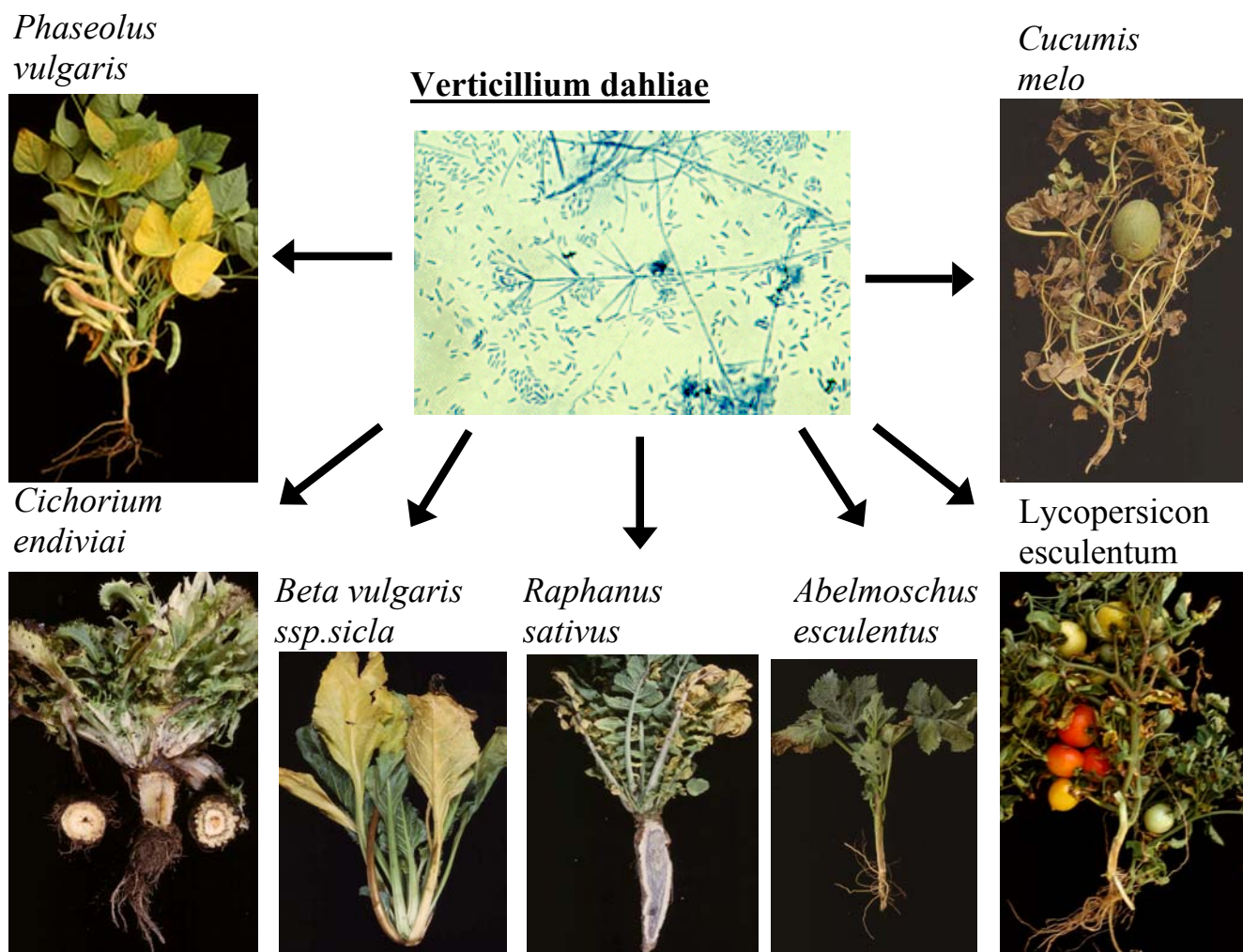


Α.Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
ΤΗΣ ΒΕΡΤΙΣΙΛΛΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ Ε. ΚΑΛΑΪΤΖΑΚΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ Κ. ΛΙΓΟΞΥΓΚΑΚΗΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2003

Ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθεια τους στην διεκπεραίωση της πτυχιακής μου εργασίας:

Τον κύριο Ελευθέριο Λιγοξυγκάκη, για την επιστημονική του υποστήριξη.

Τον κύριο Κουγιεντή Γεώργιο, για την τεχνική του υποστήριξη.

Τις κυρίες Χωριανοπούλου Χρυσή και Πλοκαμάκη Όλγα για την τεχνική τους υποστήριξη.

Ιωάννης Καλαϊτζάκης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Αρ.σελ.
• Περίληψη	2
• Summary	3
• Εισαγωγή	4
• Ταξινόμηση και σημασία των φυτοπαθογόνων ειδών μυκήτων του γένους <i>Verticillium</i> και τρόποι διάκρισής τους	5
• Φάσμα ξενιστών των <i>V. dahliae</i> και <i>V. albo-atrum</i>	8
• Συμπτώματα	9
• Αιτίες στις οποίες οφείλεται η εμφάνιση των συμπτωμάτων της βερτισιλλίωσης	21
• Απώλειες της παραγωγής των λαχανικών από τη βερτισιλλίωση	23
• Παράγοντες που επηρεάζουν τις απώλειες παραγωγής από τη βερτισιλλίωση	24
• Εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή διαφόρων απομονώσεων του μύκητα <i>V. dahliae</i>	25
• Βιολογία-Επιδημιολογία	26
• Βιολογικός κύκλος του μύκητα <i>V. dahliae</i>	32
• Επίδραση διαφόρων παραγόντων της ασθένειας στη μόλυνση των φυτών και στην εξέλιξη της ασθένειας	33
Θερμοκρασία αέρα και εδάφους	33
Φως	35
Υγρασία εδάφους	35
Αερισμός εδάφους	36
Πυκνότητα μολύσματος	36
Βιοτικοί παράγοντες	37
• Τρόποι εξάπλωσης της ασθένειας	38
• Τρόποι αντιμετώπισης της ασθένειας	40
Καλλιέργεια ανθεκτικών γενότυπων	41
Απολύμανση εδάφους	47
Χημική απολύμανση	47
Ηλιοαπολύμανση	55
Ατμοαπολύμανση	58
Χημική αντιμετώπιση (χρήση διασυστηματικών μυκητοκτόνων)	60
Αμειψισπορά	62
Εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων	64
Χρησιμοποίηση βιολογικών παραγόντων	67
• Βιβλιογραφία	73

Summary

Verticillium wilt is one of the most important soil-borne vascular diseases of vegetables. It is caused by two *Verticillium* species, namely *Verticillium dahliae* and *V. albo-atrum*. *V. dahliae* is extensively spread in Greece and causes several damages to a great number of plant species. Among the most susceptible plant species infected by *V. dahliae*: tomato, potato, eggplant, pepper, okra, watermelon, bean and artichoke are included. Verticillium wilt due to *V. dahliae* is the main or one of the main soil-borne diseases of tomato, eggplant and okra. The symptoms that verticillium wilt causes can be confused with the symptoms of fusarium wilt and diseases of the root system (root rots, asphyxia due to flooding, etc.). Among the disease's symptoms one or more of the following are including: leaves' epinasty, wilting, yellow-bronze spots in the older leaves, desiccation of infected leaves, brown discoloration of the vascular bundles and plant stunting. *V. dahliae* can survive in the soil, independently if susceptible plant species grow in it or not. It can survive in soil for 14 years in the absence of host plants. Spread of the disease generally results: a) from diseased to healthy susceptible plant by root contact, b) from dissemination of infected plant material, and infested soil by certain natural agencies (i.e. wind, rain water) or in the processes of mechanical movement, c) by planting stock vegetatively propagated on infested soil and d) by using vegetable seeds (i.e. tomato, eggplant) and potato tubers of infected plants.

The control of the disease can be done with several ways such as: cultivation of resistant varieties, disinfection of soil (soil steaming, soil fumigation, soil solarization and soil solarization in combination with a decreased dose of chemical soil fumigant), crop rotation, application of suitable green manures, cultivation practices and use of certain antagonistic fungus or bacteria.

Περίληψη

Η βερτισιλλίωση (verticillium wilt) είναι μια από τις σοβαρότερες ασθένειες των λαχανοκομικών φυτών της χώρας μας και οφείλεται στους μύκητες *Verticillium dahliae* (κυρίως) και *V. albo-atrum* (σπανίως), που ανήκουν στους Αδηλομύκητες. Μεταξύ των ειδών που προσβάλλονται από το *V. dahliae* περιλαμβάνονται τα εξής: τομάτα, πατάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, μπάμια, καρπουζιά, φασόλι, αγκινάρα, ραπάνι κ.ά. Η βερτισιλλίωση είναι η κυριότερη ή μία από τις κυριότερες ασθένειες εδάφους της τομάτας και η κυριότερη της πατάτας, της μελιτζάνας και της μπάμιας. Τα συμπτώματα που προκαλεί μερικές φορές μπορεί να συγχέονται με τα συμπτώματα των φουζαριώσεων, αδροβακτηριώσεων και ασθενειών του ριζικού συστήματος (σηψιρριζίες, ασφυξία λόγω κατάκλυσης κ.ά.). Στο σύνδρομο των συμπτωμάτων της ασθένειας περιλαμβάνονται ένα ή περισσότερα από τα εξής: επιναστία φύλλων, μαρασμός, κιτρινομπρούτζινες κηλίδες που καταλήγουν σε νέκρωση και πτώση των φύλλων, καστανός μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου και νανισμός. Ο *V. dahliae* μπορεί να επιβιώσει στο έδαφος απουσία ξενιστών για 13, 14 ή και παραπάνω χρόνια. Η ασθένεια εξαπλώνεται από μολυσμένο αγρό σε αμόλυντο με: σπόρο, διασπορά μολυσμένου φυτικού υλικού, φύτευση βλαστικού πολλαπλασιαστικού υλικού που έχει αναπτυχθεί σε μολυσμένο έδαφος, διασπορά κονιδίων με νερό, αέρα, έντομα, επαφή των ριζών ασθενούς και υγιούς φυτού κ.α.

Η αντιμετώπιση της ασθένειας γίνεται με διάφορους τρόπους, όπως: καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών, απολύμανση εδάφους (εφαρμογή ατμού ή χημικών απολυμαντικών, ηλιοαπολύμανση, και συνδυασμό ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης χημικού απολυμαντικού), αμειψισπορά, εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων και χρησιμοποίηση ανταγωνιστών μυκήτων ή βακτηρίων.

Εισαγωγή

Η βερτισιλλίωση είναι μία σημαντική ασθένεια για πολλά είδη καλλιεργούμενων φυτών, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται τα λαχανικά. Οι μύκητες που ευθύνονται για την βερτισιλλίωση των λαχανικών είναι οι *Verticillium dahliae* Kleb και *V. albo-atrum* Reinke & Berth. Η διάκριση μεταξύ των δύο μυκήτων είναι δύσκολη και συνήθως βασίζεται στα όργανα διατήρησής τους. Ο *V. dahliae* σχηματίζει μικροσκληρώτια (microsclerotia) ή ψευδοσκληρώτια, ενώ ο *V. albo-atrum* σκοτεινόχρωμο διατηρητικό μυκήλιο (dark resting mycelium).

Στη χώρα μας η βερτισιλλίωση αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1935, όμως μόνο τα τελευταία 25 χρόνια έχει αρχίσει να απασχολεί τον παραγωγικό κόσμο, λόγω της μεγάλης επέκτασης της και των ζημιών που προκαλεί. Ανάμεσα στους κυριότερους ξενιστές της ασθένειας ανήκουν και είδη των οικογενειών Asteraceae (συν. Compositae), Brassicaceae (συν. Cruciferae), Cucurbitaceae, Fabaceae (συν. Leguminosae), Malvaceae και Solanaceae.

Οι απώλειες της παραγωγής λαχανικών λόγω προσβολής της βερτισιλλίωσης είναι μεγάλες. Στις Η.Π.Α. έχουν αναφερθεί απώλειες μεταξύ 33% - 67% σε ευπαθείς γενότυπους **τομάτας**, μεταξύ 30-50% σε **πατάτες**, και μεταξύ 60% -100% σε **μελιτζάνες**. Στη Βουλγαρία έχουν αναφερθεί απώλειες παραγωγής της **πιπεριάς** έως 90%. Λόγω των μεγάλων απωλειών που προκαλεί, αλλά και λόγω της δύσκολης καταπολέμησής της, η βερτισιλλίωση είναι μία από τις σοβαρότερες ασθένειες εδάφους των λαχανοκομικών φυτών.

Ταξινόμηση και σημασία των φυτοπαθογόνων ειδών μυκητών του γένους *Verticillium* και τρόποι διάκρισης τους

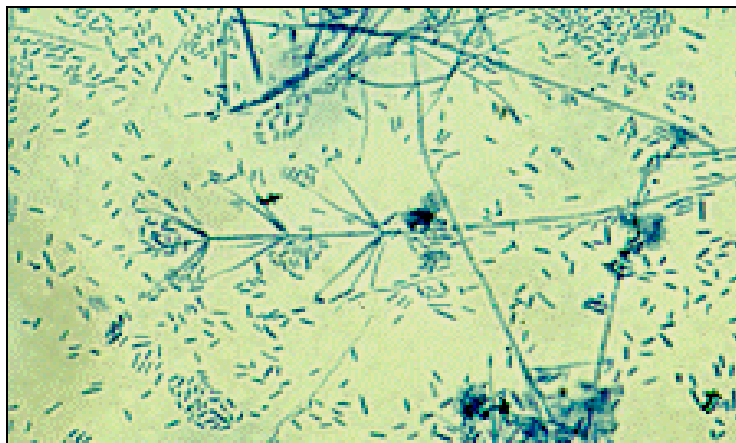
Οι μύκητες του γένους *Verticillium* ανήκουν στην κλάση Adelomycetes, στην τάξη Moniliales (Hyphomycetes) και στην οικογένεια Moniliaceae. Τα είδη με τη μεγαλύτερη φυτοπαθολογική σημασία του γένους *Verticillium* είναι δύο, ο *V. dahliae* Kleb και ο *V. albo-atrum* Reinke & Berth. Οι μύκητες αυτοί όταν καλλιεργηθούν σε θρεπτικό υλικό σχηματίζουν λευκές βαμβακώδεις αποικίες, που αναπτύσσονται αργά. Οι αποικίες αυτές γίνονται υπόλευκες μετά από μια εβδομάδα περίπου, ενώ αργότερα μπορεί να γίνουν μαύρες λόγω σχηματισμού μικροσκληρωτίων. Το μυκήλιο είναι υαλώδες, οι κονιδιοφόροι υαλώδεις, με 2-3 σπονδύλους που καθένας τους έχει 2-4 ατρακτοειδείς κλάδους. Κάθε κλάδος καταλήγει σε φιαλίδιο (phialide) που περιέχει πολυάριθμα φιαλιδοκονίδια. Τα φιαλίδια έχουν διάφορα σχήματα και μερικές φορές είναι δευτερογενώς διακλαδισμένα. Τα κονίδια είναι υαλώδη, μονοκύτταρα, με ωσειδές, επίμηκες, νεφροειδές ή ελλειψοειδές σχήμα και διαστάσεις 2,5-10,5x1,4-4 μm περίπου. Τα μικροσκληρώτια (microsclerotia) σχηματίζονται από διαφοροποίηση συναφών υφών ή μίας υφής σε όλες τις κατευθύνσεις. Έχουν παχιά κυτταρικά τοιχώματα, σκοτεινό καφέ μέχρι μαύρο χρώμα, πολύ μεταβλητό σχήμα και μέγεθος. Είναι συνήθως επιμηκυσμένα έως ακανόνιστα σφαιρικά, με διάμετρο 15-50 μm. Ο *V. albo-atrum* αντί για μικροσκληρώτια σχηματίζει σκοτεινόχρωμο μυκήλιο (dark resting mycelium), που οι υφές του είναι παχύτερες από τις συνήθεις μυκηλιακές υφές. Οι δύο τύποι διατηρητικών οργάνων διακρίνονται ως εξής: α) **Διατηρητικό μυκήλιο**: μάζες σκοτεινών υφών με παχιά τοιχώματα, πολυάριθμα εγκάρσια χωρίσματα και βοτρυόμορφη εμφάνιση, που θυμίζουν κάπως γλαμυδοσπόρια. β) **Μικροσκληρώτια**:

όργανα με παχιά τοιχώματα που μοιάζουν με ιστό και προκύπτουν από την διαδικασία διαφοροποίησης των υφών.

Εικόνα 1: Αποικίες του *V. dahliae* σε τρυβλία με PDA.



Εικόνα 2: Κονιδιοφόροι και φιαλιδοκονίδια του *V. dahliae*.



Τα είδη του γένους *Verticillium*, που προκαλούν μια από τις σπουδαιότερες ασθένειες εδάφους διαφόρων ειδών λαχανικών, φυτών μεγάλης καλλιέργειας, δενδρωδών καλλιεργειών και καλλωπιστικών, είναι πέντε: *V. albo-atrum*, *V. dahliae*, *V. nigrescens*, *V. nubilum* και *V. tricorpus*. Οι *V. albo-atrum*, *V. dahliae* και *V. tricorpus* προκαλούν αδρομυκώσεις σε πολλά είδη φυτών, στα οποία οι δύο πρώτοι προξενούν σοβαρές απώλειες. Ο *V. albo-atrum* αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1879 σε ασθενή φυτά πατάτας (*Solanum tuberosum* L.) στη Γερμανία. Ο *V. dahliae* αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1913 σε ασθενή φυτά ντάλιας

(*Dahlia rosea* Cav.) στη Γερμανία. Ο *V. tricorpus* αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1953 σε ασθενή φυτά τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill.) στην Αγγλία.

Στην ταξινόμηση των ειδών *V. dahliae* και *V. albo-atrum* παρατηρείται σύγχυση από το ερώτημα εάν ο *V. dahliae* είναι ένα ξεχωριστό είδος ή θα έπρεπε να συμπεριληφθεί στο *V. albo-atrum*. Η πιο χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ των εν λόγω ειδών είναι ο τύπος των οργάνων διατήρησής τους. Ο *V. dahliae* σχηματίζει μικροσκληρώτια, ενώ ο *V. albo-atrum* σχηματίζει σκοτεινόχρωμο διατηρητικό μυκήλιο, όπως προαναφέρθηκε. Παρόλα όμως αυτά και τα δύο είδη μπορεί να μην σχηματίσουν όργανα διατήρησης, αλλά μόνο λευκούς τομείς (hyaline strains, white variants), που είναι μορφολογικά όμοιοι. Γι' αυτό μερικοί φυτοπαθολόγοι υποστηρίζουν ότι ασχέτως αν οι *V. dahliae* και *V. albo-atrum* παράγουν μικροσκληρώτια ή διατηρητικό μυκήλιο, αντίστοιχα, είναι μέλη του είδους *V. albo-atrum*. Αντίθετα, άλλοι υποστηρίζουν ότι η μορφή των οργάνων διατήρησης είναι κριτήριο διάκρισής τους.

Γενικά, η διάκριση των *V. dahliae* και *V. albo-atrum* σε καθαρή καλλιέργεια μπορεί να γίνει από τη μορφολογία των αποικιών τους. Οι αποικίες στο *V. dahliae* παράγουν μικροσκληρώτια και εμφανίζονται εντελώς μαύρες όταν η επώαση γίνεται σε θερμοκρασία 30 °C, ενώ δε σχηματίζουν σκοτεινόχρωμο διατηρητικό μυκήλιο. Επίσης το συνεχές φως (24h/ημέρα), εμποδίζει την ανάπτυξη σκούρου διατηρητικού μυκηλίου του *V. albo-atrum*, ενώ ευνοεί την παραγωγή των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae*.

Όμως, μορφολογικές διαφορές εμφανίζονται και μεταξύ απομονώσεων του *V. dahliae*. Για παράδειγμα, ο *V. dahliae* var. *longisporum* που απομονώθηκε από το σταυρανθές *Armoracia rusticana* έχει διπλάσιο μήκος κονιδίων απ' ό,τι το τυπικό *V. dahliae*. Επίσης, απομονώσεις του *V. dahliae* από διάφορα είδη σταυρανθών που καλλιεργούνται στην Ιαπωνία, διακρίνονται από απομονώσεις του

μύκητα από άλλους ξενιστές, γιατί έχουν μακρύτερα κονίδια, περισσότερα κονίδια ανά κονιδιοφόρο και αραιότερα μικροσκληρώτια ακανόνιστου σχήματος.

Η διάκριση των *V. dahliae* και *V. albo-atrum* μπορεί να βασιστεί εκτός από μορφολογικά και σε φυσιολογικά ή φυτοπαθολογικά στοιχεία. Τέτοια στοιχεία είναι: το φάσμα των ξενιστών, η παθογόνος ικανότητα των στελεχών σε πολλούς ξενιστές, οι διαφορές στην ανάπτυξη τους σε θρεπτικό μέσο με διαφορετικό pH ή διάφορες πηγές άνθρακα, ή σε θρεπτικό μέσο που δεν περιέχει άζωτο ή σε ειδικό υπόστρωμα. Τέτοια στοιχεία είναι επίσης οι διαφορές: στα ηλεκτροφορητικά ενζυμικά τους πρότυπα, στα πρότυπα RFLPs και στα πρότυπα RAPD-PCR.

Από φυσιολογικής πλευράς τα δύο είδη μπορεί να διακριθούν με βάση την ανθεκτικότητα τους στο υπεριώδες φως και στην επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξή τους. Τα δύο είδη έχουν διαφορετική αντοχή στο υπεριώδες φως: το *V. albo-atrum* είναι πολύ ευαίσθητο, ενώ το *V. dahliae* είναι σχετικά ανθεκτικό. Γενικά, η ανάπτυξη απομονώσεων άγριου τύπου του σκούρου διαχειμάζοντος μυκηλίου μειώνεται απότομα πάνω από τους 23-24°C, ενώ του μικροσκληρωτικού τύπου πάνω από τους 28-29°C.

Φάσμα ξενιστών του *V. dahliae* και *V. albo-atrum*

Ο *V. dahliae* είναι ένα από τα σπουδαιότερα παθογόνα του αγγειακού συστήματος των ανώτερων φυτών. Ο μύκητας προσβάλλει περισσότερα από 260 είδη φυτών στα οποία περιλαμβάνονται: δασικά δένδρα, οπωροφόρα, ακρόδρια, μικρά φρούτα, κλωστικά, ψυχανθή, μεγάλες καλλιέργειες, μονοκοτυλήδονα, λαχανικά, ξυλώδη και ποώδη καλλωπιστικά και ζιζάνια. Είδη των οικογενειών Asteraceae (συν. Compositae), Brassicaceae (συν. Cruciferae), Cucurbitaceae, Fabaceae

(συν. Leguminosae), Malvaceae και Solanaceae περιλαμβάνονται μεταξύ των κυριότερων ξενιστών του *V. dahliae*.

Μεταξύ των λαχανοκομικών ειδών που προσβάλλονται συνήθως από το *V. dahliae* περιλαμβάνονται τα εξής: τομάτα, πατάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, μπάμια, αγγουριά, πεπονιά, καρπουζιά, ραπάνι, φασόλι, αγκινάρα, κ.ά. Άλλοι ξενιστές μεταξύ των λαχανοκομικών φυτών, που προσβάλλονται σπάνια, είναι οι εξής: μαρούλι, γογγύλι, λάχανο, λάχανο Βρυξελών, κουνουπίδι, μπρόκολο, κολοράμπι (kohlrabi), σινάπι, σπανάκι, μπιζέλι, κρεμμύδι, σκόρδο, πράσο, σπαράγγι, μαϊντανός, σέλινο κ.ά.

Αναλυτικός κατάλογος ξενιστών του *V. albo-atrum* περιλαμβάνει 132 ξενιστές που ανήκουν σε 107 γένη και 49 οικογένειες, χωρίς όμως να διευκρινίζεται αν οι απομονώσεις αναφέρονται στη μικροσκοπική μορφή ή τη μορφή του σκούρου διατηρητικού μυκηλίου.

Συμπτώματα

Τα συμπτώματα της βερτισιλλίωσης μερικές φορές μπορεί να συγχέονται με τα συμπτώματα των φουζαριώσεων, αδροβακτηριώσεων και ασθeneιών του ριζικού συστήματος (σηψιρριζίες, ασφυξία λόγω της κατάκλισης κ.ά.), της έλλειψης υγρασίας και των ζημιών από ζιζανιοκτόνα.

Τα συμπτώματα της βερτισιλλίωσης είναι πολύ όμοια στους διάφορους ξενιστές. Στο σύνδρομο των συμπτωμάτων περιλαμβάνονται ένα ή περισσότερα από τα εξής: επιναστία φύλλων (ελαφρά άμβλυση της γωνίας του μίσχου των φύλλων με το στέλεχος του φυτού), μαρασμός, κιτρινομπρούτζινες κηλίδες που καταλήγουν σε νέκρωση και πτώση των φύλλων, καστανός μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου και νανισμός.

Στα **λαχανικά**, το πρώτο σύμπτωμα της βερτισιλλίωσης είναι παροδικός μαρασμός των φύλλων. Το επόμενο σύμπτωμα είναι κιτρινομπρούτζινες μεσονεύριες κηλίδες στα κατώτερα φύλλα, που στη συνέχεια γίνονται νεκρωτικές. Η κίτρινη αυτή κηλίδωση των φύλλων διαφοροποιεί συχνά τη βερτισιλλίωση από τη φουζαρίωση στην τομάτα και τη μελιτζάνα. Σε προχωρημένα στάδια της ασθένειας παρατηρείται αποφύλλωση και μονόπλευρη ξήρανση των φυτών. Διακρίνεται επίσης ελαφρός καστανός έως σκούρος-μαύρος μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου. Ο μαρασμός των φύλλων μπορεί να προχωρά προς τα πάνω στο φυτό και τελικά να παραμένουν λίγα μόνο υγιή φύλλα στις κορυφές των βλαστών.

