωγής και βλάστησης των οργάνων δεινώσεως έχουμε σαν άριστη θερμοκρασία σχηματισμού κονιδίων τους 20-25°C, ενώ στους 5-30°C σταματά η παραγωγή κονιδίων.

Σε πειράματα θερμοκηπίου με θερμοκρασίες εδάφους και αέρα που υπερβαίνουν τους 28-30°C η ανάπτυξη της ασθένειας, που οφείλεται στο *V. dahliae* μειώνεται αισθητά. Όταν, όμως, το παθογόνο είναι ο *V. albo-atrum* η ασθένεια καταπολεμείται με αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από 25°C.

Πολλές μελέτες προσπαθούν να ερμηνεύσουν τη σχέση εδαφικής υγρασίας με την εκδήλωση και εξέλιξη της ασθένειας. Συμφωνα με τις μελέτες αυτές προκύπτουν διαφορετικά δεδομένα. Οι απόψεις ερευνητών δίστανται όσον αφορά την ευνοϊκότερη υδατική κατάσταση του εδάφους. Συγκεκριμένα, ο Van der Meer (1925) και Nelson (1937), αναφέρουν ότι για την ανάπτυξη της βερτιτσιλλίωσης διαφόρων φυτών, η ξηρασία είναι πολύ ευνοϊκή. Σε αντίθεση οι Bewley (1992) και Harris (1937) και Issac (1946), αναφέρουν ότι η υπερβολική υγρασία αύξησε την ένταση της προσβολής σε διάφορα άλλα είδη φυτών, ενώ ο Rudolph (1931) και οι συνεργάτες του έκαναν μελέτες και βρήκαν ότι δεν υπάρχει σημαντική επίδραση της υγρασίας του εδάφους με την εκδήλωση της ασθένειας και έδειξαν, ότι η μόλυνση επιτυγχάνεται τόσο σε ξηρό, όσο και σε υγρό έδαφος.

Γενικότερα επικρατεί η άποψη ότι η υγρασία είναι ευνοϊκή για ύπαρξη και εξάπλωση της ασθένειας σε ποσοστά υγρασίας 60 έως 70%. Όταν τώρα φθάσει σε υψηλότερα ποσοστά (υπερβολική υγρασία), επέρχεται θανάτωση μικροσκληρωτίων, λόγω αναερόβιων συνθηκών. Ο Menzies βρήκε ότι τα μικροσκληρώτια δεν επιβίωσαν μετά από παραμονή τους για 65 εβδομάδες σε υγρό έδαφος και υπέθεσε, ότι η αιτία καταστροφής τους προήλθε από τις αναερόβιες συνθήκες του εδάφους. Αυτό αποδείχθηκε επειδή σε έδαφος με υγρασία 15%, το οποίο βρισκόταν σε περιβάλλον κορεσμένο με ατμούς αζώτου, τα μικροσκληρώτια θανατώθηκαν σε 3 εβδομάδες. Παρ' όλα αυτά, από διάφορες μελέτες προκύπτουν ότι συνδέεται η υγρασία και η εξάπλωση και εκδήλωση της ασθένειας με τη θερμοκρασία εδάφους. Σύμφωνα με τον Geem (1980), η υγρασία του εδάφους δεν είναι σοβαρός περιοριστικός παράγοντας στην επιβίωση των μικροσκληρωτίων του μύκητα, εκτός αν είναι στο επίπεδο κορεσμού και συνδυάζεται με θερμοκρασία 28°C. Επίσης μελέτες έχουν δείξει ότι σε αγρούς με βαμβάκι με υψηλή βροχόπτωση και θερμοκρασίες κανονικές ή και λίγο χαμηλότερες από την άριστη του μύκητα, υπήρξε έξαρση της βερτιτσιλλίωσης, ενώ η επέκταση της ασθένειας δεν ήταν τόσο μεγάλη, αν κάτω από υψηλές βροχοπτώσεις επικρατούσαν θερμοκρασίες υψηλότερες από το κανονικό. Η βερτιτσιλλίωση, εμφανιζόταν επιδημική σε αρδευόμενες καλλιέργειες (όταν την ευνοούσε η θερμοκρασία) ενώ σε μη αρδευόμενα φυτά δεν εκδηλωνόταν επιδημία.

Ο Ratker το 1992 υπέθεσε ότι η σχέση της εδαφικής υγρασίας και διαδικασίας μόλυνσης είναι πιθανόν διαφορετική από την ανάπτυξη και εξάπλωση της ασθένειας. Γ' αυτήν την υπόθεση βασίσθηκε στο γεγονός ότι η ασθένεια ήταν λιγότερο σοβαρή σε ξηρό έδαφος σύμφωνα, με τα δεδομένα του Issac, όπου το μόλυσμα προστέθηκε σε ξηρό έδαφος, όταν οι ρίζες των φυτών είχαν ήδη μολυνθεί.

Η άρδευση και το νερό της βροχής επηρεάζουν αρνητικά την ικανότητα ενός ξενιστή να αντισταθεί στην ασθένεια. Αυτό οφείλεται στην μείωση της θερμοκρασίας του εδάφους εξαιτίας τους, κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.

Πολλές μελέτες έχουν γίνει για τη σχέση φωτός και ανάπτυξη της ασθένειας της βερτισιλλίωσης. Οι μελέτες αυτές έχουν δείξει ότι το φως έχει σημαντική επίδραση στην αύξηση και σπορίωση πολυάριθμων ειδών μυκήτων και συγκεκριμένα του *V. dahliae* και *V. albo-atrum*. Έχει παρατηρηθεί ότι αμφότεροι οι κύκλοι σκότους/ φωτός και αλλαγές στη θερμοκρασία προκαλούσαν την ανάπτυξη ζωνώσεων του μυκηλίου και των μικροσκληρωτίων του *V. albo-atrum* και *V. dahliae* αντίστοιχα, ο συνεχής φωτισμός εμπόδιζε το σχηματισμό μικροσκληρωτίων στο *V. albo-atrum* και δεν εμπόδιζε το σχηματισμό μικροσκληρωτίων στο *V. dahliae*. Το 1964 όμως, ο Brandt παρατήρησε σε πειράματα που έκανε καθυστέρηση στο σχηματισμό ή καταστολή του σχηματισμού μικροσκληρωτίων και μελανίνης λόγω έκθεση στο φως απομονώσεων του *V. dahliae*. Γενικά η ένταση του φωτός έχει άμεση επίδραση στο σχηματισμό των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* και επηρεάζει το σχηματισμό μελανίνης. Σε υψηλή ένταση φωτισμού παρατηρείται οριστική καταστολή του σχηματισμού μελανίνης και των μικροσκληρωτίων, δηλαδή όσο αυξάνεται η ένταση του φωτός, τόσο παράγονται λιγότερα μικροσκληρώτια. Ενώ η μείωση του φωτός μπορεί να συντελεί σε κακή ανάπτυξη των φυτών και να αυξάνει την ευπάθεια τους στις προσβολές διαφόρων μυκήτων.

