

**Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

«ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΒΕΡΤΙΣΙΛΛΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΤΑΤΑΣ »

«EFFECTIVE METHODS TO CONTROL VERTICILLIUM WILT OF POTATO»

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΟΥΓΙΕΝΤΗΣ Α. ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΛΙΓΟΞΥΓΚΑΚΗΣ Κ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2003

## **EFFECTIVE METHODS TO CONTROL VERTICILLIUM WILT OF POTATO**

### **SUMMARY**

Today, verticillium wilt is a widespread disease, which infects a great number of cultivated and weed plants. It is one of the main soil-borne diseases of the vegetables in our country.

Verticillium wilt is one of the main diseases of potato, which is usually caused by two *Verticillium* species, namely *V. dahliae* and *V. albo-atrum*. Although, in our country, because of the prevailed climatic conditions this disease is usually caused by *V. dahliae*.

This disease affects the root system of the plants and causes primarily their decline. In the sequence follows the premature chlorosis of the middle-nerve parts of the older leaves. Finally, the leaves die and fall down to the soil surface. These symptoms may be later also observed in higher leaves. However, the most characteristic symptom of verticillium wilt is a brown discoloration of the vascular bundles of the roots and stem of the infected plants.

The spread of the disease and its severity are related with the soil and climatic conditions of the area (air's and soil's temperature, lighting, soil's moisture e.g.), as well as to other biotic agents (variation of nematodes and soil's insects).

It has been found that verticillium wilt, may cause losses of the production until 50% or more, depending on disease severity.

Unfortunately, until now there are no systemic fungicides which can control this disease, so the control of the disease is based on preventive measures (e.g. use resistant or tolerant potato genotypes), while its biological controlling with the use of certain species of antagonistic fungi or bacteria may be used in future.

# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΒΕΡΤΙΣΙΛΛΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΤΑΤΑΣ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βερτισιλλίωση είναι σήμερα μια ευρέως διαδεδομένη ασθένεια που προσβάλλει πλήθος καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών και μία από τις κυριότερες ασθένειες εδάφους των ετησίων καλλιεργειών της χώρας μας.

Η βερτισιλλίωση της πατάτας είναι μία από τις κυριότερες ασθένειες της καλλιέργειας αυτής, που προκαλείται συνήθως από δύο είδη του γένους *Verticillium*, το *V. dahliae* και το *V. albo-atrum*. Ωστόσο, η ασθένεια αυτή στη χώρα μας, εξαιτίας των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν σε αυτή, προκαλείται μόνο από το *V. dahliae*.

Η ασθένεια αυτή προσβάλλει το αγγειακό σύστημα των φυτών και προκαλεί αρχικά το μαρασμό τους. Στη συνέχεια ακολουθεί πρόωρη χλόρωση των μεσονεύριων τμημάτων του ελάσματος των κατώτερων φύλλων, που τελικά νεκρώνονται και ακολουθεί η πτώση τους. Τα συμπτώματα αυτά μπορούν να παρατηρηθούν αργότερα και στα ανώτερα φύλλα. Όμως το πιο χαρακτηριστικό σύμπτωμα της προσβολής των φυτών από τη βερτισιλλίωση είναι ο καστανός μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου στις ρίζες και στα στελέχη τους, ο οποίος είναι ορατός μέχρι την κορυφή τους.

Η προσβολή των φυτών πατάτας από τη βερτισιλλίωση μπορεί να προκαλέσει μείωση της παραγωγής μέχρι 50% ή και παραπάνω, εξαρτώμενη πάντα από την ένταση της προσβολής.

Η ανάπτυξη της ασθένειας και η σοβαρότητά της εξαρτώνται από τις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής (θερμοκρασία εδάφους και αέρος, φωτισμός, υγρασία εδάφους κ.ά.), καθώς επίσης από βιοτικούς παράγοντες (διάφορα είδη νηματωδών και εντόμων εδάφους κ.ά.).

Δυστυχώς, μέχρι σήμερα, δεν υπάρχουν διασυστηματικά μυκητοκτόνα που να ελέγχουν την ασθένεια, γι' αυτό η αντιμετώπισή της στηρίζεται κυρίως σε προληπτικά μέτρα (π.χ. χρήση ανθεκτικών ή ανεκτικών γενοτύπων), ενώ η βιολογική αντιμετώπισή της με χρησιμοποίηση σκευασμάτων ανταγωνιστικών μυκήτων ή βακτηρίων ενδέχεται να εφαρμοστεί στο μέλλον.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βερτισιλλίωση αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1879 σε καλλιέργεια ασθενών φυτών πατάτας στη Γερμανία από τους Reinke και Berthold. Στην Ελλάδα, η ασθένεια αυτή αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1935 από το Sarejanni, χωρίς όμως να αποτελεί για την εποχή εκείνη σημαντικό πρόβλημα, στις καλλιέργειες της χώρας μας. Όμως, σήμερα η βερτισιλλίωση αποτελεί μία από τις κυριότερες ασθένειες, τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, που προκαλεί σοβαρές απώλειες της παραγωγής σε διάφορες καλλιέργειες.

Η βερτισιλλίωση είναι μια ευρέως διαδεδομένη ασθένεια, με ευρύ φάσμα ξενιστών. Συγκεκριμένα, έχει αναφερθεί ότι ο μύκητας *Verticillium dahliae* προσβάλλει περισσότερα από 265 είδη παγκοσμίως (Ligoxigakis, 1991; Ligoxigakis & Vakalounakis, 1992; 1994; Λιγοξυγκάκης, 1998; Ligoxigakis *et al.*, 2002a; 2002b; 2002c)

Μεταξύ των ξενιστών του *V. dahliae* συγκαταλέγονται λαχανοκομικά φυτά, φυτά μεγάλης καλλιέργειας, καλλωπιστικά φυτά, βιομηχανικά φυτά, δενδρώδεις καλλιέργειες καθώς και πλήθος αυτοφυών (στύφνος, σενέκιο, περικοκλάδα κ.ά., Εικόνες 1-7). Μεταξύ των λαχανοκομικών ειδών που προσβάλλονται συνήθως από την ασθένεια αυτή είναι η μελιτζάνα, η τομάτα, η πατάτα, η μπάμια κ.ά.

Η βερτισιλλίωση της πατάτας προκαλείται από δύο είδη του γένους *Verticillium*, το *V. dahliae* και το *V. albo-atrum*. Πρόκειται για δύο από τα σπουδαιότερα παθογόνα εδάφους, που προσβάλουν το σύστημα των αγγείων του ξύλου των φυτών.

Η βερτισιλλίωση της πατάτας αποτελεί σήμερα μία από τις σημαντικότερες ασθένειες, αν όχι την κυριότερη ασθένεια της πατάτας σε κύριες περιοχές καλλιέργειάς της, όπως το Ισραήλ και οι Η.Π.Α., και ιδιαίτερα σε περιοχές που καλλιεργούνται συνεχώς για πολλά χρόνια με πατάτα.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ *V. DAHLIAE* ΚΑΙ *V. ALBO-ATRUM*

Η βερτισιλλίωση της πατάτας προκαλείται από δύο είδη του γένους *Verticillium*, το *V. dahliae*, που έχει τη μεγαλύτερη φυτοπαθολογική σημασία για τη χώρα μας, και το *V. albo-atrum*. Τα παθογόνα αυτά είναι εδαφογενή, ανήκουν στη κλάση *Adelomycetes*, στην τάξη *Moniliales*, και στην οικογένεια *Moniliaceae* (Alexopoulos, 1962; Alexopoulos & Mims, 1979; Alexopoulos *et al.*, 1996). Το μυκήλιο είναι υαλώδες, πολυκύτταρο, διαμέτρου 2-4 μm και σχηματίζει ελεύθερους, ανορθωμένους, υαλώδεις, πολυκύτταρους κονιδιοφόρους, με χαρακτηριστική διακλάδωση κατά σπονδύλους, που ο καθένας τους έχει 2-4 κοντά, μονοκύτταρα στηρίγματα στα διαφράγματα (septa) κάθε κονιδιοφόρου, τα φιαλίδια (phialides) [Εικόνα 8]. Στην κορυφή κάθε φιαλιδίου σχηματίζονται τα φιαλιδοσπόρια (phialospores) ή φιαλιδοκονίδια (phialoconidia), τα οποία είναι μονοκύτταρα, υαλώδη, το δε σχήμα τους είναι ωσειδές, επίμηκες νεφροειδές ή ελλειψοειδές και οι διαστάσεις τους είναι 2,5-10,5×1,4-4 μm περίπου, τα οποία συγκρατούνται μεταξύ τους με μια κολλώδη ουσία, σχηματίζοντας μικρές κεφαλές κονιδίων (Παναγόπουλος, 1997).