Συμπτώματα μπορούν να εμφανιστούν σε κάθε στάδιο ανάπτυξης των λαχανοκομικών φυτών· όμως τα χαρακτηριστικά συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως μετά την καρπόδεση.

Οι κυριότεροι ξενιστές της βερτισιλλίωσης της οικογένειας **Asteraceae** είναι το **μαρούλι** (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* Lam.), το **αντίδι** (*Cichorium endivia* L.) και το **ραδίκι** (*Cichorium intybus* L.). Αυτά εμφανίζουν τα τυπικά συμπτώματα αδρομύκωσης στα φύλλα (χλώρωση, μαρασμό, νέκρωση) και καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου, του στελέχους τους (Εικόνα 3).

Οι κυριότεροι ξενιστές της βερτισιλλίωσης της οικογένειας **Brassicaceae** είναι το **λάχανο** (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), το **κουνουπίδι** (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.), το **μπρόκολο** (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) και το **ραπάνι** (*Raphanus sativus* L.). Από τα είδη αυτά, το λάχανο, το κουνουπίδι και το μπρόκολο εμφανίζουν συμπτώματα χλώρωσης, μαρασμού, και νέκρωσης των παλιών φύλλων, καθώς και καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου. Τα προσβλημένα φυτά ραπανιού εμφανίζουν τα τυπικά συμπτώματα αδρομύκωσης στα φύλλα, και μαύρο-μαυροκάστανο μεταχρωματισμό στα αγγεία του ξύλου της γογγυλόριζας, του στελέχους,

και των μίσχων των φύλλων, ο οποίος διακρίνεται σε όλο το μήκος τους(Εικόνα 4).

Εικόνα 3: Είδη της οικογένειας **Asteraceae** (συν. Compositae) με συμπτώματα βερτισιλλώσεως.



Μαρούλι (τύπος Ρωμάνο) (*Lactuca sativa* var. *longifolia*)



Αντίδι (*Cichorium endivia*)



Ραδίκι (*Cichorium intybus*)

Εικόνα 4:Είδη της οικογένειας **Brassicaceae** (συν.Cruciferae) με συμπτώματα βερτισιλλώσεως.



Λάχανο (*Brassica oleracea* var. *capitata*)



Κουνουπίδι (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)



Ραπάνι (*Raphanus sativus*)

Οι κυριότεροι ξενιστές της βερτισιλλίωσης της οικογένειας **Chenopodiace** είναι το **σπανάκι** (*Spinacia oleracea* L.) και η γούλα [*Beta vulgaris* L. ssp. *sicla* (L.) Mog.], τα οποία προσβαλλόμενα από την ασθένεια, εμφανίζουν τα τυπικά συμπτώματα στα φύλλα (χλώρωση, μαρασμό και ξήρανση), καθώς και καστανό μεταχρωματισμό στα αγγεία του ξύλου (Εικόνα 5).

Εικόνα 5: Είδη της οικογένειας **Chenopodiaceae** με συμπτώματα βερτισιλλίωσης.



Σπανάκι (*Spinacia oleracea*)



Γούλα (*Beta vulgaris* var. *sicla*)

Από την οικογένεια **Cucurbitaceae** ευπαθείς στην ασθένεια είναι η **αγγουριά** (*Cucumis sativus* L.), η **πεπονιά** (*Cucumis melo* L.) και η **καρπουζιά** (*Citrulus vulgaris* Schrad). Τα συμπτώματα που παρουσιάζουν τα προσβλημένα φυτά είναι: μεσονεύριες χλωρωτικές κηλίδες στα παλαιότερα φύλλα, τα οποία στη συνέχεια κιτρινίζουν, μαραίνονται και ξεραίνονται. Τα αγγεία του ξύλου παρουσιάζουν κίτρινο μεταχρωματισμό. Γενικά, στα προσβλημένα φυτά των κολοκυνθοειδών παρατηρείται ακροπέταλη απώλεια σπαργής, η οποία τις μεσημβρινές ώρες στις ζεστές μέρες καταλήγει σε πρόσκαιρο μαρασμό της κορυφής τους. Τα φυτά με μικρή προσβολή, τις απογευματινές ώρες τη νύχτα ή με συννεφιασμένο καιρό επανέρχονται. Σε έντονη όμως προσβολή ο μαρασμός είναι μόνιμος (Εικόνα 6).

Εικόνα 6:Είδη της οικογένειας **Cucurbitaceae** με συμπτώματα βερτισιλλίωσης.



Αγγουριά (*Cucumis sativus*)



Πεπονιά (*Cucumis melo*)



Καρπουζιά (*Citrulus vulgaris*)

Η **παπούλα** (*Lathyrus ochrus* L.), το **κουκί** (*Vicia faba* L.), το **ρεβίθι** (*Cicer arietinum* L.), το **μπιζέλι** (*Pisum sativum* L.) και το **φασόλι** (*Phaseolus vulgaris* L.) της οικογένειας **Fabaceae** όταν προσβληθούν από Βερτισιλλίωση παρουσιάζουν τα τυπικά συμπτώματα

προσβολής των παλαιότερων φύλλων και καστανό ή καστανοπορτοκαλί μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου, που διακρίνεται μέχρι την κορυφή του στελέχους και των βλαστών των μολυσμένων φυτών (Εικόνα 7).

Εικόνα 7: Είδη της οικογένειας **Fabaceae** με συμπτώματα βερτισιλλίωσης.



Παπούλα (*Lathyrus ochrus*)



Κουκί (*Vicia faba*)



Φασόλι (*Phaseolus vulgaris*)



Μπιζέλι (*Pisum sativum*)

Ένας λίαν ευπαθής ξενιστής της Βερτισιλλίωσης είναι η **μπάμια** [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.] που ανήκει στην οικογένεια **Malvaceae**. Τα μολυσμένα φυτά εμφανίζουν τα τυπικά συμπτώματα προσβολής των φύλλων, και καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου (Εικόνα 8).

Εικόνα 8: Φυτό μπάμιας προσβλημένο από Βερτισιλλίωση με συμπτώματα στο ξύλο και στα φύλλα.



Οι σπουδαιότεροι ξενιστές της ασθένειας ανήκουν στην οικογένεια **Solanaceae** και είναι η **τομάτα** (*Lycopersicon esculentum* Mill) η **πατάτα** (*Solanum tuberosum* L.), η **μελιτζάνα** (*Solanum melongena* L.) και η **πιπεριά** (*Capsicum annuum* L.).

Στην **τομάτα**, 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. Όμως, η βερτισιλλίωση σπάνια προκαλεί νέκρωση των φυτών τομάτας. Σε αρχικά στάδια, τα φυτά παρουσιάζουν συμπτώματα χλώρωσης και μααρασμού στα πρώτα φύλλα τους ενώ σε περισσότερο προχωρημένα

στάδια, τα φυτά παρουσιάζουν νανισμό και τα φύλλα τους είναι χλωρωτικά, μαραμένα ή νεκρωμένα. Αρχικά, τα φυτά εμφανίζουν μαρασμό μόνο κατά τις θερμές ώρες της ημέρας, τελικά όμως ο μαρασμός γίνεται μόνιμος και νεκρώνονται. Τα αγγεία του ξύλου του στελέχους και της ρίζας των προσβλημένων φυτών γίνονται καστανά, στην αρχή κοντά στο λαιμό και αργότερα ψηλά στο στέλεχος. Ο μεταχρωματισμός των αγγείων είναι χαρακτηριστικό σύμπτωμα της προσβολής της τομάτας από μύκητες του γένους *Verticillium* και είναι χρήσιμος στην αρχική διάγνωση στον αγρό. Ο μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου της τομάτας είναι ορατός από το επίπεδο του εδάφους μέχρι το ύψος ενός μέτρου ή και περισσότερο πάνω από το έδαφος. Λόγω της έντονης αποφύλλωσης, η βερτισιλλίωση συντελεί σε ζημιές των καρπών της τομάτας από ηλιακά εγκαύματα, που οδηγούν σε περαιτέρω μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας (Εικόνα 9).

Στην **πατάτα**, τα συμπτώματα περιλαμβάνουν πρόωρη χλώρωση, μαρασμό, νέκρωση των παλαιότερων φύλλων, πρόωρη αποφύλλωση, νανισμό των σοβαρά προσβλημένων φυτών και καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται στα φύλλα είναι δυσδιάκριτα από τα συμπτώματα της φυσικής γήρανσης. Μερικές φορές, τα συμπτώματα εμφανίζονται μόνο στη μία πλευρά του φυτού ή σε ορισμένα φύλλα (Εικόνα 9).

Στη **μελιτζάνα**, τα πρώτα συμπτώματα της προσβολής εμφανίζονται συνήθως 6-8 εβδομάδες μετά τη φύτευση. Αργότερα, τα φυτά έχουν καθυστερημένη ανάπτυξη και μειωμένη παραγωγή (Εικόνα 9).

Εικόνα 9: Είδη της οικογένειας **Solanaceae** με συμπτώματα βερτισιλλίωσης.



Τομάτα (*Lycopersicon esculentum*)



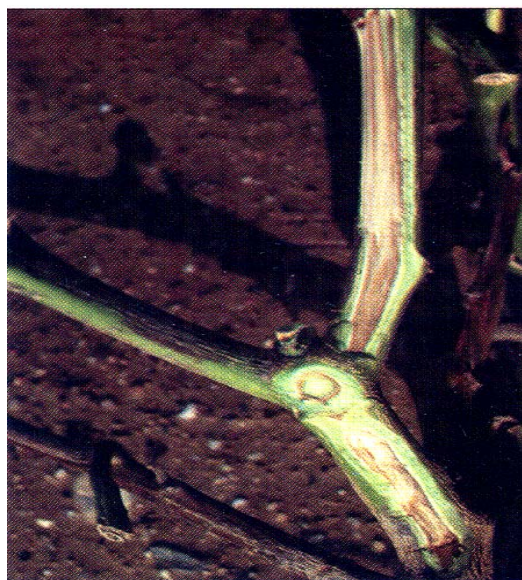
Τομάτα (*Lycopersicon esculentum*)



Πατάτα (*Solanum tuberosum*)



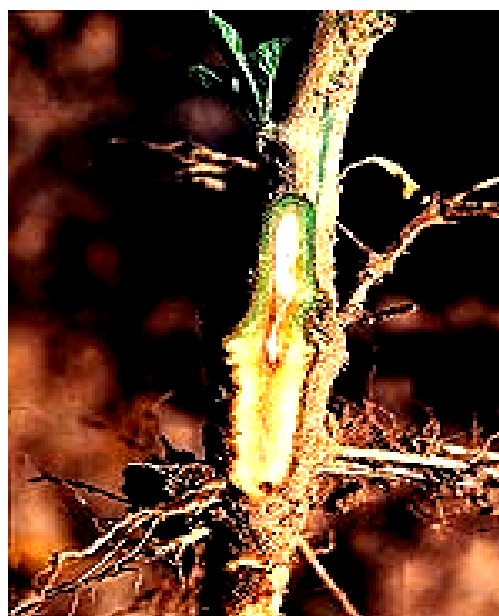
Μελιτζάνα (*Solanum melongena*)



Μελιτζάνα (*Solanum melongena*)



Πιπεριά (*Capsicum annuum*)



Πιπεριά (*Capsicum annuum*)

Η τάση μαρασμού που παρουσιάζει ένα συγκεκριμένο είδος όταν μολυνθεί από το *V. dahliae* εξαρτάται από: το γονότυπο, το είδος και/ή τη φυλή του μύκητα, καθώς και τις συνθήκες περιβάλλοντος. Γενικά, ένα είδος φυτού που έχει προσβληθεί από το μύκητα, εμφανίζει μαρασμό, μη μαρασμό ή μία ενδιάμεση κατάσταση. Αν εμφανιστεί μαρασμός, η

έλλειψη σπαργής (flaccidity) των φύλλων, είναι το πρώτο εμφανές σύμπτωμα των φυτών και καθίσταται πολύ έντονο με την πρόοδο της ασθένειας. Αν δεν εμφανιστεί μαρασμός, τα φύλλα δεν εμφανίζουν μείωση σπαργής και νεκρώνονται απευθείας. Ενδιάμεση κατάσταση είναι εκείνη στην οποία εμφανίζεται μείωση σπαργής των φύλλων μετά την ανάπτυξη άλλων ορατών συμπτωμάτων (π.χ. χλώρωση) και είναι πολύ ελαφρά.

Η ευπάθεια των φυτών στους περισσότερους μύκητες που προσβάλλουν τις ρίζες μειώνεται αυξανομένης της ηλικίας. Όσο νωρίτερα εμφανισθούν τα συμπτώματα της βερτισιλλίωσης σε σχέση με την ηλικία ενός λαχανοκομικού είδους (π.χ. τομάτα, μελιτζάνα, πιπεριά), τόσο μεγαλύτερη είναι η σοβαρότητα της και κατά συνέπεια οι ζημιές της καλλιέργειας. Η εξέλιξη της συμπτωματολογικής κατάστασης εξαρτάται από τα εξής:

- το χρόνο προσβολής (πρώιμη ή όψιμη)
 - τις κλιματολογικές συνθήκες
 - την πυκνότητα του μολύσματος
 - την ύπαρξη ή απουσία εξειδικευμένου στελέχους (specific strain) ή φυσιολογικής φυλής (race) του μύκητα
 - το είδος, την ποικιλία ή το υβρίδιο του καλλιεργούμενου είδους φυτού
 - τις καλλιεργητικές φροντίδες
 - την περιεκτικότητα του εδάφους και του αρδευτικού νερού σε άλατα
 - τη δράση των παρασιτικών νηματωδών των ριζών
 - την προσβολή ασυμπτωματικών (asymptomatic) φυτών και ζιζανίων
- κ.α.

Αιτίες στις οποίες οφείλεται η εμφάνιση των συμπτωμάτων της ασθένειας

Το επικρατέστερο σύμπτωμα της ασθένειας είναι ο **μαρασμός** (wilting), του οποίου η φυσιολογική αιτία δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί. Υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί που μπορούν ή θα μπορούσαν από κοινού να προκαλέσουν μαρασμό των προσβλημένων φυτών. Οι θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί για την ερμηνεία του φαινομένου αυτού είναι δύο. Η μία υποστηρίζει ότι ο μαρασμός του φυτού οφείλεται στη μειωμένη ροή του νερού προς τα φύλλα, που είναι αποτέλεσμα της φυσικής απόφραξης των αγγείων του ξύλου των προσβλημένων φυτών. Η άλλη υποστηρίζει ότι στα προσβλημένα φυτά παράγονται κάποιες ουσίες από το παθογόνο, που είναι τοξικές στα φύλλα. Το πιθανότερο όμως είναι να ισχύουν και οι δύο θεωρίες.

Στα αγγεία του ξύλου των προσβλημένων φυτών παρατηρούνται διάφορες αλλαγές, όπως αποθέσεις καστανών χρωστικών, επικάλυψη με ανώμαλης μορφής υλικά (π.χ. πλούσια σε λιπίδια), απόφραξη με πηκτές, ή θυλώσεις, αποδιοργάνωση των παρεγχυματικών κυττάρων και συσσώρευση σημασμένων υλικών στα κυτταρικά τοιχώματα. Για παράδειγμα, σε φυτά τομάτας που έχουν προσβληθεί από βερτισιλλίωση έχει διαπιστωθεί ή ύπαρξη μιας καστανής ουσίας σαν κόλλα, η οποία καλύπτει τα αγγεία του ξύλου τους. Το υλικό αυτό φαίνεται να είναι μεταβλητής πυκνότητας, συχνά με πολλές στρώσεις, όμοιο στην εμφάνιση με το υλικό που καλύπτει τις υφές του μύκητα που βρέθηκαν στα αγγεία του ξύλου του προσβλημένου φυτού. Το υλικό αυτό περιορίζει τη ροή του νερού στα αγγεία του ξύλου των προσβλημένων από το μύκητα φυτών.

Οι υφές του μύκητα αποφράσσουν μερικά αγγεία του ξύλου και η απόφραξή τους μπορεί να ενισχυθεί από ουσίες που παράγει το παθογόνο ή απελευθερώνονται από τον ξενιστή, λόγω της δράσης διαφόρων ενζύμων του παθογόνου. Οι ουσίες που εκκρίνει ο μύκητας βλάπτουν το φυτό, άμεσα ή έμμεσα, προκαλώντας απόφραξη των

αγγείων του. Όμως, δεν υπάρχει ομοφωνία για τη φύση και τη δραστηριότητα των ουσιών αυτών. Οι εν λόγω ουσίες μπορεί να είναι:

- **Εξωκυτταρικά ένζυμα**, ιδιαίτερα αυτά που δρουν στις κυτταρικές μεμβράνες και προκαλούν βλάβη στην ημιπερατότητά τους, με αποτέλεσμα την απώλεια νερού από τα μολυσμένα φυτά.
- **Τοξίνες** που παράγονται από το παθογόνο, οι οποίες σε μικρή συγκέντρωση μπορούν να προκαλέσουν μαρασμό σε μικρό χρονικό διάστημα. Έχει διαπιστωθεί ότι είδη του γένους *Verticillium* μπορεί να παράγουν σε καλλιέργεια: είτε μικρού είτε μεγάλου μοριακού βάρους τοξίνες, οι οποίες πιθανώς να συμμετέχουν στην παθογένεια της ασθένειας
- **Μακρομόρια** που είναι πρωτεϊνο-λιποσακχαρίτες (PLP). Έχει αναφερθεί ότι υδατικά διαλύματα πολυμερών μεγάλου μοριακού βάρους και ελεύθερα κυττάρων διηθήματα από καλλιέργειες του *V. albo-atrum* περιέχουν ένα πολυσακχαρίτη που προκαλεί μαρασμό σε κομμένους βλαστούς τομάτας. Τα μεγάλου μοριακού βάρους πολυμερή μπορεί να παράγονται από το παθογόνο ή να προκύπτουν από ενζυμική μετατροπή των πολυμερών του γαλακτουρονικού οξέος (πηκτίνες) των κυτταρικών τοιχωμάτων των αγγείων του ξύλου. Η τελευταία πιθανότητα ενισχύεται από την παρουσία πηκτών (gels) και από υψηλή δραστηριότητα λύσης της πηκτίνης στα αγγεία, πριν από την εμφάνιση των συμπτωμάτων της βερτισιλλίωσης στην τομάτα.
- **Ρυθμιστές αύξησης**. Έχει διαπιστωθεί ότι η απόφραξη των αγγείων του ξύλου μερικές φορές οφείλεται στην ανάπτυξη θυλώσεων. Οι θυλώσεις αυτές, που δημιουργούνται από μια διαδικασία αύξησης, φαίνεται ότι προκαλούνται από την αυξημένη παραγωγή ινδολοξικού οξέος (IAA) και σχετίζεται με αδρομυκώσεις διάφορων φυτών. Ο σχηματισμός θυλώσεων μερικές φορές οφείλεται σε αντιδράσεις αντοχής σε διάφορα είδη φυτών, που έχουν προσβληθεί από βερτισιλλίωση. Όμως, τα δεδομένα που αφορούν το μηχανισμό

ανάπτυξης θυλώσεων σε σχέση με την ασθένεια είναι περιορισμένα. Η ανάπτυξη θυλώσεων στα αγγεία του ξύλου συντελούν στο μερικό περιορισμό της πορείας του νερού στα φύλλα, πιθανώς και στην αλλαγή της πορείας του, η οποία έχει συνήθως ως αποτέλεσμα το μαρασμό τους.

Απώλειες της παραγωγής των λαχανικών από την βερτισιλλίωση

Οι αδρομυκώσεις που προκαλούνται από είδη του γένους *Verticillium* είναι μεγάλης οικονομικής σπουδαιότητας παγκοσμίως. Όμως, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αδρομύκωση που προκαλείται από το *V. dahliae* στις καλλιέργειες των λαχανικών. Η ασθένεια αυτή είναι η κυριότερη ή μία από τις κυριότερες ασθένειες εδάφους της τομάτας, η κυριότερη της πατάτας και η κυριότερη της μελιτζάνας και της μπάμιας. Στις Η.Π.Α. έχουν αναφερθεί απώλειες της παραγωγής από τη βερτισιλλίωση που κυμαίνονται μεταξύ 33% και 67% σε ευπαθείς γενότυπους **τομάτας**. Στο Ισραήλ σε περιοχές με αμμώδη εδάφη έχουν αναφερθεί απώλειες της παραγωγής **τομάτας** μέχρι 50%. Στις Η.Π.Α. έχουν αναφερθεί απώλειες παραγωγής πατάτας 30-50% και στο Αϊντάχο έως 46%. Στις Η.Π.Α. έχουν αναφερθεί απώλειες της παραγωγής **μελιτζάνας** από 60% μέχρι 100%, στο Ισραήλ μέχρι 100%, σε μια περιοχή με αμμώδη εδάφη στην Τουρκία από 37% μέχρι 60% και στην Ιταλία από 54% μέχρι 85%. Στη Βουλγαρία οι απώλειες παραγωγής **πιπεριάς** το 1951 έφθασαν μέχρι 80%. Στην Καλιφόρνια η απώλεια της παραγωγής πιπεριάς ήταν 20% σε ένα αγρό στον οποίο είχαν καλλιεργηθεί πιπεριές για πέντε χρόνια.

Παράγοντες που επηρεάζουν τις απώλειες της παραγωγής από την βερτισιλλίωση

- Το είδος των φυτών, η σοβαρότητα της προσβολής και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών πριν εμφανίσουν τα πρώτα συμπτώματα της προσβολής
- Η ποικιλία η το υβρίδιο του καλλιεργούμενου είδους φυτού
- η πυκνότητα φύτευσης
- Η πυκνότητα μολύσματος που υπάρχει στο έδαφος κατά τη σπορά ή τη φύτευση
- Ο παθότυπος ή οι παθότυποι, καθώς και η φυλή του μύκητα που υπάρχουν στο έδαφος
- Η δράση και η αλληλεπίδραση διάφορων μικροοργανισμών του εδάφους με το *V. dahliae* ή το *V. albo-atrum*
- Ο τύπος του εδάφους
- Η μέθοδος άρδευσης και η ποιότητα του εφαρμοζόμενου νερού άρδευσης
- Η λίπανση που εφαρμόζεται στο έδαφος και ιδιαίτερα η ποσότητα του αζώτου που περιέχεται στα λίπασματα
- Οι κλιματικοί παράγοντες της περιοχής

Σε περιοχές που καλλιεργούνται συνεχώς για πολλά χρόνια διάφορα ευπαθή είδη λαχανικών, όπως η πατάτα και η τομάτα, και όπου γίνεται εντατική καλλιέργεια τους, οι απώλειες παραγωγής είναι μεγάλες.

Εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή διάφορων απομονώσεων του μύκητα *V. dahliae*

Απομονώσεις ειδών του γένους *Verticillium* που προέρχονται από διάφορα είδη φυτών δεν εμφανίζουν συνήθως εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή (host specificity). Μεταξύ απομονώσεων του *V. dahliae* υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα στην παθογόνο ικανότητά τους. Όμως, δεν είναι ακόμα γνωστό αν οι παραλλαγές αυτές προέρχονται η μία από την

άλλη, ή είναι ξεχωριστοί βιότυποι (biotypes) εντός του είδους. Εξειδικευμένες απομονώσεις του γένους *Verticillium* διαφέρουν αξιοσημείωτα στην εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή. Αν οι εξειδικευμένες απομονώσεις (specific strains) ή παθότυποι (pathotypes) του *V. dahliae* χρησιμοποιηθούν σε πειράματα τεχνητών μολύνσεων, τότε: είτε προκαλούν έντονα συμπτώματα στους ομόλογους ξενιστές τους και δεν προσβάλλουν άλλα είδη φυτών είτε προσβάλλουν έντονα τους ομόλογους και συγγενικούς ξενιστές και ελαφρότερα διάφορα είδη φυτών.

Έχει αναφερθεί εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή σε απομονώσεις του *V. dahliae* από είδη φυτών στα οποία περιλαμβάνονται και δυο λαχανοκομικά είδη: η πιπεριά (*Capsicum annuum* L.) και λάχανο Βρυξελλών (*Brassica oleracea* L. var. *gemifera* D.C.). Στην Ιαπωνία έχει αναφερθεί επίσης εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή διαφόρων απομονώσεων του *V. dahliae* στα είδη μελιτζάνα (*Solanum melongena* L.), τομάτα (*Lycopersicon esculentum* L.), γλυκιά πιπεριά (*Capsicum annuum* L. var. *grossum*), διάφορα σταυρανθή, όπως το κινέζικο λάχανο (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*), το γογγύλι (*Brassica rapa* L.) και το ραπάνι (*Raphanus sativus* L.). Οι εν λόγω απομονώσεις κατατάχθηκαν στην Ιαπωνία σε τέσσερις μεγάλες παθογόνες ομάδες:

α) Παθογόνες σε μελιτζάνα και γογγύλι (ομάδα Α, παθότυπος της μελιτζάνας)

β) Παθογόνες σε τομάτα και γογγύλι (ομάδα Β, παθότυπος της τομάτας)

γ) Παθογόνες σε μελιτζάνα, γλυκιά πιπεριά και γογγύλι (ομάδα C, παθότυπος γλυκιάς πιπεριάς)

δ) Παθογόνες μόνο σε γογγύλι (ομάδα D, παθότυπος των σταυρανθών).

Η παραπάνω διάκριση των παθοτύπων στις απομονώσεις του μύκητα από την Ιαπωνία, έχει αποδειχτεί περαιτέρω και από τα διαφορετικά ηλεκτροφορητικά τους πρότυπα RAPD-PCR.