Μια άλλη παράμετρος του φωτός είναι η διάρκειά του. Η φωτοπερίοδος επιδρά σημαντικά στη σπορίωση και την εξέλιξη της ασθένειας. Ο Zones και οι συνεργάτες του έδειξαν το 1975 ότι η δημιουργία συμπτωμάτων και η καταστροφή των φυτών επήλθε πιο γρήγορα σε φωτοπερίοδο 4 ωρών σε ευπαθείς ποικιλίες τομάτας, παρά σε 8,12,16 ώρες φωτοπερίοδο. Επίσης

στην πατάτα, παρατηρήθηκε ότι όταν αυξανόταν η φωτοπερίοδος, αυξανόταν η αντοχή των φυτών στη ασθένεια. Γίνεται εύκολα λοιπόν, αντιληπτό, ότι η μικρή διάρκεια φωτός έχει ως αποτέλεσμα πιο γρήγορη εκδήλωση συμπτωμάτων.

Όσον αφορά την ποιότητα του φωτός αυτή επιδρά στην εξέλιξη της βερτιτσιλλίωσης, ενώ δεν επηρεάζει τη μορφογένεση των μικροσκληρωτίων. Συγκεκριμένα, στη φύση το πράσινο φως ευνοεί την ανάπτυξη του μυκηλίου, ενώ το ερυθρό και το μαύρο ευνοεί την ανάπτυξη των μικροσκληρωτίων. Σε άλλες εργασίες αναφέρεται, ότι το ανοικτό κυανό ευνοεί την παραγωγή των μικροσκληρωτίων. Επίσης, μια εναλλασσόμενη περίοδος κυανού-λευκού χρώματος είναι ιδανική για την παραγωγή μικροσκληρωτίων, αλλά αναστέλλει την παραγωγή κονιδίων, ενώ το υπεριώδες αυξάνει την παραγωγή κονιδίων και αναστέλλει τη δημιουργία μικροσκληρωτίων.

Ερευνητές, όπως, οι *Wilhelm, Greem, Menries* και *Brinkerhoff* και πολλοί άλλοι, αναφέρθηκαν στη σχέση του αερισμού και της ανάπτυξης της ασθένειας. Πολλές μελέτες πάνω σ' αυτό το θέμα δεν υπάρχουν. Γενικά προκύπτουν τα εξής: πλημμυρισμένο έδαφος, μεγάλο βάθος εδάφους, χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου και χαμηλότερο διοξείδιο του άνθρακα, από εκείνο του αέρα είναι καταστάσεις που ευνοούν τον μικρότερο αποικισμό μικροσκληρωτίων στο έδαφος.

Η κακή δομή του εδάφους και οι συνθήκες ασφυξίας ευνοούν την ασθένεια. Μετά από πολλές έρευνες ο *Rudolph* το 1933 βρήκε ότι η ασθένεια της βερτιτσιλλίωσης εμφανίζεται πιο επιζήμια στα αργιλώδη-αμμοαργιλώδη-ιλυοαργιλώδη και πλούσια σε οργανική ουσία εδάφη. Την ίδια χρονιά ο *Neal* έδειξε ότι η ασθένεια αυτή είναι πιο ζημιογόνος σε ιζηματογενή και αλουβιακά παρά σε αμμώδη εδάφη. Αυτό ίσως συμβαίνει γιατί το συνεκτικό έδαφος φαίνεται να την ευνοεί διότι συγκρατεί περισσότερη υγρασία αλλά και διότι η θερμοκρασία είναι πιο χαμηλή από

αυτή του αμμώδους. Ωστόσο αργότερα αναφέρθηκε μόλυνση και σε αμμώδη εδάφη στη Φλώριδα σε καλλιέργεια τομάτας. Η έλλειψη ασβεστίου και καλίου καθιστούν τα φυτά πιο ευαίσθητα.

Το υψηλό pH ευνοεί την ασθένεια. Η ανάπτυξη του μύκητα είναι μικρότερη σε όξινο pH και σε pH 4 σταματάει εντελώς. Ο Ranney, όμως βρήκε ότι η ασθένεια ήταν σοβαρή σε καλλιέργεια που γινόταν σε ουδέτερα προς όξινα εδάφη στο Δέλτα του Μισσισιπή. Ωστόσο στη Φλώριδα σε όξινο αμμώδες έδαφος η ασθένεια εμφανίστηκε σποραδικά σε καλλιέργεια τομάτας. Όμως σε pH πολύ μεγαλύτερο του 7 η ασθένεια μειώθηκε σοβαρά. Ο *V. dahliae* σε σχέση με το *V. albo-atrum*, αναπτύσσεται καλύτερα σε χαμηλότερη τιμή pH. Άριστη τιμή pH για την ανάπτυξη του *V. dahliae* είναι 5,5-7,2 ενώ αντίθετα για το *V. albo-atrum* είναι 8-8,6. Γενικά η ασθένεια αναπτύσσεται σε ένα μεγάλο εύρος από 4-8 αλλά αναστέλλεται σε pH μεγαλύτερο του 8.

Η σχέση του δυναμικού του μολύσματος και της έντασης της Βερτιτσιλλίωσης έχει παρατηρηθεί σε πολλά φυτά, όπως και στην πατάτα, όπου παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το μόλυσμα, αυξάνεται και η προσβολή. Η πυκνότητα του μολύσματος επηρεάζει από την πυκνότητα των ριζών.

Η ύπαρξη των μικροοργανισμών στο έδαφος ευνοούν αφ' ενός τη διάδοση του παθογόνου και αφ' ετέρου διευκολύνουν την είσοδό του στις ρίζες με τη δημιουργία πληγών σ' αυτές. Υπάρχουν νηματώδεις που δημιουργούν πληγές στις ρίζες των φυτών και συντελούν στην αύξηση της συχνότητας προσβολής τους από τη βερτιτσιλλίωση. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η ύπαρξη των νηματωδών βοηθάει στη γρήγορη εκδήλωση της βερτιτσιλλίωσης. Ακόμα διάφορα μύκητες ευνοούν την ασθένεια, όταν βρίσκονται στο ίδιο έδαφος με το παθογόνο όπως ο *Penicillium urticae* Bavier και ο *Aspergillus clarathis* Desm. Όμως υπάρχει και η ανταγωνιστική δράση. Όπως έδειξε ο Issac, ο μύκητας *Blastomyces lutens* Cost & Roll είναι ανταγωνιστικός τόσο στο *V.*

dahliae, όσο και στο *V. albo-atrum* σε καλλιέργεια κάτω από μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και pH. Όταν το μύκηλιο του προστίθεται σε έδαφος μολυσμένο με μύκητες που προκαλούν βερτισιλλίωση και μετά φυτευτούν τομάτες η προσβολή από την ασθένεια μειώνεται σοβαρά. Άλλοι μύκητες ανταγωνιστικοί στο έδαφος είναι οι: *Trichoderma*, *Fusarium* και *Mucor* sp. Επίσης διάφορα έντομα εδάφους μπορεί να παίζουν ρόλο στην προσβολή των καλλιεργούμενων φυτών.