Ο *V. dahliae* σχηματίζει μικροσκληρώτια (microsclerotia, MS) [Brinkerhoff, 1973; Schnathorst, 1973; Tolmsoff, 1973], τα οποία προέρχονται από τη διαφοροποίηση πολλών συναφών υφών ή μιας υφής προς όλες τις κατευθύνσεις (Klebahn, 1913) και έχουν παχιά κυτταρικά τοιχώματα, σκοτεινό καφέ μέχρι μαύρο χρώμα, ποικίλο σχήμα και μέγεθος, με διάμετρο 15-100  $\mu\text{m}$  (Εικόνα 9) [Heale & Isaac, 1965; Hawksworth & Talboys, 1970]. Αντίθετα, ο *V. albo-atrum*, δε δημιουργεί μικροσκληρώτια αλλά διατηρητικό μυκήλιο σκοτεινού χρώματος (dark resting mycelium, DM) [Brinkerhoff, 1973], με υφές παχύτερες από τις συνηθισμένες μυκηλιακές υφές.

Εικόνες 1-7. Προσβεβλημένα αυτοφυή φυτικά είδη.



Εικόνα 1. Σενέκιο  
(*Senecio vulgaris*)



Εικόνα 2. Περικοκλάδα  
(*Convolvulus arvensis*)



Εικόνα 3. Βρωμολάχανο  
(*Gardaria droba*)



Εικόνα 4. Χτενάκι  
(*Erodium* sp.)



Εικόνα 5. Ραπανίδα  
(*Raphanus raphanistrum*)



Εικόνα 6. Ανθεμίδα  
(*Anthemis arvensis*)



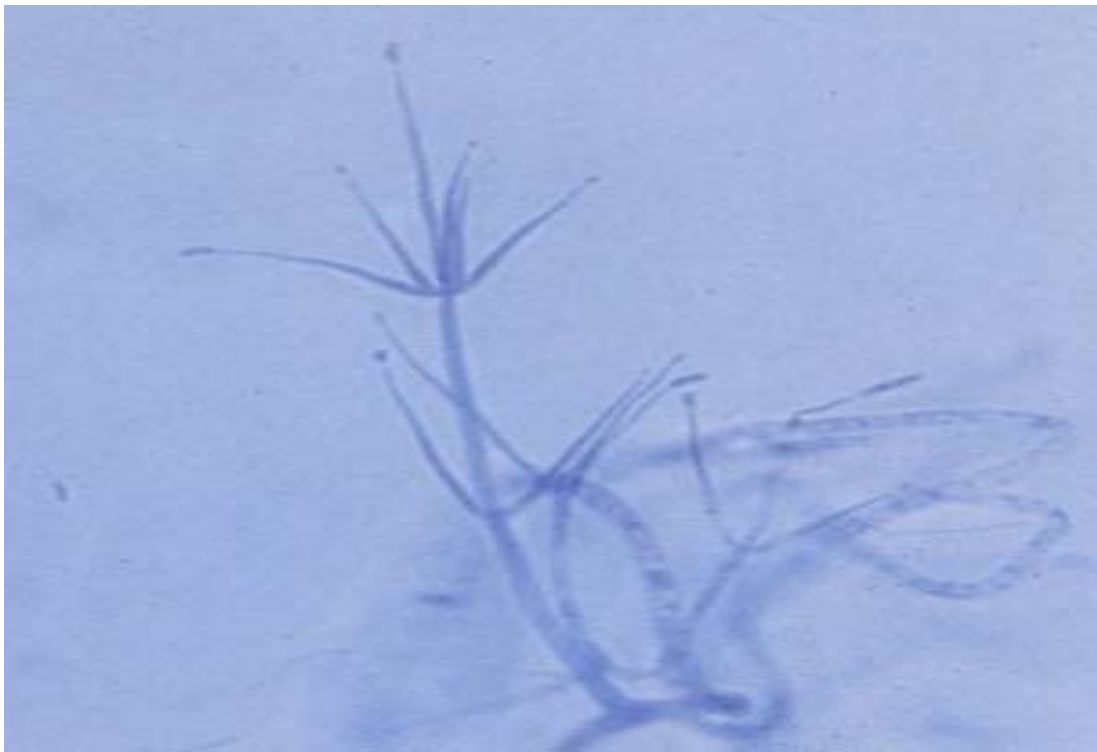
Εικόνα 7. Μολόχα  
(*Malva sylvestris*)

Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι στο *V. dahliae* δεν έχουν αναφερθεί ειδικές μορφές· έχει όμως αναφερθεί η ύπαρξη εξειδικευμένων στελεχών (specific strains) ή παθότυπων (pathotypes), που παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή παθογόνο δύναμη σε ένα συγκεκριμένο ξενιστή, ενώ προσβάλουν σε μικρότερο βαθμό και άλλα είδη φυτών.

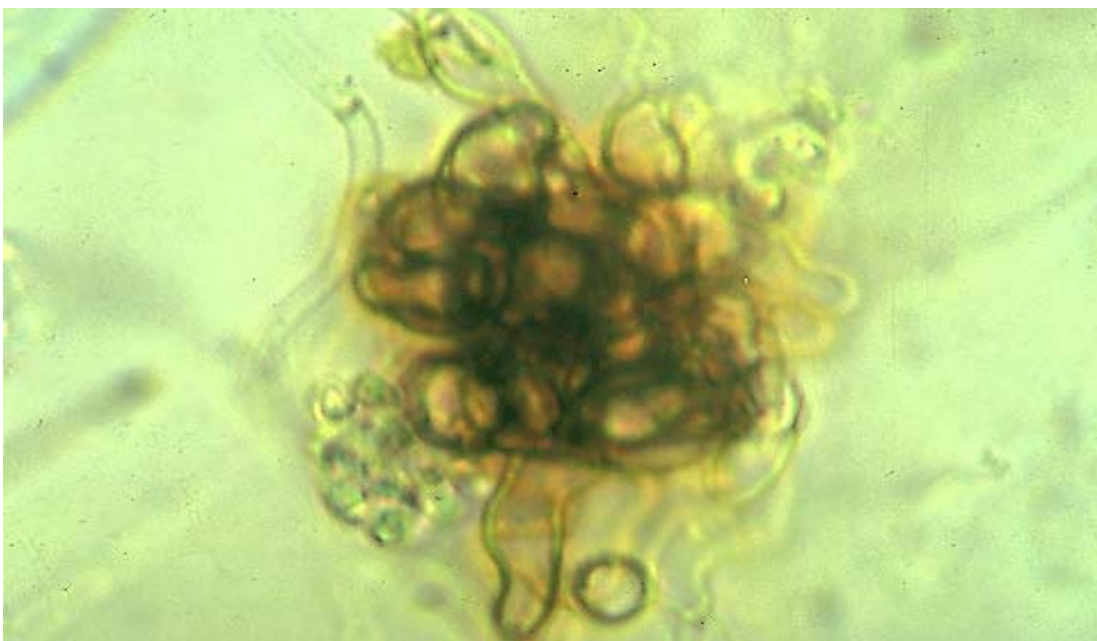
Στην Ιαπωνία, έχει αναφερθεί εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή διαφόρων απομονώσεων του *V. dahliae* στα είδη: μελιτζάνα (*Solanum melongena*), τομάτα (*Lycopersicon esculentum*), γλυκιά πιπεριά (*Capsicum annuum* var. *grossum*), διάφορα σταυρανθή, όπως το κινέζικο λάχανο (*Brassica campestris* ssp. *Pekinensis*) το γογγύλι (*Brassica rapa*) και το ραπάνι (*Raphanus sativus*). Οι εν λόγω απομονώσεις κατάτάχθηκαν στην Ιαπωνία σε τέσσερις μεγάλες ομάδες: οι παθογόνες σε μελιτζάνα και γογγύλι (ομάδα Α, παθότυπος της μελιτζάνας), παθογόνες σε μελιτζάνα, τομάτα και γογγύλι (ομάδα Β, παθότυπος της τομάτας), παθογόνες σε μελιτζάνα, γλυκιά πιπεριά και γογγύλι (ομάδα C, παθότυπος γλυκιάς πιπεριάς) και παθογόνες μόνο σε γογγύλι (ομάδα D, παθότυπος των σταυρανθών) [Horiuchi *et al.*, 1990; Hagiwara, 1990].

