

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

Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α

**Η ΒΕΡΤΙΣΙΑΛΛΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ
ΚΑΙ
ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ Π. ΚΑΤΖΟΥΡΑΚΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ Κ. ΛΙΓΟΞΥΓΚΑΚΗΣ**

1. Ταξινόμηση και σημασία των φυτοπαθογόνων ειδών μυκήτων του γένους *Verticillium*.

Οι μύκητες του γένους *Verticillium* ανήκουν στην κλάση Αδηλομύκητες (Adelomycetes), στην τάξη Moniliales (Hyphomycetes) και στην οικογένεια Moniliaceae (Alexopoulos *et al.* 1996). Τα είδη του γένους *Verticillium* είναι υπεύθυνα για μερικές από τις σπουδαιότερες ασθένειες που προσβάλλουν τα λαχανικά, τις μεγάλες καλλιέργειες, τις δενδρώδεις καλλιέργειες και τα καλλωπιστικά (Schnathorst 1981).



Εικόνα 1: Κονιδιοφόροι του γένους *Verticillium* (διακρίνονται οι χαρακτηριστικοί σπόνδυλοι και τα μονοκύτταρα, υαλώδη, ωοειδή κονίδια).

Τα είδη που αναφέρονται είναι πέντε:

- *V. albo-atrum* (Reinke & Berth. 1879).
- *V. dahliae* (Kleb. 1913).
- *V. nigrescens* (Pethybr. 1919).
- *V. nubilum* (Pethybr. 1919).
- *V. tricorpus* (Isaac 1953).

Οι μύκητες *V. albo-atrum*, *V. dahliae* και *V. tricorpus* προκαλούν αδρομυκώσεις στα φυτά, στα οποία οι δύο πρώτοι προξενούν τις σοβαρότερες απώλειες (Engelhard 1957, McCain *et al.* 1974). Ο *V. albo-atrum* αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1879 σε ασθενή φυτά

πατάτας (*Solanum tuberosum* L.) στη Γερμανία από τους Reinke & Berthold (1879). Ο *V. dahliae* αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1913 σε ασθενή φυτά ντάλιας (*Dahlia rosea* Cav.) στη Γερμανία από τον Klebahn (1913). Ο *V. tricornis* αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1953 σε ασθενή φυτά τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill.) στην Αγγλία από τον Isaac (1953). Θα πρέπει επίσης να υπογραμμισθεί ότι πρόσφατα αναφέρθηκε η ύπαρξη ενός νέου είδους του *V. longisporum* που ονομάστηκε *V. longisporum comb. nov* και προσβάλλει την ελαιοκράμβη. Μεγαλύτερη φυτοπαθολογική σημασία παρουσιάζουν τα είδη *V. dahliae* (Kleb.) και *V. albo-atrum* (Reinke & Berth.) (Hawksworth & Talboys 1970a, 1970b, Pegg 1974, Schnathorst 1981, Wilhelm 1984). Οι μύκητες αυτοί όταν καλλιεργηθούν σε θρεπτικό υλικό, σχηματίζουν λευκές βαμβακώδεις αποικίες που αναπτύσσονται αργά. Έπειτα από μια εβδομάδα εμφανίζονται υπόλευκες ενώ αργότερα γίνονται μαύρες λόγω σχηματισμού μικροσκληρωτίων (Hawksworth 1970a, 1970b, 1970c).

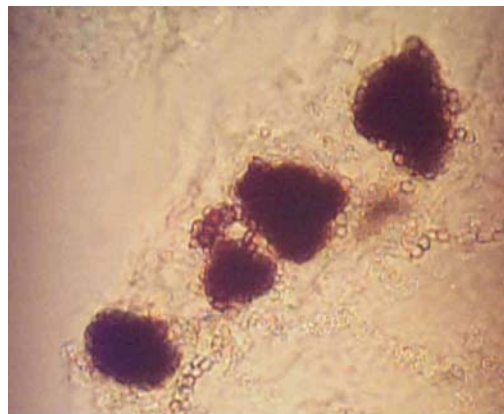
Το είδος *V. dahliae* σχηματίζει μικροσκληρώτια (MS) (Brinkerhoff 1973, Schnathorst 1973) ή ψευδοσκληρώτια (PS) (Heale & Isaac 1965). Το μικροσκληρώτιο σχηματίζεται από την διαφοροποίηση δυο συναφών υφών ή μιας υφής σε όλες τις κατευθύνσεις. Τα μικροσκληρώτια έχουν παχιά κυτταρικά τοιχώματα, σκοτεινό καφέ μέχρι μαύρο χρώμα (Hawksworth & Talboys 1970a, 1970b), πολύ μεταβλητό σχήμα και μέγεθος και είναι συνήθως επιμηκυσμένα έως ακανόνιστα σφαιρικά, με διάμετρο 15-50 (100) μm (Hawksworth & Talboys 1970a, 1970b).

Ο *V. albo-atrum* αντί για μικροσκληρώτια σχηματίζει σκοτεινόχρωμο διατηρητικό μυκήλιο (dark resting mycelium ή DM) (Brinkerhoff 1973), που οι υφές του είναι παχύτερες από τις συνήθεις μυκηλιακές υφές. Οι δυο τύποι διατηρητικών οργάνων διακρίνονται ως εξής, σύμφωνα με τους Berkeley *et al.* (1931):

α) **Διατηρητικό μυκήλιο:** Μάζες σκοτεινών υφών με παχιά τοιχώματα, πολυάριθμα εγκάρσια τοιχώματα και βορτυόμορφη εμφάνιση, που θυμίζουν κάπως γλαυδοσπόρια.

β) **Μικροσκληρώτια:** όργανα με παχιά τοιχώματα, που μοιάζουν με ιστό και προκύπτουν από τη διαδικασία διαφοροποίησης των υφών.

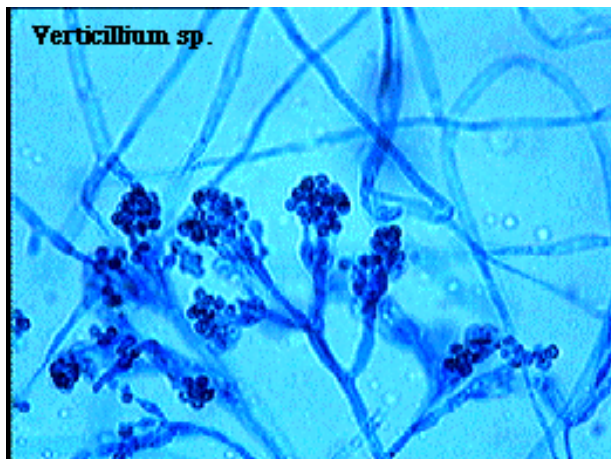
Εικόνα 2: Μικροσκληρώτιο του μύκητα *V. dahliae*.



Στη διεθνή βιβλιογραφία παλιότερα γινόταν σύγχυση στην ταξινόμηση των ειδών *V. dahliae* και *V. albo-atrum*. Η σύγχυση οφειλόταν στο ερώτημα εάν ο *V. dahliae* είναι ένα ξεχωριστό είδος ή θα πρέπει 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 (Heale & Isaac 1965). Γενικά, η διάκριση των *V. dahliae* και *V. albo-atrum* σε καθαρή καλλιέργεια μπορεί να γίνει από τη μορφολογία των αποικιών τους.

Ο μύκητας *V. dahliae* έχει δύο φυσιολογικές φυλές (physiological races), τη φυλή 1 που είναι ευρέως διαδεδομένη στη χώρα μας και τη φυλή 2 που έχει περιορισμένη εξάπλωση. Πρόσφατα όμως, διαπιστώθηκε η εξάπλωσή της φυλής 2 σε μερικές περιοχές της Κρήτης (Ligoxigakis & Vakalounakis 1992, 1994, Λιγοξυγκάκης 1998, Ligoxigakis *et al.* 2002a, 2002b).

Η τομάτα προσβάλλεται και από τις δύο φυλές του μύκητα. Η φυλή 1 έχει μεγάλη σημασία διότι οι περισσότερες ποικιλίες και υβρίδια τομάτας που καλλιεργούνται στη χώρα μας δεν προσβάλλονται (διαθέτουν το γονίδιο αντοχής *Ve* στη φυλή 1). Η φυλή 2 προσβάλλει ανθεκτικές ποικιλίες και υβρίδια τομάτας στη φυλή 1 και πιθανή εξάπλωσή της θα δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα για την αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης στην τομάτα, διότι δεν υπάρχουν ποικιλίες ή υβρίδια τομάτας που να έχουν αντοχή στη φυλή αυτή.



Εικόνα 3: Φωτογραφική απεικόνιση του μύκητα *V. dahliae* από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

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

Ο μύκητας *V. dahliae* είναι ένα από τα σπουδαιότερα παθογόνα του αγγειακού συστήματος των ανωτέρων φυτών (Rudolph & Harrison 1944, Sackston *et al.* 1957,

Woolliams *et al.* 1962). Ο μύκητας προσβάλλει: δασικά δένδρα, οπωροφόρα, ακρόδρυα, μικρά φρούτα, κλωστικά, ψυχανθή, μεγάλες καλλιέργειες, μονοκοτυλήδονα, λαχανικά, ξυλώδη και ποώδη καλλωπιστικά και ζιζάνια (Lacy & Horner 1966, Woolliams 1966, Thanassouloupoulos & Kitsos 1972, Ligoxigakis 1991, Ligoxigakis & Vakalounakis 1992, 1994).

Ο Schnathorst (1981) ανέφερε ότι ο μύκητας προσβάλλει περισσότερα από 160 είδη φυτών, που ανήκουν σε περισσότερες από 40 οικογένειες. Οι Ashworth *et al.* (1972) ανέφεραν ότι είδη των οικογενειών Solanaceae, Cucurbitaceae, Malvaceae, Asteraceae (συν. Compositae) και Fabaceae (συν. Leguminosae) περιλαμβάνονται μεταξύ των κυριότερων ξενιστών του *V. dahliae*.

Μεταξύ των λαχανοκομικών ειδών που προσβάλλονται συνήθως από το *V. dahliae* είναι τα εξής: τομάτα, πατάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, μπάμια, αγγουριά, πεπονιά, καρπουζιά, κολοκυθιά, αντίδι, ραδίκι, ζαχαρότευτλα, ραπάνι, φασόλι, αγκινάρα κ.ά. Υπάρχουν όμως μερικά είδη λαχανοκομικών φυτών που προσβάλλονται σπάνια από το μύκητα, όπως: μαρούλι, γογγύλι, λάχανο, λάχανο Βρυξελλών, κουνουπίδι, μπρόκολο, σινάπι, σπανάκι, μπιζέλι, φασόλι, κρεμμύδι, σκόρδο, πράσο, σπαράγγι, μαϊντανός, σέλινο κ.ά. (Sherf & MacNab 1986). Ο *V. dahliae* μπορεί να επιβιώσει σε μερικά είδη καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών, **ασυμπτωματικά*** (Resende *et al.* 1994).

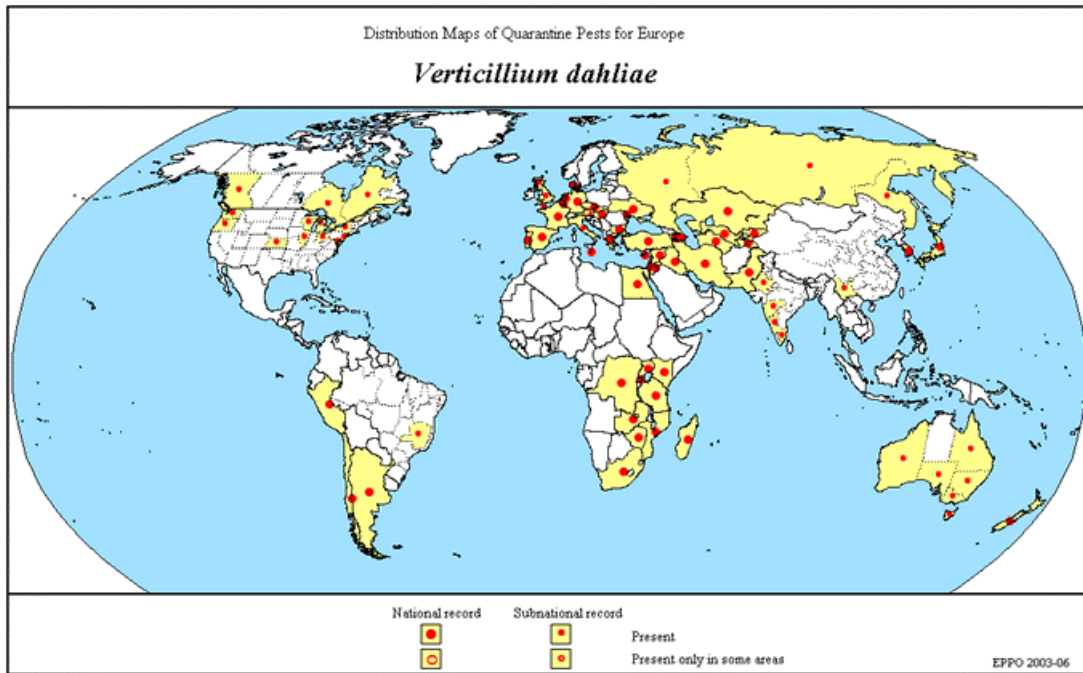
Ο *V. dahliae* είναι ο αποκλειστικός υπεύθυνος της αδρομύκωσης των δενδροκομικών καλλιεργειών στη χώρα μας (Thanassouloupoulos & Kitsos 1972, Θανασουλόπουλος 1992). Προσβάλλει συνήθως τα εξής είδη: ελιά, βερικοκιά, αμυγδαλιά, ροδακινιά, δαμασκηνιά και φιστικιά. Όμως, έχει παρατηρηθεί ότι η βερικοκιά και η ελιά υφίστανται τις σοβαρότερες απώλειες (Θανασουλόπουλος 1992). Επίσης, διάφορα είδη αυτοφυών φυτών είναι ευπαθείς ξενιστές του μύκητα *V. dahliae* (Thanassouloupoulos *et al.* 1979).

***Ασυμπτωματικό είδος:** το φυτό που οι ρίζες του έχουν αποικισθεί (με επιφανειακή διείσδυση) από το *V. dahliae*, ενώ τα αγγεία του στελέχους του δεν έχουν προσβληθεί διασυστηματικά.