Ο μύκητας του γένους *Verticillium* έχει ευρύτατο φάσμα ξενιστών. Το μοναδικό είδος του γένους *Verticillium*, που έχει απομονωθεί στην Κρήτη μέχρι σήμερα από διάφορα είδη καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών, είναι ο *V. dahliae*, ο οποίος ευνοείται στις μέσες και υψηλές θερμοκρασίες.

Σε φυτο-υγειονομικό έλεγχο, που πραγματοποιήθηκε το 1989, από το Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο στο Κέντρο Ελέγχου και Πιστοποίησης Πολλαπλασιαστικού Πατάτας του Οροπεδίου Λασιθίου, βρέθηκε μεγάλος αριθμός καλλιεργειών προσβεβλημένος από το *V. dahliae*. Η οικονομική απώλεια στο σύνολο των καλλιεργειών που πλήττονται (πατάτα, τομάτα, μελιτζάνα κ.α.) είναι μεγάλη. Στις ευπαθείς ποικιλίες τομάτας οι απώλειες κυμαίνονται από 33-67%, ενώ στην πατάτα φθάνουν μέχρι 30-50%.

Επειδή στην Κρήτη επικρατούν ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη του μύκητα, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι, αφ' ενός, ο μύκητας προκαλεί σημαντικές ζημιές και αφ' ετέρου ότι ο κύκλος των ξενιστών του συνεχώς θα διευρύνεται.

Η φυλή 1 είναι πολύ διαδεδομένη, όπου καλλιεργούνται, για πολλά χρόνια διάφορα ευπαθή λαχανικά, όπως είναι ο κάμπος Χανίων Ρεθύμνης, Μαλλίων, η Πεδιάδα της Μεσσαράς, η παραλιακή ζώνη μεταξύ Ιεράπετρας και Σητείας και το Οροπέδιο Λασιθίου ή σε περιοχές που καλλιεργούνται ευπαθή

λαχανικά υπό κάλυψη και η απολύμανση του εδάφους είναι πλημμελής, όπως είναι η περιοχή της Βαγιωνιάς στη Μεσσαρά.

Η φυλή 2 είναι πολύ διαδεδομένη στην περιοχή του Οροπεδίου Λασιθίου σε καλλιέργεια τομάτας. Σε διάστημα 9 ετών εξαπλώθηκε σε πολλούς αγρούς της περιοχής αυτής, που καλλιεργούνταν ευπαθή λαχανικά. Η φυλή 2 εξαπλώθηκε στο Οροπέδιο Λασιθίου, επειδή καλλιεργούνταν συνεχώς για τουλάχιστον μία δεκαετία ανθεκτικά στη φυλή 1 υβρίδια τομάτας.

4. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ

Η καταπολέμηση των ασθενειών αποτελεί ένα από τους σπουδαιότερους στόχους στον τομέα της γεωργίας. Στην περίπτωση των λαχανικών, συστήνονται παρακάτω:

1. Καλό χωράφι, ισοπεδωμένο, στραγγερό, με μέση σύσταση, εφοδιασμένο με αρκετή οργανική ουσία (πάνω από 1%), με κατάλληλο pH, όχι εκτεθειμένο σε δυνατούς ανέμους, παγετούς και άλλα δυσμενή καιρικά φαινόμενα.

2. Προμήθεια κατάλληλου πολλαπλασιαστικού υλικού που εγγυάται:

_ Απόλυτα πιστοποιημένη γενετική καθαρότητα και υγιεινή κατάσταση. Απαλλαγμένο από μολύσματα μυκήτων, βακτηρίων, ιών, νηματωδών, ακάρεων, εντόμων κ.ά.

_ Τις επιθυμητές ιδιότητες βλαστική ικανότητα, προσαρμοστικότητα στις τοπικές συνθήκες, ποιοτικές προδιαγραφές σύμφωνες με τις απαιτήσεις της αγοράς, υψηλές αποδόσεις. Επίσης ανθεκτικότητα σε ορισμένα, τουλάχιστον, πολύ επιζήμια παθογόνα αίτια, που επικρατούν στην περιοχή.

3. Γενική απολύμανση του εδάφους.

4. Απολύμανση σπόρου. Γίνεται την ίδια περίοδο και μέχρι τις παραμονές της σποράς είτε γιατί ο σπόρος είναι ύποπτος ως προς την υγιεινή του κατάσταση (μη πιστοποιημένος), είτε γιατί είναι αναγκαία μια πρόσφατη προστασία (του σπόρου και των φυταρίων) από παράσιτα εδάφους ή από παράσιτα που μεταδίδονται με το σπόρο.

Ουσιαστική αντιμετώπιση των αδρομυκώσεων δεν υπάρχει. Κατά βάση περιορίζεται στην πρόληψη. Η αντιμετώπιση όπως είπαμε παραπάνω θα

πρέπει να αρχίζει από τη στιγμή που γίνεται η εγκατάσταση του σπορείου ή του φυτωρίου. Οι κυριότεροι τρόποι αντιμετώπισης είναι:

- **Καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών.**
- **Απολύμανση του εδάφους.**
- **Αμειψισπορά.**
- **Εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων.**
- **Καταστροφή προσβλημένων ριζών και στελεχών των διαφόρων φυτών μετά τη συγκομιδή.**
- **Χρησιμοποίηση διαφόρων βιολογικών παραγόντων.**

Η οριστική λύση της αντιμετώπισης θα δοθεί με την εξασφάλιση ανεκτικών ή ανθεκτικών ποικιλιών με αποδεκτούς εμπορικούς χαρακτήρες ώστε να ελαχιστοποιούνται οι προσβολές. Παρ' όλα αυτά θα ξεκινήσουμε με ένα άλλο μέτρο αντιμετώπισης του προβλήματος που είναι η εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων, κάνοντας μια προσπάθεια να προσεγγίσουμε τον τρόπο αυτό καταπολέμησης της ασθένειας από την αρχή της παραγωγής κάποιου προϊόντος. Ας δούμε λοιπόν ένα- ένα τα καλλιεργητικά μέτρα που μπορούμε να πάρουμε:

Α. Λίπανση: είναι ένα από τα βασικότερα μέτρα. Τόσο κατά την περίοδο της εγκατάστασης ή έναρξης της βλαστικής περιόδου της φυτείας, όσο και αργότερα, η χορήγηση των κατάλληλων τύπων λιπασμάτων πρέπει να γίνεται σε ποσότητες και χρονικές στιγμές που καθορίζονται από το είδος και τη μορφή της καλλιέργειας ή ανάλογα με τη φυσική και χημική σύσταση του εδάφους. Η λίπανση θα πρέπει να είναι ισορροπημένη και να αποφεύγεται ρητός η υπερβολική αζωτούχα λίπανση, που προκαλεί γρήγορη και άφθονη βλάστηση και ευνοεί τις προσβολές κυρίως όσον αφορά τη βερτιτσιλίωση.