Επίσης έχει αναφερθεί η ύπαρξη δύο φυσιολογικών φυλών (physiological races) του *V. dahliae*, η φυλή 1 και η φυλή 2, που διαφοροποιούνται μεταξύ τους με δοκιμές παθογένειας σε ευπαθείς και ανθεκτικές ποικιλίες και υβρίδια τομάτας. Η φυλή 1 του *V. dahliae* είναι παθογόνος σε ευπαθείς ποικιλίες και υβρίδια τομάτας (στερούνται το γονίδιο *Ve*) και μη παθογόνος στις ανθεκτικές ποικιλίες και υβρίδια τομάτας (διαθέτουν το γονίδιο *Ve*). Αντίθετα, η φυλή 2 του μύκητα είναι παθογόνος τόσο στις ευπαθείς όσο και στις ανθεκτικές ποικιλίες και υβρίδια τομάτας (Hall *et al.*, 1972; Grogan *et al.*, 1979).

Η ύπαρξη της φυλής 2 στην Κρήτη διαπιστώθηκε το 1991 (Ligoxigakis, 1991; Ligoxigakis & Vakalounnakis, 1992). Όμως τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται ευρεία διάδοση της φυλής 2 σε διάφορες περιοχές της Κρήτης (Ligoxigakis *et al.*, 2002a; 2002b; 2002c).



Εικόνα 8. Κονιδιοφόρος του γένους *Verticillium*.



Εικόνα 9. Μικροσκληρώτιο του *V. dahliae*.

## ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Τα συμπτώματα της βερτισιλλίωσης είναι σε μεγάλο βαθμό όμοια στους διάφορους ξενιστές της (Threlfall, 1959) και ιδιαίτερα μεταξύ των λαχανοκομικών ειδών (τομάτα, μελιτζάνα, πατάτα, πιπεριά κ.ά.)

Τα συμπτώματα της βερτισιλλίωσης της πατάτας συγγέονται αρκετές φορές με τα συμπτώματα που προκαλούνται από τις φουζαριώσεις, τις αδροβακτηριώσεις και τις

ασθένειες του ριζικού συστήματος (ασφυξία λόγω κατάκλυσης κ.ά.) [Θανασουλόπουλος, 1978], την έλλειψη υγρασίας, τις ζημιές από τα ζιζανιοκτόνα κ.ά. (Krikun & Orion, 1979). Ακόμα συγχέονται και κατ' επέκταση διαχωρίζονται πολύ δύσκολα από αυτά της κανονικής ωριμότητας και του φυσιολογικού θανάτου του φυτού και ιδιαίτερα στις πρώιμες ποικιλίες πατάτας (Rowe, 1985).

Η προσβολή των φυτών πατάτας χαρακτηρίζεται από την απώλεια της ευρωστίας τους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, η οποία ακολουθείται από την πρόωρη ωρίμαση και τον πρόωρο θάνατό τους, μόλις λίγες εβδομάδες πριν την κανονική ωριμότητά τους (Rowe, 1985).

Τα συμπτώματα που προκαλεί η ασθένεια σε μια καλλιέργεια πατάτας εκδηλώνονται αρχικά σε μεμονωμένα φυτά ή και σε ομάδες φυτών. Τα προσβεβλημένα φυτά εμφανίζονται με το σύνδρομο (syndrome) του μαρασμού (Εικόνα 10), ο οποίος μπορεί να παρουσιάζεται με τη μορφή **ημιπληγίας**. Κατά τα αρχικά στάδια της ασθένειας, παρατηρείται μαρασμός μεμονωμένων φύλλων ή φυλλιδίων. Το επόμενο σύμπτωμα είναι πρόωρη χλόρωση με εμφάνιση κιτρινομπρούτζινων κηλίδων στα μεσονεύρια τμήματα του ελάσματος των κατώτερων φύλλων, που γίνονται τελικά νεκρωτικές και ακολουθεί μαρασμός και πτώση των φύλλων. Τα συμπτώματα αυτά μπορούν αργότερα να εκδηλωθούν και στα ανώτερα φύλλα, με αποτέλεσμα να μένουν λίγα μόνο υγιή φύλλα στις κορυφές των βλαστών (Εικόνα 11) [Thanassouloropoulos & Hooker, 1968]. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μερικές φορές τα συμπτώματα στα φύλλα εμφανίζονται μόνο στη μία πλευρά του φυτού ή σε ορισμένα φύλλα (Εικόνα 12) [Powelson & Rowe, 1993]. Σε προχωρημένα στάδια της ασθένειας παρατηρείται πρόωρη αποφύλλωση, μονόπλευρη ξήρανση και νανισμός των σοβαρά προσβεβλημένων φυτών.

Ωστόσο, το πιο χαρακτηριστικό σύμπτωμα της προσβολής της πατάτας από την βερτισιλλίωση είναι ο καστανός μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου. Ο μεταχρωματισμός αυτός, είναι εμφανής στις ρίζες (Εικόνα 13), μπορεί όμως να επεκταθεί και σε όλο το μήκος του στελέχους, είτε μόνο στη μία πλευρά τους, είτε γύρω από το στέλεχος (Εικόνα 14). Καστανός μεταχρωματισμός μπορεί ακόμα να εμφανιστεί στα αγγεία των κονδύλων ορισμένων ποικιλιών (Εικόνα 15). Η προσβολή των φυτών πατάτας και η εμφάνιση των συμπτωμάτων μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε στάδιο της ανάπτυξής τους όμως τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της ασθένειας εμφανίζονται συνήθως μετά την άνθηση και την έναρξη της κονδυλοποίησης (Powelson & Rowe, 1993).

Ωστόσο, πριν από την εμφάνιση των ορατών συμπτωμάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, επηρεάζονται οι φυσιολογικές διαδικασίες του φυτού. Σύμφωνα με τους Bowden & Rouse (1991), που εξέτασαν όλες τις φυσιολογικές διαδικασίες της φωτοσύνθεσης και του ανοδικού ρεύματος νερού και θρεπτικών στοιχείων, υπάρχουν τρεις φάσεις στην πρόοδο της ασθένειας κατά την προσβολή φυτών πατάτας από το *V. dahliae*, οι οποίες διακρίνονται:

α. Στην ενυπάρχουσα αλλά **λανθάνουσα φάση** της ασθένειας κατά την οποία τα φυτά προσβάλλονται αλλά δεν εκδηλώνουν ορατά συμπτώματα. Σε αντίθεση με τα ορατά συμπτώματα, τα μη εμφανή παρουσιάζονται πολλές εβδομάδες πριν από την εμφάνιση των πρώτων και περιλαμβάνουν μείωση της φωτοσυνθετικής επιφάνειας, ώσμωση και αύξηση της θερμοκρασίας της φυλλικής επιφάνειας των προσβεβλημένων φυτών κατά την διάρκεια των ηλιόλουστων ημερών.



β. Στην **τοπική φάση**, κατά την οποία παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της ασθένειας σε μερικά αλλά όχι σε όλα τα φύλλα, ενώ μπορεί ακόμα και τα όμορα φυλλίδια να εμφανίζουν διαφορετικό τύπο και βαθμό συμπτωμάτων.

γ. Στην **διασυστηματική φάση**, όπου και τα νέα φύλλα εμφανίζουν κάποιο βαθμό φυσιολογικής εξασθένησης, εκτός από τα ορατά συμπτώματα.