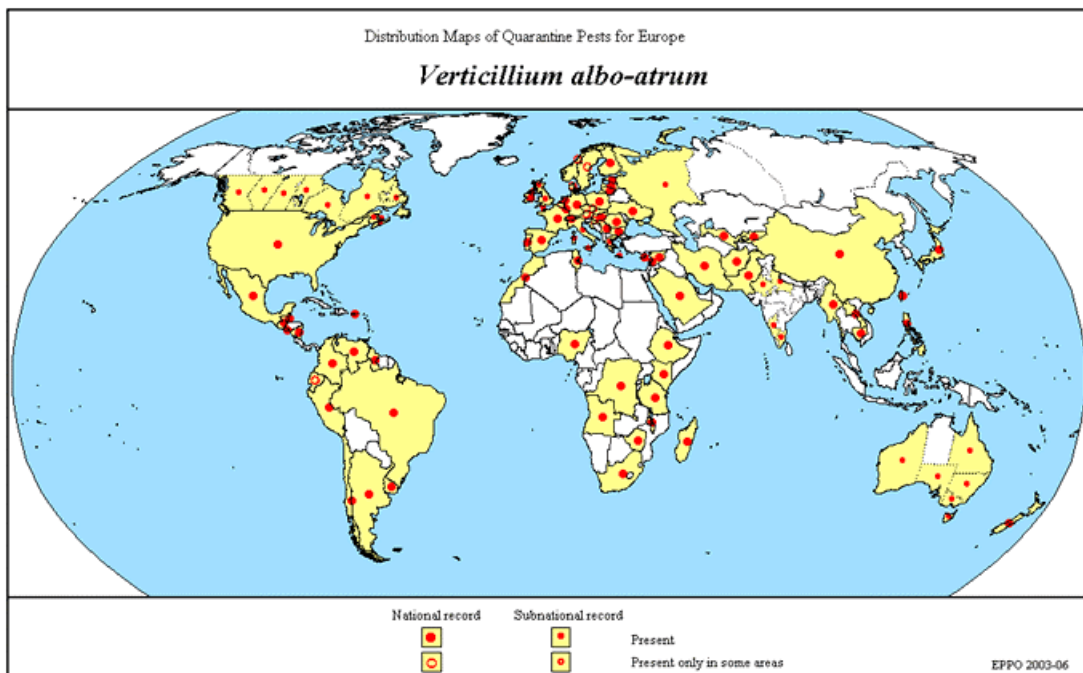
3. Γεωγραφική εξάπλωση των Βερτισιλλιώσεων

Ο μύκητας *V. dahliae* έχει εκτεταμένη γεωγραφική εξάπλωση στις εύκρατες χώρες του κόσμου (Engelhard 1957, Sackston *et al.* 1957, Woolliams 1966, Pegg 1984). Κατά κανόνα, ο *V. dahliae* βρίσκεται στις θερμότερες περιοχές των ΗΠΑ, του Καναδά, της Ευρώπης και της Ασίας. Αντίθετα με τον *V. albo-atrum* που φαίνεται να είναι περιορισμένος σε περιοχές όπου η μέση θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 21-24 °C για το μεγαλύτερο διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου, ο *V. dahliae* μπορεί να προσβάλει τα φυτά τόσο σε ψυχρές όσο και σε θερμές περιοχές όπου η μέση θερμοκρασία υπερβαίνει τους 24 °C για το μεγαλύτερο διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου (Schnathorst 1981). Όμως, ο *V. dahliae* είναι καταστροφικότερος σε θερμότερα κλίματα (Snyder & Smith 1981, Rowe 1985) ειδικά σε αρδευόμενες καλλιέργειες (Snyder & Smith 1981). Γι' αυτό, ο *V. dahliae* έχει αναφερθεί στο Ισραήλ, σχεδόν αποκλειστικά σε ερημικές περιοχές που αρδεύονται και σε συνθήκες υψηλής εξατμισοδιαπνοής, ο μύκητας αποβαίνει ένας από τους κύριους περιοριστικούς παράγοντες στην παραγωγή των φυτών (Krikun 1979). Επειδή ο *V. dahliae* ευνοείται από υψηλές μέσες θερμοκρασίες, κυριαρχεί στις θερμές περιοχές της νότιας Ευρώπης και της Μεσογείου (Παναγόπουλος 1995) και μεταξύ αυτών και στην Κρήτη (Ligoxigakis 1991, Ligoxigakis & Vakalounakis 1992, 1994).

Η φυλή 2 του *V. dahliae*, η οποία αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1957 από τους Robinson *et al.* στο Ουϊσκόνσιν των ΗΠΑ, έχει ευρεία εξάπλωση σε πολλές χώρες του κόσμου.



Εικόνα 4: Χάρτης της γεωγραφικής εξάπλωσης του *V. dahliae* στον κόσμο.



Εικόνα 5: Χάρτης της γεωγραφικής εξάπλωσης του *V. albo-atrum* στον κόσμο.

4. Βιολογία - Επιδημιολογία

Ο *V. dahliae* είναι εδαφογενής μύκητας (Wilhelm 1951) που μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία των αποικιστών της ρίζας (root inhibitors), οι οποίοι χαρακτηρίζονται από την

ύπαρξη εκτεταμένης παρασιτικής φάσης στο ζωντανό ιστό του ξενιστή και από περιορισμένη σαπροφυτική φάση στα φυτικά υπολείμματα.

Το **μυκήλιο** και τα **κονίδια** του *V. dahliae* δεν επιβιώνουν εκτός του ξενιστή για περισσότερο από μερικές εβδομάδες (Schreiber & Green 1962, Menzies & Griebel 1967). Όμως, σε ρίζες διαφόρων αυτοφυών φυτών, όπως ο στύφνος (*Solanum nigrum* L.), που ήταν φυσικά μολυσμένες από το *V. albo-atrum* ή το *V. dahliae* και καλύφθηκαν στο έδαφος για επτά μήνες, ο μύκητας όχι μόνο διατηρήθηκε αλλά και αυξήθηκε, με διαπιστωμένα ποσοστά επιβίωσης 19 έως 23,5% (Slattery 1983). Τα πειράματα αυτά αποδεικνύουν ότι ορισμένα είδη αυτοφυών φυτών είναι ιδιαίτερα σημαντικά στην επιβίωση του μύκητα στο έδαφος.

Ο μύκητας επιβιώνει στο έδαφος για πολύ μεγάλο διάστημα με τη μορφή **μικροσκληρωτίων**, απουσία ξενιστών. Τα μικροσκληρώτια αναπτύσσονται μονήρη ή σε μικρές ομάδες (Evans *et al.* 1966) και είναι βυθισμένα σε τεμάχια γηράσκοντος φυτικού ιστού, ελευθερώνονται στο έδαφος μετά την αποσύνθεση του μολυσμένου ιστού (Powelson & Rowe 1993). Τα μικροσκληρώτια τα οποία απομονώνονται από το έδαφος, έχουν διαστάσεις που ποικίλλουν μεταξύ 11 και 225 μm και αποτελούνται από ομάδες υάλινων κυττάρων διαμέτρου 7-8 μm, με παχιά τοιχώματα, που είναι άχρωμα ή ελαφρά χρωματισμένα. Τα μικροσκληρώτια μπορεί να βλαστάνουν επανειλημμένα στο έδαφος και να παράγουν κονίδια που έχουν μικρή διάρκεια ζωής (Farley *et al.* 1971). Τα μικροσκληρώτια, μετά από έκθεση για έξι ώρες σε ευνοϊκό περιβάλλον, αρχίζουν να βλαστάνουν, παράγοντας συνήθως μέχρι 36 βλαστικές υφές/ins και διάφορους κονιδιοφόρους (DeVay *et al.* 1974). Σε δείγματα εδάφους που έχουν ξεραθεί στον αέρα, οι πληθυσμοί των μικροσκληρωτίων μειώνονται όταν η αποθήκευσή τους γίνει σε θερμοκρασία δωματίου (Smith & Rowe 1984).

Απουσία ξενιστών, ο *V. dahliae* επιβίωσε σε ακαλλιέργητο έδαφος για τουλάχιστον τρία, τέσσερα, έξι ή πάνω από δέκα χρόνια (Green 1980, Schreiber & Green 1962). Σε αγρούς που καλλιεργούνταν με διάφορα είδη φυτών που δεν ήταν ξενιστές του *V. dahliae*, ο μύκητας επιβίωσε για τέσσερα (Huisman & Ashworth 1976) ή οκτώ χρόνια (Wilhelm 1955). Όμως, μετά από ετήσια καλλιέργεια τομάτας που προκάλεσε ισχυρή μόλυνση του εδάφους, αυτό δεν εξυγιάνθηκε ούτε μετά από οκτώ χρόνια, αν και καλλιεργήθηκε με σιτηρά και λιβαδοπονικά φυτά (Wilhelm 1955).

Γενικά, αναφέρεται ότι απαιτούνται 10 μέχρι 20 χρόνια για να μηδενισθεί ο πληθυσμός του *V. dahliae* σε καλλιεργημένο και μολυσμένο έδαφος (Huisman & Ashworth 1976). Μακρόχρονη επιβίωση του μύκητα έχει αναφερθεί στις ρίζες μερικών ειδών καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών που θεωρούνται **ασυμπτωματικά**, τα οποία αν και φιλοξενούν το παθογόνο δεν παρουσιάζουν συμπτώματα της ασθένειας.

Το μικροσκληρώτιο δε βλαστάνει στο έδαφος μόνο μία φορά (Evans & Gleeson 1973). Οι Menzies & Griebel (1967) και Farley *et al.* (1971) ανέφεραν ότι το μικροσκληρώτιο βλαστάνει στο έδαφος πολλές φορές. Όταν ένα μικροσκληρώτιο έχει βλαστήσει επανειλημμένα εξαιτίας των εκκρίσεων της ρίζας ενός φυτού, μπορεί να περιέλθει ξανά σε κατάσταση λήθαργου μέχρι να διεγερθεί ξανά από κάποια άλλη ρίζα. Έτσι, το μικροσκληρώτιο βλαστάνει επανειλημμένα στο έδαφος μέχρι να εξαντληθούν τα αποθέματα ενέργειάς του. Έχει διαπιστωθεί πως όταν τα μικροσκληρώτια βλαστήσουν, η πυκνότητα μολύσματος αυξάνεται στο έδαφος δύο έως έξι φορές (Emmatty & Green 1969, Farley *et al.* 1971). Η εν λόγω αύξηση του μολύσματος του μύκητα, υποβοηθά την προσβολή των ξενιστών του (Emmatty & Green 1969).

Εκτός των μικροσκληρωτίων, τα **κονίδια** που παράγονται σε μολυσμένες νεκρές ρίζες και στελέχη ευπαθών ξενιστών, είναι δυνατό να δρουν ως μόλυσμα για περισσότερες από 3 εβδομάδες πριν νεκρωθούν ή ξεραθούν. Η περίοδος παραγωγής των κονιδίων μπορεί να είναι μακρά και εξαρτάται από την επάρκεια θρεπτικών στοιχείων στα φυτικά υπολείμματα (Sherf & MacNab 1986).

Η μυκοστατική ιδιότητα του εδάφους διατηρεί το **λήθαργο των μικροσκληρωτίων** του *V. dahliae* όταν δεν αναπτύσσονται φυτά σε αυτό. Αλλαγές στη ριζόσφαιρα που προκαλούνται από εκκρίσεις των ριζών, διεγείρουν τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων και επιτρέπουν σε αυτά να εισέλθουν στη διαδικασία της μόλυνσης, είτε μέσω άμεσης διείσδυσης των ριζών των ξενιστών από τους βλαστικούς σωλήνες των μικροσκληρωτίων ή έμμεσα από κονίδια που παράγονται μετά τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων. Εκκρίσεις ριζών ανθεκτικών ξενιστών όπως το σιτάρι, θα μπορούσαν να διεγείρουν τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων, όχι όμως τόσο πολύ όσο οι ρίζες ευπαθών ξενιστών όπως η τομάτα (Schreiber & Green 1963).

Ο **αποικισμός της ρίζας** από το *V. dahliae* συμβαίνει πολύ νωρίς στη ζωή της και καθόλη τη διάρκεια ανάπτυξής της. Τα άκρα της ρίζας παίζουν σοβαρό ρόλο στη διαδικασία του αποικισμού. Τα άκρα και ειδικά η ζώνη επιμήκυνσης της ρίζας είναι περιοχές από τις οποίες εκλύονται μεγάλες ποσότητες εκκρίσεων (Rovira 1965). Τα μικροσκληρώτια που ληθαργούν στο έδαφος βλαστάνουν λόγω αντίδρασής τους στις εκκρίσεις των ριζών (Schreiber & Green 1963, Rovira 1965). Ο αποικισμός της ρίζας μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από δύο ξεχωριστές φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει την ενεργοποίηση αναπαραγωγικών μονάδων του μύκητα που ληθαργούν, καθώς επίσης τη βλάστηση και την 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.

5. Γενικά στοιχεία που αφορούν την τομάτα

5.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η τομάτα ανήκει στην οικογένεια των σολανωδών (Solanaceae), είναι ιθαγενές φυτό της Ν. Αμερικής, απ' όπου μεταφέρθηκε και διαδόθηκε σε όλες τις θερμές και εύκρατες χώρες. Στην Ελλάδα εισήχθη το έτος 1818. Η τομάτα καλλιεργείται ως ετήσιο φυτό για τους καρπούς της. Ο καρπός της τομάτας είναι ράγα και αποτελείται από εξωκάρπιο, σάρκα, πλακούντα και σπόρους.

Η σάρκα του καρπού σχηματίζεται από τα τοιχώματα της συνήθως "δίχωρης" ωοθήκης και είναι αρκετά πλούσια σε χυμό, που αποτελεί την πρώτη ύλη της κονσερβοβιομηχανίας. Ο χυμός έχει ένα ξηρό υπόλειμμα που κυμαίνεται μεταξύ 3 και 8% και η σύνθεσή του είναι γενικά η εξής:

- αναγωγικά ζάχαρα 55%
- τέφρα 10%
- αζωτούχες ουσίες 10%
- κυτταρίνη 9%
- ελεύθερα οξέα 9%
- μη αζωτούχα εκχυλίσματα 7%

Εντός των ωοθηκικών χώρων, βυθισμένοι στην πλακουντική βλέννα, βρίσκονται οι σπόροι, περισσότερο ή λιγότερο πολυάριθμοι, ανάλογα με την ποικιλία που ανήκουν. Οι ώριμοι σπόροι έχουν σχήμα ωοειδές και είναι πλευρικά πεπλατυσμένοι.