Β. Άρδευση: Όσον αφορά την άρδευση θα πρέπει να γίνονται ποτίσματα των οποίων ο τρόπος, ο χρόνος και οι ποσότητες εφαρμογής να

προσαρμόζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών αλλά και ανάλογα με τις ανάγκες προστασίας τους από διάφορα παθογόνα. Αυτό, με την έννοια ότι τα περισσότερα παράσιτα αλλά και ζιζάνια, χρησιμοποιούν ενεργητικά ή παθητικά, το νερό για τη διάδοση τους ή το εκμεταλλεύονται για τις άλλες δραστηριότητες τους. Για το *Verticillium* πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική άρδευση, αλλά και τα μεγάλα διαστήματα ξηρασίας μεταξύ των αρδεύσεων. Ο κύκλος άρδευσης, με άλλα λόγια να είναι όσο το δυνατόν κανονικότερος. Όχι λοιπόν συχνή άρδευση και ελάττωση του νερού μέχρι βαθμού που δε παρεμποδίζει την κανονική ανάπτυξη των φυτών.

Αντίθετα πλημμύρισμα του μολυσμένου εδάφους είχε σαν αποτέλεσμα την αντιμετώπιση του μύκητα. Συγκεκριμένα σε καλλιέργεια πατάτας που είχε μολυνθεί από *Verticillium* έγιναν υπερβολικές αρδεύσεις που συντέλεσαν στη μερική έλλειψη του διαθέσιμου οξυγόνου του εδάφους και είχαν ως αποτέλεσμα την καταστροφή των μικροσκληρωτίων που υπήρχαν. Αυτό φυσικά όπως είναι κατανοητό συνέβη γιατί η υδατοϊκανότητα του εδάφους ξεπέρασε το 65-70% όπου ο μύκητας έχει την άριστη μολυσματικότητα και άρχισε λόγω των αναερόβιων συνθηκών που δημιουργήθηκαν να καταστρέφεται.

Το αρδευτικό νερό δεν πρέπει να περνάει μέσα από αγρούς που παρουσίασαν ή είναι δυνατόν να παρουσιάσουν προσβολή από το μύκητα και να μη χρησιμοποιούνται αζωτούχα νερά για άρδευση. Επίσης προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο ότι η άρδευση με αυλάκια αυξάνει την εξάπλωση του παθογόνου, περισσότερο από ότι η άρδευση με καταιονισμό ή στάγδην για το λόγο του ότι έτσι μεταφέρεται πιο εύκολα ο μύκητας

Γ. Ζιζανιοκτονία: Συνιστάται καταστροφή όλων των ανεπιθύμητων φυτών ζιζανίων ή και καλλιεργούμενων, όπως είναι τα παραπανίσια της ίδιας της καλλιέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται με ζιζανιοκτόνα (στα πρώτα) ή με αραίωμα (στα τελευταία). Έτσι όχι μόνο μειώνεται ο

ανταγωνισμός με άχρηστα φυτά, αλλά μειώνεται και αριθμός των φυτών -ξενιστών των παθογόνων ή εχθρών της καλλιέργειας. Έτσι λοιπό δίνεται ιδιαίτερη μέριμνα στην καταστροφή της αυτοφυούς βλάστησης γιατί ένα μεγάλο πλήθος ζιζανίων φιλοξενεί το μύκητα είτε με εμφανή συμπτώματα προσβολής είτε χωρίς συμπτώματα.

Δ. Νηματώδεις και έντομα. Ορισμένα μέτρα άμεσης προστασίας από ορισμένα παράσιτα, συμβάλουν έμμεσα στην πρόληψη άλλων εξίσου ή και πιο σοβαρών παθήσεων των φυτών. Όταν εξοντώσουμε έντομα, νηματώδεις ή άλλους μικροοργανισμούς, που είναι φορείς σπουδαίων παθογόνων, προλαβαίνουμε παθήσεις που δεν καταστέλλονται, ούτε αντιμετωπίζονται πρακτικά, με κανένα άλλο τρόπο ή μέσον. Όταν πολεμούμε έγκαιρα ασθένειες προλαβαίνουμε προσβολές από παράσιτα αδυναμίας ή εξασθένησης των φυτών ή πληγώματος οργάνων τους. (π.χ. βερτισιλίωση, φουζαρίωση, βακτηριώσεις). Πάρα πολλές μελέτες αναφέρονται στην εμπλοκή των νηματωδών, *Platylenchus*, *Clobodera*, *Meloidygene* και *Tylenchorynchus* spp. στη αύξηση της βερτισιλίωσης. Η νηματωδοκτονία έχει ιδιαίτερη σημασία στην καλλιέργεια της πατάτας και τομάτας. Βρέθηκε ότι η εφαρμογή του *Naram*, μέσω του συστήματος άρδευσης με καταιωνισμό, σε δόσεις 25 lt ανά στρέμμα, αύξησε την παραγωγή της πατάτας μέχρι 75%.

Τα έντομα βοηθούν στη διασπορά και επιβίωση του παθογόνου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα ακόλουθα: Το *V. albo-atrum*, είχε διασπαρθεί από το έντομο *Magachile rotundata*, που χρησιμοποιεί κομμάτια από μολυσμένα φυτά, για να κατασκευάσει μέρη για την επώαση των αυγών. Έντομα μεταφέρουν το παθογόνο στο σώμα τους, είτε με την μεταφορά γύρης, είτε στα στίγματα. Εχθροί όπως οι ακρίδες, και η σιταρόψειρα ταΐστηκαν με μολυσμένο φυτό και διασκόρπισαν τμήματα, που περιείχαν τα παθογόνα.

Ε. Ειδικές καλλιεργητικές εργασίες για τον περιορισμό της μόλυνσης: Για τη μείωση των εστιών μόλυνσης ή τον περιορισμό εξάπλωσης τους, μπορούν να γίνουν ορισμένες καλλιεργητικές εργασίες στη διάρκεια ή στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου όπως:

- Καταστροφή αρρώστων ή υπόπτων φυτών ή οργάνων, στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Σε κάθε περίπτωση παρασιτικών και μάλιστα μολυσματικών - ασθενειών προβάλλεται η ανάγκη άμεσης και προσεκτικής εκρίζωσης, απομάκρυνσης και καταστροφής φυτών και οργάνων τους ή ακόμα και ολόκληρων τμημάτων μιας καλλιέργειας, που εμφανίζουν εκδήλωση ή ύποπτα συμπτώματα κάποιας προσβολής.
- Καταστροφή όλων των υπολειμμάτων (φύλλων, στελεχών, κλαδιών, καρπών), μετά το τέλος της συγκομιδής. Είναι μια ανεκτίμητη πρακτική που επίμονα συστήνεται σε όλα τα προγράμματα φυτοπροστασίας, τουλάχιστον των ετήσιων καλλιεργειών.