Όσον αφορά το **μαρασμό**, ο οποίος είναι το πρώτο και επικρατέστερο σύμπτωμα της ασθένειας, δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως η φυσιολογική αιτία που τον προκαλεί, διότι υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί, που από μόνοι τους ή από κοινού, μπορούν να συντελέσουν στην πρόκληση του. Για την ερμηνεία του φαινομένου αυτού, έχουν προταθεί δύο κύριες θεωρίες (Bewley, 1922; Threlfall, 1950; Dimond, 1970). Η πρώτη θεωρία υποστηρίζει ότι μειώνεται η ροή του νερού από τις ρίζες στα φύλλα λόγω φυσικής απόφραξης των αγγείων του ξύλου (λόγω θυλώσεων από τις υφές του παθογόνου που αναπτύσσονται στο αγγειακό σύστημα του φυτού κ.ά.), ενώ η δεύτερη υποστηρίζει ότι το παθογόνο παράγει διάφορες ουσίες, οι οποίες είναι τοξικές στα φύλλα (εξωκυτταρικά ένζυμα, τοξίνες, μακρομόρια, ρυθμιστές αύξησης). Σύμφωνα όμως με αναφορές άλλων ερευνητών πιθανότατα να ισχύουν και οι δύο θεωρίες (Heale & Cupta, 1972; Pegg, 1974; van Alfen & Allard-Turner, 1979).



Εικόνα 10. Φυτό πατάτας προσβεβλημένο από βερτισιλλίωση (*V. dahliae*) που εμφανίζει το σύνδρομο του μαρασμού.



Εικόνα 12. Έντονα προσβεβλημένο φυτό πατάτας από βερτισιλλίωση (*V. dahliae*).



Εικόνα 13. Φυτό πατάτας με έντονα συμπτώματα βερτισιλλίωσης (*V. dahliae*) μόνο στη μία πλευρά του φύλλου (ξήρανση των φυλλιδίων του).



Εικόνα 14. Ρίζα πατάτας προσβεβλημένης από βερτισιλλίωση (*V. dahliae*) με έντονο καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου.



Εικόνα 15. στέλεχος πατάτας προσβεβλημένης από βερτισιλλίωση (*V. dahliae*) με μέτριο καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου.



Εικόνα 16. Κόνδυλοι πατάτας προσβεβλημένοι από βερτισιλλίωση (*V. dahliae*) με καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων.

Μια από τις αντιδράσεις στη μόλυνση, από βερτισιλλίωση ενός συγκεκριμένου είδους φυτών, όπως είναι η πατάτα, αποτελεί η εμφανιζόμενη ευμετάβλητη τάση “μαρασμού”, η οποία εξαρτάται από την ποικιλία, τα είδη του γένους *Verticillium* που υπάρχουν στον αγρό, τις συνθήκες του περιβάλλοντος κ.ά. Όμως, σε κάθε ιδιαίτερη σχέση ξενιστή-παθογόνου, η οποία αναπτύσσεται σε δεδομένες περιβαλλοντικές συνθήκες, ο βαθμός μαρασμού που εκδηλώνεται από τα προσβεβλημένα φυτά είναι όμοιος. Γενικά η αντίδραση ενός φυτού στη μόλυνση μπορεί να περιγραφεί ως μαρασμός, μη μαρασμός ή κάτι ενδιάμεσο (Robb *et al.*, 1982).

Η αντίδραση του φυτού στη μόλυνση χαρακτηρίζεται ως μαρασμός όταν η μείωση της σπαργής των φύλλων είναι το πρώτο σύμπτωμα που εμφανίζεται και η οποία γίνεται πολύ έντονη καθώς η ασθένεια εξελίσσεται. Αντίθετα, αντίδραση μη μαρασμού είναι εκείνη κατά την οποία τα φύλλα δεν παρουσιάζουν μείωση της σπαργής τους πριν το θάνατο τους. Ενώ μια ενδιάμεση του φυτού στη μόλυνση είναι εκείνη κατά την οποία η μείωση της σπαργής των φύλλων συμβαίνει δευτερογενώς (π.χ. μετά την ανάπτυξη άλλων ορατών συμπτωμάτων στα φύλλα) και είναι πολύ ελαφριά (Robb *et al.*, 1982).

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ – ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ

Ο μύκητας *V. dahliae* είναι ένα από τα σπουδαιότερα εδαφογενή παθογόνα των ετήσιων καλλιεργειών της χώρας μας, που χαρακτηρίζεται από την εκτεταμένη

παρασιτική φάση στους ζωντανούς ιστούς των ξενιστών και από την περιορισμένη σαπροφυτική φάση στα φυτικά υπολείμματα (Garrett, 1950).

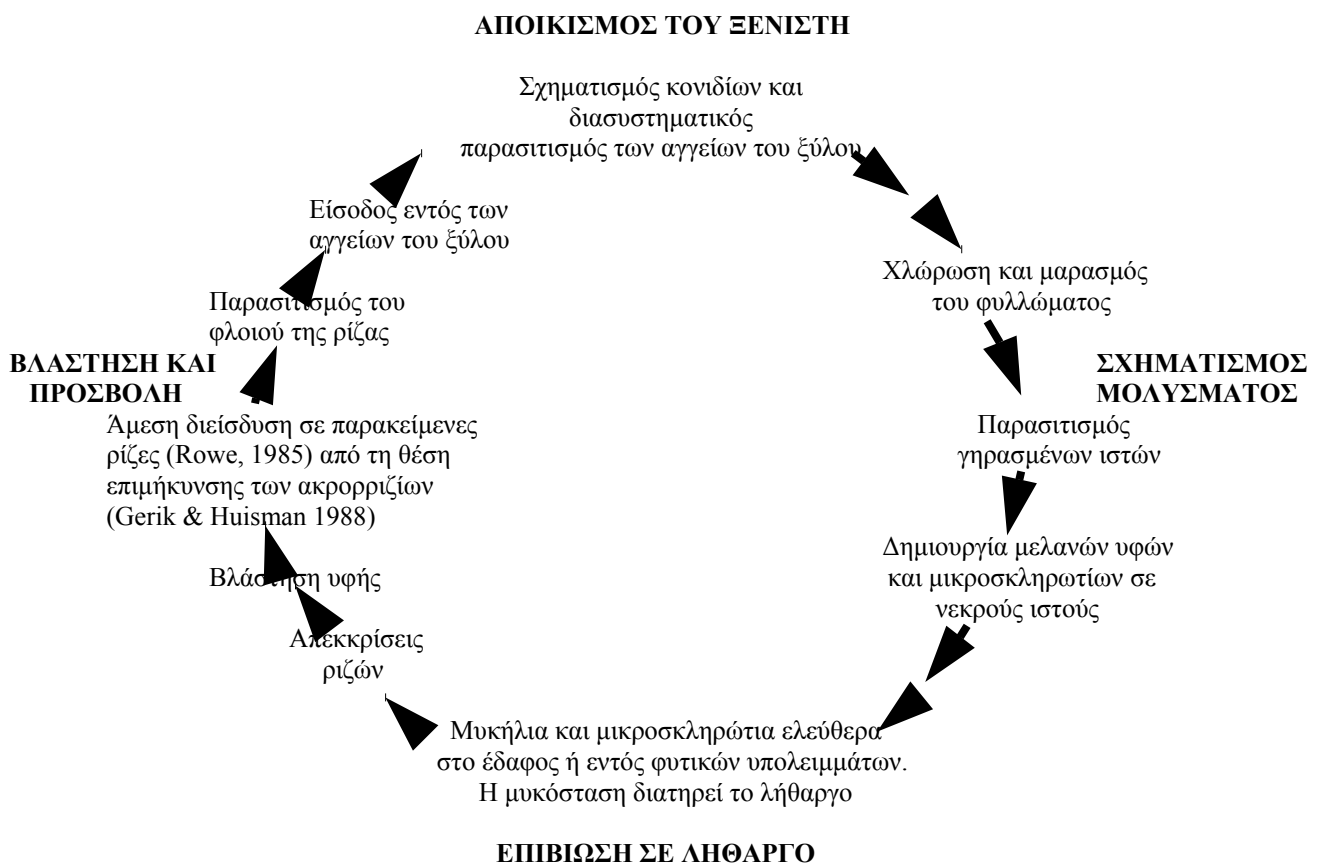
Ο μύκητας έχει την ικανότητα να επιβιώνει στο έδαφος μέχρι δεκατέσσερα χρόνια ή και περισσότερο, απουσία ξενιστών του, με την ανθεκτική μορφή των μικροσκληρωτίων (Wilhelm, 1955), τα οποία σχηματίζονται στους γηρασμένους φυτικούς ιστούς πατάτας (ρίζες, στελέχη) και απελευθερώνονται στο έδαφος μετά την αποσύνθεσή τους.

Επίσης ο *V. dahliae* μπορεί να επιβιώνει με τη μορφή του μυκηλίου και των κονιδίων του, τα οποία όμως δεν επιβιώνουν για περισσότερο από μερικές εβδομάδες εκτός του ξενιστή (Menzies & Griebel, 1967; Green, 1969).