5.2 Κλίμα και έδαφος

Η τομάτα, φυτό τροπικής καταγωγής, έχει ανάγκη από θερμοκρασίες αισθητά υψηλές, για να εξασφαλίσει την ολοκλήρωση του κύκλου της ζωής της και να φτάσει σε πλήρη ωρίμανση τους καρπούς της. Ο θερινός κύκλος πρέπει να είναι σχετικά μακρύς, με ανάγκες μέσης θερμοκρασίας ημέρας 23-24 °C και μέσης νυχτερινής 14 °C. Από 24 °C έως 31 °C τα φυτά αναπτύσσονται ταχέως, στους 33 °C επιβραδύνουν το ρυθμό αύξησης και στους 35 °C σταματούν.

Τα εδάφη που προσφέρονται καλύτερα για την καλλιέργεια της τομάτας είναι τα ουδέτερα ή ελαφρά όξινα (PH από 7 έως 5,8), μολονότι το φυτό αυτό προσαρμόζεται αρκετά καλά και σε πιο όξινα εδάφη.



Εικόνα 6: Φυτό τομάτας (διακρίνονται τα άνθη και οι πράσινοι καρποί).

6. Συμπτώματα

Ο μαρασμός είναι το πιο χαρακτηριστικό σύμπτωμα της βερτισιλλίωσης της **τομάτας**. Αρχικά, τα φυτά εμφανίζουν μαρασμό μόνο κατά τις θερμές ώρες της ημέρας, τελικά όμως ο μαρασμός γίνεται μόνιμος και νεκρώνονται (Fletcher 1984, Sherf & MacNab 1986).

Στην τομάτα, το διάστημα από την εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων μέχρι τη νέκρωση των φυτών μπορεί να είναι τρεις ή τέσσερις εβδομάδες και εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες (Fletcher 1984). Όμως, η βερτισιλλίωση σπανίως προκαλεί νέκρωση των φυτών τομάτας (Denby & Woolliams 1962). Σε προχωρημένα στάδια τα φυτά



Εικόνα 7: Συμπτώματα της βερτισιλλίωσης στα φύλλα της τομάτας.

Εικόνα 8: Βερτισιλλίωση της τομάτας, παρατηρήστε την προσβολή των φύλλων μονόπλευρα στο στέλεχος του φυτού.

παρουσιάζουν νανισμό και τα φύλλα τους είναι χλωρωτικά, μαραμένα ή νεκρωμένα. Οι άκρες των φύλλων και οι μεσονεύριες περιοχές γίνονται κίτρινες και έπειτα καφετιές και νεκρώνονται, επιπλέον τα μολυσμένα φυτά έχουν συχνά μια χλώρωση που καταλήγει σε νέκρωση χαρακτηριστικού σχήματος (V). Αυτά τα φυλλικά συμπτώματα συντελούν σταδιακά στη νέκρωση των φύλλων. Τα αγγεία του ξύλου του στελέχους και της ρίζας των προσβλημένων φυτών γίνονται καστανά, στην αρχή πλησίον του λαιμού 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 (Sherf & MacNab 1986). Ο μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου του στελέχους και των βλαστών της τομάτας είναι ορατός από το επίπεδο του εδάφους μέχρι ύψος ενός μέτρου ή και περισσότερο.

Στην τομάτα τα συμπτώματα της βερτισιλλίωσης μερικές φορές μπορεί να συγχέονται με τα συμπτώματα των αδροβακτηριώσεων, των ασθενειών του ριζικού συστήματος (σηψιρριζίες, ασφυξία λόγω κατάκλισης κ.ά.), της έλλειψης υγρασίας και ζημιών από ζιζανιοκτόνα (Krikun & Orion 1979) καθώς επίσης και από τα συμπτώματα των φουζαριώσεων.



Εικόνα 9: Καστανός μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου στελέχους τομάτας προσβεβλημένο από βερτισιλλίωση (πάνω). Αδροφουζαρίωση (κάτω). Παρατηρείστε τον εντονότερο μεταχρωματισμό στη περίπτωση της αδροφουζαρίωσης.

Όμως ο αγγειακός μεταχρωματισμός που προκαλείται στην τομάτα από είδη του γένους *Fusarium*, είναι γενικά σκοτεινότερος από τον αγγειακό μεταχρωματισμό που προκαλείται σε αυτήν από το *V. dahliae*.

Η ευπάθεια της τομάτας στους περισσότερους μύκητες που προσβάλλουν τις ρίζες μειώνεται αυξανόμενης της ηλικίας (Θανασουλόπουλος 1978). Η σοβαρότητα της ασθένειας είναι τόσο μεγαλύτερη όσο νωρίτερα εμφανισθούν τα συμπτώματα σε σχέση με την ηλικία του φυτού και κατά συνέπεια και το ύψος των ζημιών της καλλιέργειας (Θανασουλόπουλος 1978). Η εξέλιξη της συμπτωματολογικής κατάστασης στις τομάτες εξαρτάται από το χρόνο προσβολής (πρώιμη ή όψιμη), τις κλιματολογικές συνθήκες (Martin *et al.* 1982), την πυκνότητα του μολύσματος (Robb *et al.* 1982), την ύπαρξη ή απουσία εξειδικευμένου στελέχους (specific strain) ή φυσιολογικής φυλής (race) του μύκητα, την ποικιλία ή το υβρίδιο που περιγράφεται, τις καλλιεργητικές φροντίδες (άρδευση, λίπανση κ.ά.) [Robb *et al.* 1982], την περιεκτικότητα του αρδευτικού νερού σε άλατα, τη δράση των παρασιτικών νηματωδών, την προσβολή διαφόρων ασυμπτωματικών ειδών (καλλιεργούμενων και ζιζάνιων) κ.ά. (Besri, 1989).

Ο μαρασμός είναι το επικρατέστερο σύμπτωμα της βερτισιλλίωσης. Για την ερμηνεία του φαινομένου υπάρχουν δυο κύριες θεωρίες. Η πρώτη, υποστηρίζει ότι η φυσική απόφραξη των αγγείων των προσβλημένων φυτών μειώνει την ροή του νερού στα φύλλα [μπορεί να προκαλέσει και νανισμό (Denby & Woolliams 1962)]. Η δεύτερη, υποστηρίζει ότι παράγονται διάφορες ουσίες από το παθογόνο, που είναι τοξικές στα φύλλα (Pegg 1974).

Οι υφές του μύκητα προκαλούν απόφραξη μερικών αγγείων του ξύλου και η απόφραξη τους μπορεί να ενισχυθεί με ουσίες που παράγονται από το παθογόνο ή απελευθερώνονται λόγω της δράσης διαφόρων ενζύμων του παθογόνου στον ξενιστή. Ο μύκητας εκκρίνει ορισμένες ουσίες που επηρεάζουν το φυτό είτε άμεσα είτε έμμεσα, προκαλώντας απόφραξη των αγγείων του (Wood 1961). Οι ουσίες αυτές είναι:

- Εξωκυτταρικά ένζυμα, κυρίως αυτά που βρίσκονται στις κυτταρικές μεμβράνες και προκαλούν βλάβη στην ημιπερατότητά τους, που έχει σαν συνέπεια απώλεια νερού από τα μολυσμένα φυτά (Gentile *et al.* 1982).
- Μακρομόρια (Van Alfen & McMillan 1982, Street & Cooper 1984) που είναι προτενο-λιπο-πολυσακχαρίτες (P.L.P) (Keen & Long 1972).
- Ρυθμιστές αύξησης (Pegg & Selman 1959).
- Τοξίνες (Nachmias & Krikun 1984).



Εικόνα 10: Χαρακτηριστική ξήρανση φύλλων τομάτας από τον μύκητα *V. dahliae* (δίπλα).

7. Επίδραση διαφόρων 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 νηματωδών, εντόμων εδάφους κ.ά. επηρεάζουν σημαντικά τη μόλυνση των ξενιστών του *V. dahliae* και του *V. albo-atrum* και την εξέλιξη της ασθένειας. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να επηρεάζουν τη μόλυνση: είτε με άμεση επίδραση στη δραστηριότητα των ειδών του γένους *Verticillium* στο

έδαφος και στην αρχική προσβολή των ριζών, είτε με έμμεση επίδραση στην περαιτέρω πρόοδο της προσβολής λόγω επίδρασης τους στη θρέψη και την ανάπτυξη του ξενιστή. Οι σημαντικότεροι από τους εν λόγω παράγοντες είναι:

7.1 Θερμοκρασία αέρα και εδάφους

Η βερτισιλλίωση είναι μια ασθένεια που επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Η σοβαρότητα της ασθένειας, η ανάπτυξή της σε διάφορες εποχές και η τελική διασπορά του παθογόνου, φαίνεται ότι είναι στενά συνδεδεμένες με τη θερμοκρασία (Brinkerhoff 1973). Η θερμοκρασία είναι ένας σπουδαίος παράγοντας που επηρεάζει τον ξενιστή, το παθογόνο, τις αλληλεπιδράσεις τους και τελικά την προσβολή και την ανάπτυξη της ασθένειας. Για παράδειγμα, έχει διαπιστωθεί ότι σε 35 °C μειώνεται σημαντικά ο αριθμός των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* που υπάρχουν στο έδαφος (Subbarao & Hubbard 1996). Ο *V. dahliae* προκαλεί συμπτώματα προσβολής στα διάφορα είδη φυτών σε θερμοκρασίες μεταξύ 12 και 30 °C, γι' αυτό μπορεί να θεωρηθεί επικίνδυνος στις συνήθεις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται οι καλλιέργειες (Θανασουλόπουλος 1992). Σε πειράματα θερμοκηπίου, όταν η θερμοκρασία εδάφους και αέρος υπερβαίνει τους 28-30 °C, η ανάπτυξη της βερτισιλλίωσης μειώνεται αισθητά (Παναγόπουλος 1993).

Η θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην ανάπτυξη της ασθένειας πολλών ειδών φυτών (Rowe *et al.* 1985, Francl *et al.* 1990). Έχει διαπιστωθεί ότι η σοβαρότητα της ασθένειας σε τομάτες που ήταν προσβλημένες από το *V. dahliae*, εντάθηκε όταν η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε από 20-23 °C σε 28 °C.

Ο Bewley (1922) ανέφερε ότι η βερτισιλλίωση της τομάτας, που οφείλεται στο *V. albo-atrum*, ευνοείται από θερμοκρασίες αέρος μεταξύ 15 και 24 °C, με άριστες μεταξύ 21 και 23 °C. Ανέφερε επίσης ότι η ασθένεια αντιμετωπίστηκε στο θερμοκήπιο με διατήρηση της θερμοκρασίας πάνω από 25 °C. Ο Ludbrook (1933) διαπίστωσε ότι ο *V. albo-atrum* προκάλεσε τα σοβαρότερα συμπτώματα στην τομάτα σε 24 °C, με 28 °C το ανώτατο όριο θερμοκρασίας για εκδήλωση της ασθένειας, όταν η θερμοκρασία του αέρα ήταν 20 °C. Ο Isaac (1949) παρατήρησε ότι σε τεχνητές μολύνσεις τομάτας με το *V. albo-atrum*, τα φυτά δεν προσβάλλονταν όταν η θερμοκρασία αέρος ήταν υψηλότερη από 21,5 °C στο θερμοκήπιο. Όταν όμως έκανε μολύνσεις με το *V. dahliae*, τα φυτά προσβάλλονταν σε 25, 27 και 28 °C. Ο Roberts (1943) ανέφερε ότι η άριστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη της ασθένειας στην τομάτα, που είχε προσβληθεί από το *V. albo-atrum*, ήταν 23,4 °C. Οι Edgington & Walker (1957) ανέφεραν σοβαρή ανάπτυξη της ασθένειας στην τομάτα σε θερμοκρασίες εδάφους 20 και 24 °C, με θερμοκρασίες αέρα 16, 20 και 24 °C για μία

απομόνωση του *V. dahliae* και μία του *V. albo-atrum*. Όμως, μόνο οι απομονώσεις του *V. dahliae* προκαλούσαν σοβαρά συμπτώματα σε θερμοκρασίες εδάφους και αέρα 28 °C. Οι εν λόγω ερευνητές έκαναν αξιολόγηση της επίδρασης της θερμοκρασίας εδάφους και αέρα στην ανάπτυξη της ασθένειας και διαπίστωσαν ότι η θερμοκρασία εδάφους ήταν ο σοβαρότερος παράγοντας.

7.2 Φως

Το φως έχει σημαντική επίδραση στην αύξηση και σπορίωση πολυάριθμων ειδών μυκήτων (Ingold 1962), συμπεριλαμβανομένων των *V. dahliae* και *V. albo-atrum* (McClellan *et al.* 1955). Το φως καταστέλλει το σχηματισμό **μελανίνης*** (Isaac 1953) και μικροσκληρωτίων (Brandt 1964).

Σε υψηλή ένταση φωτισμού παρατηρείται οριστική καταστολή του σχηματισμού μικροσκληρωτίων και μελανίνης (Brandt 1964). Γενικά, η μείωση της έντασης του φωτός μπορεί να συντελέσει σε κακή ανάπτυξη των φυτών και αύξηση της ευπάθειάς τους στις προσβολές διαφόρων μυκήτων (Walker 1957).

Η **φωτοπερίοδος** επιδρά σημαντικά στη σπορίωση και την εξέλιξη της ασθένειας. Μερικά είδη μυκήτων δεν παράγουν σπόρια όταν αναπτύσσονται σε συνεχές σκοτάδι, ενώ άλλα είδη απαιτούν βραχεία έκθεση στο φως πριν αρχίσουν να παράγουν σπόρια.