Έχουν αναγνωρισθεί διάφοροι πληθυσμοί του *V. dahliae* που έχουν ονομασθεί ομάδες βλαστικής συμβατότητας (Vegetative compatibility Groups ή VCGS).

Ειδικές μορφές δεν έχουν αναφερθεί στο *V. dahliae* όμως υπάρχουν δυο φυσιολογικές φυλές (physiological races), η φυλή 1 και η φυλή 2, που διαφοροποιούνται σε ορισμένες ποικιλίες και υβρίδια τομάτας. Δηλαδή, απομονώσεις του *V. dahliae* και *V. albo-atrum* παθογόνες σε ευπαθείς ποικιλίες και υβρίδια τομάτας (που στερούνται το γονίδιο *Ve*) αλλά μη παθογόνες σε ανθεκτικές στη φυλή 1 ποικιλίες και υβρίδια τομάτας (που κατέχουν το γονίδιο αντοχής *Ve*) έχουν ονομασθεί φυλή 1 (race 1) ή στέλεχος 1 (strain 1) της τομάτας, ενώ απομονώσεις παθογόνες σε ευπαθείς και ανθεκτικές ποικιλίες και υβρίδια τομάτας έχουν ονομασθεί φυλή 2 ή στέλεχος 2 (strain 2) της τομάτας.

Βιολογία-Επιδημιολογία

Ο *V. dahliae* είναι εδαφογενής μύκητας που μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία των αποικιστών της ρίζας (root inhibitors), τους οποίους χαρακτηρίζει εκτεταμένη παρασιτική φάση στο ζωντανό ιστό του ξενιστή και περιορισμένη σαπροφυτική φάση στα φυτικά υπολείμματα.

Το μυκήλιο και τα κονίδια του *V. dahliae* δεν επιβιώνουν εκτός του ξενιστή για περισσότερο από μερικές εβδομάδες, επειδή πιθανώς ο μύκητας δεν μπορεί να ανταγωνισθεί άλλους οργανισμούς του εδάφους καθώς επίσης δεν μπορεί να αναπτυχθεί σαπροφυτικά. Αντιθέτως, ο μύκητας όχι μόνο διατηρήθηκε για επτά μήνες αλλά και αυξήθηκε πάνω στη ρίζα του στύφνου (*Solanum nigrum* L.) (Εικόνα 10), που ήταν φυσικά μολυσμένος και είχε καλυφθεί στο έδαφος. Αυτό αποδεικνύει ότι τα αυτοφυή φυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά στην επιβίωση του μύκητα στο έδαφος.

Εικόνα 10: Προσβλημένο φυτό στύφνου από Βερτισιλλίωση (*V.dahliae*).



Ο *V. dahliae* επιβιώνει στο έδαφος με τη μορφή μικροσκληρωτιων όπως προαναφέρθηκε. Τα μικροσκληρώτια είναι βυθισμένα σε γηράσκοντα φυτικό ιστό και αναπτύσσονται μονήρη ή σε μικρές ομάδες. Όταν ο φυτικός ιστός αποσυντεθεί, τότε τα μικροσκληρωτια ελευθερώνονται στο έδαφος. Τα μικροσκληρώτια τα οποία απομονώνονται από το έδαφος, έχουν διαστάσεις που ποικίλουν μεταξύ 11 και 225 μm και αποτελούνται από ομάδες υάλινων κύτταρων διαμέτρου 7-8 μm με παχιά τοιχώματα, που είναι άχρωμα ή ελαφρά χρωματισμένα. Τα μικροσκληρώτια που βρίσκονται στο έδαφος μπορούν να βλαστάνουν επανειλημμένα και να παράγουν κονίδια με μικρή διάρκεια ζωής.

Τα μικροσκληρώτια για να αρχίσουν να βλαστάνουν χρειάζεται να εκτεθούν για έξι ώρες σε ευνοϊκό περιβάλλον και παράγουν συνήθως μέχρι και 36 βλαστικές υφές/ms και διάφορους κονιδιοφόρους. Σε δείγματα εδάφους που έχουν ξεραθεί στον αέρα, οι πληθυσμοί των μικροσκληρωτίων μειώνονται όταν η αποθήκευσή τους γίνει σε θερμοκρασία δωματίου.

Ο *V. dahliae* επιβιώνει σε ακαλλιέργητο έδαφος για τουλάχιστον τρία, τέσσερα ή πάνω από 10 χρόνια. Όμως σε αγρούς που καλλιεργούνταν με διάφορα είδη φυτών τα οποία δεν ήταν ξενιστές του μύκητα, επιβίωσε για τέσσερα ή οκτώ χρόνια. Γενικά, ο μύκητας

απουσία ξενιστών θεωρείται ότι επιβιώνει στο έδαφος με τη μορφή μικροσκληρωτίων για 13 ή περισσότερο από 14 χρόνια. Η βιωσιμότητα των μικροσκληρωτίων σε δείγματα μολυσμένου εδάφους, που έχουν ξεραθεί σε αέρα, κυμαίνεται από 6 μήνες μέχρι 12 χρόνια. Σε μολυσμένο φυσικά έδαφος, που διατηρήθηκε υγρό χωρίς να γίνεται καλλιέργεια του, ο *V. dahliae* διατήρησε τη μολυσματικότητα του σε σπορόφυτα μελιτζάνας για τουλάχιστον τέσσερα χρόνια. Γενικά, αναφέρεται ότι απαιτούνται 10 μέχρι 20 χρόνια για να μηδενιστεί ο πληθυσμός του *V. dahliae* σε καλλιεργημένο και μολυσμένο έδαφος.

Ο μύκητας μπορεί να επιβιώσει για πολλά χρόνια στις ρίζες μερικών καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών, τα οποία παρόλο που φιλοξενούν το μύκητα δεν παρουσιάζουν συμπτώματα. Τα φυτά αυτά αναφέρονται ως ασυμπτωματικά (asymptomatic).

Ο *V. dahliae* αναπτύσσεται και αυξάνεται στα στελέχη και τις ρίζες διαφόρων ειδών ευπαθών φυτών. Έχει αναφερθεί ότι το μόλυσμα του μύκητα που υπάρχει στα στελέχη της πατάτας, επιβιώνει συχνά στο έδαφος για 14-17 μήνες και δεν καταστρέφεται όταν τα στελέχη παραμένουν άθικτα.

Μετά από αποθήκευση των μικροσκληρωτίων για 20,5 μήνες σε υγρό έδαφος, διαπιστώθηκε ότι 0,5 mg μικροσκληρωτίων ανά g εδάφους συνεχίζουν να προκαλούν 100% μόλυνση στην τομάτα, ενώ μετά από παρέλευση 3,5 μηνών, 1,3 ή 7 mg κονιδίων και υφών ανά g εδάφους δεν προκαλούσαν μόλυνση .

Τα μικροσκληρώτια που βρίσκονται στο έδαφος δε βλαστάνουν μόνο μία φορά. Μπορούν να βλαστήσουν αρκετές φορές διεγειρώμενα από εκκρίσεις των ριζών διαφόρων φυτών. Όταν ένα μικροσκληρώτιο βλαστήσει, μπορεί να επανέλθει σε κατάσταση λήθαργου έως ότου διεγερθεί ξανά από εκκρίσεις ρίζας άλλου φυτού. Αυτό συνεχίζεται μέχρι να εξαντληθούν τα αποθέματα ενέργειας που διαθέτει κάθε μικροσκληρώτιο. Με τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων αυξάνεται η

ποσότητα του μολύσματος που περιέχει το έδαφος, με αποτέλεσμα να ευνοείται η προσβολή των ξενιστών.

Ως μόλυσμα, εκτός των μικροσκληρωτίων, μπορούν να δρουν και τα κονίδια που παράγονται σε μολυσμένες νεκρές ρίζες και σε στελέχη ευπαθών ξενιστών. Τα κονίδια μπορούν να μολύνουν για 3 ή περισσότερες εβδομάδες, πριν νεκρωθούν ή ξεραθούν. Η περίοδος παραγωγής των κονιδίων εξαρτάται από την επάρκεια θρεπτικών στοιχείων στα φυτικά υπολείμματα και μπορεί να είναι μακρά.

Η ταχεία εξάπλωση της ασθένειας από ένα μολυσμένο φυτό σε γειτονικά υγιή δεν οφείλεται στην ανάπτυξη του μυκηλίου που υπάρχει στο έδαφος προς τα υγιή φυτά, αλλά στην ανάπτυξη των ριζών των υγιών φυτών. Οι ρίζες των υγιών φυτών αναπτυσσόμενες συναντούν μολυσμένα φυτικά υπολείμματα ή όργανα του μύκητα στο έδαφος, όπως μικροσκληρώτια, μυκήλιο και κονίδια· και γι' αυτό μολύνονται.

Το μόλυσμα του *V. dahliae* επικρατεί στα ανώτερα 33 cm του εδάφους· όμως, μικροσκληρώτια υπάρχουν και σε βάθος ενός μέτρου. Επαφή ριζών υγιών φυτών με ρίζες μολυσμένων, δεν καταλήγει πάντα σε μόλυνση των υγιών φυτών. Για να γίνει μόλυνση των ριζών θα πρέπει ο μύκητας να έχει εξαπλωθεί από τα αγγεία του ξύλου στην επιφάνεια της ρίζας του μολυσμένου φυτού όμως αυτό συμβαίνει σπάνια επειδή οι ρίζες μετά την προσβολή των αγγείων του ξύλου τους συνήθως νεκρώνονται.

Ύπαρξη τραυματισμένων ριζών συντελεί στην ταχεία διασυστηματική προσβολή των ευπαθών φυτών. Τραυματισμοί στις ρίζες των φυτών προκύπτουν συνήθως από διάφορες αιτίες όπως: α) κατά τη μεταφύτευση, β) κατά την καλλιέργεια του εδάφους, γ) λόγω προσβολής των ριζών από νηματώδεις που ανήκουν στην οικογένεια Tylenchoidea.

Εκτός του τραυματισμού και της επαφής υγιών με προσβλημένες και νεκρωμένες ρίζες, έχει αναφερθεί και μόλυνση υγιών ριζών αγγουριάς μέσω επιδερμικών κυττάρων ή ριζικών τριχιδίων.

Όταν δεν υπάρχουν φυτά στο έδαφος, τα μικροσκληρώτια βρίσκονται σε λήθαργο λόγω της μυκοστατικής ιδιότητας του εδάφους. Ύπαρξη ευπαθών φυτών στο έδαφος μπορεί να διεγείρει τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων, λόγω εκκρίσεων των ριζών τους. Έτσι αρχίζει η διαδικασία μόλυνσης, είτε μέσω άμεσης διείσδυσης των ριζών των ξενιστών από βλαστικούς σωλήνες των μικροσκληρωτίων είτε έμμεσα από κονίδια που παράγονται μετά την βλάστηση των μικροσκληρωτίων. Ύπαρξη ανθεκτικών ξενιστών στο έδαφος διεγείρει τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων με τις εκκρίσεις των ριζών τους, όχι όμως τόσο πολύ όσο τα ευπαθή φυτά.

Ο αποικισμός της ρίζας από το *V. dahliae* συμβαίνει πολύ νωρίς στη ζωή της και καθόλη τη διάρκεια ανάπτυξής της. Σε αυτό συμβάλλουν πολύ τα άκρα της ρίζας και ειδικά η ζώνη επιμήκυνσής της. Από εκεί εκλύονται μεγάλες ποσότητες εκκρίσεων, οι οποίες διεγείρουν τα μικροσκληρώτια που βρίσκονται σε λήθαργο στο έδαφος, τα οποία βλαστάνουν λόγω αντίδρασης στις εκκρίσεις. Δεδομένης της ταχύτητας αύξησης των ριζών που κυμαίνεται μεταξύ 3 και 10 mm ημερησίως και της μικρής απόστασης αντίδρασης που είναι μικρότερη από 1 mm για τους περισσότερους μύκητες, θα πρέπει το μικροσκληρώτιο το οποίο ληθαργεί στο έδαφος να αντιδράσει γρήγορα στις εκκρίσεις της ρίζας που διέρχεται πλησίον του, για να μπορέσει να την προσβάλλει. Εάν το μικροσκληρώτιο χρειασθεί περισσότερο από μερικές ώρες για να αντιδράσει, τότε δεν επιτυγχάνεται μόλυνση, επειδή είναι δύσκολο στο μύκητα να έρθει σε επαφή με το κινούμενο άκρο της ρίζας.

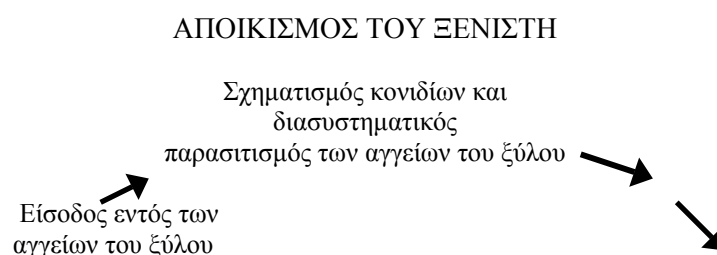
Ο αποικισμός της ρίζας μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από δυο ξεχωριστές φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει την ενεργοποίηση αναπαραγωγικών μονάδων του μύκητα που ληθαργούν, καθώς επίσης

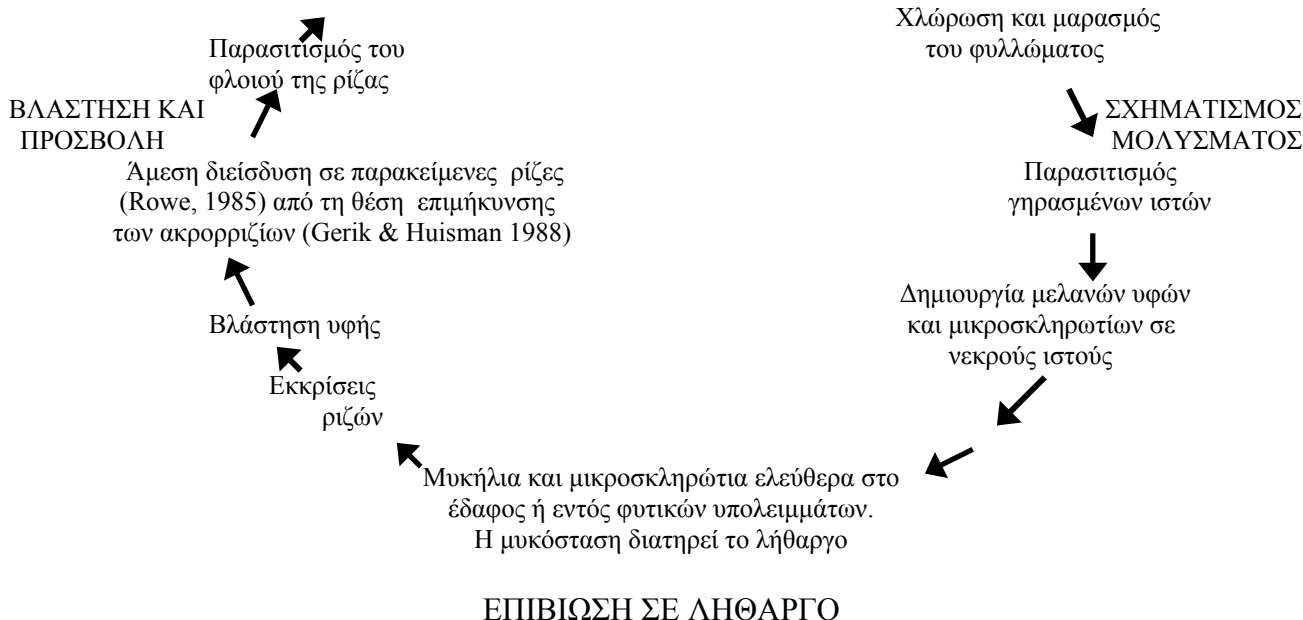
και τη βλάστηση και αρχική επαφή τους με το άκρο ή με σημεία κοντά στο άκρο της ρίζας. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την εγκατάσταση και ανάπτυξη του μύκητα επί ή εντός της επιδερμίδας της ρίζας και θα μπορούσε να εκτείνεται για πολλά εκατοστόμετρα πίσω από την κορυφή της ρίζας.

Οι μύκητες *V. dahliae* και *V. albo-atrum* εκτός ότι προσβάλλουν τα φυτά από το ριζικό τους σύστημα, καμιά φορά μπορούν να προσβάλλουν ευπαθείς ξενιστές από το φύλλωμά τους. Η προσβολή γίνεται με αερομεταφερόμενα κονίδια και έχει ως αποτέλεσμα τη διασυστηματική προσβολή των φυτών. Τέτοιού είδους προσβολή έχει αναφερθεί στην τομάτα.

Όσον αφορά την επιβίωση του μύκητα εκτός εδάφους, σε τμήματα προσβλημένων φυτικών ιστών και σε τεχνητά θρεπτικά υλικά, υπάρχουν τα εξής δεδομένα : τα κονίδια των ειδών του γένους *Verticillium* είναι ευπαθή και νεκρώνονται εντός 3 ημερών σε ξηρή ατμόσφαιρα σε 49-50 °C και εντός 2 εβδομάδων σε 40 °C. Μικροσκληρώτια του *V. dahliae*, όπως εκείνα που σχηματίζονται σε φυτικούς ιστούς, επιβιώνουν για 6 μήνες σε 49-50 °C σε ξηρή ατμόσφαιρα και για περισσότερα από 2,5 χρόνια σε 40 °C. Ο *V. dahliae* παραμένει ζωντανός για τουλάχιστον 3 χρόνια σε θρεπτικά υποστρώματα με άγαρ, ενώ είναι ικανός να επιβιώσει σε ξηρές τεχνητές καλλιέργειες για 13 περίπου χρόνια.

Βιολογικός κύκλος του μύκητα





Επίδραση διάφορων παραγόντων στη μόλυνση των φυτών και την εξέλιξη της ασθένειας

Διάφοροι παράγοντες, όπως: η θερμοκρασία εδάφους και αέρα, το φως, η υγρασία εδάφους, ο αερισμός εδάφους, η πυκνότητα μολύσματος και η παρουσία παθογόνων νηματωδών των ριζών και εντόμων εδάφους, επηρεάζουν σημαντικά την μόλυνση των ξενιστών του *V. dahliae* και του *V. albo-atrum* και την εξέλιξη της ασθένειας. Ο τρόπος με τον οποίο επιδρούν οι παράγοντες αυτοί στη μόλυνση μπορεί να είναι είτε άμεσος, δηλαδή να επηρεάζουν τη δραστηριότητα των ειδών του γένους *Verticillium* και την αρχική προσβολή των ριζών, είτε έμμεσος, δηλαδή να επηρεάζουν τη θρέψη και την ανάπτυξη του ξενιστή, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η πρόοδος της προσβολής.

Θερμοκρασία αέρα και εδάφους

Η θερμοκρασία είναι ένας σπουδαίος παράγοντας που επηρεάζει τον ξενιστή, το παθογόνο, τις αλληλεπιδράσεις τους και τελικά την προσβολή και την ανάπτυξη της ασθένειας. Ο *V. dahliae* προκαλεί συμπτώματα προσβολής όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται 12-13 °C, ενώ σε θερμοκρασία 35 °C μειώνεται σημαντικά ο αριθμός των μικροσκληρωτίων που υπάρχουν στο έδαφος. Όταν η θερμοκρασία εδάφους υπερβαίνει τους 30 °C η ανάπτυξη της βερτισιλλίωσης μειώνεται αισθητά.

Έχει διαπιστωθεί ότι ο *V. albo-atrum* προκάλεσε τα σοβαρότερα συμπτώματα στην **τομάτα** σε 24 °C, με 28 °C το ανώτερο όριο θερμοκρασίας για εκδήλωση της ασθένειας, όταν η θερμοκρασία του αέρα ήταν 20 °C. Σε τεχνητές μολύνσεις **τομάτας** με *V. albo-atrum* τα φυτά δεν προσβάλλονταν όταν η θερμοκρασία αέρος ήταν πάνω από 21,5 °C στο θερμοκήπιο. Σε τεχνητές μολύνσεις **τομάτας** με *V. dahliae*, τα φυτά προσβάλλονταν όταν η θερμοκρασία ήταν 25, 27 και 28 °C και προκαλούνταν σοβαρά συμπτώματα όταν η θερμοκρασία εδάφους αέρα ήταν 28 °C. Μετά από αξιολόγηση της επίδρασης της θερμοκρασίας, βρέθηκε ότι η θερμοκρασία εδάφους ήταν ο σοβαρότερος παράγοντας που επιδρούσε στην ανάπτυξη της ασθένειας.

Έχει διαπιστωθεί ότι η σοβαρότητα της ασθένειας σε **πατάτες** που ήταν προσβλημένες από *V. dahliae*, αυξήθηκε όταν η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε από 20-23 °C σε 28 °C. Όμως, η ανάπτυξη των συμπτωμάτων σε μολυσμένα φυτά πατάτας από *V. dahliae* σταμάτησε όταν η θερμοκρασία μειώθηκε από 20 σε 13 °C. Σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών σε θερμοκήπιο, όταν η θερμοκρασία αέρα μειώθηκε από 29,4 σε 23,9 °C χρειαζόταν περισσότερο μόλυσμα του *V. dahliae* για να προκαλέσει σοβαρή προσβολή της πατάτας.

Στη **μελιτζάνα**, ο *V. dahliae* προκάλεσε σοβαρά συμπτώματα σε θερμοκρασία εδάφους 12 και 30 °C, όταν η θερμοκρασίες του αέρα κρατήθηκαν μεταξύ 19 και 23 °C. Η προσβολή ήταν ήπια σε 28 °C, όταν

οι θερμοκρασίες αέρα κρατήθηκαν μεταξύ 22 και 28 °C. Οι μέγιστες θερμοκρασίες για μόλυνση από το *V. dahliae* και *V. albo-atrum* ήταν 32 και 30 °C, αντίστοιχα.

Σε τεχνητές μολύνσεις **πιπεριάς** με το *V. dahliae*, διαπιστώθηκε ότι σε θερμοκρασία αέρα 24 °C η ασθένεια ήταν σοβαρή όταν η θερμοκρασία εδάφους κυμαίνονταν μεταξύ 15 και 30 °C, ενώ ήταν πολύ ήπια σε θερμοκρασία 35 °C.

Σε τεχνητές μολύνσεις **μπάμιας** με το *V. dahliae*, διαπιστώθηκε ότι τα συμπτώματα της ασθένειας ήταν έντονα σε 20 °C, ενώ η μικρότερη σοβαρότητα προσβολής διαπιστώθηκε σε 32 °C.

Σε τεχνητές μολύνσεις **κουνουπιδιού** με *V. dahliae*, τα φυτά μολύνονταν όταν η θερμοκρασία επώασης στο θερμοκήπιο ήταν 23 °C, ενώ δε μολύνονταν όταν υπερέβαινε τους 30 °C.

Φως

Το φως έχει σημαντική επίδραση στην αύξηση και σπορίωση των *V. dahliae* και *V. albo-atrum*. Σε υψηλή ένταση φωτισμού παρατηρείται οριστική καταστολή του σχηματισμού μικροσκληρωτίων και μελανίνης. Γενικά, η μείωση της έντασης του φωτός μπορεί να συντελέσει σε κακή ανάπτυξη των φυτών και αύξηση της ευπάθειάς τους στις προσβολές διαφόρων μυκήτων. Στη βερτισιλλίωση της **τομάτας**, παρατηρήθηκε επίσης ότι η αύξηση της έντασης του φωτός, αυξάνει την ένταση της ασθένειας.

Η φωτοπερίοδος επιδρά σημαντικά στην σπορίωση και την εξέλιξη της βερτισιλλίωσης της **τομάτας**: Έχει διαπιστωθεί πως όταν μειωνόταν η φωτοπερίοδος, εντεινόταν τα συμπτώματα προσβολής της τομάτας.

Η ποιότητα του φωτός επιδρά στην παραγωγή κονιδίων και μικροσκληρωτίων του *V. dahliae*.

Το μήκος κύματος του φωτός δεν επηρεάζει την αύξηση, τη σπορίωση, και την παθογόνο ικανότητα του *V. dahliae*.

Υγρασία εδάφους

Η βλαστικότητα των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* που υπάρχουν στον αγρό επηρεάζεται από την υγρασία του εδάφους. Σε εδάφη κοντά στην υδατοϊκανότητα παρατηρήθηκε άφθονη ανάπτυξη μικροσκληρωτίων. Στην **τομάτα**, η υπερβολική υγρασία εδάφους αύξησε την ένταση της προσβολής. Όμως, σε περιπτώσεις κατάκλισης του εδάφους με νερό άρδευσης παρατηρείται καταστροφή των μικροσκληρωτίων που υπάρχουν στο έδαφος λόγω μείωσης του διαθέσιμου οξυγόνου.

Αερισμός του εδάφους

Σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου στο έδαφος παρεμποδίζεται η βλάστηση και ο σχηματισμός των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae*.

Πυκνότητα του μολύσματος

Η βερτισιλλίωση είναι μονοκυκλική (simple cycle) ασθένεια. Συνεπώς, η πυκνότητα του μολύσματος κατά τη σπορά ή φύτευση έχει κρίσιμο ρόλο (critical role) στην ανάπτυξη της ασθένειας και συσχετίζεται αρνητικά με το ύψος της παραγωγής πολλών ειδών φυτών.

Το οριακό επίπεδο (threshold level) μικροσκληρωτίων που απαιτείται να υπάρχει στο έδαφος για να προκληθεί ασθένεια, εξαρτάται από το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, την ποικιλία του, τις τοπικές εδαφικές και κλιματικές συνθήκες κ.ά. Η αναλογία των μολυσμένων φυτών, όταν αυξάνεται η πυκνότητα μολύσματος στο έδαφος, εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία των φυτών που αναπτύσσονται σε αυτό.