Σύμφωνα με τον Slattery (1983) ο μύκητας μπορεί να αυξάνεται και να επιβιώνει, με υψηλά ποσοστά επιβίωσης, στις ρίζες αυτοφυών φυτών όπως ο στύφνος (*Solanum nigrum*), γεγονός που αποδεικνύει τη σημασία των αυτοφυών ξενιστών στην επιβίωση του μύκητα.

Ακόμα, έχει αναφερθεί μακρόχρονη επιβίωση του *V. dahliae* στις ρίζες μερικών ειδών: **καλλιεργούμενων** [όπως το σιτάρι και το κριθάρι (Martinson, 1964; Malik & Milton, 1980; Krikun, 1976)] και **αυτοφυών** [όπως το αγροστόδες, *Eleusine indica* (Johnson *et al.*, 1980)] φυτών που θεωρούνται ασυμπτωματικά (asymptomatic), τα οποία αν και φιλοξενούν το παθογόνο δεν παρουσιάζουν συμπτώματα της ασθένειας.

Ο μύκητας μπορεί επίσης να αναπτύσσεται στα στελέχη και στις ρίζες φυτών πατάτας (Krikun *et al.*, 1982; Davis *et al.*, 1983) και να μην καταστρέφεται όταν τα στελέχη παραμείνουν άθικτα μετά το τέλος της καλλιέργειας (Slattery, 1981).



## Εικόνα 17. Ο Βιολογικός κύκλος των παθογόνων του γένους *Verticillium*.

Ο *V. dahliae* μπορεί να επιβιώνει για μεγάλο χρονικό διάστημα, με την ανθεκτική μορφή των μικροσκληρωτίων στο έδαφος και στα οργανικά υπολείμματα καθώς και σε ρίζες καλλιεργούμενων και αυτοφυών ειδών. Τα μικροσκληρώτια που διατηρούνται σε λήθαργο στο έδαφος μέσω της μυκόστασης διεγείρονται και βλαστάνουν από τις ουσίες που εκκρίνουν οι ρίζες των φυτών. Ο μύκητας διεισδύει στους ιστούς του φλοιού της ρίζας και εισέρχεται στα αγγεία του ξύλου. Διασυστηματική προσβολή του φυτού εμφανίζεται με την ανάπτυξη του μύκητα στα αγγεία του ξύλου του στελέχους του και με τον σχηματισμό κονιδίων, τα οποία μεταφέρονται με το ανοδικό ρεύμα του νερού και των θρεπτικών συστατικών, για να αποικίσουν και να μολύνουν άλλα μέρη του φυτού. Μετά την διασυστηματική προσβολή του φυτού εμφανίζονται τα συμπτώματα της ασθένειας ως αποτέλεσμα της παραγωγής διάφορων ουσιών από το μύκητα (π.χ. τοξίνες) και της αγγειακής δυσλειτουργίας. Κατά το διάστημα που το φυτό οδηγείται στο θάνατο, αποικίζεται ολόκληρο από το μύκητα και νέα μικροσκληρώτια σχηματίζονται μέσα στους ιστούς του φυτού που νεκρώνονται, τα οποία ενσωματώνονται τελικά στο έδαφος, στα τεμάχια των προσβεβλημένων φυτικών υπολειμμάτων, αυξάνοντας το μόλυσμα για τις επόμενες καλλιέργειες (Rowe, 1985).

## ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΩΝ ΒΕΡΤΙΣΙΛΛΙΩΣΕΩΝ

Ο *V. dahliae* παρουσιάζει εκτεταμένη γεωγραφική εξάπλωση σε αρκετές περιοχές του κόσμου σε αντίθεση με το *V. albo-atrum*. Συγκεκριμένα, η έκδοση 3 του χάρτη CMI 366 αναφέρει το *V. dahliae* σε πενήντα τρεις χώρες (Anonymous, 1979). Ο εν λόγω μύκητας απαντάται κυρίως στις εύκρατες περιοχές του κόσμου και μεταξύ αυτών και οι θερμότερες περιοχές των Η.Π.Α. (Schnathorst, 1981), Καναδά (Isaac, 1967), Ευρώπης (Isaac, 1967; Isaac & Harrison, 1968) και Ασίας (Krikun & Susnoschi, 1971).

Η βερτισιλλίωση της πατάτας, που προκαλείται από το *V. dahliae*, ευνοείται σε θερμές περιοχές, όπου η θερμοκρασία τους υπερβαίνει τους 24 °C για το μεγαλύτερο διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου για αυτό και κυριαρχεί στις θερμές περιοχές της Ευρώπης και της Μεσογείου, μεταξύ αυτών και στην Κρήτη, χωρίς όμως να αποκλείονται και ψυχρότερες περιοχές. Αντίθετα, ο *V. albo-atrum*, φαίνεται να είναι περιορισμένος σε περιοχές όπου η μέση θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 21-24 °C, για το μεγαλύτερο διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου. Για αυτόν ακριβώς το λόγο δεν έχει εντοπιστεί ακόμα στην Ελλάδα, αφού οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν, αποτελούν περιοριστικό παράγοντα για την εγκατάσταση και την ανάπτυξή του (Παναγόπουλος, 1995).

Όμως, ο *V. dahliae* είναι καταστροφικότερος σε θερμότερα κλίματα (Snyder & Smith, 1981; Rowe, 1985), μεταξύ αυτών και οι ερημικές περιοχές του Ισραήλ, και

αποβαίνει περιοριστικός παράγοντας στις αρδευόμενες καλλιέργειες πατάτας και σε συνθήκες υψηλής εξατμισοδιαπνοής.

## ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ

Η εξάπλωση της ασθένειας σε ένα αγρό μπορεί να πραγματοποιηθεί:

- Με επαφή των ριζών υγιών φυτών πατάτας με μολυσμένες ρίζες προσβεβλημένων φυτών πατάτας, ή άλλων προσβεβλημένων καλλιεργούμενων (όπως η ελιά, όταν γίνεται συγκαλλιέργειά τους) και αυτοφυών φυτικών ειδών (Isaac, 1953).
- Με επαφή των ριζών υγιών πατάτας με τα όργανα του μύκητα που βρίσκονται στα μολυσμένα φυτικά υπολείμματα ή στο έδαφος (Sherf & MacNab, 1986).
- Με μεταφορά προσβεβλημένων φυτικών ιστών καθώς και υπολειμμάτων (Krikun & Orion, 1979; Rowe, 1985), μολυσμένου εδάφους και μολυσμένης κοπριάς με την βοήθεια φυσικών παραγόντων (όπως ο αέρας, το νερό της βροχής και της άρδευσης, τα γεωργικά εργαλεία και μηχανήματα, τα ζώα και ο άνθρωπος) [Sewell, 1959; Krikun & Orion, 1979; Rowe, 1985].
- Με μολυσμένους σπόρους καλλιεργούμενων φυτικών ειδών (Πίνακας 1).

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

Κατηγορία φυτών	Είδος	Βιβλιογραφική αναφορά
-----------------	-------	-----------------------