Η **ποιότητα** του φωτός επιδρά στην εξέλιξη της βερτισιλλίωσης διαφόρων φυτών. Για παράδειγμα, μία απομόνωση του *V. dahliae* παρήγαγε περισσότερα σπόρια κάτω από κυανό φως και παρήγαγε άφθονα μικροσκληρώτια κάτω από ερυθρό και υπέρυθρο φως και στο σκοτάδι (McClellan *et al.* 1955). Σε πειράματα που διατηρήθηκε σταθερή η ενέργεια του ορατού φωτός διαπιστώθηκε ότι το **μήκος κύματος** δεν επηρέασε την αύξηση, σπορίωση ή παθογόνο ικανότητα διαφόρων απομονώσεων του *V. dahliae*.

7.3 Υγρασία του εδάφους

Η υπερβολική υγρασία αύξησε την ένταση της προσβολής στην τομάτα από το βερτισίλλιο (El-Zik 1985). Η βλαστικότητα των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* που υπάρχουν στον αγρό επηρεάζεται από την υγρασία του εδάφους (Ashworth & Huisman 1972). Ο Menzies (1962) διαπίστωσε ότι πλημμύρισμα του εδάφους για διάστημα έξι εβδομάδων, είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae*.

***Μελανίνη:** Χρωστική μαύρου χρώματος που υπάρχει στα μικροσκληρώτια του μύκητα *V. dahliae*

Βαρείες αρδεύσεις που συντελούν στην μερική έλλειψη διαθέσιμου οξυγόνου του εδάφους, έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή των μικροσκληρωτίων που υπάρχουν στα υπολείμματα των καλλιεργειών, τα οποία έχουν ενσωματωθεί στον αγρό (Watson & Huber 1971). Η υγρασία του εδάφους δεν είναι σοβαρός περιοριστικός παράγοντας στην επιβίωση των μικροσκληρωτίων του μύκητα, εκτός αν είναι στο επίπεδο κορεσμού και συνδυάζεται με θερμοκρασία 28 °C (Green 1980).

7.4 Πυκνότητα μολύσματος

Επειδή η βερτισιλλίωση είναι μονοκυκλική (single cycle) ασθένεια, η πυκνότητα του μολύσματος κατά τη σπορά ή φύτευση παίζει κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη της ασθένειας και συσχετίζεται αρνητικά με την παραγωγή πολλών ειδών φυτών (Ashworth *et al.* 1972). Έχει διαπιστωθεί συσχέτιση της πυκνότητας του μολύσματος και της έντασης της βερτισιλλίωσης σε διάφορα είδη φυτών, όπως η τομάτα. Το οριακό επίπεδο μικροσκληρωτίων (threshold level) που απαιτείται να υπάρχει στο έδαφος για να προκληθεί ασθένεια, εξαρτάται από το είδος του φυτού, την ποικιλία του, τις τοπικές εδαφικές και κλιματικές συνθήκες κ.ά.

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 (Grogan *et al.* 1979).

Η αναλογία προσβολής της τομάτας από το *V. dahliae* εντάθηκε με αυξήσεις της πυκνότητας μολύσματος σε συνθήκες φυσικής μόλυνσης του εδάφους. Διαπιστώθηκε ότι όλα τα φυτά είχαν μολυνθεί προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, άσχετα με την πυκνότητα μολύσματος στο έδαφος, η οποία κυμαινόταν μεταξύ 0,1 και 27 ms/g εδάφους. Όμως, μόνο εξωτερικά συμπτώματα εμφανίστηκαν σε φυτά που αναπτύσσονταν σε πυκνότητες μολύσματος μεταξύ 0,1 και 9 ms/g εδάφους. Η μέγιστη απώλεια της παραγωγής κάτω απ' αυτές τις συνθήκες ήταν περίπου 40% (Ashworth *et al.* 1979).

Ο ελάχιστος αριθμός κονιδίων του *V. dahliae* για 100% προσβολή της τομάτας είναι 50000 κονίδια/g εδάφους, ενώ ο ελάχιστος αριθμός μικροσκληρωτίων είναι 100. Το δυναμικό του μολύσματος των κονιδίων μειώνεται από 100% σε μηδέν μετά παρέλευση 3 εβδομάδων, ενώ δεν υπάρχει μείωση του δυναμικού του μολύσματος των μικροσκληρωτίων μετά από 7 εβδομάδες (Green 1969).

7.5 Αερισμός του εδάφους

Για την επίδραση του αερισμού του εδάφους στην ανάπτυξη και στην επιβίωση του *V. dahliae* δεν υπάρχουν λεπτομερείς μελέτες. Όμως έχει αναφερθεί ότι η βλαστικότητα των μικροσκληρωτίων που υπάρχουν στο έδαφος εξαρτάται από τον αερισμό του (Henis 1971).

Ο Menzies (1962) ανέφερε ότι τα μικροσκληρωτία του μύκητα εξαλείφθηκαν από το έδαφος με πλημμύρισμά του και απέδωσε την καταστροφή τους στην συνεπαγόμενη της πλημμύρας αναεροβίωση. Οι Ioannou *et al.* (1977) παρατήρησαν πως όταν ο *V. dahliae* καλλιεργήθηκε σε συγκεντρώσεις μειωμένου O₂ (20,9% έως 0,06%) και σχεδόν σταθερού CO₂ (0,03%), παρουσίασε μέγιστη γραμμική ανάπτυξη και σπορίωση σε 1,9% και 2,7% O₂ αντίστοιχα, ενώ η ανάπτυξη ήταν μηδενική σε συγκέντρωση 0,06% O₂. Η παραγωγή μικροσκληρωτίων ήταν μέγιστη σε 20,9% O₂ και μειώθηκε προοδευτικά με κάθε μείωση της συγκέντρωσης του O₂. Σε 20,9% CO₂ η γραμμική αύξηση ήταν η ίδια όπως σε 0,03%, όμως η σπορίωση μειώθηκε σε 20% περίπου της μέγιστης.

7.6 Βιοτικοί παράγοντες

Ένας ακόμα παράγοντας που επιδρά σημαντικά στην εξέλιξη της ασθένειας αφορά τις βιοτικές επιδράσεις. Λέγοντας βιοτικοί παράγοντες εννοούμε κυρίως τους νηματώδεις και τα έντομα.

Διάφορα είδη νηματωδών δημιουργούν πληγές στις ρίζες των φυτών και συντελούν στην αύξηση της συχνότητας προσβολής τους από την βερτισιλλίωση. Οι κυριότεροι νηματώδεις που προσβάλλουν την τομάτα είναι:

- Νηματώδεις του γένους *Meloidogyne*. Τα είδη: *Meloidogyne arenaria*, *M. halpa*, *M. incognita*, *M. javanica* βρέθηκαν να προσβάλλουν την τομάτα. Σε ορισμένα από τα είδη αυτά διαπιστώθηκε η ύπαρξη διαφόρων φυλών (*M. incognita*: 4 φυλές, *M. arenaria*: 2 φυλές, *M. Halpa*: 2 φυλές). Αν η θερμοκρασία είναι μικρότερη των 10 °C οι νηματώδεις μένουν ακινητοποιημένοι. Επαναδραστηριοποιούνται όμως όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους 15 °C.
- Ο *Heterodera rostochiensis* (χρυσονηματώδης της πατάτας). Είναι κοινό παράσιτο της πατάτας, δεν λείπει όμως και από την τομάτα στην οποία προκαλεί σημαντικές ζημιές.
- Ο *Pratylenchus penetrans* (νηματώδης των λιβαδιών). Ο *P. penetrans* τραυματίζει τις ρίζες της τομάτας, οι τραυματισμένες ρίζες συχνά προσβάλλονται από το *V. dahliae* και *V. albo atrum*.

Επίσης, διάφορα έντομα εδάφους μπορεί να παίζουν ρόλο στην προσβολή της τομάτας από τη βερτισιλλίωση (Cole *et al.* 1972).

8. Τρόποι εξάπλωσης της ασθένειας

Οι τρόποι εξάπλωσης της ασθένειας και η αξιολόγησή τους αναφέρονται παρακάτω:

8.1 Σπόροι καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών

Οι μύκητες *V. dahliae* και *V. albo-atrum* βρίσκονται στο μολυσμένο σπόρο με τη μορφή μυκηλίου ή μικροσκληρωτίων (Sackston & Martens 1959, Snyder & Wilhelm 1962, Evans *et al.* 1966). Η ικανότητα του μύκητα να προσβάλει τον σπόρο εξαρτάται από την παθογόνο ικανότητα του στελέχους και από το χρόνο προσβολής του φυτού (πρώιμα ή όψιμα) [Sherf & MacNab 1986].

Ο Kadow (1934) απομόνωσε το *V. dahliae* από το 40% έως το 50% των σπορών μελιτζάνας και τομάτας και από το 25% έως το 40% των επιφανειακά μολυσμένων σπόρων των ειδών αυτών.

8.2 Εγκατάσταση της καλλιέργειας σε μολυσμένο έδαφος

Η εξάπλωση του μύκητα μπορεί να γίνει με φύτευση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού ή υγιών σπορών σε μολυσμένο έδαφος ή με φύτευση βλαστικού υλικού που έχει αναπτυχθεί σε μολυσμένο έδαφος (Hawksworth & Talboys 1970a, 1970b).

8.3 Διασπορά μολυσμένου φυτικού υλικού και εδάφους

Η εξάπλωση του μύκητα *V. dahliae* γίνεται με διάφορους μεταφορείς, εκ των οποίων οι κυριότεροι είναι ο άνθρωπος, τα γεωργικά μηχανήματα και εργαλεία (Nachmias *et al.* 1982a, 1982b, 1982c, Rowe 1985), φυσικά αίτια (πχ. αέρας, βροχή, νερό άρδευσης σε ανοικτά αυλάκια) [Rowe 1985, Termorshuizen 1997] και φυτοφάγα ζώα (Huang *et al.* 1986).

Το γένος *Verticillium* χαρακτηρίζεται από κονίδια που διασπείρονται με το νερό και ορισμένα έντομα (Wilhelm 1955). Τα κονίδια διασκορπίζονται εύκολα με τη βοήθεια του αέρα και του νερού. Η διασπορά κονιδίων με τον αέρα φαίνεται να είναι περιορισμένη. Επίσης λόγω της μεγάλης ευπάθειας των κονιδίων στην ξηρασία, η διασπορά του μύκητα με κονίδια γίνεται σε μικρές ή πολύ μικρές αποστάσεις (Termorshuizen 1997).

8.4 Επαφή των ριζών ασθενούς και υγιούς φυτού

Οι μύκητες *V. dahliae* και *V. albo-atrum* προσβάλλουν μη τραυματισμένες ρίζες φυτών (Bewley 1922, Isaac 1946). Όμως, τραυματισμοί των ριζών μπορεί να αυξήσουν τη συχνότητα της προσβολής και τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων (McKeen & Mountain 1960).

9. Τρόποι αντιμετώπισης

Η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης δεν είναι δυνατή με διασυστηματικά μυκητοκτόνα (Θανασουλόπουλος 1992, Παναγόπουλος 1995).

Η αντιμετώπιση του *V. dahliae* αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα εξ' αιτίας της παραγωγής μικροσκληρωτίων σε φυτικά υπολείμματα που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους ή σε κάποιο βάθος του (Pegg 1974).

Οι κυριότεροι τρόποι αντιμετώπισης της βερτισιλλίωσης της τομάτας είναι οι εξής:

- Καλλιέργεια ανθεκτικών ή ανεκτικών ποικιλιών και υβριδίων
- Εμβολιασμός των κατάλληλων ποικιλιών ή υβριδίων τομάτας σε ανθεκτικά υποκείμενα
- Απολύμανση εδάφους (χημική, με ατμό, ηλιοαπολύμανση, καθώς και συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης χημικού απολυμαντικού)
- Εφαρμογή προγραμμάτων πολυετών αμειψισπορών
- Εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων
- Χρησιμοποίηση βιολογικών παραγόντων (μυκήτων ή βακτηρίων)

9.1 Καλλιέργεια ανθεκτικών και ανεκτικών ποικιλιών και υβριδίων

Για την αντιμετώπιση ασθενειών που οφείλονται σε εδαφογενή παθογόνα, χρησιμοποιούνται ανθεκτικοί και ανεκτικοί γενότυποι σολανωδών (κυρίως τομάτας και πατάτας).

Η μέθοδος αυτή είναι οικονομική και προστατεύει το περιβάλλον (Krikun *et al.* 1982). Όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν έχει βρεθεί οικονομικά αποδεκτή αντοχή στο *V. dahliae* (Fravel 1989), με αποτέλεσμα η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης να βασίζεται κυρίως σε διάφορες προληπτικές επεμβάσεις. Ένα θετικό βήμα είναι η καλλιέργεια ανθεκτικών και ανεκτικών υβριδίων τομάτας τα οποία χαρακτηρίζονται ως «μακράς

διατήρησης» (Long Shelf Life, LSL) και «ημιμακράς διατήρησης» (Semi Long Shelf Life, SLSSL).

Η συνεκτικότητα και η μετασυλλεκτική διατηρησιμότητα των καρπων της τοματας αποτελούν πολύ σημαντικά φυτοτεχνικά χαρακτηριστικά των υβριδίων, επηρεάζοντας σημαντικά την αποδοχή του καταναλωτή. Τα υβρίδια αυτά αντέχουν περισσότερο στις καταπονήσεις κατά την μεταφορά τους και διατηρούνται σε ικανοποιητική κατάσταση επί μακρύτερο διάστημα σε αντίθεση με τα κοινά υβρίδια. Τα εν λόγω υβρίδια παρατίθενται στους πίνακες 1 και 2.

Πίνακας 1. Παραδείγματα εμπορικών υβριδίων τομάτας του τύπου "Μακράς διατήρησης" (LSL) με αντοχή σε διάφορες ασθένειες και στους κομβοηματοδείς (Βακαλουνάκης και Φραγκιαδάκης 2003).

ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ	ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ
Μη αυτοκορυφολογούμενα		Αυτοκορυφολογούμενα	
Alambra	TmVF ₂ N	Amazon (T-126)	VF ₂ S
Alexandros	TmVF ₂	Big Max	VF ₂ SA
Alma	TmVF ₂ SN	Club	TmVF ₂ SA
Atletico	TmVF ₂ C	Elda	TmF ₂ NA
Banemi	TmVF ₁ N	Eros	TmVF ₂ S
Beril	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		
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		
Meivin	TmVF ₂		
Nemato	TmVF ₂		
Paso	TmVF ₂		
Petula	TmVF ₂		
Polo	TmVF ₂		
Preveza	TmVF ₁ N		
Rena	TmVF ₂		
T 1019	TmVF ₂		
Vagos 795	TmVF ₂ FrSN		
Van	TmVF ₂ A		
73-60	TmVF ₂		

Πίνακας 2. Παραδείγματα εμπορικών υβριδίων τομάτας του τύπου "Ημιμακράς διατήρησης" (SLSL) με αντοχή σε διάφορες ασθένειες και στους κομβονηματώδεις (Βακαλουνάκης και Φραγκιαδάκης 2003).

ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ	ΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ
Μη αυτοκορυφολογούμενα		Αυτοκορυφολογούμενα	
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 ₁ 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		
Prezident	TmVF ₂ NPt		
Roquetero	TmVF ₂		
Sahara	TmF ₂		

Επεξηγήσεις των συμβόλων των παθογόνων στα οποία οι ποικιλίες και τα υβρίδια τομάτας που αναφέρονται στους πίνακες 1–2 παρουσιάζουν αντοχή:

V	= <i>Verticillium dahliae</i> φυλή 1 (βερτισιλλίωση, verticillium wilt).
F	= <i>Furasium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> φυλή 1 (αδροφουζαρίωση, fusarium wilt).
F ₂	= <i>Furasium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> φυλές 1 και 2 (αδροφουζαρίωση, fusarium wilt).
F1	= <i>Furasium 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 στιγματώση 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).

9.2 Εμβολιασμός των κατάλληλων ποικιλιών ντομάτας σε ανθεκτικά υποκείμενα

Μια ενδιαφέρουσα μέθοδος για την αποφυγή της βερτισιλλίωσης είναι ο εμβολιασμός πάνω σε ανθεκτικά υποκείμενα. Στην τομάτα χρησιμοποιείται με επιτυχία το υποκείμενο KVFNTm (Παναγόπουλος 1995).

9.3 Απολύμανση εδάφους

Για την τομάτα η απολύμανση του εδάφους είναι μια από τις πιο συνήθεις και αποτελεσματικές μεθόδους αντιμετώπισης του *V. dahliae*. Η απολύμανση εδάφους έχει μεγαλύτερη εφαρμογή στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες παρά στις υπαίθριες. Η απολύμανση του εδάφους μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα χημικά σκευάσματα, με ατμό και με χρησιμοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοαπολύμανση) ή συνδυασμό ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης χημικών απολυμαντικών.

9.3.1 Χημική απολύμανση

Η απολύμανση του εδάφους με διάφορα χημικά απολυμαντικά ευρέως φάσματος, αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τη βερτισιλλίωση (Gordon *et al.* 1997). Οι δόσεις του χρησιμοποιούμενου απολυμαντικού εδάφους εξαρτώνται από το είδος του, τη δομή του και τα είδη των παθογόνων που υπάρχουν σε αυτό (Malathrakis 1985). Η εφαρμογή των εν λόγω απολυμαντικών εδάφους που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε καλλιέργειες υπό κάλυψη, δημιουργεί διάφορα προβλήματα όπως: τοξικότητα στα θηλαστικά, μόλυνση του περιβάλλοντος κ.ά. (Τζάμος 1989). Επίσης, σε ορισμένες καλλιέργειες το κόστος των διαφόρων απολυμαντικών εδάφους είναι περιοριστικός παράγοντας για τη χρησιμοποίησή τους (Fravel 1989). Τα ευρέως φάσματος απολυμαντικά εδάφους που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση της βερτισιλλίωσης αναφέρονται και αξιολογούνται παρακάτω:

- **methyl bromide 98% + chloropicrin 2% (Βρωμιούχο μεθύλιο 98/2)**

Είναι σήμερα το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο απολυμαντικό εδάφους. Εφαρμόζεται με τη θερμή (ως ατμός) μέθοδο. Επειδή το βρωμιούχο μεθύλιο δρα με την μορφή αερίου, θα πρέπει πριν την εφαρμογή του, το έδαφος να έχει ψιλοχωματισθεί, να βρίσκεται στο ρώγο του και να έχει καλυφθεί με ειδικό φύλλο διαφανούς πλαστικού πολυαιθυλενίου.

Τα φύλλα πλαστικού που χρησιμοποιούνται είναι δύο ειδών, τα κοινά φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου και τα φύλλα τριπλής στρώσης. Τα πρώτα έχουν πάχος 50-55 μm, ενώ τα φύλλα τριπλής στρώσης έχουν πάχος 32-35 μm και αποτελούνται από δύο φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου ενδιάμεσα των οποίων παρεμβάλλεται ένα φύλλο πολυαμιδίου (γι' αυτό είναι αδιαπέραστα στα αέρια και δεν επιτρέπουν τη δημιουργία σταγονιδίων στην επιφάνειά τους). Όταν η θερμοκρασία εδάφους είναι 8-10 °C, η δόση εφαρμογής του για την καταπολέμηση της βερτισιλλίωσης είναι 110 g/m², με διάρκεια υποκαπνισμού τέσσερις ημέρες.

Στα βαριά αργιλώδη εδάφη και στα εδάφη με πλούσια οργανική ουσία, η δόση εφαρμογής αυξάνεται ανάλογα και μπορεί να φτάσει μέχρι 200 g/m². Σε εδάφη που είναι πολύ υγρά ή πολύ ξηρά, δεν ενδείκνυται η εφαρμογή του βρωμιούχου μεθυλίου, γιατί δεν θα έχει αποτελεσματική δράση. Η φύτευση είναι δυνατή μετά την απομάκρυνση του πλαστικού, για μεσοδιάστημα 3-21 ημερών, ανάλογα με την θερμοκρασία του εδάφους και το είδος της καλλιέργειας.

Λόγω της μεγάλης επικινδυνότητας του βρωμιούχου μεθυλίου καθώς και της υπαιτιότητάς του για την καταστροφή του στρώματος όζοντος της στρατόσφαιρας, έχει οριστεί η σταδιακή μείωση της παραγόμενης ποσότητάς του μέχρι μηδενισμού της το 2005. Οι τελευταίες ποσότητες του βρωμιούχου μεθυλίου που υπάρχουν σήμερα στην αγορά είναι σκευάσματα περιεκτικότητας 100% σε δραστική ουσία (με την εμπορική ονομασία βρωμιούχο μεθύλιο 100-Άλφα και βρωμιούχο μεθύλιο 100-φιλοκρόπ) και σε σκευάσματα με περιεκτικότητα 98% βρωμιούχου μεθυλίου και 2% χλωροπικρίνης που είναι δακρυγόνο και χρησιμοποιείται ως προειδοποιητικό αέριο για την αποφυγή δηλητηριάσεων των χρηστών από εισπνοές του βρωμιούχου μεθυλίου.



Εικόνα 12: Συσκευασία βρωμιούχου μεθυλίου

- **metam sodium 32% SL N-methyl sodium dithiocarbamate (Sodam 32 SL)**

Η εφαρμογή του στο έδαφος μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες εδάφους από 7 °C μέχρι και πάνω από 20 °C. Η άριστη θερμοκρασία εδάφους για την εφαρμογή του Sodam 32 SL 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.

Για να εφαρμοστεί στο έδαφος θα πρέπει αυτό να είναι οργωμένο καλά και να βρίσκεται στο ρώγο του. Η εφαρμογή γίνεται με μηχανικούς εγχυτήρες σε βάθος 20 cm, και σε αποστάσεις μεταξύ των εγχύσεων 15 cm. Επίσης μπορεί να διαλυθεί στο νερό σε αναλογία

1:10 και να εφαρμοστεί με διαβροχή εδάφους. Σε καλοκαιρινή απολύμανση, θα πρέπει το έδαφος να καλυφθεί με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου.

- **formaldehyde (φορμαλδεΐδη)**

Η φορμαλδεΐδη είναι ισχυρό βακτηριοκτόνο και μυκητοκτόνο που χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό θερμοκηπίου. Η φορμαλδεΐδη του εμπορίου είναι περιεκτικότητας 38-40% σε δραστική ουσία. Χρησιμοποιείται για την απολύμανση του εδάφους, αφού προηγουμένως διαλυθεί σε νερό σε αναλογία 1/20 ή 1/30. Εφαρμόζεται στο έδαφος με διαβροχή σε δόση 10 lt διαλύματος/m². Ακολουθεί άρδευση του εδάφους και κάλυψή του με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου για 2 μέρες.

Η φορμαλδεΐδη εκτός από την παραπάνω χρήση της εφαρμόζεται και συμπληρωματικά ως απολυμαντικό της επιφάνειας του εδάφους, το οποίο έχει ήδη απολυμανθεί με κάποιο άλλο πτητικό απολυμαντικό και έχει καλυφθεί με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Η εφαρμογή της φορμαλδεΐδης γίνεται για να απολυμανθεί:

- α) το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε στο παράχωμα του πλαστικού κάλυψης και
- β) οι διάδρομοι και τα άκρα του θερμοκηπίου.

Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η φορμαλδεΐδη είναι ισχυρά τοξική και τερατογόνος-καρκινογόνος, γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται οι απαραίτητες προφυλάξεις (ειδική στολή, μάσκα, γάντια κ.ά.) κατά τη διάρκεια της χρησιμοποίησής της.

- **calcium cyanamide (CaCN₂)**

Η ασβεστούχος κυαναμίδη, θεωρείται ήπιο απολυμαντικό εδάφους γιατί, δεν αφήνει χημικά υπολείμματα στο έδαφος και δεν είναι τοξική για τον άνθρωπο. Η παρασιτοκτόνος δράση της οφείλεται στην κυαναμίδη, που είναι η πρώτη χημική ένωση η οποία δημιουργείται από τη διάσπασή της. Η διάσπαση της ασβεστούχας κυαναμίδης στο έδαφος διευκολύνεται από την εδαφική υγρασία του (που πρέπει να είναι στο σημείο υδατοϊκανότητας), την υψηλή θερμοκρασία και τη μεγάλη περιεκτικότητα σε εύκολα αποσυντιθέμενη οργανική ουσία (που πρέπει να έχει ομοιόμορφα ενσωματωθεί σε αυτό).

Η ασβεστούχος κυαναμίδη περιέχει 19,8-20,5% άζωτο και 55-60% ασβέστιο. Η δόση εφαρμογής της είναι 100 g/m². Η φύτευση γίνεται τουλάχιστον 20 ημέρες μετά την εφαρμογή της.

9.3.2 Ηλιοαπολύμανση

Μία ενδιαφέρουσα μέθοδος απολύμανσης του εδάφους, που αποτελεί εναλλακτική λύση στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης και άλλων παρασίτων του, συγκριτικά με τα χημικά απολυμαντικά, είναι η ηλιοαπολύμανση (solarization, solar heating) (Katan *et al.* 1984). Η ηλιοαπολύμανση βασίζεται στην ίδια αρχή με την απολύμανση του εδάφους με ατμό (Dawson *et al.* 1965). Η μέθοδος της ηλιοαπολύμανσης έχει τα χαρακτηριστικά μιας ολοκληρωμένης αντιμετώπισης, διότι αλληλεπιδρούν φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί μηχανισμοί και επιτυγχάνεται η αντιμετώπιση των διαφόρων παρασίτων (Katan 1981). Η ηλιοαπολύμανση είναι μια υδροθερμική μέθοδος που η θερμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από υγρό έδαφος, το οποίο τους καλοκαιρινούς μήνες είναι καλυμμένο με φύλλο λεπτού και διαφανούς πλαστικού πολυαιθυλενίου (Stapleton & DeVay 1982) πάχους 0,025-0,12 mm. Το έδαφος θα πρέπει να είναι ποτισμένο, να βρίσκεται στο ρώγο του, να είναι ισοπεδωμένο κ.ά. Η κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με το φύλλο του πλαστικού θα πρέπει να έχει γίνει επιμελημένα για να μην υπάρξουν διαρροές της εγκλωβισμένης θερμότητας προς το χώρο του θερμοκηπίου. Η περίοδος κάλυψης του εδάφους με το φύλλο του πλαστικού θα πρέπει να είναι ικανοποιητική (συνήθως τέσσερις εβδομάδες ή μεγαλύτερη) για να καταστραφούν σε μεγάλο βάθος οι εχθροί και τα παθογόνα που υπάρχουν σε αυτό (Pullman *et al.* 1979). Μακράς διάρκειας ηλιοαπολύμανση συντελεί στην καταστροφή του *V. dahliae* σε βάθος 50 cm ή περισσότερο (Katan *et al.* 1984). Λόγω μείωσης της προσβολής και της σοβαρότητας της ασθένειας, έχει παρατηρηθεί ότι η ηλιοαπολύμανση συντελεί σε αυξημένη ανάπτυξη των φυτών και αυξημένη παραγωγή τους (Stapleton & DeVay 1982).



Εικόνα 13, 14: Θερμοκήπια που η επιφάνεια του εδάφους τους έχει καλυφθεί με φύλλα διαφανούς πλαστικού προκειμένου να εφαρμοστεί ηλιοαπολύμανση.

Ηλιοαπολύμανση εδάφους, στο οποίο επρόκειτο να καλλιεργηθούν τομάτες συντέλεσε στη μείωση της προσβολής από την βερτισιλλίωση σε ποσοστό 25-95%. 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 μολυσμένο αγρό (Katan *et al.* 1976). Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική σε θερμά και εύκρατα κλίματα (Katan *et al.* 1976, 1984) και είναι απλή, εύκολη και φιλική προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Παρόλα τα πλεονεκτήματά της η ηλιοαπολύμανση δεν είναι διαδομένη στην Κρήτη, γιατί οι πρώτες δοκιμές που έγιναν σε πλαστικά θερμοκήπια λαχανικών δεν είχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα λόγω: α) της πλημμελούς γνώσης και εφαρμογής της μεθόδου από τους καλλιεργητές και β) της σημαντικής φθοράς που προκαλείται από τις υψηλές θερμοκρασίες στα πλαστικά κάλυψης των θερμοκηπίων, τα οποία παραμένουν συνήθως κλειστά το καλοκαίρι καθόλη τη διάρκεια της επέμβασης.