Στην **τομάτα**, 0,5 ms/g εδάφους προκάλεσαν 50% συχνότητα προσβολής των φυτών, ενώ 6 ms/g εδάφους μπορούσαν να προκαλέσουν 100% συχνότητα μόλυνσης προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Έχει αναφερθεί ότι η αναλογία προσβολής της τομάτας από το *V. dahliae* αυξήθηκε αυξανόμενης της πυκνότητας μολύσματος, σε συνθήκες φυσικής μόλυνσης του εδάφους. Διαπιστώθηκε ότι όλα τα φυτά είχαν προσβληθεί προς το τέλος καλλιεργητικής περιόδου, άσχετα με την πυκνότητα μολύσματος στο έδαφος, η οποία κυμαινόταν μεταξύ 0,1 και 2,7 ms/g εδάφους. Όμως, μόνον εξωτερικά συμπτώματα εμφανίστηκαν σε φυτά που αναπτύσσονταν σε πυκνότητες μολύσματος μεταξύ 0,1 και 9 ms/g εδάφους. Η μέγιστη απώλεια της παραγωγής των φυτών κάτω από αυτές τις συνθήκες ήταν περίπου 40%.

Ο ελάχιστος αριθμός κονιδίων του *V. dahliae* για 100% προσβολή της **τομάτας** ήταν 50.000 κονίδια/g εδάφους, ενώ ο ελάχιστος αριθμός μικροσκληρωτίων ήταν 100. Το δυναμικό μολύσματος των κονιδίων μειώθηκε από 100% σε μηδέν μετά από παρέλευση 3 εβδομάδων, ενώ δεν υπήρχε μείωση του δυναμικού του μολύσματος των μικροσκληρωτίων μετά από 7 εβδομάδες.

Το κατώτατο όριο μολύσματος για την πρόκληση οικονομικής ζημίας στην **πατάτα** στο Κολοράντο των Η.Π.Α. κυμαίνεται μεταξύ 17,5 και 23 ms/g εδάφους. Επίσης, 10-102 ms/g εδάφους μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή ζημιά. Σε δειγματοληψίες σε έντονα μολυσμένους αγρούς της Ουάσιγκτον που καλλιεργούνταν με πατάτες, βρέθηκαν 40-102 ms/g εδάφους. Έχει διαπιστωθεί ότι όταν μειώθηκε η πυκνότητα μολύσματος του μύκητα από 9,7 σε 0,3 ms/g εδάφους με εφαρμογή ηλιοαπολύμανσης, η παραγωγή αυξήθηκε σε ποσοστό μεγαλύτερο από 46%.

Βιοτικοί παράγοντες

Διάφορα είδη νηματωδών δημιουργούν πληγές στις ρίζες των φυτών και συντελούν στην αύξηση της συχνότητας προσβολής τους από τη βερτισιλλίωση. Για παράδειγμα, ο *Pratylenchus penetrans* τραυματίζει τις ρίζες διαφόρων ειδών **λαχανικών** (τομάτας, μελιτζάνας, πιπεριάς) και οι τραυματισμένες ρίζες συχνά προσβάλλονται από το *V. albo-atrum* ή το *V. dahliae*.

Έχει αναφερθεί η ύπαρξη συσχέτισης ή συνεργίας στην **μελιτζάνα** μεταξύ *P. penetrans* και *V. albo-atrum*. Στην **τομάτα** μεταξύ του *P. prenetans* και *V. albo-atrum*.

Επίσης, διάφορα έντομα εδάφους μπορεί να παίζουν ρόλο στην προσβολή καλλιεργούμενων φυτών από τη βερτισιλλίωση.

Τρόποι εξάπλωσης της ασθένειας

α) Με το σπόρο.

Ο μύκητας βρίσκεται στο μολυσμένο σπόρο διάφορων καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών με τη μορφή μυκηλίου ή μικροσκληρωτίων.

Πίνακας 1: Σπόροι διαφόρων ειδών καλλιεργούμενων φυτών που είναι πηγές εξάπλωσης του μύκητα *V. dahliae* ή *V. albo-atrum*

Κατηγορία φυτών	Είδος
	Κόνδυλοι πατάτας (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Μελιτζάνα (<i>Solanum melongena</i> L.) Τομάτα

Λαχανικά	(<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) Σπανάκι (<i>Spinacia oleracea</i> L.) Τεύτλα (<i>Beta vulgaris</i> L.)
Βιομηχανικά	Βαμβάκι (<i>Gossypium herbaceum</i> L.) Ηλίανθος (<i>Helianthus annuus</i> L.) Ατρακτυλίδα (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)
Κτηνοτροφικά	Σόργο [(<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.) Μηδική (<i>Medicago sativa</i> L.) Άσπρο λούπινο (<i>Lupinus albus</i> L.) Κίτρινο λούπινο (<i>Lupinus luteus</i> L.)

Πίνακας 2: Σπόροι διαφόρων αυτοφυών φυτών που είναι πηγές εξάπλωσης του μύκητα *Verticillium dahliae* ή *V. albo-atrum*

Είδος
<i>Senecio vulgaris</i> L.
<i>Xanthium canadense</i> Mill.
<i>Xanthium pungens</i> Wallr.
<i>Xanthium spinosum</i> L.
<i>Carthamus lanatus</i> L.

Η ικανότητα του μύκητα να προσβάλλει το σπόρο εξαρτάται από την παθογόνο ικανότητα του στελέχους και από το χρόνο προσβολής του φυτού (πρώιμα ή όψιμα).

Από μη απολυμασμένους σπόρους **μελιτζάνας** και **τομάτας** έχει απομονωθεί ο *V. dahliae* σε ποσοστό 40-50%, ενώ από επιφανειακά απολυμασμένους σπόρους σε ποσοστό 25-40%. Το 9% του σπόρου εμπορικού δείγματος **σπανακιού** που είχε απολυμανθεί επιφανειακά, βρέθηκε μολυσμένο από *V. dahliae*.

β) Με φύτευση βλαστικού πολλαπλασιαστικού υλικού σε μολυσμένο έδαφος ή με φύτευση βλαστικού πολλαπλασιαστικού υλικού που έχει αναπτυχθεί σε μολυσμένο έδαφος.

γ) Με διασπορά με μολυσμένο φυτικό υλικό και μολυσμένο έδαφος με διάφορους φορείς.

Το μολυσμένο έδαφος μεταφέρεται από τον άνθρωπο, τα γεωργικά μηχανήματα και εργαλεία τα αγροτικά ζώα κ.ά.

δ) Με διασπορά κονιδίων με νερό, αέρα, έντομα.

Η διασπορά των κονιδίων με τον αέρα γίνεται σε πολύ μικρές αποστάσεις επειδή τα κονίδια είναι πολύ ευπαθή στην ξηρασία. Το νερό αποτελεί πολύ καλό μέσο μεταφοράς των αναπαραγωγικών μονάδων των *V. albo-atrum* και *V. dahliae*.

ε) Με επαφή των ριζών ασθενούς και υγιούς φυτού.

Με την επαφή των ριζών ενός υγιούς φυτού (καλλιεργούμενου ή αυτοφυούς) με τις ρίζες μολυσμένου φυτού επιτυγχάνεται η μετάδοση της ασθένειας στα υγιή φυτά και η εξάπλωσή της στον αγρό, από τα μολυσμένα σημεία στα αμόλυντα. Με αυτό τον τρόπο μπορεί η ασθένεια να εξαπλωθεί σε όλο τον αγρό από μια αρχική εστία μόλυνσης.

Τρόποι αντιμετώπισης της ασθένειας

Η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα, γιατί δεν είναι δυνατή η καταπολέμησή της με τα υπάρχοντα σήμερα διασυστηματικά μυκητοκτόνα. Η ικανότητα του μύκητα να επιβιώνει με την μορφή των μικροσκληρωτίων σε φυτικά υπολείμματα που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους ή σε κάποιο βάθος του κάνει οξύτερο το πρόβλημα καταπολέμησης του.

Οι κυριότεροι τρόποι αντιμετώπισης της Βερτισιλλίωσης των λαχανικών είναι οι εξής:

- α)** καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών και υβριδίων (σε όποια είδη υπάρχουν), ή εμβολιασμός των ευπαθών ποικιλιών και υβριδίων σολανοδών σε ανθεκτικά υποκείμενα (π.χ. TmKVFN)
- β)** απολύμανση εδάφους (εφαρμογή ατμού, χημικών απολυμαντικών ηλιοαπολύμανσης και συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης χημικού απολυμαντικού)
- γ)** χημική αντιμετώπιση
- δ)** εφαρμογή προγραμμάτων πολυετούς αμειψισποράς
- ε)** εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων
- στ)** χρησιμοποίηση βιολογικών παραγόντων (μυκήτων ή βακτηρίων)

Συνήθως, στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης γίνεται συνδυασμός δύο ή περισσότερων μεθόδων για να επιτευχθεί ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Οι κυριότεροι τρόποι αντιμετώπισης της βερτισιλλίωσης αναφέρονται αναλυτικά στη συνέχεια.

α) Καλλιέργεια ανθεκτικών γενότυπων

Μια απλή οικονομική αποτελεσματική και φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος αντιμετώπισης της βερτισιλλίωσης είναι η καλλιέργεια ανθεκτικών ή ανεκτικών γενότυπων. Όμως, δεν έχουν

δημιουργηθεί ανθεκτικά ή ανεκτικά υβρίδια ή ποικιλίες με οικονομικά αποδεκτή αντοχή στο *V. dahliae* στα περισσότερα είδη λαχανικών.

Σε είδη σολανωδών που δεν υπάρχει διαθέσιμο ανθεκτικό γενετικό υλικό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανθεκτικά υποκείμενα, (π.χ. TmKVFN), πάνω στα οποία θα εμβολιασθεί το υβρίδιο ή η ποικιλία με τα επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά.

Ανθεκτικές ή ανεκτικές ποικιλίες και υβρίδια λαχανοκομικών παρουσιάζονται στους πίνακες 3,4,5,7 και 8 που ακολουθούν.

Πίνακας 3: Παραδείγματα εμπορικών υβριδίων τομάτας τύπου “Μακράς διατήρησης” (Long Shelf Life, LSL) με αντοχή σε διάφορες ασθένειες και στους κομβοηματοδείς.

ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ	ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ
Μη αυτοκορυφολογούμενα (για θερμοκηπιακή καλλιέργεια)		Αυτοκορυφολογούμενα (για υπαίθρια καλλιέργεια)	
Alambra	TmVF ₂ N	Amazon (T-126)	VF ₂ S
Alexandros	TmVF ₂	Big Max	VF ₂ S
Alma	TmVF ₂ SN	Club	TmVF ₂ SA
Atletico	TmVF ₂ C	Elda	TmF ₂ NA
Banemi	TmVF ₁ N	Eros	TmVF ₂ S
Berli	TmVF ₂	Genesis	VF ₂ A
Carolina (R-154)	TmVF ₂	Gorby	VF ₂ SA
Clever	TmVF ₂ N	Lenor	VF ₂
Cooper	TmVF ₂ A	HA-3026	TmVF ₂
Daniela (R-144)	TmVF ₂	HA-3026	TmF ₂
Derby	TmVF ₂	Show Star	VF ₂ SA
Diana	TmVF ₂	Venus	VF ₂
Dominique	TmVF ₂ N		
Early Giant	TmVF ₂		
FA-1028	TmVF ₂ FrN		
FA-1415	TmVF ₂ FrN		

Gabriela	TmVF ₂ N		
Garnet 622	TmVF ₂		
Gloea	TmVF ₂ N		
Laurina	TmVF ₂		
Lory	TmVF ₂		
Melvin	TmVF ₂		
Nemato	TmVF ₂		
Paso	TmVF ₂		
Petula	TmVF ₂		
Polo	TmVF ₂		
Preveza	TmVF ₁ N		
Rena	TmVF ₂		
Risera	TmVF ₂		
T 1019	TmVF ₂		
Vagos 795	TMVF ₂ FrSN		
Van	TmVF ₂ A		
73-60	TmVF ₂		

Πίνακας 4: Παραδείγματα εμπορικών υβριδίων τομάτας τύπου “Ημίμακρας διατήρησης” (Semi Long Shelf Life, SLSL) με αντοχή σε διάφορες ασθένειες και στους κομβονηματοδείς.

ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ	ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ
Μη αυτοκορυφολογούμενα (για θερμοκηπιακή καλλιέργεια)		Αυτοκορυφολογούμενα (για υπαίθρια καλλιέργεια)	
Abigail	TmVF ₂	Alberta (ARO-4720)	VF ₁ N
Acadia (FA-556)	TmVF ₂ N	Aspasia (FA-67)	TmVF ₁
Amalia (HA-3104)	TmVF ₂ Ty	Bernadine (ARO-5656)	VF ₁

Anath	TmVF ₂	Claudia (ARO-5656)	VF ₁
Andrea	TmVF ₂ Ty	HA-3016	TmVF ₂ Ty
Batsheva (FA-521)	TmVF ₂	HA-3019	TmVF ₁ Ty
Baya	TmVF ₂	Sigal (FA-67)	TmVF ₁
Belladona (FA-514)	TmVF ₂		
Bison	TmVF ₂ C		
Brillante	TmVF ₂		
Colette (FA-832)	TmVF ₂		
DRW-5609	TmVF ₂		
Efrat	TmVF ₂ Ty		
Electra	TmVF ₂		
Emperor	TmVF ₂ NPt		
HA-3110	TmVF ₂ Ty		
HA-3108	TmVF ₂ Ty		
Iron	TmF ₂		
Jumbo	TmVF ₂		
Margarita	TmVF ₂ N		
Marvel	TmVF ₂ C		
Meridian	TmVF ₂ NPt		
Noa	TmVF ₂		
Prezident	TmVF ₂ NPt		
Roquetero	TmVF ₂		
Sahara	TmF ₂		

Πίνακας 5: Παραδείγματα εμπορικών υβριδίων τομάτας τύπου “Κερασοτομάτα” (Cherry tomato) με αντοχή σε διάφορες ασθένειες και στους κομβοηματοδείς.

ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ
Camelia (FA-819)	TmVF ₁
Cherelino	TmVF ₂ C ₅ N

ES 97-917	VF
Magnolia (FA-818)	Tm
Naomi (BR-124)	VF ₁
SP-1302	TmVF ₂ C

Πίνακας 6: Επεξηγήσεις των συμβόλων των παθογόνων στα οποία οι ποικιλίες και τα υβρίδια τομάτας που αναφέρονται παρουσιάζουν αντοχή:

V	= <i>Verticillium dahliae</i> φυλή 1 (βερτισιλλίωση, verticillium wilt)
F	= <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> φυλή 1 (αδροφουζαρίωση, fusarium wilt)
F2	= <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> φυλές 1 και 2 (αδροφουζαρίωση, fusarium wilt)
Fr	= <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i> (σήψη λαιμού και ριζών, crown and root rot)
C	= <i>Cladosporium fulvum</i> (συν. <i>Fulvia fulva</i>) (κλαδοσπορίωση, leaf mold)
S	= <i>Stemphylium</i> spp. (στεμφυλίωση, gray leaf spot)
A	= <i>Alternaria alternata</i> f.sp. <i>lycopersici</i> (έλκος του στελέχους, stem canker)
P	= <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> (φελλώδης σηψιρριζία, corky root)
Pt	= <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> (βακτηριακή στιγμάτωση, bacterial speck)
Tm	= Ιός του μωσαϊκού της τομάτας (tomato mosaic tobamovirus, ToMV)
Ty	= Ιός του κίτρινου καρουλιάσματος των φύλλων της τομάτας (tomato yellow leaf curl begomovirus, TYLCV, ανοχή)
N	= <i>Meloidogyne</i> spp. (κομβονηματώδεις η αντοχή μπορεί να “σπάσει” σε θερμοκρασίες εδάφους πάνω από 27 °C)

Πίνακας 7: Ποικιλίες πατάτας με αντοχή ή ανοχή στη βερτισιλλίωση (*V. dahliae* και *V. albo-atrum*)

Υψηλά ανθεκτικές	Ανθεκτικές	Μέτρια ανθεκτικές	Ανεκτικές
A 66107-51	Abnaki	Allegany	Avandel
A 68113-4	Alpha	Atlantic	Cara
	Cascade	Centennial Russet	Green Mountain
	Century Russet	Frontier Russet	Mondial
	Desiree	Hampto	O' Maya
	Elba	Maine Chip	
	Gemchip	Monona	
	Gold Rush	Norchip	
	Houma	Norking Russet	
	Itasca	Portage	
	Katahdin	Prestile	
	Reddale	Ranger Russet	
	Ridean	Russet Nugget	
	Russette		
	Saranac		
	Shoshoni		
	Spunta		
	Tagree		

Πίνακας 8: Ποικιλίες και υβρίδια λαχανικών και αντοχές τους σε διάφορα παθογόνα αίτια

Είδος	Ανθεκτικές ή ανεκτικές ποικιλίες και υβρίδια
Μελιτζάνα (<i>Solanum melongena</i> L.)	Florida Market, Harris 468 Special Hibush, Harris Hybrid 77631, Santa Genebra, AC4, Διειδικό υβρίδιο <i>Solanum melongena</i> x <i>S.torvum</i> , R ₁ και R ₂

	ανθεκτικές σειρές
Πιπεριά (<i>Capsicum annuum</i> L.)	Mariza 786, California Wonder, 1005 και Sirria, μια καθαρή σειρά του <i>C. annuum</i>

β) Απολύμανση εδάφους

Η απολύμανση εδάφους μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Χρησιμοποιούνται: χημικά σκευάσματα (χημική απολύμανση), ατμός, ηλιακή ενέργεια (ηλιοαπολύμανση) ή συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης κατάλληλου χημικού απολυμαντικού.

➤ Χημική απολύμανση

Στη χημική απολύμανση εδάφους χρησιμοποιούνται συνήθως απολυμαντικά ευρέως φάσματος (π.χ. methyl bromide, metham sodium)

Μειονεκτήματα της χημικής απολύμανσης του εδάφους με σκευάσματα ευρέως φάσματος

- Σε εδάφη που έχουν απολυμανθεί με ένα απολυμαντικό ευρέως φάσματος παρατηρείται μείωση του ρυθμού αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας, λόγω καταστροφής των μικροοργανισμών που συντελούν στη διάσπασή της.
- Η χρήση απολυμαντικών ευρέως φάσματος έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραχή της σχέσης των NH_4^+ και NO_3^- στο έδαφος. Η μεγαλύτερη μείωση των νιτροποιητικών σε σχέση με τα αμμωνιακά βακτήρια, συντελεί στην παρουσία του αζώτου με αμμωνιακή μορφή.
- Η εξόντωση ορισμένων μικροοργανισμών του εδάφους που επηρεάζουν θετικά την πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών από τα καλλιεργούμενα φυτά, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ανάπτυξής τους.
- Σε χημικώς απολυμασμένα εδάφη, εκτός από την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, καταστρέφονται και οι ανταγωνιστές

μικροοργανισμοί των παθογόνων. Γι' αυτό σε περίπτωση αναμόλυνσης του απολυμασμένου εδάφους από ένα παθογόνο, παρατηρείται ταχεία εξάπλωσή του σε αυτό λόγω εξόντωσης των φυσικών εχθρών και των ανταγωνιστών του.

- Τα τελικά προϊόντα της διάσπασης των χημικών απολυμαντικών είναι διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ανόργανα άλατα. Αυτά μπορούν να δημιουργήσουν ενώσεις ή να αποδώσουν ανόργανα στοιχεία, που είναι φυτοτοξικά.
- Το κόστος των χημικών απολυμαντικών είναι μεγάλο. Γι' αυτό η χρήση τους σε καλλιέργειες με μικρή απόδοση είναι ασύμφορη. Η χρησιμοποίησή τους ενδείκνυται μόνο σε καλλιέργειες λαχανικών που έχουν μεγάλη απόδοση (π.χ. τομάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, πεπονιά, καρπουζιά).
- Η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης διαφόρων καλλιεργειών με χημικά απολυμαντικά δεν είναι πλήρης, επειδή το μόλυσμα του μύκητα επιβιώνει συνήθως στα κατώτερα στρώματα του εδάφους, που δεν έχει επίδραση το απολυμαντικό.

Πλεονεκτήματα της χημικής απολύμανσης του εδάφους με σκευάσματα ευρέως φάσματος

Η χρήση των ευρέως φάσματος απολυμαντικών εδάφους συντελεί συνήθως στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών καθώς και στη μεγαλύτερη παραγωγή τους, που οφείλονται στα εξής :

- Καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών (εξοντώνονται όλοι ή σχεδόν όλοι οι ανεπιθύμητοι μικροοργανισμοί του εδάφους).
- Απελευθέρωση χημικών στοιχείων στο έδαφος. (αζώτου, ασβεστίου, χαλκού, σιδήρου, καλίου, μαγνησίου, μαγγανίου, μολυβδαινίου, φωσφόρου, ψευδαργύρου, κ.α.).
- Δραστηριοποίηση των ωφέλιμων μικροοργανισμών του εδάφους οι οποίοι επιβιώνουν μετά την απολύμανσή του.

Η αποτελεσματικότητα της χημικής απολύμανσης του εδάφους εξαρτάται τόσο από τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους (χημική σύσταση, μηχανική σύσταση, περιεκτικότητα σε νερό, θερμοκρασία, μικροβιολογική δράση κ.α.) όσο και από το είδος του απολυμαντικού (χημική δράση, σταθερότητα, πίεση ατμών, διαλυτότητα στο νερό κ.ά.).

Τα ευρέως φάσματος απολυμαντικά εδάφους, που χρησιμοποιούνται στην καταπολέμηση της βερτισιλλίωσης, είναι τα εξής:

- methyl bromide (CH₃Br)

Είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο σήμερα χημικό απολυμαντικό εδάφους. Εφαρμόζεται με την ψυχρή (ως υγρό) ή τη θερμή (ως ατμός) μέθοδο. Δρα με τη μορφή αερίου, γι' αυτό πριν την εφαρμογή του το έδαφος θα πρέπει να έχει ψιλοχωματισθεί, να βρίσκεται στο ρώγο του, και να έχει καλυφθεί με ειδικό φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το πλαστικό κάλυψης του εδάφους θα πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας ώστε να μην το διαπερνούν οι ατμοί του απολυμαντικού. Σε θερμοκρασία εδάφους 8-10 °C, η δόση του βρωμιούχου μεθυλίου για την καταπολέμηση των *Verticillium* spp. είναι 110 g/m², με διάρκεια υποκαπνισμού 4 μέρες. Σε βαριά αργιλώδη και πλούσια σε οργανική ουσία εδάφη, η δόση εφαρμογής αυξάνεται ανάλογα και μπορεί να φτάσει και στα 200g/m². Όμως σε πολύ υγρά ή πολύ ξηρά εδάφη, δεν πρέπει να εφαρμόζεται.

Η φύτευση είναι δυνατή μετά την απομάκρυνση του πλαστικού κάλυψης και τον αερισμό του για διάστημα 3-21 ημερών, ανάλογα με τη θερμοκρασία του εδάφους και το είδος της καλλιέργειας.

Σήμερα, για την απολύμανση εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο χρησιμοποιούνται δυο ειδών φύλλα πλαστικού κάλυψης του εδάφους : τα κοινά φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου και τα τριπλής στρώσης.

Τα **κοινά φύλλα** έχουν πάχος 50-75 μm και το βάρος του απαιτούμενου πλαστικού για την κάλυψη ενός τετραγωνικού μέτρου εδάφους είναι 50-75 g. Η τιμή του πλαστικού πολυαιθυλενίου είναι 1,53+18%Φ.Π.Α./Kg. Άρα το κόστος του πλαστικού για την κάλυψη εδάφους έκτασης ενός στρέμματος ανέρχεται σε 135,00 € περίπου.

Τα **φύλλα τριπλής στρώσης** αποτελούνται από δύο φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου ενδιάμεσα των οποίων παρεμβάλλεται ένα φύλλο πολυαμιδίου· γι' αυτό είναι αδιαπέρατα στα αέρια και δεν επιτρέπουν τη δημιουργία σταγονιδίων στην επιφάνειά τους. Έχουν πάχος 32-35 μm. Για τη χημική απολύμανση του εδάφους συνιστώνται μόνο τα πλαστικά πάχους 35 μm. Το βάρος του πλαστικού που απαιτείται για την κάλυψη ενός στρέμματος είναι 35 Kg. Η τιμή του πλαστικού κάλυψης τριπλής στρώσης πάχους 35 μm είναι 3,40 € +18%Φ.Π.Α./Kg. Άρα το κόστος αγοράς του πλαστικού για κάλυψη ενός στρέμματος ανέρχεται σε 140,00 € περίπου.

Το βρωμιούχο μεθύλιο διατίθεται στην αγορά σε σκευάσματα περιεκτικότητας 100% σε δραστική ουσία (με την εμπορική ονομασία Βρωμιούχο μεθύλιο 100-Άλφα, Βρωμιούχο μεθύλιο 100-Φιλοκρόπ) και σε σκευάσματα με περιεκτικότητα 98% βρωμιούχου μεθυλίου και 2% χλωροπικρίνης (με εμπορική ονομασία Βρωμιούχο μεθύλιο 98/2-Άλφα και Βρωμιούχο μεθύλιο 98/2-Φιλοκρόπ). Τα σκευάσματα κυκλοφορούν στην αγορά σε φιαλίδια των 680 gr και στοιχίζουν 5,90 €/φιαλίδιο. Για την απολύμανση ενός στρέμματος εδάφους μέσης σύστασης όταν χρησιμοποιηθεί απλό φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου απαιτούνται περίπου 100 Kg βρωμιούχου μεθυλίου (147 φιαλίδια). Δηλαδή το κόστος του βρωμιούχου μεθυλίου που απαιτείται για ένα στρέμμα ανέρχεται σε 867,00 € περίπου. Όταν χρησιμοποιηθεί πλαστικό κάλυψης τριπλής στρώσης η ποσότητα του βρωμιούχου μεθυλίου είναι περίπου η μίση, άρα και το κόστος αγοράς του ανά στρέμμα ανέρχεται σε 433,00 € περίπου.