ΣΤ. Ανθεκτικές Ποικιλίες: Η μέθοδος χρησιμοποίησης ανθεκτικών ποικιλιών ή γονοτύπων φυτών, παρά τις αποτυχίες, δυσκολίες ή και κάποιους «κινδύνους» είναι η μόνη, που ήδη έχει δώσει πολλές (και υπόσχεται να δώσει πολύ περισσότερες) λύσεις εκεί που κάθε άλλο μέτρο ή μέσο φυτοπροστασίας δεν μπόρεσε ή δεν μπορεί πια να δώσει κανένα αποτέλεσμα. Βέβαια και αυτή η μέθοδος δεν είχε πάντοτε επιτυχία λόγω της δημιουργίας νέων ανθεκτικών στελεχών των παρασίτων και κυρίως των μικροοργανισμών (όπως η δημιουργία φυλής 2 στην τομάτα). Απέναντι στα νέα στελέχη, οι επιλεγμένες ή μη γενετικές μεθόδους δημιουργημένες ανθεκτικές ποικιλίες φυτών χάνουν βαθμιαία σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, την ανθεκτικότητα ή την ανεκτικότητα, που τους εξασφάλιζε πρωτίτερα μια αυτοδύναμη προστασία από τα ίδια είδη παθογόνων.

Η αντιμετώπιση της βερτιτσιλίωσης στη χώρα μας γίνεται σήμερα ως εξής :

1. Θερμοκηπιακές καλλιέργειες: Απολύμανση του εδάφους με φυσικά μέσα, όπως είναι η θερμότητα (ατμός, ηλιοθέρμανση ή με χημικά (βρωμιούχο μεθύλιο κ.α.) απολυμαντικά ευρέως φάσματος ή συνδυασμό και μειωμένη δόση απολυμαντικού, καθώς επίσης με χρησιμοποίησης ανθεκτικών ποικιλιών και υβριδίων διαφόρων φυτών

2. Υπαίθριες καλλιέργειες: Με χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών και υβριδίων (κυρίως στην τομάτα)

Η χημική αντιμετώπιση δεν είναι αποτελεσματική στην περίπτωση των αδρομυκώσεων. Η αμειψισπορά είναι μια πρακτική μέθοδος μεγάλης σημασίας. Μερικοί από τους λόγους, που συνηγορούν υπέρ της εφαρμογής της είναι:

- Ο περιορισμός της υπερβολικής ανάπτυξης μιας κατηγορίας ζιζανίων (που είναι μια από τις κακές συνέπειες της συνεχούς μονοκαλλιέργειας).
- Η δυνατότητα ελέγχου των ζιζανίων με τα κατάλληλα χημικά συστήματα, δεν είναι δυνατή λόγω της ανθεκτικότητας που δημιουργείται. Έτσι δικαιολογείται ακόμη περισσότερο η ανάγκη αμειψισποράς.
- Αντιμετώπιση των ασθενειών των οποίων τα αίτια δρουν από το έδαφος. Έτσι, για τα σολανώδη η μονοκαλλιέργεια είχε ως αποτέλεσμα αύξηση της προσβολής ειδών του γένους *Verticillium*, ειδικά στην τομάτα, ενώ με αμειψισπορά σολανωδών με σιτηρά, μπιζέλι και καρότο είχε ως αποτέλεσμα μείωση της προσβολής, κυρίως σε υπαίθριες καλλιέργειες.

Η βιολογική καταπολέμηση μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια οικολογική μέθοδος φυτοπροστασίας. Χρησιμοποιούμε δηλαδή, μικροοργανισμούς, όπως έντομα, ακάρεα κ.α. τα οποία ζουν σε βάρος των καλλιεργούμενων φυτών, σαν αρπακτικά ή σαν παράσιτα ή μικροοργανισμούς, όπως μύκητες, βακτήρια, ιούς, που είναι σε θέση να προκαλούν καταστροφικές αρρώστιες στους εχθρούς των καλλιεργειών. Έτσι στην περίπτωση του *Verticillium*

διεξάγονται πειράματα αντιμετώπισης με την χρησιμοποίηση ανταγωνιστών όπως:

- Μύκητες, όπως είναι ο ασκομύκητας *Talaromyces flavus*, ο οποίος επηρεάζει την επιβίωση των μικροσκληρωτίων (Τζάμος και Βελλιος 1997).
- Βακτήρια της ριζόσφαιρας και της ενδοριζόσφαιρας, τα οποία βρέθηκαν (in vitro), ότι έχουν την ικανότητα να δρουν εναντίον της βερτισιλλίωσης (Τζάμος 1997). Τέτοια βακτήρια είναι τα είδη των γενεών *Pseudomonas*, *Marobacterium*, *Clucobacterium* (Azad et al 1987), *Bacillus* (polide 1985), καθώς επίσης είδη που δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο, των γενών *Azotobacter* και *Azotomonas* (Azad et al 1987).
- Μυκητοφάγοι οργανισμοί όπως έντομα, νηματώδεις, πρωτόζωα π.χ. *Talaromyces flavus* (ατελής μορφή του *Penicillium dangeardec Pitt.* Ο μύκητας αυτός αποικίζει στα άκρα της ρίζας ξενιστών και παρεμποδίζει την βλάστηση των μικροσκληρωτίων και δρα ανταγωνιστικά, παρασιτικά και ως αντιβιοτικό εναντίον του *V. dahliae*.

Αναλυτικότερα η αντιμετώπιση στην τομάτα, πιπεριά και μελιτζάνα γίνεται:

- Με γενικά (καπνιστικά) απολυμαντικά εδάφους. Εναντία στη βερτισιλλίωση έχει δοκιμαστεί με επιτυχία η ηλιοαπολύμανση, χωρίς χημικά απολύμαντικά ή σε συνδυασμό μ' αυτά σε πολύ μειωμένη δόση.
- Με εφαρμογή (πότισμα ή ριζοπότισμα) βενζιμιδαζολικών (100γρ δρ ουσίας/100kg νερό) 24 ώρες πριν την μεταφύτευση.
- Με μακροχρόνια αμειψισπορά στην οποία μπορεί να συμπεριλαμβάνονται τα εξής λαχανοκομικά φυτά : φασόλι, λάχανο, κουνουπίδι, σκόρδο, κρεμμύδι, πράσο, μαρούλι, σπανάκι, σέλινο.

- Ιδιαίτερα με χρήση ανθεκτικών ποικιλιών τομάτας και μελιτζάνας , ενάντια στη βερτισιλλίωση έχει δοκιμασθεί στις ΗΠΑ, με μεγάλη επιτυχία εμβολιασμού πάνω σε ανθεκτικά υποκείμενα (τομάτας).

- Ισορροπημένη λίπανση (να προτιμούνται νιτρικά απ' ότι αμμωνιακά λιπάσματα) και καταστροφή ζιζανίων, καθώς και καταπολέμηση νηματωδών.