Λαχανικά	Κόνδυλοι πατάτας ( <i>Solanum tuberosum</i> L.)	Reinke & Berthold (1879), Ayers & Hurst (1939), Keyworth (1952), Akeley <i>et al.</i> (1956), Robinson <i>et al.</i> (1957), Tolmsoff & Young (1957), Thanasouloupoulos & Hooker (1968), Beckman & Stessel (1969), Beckman <i>et al.</i> (1969), Harrison & Isaac (1969), Krikun & Susnoschi (1971), Easton <i>et al.</i> (1972), Beckman (1973), Weitgartner <i>et al.</i> (1974), Krikun & Orion (1979), Nachmias <i>et al.</i> (1982), Nachmias & Krikun (1984), Krikun (1986).
	Μελιτζάνα ( <i>Solanum melongena</i> L.)	Richardson (1933), Kadow (1934), Cox (1956), Burton & de Zeeuw (1958), Babayan & Shaknubaryan (1969), de Ribeiro (1972).
	Τομάτα ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	Kadow (1934), Babayan & Shaknubaryan (1969), Sackston (1983).
	Σπανάκι ( <i>Spinacia oleracea</i> L.)	Snyder & Wilhelm (1962), Van der Spek (1972), Sackston & Sedun (1982), Park & Kim (1986).
	Τεύτλα ( <i>Beta vulgaris</i> L.)	Van der Spek (1972).
Βιομηχανικά	Βαμβάκι ( <i>Gossypium herbaceum</i> L.)	Brown (1937), Allen (1954), Yuen & Tan (1952), Chen <i>et al.</i> (1964) Evans <i>et al.</i> (1966), Karaca <i>et al.</i> (1973), Savov (1978).
	Ηλίανθος ( <i>Helianthus annuus</i> L.)	Sackston & Martens (1959), Sedun & Sackston (1982), Van der Spek (1972), Lambat <i>et al.</i> (1974).
	Ατρακτυλίδα ( <i>Carthamus tinctorius</i> L.)	Schuster & Nuland (1960), Zimmer (1962, 1964), Goethal (1971), Schnathorst & Mathre (1966), Klisiewicz (1974, 1975), Jimenez-Diaz <i>et al.</i> (1985).
Κτηνοτροφικά	Σόργο [( <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)]	Sharma <i>et al.</i> (1976).
	Μηδική ( <i>Medicago sativa</i> L.)	Sheppard & Needham (1980), Cristen (1982), Huang <i>et al.</i> (1984), Heale (1985).
	Άσπρο λούπινο ( <i>Lupinus albus</i> L.)	Parnis & Sackston (1979).
	Κίτρινο λούπινο ( <i>Lupinus luteus</i> L.)	Parnis & Sackston (1979).

➤ Με μολυσμένους σπόρους αυτοφυών φυτικών ειδών (Πίνακας 2).

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

<b>Είδος</b>	<b>Βιβλιογραφική αναφορά</b>
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Schippers & Schermer (1966)
<i>Xanthium canadense</i> Mill.	Wilhelm & Taylor (1965); Evans (1968)
<i>Xanthium pungens</i> Wallr	Evans (1968, 1971)
<i>Xanthium spinosum</i> L.	Evans (1971)
<i>Carthamus lanatus</i> L.	Evans (1971)
<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth & Hook	Evans (1971)

➤ Με φύτευση προσβεβλημένου πολλαπλασιαστικού υλικού πατάτας ή με την φύτευση πολλαπλασιαστικού υλικού πατάτας που φέρει στην επιφάνεια του κόκκους μολυσμένου εδάφους (Hawsworth & Talboys, 1970; Rowe, 1985).

➤ Με φύτευση πολλαπλασιαστικού υλικού πατάτας σε μολυσμένο έδαφος ή φύτευση πολλαπλασιαστικού υλικού πατάτας που έχει αναπτυχθεί σε μολυσμένο έδαφος (Hawsworth & Talboys, 1970).

➤ Με μεταφορά κονιδίων του μύκητα με την βοήθεια του αέρα, που έχει ως αποτέλεσμα την διασυστηματική προσβολή των φυτών (Thanassouloupoulos & Hooker, 1970).

➤ Με διασπορά των κονιδίων του μύκητα, με την βοήθεια του νερού και των εντόμων (Wilhelm, 1954).

## **ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΠΑΤΑΤΑΣ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΕΡΤΙΣΙΛΛΙΩΣΗ**

Η προσβολή πατάτας από τη βερτισιλλίωση συντελεί στη μείωση της παραγωγής, η οποία οφείλεται στη μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των ιστών που παραμένουν στα φυτά, αλλά ταυτόχρονα και στη μειωμένη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, που προκαλείται εξαιτίας της μειωμένης διάρκειας ζωής των φύλλων καθώς και στον πρόωρο θάνατο των φυτών.

Οι απώλειες της παραγωγής είναι ιδιαίτερα αυξημένες σε: α) αρδευόμενες καλλιέργειες πατάτας, β) περιοχές που έχουν καλλιεργηθεί επανειλημμένα με πατάτα ή καλλιεργούνται συνεχώς για πολλά χρόνια με διάφορα ευπαθή είδη φυτών και γ) αγρούς που γίνεται συγκαλλιέργεια ευπαθών δενδρωδών καλλιεργειών (π.χ. ελιάς) με καλλιέργεια πατάτας. Μείωση της παραγωγής παρουσιάζεται όταν γίνεται εντατικοποίηση της καλλιέργειας (Rowe & Riedel, 1983; Ligoxigakis, 1991; Rowe & Powelson, 1993).

Το ύψος απώλειας της παραγωγής κονδύλων σε μια καλλιέργεια πατάτας ποικίλει ανάλογα με:

➤ Τη σοβαρότητα προσβολής και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών πριν την εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων (Thanassouloupoulos & Kitsos, 1972; Davis, 1981; Davis & Everson, 1986; Johnson *et al.*, 1986).



- Την ποικιλία ή το υβρίδιο που καλλιεργείται (Rowe *et al.*, 1987; Paplomatas *et al.*, 1991; Powelson & Rowe, 1993).
- Την πυκνότητα φύτευσης (DeVay *et al.*, 1974).
- Την πυκνότητα μολύσματος που υπάρχει στο έδαφος κατά τη φύτευση των κονδύλων (Nnodu & Harrison, 1979).
- Τη δράση και/ή τη συνεργική αλληλεπίδραση των υπεύθυνων μυκήτων της ασθένειας με διάφορα είδη νηματωδών των ριζών και εντόμων εδάφους (Rowe, 1985).
- Τον τύπο του εδάφους (Martin *et al.*, 1981).
- Τη μέθοδο άρδευσης και/ή την ποιότητα του εφαρμοζόμενου νερού άρδευσης (Davis, 1985; Davis & Everson, 1986; Cappaert *et al.*, 1994).
- Την εφαρμοζόμενη ποσότητα βασικής και επιφανειακής λίπανσης, ιδιαίτερα δε την ποσότητα του αμμωνιακού αζώτου που περιέχεται στα λιπάσματα (DeVay *et al.*, 1974; Davis, 1985; Davis & Everson, 1986; Davis *et al.*, 1994).
- Τους κλιματικούς παράγοντες (Robinson *et al.*, 1957; Talboys, 1979; DeVay *et al.*, 1974; Nnodu & Harrison, 1979; Krikun *et al.*, 1982; Rowe *et al.*, 1987; Davis *et al.*, 1990; Powelson & Rowe, 1993).

Μέχρι σήμερα, έχουν αναφερθεί απώλειες της παραγωγής 30-50% στις Η.Π.Α. (Rowe & Riedel, 1976; Nnodu & Harrison, 1979; Powelson, 1981; Nicot & Rouse, 1987), μέχρι 30% στο Όρεγκον (Johnson *et al.*, 1988) και μέχρι 46% στο Αϊντάχο (οι μέσες απώλειες στο Αϊντάχο αντιστοιχούσαν σε 560-1120 kg κονδύλων ανά στρέμμα) [Davis, 1981]. Επίσης στο Οχάιο των ΗΠΑ, οι απώλειες στην παραγωγή της πρώιμης ποικιλίας Superior ξεπερνούσαν τα 1100 kg κονδύλων ανά στρέμμα, ενώ στο Ισραήλ σε περιοχές με αμμώδη εδάφη αναφέρθηκαν απώλειες στην παραγωγή πατάτας μέχρι 50% ή και περισσότερο (οι μέσες απώλειες στο Ισραήλ, αντιστοιχούσαν σε 500-1000 kg κονδύλων ανά στρέμμα) [Krikun & Orion, 1966]. Απώλειες της παραγωγής 20-30% μπορεί ακόμα να παρατηρείται και κατά την καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών πατάτας, εφόσον δεν εφαρμόζονται τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης (Krikun & Orion, 1985).

## **ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ**

Διάφοροι παράγοντες, όπως: η θερμοκρασία εδάφους και αέρα, το φως, η υγρασία εδάφους, ο αερισμός εδάφους, η πυκνότητα μολύσματος, η παρουσία νηματωδών των ριζών και 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 του περιβάλλοντος παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της ασθένειας (Talboys, 1970; Brinkerhoff, 1973). Οι εν λόγω παράγοντες 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 της επίδρασης τους στη θρέψη

και την ανάπτυξη του ξενιστή (Roberts, 1943). Έχει διαπιστωθεί ότι το παθογόνο, ο ξενιστής και ποίκιλες αντιδράσεις ξενιστή-παθογόνου επηρεάζονται από τους παράγοντες του περιβάλλοντος (Brinkerhoff, 1973).