Το συνολικό κόστος ανά στρέμμα της απολύμανσης εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο, χρησιμοποιώντας ως υλικό κάλυψης το απλό φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου και χωρίς να συμπεριληφθούν τα απαιτούμενα εργατικά, ανέρχεται σε 1000,00 € περίπου. Αν αντί του απλού πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου χρησιμοποιηθεί φύλλο πλαστικού τριπλής στρώσης, το κόστος απολύμανσης του εδάφους ανέρχεται σε 570,00 € περίπου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση, το 1997 βάσει του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, αποφάσισε την εφαρμογή ενός προγράμματος σταδιακής εξάλειψης του βρωμιούχου μεθυλίου και την οριστική απαγόρευση της κυκλοφορίας του το 2005, επειδή η χρήση του συμβάλλει στην καταστροφή του στρώματος του όζοντος της στρατόσφαιρας. (Μέχρι το Μάιο του 1999 το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ είχε επικυρωθεί από 168 χώρες.)

Η απαγόρευση της χρήσης του βρωμιούχου μεθυλίου ως απολυμαντικού εδάφους προβλέπεται να δημιουργήσει προβλήματα στη χώρα μας διότι δεν υπάρχει σήμερα κάποιο άλλο απολυμαντικό εδάφους που να είναι εξίσου αποτελεσματικό με αυτό.

- metham sodium (N- methyl sodium dithiocarbamate)

Η εμπορική του ονομασία είναι Varam. Η εφαρμογή του είναι δυνατή σε θερμοκρασίες εδάφους από 7 °C μέχρι και πάνω από 20 °C. Η άριστη θερμοκρασία εφαρμογής του είναι 13-18 °C). Η δόση εφαρμογής του είναι 50-200 Kg/στρέμμα και εξαρτάται από τη δομή του εδάφους, την υγρασία του κ.ά.

Εφαρμόζεται σε έδαφος, που έχει οργωθεί καλά και βρίσκεται στο ρώγο του, με μηχανοκίνητους εγχυτήρες σε βάθος 20 cm και σε αποστάσεις μεταξύ των εγχύσεων 15 cm. Η εφαρμογή του μπορεί επίσης να γίνει αφού διαλυθεί στο νερό σε αναλογία 1:10, με διαβροχή εδάφους. Αν η απολύμανση γίνεται το καλοκαίρι, θα πρέπει η επιφάνεια του εδάφους να καλύπτεται με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Στις υπαίθριες καλλιέργειες, αν το απολυμαντικό αυτό εφαρμοσθεί με το νερό άρδευσης έχει εξαιρετικά αποτελέσματα. Εφαρμόζεται με το 10% του νερού άρδευσης, και στη συνέχεια ολοκληρώνεται η άρδευση.

Η διάρκεια κάλυψης του εδάφους είναι συνήθως 7 ημέρες. Κατόπιν ακολουθεί αερισμός του εδάφους. Το χρονικό διάστημα από την εφαρμογή του απολυμαντικού μέχρι τη φύτευση είναι κατά κανόνα 15-21 ημέρες. Σε βαριά και πλούσια σε οργανική ουσία εδάφη, το διάστημα αυτό μπορεί να φτάσει στις 20-30 ημέρες.

Το metham sodium κυκλοφορεί στην αγορά σε σκευάσματα με περιεκτικότητα σε δραστική ουσία 32%, 32,7%, 32,75% και 38%. Τα εμπορικά ονόματα αυτών των σκευασμάτων είναι : Sodam 32 SL, Bilton 32,7 SL, Varam 32,7 SL, Βοπαζόν SL, Χελαπάμ 32,7 SL, Μέθαμ Σοντιούμ-Ευθυμιάδη 32,75 SL, Metham Sodium-BASF 38. Το Βαπάμ κθκλοφορεί στο εμπόριο συσκευασμένο σε πλαστικές κανίστρες 12 κιλών το κόστος αγοράς ανέρχεται στα 9,34 €/κανίστρα. Αν χρησιμοποιηθεί το περιεχόμενο 10 κανίστρων Βαπάμ ανά στρέμμα και η εφαρμογή του γίνει με το νερό άρδευσης χωρίς κάλυψη του εδάφους, τότε το κόστος απολύμανσης, χωρίς τα εργατικά, κυμαίνεται γύρω στα 93,00 € περίπου. Αν γίνει κάλυψη του εδάφους με απλό πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου, τότε το κόστος της απολύμανσης ανά στρέμμα ανέρχεται σε 229,00 € περίπου.

- chloropicrine (Trichloro-nitromethane)

Το εμπορικό της όνομα είναι χλωροπικρίνη. Είναι υγρό και στο έδαφος μετατρέπεται σε ατμό. Η μέγιστη δόση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο έδαφος είναι 60 g/m^2 . Έχει πολύ καλή μυκητοκτόνο δράση. Κυκλοφορεί σε ανάμειξη με το βρωμιούχο μεθύλιο.

- formaldehyde (φορμαλδεΐδη)

Το εμπορικό της όνομα είναι φορμόλη. Σήμερα η χρησιμοποίηση της είναι περιορισμένη λόγω της υψηλής τοξικότητας της (είναι έντονα τερατογόνος-καρκινογόνος). Το κόστος αγοράς της είναι $2,95 \text{ €/Kg}$. Περιέχει 38-40% δραστική ουσία και χρησιμοποιείται σε δόση $250-500 \text{ ml / m}^2$ εδάφους. Η εφαρμογή της γίνεται με διαβροχή του εδάφους αφού προηγουμένως διαλυθεί σε αναλογία 1:20 ή 1:30 με νερό. Ακολουθεί άφθονο πότισμα του εδάφους και κάλυψή του με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Η φύτευση μπορεί να γίνει μετά από 15 περίπου μέρες, εφόσον δεν αναδύεται η χαρακτηριστική οσμή του απολυμαντικού.

Η κύρια χρήση της φορμαλδεΐδης σήμερα είναι στην απολύμανση του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου. Η απολύμανση γίνεται με ψεκασμό του χώρου από εξειδικευμένο άτομο που φορά ειδική στολή, γάντια και μάσκα. Ψεκάζεται η εσωτερική πλευρά του φύλλου κάλυψης του θερμοκηπίου, οι στύλοι, το δίκτυο άρδευσης, το οριζόντιο δίκτυο συρμάτων υποστύλωσης των φυτών και γενικά ό,τι υπάρχει εντός του θερμοκηπίου. Η συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης για την απολύμανση του χώρου είναι 4 ‰ δ.ο.

Εκτός από τα χημικά ευρέως φάσματος που χρησιμοποιούνται, στην απολύμανση του εδάφους χρησιμοποιείται με καλά αποτελέσματα και ένα λίπασμα η ασβεστούχος κυαναμίδη.

- calcium cyanamide (CaCN_2)

Η ασβεστούχος κυαναμίδη θεωρείται ήπιο απολυμαντικό που δεν αφήνει χημικά υπολείμματα στο έδαφος. Δεν είναι τοξική για τον άνθρωπο γιατί το τελικό προϊόν της διάσπασης της είναι το αμμώνιο (NH_4^+), που με τα νιτροποιητικά βακτήρια καταλήγει σε νιτρική ρίζα και νιτρικό οξύ. Η παρασιτοκτόνος δράση της οφείλεται στην κυαναμίδη, που είναι η πρώτη χημική ένωση η οποία προκύπτει από τη διάσπασή της. Η κυαναμίδη στη συνέχεια διασπάται σε γουανιδίνη και δικυανδιαμίδη, ουσίες που έχουν επίσης παρασιτοκτόνες ιδιότητες. Η διάσπαση της ασβεστούχου κυαναμίδης εντός του εδάφους διευκολύνεται από την εδαφική υγρασία (το έδαφος πρέπει να βρίσκεται στο σημείο υδατοϊκανότητας), την υψηλή θερμοκρασία, τη μεγάλη περιεκτικότητα σε εύκολα αποσυντιθέμενη οργανική ουσία που έχει ομοιόμορφα ενσωματωθεί στο έδαφος.

Η ασβεστούχος κυαναμίδη περιέχει 19,8-20,5% άζωτο και 55-60% ασβέστιο. Η δόση εφαρμογής της είναι 100 g/m^2 . Ο χρόνος φύτευσης μετά την εφαρμογή της είναι τουλάχιστον 20 ημέρες και εξαρτάται από τη δόση εφαρμογής της, την εδαφική υγρασία και θερμοκρασία. Μπορεί να συνδυαστεί και με άλλα απολυμαντικά εδάφους, όχι όμως με εκείνα που έχουν ως βάση το ισοθειοκυανικό μεθύλιο.

Ο συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης του εδάφους στο οποίο έχει ενσωματωθεί η απαιτούμενη ποσότητα οργανικής ουσίας και ασβεστούχου κυαναμίδης δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η διάσπαση της ασβεστούχου κυαναμίδης γίνεται ταχύτατα, διότι όλοι οι παράγοντες που την ευνοούν βρίσκονται συνήθως σε ιδανικά επίπεδα. Με την τεχνική αυτή συντομεύεται κατά μία εβδομάδα η διάρκεια της ηλιοαπολύμανσης του εδάφους. Επιπλέον, υποβοηθείται η διάσπαση της οργανικής ουσίας και η ανάπτυξη της ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας. Ως οργανική ουσία μπορούν να χρησιμοποιηθούν άχυρα σιτηρών (1-2 τόνοι/στρέμμα) ή τεχνητά οργανικά υποστρώματα προερχόμενα από

ζυμώσεις διάφορων οργανικών υλικών, στις δόσεις που συνιστούν οι παρασκευαστές.

Η ασβεστούχος κυαναμίδη κυκλοφορεί στο εμπόριο σε σακιά 50 κιλών με το όνομα Perlka. Κοστίζει 65 € ανά σακί περίπου. Η ποσότητα που απαιτείται για να απολυμανθεί ένα στρέμμα εδάφους είναι 100 κιλά, άρα το κόστος αγοράς της ανέρχεται στα 130 € περίπου.

➤ **Ηλιοαπολύμανση**

Η μέθοδος στηρίζεται στην ανύψωση της θερμοκρασίας εδάφους με τη χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας και έχει στόχο να μειώσει τόσο την παθογένεια όσο και τον πληθυσμό των φυτοπαθογόνων και να ευνοήσει την ανταγωνιστική δράση της σαπροφυτικής μικροχλωρίδας. Η αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από 50 °C σε βάθος 20-25 cm κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, επιτυγχάνει τη νέκρωση των μυκήτων, βακτηρίων, εντόμων, νηματωδών και βλαστανόντων σπόρων ζιζανίων που υπάρχουν στο έδαφος. Όμως όπως είναι φυσικό, δεν είναι δυνατόν η θερμοκρασία να φτάσει σε αυτά τα επίπεδα και να θανατώσει τους μικροοργανισμούς που υπάρχουν μέχρι βάθος 30-35 cm στο έδαφος.

Η παγίδευση της ηλιακής ακτινοβολίας και η ανύψωση της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με την κάλυψη του εδάφους με φύλλο διαφανούς, πλαστικού πολυαιθυλαινίου, πάχους 0,025-0,12 mm. Σε υπαίθριες καλλιέργειες λαχανικών χρησιμοποιείται πλαστικό πάχους >0,10 mm. Το πλαστικό κάλυψης του εδάφους θα πρέπει να είναι ευκολόχρηστο, να έχει μικρό κόστος, να αντέχει στη φωτοχημική παλαίωση, να μην επιτρέπει το σχηματισμό σταγόνων στην εσωτερική επιφάνειά του, να μην έλκει σκόνες κ.ά.

Το έδαφος θα πρέπει να είναι ποτισμένο και καλά οργωμένο (στο ρώγο του) και ομοιόμορφα ισοπεδωμένο, να είναι απαλλαγμένο από συνεκτικούς βόλους και μεγάλες πέτρες, να έχουν απομακρυνθεί τα φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας κ.λπ. Ακολουθεί κάλυψή του εδάφους με το πλαστικό, ούτως ώστε να υπάρχει καλή

επαφή μεταξύ τους. Γι'αυτό, το πλαστικό κάλυψης πρέπει να παραχώνεται περιφερειακά στο έδαφος. Η κάλυψη του εδάφους θα πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 4-6 εβδομάδες. Μικρότερη διάρκεια κάλυψης του συνεπάγεται αντιμετώπιση μικρότερου φάσματος εδαφογενών παθογόνων.

Οι μηχανισμοί που αναπτύσσονται κατά την εφαρμογή της μεθόδου θεωρούνται γνωστοί. Φαίνεται πως η διαρκής υψηλή “υγροθερμία” επιδρά στην ικανότητα βλάστησης των παθογόνων, μειώνοντας την, ενώ η παρουσία της υγρασίας τα εξαναγκάζει να εγκαταλείψουν τη φάση διατήρησης ή διαχείμασης και να αναπτυχθούν βλαστικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή τους από τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο έδαφος.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ανταγωνιστική μικροχλωρίδα αποτελείται στο σύνολο της από “υγροθερμόφιλους” μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα κατά την διάρκεια της επέμβασης να αυξάνει την πυκνότητα και ενεργότητα του πληθυσμού της, και αφενός να καταλαμβάνει το διαθέσιμο έδαφος και αφετέρου να αποικίζει τη ριζόσφαιρα των καλλιεργούμενων φυτικών ειδών.

Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εξαρτάται από τη δομή του εδάφους, τη θερμοαγωγημότητα του και την ηλιοφάνεια της περιοχής. Εάν εφαρμοστεί σωστά, για 1-2 χρόνια δε χρειάζεται να επαναληφθεί, γιατί η σύνθεση της νέας βιοκοινότητας δεν επιτρέπει την εγκατάσταση κάποιου φυτοπαθογόνου. Με την ηλιοαπολύμανση, εκτός από τη μείωση της προσβολής και της σοβαρότητας της ασθένειας, βελτιώνεται και η ανάπτυξη των φυτών και αυξάνεται η παραγωγή τους.

Η ηλιοαπολύμανση εδάφους στο οποίο επρόκειτο να καλλιεργηθούν **μελιτζάνες** και **τομάτες** συντέλεσε στη μείωση της έντασης της βερτισιλλίωσης σε ποσοστό 25-95% και στην αύξηση της παραγωγής της μελιτζάνας κατά 215%. Η μείωση της έντασης της ασθένειας σε καλλιέργεια τομάτας, 166 μέρες μετά την φύτευση σε αγρό

που είχε ηλιοαπολυμανθεί ήταν 65% συγκριτικά με την ένταση της ασθένειας σε μη απολυμασμένο αγρό. Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική σε πολυετείς καλλιέργειες λαχανικών όπως οι **αγκινάρες** και σε διάφορες ετήσιες καλλιέργειες υψηλών επιδόσεων όπως οι **τομάτες, μελιτζάνες κ.ά.**

Σήμερα, για την ηλιοαπολύμανση του εδάφους χρησιμοποιούνται δυο ειδών πλαστικά κάλυψης: το απλό πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου πάχους 50-75 μm και τα πλαστικά φύλλα τριπλής στρώσης πάχους 32 και 35 μm (βλέπε χημική απολύμανση). Το κόστος της ηλιοαπολύμανσης ανά στρέμμα, όταν χρησιμοποιηθούν απλά φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου και χωρίς να συμπεριληφθούν τα εργατικά ανέρχεται σε 135,00 € περίπου. Αν χρησιμοποιηθεί φύλλο τριπλής στρώσης πάχους 32 μm , το κόστος της ηλιοαπολύμανσης ανέρχεται σε 117,00 €/στρέμμα περίπου, ενώ όταν χρησιμοποιηθούν φύλλα τριπλής στρώσης, πάχους 35 μm , το κόστος ανέρχεται περίπου στα 140,00 €/στρέμμα.

Η ηλιοαπολύμανση είναι μια μέθοδος απλή, εύκολη και φιλική προς το περιβάλλον. Παρόλα όμως αυτά δεν έχει διαδοθεί αρκετά στην Κρήτη, πιθανώς λόγω μη επιμελημένης εφαρμογής της από τους παραγωγούς θερμοκηπιακών καλλιεργειών.

Συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης απολυμαντικού εδάφους (βρωμιούχο μεθύλιο ή metham sodium) έδωσε εξαιρετικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης. Για παράδειγμα συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης metham sodium είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή του *V. dahliae* σε μια εβδομάδα.



Εικόνα 11: Κάλυψη του εδάφους του θερμοκηπίου κατά την ηλιοαπολύμανση.

➤ **Ατμοαπολύμανση**

Η ατμοαπολύμανση βασίζεται στο θερμικό θάνατο του παθογόνου. Η διοχέτευση ζεστού ατμού θερμοκρασίας 100°C, στο έδαφος έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο όλων των μικροοργανισμών που υπάρχουν σε αυτό (παθογόνων και ωφέλιμων). Η θέρμανση του εδάφους, μέχρι βάθους 30 cm μπορεί να το διατηρήσει αμόλυντο για μία τουλάχιστον καλλιεργητική περίοδο, αρκεί να αποφευχθούν οι αναμολύνσεις του. Όμως, σε περίπτωση αναμόλυνσης παρατηρείται ταχεία εξάπλωση του παθογόνου, διότι οι φυσικοί ανταγωνιστές του έχουν καταστραφεί.

Για την ομοιογενέστερη κατανομή του θερμού ατμού εντός του εδάφους και τη διείσδυσή του σε μεγαλύτερο βάθος, συνίσταται η ανάμειξή του με αέρα. Η ανάμειξη μειώνει τη θερμοκρασία του μίγματος, που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα από τους καλλιεργητές, ούτως ώστε η μέθοδος να είναι αποτελεσματική. Αναλογία ατμού: αέρα 1:1 δίνει στο μίγμα θερμοκρασία 82 °C , ενώ αναλογία 2,1:1 και 4,1:1 δίνει στο μίγμα θερμοκρασία 71 °C και 60 °C, αντίστοιχα.

Πριν από την εφαρμογή του ατμού στο έδαφος θα πρέπει να έχει γίνει πότισμα και όργωμά του (να βρίσκεται στο ρώγο του) καθώς και ισοπέδωσή του. Μετά την προετοιμασία του εδάφους, θα πρέπει να ακολουθήσει κάλυψη του με φύλλο διαφανούς πλαστικού PVC, που δεν είναι διαπερατό στον ατμό. Για την αποφυγή διαφυγής του ατμού, το πλαστικό πρέπει να παραχώνεται επιμελώς περιφερειακά μέχρι βάθους 20 cm περίπου.

Η παραγωγή του ατμού γίνεται σε ειδικό λέβητα και η μεταφορά του κάτω από το πλαστικό γίνεται με ειδικό σωλήνα. Ο διοχετευόμενος ατμός φουσκώνει το πλαστικό, και αρχίζει η διείσδυση του ατμού σε βάθος. Η διάρκεια αποστείρωσης εξαρτάται από την απόδοση του λέβητα, τον τύπο του εδάφους και το επιθυμητό βάθος απολύμανσης του εδάφους. Υπολογίζεται πως η παροχή ατμού πρέπει να συνεχισθεί τουλάχιστον 10-12 ώρες για την επίτευξη αποτελεσματικής απολύμανσης του εδάφους.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλες τεχνικές εφαρμογής του ατμού στο έδαφος, όπως: με υπόγειους σωλήνες που δικτυώνουν το έδαφος, με σωληνωτή σβάρνα κ.ά.

Η τεχνική της ατμοαπολύμανσης του εδάφους έχει μεγάλο αρχικό κόστος, είναι δύσκολη στην εφαρμογή της και έχει χαμηλή απόδοση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το αρχικό κόστος μιας απλής μηχανής παραγωγής ατμού ανέρχεται στα 11.740,00 € περίπου. Η μηχανή αυτή χρειάζεται μισή ώρα για να φτάσει τους 60-70 °C και σε διάρκεια μίας ώρας απολυμαίνει περίπου 20 m². Μια πιο σύγχρονη μηχανή παραγωγής ατμού στοιχίζει 29.350,00 € περίπου και σε διάρκεια περίπου 3-4 ημερών απολυμαίνει ένα στρέμμα.

γ) Χημική αντιμετώπιση (χρήση διασυστηματικών μυκητοκτόνων)

Επειδή ο μύκητας *V. dahliae* αναπτύσσεται στα αγγεία του ξύλου των φυτών, η χημική αντιμετώπιση του με διασυστηματικά μυκητοκτόνα

που εφαρμόζονται στο φύλλωμα είναι δυσχερής. Τα σκευάσματα αυτά δεν μπορούν συνήθως να έρθουν σε επαφή με το μύκητα που βρίσκεται στα αγγεία του ξύλου και να τον θανατώσουν. Στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίσωσης είχαν παλαιότερα χρησιμοποιηθεί διασυστηματικά μυκητοκτόνα της ομάδας των βενζιμιδαζολικών (π.χ. benomil, carbendazim) Αυτά αντιμετωπίζουν για μερικές εβδομάδες ή μήνες την ασθένεια και η αποτελεσματικότητά τους σχετιζόταν με την ποιότητα του σκευάσματος. Παρόλα όμως αυτά η χρησιμοποίηση των εν λόγω μυκητοκτόνων έχει σήμερα περιορισθεί ή παύσει λόγω διαφόρων μειονεκτημάτων τους όπως: μειωμένη αποτελεσματικότητα στην αντιμετώπιση της ασθένειας και ανάπτυξη ανθεκτικότητας του μύκητα σε αυτά.

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν διασυστηματικά μυκητοκτόνα που να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τη βερτισιλλίσωση. Γι' αυτό απαιτείται η δημιουργία βελτιωμένων σκευασμάτων που να διαθέτουν επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως κινητικότητα στο έδαφος και μεγάλη σταθερότητα, μετακίνηση από τα φύλλα προς τις ρίζες και δραστηριότητα στο ξύλο, κινητικότητα στο ξύλο και σταθερότητα στις ρίζες. Όμως μέχρι να γίνει αυτό, ο μερικός έλεγχος της ασθένειας θα επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφόρων μυκητοκτόνων περιορισμένου φάσματος δράσης όπως:

- **benomyl**. [Εμπορικά ονόματα: Benazol 50 WP, Banlate 50 WP, Benomyl – Τεχνοφάρμ 50 WP κ.ά.]

Έχει προστατευτική και θεραπευτική δράση. Χρησιμοποιείται με ψεκασμό σε καρπούζι, πεπόνι, αγγούρι, κολοκύθι, τομάτα, πιπεριά, μελιτζάνα και στο φασόλι σε δόση 60 gr/100 lt νερό. Το Benomyl υπάρχει στο εμπόριο σήμερα. Όμως λόγω της απαγόρευσης του έχει παύσει η παραγωγή του από τις περισσότερες εταιρείες αγροχημικών.

- **captan 41% +carbendazim 9%** [Εμπορικό όνομα: Καπαζίμ 50 WP.]

Εφαρμόζεται με ριζοπότισμα σε τομάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, και στα κολοκυνθοειδή σε δόση (62+14) g/100 lt νερό και σε ποσότητα 0,5 lt/φυτό. Θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι περιορισμοί που ισχύουν για το captan δηλαδή ότι δεν συνδιάζεται με πολτούς, γαλακτοποιήσιμα και αλκαλικά σκευάσματα.

- **carbendazim 50%** [Εμπορικά ονόματα: Carbendazim-Ceguisa 50 WP, Carbendazim-Veterin 50 WP, Carbendazim – Υψιλον 50 WP, Derosal 50 WP, Image 50 WP κ.ά.]

Χρησιμοποιείται σε αγγούρι, κολοκύθι, πεπόνι, καρπούζι, μαρούλι και τομάτα στη δόση 60-90 gr/100 lt νερό, α) με ομοιόμορφο πότισμα του εδάφους του σπορείου, με 2-3 lt διαλύματος/m² και β) με διαβροχή του εδάφους κατά τη μεταφύτευση με 1 lt διαλύματος/φυτό.

- **thiophanate methyl 17,5% + thiram 60%** [Εμπορικά ονόματα: Τοράμ 17,5/60 WP και Sporam 17,5/60 WP.]

Η δόση εφαρμογής του είναι 61+210 gr/100 lt. Εφαρμόζεται σε αγγούρι, τομάτα, μελιτζάνα, καρπούζι και πεπόνι με πότισμα του σπορείου πριν τη σπορά ή με την εμφάνιση της ασθένειας με 3-4 lt/m² και με ριζοπότισμα μετά τη μεταφύτευση με 0,2-0,3 lt/φυτό

δ) Αμειψισπορά

Η αμειψισπορά είναι μια μέθοδος αντιμετώπισης ή μείωσης της σοβαρότητας της βερτισιλλίωσης όχι και τόσο αποτελεσματική.

Η ικανότητα του μύκητα να επιβιώνει με τα μικροσκληρώτια για πολλά χρόνια στο έδαφος, απουσία ξενιστών, καθιστά αναποτελεσματικά τα μικρής διάρκειας προγράμματα αμειψισποράς.