Όσον αφορά την καταπολέμηση της βερτισιλλίωσης στην πατάτα, προτιμούνται τα εξής μέτρα:

- Χρησιμοποίηση υγιών κονδύλων και σπόρου
- Καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών.
- Καταστροφή προσβεβλημένων φυτών με φωτιά.
- Καλή αποστράγγιση.
- Αμειψισπορά. Η αμειψισπορά, αποτελεί μια μέθοδο αντιμετώπισης ή μείωσης της σοβαρότητας της βερτισιλλίωσης στην πατάτα, σε περιοχές που γίνεται συνεχείς καλλιέργεια της. Θεωρείται ότι το μόλυσμα, που παράγεται, από μολυσμένες πατάτες θα μπορούσε να μειωθεί ή να ελαχιστοποιηθεί απουσία πατάτας, συνήθως σε 2-4 χρόνια. Οι πατάτες θεωρούνται ότι προκαλούν αύξηση του μολύσματος σε αγρό στον οποίο έχουν καλλιεργηθεί συνεχώς για μερικά χρόνια. Η αύξηση του μολύσματος, είναι πολύ μεγάλη λόγω σχηματισμού μικροσκληρωτίων στα υπολείμματα των φυτών, που παραμένουν στο έδαφος. Έχει αναφερθεί, ότι το μόλυσμα, που υπάρχει στα στελέχη της πατάτας, επιβιώνει για περίοδο 14-17 μηνών στον αγρό, όμως ποτέ δεν εκλείπει, όταν τα στελέχη παραμένουν άθικτα. Δηλαδή, αμειψισπορές μικρής διάρκειας (π.χ. πατάτες κάθε δεύτερο χρόνο), μάλλον δεν είναι αποτελεσματικές, επειδή το μόλυσμα διατηρείται στο έδαφος από τα προσβεβλημένα στελέχη της πατάτας. Αμειψισπορά 3 ή 4 χρόνων είναι ωφέλιμη για την πατάτα και συνιστώνται καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών και αραβοσίτου. Σε αμειψισπορές, όπου μετά την πατάτα καλλιεργούνταν ανθεκτικά είδη φυτών βρέθηκε, ότι, η μείωση της πυκνότητας του

πληθυσμού των μικροσκληρωτίων, ήταν μικρότερη στον αγρό, από ότι στο εργαστήριο. Συγκεκριμένα, το 4% του αρχικού πληθυσμού των μικροσκληρωτίων παρέμενε ζωντανό στο έδαφος, μετά από 7 χρόνια αμειψισπορά. Παρ' όλο, που η αμειψισπορά δεν αντιμετώπισε πλήρως τον μύκητα, μείωσε αισθητά την πυκνότητα του μολύσματος του, στο έδαφος. Σε πειράματα αμειψισποράς, βρέθηκε ότι, το ύψος της παραγωγής της πατάτας έχει συσχετισθεί περισσότερο με τη συχνότητα της καλλιέργειας της πατάτας στον αγρό και λιγότερο με την συχνότητα καλλιέργειας διαφόρων ευπαθών ειδών στο *V. dahliae*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΔΡΟΜΥΚΩΣΗ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΗ ΣΤΟ ΜΥΚΗΤΑ *FUSARIUM OXYSPORUM* F.SP. *LYCOPERSIC*

1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ

Ο μύκητας *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* είναι γνωστός στην Ευρώπη από δύο παθότυπους του. Οι φυλές 0 και 1 (οι φυλές αυτές αναφέρονται και ως φυλή 1 και φυλή 2 αντίστοιχα). Μια τρίτη φυλή, η φυλή 3 περιγράφηκε, για πρώτη φορά το 1966 στην Βραζιλία, το 1982 βρέθηκε στην Αυστραλία και αργότερα σε δύο πολιτείες (Florida & California) των Η.Π.Α. Στη χώρα μας, έχει βρεθεί μόνο η φυλή 1 (η πρώτη φυλή). Το 1969 παρατηρήθηκε σε θερμοκήπια, που καλλιεργούνταν με τομάτες και ήταν καλυμμένα από πλαστικό στις περιοχές Οκο και Kamiso, της Ιαπωνίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις προκάλεσαν ολική απώλεια της σοδειάς. Από τότε ο μύκητας *Fusarium* έχει εξαπλωθεί κυρίως σε περιοχές με Μεσογειακό κλίμα, όπως η χώρα μας, με συνέπειες, συχνά καταστροφικές, για τις προσβαλλόμενες καλλιέργειες.

2. ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Η αδροφουζαρίωση, όπως και η βερτισιλλίωση, εκδηλώνεται αρχικά με μαρασμό, κιτρίνισμα και νέκρωση των παλαιότερων φύλλων. Στη συνέχεια τα συμπτώματα εμφανίζονται και στα ψηλότερα μέρη του φυτού. Είναι δυνατόν η προσβολή να εμφανίζεται αρχικά στη μια πλευρά του φυτού (ημιπληγία), οπότε οι βλαστοί και τα φύλλα εκείνης της πλευράς μαραίνονται, νεκρώνονται και στη συνέχεια ακολουθεί ο γενικός μαρασμός του φυτού (Εικόνα 5).

Τα αγγεία του φυτού ιδιαίτερα στο κατώτερο τμήμα του βλαστού εμφανίζεται καστανό μεταχρωματισμό (Εικόνα 6). Ο ίδιος καστανός μεταχρωματισμός εμφανίζεται και στο σημείο εκφύσεως των φύλλων όταν τα κόψουμε. Μερικές φορές και οι αγγειώδεις δέσμες στο κέντρο του καρπού έχουν καστανό χρώμα, κυρίως στην τομάτα.

Το μαρασμό του φυτού συνήθως ακολουθεί και σάπισμα των πλευρικών ριζών γεγονός, που επιταχύνει τη νέκρωση του φυτού. Άλλωστε και εδώ, όπως και στην αδρομύκωση, που οφείλεται στο μύκητα *Verticillium* η παραγωγή τοξινών από το μύκητα γενικεύει την εμφάνιση των συμπτωμάτων. Τα νεκρά μέρη του φυτού σε ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας καλύπτονται από τις ατελείς καρποφορίες του μύκητα, που είναι λευκού ή λευκορόδινου χρώματος (σποριοδόχεια με κονίδια).

3. ΑΙΤΙΟ - ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

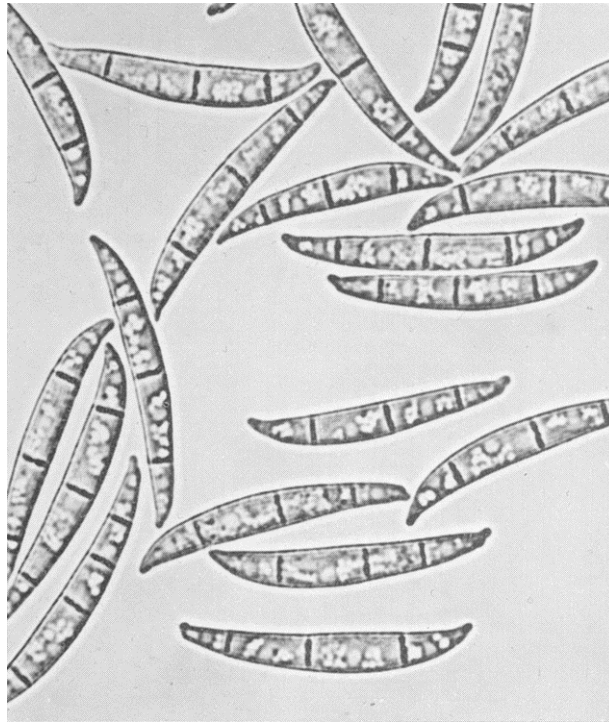
Η αδρομύκωση αυτή των σολανωδών προκαλείται από το μύκητα *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, ο οποίος μολύνει μόνο τα φυτά του γένους *Lycopersicon*, ανήκει στην τάξη *Moniliales*, οικογένεια *Moniliaceae*, στην κλάση *Adelomycetes*. Παράγει δρεπανοειδή μακροκονίδια (διαστάσεων 27 - 46 X 3 - 5 μm), χλαμυδοσπόρια και μικροκονίδια (διαστάσεων 5-12 X 2,2 -3,5 μm) (Εικόνα 7).