## **A. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ**

### **ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΥΣ**

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επιδρά στη σοβαρότητα της ασθένειας, στην ανάπτυξη της καθώς και στην τελική διασπορά του παθογόνου (Brinkerhoff, 1973).

Ο *V. dahliae* είναι ικανός να προσβάλλει και να μολύνει διάφορα είδη φυτών και να προκαλεί σε αυτά την ανάπτυξη συμπτωμάτων σε θερμοκρασίες μεταξύ 12 και 30 °C (Θανασουλόπουλος, 1992). Όμως, έχει διαπιστωθεί ότι η σοβαρότητα της ασθένειας αυξάνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Για παράδειγμα, σε μία προσβεβλημένη καλλιέργεια πατάτας διαπιστώθηκε ότι η σοβαρότητα της ασθένειας αυξήθηκε, όταν η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε από 20-23 °C σε 28 °C (Nnodu & Harrison, 1979).

Αντίθετα, έχει διαπιστωθεί ότι η ανάπτυξη των συμπτωμάτων, σε πατάτες που ήταν μολυσμένες από το *V. dahliae*, σταμάτησε όταν η θερμοκρασία μειώθηκε από 20 σε 13 °C (Harrison & Isaac, 1968).

Επίσης, σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο θερμοκήπιο, διαπιστώθηκε ότι όταν η θερμοκρασία εδάφους και αέρος ξεπερνούσε τους 30 °C, η ανάπτυξη της βερτισιλλίωσης μειώθηκε αισθητά (Παναγόπουλος, 1993). Παράλληλα, έχει διαπιστωθεί ότι στους 35 °C μειώνεται σημαντικά ο αριθμός των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* που υπάρχει στο έδαφος (Subbarao & Hubbard, 1996).

Ακόμα, σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών στο θερμοκήπιο διαπιστώθηκε ότι, όταν η θερμοκρασία του αέρα μειώθηκε από 29,4 °C σε 23,9 °C χρειαζόταν μεγαλύτερη ποσότητα μολύσματος του *V. dahliae* για να προκαλέσει σοβαρή προσβολή των φυτών πατάτας (Nnodu & Harrison, 1979).

### **ΦΩΣ**

Το φως έχει σημαντική επίδραση στην αύξηση και σπορίωση των μυκήτων *V. dahliae* και *V. albo-atrum* (McClellan *et al.*, 1955; Kaiser, 1962).

Σύμφωνα με τους Brandt & Wang (1960) και Isaac (1953) το φως έχει την ικανότητα να καταστέλλει τον σχηματισμό μελανίνης και μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* και σε συνθήκες υψηλής έντασης του φωτός η καταστολή του σχηματισμού τους είναι οριστική (Brandt, 1964).

Αντίθετα, η μείωση της έντασης του φωτός μπορεί να προκαλέσει κακή ανάπτυξη των φυτών και αύξηση της ευπάθειάς τους στις προσβολές διαφόρων μυκήτων (Walker, 1957).

Σημαντική επίδραση στη σπορίωση και στην εξέλιξη της ασθένειας έχει επίσης η φωτοπερίοδος καθώς και η ποιότητα του φωτός πάνω στην εξέλιξη της ασθένειας.

## ΥΓΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η υγρασία του εδάφους επηρεάζει την βλαστικότητα των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* στο έδαφος (Brinkerhoff, 1969). Σύμφωνα με τους Cappaert *et al.* (1992), η υπερβολική υγρασία αυξάνει την ένταση της προσβολής στην πατάτα, ενώ παράλληλα οι Rowe *et al.* (1987) διαπίστωσαν ότι η ένταση της ασθένειας ήταν αυξημένη σε αρδευόμενες καλλιέργειες πατάτας και ιδιαίτερα σε αγρούς που αρδεύονταν με αυλάκια απ' ό,τι σε αγρούς που αρδεύονταν με σταγόνες (Davis & Everson, 1986).

Αντίθετα, πλημμύρισμα του εδάφους διάρκειας έξι εβδομάδων οδήγησε στην καταστροφή των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* (Menzies, 1962) με την μικρότερη επιβίωση των μικροσκληρωτίων του μύκητα να παρουσιάζεται σε πλημμυρισμένο έδαφος όταν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από 25 °C (Nadakavukaren & Horner, 1961). Γενικά, η υγρασία του εδάφους δεν αποτελεί σοβαρό περιοριστικό παράγοντα στην επιβίωση των μικροσκληρωτίων του μύκητα στο έδαφος, εκτός αν βρίσκεται στο επίπεδο κορεσμού σε συνδυασμό με θερμοκρασία 25 °C (Green, 1980). Όμως, βαριές αρδεύσεις που έχουν ως αποτέλεσμα τη μερική έλλειψη του διαθέσιμου οξυγόνου στο έδαφος, οδηγούν στην καταστροφή των μικροσκληρωτίων του μύκητα που υπάρχουν στα φυτικά υπολείμματα, τα οποία έχουν ενσωματωθεί στο έδαφος (Watson & Huber, 1971).

## ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ο αερισμός του εδάφους επιδρά στην ανάπτυξη και την επιβίωση του *V. dahliae* (Menzies, 1962; Brinkerhoff, 1969) και στην βλαστικότητα των μικροσκληρωτίων που υπάρχουν στο έδαφος (Henis, 1971). Για παράδειγμα τα μικροσκληρώτια του *V. dahliae* εξαλείφθηκαν από το έδαφος μετά το πλημμύρισμά του εξαιτίας της συνεπαγόμενης από την πλημμύρα αναεροβίωσης (Menzies, 1962).

## ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΜΟΛΥΣΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Η πυκνότητα του μολύσματος του μύκητα στο έδαφος κατά την φύτευση του αγενούς πολλαπλασιαστικού υλικού πατάτας είναι ιδιαίτερης σημασίας, διότι συσχετίζεται με την ένταση της προσβολής (Isaac *et al.*, 1971; Nnodu & Harrison, 1979; Davis *et al.*, 1983; Davis, 1985) και επιδρά αρνητικά στην παραγωγή (Nnodu & Harrison, 1979, Powelson & Rowe, 1987).

Όμως, το οριακό επίπεδο μικροσκληρωτίων που απαιτείται στο έδαφος για την πρόκληση της ασθένειας εξαρτάται από τις εδαφικές και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και από την ποικιλία. Για παράδειγμα, σε καλλιέργειες πατάτας στο Ισραήλ, 0,2 ms/g εδάφους ήταν αρκετά για να προκαλέσουν σοβαρή προσβολή των φυτών (Ben-Yerphet *et al.*, 1980), ενώ στο Οντάριο του Καναδά, 1,3 ms/g εδάφους ήταν αρκετά για την προσβολή του 80-90% των φυτών (Busch *et al.*, 1978). Επίσης, στο Ουισκόνσιν των Η.Π.Α., 6-10 ms/g εδάφους επαρκούσαν για την προσβολή του 80% των φυτών (Nicot & Rouse, 1987) και στο Αϊντάχο των Η.Π.Α., 10 ms/g προκάλεσαν σοβαρή προσβολή των φυτών, η οποία υπολογίστηκε σε 930 kg κονδύλων/στρέμμα (Davis, 1985).

Όμως, σε άλλες περιοχές του κόσμου, το κατώτερο όριο της πυκνότητας του μολύσματος που απαιτείται για την πρόκληση οικονομικής ζημίας διαφέρει σημαντικά. Για παράδειγμα, το κατώτερο όριο για την πρόκληση οικονομικής ζημίας σε καλλιέργειες πατάτας στο Κολοράντο των Η.Π.Α. είναι 17,5-23 ms/g εδάφους (Nnodu & Harrison, 1979) και στην Αγγλία, ο ελάχιστος αριθμός μικροσκληρωτίων που απαιτείται κατά την φύτευση για να προκληθεί η ασθένεια, είναι 40 ms/g εδάφους (Isaac *et al.*, 1971).