9.3.3 Απολύμανση με ατμό

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την απαλλαγή των οργανικών υποστρωμάτων της καλλιέργειας καθώς και του εδάφους των θερμοκηπίων από: τους μύκητες, τα βακτήρια, τους ιούς, τους νηματώδεις, τα έντομα και τα ζιζάνια.

Η μέθοδος στηρίζεται στη θέρμανση του εδάφους ή του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών σε βάθος 20-30 cm., με την κυκλοφορία εντός αυτού υπέρθερμου ατμού (90 °C επί 30 min) που παράγεται από ατμογεννήτρια. Ο ατμός διοχετεύεται στο υπόστρωμα μέσω σωληνώσεων που καταλήγουν σε μεταλλικό κώδωνα ή πλαστικό φύλλο μέσα στο οποίο εγκλωβίζεται το προς απολύμανση υπόστρωμα. Οι παθογόνοι μύκητες καταστρέφονται στους 57 °C, τα παθογόνα βακτήρια στους 60 °C, οι σπόροι των ζιζανίων στους 80 °C και οι παθογόνοι ιοί στους 93 °C. Προϋπόθεση επιτυχίας της μεθόδου είναι το έδαφος να βρίσκεται στο ρώγο του.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου

- Έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από τα χημικά απολυμαντικά.
- Ενεργοποιεί τα ωφέλιμα βακτήρια του εδάφους που διασπών και αποδίδουν στο εδαφικό διάλυμα τα λιπαντικά στοιχεία του εδάφους και της οργανικής ουσίας.
- Επιτάχυνση στο φύτευμα των σπόρων (λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του εδάφους κατά τη διάρκεια της επέμβασης). Συμβάλλει στην πρωίμηση της παραγωγής των φυτών.
- Δεν αφήνει τοξικά κατάλοιπα στο έδαφος, σε αντίθεση με τα χημικά απολυμαντικά (συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος).

- Μπορεί το έδαφος να χρησιμοποιηθεί αμέσως μετά την απολύμανση.
- Μπορεί η μέθοδος αυτή να αποδώσει ικανοποιητικά και σε χαμηλές θερμοκρασίες εδάφους.
- Έχει μικρότερο κόστος εφαρμογής σε σχέση με τη χημική απολύμανση του εδάφους.

Μειονεκτήματα της μεθόδου

- Έχει μεγάλο κόστος αγοράς των μηχανημάτων (ατμογενήτρια, σωληνώσεις κ.λ.π.).
- Είναι χρονοβόρα και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση μεγάλων εκτάσεων.
- Ελευθερώνει αμμωνία, μαγνήσιο κ.λ.π. άλατα στο έδαφος και απαιτείται ξέπλυμα του μετά την εφαρμογή.



Εικόνα 15: Ατμογενήτρια που χρησιμοποιείται για την απολύμανση εδάφους.

9.3.4 Συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης απολυμαντικού εδάφους

Ο συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης ενός ευρέως φάσματος πτητικού απολυμαντικού εδάφους (methyl bromide, metham sodium κ.ά.) είχε εξαιρετικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης (Ben-Yephet *et al.* 1989). Συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης με metham sodium είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή του μύκητα σε διάστημα μιας εβδομάδας (Ben-Yephet *et al.* 1989). Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι οικονομικότερη από τη χημική απολύμανση του εδάφους με χρησιμοποίηση απολυμαντικών ευρέως φάσματος.

9.4 Χημική αντιμετώπιση

Η ανάπτυξη του μύκητα στα αγγεία του ξύλου των προσβεβλημένων φυτών, εμποδίζει την επαφή με την πλειονότητα των κοινών μυκητοκτόνων που εφαρμόζεται στα φύλλα. Η πρώτη «γενιά» δραστικών φαρμάκων εναντίον παθογόνων των αγγείων του ξύλου ήταν οι βενζιμιδαζόλες. Τα μυκητοκτόνα αυτά στην αρχή υποσχόταν πολλά και εφαρμόστηκαν σε ριζοποτίσματα ποωδών φυτών που έχουν αβαθές ριζικό σύστημα, όπως η τομάτα. Αυτό εξασφάλιζε υψηλό βαθμό αντιμετώπισης της βερτισιλλίωσης για μερικές εβδομάδες ή μήνες.

Επειδή έχει αναφερθεί η ύπαρξη ανθεκτικών στελεχών παθογόνων μυκήτων, συμπεριλαμβανομένων ειδών του γένους *Verticillium*, στα βενζιμιδαζολικά μυκητοκτόνα, θα πρέπει κάθε ένα από αυτά να χρησιμοποιείται σε μίγμα με ένα προστατευτικό μυκητοκτόνο, για να εμποδίζεται η επιλογή νέων ανθεκτικών στελεχών. Τα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιούνται συνήθως για την αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης είναι τα εξής:

- **carbendazim 50% WP (Carbendazim-Veterin 50 WP)**

Είναι μυκητοκτόνο με προστατευτική και θεραπευτική δράση. Εφαρμόζεται με ψεκασμούς φυλλώματος ή εδάφους. Χρησιμοποιείται σε τομάτα, πεπόνι, καρπούζι κ.ά. Συνδυάζεται με όλα τα γνωστά γεωργικά φάρμακα εκτός από αυτά με αλκαλική αντίδραση και τα γαλακτωματοποιήσιμα σκευάσματα.

Για την αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης στην ύπαιθρο ή στο θερμοκήπιο απαιτούνται 60 g σκευ./στρ. με διαβροχή του εδάφους κατά την φύτευση με 1 λίτρο διαλύματος/φυτό. Οι τομάτες θερμοκηπίου δεν επιτρέπεται να ψεκάζονται πάνω από 3 φορές κατά την καλλιεργητική περίοδο και όχι συχνότερα από 2 εβδομάδες. Στο σπορείο η αντιμετώπιση γίνεται με 60-90 g σκευ./100 λίτρα νερό, ομοιόμορφο πότισμα σε όλη την επιφάνεια με 2-3 λίτρα διαλύματος/τ. μέτρο. Για τη τομάτα, η τελευταία επέμβαση πριν τη συγκομιδή θα πρέπει να είναι 7 ημέρες.

- **Thiophanate methyl 35% + dodine 32,5% WP**

Είναι μυκητοκτόνο με προστατευτική και θεραπευτική δράση. Εφαρμόζεται με ψεκασμούς και με ριζοποτίσματα. Δεν συνδυάζεται με παρασιτοκτόνα που έχουν αλκαλική αντίδραση.

Για την βερτισιλλίωση της τομάτας απαιτούνται 70-100 g σκευ./100 λίτρα νερό και πότισμα των φυτών με 200-300 κ. εκ. διαλύματος/φυτό. Για τη τομάτα, η τελευταία επέμβαση πριν τη συγκομιδή θα πρέπει να είναι 14 ημέρες. Το εν λόγω φυτοφάρμακο είναι

επικίνδυνο (Xn) και ερεθιστικό (Xi) και πρέπει να εφαρμόζεται με μεγάλη προσοχή γιατί υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης μόνιμων βλαβών υγείας από τους χρηστές.

- **Thiophanate methyl 17,5% + thiram 60% WP**

Μείγμα ενός βενζιμαδαζολικού και ενός διθειοκαρβαμιδικού μυκητοκτόνου. Εφαρμόζεται με ριζοποτίσματα για την αντιμετώπιση ασθενειών εδάφους. Συνδυάζεται με όλα τα παρασιτοκτόνα που έχουν ουδέτερη αντίδραση.

Για την βερτισιλλίωση της τομάτας απαιτούνται 350 g σκευ./100 λίτρα νερό (διάλυμα). Απαιτούνται 200-300 κ. εκ διαλύματος/φυτό μόλις εμφανιστεί η ασθένεια.

9.5 Εφαρμογή προγραμμάτων πολυετών αμειψισπορών

Η αμειψισπορά φαίνεται να είναι σήμερα μία ενδιαφέρουσα μέθοδος αντιμετώπισης της βερτισιλλίωσης στα είδη των φυτών στα οποία δεν υπάρχουν ανθεκτικές ποικιλίες και υβρίδια. Οι μικρής διάρκειας (δύο-τριών ετών) αμειψισπορές δεν είναι αποτελεσματικές στην αντιμετώπιση του *V. dahliae* (Huisman & Ashworth 1976, Scholte 1990), επειδή τα μικροσκληρώτια του μύκητα επιβιώνουν στο έδαφος για μακρύ χρονικό διάστημα (μεγαλύτερο από μια χρόνια), απουσία ξενιστών του (Wilhelm 1951), παραμένοντας συνήθως σε αυτό σε ποσότητες που επαρκούν για να προκαλέσουν σημαντικές απώλειες στην παραγωγή των φυτών (Powelson & Rowe 1993).

Η επιτυχία της μεθόδου αυτής εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως: η επιβίωση του μύκητα σε ασυμπτωματικούς φορείς (Lacy & Horner 1966, Busch *et al.* 1978), η ικανότητα του μύκητα να παραμένει για πολλά χρόνια στο έδαφος ή σε φυτικά υπολείμματα (Green 1951, Johnson *et al.* 1980), οι καλλιεργητικές φροντίδες (Green 1951, Johnson *et al.* 1980), η πυκνότητα του μολύσματος στο έδαφος (Ashworth *et al.* 1972, DeVay *et al.* 1974, Busch *et al.* 1978, Ben-Yephet *et al.* 1980), η ύπαρξη μικροοργανισμών στο έδαφος που καταστρέφουν ή επισπεύδουν το θάνατο των μικροσκληρωτίων του μύκητα (Powelson & Rowe 1993), οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής (Busch *et al.* 1978), η εποχή καλλιέργειας ενός ευπαθούς είδους (Ben-Yephet 1985) κ.ά.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η έλλειψη εξειδίκευσης του μύκητα ως προς τον ξενιστή, η μακρόχρονη επιβίωση των μικροσκληρωτίων στο έδαφος απουσία ξενιστών και ο σχηματισμός μικροσκληρωτίων σε ηλικιωμένους ιστούς διαφόρων αυτοφυών φυτών και σε φύλλα καλλιεργούμενων φυτών (Busch *et al.* 1978, Johnson *et al.* 1980), θα μπορούσε να είναι επίσης σοβαροί παράγοντες στην αποτυχία πολυετών προγραμμάτων αμειψισποράς. Γι

αυτό, η μείωση των αναπαραγωγικών μονάδων του *V. dahliae* σε αγρό που καλλιεργείται με διάφορα ασυμπτωματικά είδη (σιτάρι, αραβόσιτος κ.ά.) είναι βραδεία (Huisman & Ashworth 1976). Έχει αναφερθεί ότι ακόμα και μακράς διάρκειας αμειψισπορές που περιλαμβάνουν φυτικά είδη τα οποία δεν είναι ξενιστές του μύκητα, δεν καταστρέφουν συνήθως το μύκητα στο έδαφος (Ben-Yephet *et al.* 1989).

9.6 Εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων

Η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης έχει επίσης στηριχθεί σε εφαρμογή των ενδεικνυόμενων καλλιεργητικών πρακτικών (λίπανσης, άρδευσης, ζιζανιοκτονίας, νηματώδοκτονίας, απομάκρυνσης και καταστροφής με φωτιά των υπολειμμάτων των φυτών, καλλιέργειας του εδάφους κ.λ.π. Οι πρακτικές αυτές αποσκοπούν κυρίως στην ελάττωση της προσβολής και της σοβαρότητας της ασθένειας και όχι στην εξάλειψή της, η οποία είναι πάρα πολύ δύσκολη.

Η λίπανση των καλλιεργειών θα πρέπει να είναι ισορροπημένη και να αποφεύγεται η εφαρμογή υπερβολικής ποσότητας αζώτου (Δημητριάδης 1970). Έχει διαπιστωθεί ότι ορισμένα εδαφοβελτιωτικά μειώνουν τη συχνότητα βερτισιλλίωσης στις καλλιέργειες που ακολουθούν σε μολυσμένο αγρό (Tolmsoff & Young 1959)· όμως δεν είναι βέβαιο αν αυτό σχετίζεται με επίδραση τους πάνω στο παθογόνο, τον ξενιστή ή και στα δύο.

Η ενσωμάτωση χλωρής λίπανσης στο έδαφος καταστέλλει τη βερτισιλλίωση, λόγω αλλαγής στη δραστηριότητα και σύνθεση της μικροχλωρίδας του εδάφους. Για παράδειγμα οι Davis *et al.* (1993) διαπίστωσαν ότι η χλωρή λίπανση αραβόσιτου (*Zea mays*), βρώμης (*Avena sativa*), μπιζελιού (*Pisum sativum*), γογγυλιού (*Brassica rapa*) και σόργου του Σουδάν (*Sorghum vulgare* var. *Sudanense*) κατέστειλαν τη βερτισιλλίωση της πατάτας συγκριτικά με την ακαλλιέργεια του εδάφους με εξολόθρευση των ζιζανίων. Όμως, η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης επιτυγχάνεται μόνο μετά από εφαρμογή χλωρής λίπανσης για δυο συνεχόμενα χρόνια, γιατί η εφαρμογή της για ένα μόνο χρόνο δεν είναι αποτελεσματική. Στην πράξη τριετής περίοδος χλωρής λίπανσης είναι ακόμα καλύτερη στη μείωση της σοβαρότητας της ασθένειας.

Η άρδευση των καλλιεργειών με αυλάκια αυξάνει τη σοβαρότητα της ασθένειας σε σχέση με την άρδευση με σταλακτήρες, λόγω πιθανής διασποράς αναπαραγωγικών μονάδων του μύκητα (Davis & Everson 1986). Το νερό άρδευσης των αυλακιών συγκεντρώνει και μεταφέρει αναπαραγωγικές μονάδες του μύκητα, όταν διέρχεται μέσω μολυσμένων αγρών (Easton *et al.* 1969). Γι' αυτό, θα πρέπει το νερό να μη διέρχεται μέσω μολυσμένων αγρών

όταν η άρδευση της καλλιέργειας γίνεται με αυλάκια (Θανασουλόπουλος 1992). Σε μια λίμνη καθίζησης, που βρισκόταν 160 m περίπου από μία προσβλημένη καλλιέργεια πατάτας βρέθηκαν 4.388-15.410 αναπαραγωγικές μονάδες του μύκητα ανά λίτρο ακάθαρτου νερού.