Εικόνα 5. Συμπτώματα αδροφουζαρίωσης (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*) σε τομάτα.



Εικόνα 6. Μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου σε στέλεχος τομάτας προσβλημένης από το μύκητα *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.



Εικόνα 7. Μακροκονίδια του μύκητα *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Το παθογόνο μεταδίδεται με το έδαφος, στο οποίο φαίνεται, ότι μπορεί να επιβιώσει για πολλά χρόνια. Επίσης μεταδίδεται με τα μολυσμένα φυτάρια, με τα υπολείμματα της καλλιέργειας και με το σπόρο. Η μόλυνση των φυτών γίνεται από το ριζικό σύστημα οι πληγές στις ρίζες διευκολύνουν τις μολύνσεις. Ευνοείται στα όξινα και αμμώδη εδάφη. Η παθογένηση συνδέεται με την απόφραξη των αγγείων και το σχηματισμό ενζύμων και τοξίνων.

Η θερμοκρασία του εδάφους και του αέρος αποτελούν μεγάλης σημασίας παράγοντες του περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και σοβαρότητα της ασθένειας. Η άριστη εδαφική θερμοκρασία για την ανάπτυξη της ασθένειας είναι περίπου 28°C και η ταχεία εκδήλωση των υπέργειων συμπτωμάτων στα φυτά ευνοείται όταν η θερμοκρασία αέρος είναι επίσης, στο ίδιο επίπεδο. Η

ασθένεια δεν εκδηλώνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες (17°C), ούτε σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (35°C).

Η ασθένεια ευνοείται από τη χρήση μεγάλης ποσότητας αμμωνιακών αζωτούχων λιπασμάτων.

Πολυγονιδιακή αντοχή στην τομάτα, η οποία βρέθηκε στην Αμερική, χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα, από το 1910 έως το 1937 σε προγράμματα φυτοπαθοβελτίωσης, με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών ανθεκτικών ποικιλιών (Marglobe, Rutgers, Pritchard, Break, O' Day κ.ά.), μερικές από τις οποίες κυκλοφορούν ακόμα και σήμερα στις Η.Π.Α., Όμως η αντοχή αυτή παρ' ότι αποδείχθηκε πολύ χρήσιμη, δεν είναι αποτελεσματική στις άριστες συνθήκες θερμοκρασίας, για την ανάπτυξη της ασθένειας.

Η πρώτη ολιγονιδιακή αντοχή έναντι του μύκητα *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, η οποία και χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα σε προγράμματα γενετικής βελτίωσης της τομάτας, βρέθηκε το 1937 στην εισαγωγή P₁ 79532 (γνωστή ως *Accession 160*) του *Lycopersicon pimpinelifolium*. Η αντοχή αυτή ελέγχεται, από ένα κυρίαρχο γονίδιο, για το οποίο προτάθηκε το σύμβολο *I*. Το γονίδιο αυτό, το οποίο βρίσκεται στο χρωμόσωμα 11, εξασφαλίζει ανοσία έναντι της φυλής 1 του παθογόνου. Αργότερα ο Hubbeling κ.ά. πρότειναν τη μετονομασία του γονιδίου *I* σε *I-I*.

Η πρώτη ποικιλία τομάτας, που δημιουργήθηκε με το γονίδιο *I* ήταν η Pan America το 1941, από διασταύρωση της εισαγωγής P₁ 79532 και της ποικιλίας Marglobe. Η εμφάνιση της φυλής 2 στην Αμερική το 1941 δημιούργησε σοβαρότατα προβλήματα στις καλλιέργειες τομάτας, λόγω προσβολής των ανθεκτικών ποικιλιών, που περιείχαν το γονίδιο *I*. Δέκα χρόνια μετά την εμφάνιση της φυλής 2 βρέθηκε αντοχή για την αντιμετώπισή της στην εισαγωγή P₁ 126915, που αποτελεί υβρίδιο μεταξύ του *L. esculentum* και του *L. pimpinifolium*. Η αντοχή αυτή επιβεβαιώθηκε από τους Stall & Walter το 1965, οι οποίοι στη συνέχεια δημιούργησαν την

επιλογή UF 1269 -1-8-1, που είναι ομόζυγη ως προς την αντοχή της σε αμφότερες.

Σύμφωνα με τους Cirullis & Allexander (1966), που επιβεβαιώθηκε από τους Laterrot & Philoure (1984), η αντοχή της επιλογής UF1269, 5-1-8-1 ρυθμίζεται από δύο κυρίαρχα γονίδια από τα οποία το ένα ελέγχει την αντοχή στην φυλή 1 και το άλλο στην φυλή 2 του παθογόνου. Για το γονίδιο, που ελέγχει την αντοχή της επιλογής UF126915 -1-8-1 στη φυλή 2 προτάθηκε το σύμβολο I-2 ενώ, για το γονίδιο, που ελέγχει την αντοχή στη φυλή 1 δεν προτάθηκε συμβολισμός, επειδή δεν διευκρινίστηκε η σχέση του με το γονίδιο I της εισαγωγής P₁79532. Το γονίδιο I-2 χαρτογραφήθηκε από το Laterrot (1976) στο χρωμόσωμα 11 της τομάτας.

Γονίδια αντοχής έναντι των φυλών 1 και 2 του μύκητα *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, διαφορετικά από αυτά που βρέθηκαν στο άγριο είδος *L. pimpinellifolium*, βρέθηκαν επίσης στην σειρά L_A716 του *L. pennelii* στη φυλή 1. Το γονίδιο αυτό διαπιστώθηκε, ότι βρίσκεται στο χρωμόσωμα 7 (Sarfaty κ.ά.1991), όμως η πρόταση χρησιμοποίησης του συμβόλου I-1 για το γονίδιο αυτό δημιουργεί σύγχυση στους φυτοπαθοβελτιωτές, επειδή το ίδιο σύμβολο είχε δοθεί προγενέστερα από το Hubbeling κ.α. (1971) στο διαφορετικό γονίδιο αντοχής έναντι της φυλής 1 της εισαγωγής P₁79532 του *L. pimpinifolium*. Αντοχή της φυλής 2 βρέθηκε επίσης στην εισαγωγή P₁ 414773 του *L. pennelii* ελεγχόμενη από δύο ανεξάρτητα κυρίαρχα γονίδια από τα οποία το ένα είναι αλληλόμορφο με το γονίδιο I-2, ενώ για το άλλο δεν προτάθηκε συμβολισμός.