Η επιτυχία ενός πολυετούς προγράμματος αμειψισποράς εξαρτάται από πολλούς και διάφορους παράγοντες όπως:

- η ικανότητα επιβίωσης του μύκητα σε ασυμπτωματικούς φορείς
- η ικανότητα παραμονής του μύκητα για πολλά χρόνια στο έδαφος ή σε φυτικά υπολείμματα με τη μορφή μικροσκληρωτίων

- οι εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές φροντίδες
- η πυκνότητα μολύσματος που υπάρχει στο έδαφος
- η ύπαρξη ανταγωνιστικών μικροοργανισμών στο έδαφος που καταστρέφουν ή επισπεύδουν το θάνατο των μικροσκληρωτίων του μύκητα
- οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή όπου γίνεται η καλλιέργεια
- η εποχή καλλιέργειας ενός ευπαθούς φυτικού είδους

Από το παραπάνω συμπεραίνεται ότι η επιτυχία της αμειψισποράς είναι πολύ δύσκολο θέμα. Ακόμα και πολυετή προγράμματα αμειψισποράς, στα οποία περιλαμβάνονται είδη φυτών που δεν είναι ξενιστές του μύκητα, δεν κατάφεραν να εξολοθρέψουν το μύκητα που υπήρχε στο έδαφος.

Θεωρείται ότι το μόλυσμα που παράγεται από μολυσμένες πατάτες θα μπορούσε να μειωθεί σημαντικά ή να ελαχιστοποιηθεί, απουσία πατάτας, συνήθως σε 2-4 χρόνια. Το μόλυσμα που υπάρχει στα στελέχη της πατάτας επιβιώνει για περίοδο 14-17 μηνών στον αγρό, όμως 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 στα προσβλημένα στελέχη της πατάτας. Αμειψισπορές μέχρι πέντε χρόνων έχουν αποδειχθεί μη αποτελεσματικές στην καταστολή της βερτισιλλίωσης στη πατάτα. Σε αμειψισπορές, όπου μετά την πατάτα καλλιεργήθηκαν ανθεκτικά είδη φυτών, βρέθηκε ότι το 4% του αχικού πλυθησμού των μικροσκληρωτίων παρέμενε ζωντανό στο έδαφος μετά από 7 χρόνια αμειψισποράς.

Σε περιοχές καλλιέργειας υπαίθριων λαχανικών και όπου έχει εμφανιστεί η φυλή 2 του μύκητα, θα πρέπει στην αμειψισπορά να περιλαμβάνονται είδη φυτών που δεν προσβάλλονται συχνά από το μύκητα ή είναι ασυμπτωματικά και ανήκουν στις οικογένειες:

Asteraceae (μαρούλι, ραδίκι και αντίδι), Apiaceae (άνηθος, καρότο, σέλινο και μαϊντανός), Brassicaceae (λάχανο, μπρόκολο και κουνουπίδι), Chenopodiaceae (παζάρι), Fabaceae (φασόλι, μπιζέλι, κουκί, ρεβίθι, μηδική, τριφύλλι), Cucurbitaceae (κολοκυθιά και κολοκύθα) και Poaceae (αραβόσιτος, σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, σόργο) κ.ά, τα οποία θα εναλλάσσονται με είδη που προσβάλλονται συχνότερα και ανήκουν σε διάφορες οικογένειες, όπως η Solanaceae (ανεκτικές ποικιλίες πατάτας και ανθεκτικές ποικιλίες τομάτας) Cucurbitaceae (αγγουριά, ξυλαγγουριά, πεπονιά, καρπούζια), Chenopodiaceae (σπανάκι), Brassicaceae (ραπάνι) κ.ά. Τα είδη που προσβάλλονται σπανιότερα θα πρέπει να έπονται των ειδών που προσβάλλονται συχνότερα.

Σε περιοχές που δεν έχει εντοπισθεί η φυλή 2 του *V. dahliae*, θα πρέπει να εφαρμοστούν όμοια με τα παραπάνω προγράμματα αμειψισποράς, τα οποία θα διαφέρουν μόνο ως προς την καλλιέργεια ευπαθών ποικιλιών και υβριδίων τομάτας (Ve^-) για να μην αυξηθεί η πίεση επιλογής (selection pressure) που πιθανώς να έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση της φυλής 2 του μύκητα στις περιοχές αυτές.

Έχει αναφερθεί ότι αμειψισπορά **σολιανοδών** με σιτηρά, μπιζέλι και καρότο είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση προσβολής τους από το μύκητα. Στη **μελιτζάνα** συνιστώνται πολυετείς αμειψισπορές και αποφυγή καλλιέργειάς της μετά από ευπαθή είδη φυτών.

ε) Εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων

Με την εφαρμογή διάφορων καλλιεργητικών φροντίδων (λίπανση, άρδευση, ζιζανιοκτονία, νηματωδοκτονία, απομάκρυνση και καταστροφή με φωτιά των υπολειμμάτων των φυτών, καλλιέργεια εδάφους κ.τ.λ.) επιτυγχάνεται η ελάττωση της προσβολής και η μείωση της σοβαρότητας της βερτισιλλίωσης.

Η λίπανση των καλλιεργειών πρέπει να είναι ισορροπημένη και να αποφεύγεται εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων αζώτου. Έχει

διαπιστωθεί αρνητική συσχέτιση μεταξύ της διαθεσιμότητας του αζώτου και της προσβολής και σοβαρότητας της βερτισιλλίωσης στην τομάτα. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε άζωτο του μέσου ανάπτυξης του μύκητα, αυξάνει την ικανότητά του να διεισδύει στις ρίζες των φυτών καθώς και την παθογόνο ικανότητά του. Έχει διαπιστωθεί ότι με προσθήκη διαφόρων εδαφοβελτιωτικών σε μολυσμένο έδαφος, μειώνεται η συχνότητα της βερτισιλλίωσης σε αυτό. Προσθήκη σε αγρό, στον οποίο θα γινόταν καλλιέργεια κουνουπιδιού, οργανικών εδαφοβελτιωτικών (υπολείμματα μπρόκολου), μείωσαν τον αριθμό των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* στο έδαφος καθώς και την προσβολή του κουνουπιδιού από την ασθένεια. Γενικά, τα εδαφοβελτιωτικά σταυρανθών και η χητίνη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθούν στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης σε διάφορες καλλιέργειες.

Ενσωμάτωση στο έδαφος χλωρής λίπανσης αραβόσιτου (*Zea mays* L.), βρώμης (*Avena sativa* L.), κριθαριού (*Hordeum sativum* L.), μπιζελιού (*Pisum sativum* L.), γογγυλιού (*Brassica rapa* L.) και σόργου του Σουδάν (*Sorghum vulgare* L. var. *sudanense* L.) έχει διαπιστωθεί ότι καταστέλλουν τη βερτισιλλίωση της πατάτας λόγω αλλαγής στη δραστηριότητα και τη σύνθεση της μικροχλωρίδας του εδάφους. Το σόργο του Σουδάν είναι η αποτελεσματικότερη χλωρή λίπανση, όσον αφορά στη μείωση του αριθμού προσβολών των ριζών και του πληθυσμού του *V. dahliae* στο έδαφος. Επίσης, ενσωμάτωση χλωρής λίπανσης κριθαριού στο έδαφος, είχε ως αποτέλεσμα μείωση του μολύσματος που υπήρχε σε αυτό.

Έχει αναφερθεί ότι υπολείμματα μηδικής και βρώμης που προστέθηκαν στο έδαφος, προκάλεσαν μεγαλύτερη μείωση του αριθμού των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* μετά από 12 εβδομάδες, απ'ό,τι υπολείμματα γογγυλιού.

Η ποσότητα του εφαρμοζόμενου νερού άρδευσης καθώς επίσης και **ο τρόπος άρδευσης** παίζουν ρόλο στην εξάπλωση και την ανάπτυξη της ασθένειας.

Η άρδευση των αγρών με αυλάκια αποτελεί ένα εύκολο τρόπο μεταφοράς του μολύσματος (μικροσκληρωτίων) από μολυσμένους αγρούς σε υγιείς ή από μολυσμένα σημεία σε αμόλυντα του ίδιου αγρού. Το νερό διερχόμενο από μολυσμένες περιοχές του αγρού, παρασύρει και μεταφέρει αναπαραγωγικές μονάδες του μύκητα σε περιοχές που δεν είναι μολυσμένες.

Η ποσότητα του νερού που εφαρμόζεται στο έδαφος επηρεάζει την ανάπτυξη του μύκητα. Σε εδάφη με αυξημένη υγρασία, η σοβαρότητα της ασθένειας ήταν μεγαλύτερη απ' ό,τι σε εδάφη με μέτρια ή λίγη υγρασία. Έχει αναφερθεί ότι η συχνότητα και η σοβαρότητα της βερτισιλλίωσης του κουνουπιδιού ήταν σημαντικά χαμηλότερη σε συνθήκες μειωμένης άρδευσης απ' ό,τι σε μέτρια ή υπερβολική άρδευση.

Σε περιπτώσεις όμως που η άρδευση είναι υπερβολική και συντελεί στην αναεροβίωση του εδάφους, παρατηρείται καταστροφή των μικροσκληρωτίων του μύκητα λόγω έλλειψης οξυγόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης στους κατακλυζόμενους αγρούς.

Η ζιζανιοκτονία θα πρέπει να γίνεται έγκαιρα και αποτελεσματικά. Σε μολυσμένους αγρούς θα πρέπει να γίνεται καταστροφή των ζιζανίων στα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους για να μην αποτελέσουν εστίες περαιτέρω μόλυνσης. Επειδή πολλά από τα αυτοφυή φυτά είναι ευπαθείς ξενιστές του *V. dahliae* και επειδή ο μύκητας μεταφέρεται με το σπόρο ορισμένων αυτοφυών φυτών, θα πρέπει να γίνεται έγκαιρη και επιμελημένη καταστροφή τους μόλις εμφανισθούν στους αμόλυντους αγρούς. Η καταστροφή των ζιζανίων πρέπει να γίνεται: είτε με επιμελημένο βοτάνισμα, σκάψιμο, φρεζάρισμα κ.λπ. του εδάφους είτε με χρησιμοποίηση των κατάλληλων χημικών σκευασμάτων

(ζιζανιοκτόνα). Σε καλλιέργειες με επιφανειακό ριζικό σύστημα, συνιστάται η καταστροφή των ζιζανίων να γίνεται με χημικά σκευάσματα, επειδή η άροση ή το φρεζάρισμα προκαλούν πληγές στο ριζικό σύστημα των φυτών που αποτελούν πύλες εισόδου του παθογόνου.

Τα προσβεβλημένα φυτά καθώς και τα υπολείμματα των ευπαθών καλλιεργειών, όπως η πατάτα, η τομάτα και η μελιτζάνα, θα πρέπει να απομακρύνονται από τον αγρό και να καταστρέφονται με φωτιά, για να μην αυξάνεται η ποσότητα του μολύσματος του μύκητα που υπάρχει στο έδαφος.

Η νηματοδοκτονία θα πρέπει να γίνεται έγκαιρα και επιμελημένα. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα σε κάθε περίπτωση χημικά σκευάσματα, ώστε να γίνεται αποτελεσματική καταπολέμηση των φυτοπαθογόνων νηματωδών του εδάφους.

στ) Χρησιμοποίηση βιολογικών παραγόντων

Οι τάσεις που επικρατούν στον τομέα της γεωργίας σήμερα, είναι η παραγωγή γεωργικών προϊόντων με την ελάχιστη ή καθόλου επιβάρυνση χημικών ουσιών. Με αυτό ως γνώμονα αλλά και το ότι δεν υπάρχουν αποτελεσματικά χημικά σκευάσματα για την καταπολέμηση της βερτισιλλίωσης, ή χρήση βιολογικών εχθρών θα πρέπει να γίνει στο μέλλον ο κηριότερος τρόπος καταπολέμησης της ασθένειας.

Με τη χρήση βιολογικών παραγόντων επιδιώκεται η μείωση της πυκνότητας του μολύσματος ή της δραστηριότητας ενός ή περισσότερων παθογόνων που υπάρχουν στο έδαφος.

Για να είναι αποτελεσματική η χρήση ενός βιολογικού παράγοντα απαιτούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- α) να έχει ικανότητα άφθονης παραγωγής σπορίων
- β) να έχει ανθεκτικότητα στους άλλους ανταγωνιστές

γ) να έχει ταχεία βλάστηση, ανάπτυξη και πλεονεκτική κατάληψη του διατιθέμενου θρεπτικού υλικού

δ) να παράγει ενδεχομένως εύκολα, αντιβιοτικά ευρέως φάσματος δράσης

ε) να εισέρχεται στη φάση της διάπαυσης πολύ αργότερα από τον ανταγωνιζόμενο μικροοργανισμό

στ) να μπορεί να προσαρμόζεται καλύτερα σε αντίξοες συνθήκες διατροφής και ανάπτυξης και

ζ) να είναι δυνατή ευχερώς η μαζική αναπαραγωγή του.

Οι σπουδαιότεροι βιολογικοί παράγοντες αντιμετώπισης φυτοπαθογόνων ειδών του γένους *Verticillium* είναι:

- Ανταγωνιστές μύκητες που επηρεάζουν την επιβίωση των μικροσκληρωτίων, τα οποία έχουν ήδη εξασθενήσει από την ηλιοαπολύμανση ή την χημική απολύμανση του εδάφους.
- Ανταγωνιστές μύκητες ή βακτήρια που εμποδίζουν την προσβολή των φυτών από τα μικροσκληρώτια τα οποία βλαστάνουν στο έδαφος.

Ένας πολλά υποσχόμενος παράγοντας βιολογικής αντιμετώπισης του *V. dahliae* είναι ο μύκητας *Talaromyces flavus* (ατελής μορφή *Penicillium dangeardii*, συν. *P. vermiculatum*). Ο μύκητας ανήκει στην κλάση των Ασκομυκήτων και είναι ευρύτατα διαδεδομένος στις εύκρατες περιοχές του κόσμου. Ο *T. flavus* είναι εδαφογενής μύκητας. Είναι ανταγωνιστής του *V. dahliae* και έχει διαπιστωθεί ότι καταστέλλει τη βερτισιλλίωση της **τομάτας** και **μελιτζάνας**.

Οι μηχανισμοί βιολογικής αντιμετώπισης του *V. dahliae* από τον *T. flavus* περιλαμβάνουν: ανταγωνισμό, παρασιτισμό και αντιβίωση. Έχει αναφερθεί ότι απομονώσεις του *T. flavus* παράγουν τέσσερα αντιβιοτικά και ένα μεταβολίτη που επιβραδύνει την *in vitro* γραμμική ανάπτυξη και σκοτώνει τα μικροσκληρώτια του *V. dahliae*. Ο *T. flavus* αποτελεί ένα δυναμικό ανταγωνιστή του *V. dahliae* επειδή είναι ικανός να αποικίζει την ριζόσφαιρα διαφόρων ξενιστών του παθογόνου και να παρεμποδίζει

τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων του ή να προκαλεί την νέκρωσή τους. Επίσης, ο μύκητας αποικίζει τα άκρα των ριζών των φυτών εμποδίζοντας έτσι την εγκατάσταση του σε αυτά.

Η εταιρεία "PROPHYTA GmbH" δημιούργησε και κυκλοφόρησε ένα σκεύασμα που περιέχει ασκοσπόρια του *T. flavus* και χρησιμοποιείται στην αντιμετώπιση του *V. dahliae*. Η Zeise (1997) προσπάθησε να τυποποιήσει σε σκεύασμα τρία στελέχη του *T. flavus*, χρησιμοποιώντας ασκοσπόρια τους σύμφωνα με την τεχνική του Kersten (1997). Το σκεύασμα εφαρμόστηκε, *in vivo*, πριν από τη φύτευση της **τομάτας** και μερικών **άλλων κηπευτικών** στα υποστρώματα ανάπτυξής τους. Διαπιστώθηκε ότι η παραγωγή τομάτας ήταν σημαντικά μεγαλύτερη, παρόλο που δεν παρατηρήθηκε μείωση της έντασης των συμπτωμάτων της ασθένειας. Το σκεύασμα δοκιμάστηκε επίσης με ενσωμάτωση σε φυτικά μολυσμένο έδαφος πριν από τη φύτευση της **ελαιοκράμβης** (*Brassica napus* L. *ssp. oleifera*) και συντέλεσε σε σημαντικά μεγαλύτερο ξηρό βάρος των φυτών και μειωμένο αποικισμό τους από το *V. dahliae*.

Ο *T. flavus* μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιολογικός εχθρός του *V. dahliae* σε καλλιέργειες λαχανικών με δύο τρόπους:

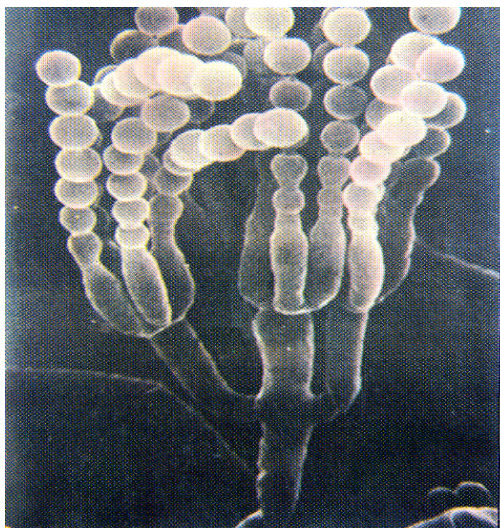
- Με εμφύτευση των ριζών των φυτών, πριν από την φύτευσή τους σε αιώρημα που περιέχει τα ασκοσπόρια του μύκητα. Έχει αναφερθεί ότι εμφύτευση των ριζών **μελιτζάνας** πριν από τη φύτευσή τους σε αιώρημα ασκοσπορίων του *T. flavus* μείωσε την προσβολή των φυτών από το *V. dahliae* και συντέλεσε σε αύξηση της παραγωγής τους, που ήταν ανάλογη της παραγωγής σε απολυμασμένο έδαφος.
- Με εγκατάσταση του *T. flavus* στην ζώνη επιμήκυνσης των ριζών. Έχει αναφερθεί ότι ο μύκητας αποικίζει κατά προτίμηση τα άκρα της ρίζας ξενιστών της οικογένειας **Solanaceae** απ' ό,τι το έδαφος της ριζόσφαιρας ή της ριζικής επιφάνειας. Το ποσοστό των μικροσκληρωτίων τα οποία βλάστησαν στο επίπεδο της άκρης της ρίζας

φυτών **μελιτζάνας** που αναπτύσσονταν σε γλάστρες, μειώθηκε κατά 15-40% παρουσία του *T. flavus* σε σχέση με τα μικροσκληρώτια στις ρίζες των φυτών στα οποία δεν είχε γίνει εφαρμογή του.

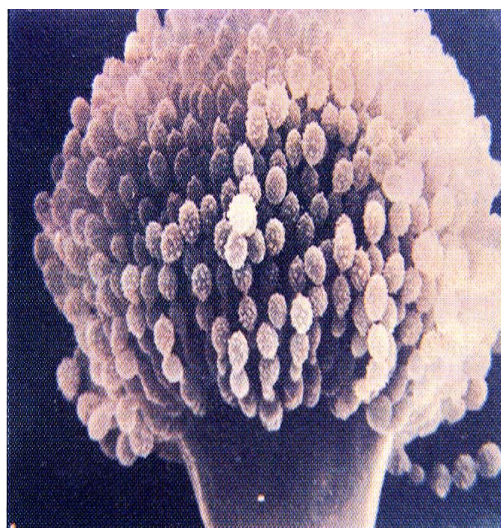
Η δράση του *T. flavus* εναντίον του *V. dahliae* θα ήταν πιο αποτελεσματική αν μαζί με την εφαρμογή του μύκητα συνδυαζόταν και ηλιοαπολύμανση ή μειωμένη δόση απολυμαντικού. Έχει αποδειχτεί ότι ο *T. flavus* όχι μόνο επιβίωσε σε καλλιέργειες **αγκινάρας** που είχε γίνει ηλιοαπολύμανση αλλά και αυξήθηκε αριθμητικά, πράγμα που αποδεικνύει τη δυνατότητα συνδυασμένης εφαρμογής της ηλιοαπολύμανσης και του ανταγωνιστή στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης διαφόρων λαχανικών.

Εκτός από το *T. flavus*, έχουν αναφερθεί και άλλοι μύκητες για την αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης. Ο *Trichoderma viride* και ο *Penicillium chrysogenum* (Εικόνα 12) χρησιμοποιήθηκαν στην **τομάτα** με εμφύτευση των ριζών της σε διήθημά τους και αντιμετώπισαν αποτελεσματικά το *V. albo-atrum*.

Διάφοροι ανταγωνιστές μύκητες, όπως οι *Trichoderma lignorum*, *Aspergillus fumigatus* (Εικόνα 13) και *Gliocladium roseum* μείωσαν τη συχνότητα της βερτισιλλίωσης στη **μελιτζάνα**. Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι ο μύκητας *Paecilomyces lilanicus* μείωσε τον αριθμό των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* που υπάρχουν στο έδαφος.



Εικόνα 12: *Penicillium chrysogenum*, ανταγωνιστής μύκητας του *V. dahliae*.



Εικόνα13: *Aspergillus fumigatus*, ανταγωνιστής μύκητας του *V. dahliae*.

Εκτός των μυκήτων που έχει διαπιστωθεί ότι αντιμετωπίζουν τη βερτισιλλίωση, διάφορα βακτήρια της ριζόσφαιρας και της ενδοριζόσφαιρας έχουν την ικανότητα αυτή. Είδη των γενών: *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Clucobacterium*, *Bacillus* και *Streptomyces* καθώς επίσης και είδη που δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο, των γενών *Azotobacter* και *Azotomonas* βρέθηκε *in vitro* ότι είναι ανταγωνιστές του *V. dahliae*. Οι *Actinobacillus ligniersii*, *Comamonas acidovorans*, *Enterobacter intermedius*, *Paenibacillus macerans*, *Serratia grimessii*, *Sphingobacterium heparinum*, *Stenotrophomonas maltophilia* και *Yersinia frederiksenii* είναι ανταγωνιστές του *V. dahliae* και θα πρέπει να αξιολογηθούν ως βιολογικοί παράγοντες αντιμετώπισής του. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα είδη του γένους *Bacillus* ήταν τα μόνα επικρατούντα Gram⁺ βακτήρια που διαπιστώθηκε ότι επιβιώνουν της ηλιοαπολύμανσης του εδάφους.

Δύο είδη του γένους *Bacillus* της ενδοριζόσφαιρας τα K 165 και 5-127, τα οποία έχουν αποτελεσματική επίδραση στη μείωση της ανάπτυξης των συμπτωμάτων που οφείλονται στο *V. dahliae*, βρέθηκε ότι μπορούν να καταλαμβάνουν τη ριζόσφαιρα και να αναπτύσσονται ενδοφυτικά, σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες **μελιτζάνας** και άλλων

ειδών της οικογένειας **Solanaceae**. Ένα είδος του γένους *Bacillus*, το K-158 που απομονώθηκε από την ενδοριζόσφαιρα του άκρου της ρίζας τομάτας, εφαρμόστηκε ως αιώρημα στη διαβροχή του εδάφους και μείωσε τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων του μύκητα κατά 50-60%.

Παρόλα όμως αυτά, η βιολογική αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης δεν έχει ακόμα εφαρμοστεί πρακτικά στη χώρα μας, επειδή αφενός υπάρχουν ελάχιστα βιολογικά σκευάσματα διαθέσιμα στην αγορά και αφετέρου επειδή η αποτελεσματικότητά τους είναι μικρή.