Η ποσότητα του εφαρμοζόμενου νερού άρδευσης επηρεάζει την ανάπτυξη της βερτισιλλίωσης. Διαπιστώθηκε ότι η συχνότερη άρδευση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της συχνότητας της ασθένειας (Krikun 1975). Υπερβολικές αρδεύσεις συντελούν στη μερική έλλειψη του διαθέσιμου οξυγόνου του εδάφους και έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή των μικροσκοληρωτίων που υπάρχουν στα υπολείμματα της καλλιέργειας.

Η καλλιέργεια του εδάφους θα πρέπει να γίνεται με προσοχή για να αποφεύγονται οι τραυματισμοί των ριζών των φυτών (Sewell 1971).

Η ζιζανιοκτονία θα πρέπει να γίνεται έγκαιρα με χρησιμοποίηση των κατάλληλων χημικών σκευασμάτων (Tjamos 1989). Η καταστροφή της αυτοφυούς βλάστησης στους μολυσμένους αγρούς (Θανασουλόπουλος 1992) που είναι ξενιστές του *V. dahliae*, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας του μολύσματος στο έδαφος. Για να είναι η μέθοδος αυτή αποτελεσματική θα πρέπει να καταστρέφεται ακόμα και η αυτοφυής βλάστηση που βρίσκεται στα όρια του αγρού, ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη του μύκητα και ο σχηματισμός και η απελευθέρωση μικροσκοληρωτίων στο έδαφος (Tjamos 1989). Αντίθετα, μη έγκαιρη καταστροφή των ζιζανίων μπορεί να συντελέσει στην επιβίωση του μύκητα στο έδαφος ενώ ταυτόχρονα μπορεί να οδηγήσει στη μειωμένη αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων αμειψισποράς.

Η νηματοδοκτονία θα πρέπει να γίνεται έγκαιρα, με χρησιμοποίηση των κατάλληλων απολυμαντικών εδάφους. Η νηματοδοκτονία έχει ιδιαίτερη σημασία στην καλλιέργεια της πατάτας και της τομάτας. Εφαρμογή του metham sodium μέσω του συστήματος άρδευσης με καταιονισμό, σε δόσεις 25 lt ανά στρέμμα, στο Ισραήλ αύξησε την παραγωγή της πατάτας μέχρι 75%.

Η άμεση απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων διαφόρων ευπαθών καλλιεργειών, π.χ πατάτας, έχει ως αποτέλεσμα μείωση του πληθυσμού του μύκητα στο έδαφος (Mol *et al.* 1995).

Η απομάκρυνση και καταστροφή με φωτιά των προσβλημένων φυτών καθώς και των υπολειμμάτων των προσβλημένων καλλιεργειών θα πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την συγκομιδή για να αποφεύγεται η αύξηση του δυναμικού μολύσματος του μύκητα στο έδαφος.

Η ενσωμάτωση στο έδαφος των υπολειμμάτων διαφόρων φυτών καθώς και διαφόρων εδαφοβελτιωτικών συντελεί σε μείωση του πληθυσμού του μύκητα που υπάρχει σε αυτό (Subbarao & Hubbard, 1996, Xiao *et al.* 1996). Όμως, η ενσωμάτωση στο έδαφος των υπολειμμάτων των καλλιεργειών θα πρέπει να συνοδεύεται με προσθήκη αναλόγων ποσοτήτων αζώτου.

9.7 Χρησιμοποίηση βιολογικών εχθρών.

Οι βιολογικοί εχθροί αποτελούν σήμερα μια από τις μελλοντικές ελπίδες για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης. Οι σπουδαιότεροι βιολογικοί εχθροί του γένους *Verticillium* είναι:

α) **Ανταγωνιστές μύκητες** που επηρεάζουν την επιβίωση των μικροσκληρωτίων, τα οποία έχουν ήδη εξασθενήσει από την ηλιοαπολύμανση ή τη χημική απολύμανση του εδάφους.

β) **Ανταγωνιστές μύκητες ή βακτήρια** που εμποδίζουν την προσβολή των φυτών από τα μικροσκληρώτια, τα οποία βλαστάνουν στο έδαφος (Tjamos 1997). Οι ανταγωνιστές των ειδών του γένους *Verticillium* που προστίθενται στο έδαφος, έχουν δοκιμασθεί ως βιολογικοί παράγοντες, με ποικίλλουσα επιτυχία. Οι ανταγωνιστές μύκητες που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι: *Gliocladium roseum*, *Trichoderma* spp., *Talaromyces flavus*, *Penicillium chrysogenum* κ.ά.

Ο *Talaromyces flavus* (ατελής μορφή *Penicillium dangeardii* Pitt, συν. (*P. vermiculatum* Dang.) είναι ένας ασκομύκητας ευρύτατα διαδεδομένος στις εύκρατες περιοχές του κόσμου (Fravel & Adams 1986). Ο εδαφογενής μύκητας *T. flavus* είναι ανταγωνιστής του *V. dahliae* (Tjamos & Vellios 1997). Ο *T. flavus* καταστέλλει τη βερτισιλλίωση της τομάτας, πατάτας και μελιτζάνας (Fahima & Henis 1995). Οι μηχανισμοί βιολογικής αντιμετώπισης του *V. dahliae* από τον *T. flavus* περιλαμβάνουν: **ανταγωνισμό, παρασιτισμό και αντιβίωση** (Fahima & Henis 1995). Ο *T. flavus* εμποδίζει την προσβολή του *V. dahliae*, σκοτώνοντας τα μικροσκληρώτια του στο έδαφος (Marois *et al.* 1984). Ο *T. flavus* είναι ικανός να αποικίζει τη ριζόσφαιρα διαφόρων ξενιστών του παθογόνου και να παρεμποδίζει τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων ή να προκαλεί νέκρωσή τους (Marois *et al.* 1984).

Η εγκατάσταση του *T. flavus* στην ζώνη επιμήκυνσης των ριζών συντελεί στη βιολογική αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης, επειδή παρεμποδίζει την είσοδο και εγκατάσταση του παθογόνου στα άκρα της ρίζας. Έχει αναφερθεί ότι ο *T. flavus* αποικίζει κατά προτίμηση τα άκρα της ρίζας των ξενιστών της οικογένειας Solanaceae, απ' ότι το έδαφος της ριζόσφαιρας ή της ριζικής επιφάνειας (Tjamos 1997).

Έχει αναφερθεί ότι εμβάπτιση των ριζών τομάτας σε διήθημα των *Trichoderma viride* και *Penicillium chrysogenum*, αντιμετώπισε αποτελεσματικά το *V. albo-atrum* (Dutta 1981). Διάφορα **βακτήρια της ριζόσφαιρας και της ενδόσφαιρας**, που έχουν ιδιαίτερη ικανότητα να εγκαθίσταται στα άκρα της ρίζας ή ενδοφυτικά, αντιμετωπίζουν τη βερτισιλλίωση. Για παράδειγμα, είδη των γενών: *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Glucobacterium* (Azad *et al.* 1985) *Bacillus* (Azad *et al.* 1985) και *Streptomyces*, καθώς επίσης είδη που δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο, των γενών: *Azotobacter* και *Azotomonas* (Azad *et al.* 1985). Έχει αναφερθεί ότι τα: *Actinobacillus ligniersii*, *Comamonas acidovorans*, *Enterobacter intermedius*, *Paenibacillus macerans*, *Serratia grimesii*, *Sphingobacterium heparinum*, *Stenotrophomonas maltophilia* και *Yerstnia frederiksenii* είναι ανταγωνιστές του *V. dahliae* και θα πρέπει να αξιολογηθούν ως βιολογικοί παράγοντες αντιμετώπισής του (Lottmann *et al.* 1997).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 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., and O.C Huisman.** 1972. Influence of desiccation on viability of microsclerotia of *Verticillium albo-atrum*. (Abstr.) Phytopathology 62: 744.
- Ashworth, L.J.Jr., J.F. Waters, A.G. George, and O.D. McCucheon.** 1972. Assesment of microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* in field soils. Phytopathology 62: 715-719.
- Azad, H.R., J.R. Davis, W.C. Schnathorst, and C.I. Kadow.** 1985. Reletionships between rhizoplane and rhizosphere bacteria and *Verticillium* wilt resistance in potato. Arch. Microbiol. 140: 347-351.
- Ben-Yephet, Y. and Y. Szmulewich.** 1985. Inoculum levels of *Verticillium dahliae* in soils of the hot semi-arid Negev region of Israel. Phytoparasitica 13:193-200.
- Ben-Yephet, Y., Z.R. Frank, J. M. Melero-Vera, and J.E. DeVay.** 1989. Effect of crop rotation and methamsodium on *Verticillium dahliae*. In: Vascular wilt Disease of Plants.
- Ben-Yephet, Y.,L. Gurevich, and Z. Frank.** 1980. The relationship between inoculum density of *Verticillium dahliae* microsclerotia in the field
- Berkeley, G.H., G.O. Madden, and R.S. Willison.** 1931. *Verticillium* wilts in Ontario. Sci. Agr. 11: 739-759.
- Bersi, M.,** 1989. La verticilliose de la tomato cultivee sous abris platique au Maroc. Acta Horticulturae 278 : 355-360.
- Bewley, W.F.,** 1922. << Sleepy disease >> of tomato. Ann. Appl. Biol. 49:116-133
- Brandt, W.H.** 1964. Morphogenesis in *Verticillium*: effects of light and ultraviolet radiation on microsclerotia and melanin. Can. J. Bot. 42: 2017-2023.
- Brinkerhoff, L.A.** 1973. Effect of environment on the Pathogen and the disease. Pages 78-79 in: *Verticillium* wilt of Cotton. Proc. Work Conf., Aug. 30 – Sept. 1, 1971.
- Busch, L.V., E.A. Smith, and F. Njoh-Elanco.** 1978. The effect of rotation as a practical control of *Verticillium* wilt of potato. Can.Plant Dis. Surv. 58: 61-64.
- Βακαλουνάκης, Δ.Ι. και Φραγκιαδάκης, Γ.Α.** φυτοπαθοβελτίωση με έμφαση στην τομάτα και τα κολοκυνθοειδή. Εκδοσεις Τυποκρετα α.ε. σελ. 356-363. και 367-369.

- Cole, H., W.R. Wills, and L.B. Massie.** 1972. Influence of seed and soil treatments on *Verticillium* induced yield reduction and tuber defects. *Am. Pot. J.* 48: 79-92.
- Davis, J.R. and D.O. Everson.** 1986. Relationship 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., O.C. Huisman, D.T. Westermann, L.H. Sorensen, A.T. Schneider, and J.C. Stark.** 1993. The influence of cover crops on the suppression of *Verticillium* wilt of potato. In: *Potato Pest Management: A Global Perspective* ed. G.W. Zehnder, M.L.
- Dawson, J.R., R.A. Johnson, P. Adams, and F.T. Last.** 1965. Influence of steam/air mixtures, when used for heating soil, on biological and chemical properties that affect seedling growth. *Ann. Appl. Biol.* 56: 243-259.
- Dendy, I. G., and G.E. Wooliams.** 1962. The development of *Verticillium* resistant strains of established tomato varieties. *Can. J. Plant Sci.* 42: 681- 685.
- 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.
- Dutta, B.K.** 1981. Studies on some fungi isolated from the rhizosphere of tomato plants and the consequent prospect for the control of *Verticillium* wilt. *Plant & Soil* 63: 209-216.
- Δημητριάδης, Σ.Α.** 1970. Μαθήματα Φυτοπαθολογίας. Τόμος Β' Ειδική Φυτοπαθολογία (Νοσολογία). Αθήνα, σελ. 395.
- E.C. Tjamos and C.H. Beckman,** eds. NATO ASI series, Vol. H28:543-555. Springer-Verlag, pp590
- 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.
- Edgington, L.V., and J.C. Walker.** 1957. Influence of soil and air temperature of *Verticillium albo-atrum* in soil. *Phytopathology* 47: 594-598.
- 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., and A.C. Gleeson.** 1973. Observations on the origin and nature of *Verticillium dahliae* colonizing plant roots. Aust. J. biol. Sci., 26: 151-161.
- Evans, G., W.C. Snyder, and S.Wilhelm.** 19966. Inoculum increase of the Verticillium wilt fungus in cotton. Phytopathology 56: 590-594.
- Fahima, T., and Y. Henis.** 1995. Quantitative assessment of the interaction between the antagonistic fungus *Talaromyces flavus* and the wilt pathogen *Verticillium dahliae* on eggplant roots. Plant and Soil 176: 129-137.
- 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.
- Francl, L.J., L.V. Madden, R.C. Rowe, and R.M. Riedel.** 1990. Correlation of growing season environmental variables and the effect of early dying on potato yield. Phytopathology 80: 425-432.
- Fravel, D. R., and P .B. Adams.** 1986. Estimation of United States and world distribution of *Talaromyces flavus*. Mycologia, 78: 684 - 686.
- 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.
- Gentile, I.A., M. Coghe, and A. Matta.** 1982. Phenols, polyphenol oxidase and peroxidase in pepper plants infected by virulent and avirulent strains of *Verticillium*. Rivista di Patologia Vegetale 18:5-12. (In: Rev. Plant Pathol. 61: 7277, 1982).
- Gordon, T.R., J.M. Duniway, A.O. Paulus, M. Vilchez, and F. Westerlund.** 1997. The effect of chemical fumigants and cover crops on soilborne pathogens of strawberries in California. Page 82 in: Abstr. 7th International Verticillium Symposium, Oct. 6-10, Athens, Hellas.
- 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.
- Green, R.J.** 1951. Studies on the host range of the *Verticillium* that causes wilt of *Mentha piperita* L. *Science*, 113:207-208.
- 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.
- Γιαννοπολίτης, Κ.Ν.** 2000. Οδηγός γεωργικών φαρμάκων. Εκδόσεις “Αγρότυπος” α.ε. σελ: 91-101.
- Γιαννοπολίτης, Κ.Ν.** 2000. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Εκδόσεις “Αγρότυπος” α.ε. σελ: 55-57.
- 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. 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.
- 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.** 1970c. *Verticillium nigrescens*. Pethybridge. In: C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No 257, pp.1 Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Heale, J.B., and I. Isaac.** 1965. Environmental factors in the production of dark resting structures in *Verticillium albo-atrum*, *V. dahliae* and *V. tricorpus*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 48: 39-50.
- Henis,** 1971. Factors affecting germination of microsclerotia of *Verticillium dahliae*. (Abstr.) Page 17 in: Proc. 1st Internl. *Verticillium* Symposium, Sept. 19-23, Wye College, England.