Αντοχή στη φυλή 3 του μύκητα *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* βρέθηκε στην εισαγωγή P₁ 414773 και στη σειρά L_A716 του *L. pennelii*. Η αντοχή αυτή ελέγχεται από ένα κυρίαρχο γονίδιο το I-3, το οποίο βρίσκεται στο χρωμόσωμα 7. Αντοχή στη φυλή 3 βρέθηκε επίσης στη σειρά L_A 1777 του *L. hirsutum* και στη σειρά L_A 2133 του *L. pimpinellifolium* (Bournival &

Vallejos 1991). Τα γονίδια αντοχής που προέρχονται από το *L. pennellii* θα μπορούσαν στο μέλλον ενσωματωμένα σε καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβρίδια να μειώσουν τον κίνδυνο εμφάνισης νέων παθογόνων φυλών.

Από παλιά ήταν γνωστό ότι το γονίδιο *I-2*, που υπήρχε στις διάφορες εμπορικές ποικιλίες και υβρίδια τομάτας, προσέφερε ταυτόχρονα αντοχή τόσο έναντι της φυλή 2, όσο και έναντι της φυλής 1 του παθογόνου. Οι Laterrot & Philoure (1984) δημιούργησαν σειρές τομάτας που τις ονόμασαν «*ideucenri*», στις οποίες πέτυχαν ανασυνδυασμό μεταξύ της αντοχής στη φυλή 2 και της ευπάθειας στη φυλή 1. Προκειμένου οι Laterrot & Philoure (1984) να εξηγήσουν της αντιδράσεις των σειρών «*ideucenri*» στις φυλές 1 και 2 ή 0 και 1 αντίστοιχα, σύμφωνα με το νεότερο σύστημα ταξινόμησης πρότειναν τροποποίηση της ονομασίας των φυλών, όπως φαίνεται στον πίνακα 37, όμως εάν γίνει δεκτή η πρόταση τους για την νέα ονοματολογία, τίθεται το εύλογο ερώτημα: «υπάρχει η φυλή 0 χωρίς παθογόνο ικανότητα στις σειρές «*ideucenri*» που διαθέτουν μόνο το γονίδιο *I-2*; Συμπερασματική σε άγρια είδη του γένους *Lycopersicon* έχουν βρεθεί 3 πηγές αντοχής έναντι της φυλής 1, 3 πηγές αντοχής της φυλής 2 και 5 πηγές αντοχής έναντι της φυλής 3 του μύκητα *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Δοκιμασίες αλληλομορφισμού, που έχουν πραγματοποιηθεί μεταξύ αρκετών από τις αντοχές αυτές έχουν προσδιορίσει τις υπάρχουσες ομοιότητες ή διαφορές. Σε ορισμένες περιπτώσεις που αφορούσαν στο γονίδιο *I* υπήρξε δυσκολίες στην εύρεση του αρχικού δότη. Επιπλέον, στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει σύγχυση σε ό,τι αφορά στη χρήση των συμβόλων *I* και *I-I*. Σήμερα οι πλείστες συγγραφείς χρησιμοποιούν το σύμβολο *I* για το γονίδιο αντοχής που προέρχεται από *L. ripminellifolium* και το σύμβολο *I-I* για το γονίδιο αντοχής που προέρχεται από το *L. pennellii*.

4. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ

Όλα τα καλλιεργητικά μέτρα, που συνιστώνται εναντίον της βερτιτσιλίωσης ισχύουν και για την αντιμετώπιση της αδροφουζαρίωσης. Επί πλέον πρέπει να λαμβάνονται και τα ακόλουθα μέτρα:

- Χρησιμοποίηση σπόρου από υγιείς καλλιέργειες.
- Χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών ή υβριδίων. Υπάρχουν πάρα πολλές εμπορικές ποικιλίες, που είναι ανθεκτικές, είτε στη μια φυλή, είτε και στις δύο φυλές.
- Ισορροπημένη λίπανση. Να χορηγούνται νιτρικά, παρά αμμωνιακά λιπάσματα. Εφαρμογή ηλιοαπολύμανσης ή απολύμανση του εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο ή ατμό.
- Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης, οι οποίες συνιστώνται για τη μείωση της πυκνότητας του μολύσματος ή των δραστηριοτήτων ενός ή περισσότερων παθογόνων στην ενεργή ή διαχεμάζουσα φάση του με την βοήθεια ενός ή περισσότερων οργανισμών. Η μείωση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλους χειρισμούς τόσο στο περιβάλλον, όσο και στον ανταγωνιστή και ξενιστή. Κατά συνέπεια με τη βιολογική μέθοδο δεν επιδιώκουμε την ριζική εξόντωση του παθογόνου, αλλά τη μείωση των ζημιών, που προκαλεί σε επίπεδα, που να μην παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον. Έτσι πολλές εργασίες έχουν γίνει για την αντιμετώπιση των εδαφικών ασθενειών με τη χρήση μικροοργανισμών - ανταγωνιστών. Οι ανταγωνιστές αυτές είναι μύκητες, βακτήρια, ιοί, νηματώδεις, πρωτόζωα, ακάρεα ή έντομα. Βέβαια η χρησιμοποίηση ανταγωνιστών είναι μια νέα κατεύθυνση της φυτοπαθολογικής επιστήμης χωρίς πολλές ακόμα πρακτικές εφαρμογές.

- Χημική καταπολέμηση. Γίνεται κυρίως με διασυστηματικά μυκητοκτόνα της ομάδας του βενζιμιδαζολίου. Δόση 0,5 gr διαλυμένης ουσίας ανά λίτρο και άλλα όπως thiophanate methyl, topsin, neo-topsin κ.α. Τα μυκητοκτόνα αυτά δίδονται αμέσως μετά τη μεταφύτευση με ριζοποτίσματα και διαβροχή του εδάφους. Η εφαρμογή μπορεί να επαναληφθεί άλλες 2-3 φορές με ψεκασμούς και ριζοποτίσματα σε μηνιαία χρονικά διαστήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Παναγόπουλος, Χ. Γ., 1995. Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα, 476 σελ.
2. Γεωτεχνικά Πρακτικά, 1993 «Κηπευτικά και άνθη υπό κάλυψη». Τριημερίδα Ηράκλειο 2/4/1993. Σελ.: 23
3. Ντερτζάκης, Δ., 2001. Ετεροκαρύωση στο μύκητα *Verticillium dahliae*. ΤΕΙ Κρήτης, Πτυχιακή Εργασία.
4. Βακαλουνάκης, Δ., Φραγκιαδάκης Γ. 2003. Φυτοπαθοβελτίωση με έμφαση στην τομάτα και τα κολοκυνθοειδή. Βακαλουνάκης, Ηράκλειο, 518 σελ.
5. Κεφαλογιάννη, Γ., 2003. Τα παθογόνα είδη του γένους *Verticillium* σε καλλιεργούμενα φυτά και τρόποι αντιμετώπισης. ΤΕΙ Κρήτης, Πτυχιακή Εργασία.