Στη χώρα μας, η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης επιτυγχάνεται :

α) **στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες:** με απολύμανση εδάφους, με χημικά απολυμαντικά ευρέως φάσματος (κυρίως βρωμιούχο μεθύλιο) ή συνδυασμό ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης χημικού απολυμαντικού, καθώς επίσης με χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών και υβριδίων και με εφαρμογή των ενδεικνυόμενων καλλιεργητικών φροντίδων και

β) **στις υπαίθριες καλλιέργειες:** με χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών και υβριδίων (κυρίως στην τομάτα) και με εφαρμογή των ενδεικνυόμενων καλλιεργητικών φροντίδων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexopoulos, C.J. 1962. Introductory Mycology. John Wiley & Sons, New York. 13+xviii pp.
- Alexopoulos, C.J. and C.W. Mims. 1979. Introductory Mycology. 3rd Ed. John Wiley & Sons, New York. 632+viii pp.
- Alexopoulos, C.J., C.W. Mims, and M. Blackwell. 1996. Introductory Mycology. 4rd Ed. John Wiley & Sons, New York. 869+vii pp.
- Ashworth, L.J.Jr., O.C. Huisman, D.M. Harper, and L.K. Stromberg. 1979b. Verticillium wilt disease of tomato: Influence of inoculum density and root extension upon disease severity. *Phytopathology* 69: 490-492.
- Ashworth, L.J.Jr., J.F. Walters, A.G. George, and O.D. McCuchean. 1972a. Assessment of microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* in field soils. *Phytopathology* 62: 715-719.
- Ashworth, L.J.Jr., and G. Zimmerman. 1976. Verticillium wilt of the pistachio nut tree: Occurrence in California and control by soil fumigation. *Phytopathology* 66: 1449-1451.
- Βακαλουνάκης, Δ.Ι., και Φραγκιαδάκης, Γ.Α., 2003. Φυτοπαθοβελτίωση με έμφαση στη τομάτα & τα κολοκυθθοειδή. Εκδόσεις Τυποκρέτα Α.Ε. σελ. 315-316 και 367-369.
- Basu. P.K. 1961. Verticillium disease of strawberries. *Can. J. Bot.* 39: 165-196. (In Rev. Appl. Mycol. 40: 480, 1961).
- Beckman, C.H. 1971. The plasticizing of plant cell walls and tylose formation-a model. *Physiol. Plant Pathol.* 1: 1-10.
- Beckman, C.H. 1984. Modelling the succession of host-parasite interactions in vascular disease of plants. *Phytopath. medit.* 23: 109-129.
- Bell, A.A., and J.T. Presley. 1969a. Temperature effects on resistance and phytoalexin synthesis in cotton inoculated with *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 59: 1141-1146.
- Bell, A.A., and J.T. Presley. 1969b. Heat-inhibited or heat-killed conidia of *Verticillium albo-atrum* induce disease resistance and phytoalexin synthesis in cotton. *Phytopathology* 59: 1147-1151.
- Berkeley, G.H., G.O. Madden, and R.S. Willison. 1931. Verticillium wilts in Ontario. *Sci. Agr.* 11: 739-759. [Αναφερόμενοι από Isaac (1967), βλέπε παρακάτω].
- Berry, S.Z., and C.A. Thomas. 1961. Influence of soil temperature, isolates and method of inoculation on resistance of mint to Verticillium wilt. *Phytopathology* 51: 169-174.
- Besri, M. 1989. La verticilliose de la tomate cultivee sous abris plastique au Maroc. *Acta Horticulturae* 287: 355-360.
- Bewley, W.F. 1922. «Sleepy disease» of tomato. *Ann. Appl. Boil.* 9: 116-133. [Αναφερόμενος από Isaac, 1946; Selman & buckley (1959), Blackhurst (1963), Schnathorst (1973) και Robb *et al.* (1979; 1982), βλέπε παρακάτω].
- Blackhurst, F.M. 1963. Induction of Verticillium wilt disease symptoms in detached shoots of resistant and susceptible tomato plants. *Ann. Appl. Biol.* 52: 79-88.
- Blackhurst, F.M., and R.K.S. Wood. 1964. Verticillium wilt of tomatoes-further experiences on the role of pectic and cellulolytic enzymes. *Ann. Appl. Boil.* 52: 89-96.
- Brandt, W.H. 1964. Morphogenesis in *Verticillium*: effects of light and ultraviolet radiator on microsclerotia and melanin. *Can. J. Bot.* 42: 2017-2023.
- Brinkerhoff, L.A. 1969. The influence of temperature, aeration and soil microflora on microsclerotial development of *Verticillium albo-atrum* in abscised cotton leaves. *Phytopathology* 59: 805-808.
- Brinkerhoff, L.A. 1973a. Effects of environment on the pathogen and the disease. Pages 78-79 in: *Verticillium Wilt of Cotton*. Proc. Work Conf., Aug. 30 – Sept. 1, 1971, National Cotton Pathol. Research Lab., College Stn, Texas.

- Brown, F.H., and A.B. Wiles. 1970. Reaction of certain cultivars and weeds to a pathogenic isolate of *Verticillium albo-atrum* from cotton. *Plant Dis. Rep.* 54: 508-512.
- Buchner, V., A. Nachmias, and Y. Bustein. 1982. Isolation and partial characterization of a phytotoxic glycopeptide from a protein-lipopolysaccharide complex produced by a potato isolate of *Verticillium dahliae*. *FEBS Letters* 138: 261-264.
- Campbell, W.P., and D.A. Griffiths. 1973. Pathogenicity of *Verticillium dahliae* to potato in Victoria, Australia. *Plant Dis. Rep.* 57: 735-738.
- Caroselli, N.E., A. Mahadevan, and B. Guha Mozumber. 1964. The effect of light quality on the growth and microsclerotial production of *Verticillium albo-atrum*. *Plant Dis. Rep.* 48: 484-486.
- Carr, A.J.H. 1971. The role of wilt toxins produced by the Lucerne strain of *Verticillium albo-atrum*. (Abstr.) Page 41 in: *Proc. 1st Internl Symposium*. Sept. 19-23, Wye College, Ashford, Kent, England.
- Chirsten, A.A. 1982B. Demonstration of *Verticillium albo-atrum* within alfalfa seed. *Phytopathology* 72: 412-414.
- Cirulli, M., M. Amenduni, and F. Ciccarese. 1997. Resistance to *Verticillium* wilt in eggplant. (Abstr.) Page 42 in: *Abstr. 7th Internl Verticillium Symposium*, Oct. 6-10, Athens, Greece.
- Cooper, R.M. 1976. The role of cell-wall degrading enzymes in *Verticillium* wilt of tomato. (Abstr.) Page 13 in: *Proc. 2nd Internl Verticillium Symposium*, Sept. 7-10, University of California, Berkeley, CA.
- Cooper, R.M., and R.K.S. Wood. 1974. Scanning electron microscopy of *Verticillium albo-atrum* in xylem vessels of tomato plants. *Physiol. Plant Pathol.* 4: 443-446.
- Cox, R.S. 1956. *Verticillium* wilt of eggplant in south Florida. *Plant Dis. Rep.* 40: 583.
- Davis, J.R. 1985. Approaches to control of potato early dying caused by *Verticillium dahliae*. *Am. Potato J.* 62: 177-185.
- Davis, J.R., and D.O. Everson. 1986. Relation of *Verticillium dahliae* in soil and potato tissue, irrigation method, and N-fertility to *Verticillium* wilt of potato. *Phytopathology* 76: 730-736.
- Davis, J.R., and G.M. MacMaster. 1979. Irrigation and nutritional relationships associated with *Verticillium* wilt of Russet Burbank potato. (Abstr.) *Phytopathology* 69: 915.
- Denby, L.G., and Wooliams. 1962. The development of *Verticillium* resistant strains of established tomato varieties. *Can. J. Plant Sci.* 42: 681-685.
- Devaux, A.L., and W.E. Sackston. 1966. Taxonomy of *Verticillium* species causing wilt of horticultural crops in Quebec. *Can. J. Bot.* 44: 803-811.
- DeVay, J.E., L.L. Forrester, R.H. Garber, and E.J. Butterfield. 1974. Characteristics and concentration of propagules of *Verticillium dahliae* in air-dried field soils in relation to the prevalence of *Verticillium* wilt in cotton. *Phytopathology* 64: 22-29.
- Dimond, A.E. 1970. Biophysics and biochemistry of the vascular wilt syndrome. *Annu. Rev. Phytopathol.* 8: 301-322.
- Dixon, G.R., and G.F. Pegg. 1969. Hyphal lysis and tylose formation in tomato cultivars by *Verticillium albo-atrum*. *Trans.Br. mycol. Soc.* 53: 109-118.
- Easton, G.D. 1967. The number of *Verticillium* propagules in field soils in Washington. (Abstr.) *Phytopathology* 57: 1004.
- Easton, G.D., M.E. Nagle, and D.L. Bailey. 1969. A method of estimating *Verticillium albo-atrum* propagules in field soil and irrigation waste water. *Phytopathology* 50: 1171-1172.
- Easton, G.D., M.E. Nagle, and D.L. Bailey. 1972a. *Verticillium albo-atrum* carried by certified seed potatoes into Washington and control by chemicals. *Am. Potato J.* 49: 397-402.
- Easton, G.D., M.E. Nagle, and D.L. Bailey. 1972b. Effect of annual soil fumigation and preharvest vine burning on *Verticillium* wilt of potato. *Phytopathology* 62: 520-524.

- Easton, G.D., M.E. Nagle, and D.L. Bailey. 1974. Fumigants rates and application methods affecting *Verticillium* wilt incidence and potato yield. *Am. Potato* 51: 71-77.
- Easton, G.D., M.E. Nagle, and D.L. Bailey. 1975. Residual effect of soil fumigation with vine burning on control of *Verticillium* wilt of potato. *Phytopathology* 65: 1419-1422.
- Easton, G.D., M.E. Nagle, and M.D. Seymour. 1992. Potato production and incidence of *Verticillium dahliae* following rotation to nonhost crops and soil fumigation in the state of Washington. *An. Potato J.* 69: 489-502.
- Edgington, L.V., and P.E. Waggoner. 1965. Cool weather in 1964 in Connecticut favored potato wilt by non-microsclerotial *Verticillium*. (Abstr.) *Phytopathology* 55: 128.
- Elena, K., and E.J. Paplomatas. 1998. Vegetative compatibility groups within *Verticillium dahliae* isolates from different hosts in Greece. *Plant Pathol.* 47: 635-640.
- Elenkov, E. 1954. [Morphological changes in sweet peppers affected by *Verticillium* wilt]. *Bull. Plant Prot., Sofia*, 6: 39-41. (In: *Rev. Appl. Mycol.* 37: 435, 1958).
- El-Zik, K.M. 1985. Integrated control of *Verticillium* wilt of cotton. *Plant Dis.* 69: 1025-1032.
- Emmatty, D.A., and R.J. Green Jr. 1969. Fungistasis and the behavior of the microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* in soil. *Phytopathology* 57: 810-811.
- Engelhard, A.W. 1957. Host index of *Verticillium albo-atrum* Reinke and Berth. (including *Verticillium dahliae* Kleb). *Plant. Dis. Rep., Suppl.* 244: 23-49.
- Evans, G. 1968. Infection of *Xanthium pungens* by seed borne *Verticillium dahliae*. *Plant Dis. Rep.* 52: 976-978.
- Evans, G. 1968. Influence of weed hosts on the ecology of *Verticillium dahliae* in newly cultivated areas of the Namoi Valley, New South Wales. *Ann. Appl. Biol.* 67: 169-175.
- Evans, G. and A.C. Gleeson. 1973. Observations on the origin and nature of *Verticillium dahliae* colonizing plant roots. *Aust. J. boil. Sci.*, 26: 151-161.
- Evans, G. and C.D. McKeen. 1973. The influence of crops on soil populations of *Verticillium dahliae* and the epidemiology of wilt in Southern Ontario. (Abstr.) No. 1067 in: *Proc. 2nd Internl Congr. Plant Pathol.* Sept. 5-12 Minneapolis, Minn.
- Evans, G. and C.D. McKeen. 1975. A strain of *Verticillium dahliae* pathogenic to sweet pepper in southwestern Ontario. *Can. J. Plant Sci.* 55: 857-859. (In *Rev. Plant Pathol.* 55: 1000, 1976).
- Evans G., W.C. Snyder, and S. Wilhelm. 1996. Inoculum increase of the *Verticillium* wilt fungus in cotton. *Phytopathology* 56: 590-594.
- Evans, G., S. Wilhelm, and W.C. Snyder. 1967. Quantitative studies by plate count of propagules of the *Verticillium* wilt fungus in cotton field soil. *Phytopathology* 57: 590-594.
- Farley, J.D., S. Wilhelm, and W.C. Snyder. 1971. Repeated germination and sporulation of microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* in soil. *Phytopathology* 61: 260-264.
- Fletcher, J.T. 1984. *Diseases of Greenhouse Plants*. Longman, ed. London & New York, pp. 351.
- Fordyce, C.Jr. 1963. Studies of the mechanisms of variation of *Verticillium albo-atrum*. Rke & Berth. *Diss. Abstr.*, 23: 3584.
- Fordyce, C.Jr., and R.J. Gree, Jr. 1964. Mechanisms of variation in *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 54: 795-798.
- Fravel, D.R. 1989. Biocontrol of *Verticillium* wilt of eggplant and potato. In: *Vascular Wilt Diseases of Plants*. E.C. Tjamos and C.H. Beckman, eds. NATO ASI Series, Vol. H28: 487-492. Springer-Verlag, 590 pp.
- Frieberstrauer, G.E., and J.E. DeVay. 1982. Differential effects of the defoliating and nondefoliating pathotypes of *Verticillium dahliae* upon the growth and development of *Gossypium hirsutum*. *Phytopathology* 72: 872-877.
- Garrett, S.D. 1944. *Root Disease Fungi*. (Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., p. 177). [Αναφερόμενος από Isaac (1967), βλέπε παρακάτω].

- Garrett, S.D. 1950. Ecology of the root-inhabiting fungi. *Boil. Rev. Cambridge Phil. Soc.* 25: 220-254. [Αναφερόμενος από Isaac (1967), βλέπε παρακάτω].
- Gent, M.P., F.J. Ferrandino, and W.H. Elmer. 1995. Effect of *Verticillium* wilt on gas exchange of entire eggplants. *Can. J. Bot.* 73: 557-565.
- Γιαννοπολίτης, Κ.Ν. 1997. Οδηγός γεωργικών φαρμάκων. Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε. σελ. 11-59.
- Green, R.J. 1951. Studies on the host range of the *Verticillium* that causes wilt of *Metha piperita* L. *Science*, 113: 207-208.
- Green, R.J. 1954. A preliminary investigation of toxins produced *in vitro* by *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 48: 319-326.
- Green, R.J. Jr. 1967. Control of *Verticillium* wilt of peppermint by crop rotation sequences. *Plant Dis. Rep.* 51: 449-453.
- Green, R.J. Jr. 1969. Survival and inoculum potential of conidia and microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* in soil. *Phytopathology* 59: 874-876.
- Green, R.J. Jr. 1977. Alteration of pathogenicity of *Verticillium dahliae* from *Mentha* sp. Under field conditions. *Plants Dis. Rep.* 61: 373-374.
- Green, R.J. Jr. 1980. Soil factors affecting survival of microsclerotia of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 70: 353-355.
- Griffiths, D.A., and W.P. Campell. 1971. The fine structure of resting mycelium of *Verticillium albo-atrum* R. & B. *Can. J. Microbiol.* 17: 1533-1535.
- Griffiths, D.A., and I. Isaac. 1963a. Reaction of tomato leaves to species of *Verticillium*. *Ann. Appl. Biol.* 51: 231-236.
- Griffiths, D.A., and I. Isaac. 1963b. Wilt of lupin and sunflower caused by species of *Verticillium*. *Hort. Res.*, 2: 104. [Αναφερόμενος από Griffiths & Isaac (1966), βλέπε παρακάτω].
- Grogan, R.G., N. Ioannou, R.W. Schneider, M.A. Sall, and K.A. Kimble. 1979. *Verticillium* wilt on resistant tomato cultivars in California : Virulence of isolates from plant and soil and relationship of inoculum density to disease incidence. *Phytopathology* 69: 1176-1180.
- Guthrie, J.W. 1960. Weed hosts. In: Early dying (*Verticillium* wilt) of potatos in Idaho. *Idaho Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* 45: 17-19. [Αναφερόμενος από Oshima *et al.* (1963), βλέπε παρακάτω].
- Hagiwara, H. 1990. Differentiation of the pathogenicity of *Verticillium dahliae* in Japan. *Plant Prot.* 44: 299-303 (In Japanese). [Αναφερόμενος από Koike *et al.* (1996), βλέπε παρακάτω].
- Halisky, P.M., R.H. Garber, and W.C. Schnathorst. 1959. Influence of soil temperature on *Verticillium* harbormycosis in California. *Plant Dis. Rep.* 43: 584-587.
- Hall, R. 1969. *Verticillium albo-atrum* and *V. dahliae* distinguished by acrylamide gel electrophoresis of proteins. *Can. J. Bot.* 47: 2110-2111.
- Hall, D.H., K.A. Kimble, and P.G. Smith. 1972. An isolate of *Verticillium* found pathogenic to wilt – resistant tomatoes. *Calif. Agric.* 26: 3.
- Hastie, A.C. 1973. Hybridization of *Verticillium albo-atrum* and *Verticillium dahliae*. *Trans. Br. mycol. Soc.* 60: 511-523.
- Hawksworth, D.L. 1970a. *Verticillium nubilum* Pethybridge. In: C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No 258, pp. 2 Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Hawksworth, D.L. 1970b. *Verticillium tricorpus* Isaac. In: C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No 260, 2 pp. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Hawksworth, D.L. 1970c. *Verticillium nigrescens*. Pethybridge. In: C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No 257, p. 1 Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Hawksworth, D.L., and P.W. Talboys. 1970a. *Verticillium dahliae* Klebahn. . In: C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No 256, pp. 2 Commonwealth Mycological Institute, Kew.

- Hawksworth, D.L., and P.W. Talboys. 1970b. *Verticillium albo-atrum*. Reinke and Berthold. In: C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria No 255, pp. 2 Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Heale, J.B., and D.P. Gupta. 1972. Mechanism of vascular wilting induced by *Verticillium albo-atrum*. Trans. Br. mycol. Soc. 58: 19-28.
- Heale, J.B., and I. Isaac. 1963. Wilt of Lucerne caused by species of *Verticillium*. IV. Pathogenicity of *V. albo-atrum* and *V. dahliae* to Lucerne and other crops: spread and survival of *Verticillium albo-atrum* in soil and in weeds; Effect upon Lucerne production. Ann. Appl. Boil. 52: 439-451.
- Heale, J.B., and I. Isaac. 1965. Environmental factors in the production of dark resting structures in of *Verticillium albo-atrum*, *V. dahliae* and *V. tricorpus*. Trans. Br. mycol. Soc. 48: 39-50.
- Hodgson, R., W.H. Petersen, and A.J. River. 1949. The toxicity of polysaccharides and other large molecules to tomato cuttings. Phytopathology 45: 381.
- Horiuchi, S., H. Hagiwara, and S. Takeuchi. 1990. Host specificity of isolates of *Verticillium dahliae* towards cruciferous and solanaceous plants. Pages 285-298 in: Biological Control of Soil-Borne Plant Pathogens. D. Hornby, ed., Wallingford, Oxon, U.K. CAB International. (In Rev. Plant Pathol. 69: 5308, 1990).
- Huisman, O.C., and J.S. Gerik. 1989. Dynamics of colonization of plant roots, by *Verticillium dahliae* and other fungi. In: *Verticillium Wilt Diseases of Plants*. E.C. Tjamos and C.H. Beckman, eds. NATO ASI Series, Vol. H28: 1-17. Springer-Verlag, pp. 590.
- Ingram, R. 1968. *Verticillium dahliae* var. *Longisporum*, a stable diploid. Trans. Br. mycol. Soc. 51: 339-341.
- Isaac, I. 1949. A comparative study of pathogenic isolates of *Verticillium*: *V. nubilum* Pethybr. And *V. tricorpus* sp. nov. Trans. Br. mycol. Soc. 32: 137-157.
- Isaac, I. 1953a. A further comparative study of pathogenic isolates of *Verticillium*: *V. nubilum* Pethybr. And *V. tricorpus* sp. nov. Trans. Br. mycol. Soc. 36: 180-195.
- Isaac, I. 1953b. The spread of diseases caused by species of *Verticillium*. Ann. Appl. Boil. 40: 630-638.
- Isaac, I. 1957a. *Verticillium* wilt of Brussels sprout. Ann. Appl. Boil. 45: 276-283.
- Isaac, I. 1967. Speciation in *Verticillium*. Annu. Rev. Phytopathol. 5: 201-222.
- Jackson, C.W., and J.B. Heale. 1985. Relationship between DNA content and spore volume in sixteen isolates of *Verticillium lecanii* and two new diploids of *V. dahliae* var. *longisporum* Stark. J. Gen. Microbiol. 131:325-3236.
- Jagger, I.C., and V.B. Stewart. 1918. Some *Verticillium* diseases. Phytopathology 8: 15-19.
- Johnson, D.A., and E.R. Miliczky. 1993. Distribution and development of black dot, *Verticillium* wilt, and powdery scab on Russet Burbank potatoes in Washington State. Plant Dis. 77: 74-79.
- Johnson, W.M., E.J. Johnson, and L.A. Brinkerhoff. 1980. Symptomatology and formation of microsclerotia in weeds inoculated with *Verticillium dahliae* from cotton. Phytopathology 70: 31-35.
- Jones, J.P., and P. Criil. 1973. The effect of *Verticillium* wilt on resistant, tolerant, and susceptible tomato varieties. Plant Dis. Rep. 57: 122-124.
- Jones, J.P., and P. Criil. 1975. Reaction of resistant, tolerant, and susceptible tomato varieties to *Verticillium* wilt. Plant Dis. Rep. 59: 3-6.
- Jordan, V.W.L. 1971. Estimation of the distribution of *Verticillium* population in infected strawberry plants and soil. Plant Pathol. 20: 21-24.
- Kaiser, W.J. 1962. Influences of light on the production of microsclerotia by *Verticillium albo-atrum*. (Abstr.) Phytopathology 52: 362.
- Kaiser, W.J. 1964. Effects of light on growth and sporulation of the *Verticillium* wilt fungus. Phytopathology 54: 765-770.

- Keen, N.K., and M. Long. 1972. Isolation of a phytotoxic protein-lipopolysaccharide complex from *Verticillium albo-atrum*. *Physiol. Plant Pathol.* 2: 307-315.
- Keen, N.K., and M. Long, and D.C. Erwin. 1972. Possible involvement of a pathogen-produced protein lipopolysaccharide complex in *Verticillium* wilt of cotton. *Physiol. Plant Pathol.* 2: 317-331.
- Kiessig, R., and R. Haller-Kiessig. 1957. Contribution to the knowledge of the infectious wilt disease in lucerne, *Verticillium albo-atrum*. *Phytopath. Zeit.* 31: 185-222.
- Klebahn, H. 1913. [Reports on the characteristics of the fungi imperfecti. A *Verticillium* disease on *Dahlia*]. (In German). *Mycol. Centralb.* 3: 49-66. [Αναφερόμενος από Presley (1941), βλέπε παρακάτω].
- Koike, M., M. Fuijita, H. Nagao, and S. Oshima. 1996. Random amplified polymorphic DNA analysis of Japanese isolates of *Verticillium dahliae* and *V. albo-atrum*. *Plant Dis.* 80: 1224-1227.
- Koike, S.T., K.V. Subbarao, R.M. Davis, T.R. Gordon, and J.C. Hubbard. 1994. *Verticillium* wilt of cauliflower in California. *Plant Dis.* 78: 1116-1121.
- Krassilnikov, N.A., C.M. Khodjibayeva, and T.G. Mirchinck. 1969. Properties of toxins of *Verticillium dahliae*, the causative agent of cotton wilt disease. *J. Gen. and Appl. Microbial.* 15: 1-9.
- Krikun, J., and C.C. Bernier. 1987. Infection of several crop species by two isolates of *Verticillium dahliae*. *Can. J. plant Pathol.* 9: 241-245.
- Krikun, J., and Z.R. Frank. 1982. Metham sodium applied by sprinkler irrigation to control pod rot and *Verticillium* wilt of peanut. *Plant Dis.* 66: 128-130.
- Krikun, J., D. Orion, and A. Nachmias. 1984. Integrated control of *Verticillium dahliae* in potato. *Phytopath. medit.* 23: 206.
- Krikun, J., D. Orion, A. Nachmias, and R. Reuveni. 1982. The role of soil-borne pathogens under conditions of intensive agriculture. *Phytoparasitica* 10: 247-258.
- Krikun, J., and M. Susnoschi. 1971. Introduction and establishment of *Verticillium dahliae* in a newly – developed arid zone. (Abstr.) Page 38 in: Proc. 1st Internl *Verticillium* Symposium, Sept. 19-23, Wye College, Ashford Kent, England.
- Lacy, M.L., and C.E. Horner. 1996. Behavior of *Verticillium dahliae* in the rhizosphere and on roots of plants susceptible, resistant, and immune to wilt. *Phytopathology* 56: 427-430.
- Ligoxigakis, E.C. 1991. Identification of physiological races of *Verticillium dahliae* Kleb. On tomato in Crete. Master thesis, M.A.I.Ch., pp. 64.
- Ligoxigakis, E.C., and D.J. Vakalounakis. 1992. Occurrence of race 2 of *Verticillium dahliae* on tomatoes in Crete. *Plant Pathology* 41: 774-776.
- Ligoxigakis, E.C., and D.J. Vakalounakis. 1994. The incidence and distribution of races of *Verticillium dahliae*. *Plant Pathology* 43: 755-758.
- Ligoxigakis, E.C., and D.J. Vakalounakis. 1997. Hosts of *Verticillium dahliae* Race 2 in Greece. Page 49 in: Abstr. 7th Internl *Verticillium* Symposium, Oct. 20-24, Athens, Hellas.
- Ligoxigakis, E.K., G. Fragkiadakis, A.G. Manganaris, D.J. Vakalounakis & K.K. Thanassouloupoulos (2002). Isozyme variation in *Verticillium dahliae* isolates from Crete, Greece. *Folia Microbiol.* 47: 167-170.
- Ligoxigakis, E.K., D.J. Vakalounakis & C.C. Thanassouloupoulos (2002). Host range of *Verticillium dahliae* in cultivated species in Crete. *Phytoparasitica* 30: 141-146.
- Ligoxigakis, E.K., D.J. Vakalounakis & C.C. Thanassouloupoulos. 2002. Weed hosts of *Verticillium dahliae* in Crete: Susceptibility, symptomatology and significance. *Phytoparasitica* 30: 511-518.
- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ. 1994. Η Βερτισιλλίωση των καλλιεργειών της Κρήτης και η αντιμετώπισή της. *Γεωτεχνικά Κρήτης*, 4 (14-15): 43-46.
- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ. 1998. Χημικά σκευάσματα και φυτοπροστασία. Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Σελ. 75-83.

- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ. και Δ.Ι. Βακαλουνάκης. 1994. Εξάπλωση του μύκητα *Verticillium dahliae* στην Κρήτη. Νέοι ξενιστές στην Ελλάδα και διεθνώς. Σελίδα 58 στις: Περιλήψεις 7^{ου} Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου, 8-10 Νοέμβ., Αθήνα.
- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ. και Δ.Ι. Βακαλουνάκης. 1996. Νέοι ξενιστές του μύκητα *Verticillium dahliae* στην Ελλάδα και παγκοσμίως. Σελίδα 86 στις: Περιλήψεις 8^{ου} Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου (22-24 Οκτ.), Ηράκλειο Κρήτης.
- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ., Δ.Ι. Βακαλουνάκης, και Κ.Κ. Θανασουλόπουλος. 1998. Πθογένεια διαφόρων απομονώσεων του μύκητα *Verticillium dahliae*, που ανήκουν στις φυλές 1 και 2 και προέρχονται από νέους και γνωστούς ξενιστές, σε διάφορα είδη καλλιεργούμενων φυτών. Σελίδα 93 στις: Περιλήψεις 9^{ου} Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου, 20-22 Οκτ., Αθήνα.
- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ., Δ.Ι. Βακαλουνάκης, και Κ.Κ. Θανασουλόπουλος. 1998. Νέοι ξενιστές του μύκητα *Verticillium dahliae*, στην Χώρα μας και παγκοσμίως. Σελίδα 79 στις: Περιλήψεις 9^{ου} Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου, 20-22 Οκτ., Αθήνα.
- Louis, B., M.B. Linn. 1953. Studies on *Verticillium albo-atrum* isolated from pepper and eggplant. (Abstr.). *Phytopathology* 43: 466.
- Ludbrook, W.V. 1933. Pathogenicity and environal studies on *Verticillium hadromycosis*. *Phytopathology* 23: 117-154.
- Mace, M.E. 1978. Contributions of tyloses and terpenoid aldehyde phytoalexins to *Verticillium* wilt resistance in cotton. *Physiol. Plant Pathol.* 12: 1-11.
- Mace, M.E., and E. Solid. 1966. Interaction of 3-indoluacetic acid and 3-hydroxytyromine in *Fusarium* wilt of banana. *Phytopathology* 56: 245-247.
- MacHardy, W.E. 1976. The development of water stress within chrysanthemum plants infected with *Verticillium dahliae*. Page 30 in: Abstr. 2nd Internl *Verticillium* Symposium, Sept. 7-10, University of California, Berkley.
- Mahanty, H.K. 1970. A histological study of the pathogenesis of *Verticillium dahliae* Kleb. In tobacco. *N.Z.J. Agric. Res.* 13: 699-709.
- Martin, M.J., R.M. Riedel, and R.C. Rowe. 1981. *Pratylenchus penetrans* and *Verticillium dahliae*: Causal agents of early dying in *Solanum tuberosum* cv. Superior, in Ohio. (Abstr.) *J. Nematol.* 13: 449.
- Martin, M.J., R.M. Riedel, and R.C. Rowe. 1982. *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans*: Interactions in the early dying complex of potato in Ohio. *Phytopathology* 72: 640-644.
- Martinson, C.A., and C.E. Horner. 1962. Impotance of nonhosts in maintaining the inoculum potential of *Verticillium*. (Abstr.) *Phytopathology* 52: 742.
- Matta, A., and I.A. Gentile. 1968. The relation between polyphenoloxidase activity and ability to produse indoloacetic acid in *Fusarium* infected tomato plants. *Neth. J. Plant Pathol.* 74: Suppl. I, 47-51.
- MacCain, A.H., S. Wilhelm, and R.D. Raabe. 1974. Plants resistant or susceptible to *Verticillium* wilt. Cooperative Extension, U.S. Department of Agriculture, University of California, Berkley. Rev. 6-74, pp. 7.
- McClellan, W.D., H.A. Borthwick, I. Bjornsson, and B.H. Marshall, Jr. 1955. Some responses of fungi to light. (Abstr.) *Phytopathology* 45: 465.
- McKeen, C.D. 1971. The etiology of *Verticillium* wilts of horticultural crop plants in Southern Ontario and the overwintering of *V. albo-atrum* and *V. dahliae*. (Abstr.) Page 23 in: Proc. 1st Internl *Verticillium* Symposium, Sept. 19-23, Wye College, England.
- McKeen, C.D. 1976. *Verticillium* wilt of potato in Southwestern Ontario and survival of *Verticillium albo-atrum* and *V. dahliae* in field soil. Pages 31-32 in: Proc. 2nd Internl *Verticillium* Symposium, Sept. 7-10, Univ. California, Berkley.
- Menzies, J.D. 1962. Effect of anaerobic fermentation in soil on survival of sclerotia of *Verticillium dahliae*. (Abstr.) *Phytopathology* 52: 743.

- Menzies, J.D., and G.E. Griebel. 1967. Survival and saprophytic growth of *Verticillium dahliae* in uncropped soil. *Phytopathology* 57: 703-709.
- Miller, P.M., and L.V. Edgington. 1962b. Effects of paper and sawdust soil amendments on meadow nematodes and subsequent *Verticillium* wilt of tomatoes. *Plant Dis. Rep.* 46: 745-747.
- Milton, J.M., W.G. Rogers, and I. Isaac. 1971. Application of acrylamide gel electrophoresis of soluble fungal proteins to taxonomy of *Verticillium* species. *Trans. Br. mycol. Soc.* 56:61-65.
- Mol, L. 1995. Formation of microsclerotia of *Verticillium dahliae* on various crops. *Neth. J. of Agric. Sci.* 43: 205-215.
- Mol, L., K. Scholte, and J. Vos. 1995. Effects of crop rotation and removal of crop debris on the soil population of two isolates of *Verticillium dahliae*. *Plant Pathol.* 44: 1070-1074.
- Μπούμπρος, Β.Α., και Μ.Θ. Σκουντριδάκης. 1993. Ασθένειες και εχθροί των κολοκυνθοειδών. Τόμος 1. Εκδόσεις Γεωρβασάκης Μιχάλης, Χανιά, σελ. 38-45 και 285-303.
- Nachmias, A., V. Buchner, and Y. Burstein. 1985. Biological and immunochemical characterization of a low molecular weight phytotoxin isolated from a protein-lipopolysaccharide complex produced by a potato isolate of *Verticillium dahliae* Kleb. *Physiol. Plant Pathol.* 26: 43-55.
- Nachmias, A., V. Buchner, and J. Krikum. 1982a. Comparison of a protein-lipopolysaccharide complexes produced by pathogenic and non-pathogenic strains of *Verticillium dahliae* from potato. *Physiol. Plant Pathol.* 20: 213-221.
- Nachmias, A., V. Buchner, and J. Krikum. 1982b. Differential diagnosis of *Verticillium dahliae* in potato with antisera to partially purified pathogen-produced extracellular antigens. *Potato Res.* 25: 321-328.
- Nachmias, A., V. Buchner, and J. Krikum. 1982c. Protein-lipopolysaccharide complexes produced by pathogenic and non-pathogenic strains of *Verticillium dahliae* from potato. *Physiol. Plant Pathol.* 20: 213-221.
- Nachmias, A., V. Buchner, L. Tsor, Y. Burstein, and N. Keen. 1987. Differential phytotoxicity of peptides from culture fluids of *Verticillium dahliae* races 1 and 2 and their relationship to pathogenicity of the fungi on tomato. *Phytopathology* 77: 506-510.
- Nachmias, A., and J. Krikum. 1984b. the role of toxins in the pathogenesis of *Verticillium dahliae* on potato. *Phytopath. medit.* 23: 210.
- Nadakavukaren, M.J. 1963. Fine structure of microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berth. *Can. J. Microbiol.* 9: 411-413.
- Nadakavukaren, M.J., and C.E. Horner. 1959. An alcohol agar medium selective for determining *Verticillium* microsclerotia in soil. *Phytopathology* 49: 527-528. (In *Rev. Appl. Mycol.* 39: 157).
- Nadakavukaren, M.J., and C.E. Horner. 1961. Influence of soil moisture and temperature on survival of *Verticillium* microsclerotia. (Abstr.) *Phytopathology* 51: 66.
- Nelson, R. 1947. The specific pathogenesis of the *Verticillium* that causes wilt of peppermint. (Abstr.) *Phytopathology* 37: 17.
- Nelson, R. 1950. *Verticillium* wilt of peppermint. *Mich. State Univ. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 221, pp. 259. [Αναφερόμενος από Lacy & Horner (1965) και (1977), βλέπε παραπάνω].
- Nicot, P.C., and D.I. Rouse. 1978a. Precision and bias of three quantitative soil assays for *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 77: 857-881.
- Northman, J., and Y. Ben-Yephet. 1979. Screening eggplant and other *Solanum* species for resistance to *Verticillium dahliae*. *Plant Dis. Rep.* 63: 70-73.
- O'Brien, M.J. 1983. Evaluation of eggplant accessions and cultivars for resistance to *Verticillium* wilt. *Plant Dis.* 67: 763-764.

- Okoli, C.A.N., J.H. Carder, and D.J. Barbara. 1994. Restriction fragment length polymorphisms (RFLPs) and the relationships of some host-adopted isolates of *Verticillium dahliae*. *Plant Pathol.* 43: 33-40.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ. 1993. Ασθένειες καρποφόρων δένδρων και αμπέλου. Β΄ Έκδοση. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 463.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ. 200. Ασθένειες κηπευτικών καλλιιεργειών Β΄ Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 71-73 και 254-263.
- Pegg, G.F. 1974. *Verticillium* diseases. *Rev. Pl. Pathol.* 53: 157-182. Commonwealth Mycological Institute.
- Pegg, G.F., K. Gull, and R.J. Newsam. 1976. Transmission electron microscopy of *V. albo-atrum* hyphae in xylem vessels of tomato plants. *Physiol. Plant Pathol.* 8: 221-224.
- Perry, J.W., and R.F. Evert. 1983. The effect of colonization of *Verticillium dahliae* on the root tips of Russet Burbank potatoes. *Can. J. Bot.* 61: 3422-3429.
- Pethybridge, G.H. 1911. Investigations on potato diseases. *J. Dep. Agric. Ire. Rep.* 11: 417. [Αναφερόμενος από Threlfall (1959), βλέπε παρακάτω].
- Porter, C.L., and R.J. Green. 1952. Production of exotoxin in the Genus *Verticillium*. (Abstr.) *Phytopathology* 24: 472.
- Powelson, M.L. 1981. Soil fumigation evaluation for control of *Verticillium* wilt and black dot of potatoes. 1979. *Fungic. Nematic. Tests* 36: 71.
- Presley, J.T. 1941. Saltants from a monosporic culture of *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 31: 1135-1139.
- Presley, J.T. 1950. *Verticillium* wilt of cotton with particular emphasis on variation of the casual organism. *Phytopathology* 40: 497-511.
- Provvidenti, R., and W.T. Schroeder. 1959. Foliage infection of tomato and eggplant by *Verticillium*. *Plant Dis. Rep.* 43: 821-826.
- Puhalla, J.E. 1973. Differences in sensitivity of *Verticillium* species to ultraviolet irradiation. *Phytopathology* 63: 1488-1492.
- Puhalla, J.E. 1979. Classification of isolates of *Verticillium dahliae* based on heterokaryon incompatibility. *Phytopathology* 69: 1186-1189.
- Pullman, G.S., and J.E. DeVay. 1982b. Epidemiology of *Verticillium* wilt of cotton: Effects of disease development on plant phenology and lint yield. *Phytopathology* 72: 554-559.
- Reinke, J., and G. Berthold. 1879. Die Zersetzung der Kartoffel durch Pilze. *Undersuch Bot. Lav. Univ. Göttingen, Untersuch. Bot. Lab.* 1: 1-100. [Αναφερόμενοι από Harrison & Isaac (1969) και Sherf & MacNab (1986), βλέπε παραπάνω και παρακάτω αντίστοιχα].
- Robb, J., L. Busch, D. Brisson, and B.C. Lu. 1975a. Ultrastructure of wilt syndrome caused by *Verticillium dahliae*. II. In sunflower leaves. *Can. J. Bot.* 53: 2725-2739.
- Robb, J., L. Busch, and B.C. Lu. 1975b. Ultrastructure of wilt syndrome caused by *Verticillium dahliae*. I. In chrysanthemum leaves. *Can. J. Bot.* 53: 901-913.
- Robb, J., L. Busch, and A. Smith. 1984. The range of foliar symptom expression in *Verticillium*-infected hosts: an ultrastructure survey. (Abstr.) *Phytopath. mediterr.* 12: 212.
- Robb, J., A. Smith, J.D. Brisson, and L. Busch. 1979. Ultrastructure of wilt syndrome caused by *Verticillium dahliae*. VI. Interpretive problems in the study of vessel coatings and tyloses. *Can. J. Bot.* 57: 795-821.
- Robb, J., A. Smith, and L. Busch. 1982. Wilts caused by *Verticillium* species. A cytological survey of vascular alterations in leaves. *Can. J. Bot.* 60: 825-837.
- Roberts, F.M. 1943. Factors influencing infection of tomato by *Verticillium albo-atrum*. *Ann. Appl. Biol.* 30: 327-331.
- Robinson, D.B., and G.W. Anyers. 1961. *Verticillium* wilt of potato in relation to vascular infection of tuber. *Can. J. Plant Sci.* 41: 703-708.
- Robinson, D.B., R.H. Larson, and J.C. Walker. 1957. *Verticillium* wilt of potato in relation to symptoms, epidemiology and variability of the pathogen. *Wisc. Agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 202, p. 49.

- Roth, J.N., and W.H. Brandt. 1964. Influence of some environmental factors on hereditary variation in monospore cultures of *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 54: 1454-1458.
- Rovira, A.D. 1965. Plant root exudates. *Bot. Rev.* 35: 35-57.
- Rowe, R.C., J.R. Davis, M.L. Powelson, and D.I. Rouse. 1987. Potato early dying: Causal agents and management strategies. *Plant Dis.* 71: 482-489.
- Rowe, R.C., R.M. Riedel, and M.J. Martin. 1985. Syneristic interactions between *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans* in potato early dying disease. *Phytopathology* 75: 412-418.
- Rudolph, B.A., and G.J. Harrison. 1944. The unimportance of cotton seed in the dissemination of *Verticillium* wilt in California. *Phytopathology* 34: 849-860.
- Sackston, W.E., W.C. McDonald, and J. Martens. 1957. Leaf mottle or *Verticillium* wilt of Sunflower. *Plant Dis. Repr.*, 41: 337-343.
- Schaible, L., O.S. Cannon, and V. Waddoups. 1951. Inheritance of resistance to *Verticillium* wilt of tomato cross. *Phytopathology* 41: 986-990.
- Scheffer, R.P., S.S. Gothoskar, C.F. Pierson, and R.P. Collins. 1956. Physiological aspects of *Verticillium* wilt. *Phytopathology* 46: 83-87.
- Schnathorst, W.C. 1969. A severe form of *Verticillium albo-atrum* in *Gossypium barbadense* in Peru. *Plant Dis. Rep.* 53: 149-150.
- Schnathorst, W.C. 1973. Nomenclature and physiology of *Verticillium* species, with emphasis on the *Verticillium albo-atrum* versus *Verticillium dahliae* controversy. Pages 1-19 in: *Verticillium Wilt of Cotton*. Proc. Work Conf., Aug. 30 – Sept. 1, 1971, National Cotton Pathol. Research Lab., College Stn, Texas.
- Schnathorst, W.C. 1981a. Life cycle and epidemiology of *Verticillium*. Pages 81-111 in: *Fungal Wilt Diseases of Plants*. M.E. Mace, A.A. Bell, and C.H. Beckman, eds. Academic Press, New York. 640 pp.
- Schnathorst, W.C., and D.E. Mthre. 1966a. Host range and differentiation of a severe form of *Verticillium albo-atrum* in cotton. *Phytopathology* 56: 1155-1161.
- Schreiber, L.R., and R.J. Green, Jr. 1962. Comparative survival of mycelium, conidia, and microsclerotia of mineral soil. *Phytopathology* 52: 288-289.
- Schreiber, L.R., and R.J. Green, Jr. 1963. Effects of root exudate on germination of conidia and microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* inhibited by the soil fungistatic principle. *Phytopathology* 53: 260-264.
- Sewell, G.W.F., and J.F. Wilson. 1966. *Verticillium* wilt of the hop : the survival of *V. albo-atrum* in soil. *Ann. Appl. Biol.* 58: 241-249.
- Sherbakoff, C.D. 1949. Breeding for resistance to *Fusarium* and *Verticillium* wilts. *Bot. Rev.*, 15: 377-422.
- Sherf, A.F., and A.A. MacNab. 1986. *Vegetable Diseases and their Control*. (2nd ed.). John Wiley & sons, eds. New York, USA, pp. 728.
- Sherrod, L.L., and A.M. Elliot. 1967. Grain sorghum as a host for *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 57: 14-17.
- Sinha, A.K., and R.K.S. Wood. 1967. An analysis of responses of resistant and of susceptible tomato plants to *Verticillium* infection. *Ann. Appl. Biol.* 59: 143-154.
- Skadow, K. 1969B. [A contribution to *Verticillium* taxonomy]. *Arch. Pfls Schultz* 5: 155-166. (In *Rev. Plant Pathol.* 49: 964, 1970).
- Skotland, C.B. 1964. The efficacy of various fumigants in controlling *Verticillium* wilt in South-Central Washington. *Plant Dis. Repr* 48: 502-505.
- Slattery, R.J. 1983. Inoculum potential of *Verticillium* species in crop and weed residues overwintering in infested soil. *Am. Potato J.* 60: 47-53.
- Smith, H.C. 1965. The morphology of *Verticillium albo-atrum*, *V. dahliae* and *V. tricorpus*. *N.S.J. Agric. Res.* 8: 450-478.

- Snyder, W.C., H.N. Hansen, and S. Wilhelm. 1950. New hosts of *Verticillium albo-atrum*. Plant Dis. Rep. 34: 26-27.
- Stark, C. 1961. [The occurrence of *Verticillium* tracheomycoses in Hamburg horticultural crops: a contribution to a knowledge of their agents]. Gartenbau-wissenschaft, 26: 493-528. (In Rev. Appl. Mycol. 42: 181-182, 1963).
- Stevenson, W.R., R.J. Green, and G.B. Bergeson. 1976. Occurrence and control of potato black dot root rot in Indiana. Plant Dis. Rep. 60: 248-251.
- Stoddard, J.L., and A.H.J. Carr. 1966. Properties of wilt toxins produced by *Verticillium albo-atrum* Reinke & Bert. Ann. Appl. Biol. 58: 81-92.
- Street, P.F.S., and R.M. Cooper. 1984. Possible causes and sites of vascular occlusion in tomato infected with *Verticillium albo-atrum*. (Abstr.) Phytopath. medit. 23: 214.
- Strobel, J.W. 1960. Studies on *Verticillium* wilt disease in Southern Florida. Proc. Fla State Hort. Soc. 73: 168-172.
- Subbarao, K.V., A. Chassot, T.R. Gordon, J.C. Hubbart, P. Bonello, R. Mullin, D. Ocamoto, R.M. Davis, and S.T. Koike. 1995. Genetic relationships and cross pathogenecities of *Verticillium dahliae* isolates from cauliflower and other crops. Phytopathology 85: 1105-1112.
- Subbarao, K.V., and J.C. Hubbart. 1966a. Effect of broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* in soil. (Abstr.) Phytopathology 86: S14.
- Talboys, P.W. 1957. The possible significance of toxic metabolites of *Verticillium albo-atrum* in the development of hop wilt symptoms. Trans. Br. Mycol. Soc. 40: 415-427.
- Talboys, P.W. 1958b. Association of tylosis and hyperplasia of the xylem with vascular invasion of the hop by *Verticillium albo-atrum*. Trans. Br. mycol. Soc. 41: 249-260.
- Talboys, P.W. 1960. A culture medium aiding the identification of *Verticillium albo-atrum* and *Verticillium dahliae*. Plant Pathol. 9: 57-58.
- Thanassoulopoulos, C.C. 1975. A method for assessing of losses by *Verticillium* wilt of tomato and eggplant crop. 4th Congr. Phytopath. medit. Union. Zadar, Yugoslavia. Agric. Consp. Scientif. 39: 21-25.
- Θανασουλόπουλος, Κ. 1978. Έρευνες και παρατηρήσεις στη Βερτισιλλίωση της τομάτας. Διατριβή για Υφηγεσία που υποβλήθηκε στην Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, σελ. 63.
- Θανασουλόπουλος, Κ. 1992. Μυκητολογικές ασθένειες δένδρων και αμπέλου. Μαθήματα Ειδικής Φυτοπαθολογίας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 247.
- Thanassoulopoulos, C.C., D.A. Biris, and E.C. Tjamos. 1981. Weeds as inoculum source of *Verticillium* in olive orchards. Phytopath. medit. 20: 164-168.
- Thanassoulopoulos, C.C., and G.T. Kitsos. 1972. *Verticillium* wilt in Greece. Plant Dis. Rep. 56: 264-267.
- Θανασουλόπουλος, Κ.Κ. και Γ.Θ. Κίτσος. 1973^α. Η επίδρασις της ηλικίας του ξενιστού επί της εκδηλώσεως της αδρομυκώσεως της προκαλούμενης από τον μύκητα *Verticillium albo-atrum*. Συμπόσιον Γεωργ. Ερευνών, Β.Π.: 370-380, 1977, Αθήνα.
- Threlfall, R.J. 1959. Physiological studies on the *Verticillium* wilt disease of tomato. Ann. Appl. Biol. 47: 57-77.
- Tjamos, E.C. 1980. Occurrence of race 2 of *Verticillium dahliae* in Greece. Annls Inst. Phytopath. Benaki (N.S.) 12: 216-226.
- Tjamos, E.C. 1981. Virulence of *Verticillium dahliae* and *V. albo-atrum* isolates in tomato seedlings in relation to their host of origin and the applied cropping system. Phytopathology 71: 98-100.
- Tjamos, E.C., and I.M. Smith. 1974. The role of phytoalexins in the resistance of tomato to *Verticillium* wilt. Physiol. Plant Pathol. 4: 249-259.
- Tjamos, E.C., and I.M. Smith. 1975. The expression of resistance to *Verticillium albo-atrum* in monogenically resistant tomato varieties. Physiol. Plant Pathol. 6: 215-225.

- Tolmsoff, W.J., and R.A. Young. 1957. Relation of inoculum potential of *Verticillium albo-atrum* to development and severity of wilt in potatoes. (Abstr.) *Phytopathology* 47: 536.
- Τσαπικούνης, Φ. 1996. Βιολογική και ολοκληρωμένη καταπολέμηση στο θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλης Α. σελ. 234-241.
- van Alfen, N.K., and V. Allard-Turner. 1979. Susceptibility of plants to vascular disruption by macromolecules. *Plant Physiol.*, 63: 1072-1075.
- van Alfen, N.K., and B.D. McMillian. 1982. Macromolecular plant-wilting toxing: artifacts of the bioassay method ? *Phytopathology* 72: 132-135.
- van den Ende, G. 1958. Investigation of the plant parasite *V. albo-atrum*. *Acta bot. neerl.* 7: 665-740. (In Rev. Appl. Mycol. 38: 312-313, 1959).
- van der Meer, J.H.H. 1925. *Verticillium* wilt of herbaceous and woody plants. *Meded. Landb. Hoogesch., Wageningen* 28: 1-82. [Αναφερόμενος από Isaac (1946) και Selman & Buckley (1959a), βλέπε παραπάνω].
- van der Molen, G.F., C.H. Beckman, and E. Rodehorst. 1977. Vascular gelation: a general response phenomenon following infection. *Physiol. Plant Pathol.* 11: 95-100.
- Waggoner, P.E. 1956. Variation in *Verticillium albo-atrum* from potato. *Plant Dis. Rep.* 40: 429-431.
- Webb, M.H., A. Gafoor, and J.B. Heale. 1971. Protein and enzyme patterns in strains of *Verticillium*. *Trans. Br. mycol. Soc.* 59: 393-402.
- Weingartner, D.P., D.W. Dickson, and J.D. Dilbeck, 1974. Early dying disease on potatoes in North Florida. *Plant Dis. Rep.* 58: 374-378.
- Whitney P.J., Vaughan J.G., and Heale J.B. 1968. Adisc electrophoretic study of the proteins of *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae* and *Fusarium oxysporum* with reference to their taxonomy. *J. Exp. Bot.* 19: 415-426.
- Wilhelm, S. 1948. The effect of temperature on the taxonomic characters of *Verticillium albo-atrum* Rke et Bert. (Abstr.) *Phytopathology* 38: 919.
- Wilhelm, S. 1950a. Vertical distribution of *Verticillium albo-atrum* in soils. *Phytopathology* 40: 776-777.
- Wilhelm, S. 1951b. Is *Verticillium albo-atrum* a soil invader or soil inhabitant ? (Abstr.) *Phytopathology* 41: 944-945.
- Wilhelm, S. 1954. Aerial microsclerotia of *Verticillium* resulting from conidial anastomosis. (Abstr.) *Phytopathology* 44: 609-610.
- Wilhelm, S. 1955b. *Verticillium* wilt of the strawberry with special reference to resistance. *Phytopathology* 45: 387-391.
- Wilhelm, S. 1956. A sand culture technique for the isolation of fungi associated with roots. *Phytopathology* 46: 293-295.
- Wilhelm, S. 1984. Sources and genetics of *Verticillium* wilt resistance in major crops. *Phytopath. medit.* 23: 220.
- Wilhelm, S., W.J. Kaiser, S.G. Georgopoulos, and K.W. Opitz. 1962. *Verticillium* wilt of olives in California. (Abstr.) *Phytopathology* 52: 32.
- Wilhelm, S., R.C. Storkan, and J.M. Wilhelm. 1974. Preplant soil fungation with methyl bromidechloropicrin mixtures for control of soil-borne disease of strawberry- a summary of fifteen years of development. *Agriculture and Environment* 1: 227-236.
- Wood, R.K.S. 1961. *Verticillium* wilt of tomatoes-the role of pectic acid and cellulolytic enzymes. *Ann. Appl. Biol.* 49: 120-139.
- Woolliams, G.E. 1966. Host range and symptomatology of *Verticillium dahliae* in economic, weed and native plants in interior British Columbia. *Can. J. Plant Sci.* 46: 661-669.
- Woolliams, G.E., L.G. Denby, and A.S.F. Hanson. 1962. Screening sweet and hot peppers for *Verticillium* wilt resistance. *Can. J. Plant Sci.* 42: 515-520.