- Huang, H.C., R. Hirouaka, and R.J. Howard.** 1986. Survival of *Verticillium albo-atrum* in alfalfa tissue buried in manure or fed to sheep. *Plant Dis.* 70: 218-221.
- Huisman, O.C., and L.I. Ashworth, Jr.** 1976. Rotation is ineffective as *Verticillium* control. *Calif. Agric.* 30: 14-15
- Ingold, C.T.** 1962. The reaction of fungi to light and the problem of protoreception. *Symposium Soc. Exptl. Biol.*, 16:154-169
- Ioannou, N.R., W. Schneider, and R.G. Grogan.** 1977. Effect of oxygen, carbon dioxide, and ethylene on growth, sporulation, and production of microsclerotia by *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 67: 645-650.
- 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.** 1953. The spread of diseases caused by species of *Verticillium*. *Ann. Appl. Biol.* 40: 630-638.
- Isaac, I.** 1946. *Verticillium* wilt of sainfoin. *Ann. Appl. Biol.* 33: 28-34.
- 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.
- Kadow, K.J.** 1934. Seed transmission of *Verticillium* wilt of eggplants and tomatoes. *Phytopathology* 24: 1265-1268.
- Katan, J.** 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Annu. Rev. Phytopathol.* 19:211-236.
- Katan, J., A. Greenberger, H. Alon, and A. Grinstein.** 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. *Phytopathology* 66:683-688.
- Katan, J., A. Grinstein, and A. Greenberger.** 1984. Soil solarization for plant disease and weed control. Pages 115-117 in: *Proc. 6th Congr. Un. Phytopath. Mediter. Cairo, Egypt.*
- Keen, N.K. and M. Long.** 1972. Isolation of a phytotoxic protein-lipopolysaccharide complex from *Verticillium albo-atrum*. *Physiol. Plant Pathol.* 2: 307-315
- Klebahn, H.** 1913. [Reports on the characteristics of the fungi imperfecti. A *Verticillium* disease on Dahlia]. (In German). *Mycol. Centralb.* 3: 49-66..

- Krikun, J.** 1975. [The *Verticillium* disease in cotton]. Hassadeh 55: 1069-1071, (in Hebrew).
- Krikun, J., and D. Orion.** 1979. Verticillium wilt of potato: Importance and control. *Phytoparasitica* 7: 107-116.
- 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.
- Lacy, M.L., and C.E. Horner.** 1966. Behavior of *Verticillium dahliae* in the rhizosphere and on roots of plants susceptible, resistant, and immune to wilt. *Phytopathology* 56: 427-430.
- Ligoxigakis E.K., and D.J. Vakalounakis.** 1994. The incidence and distribution of races of *Verticillium dahliae*. *Plant Pathology* 43: 755-758.
- 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.K., 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.
- 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. Τ.Ε.Ι ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ σελ. 78-79.
- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ., Δ.Ι. Βακαλουνάκης και Κ.Κ. Θανασουλόπουλος.** 1998. Παθογένεια 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: Περίληψεις 9ου Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου, 20-22 Οκτ., Αθήνα.
- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ., Δ.Ι. Βακαλουνάκης και Κ.Κ. Θανασουλόπουλος.** 1998. Νέοι ξενιστές του μύκητα *Verticillium dahliae*, στη χώρα μας και παγκοσμίως. Σελίδα 79 στις: Περίληψεις 9ου Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου, 20- 22 Οκτ., Αθήνα.
- 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 7ου Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου, 8- 10 Νοεμβ., Αθήνα.

Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ., και Δ.Ι. Βακαλουνάκης. 1996. Νέοι ξενιστές του μύκητα *Verticillium dahliae* στην Ελλάδα και παγκοσμίως. Σελίδα 86 στις: Περίληψεις 8ου Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου (22-24 Οκτ.), Ηράκλειο Κρήτης.

Lottmann, J., H. Hener, K. Smalla, and G. Berg. 1997. Beneficial bacteria in microenvironments of underground organs of potato. Page 69 in: Abstr. 7th Internl Verticillium Symposium, Oct. 6-10, Athens, Hellas.

Ludbrook, W.V., 1933. Pathogenicity and enviroanal studies on *Verticillium* hadromycosis. *Phytopathology* 23: 117-154.

Malathrakis, N. 1985. Chemical disinfections of the soil. Pages 36-37 in: Abstr. 3th National Phytopath. Conf. Oct. 16-18, Volos, Greece.

Marois, J.J., D.R. Fravel, and G.C. Papavizas. 1984. Ability of *Talaromyces flavus* to occupy the rhizosphere and its interaction with *Verticillium dahliae*. *Soil Biol. Biochem.* 16: 387-390.

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.

McCain, 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, Barkeley.

McClellan, W.D., H.A. Borthwick, I. Bjornsson, and B.H. Marshall, Jr. 1955. Some response of fungi to light. (Abstr.) *Phytopathology* 45: 465.

McKeen, C.D., and W.B. Mountain. 1960. Synergism between *Pratylenchus penetrans* (Cobb) and *Verticillium albo-atrum* R. and B. in eggplant wilt. *Can. J. Bot.* 38: 789-794.

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.

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.

Μαλαθράκης, Ν. 1983. Απολύμανση εδάφους. Ηράκλειο Κρήτης, σελ. 31.

- Nachmias, A., and J. Krikun.** 1984. The role of toxins in the pathogenesis of *Verticillium dahliae* on potato. *Phytopath. Medit.* 23:210.
- Nachmias, A., V. Buchner, and J. Krikun.** 1982a. Comparison of 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. Krikun.** 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. Krikun.** 1982c. Protein-lipopolysaccharide complexes produced by pathogenic and non-pathogenic strains of *Verticillium dahliae* from potato. *Physiol. Plant Pathol.* 20: 213-221.
- Pegg, G.F.** 1974. *Verticillium* diseases. *Rev. Pl. Pathol.* 53: 157-182. Commonwealth Mycological Institute.
- Pegg, G.F.** 1984. The impact of *Verticillium* diseases in agriculture. *Phytopath. medit.* 23: 176-192.
- Pegg, G.F., and I.W. Selman.** 1959. An analysis of the growth response of young tomato plants to infection by *Verticillium albo-atrum*. *Ann. Appl. Biol.* 47: 222-231. .
- Pethybridge, G.H.** 1919. Investigations on potato diseases. *J. Dep. Agric. Ire. Rep.* 11: 417.
- Powelson, R.K. Jansson, J.V. Ramen.** St Paul: APS .
- Powelson, M.L., and R.C. Rowe.** 1993. Biology and management of early dying of potatoes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 31:111-126.
- Pullman, G. S., J.E. DeVay, R.H. Garber, and A.R. Weinhold.** 1979. Control of soil-borne fungal pathogens by plastic tarping of soil. Pages 439-446 in: Soil-borne pathogens. B. Schippers and W. Gams, eds, Academic press, New York, USA.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ.** 1995. Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 476.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ.** 1993. Ασθένειες καρποφόρων δένδρων και αμπέλου. Β' Έκδοση Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα, σελ: 463.
- Reinke, J., and G. Berthold.** 1879. Die Zersetzung der Kartoffel durch Pilze. *Untersuch Bot. Lav. Univ. Gottingen, Untersuchung Bot. Lab.* 1: 1-100.

- Resende, M.L.V., J. Flood, and R.M. Cooper.** 1994. Host specialization of *Verticillium dahliae*, with emphasis on isolates from cocoa (*Theobroma cacao*). *Plant Pathol.* 43:104-111.
- 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.
- Rovira, A.D.** 1965. Plant root exudates. *Bot.* 35: 35-57.
- Rowe, R.C.** 1985. Potato early dying- a serious threat to the potato industry. *Am. Potato J.* 62: 157-161.
- Rowe, R.C., R.M. Riedel, and M.J.Martin.** 1985. Synergistic 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., and J.W. Martens.** 1959. Dissemination of *Verticillium albo-atrum* on seed of sunflower (*Helianthus annuus*). *Can. J. Bot.* 37: 759-768
- Sackston, W.E., W.C. McDonald, and J. Martens.** 1957. Leaf mottle or *Verticillium* wilt of sunflower. *Plant Dis. Reprt.*, 41: 337-343.
- Schnathorst, W.C.** 1973. Nomenclature and physiology of *Verticillium* species, with emphasis on the *V. albo-atrum* versus *V. 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.** 1981. 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.
- Scholte, K.** 1990. Causes of differences in growth pattern, yield and quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in short rotation on sandy soil as affected by crop rotation, cultivar and application of granular nematicides. *Potato Research* 33: 181-190.

- Schreider, L.R., and R.J. Green, Jr.** 1963. Effect of root exudates on germination of conidia and microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* inhibited by the soil fungistatic principle. *Phytopathology* 53: 260-264.
- Sewell, G.W. F.** 1971. Control of hop wilt (*Verticillium albo-atrum*) by cultural practices. (Abstr.) Page 28 in: Proc. 1st Internl Verticillium Symposium, Sept. 19-23, Wye College, England.
- Sherf, A.F., and A.A. MacNab.** 1986. Vegetable Diseases and their Control. (2nd ed.). John Wiley & sons, eds. New York, USA, pp. 728.
- Shreiber, L.R., and R.J. Green, Jr.** 1962. Comparative survival of mycelium, conidia, and microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* in mineral soil. *Phytopathology* 52: 288-289.
- 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, W.C., and R.C. Rowe.** 1984. Characterization and distribution of propagules of *Verticillium dahliae* in Ohio potato field soils and assessment of two assay methods. *Phytopathology* 74: 533-556.
- Snyder, W.C., and S. Wilhelm.** 1962. Seed transmission of *Verticillium* wilt of spinach. (Abstr.) *Phytopathology* 52: 365.
- Snyder, W.C., and S.N. Smith.** 1981. Current Status. In: Fungal Wilt Diseases of Plants. M.E. Mace, A.A. Bell and C.H. Beckman, eds. Academic Press, Inc. 111 Fifth Ave., New York 10003, pp. 640.
- Stapleton, J.J., and J.J. DeVay.** 1982. Changes in microbial populations in solarized soils to increase plant growth. (Abstr.) *Phytopathology* 72:985
- Street, P.F.S., and R.M. Cooper.** 1984. Possible causes and sites of vascular occlusion in tomato infected *Verticillium albo-atrum*. (Abstr.) *Phytopath. Medit.* 23: 214.
- Subbarao, K.V., and J.C. Hubbart.** 1966. Effect of broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* in soil. (Abstr.) *Phytopathology* 86: S14.
- Termorshuizen, A. J.** 1997. Sporulation of *Verticillium dahliae*. Page 34 in: Abstr. 7th Internl Verticillium Symposium (Oct. 6-10) Athens, Hellas.
- Thanassouloupoulos, C.C., and G.T. Kitsos.** 1972. Verticillium wilt in Greece. *Plant Dis. Rep.* 56: 264-267.

- Thanassouloupoulos, C.C., D.A. Biris, and E.C. Tjamos.** 1979. Survey of *Verticillium* wilt of olive trees in Greece. *Plant Dis. Rep.* 63: 936-940.
- Θανασουλόπουλος, Κ.** 1978. Έρευνες και παρατηρήσεις στη Βερτισιλλίωση της τομάτας. Διατριβή για Υψηγεςία που υποβλήθηκε στην Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, σελ. 63.
- Θανασουλόπουλος, Κ.** 1992. Μυκητολογικές ασθένειες δένδρων και αμπέλου. Μαθήματα Ειδικής Φυτοπαθολογίας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 247.
- Tjamos, E.C.** 1989. Problems and prospects in controlling *Verticillium* wilt. In: *Vascular Wilt Diseases of Plants*. E.C. Tjamos and C.H. Beckman, eds. NATO ASI Series, Vol. H28: 441-456. Springer-Verlag, pp 590.
- Tjamos, E.C.** 1997. Strategies in developing methods and applying techniques for the biological control of *Verticillium dahliae*. Page 60 in: *Abstr. 7th Internl Verticillium Symposium*, Oct. 6-10, Athens, Hellas.
- Tjamos, E.C., and E. Vellios.** 1997. Studies on the effect of biocontrol agents on *Verticillium dahliae* microsclerotia formation, survival and germination in infected host tissues and soil. Page 37 in: *Abstr. 7th Internl Verticillium Symposium*, Oct. 6-10, Athens, Hellas.
- Tolmsoff, W.J., and R.A. Young.** 1959. The influence of crop residues and fertilizer on the development and severity of *Verticillium* wilt of potatoes. (Abstr.) *Phytopathology* 49: 114.
- Walker, J.C.** 1957. *Plant Pathology*. McGraw-Hill, ed. New York, pp. 707.
- Watson, R.D., and D.M. Huber.** 1971. Effect of nitrogen and cultural practices on the severity of *Verticillium* wilt of potato. (Abstr.) Page 32 in: *Proc. 1st Internl Verticillium Symposium*, Sept. 19-23, Wye College, England.
- Wilhelm, S.** 1951. Effect of various soil amendments on the inoculum potential of the *Verticillium* wilt fungus. *Phytopathology* 41: 684-690.
- Wilhelm, S.** 1955. Longevity of the *Verticillium* wilt fungus in the laboratory and field. *Phytopathology* 45: 180-181.
- Wilhelm, S.** 1984. Sources and genetics of *Verticillium* wilt resistance in major crops. *Phytopath. medit.* 23: 220.
- Wood, R.K.S.** 1961. *Verticillium* wilt of tomatoes – the role of pectic acid and cellulolytic enzymes. *Ann. Appl. Biol.* 49: 120-139.

Wooliams, G.E., L.G. Dendy, and A.S.F. Hanson. 1962. Screening sweet and hot peppers for *Verticillium* wilt resistance. *Can. J. Plant Sci.* 42: 515-520.

Wooliams, 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.

Xiao, C.L., K.F. Schulbach, S.T. Koike, and K.V. Subbarao. 1996. Effect of Broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* in soil. (Abstr.) *Phytopathology* 86: S27.