## **B) ΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ**

### **ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΤΩΝ ΡΙΖΩΝ**

Διάφορα είδη νηματωδών τραυματίζουν το ριζικό σύστημα των φυτών, με αποτέλεσμα την αύξηση της συχνότητας προσβολής των φυτών πατάτας και την αύξηση της έντασης της ασθένειας, που οφείλονται στην ευκολότερη διείσδυση των εδαφογενών μυκήτων *V. dahliae* και *V. albo-atrum* στις ρίζες τους, από το ήδη τραυματισμένο ριζικό του σύστημα. Επίσης, οι νηματώδεις αναπτύσσουν, πολλές φορές, συνεργικές αλληλεπιδράσεις με τα δύο αυτά παθογόνα, με αποτέλεσμα η ασθένεια να είναι ιδιαίτερα σοβαρή ακόμα και όταν, τόσο οι νηματώδεις όσο και οι μύκητες *V. dahliae* και *V. albo-atrum* υπάρχουν σε χαμηλές πληθυσμιακές πυκνότητες, που από μόνες τους (για κάθε ένα παθογόνο χωριστά) έχουν μικρή ή καμία επίδραση στον ξενιστή (Powelson & Rowe, 1993).

Συνεργικές αλληλεπιδράσεις των νηματωδών και των ειδών του γένους *Verticillium* που προσβάλλουν την πατάτα έχουν αναφερθεί μεταξύ των: *Meloidogyne halpa* και *V. albo-atrum* (Jacobson, 1974), *M. halpa* και *V. dahliae* (MacGuidwin & Rouse, 1990), *Pratylenchus penetrans* και *V. albo-atrum* (Morsink & Rich, 1968; 1974), *P. penetrans* και *V. dahliae* (Davis *et al.*, 1981; Martin *et al.*, 1985), *Pratylenchus* spp. και *Helicotylenchus* spp. και *V. dahliae* (Davis *et al.*, 1981), *Pratylenchus* spp. και *V. dahliae* (Davis & Everson, 1986), *Heterodera rostochiensis* και *V. dahliae* (Harrison, 1971), *Globodera pallida* και *V. dahliae* (Hide *et al.*, 1984), *Pratylenchus scribneri* και *V. dahliae* (MacGuidwin & Rouse, 1990; Powelson & Rowe, 1993), *Pratylenchus neglectus* και *V. dahliae* (Powelson & Rowe, 1993) και *Pratylenchus crenatus* και *V. dahliae* (Powelson & Rowe, 1993).

## **ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ**

Σήμερα, δυστυχώς, η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης στην πατάτα στηρίζεται κυρίως σε προληπτικά μέτρα, διότι δεν είναι εφικτή η χημική καταπολέμησή της, καθότι δεν υπάρχουν διασυστηματικά μυκητοκτόνα που να ελέγχουν την ασθένεια (Τζάμος, 1989; Θανασουλόπουλος 1992; Παναγόπουλος, 1995). Εκτός από την αναποτελεσματικότητα των κυκλοφορούντων σήμερα διασυστηματικών μυκητοκτόνων ενάντια

στην βερτισιλλίωση, υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα στην αντιμετώπιση του *V. dahliae*, εξαιτίας των μικροσκληρωτίων τα οποία παράγει στα φυτικά υπολείμματα που βρίσκονται στην επιφάνεια ή σε κάποιο βάθος του εδάφους (Pegg, 1974).

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω προβλήματα, διαπιστώνεται ότι η αντιμετώπιση ή η μείωση της σοβαρότητας της εν λόγω ασθένειας επιτυγχάνεται κυρίως με προληπτικά μέτρα.

Οι πρακτικές που συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της ασθένειας, οι οποίες θα αναλυθούν λεπτομερώς παρακάτω, είναι: α) η καλλιέργεια ανεκτικών ή ανθεκτικών γενοτύπων πατάτας, β) η απολύμανση του εδάφους με i) χημικά απολυμαντικά ευρέως φάσματος, ii) ηλιοαπολύμανση, iii) συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης απολυμαντικού και iv) ατμό, γ) η αμειψισπορά, δ) η εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών επεμβάσεων καθώς επίσης και η απομάκρυνση και καταστροφή των προσβεβλημένων φυτικών υπολειμμάτων (ρίζες και στελέχη) και ε) η χρησιμοποίηση βιολογικών παραγόντων.

## ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΝΘΕΚΤΙΚΩΝ Η ΑΝΕΚΤΙΚΩΝ ΓΕΝΟΤΥΠΩΝ

Η μέθοδος αυτή καταπολέμησης της ασθένειας επιτυγχάνεται με καλλιέργεια στον αγρό ανθεκτικών ή ανεκτικών ποικιλιών και υβριδίων πατάτας (Πίνακας 3).

Ως μέθοδος παρουσιάζει πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων αντιμετώπισης της ασθένειας διότι είναι αποτελεσματικότερη, οικονομικότερη (Waggoner, 1956), ενώ ταυτόχρονα προστατεύει το περιβάλλον (Krikun *et al.*, 1982).

## ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η απολύμανση εδάφους είναι μία πρακτική που εφαρμόζεται σε πολλές περιοχές του κόσμου για την καταπολέμηση των εδαφογενών παθογόνων μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται και οι μύκητες *V. dahliae* και *V. albo-atrum*.

Οι μέθοδοι απολύμανσης του εδάφους που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι η χημική απολύμανση, η ηλιοαπολύμανση, ο συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης απολυμαντικού και η απολύμανση με ατμό.

Πίνακας 3. Κατάταξη γενοτύπων πατάτας ανάλογα με την αντοχή τους στο μύκητα *V. dahliae*.

Ποικιλίες και υβρίδια πατάτας			
Υψηλά ανθεκτικές	Ανθεκτικές	Μέτρια ανθεκτικές	Ανεκτικές

A 66107-51 (Davis <i>et al.</i> , 1985)	Abnaki ** (Derlanger & Powerlson, 2000)	Allegany (Derlanger & Powerlson, 2000)	Avandel * (Nachmias, 1997)
A 68113-4 (Azad,1985)	Alpha ** (Nachmias & Krikun, 1984)	Atlantic (Derlanger & Powerlson, 2000)	Cara * (Nachmias, 1997)
	Cascade (Hoyman, 1969)	Centennial Russet (Derlanger & Powerlson, 2000)	Green Mountain (Nachmias, 1997)
	Century Russet (Wiggens, 2002)	Frontier Russet (Derlanger & Powerlson, 2000)	Mondial * (Nachmias, 1997)
	Desiree ** (Nachmias & Krikun,1984)	Hampton (Derlanger & Powerlson, 2000)	O' Maya (Nachmias, 1997)
	Elba (Derlanger & Powerlson, 2000)	Maine Chip (Derlanger & Powerlson, 2000)	
	Gemchip (Derlanger & Powerlson, 2000)	Monona (Derlanger & Powerlson, 2000)	
	Gold Rush (Wiggens, 2002)	Norchip (Derlanger & Powerlson, 2000)	
	Houma (Waggoner, 1956)	Norking Russet (Derlanger & Powerlson, 2000)	
	Itasca (Wiggens, 2002)	Portage (Derlanger & Powerlson, 2000)	
	Katahdin (Arbogast, 1997)	Prestile (Derlanger & Powerlson, 2000)	
	Reddale (Powelson & Rowe, 1993)	Ranger Russet (Arbogast, 1997)	
	Ridean (Derlanger & Powerlson, 2000)	Russet Nugget (Derlanger & Powerlson, 2000)	
	Russette (Derlanger & Powerlson, 2000)		
	Saranac (Waggoner, 1956)		
	Shoshoni (Sanfold <i>et al.</i> , 1964)		
	Spunta (Nachmias & Krikun, 1984)		
	Tagree (Azad, 1985; Davis, 1981)		

\* πολύ υψηλών αποδόσεων (7-8 tn/στρέμμα)

\*\* υψηλών αποδόσεων (5-6 tn/στρέμμα)

## A. ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

Η χημική απολύμανση μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή στο έδαφος διάφορων απολυμαντικών ευρέως φάσματος, όπως είναι το βρωμιούχο μεθύλιο (βρωμιούχο μεθύλιο 98% και χλωροπικρίνη 2%), το metham sodium κ.ά. Η εφαρμογή

των σκευασμάτων αυτών για την απολύμανση του εδάφους είχε δώσει στο παρελθόν καλά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης (Powelson *et al.*, 1964; Easton, 1970; Easton *et al.*, 1972; Powelson, 1981; Davis, 1985).

Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος χημικής απολύμανσης του εδάφους στο Οχάϊο των Η.Π.Α., είναι η εφαρμογή του metham sodium μέσω του συστήματος τεχνητής βροχής. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ απλή, εύκολη στη χρήση της και αποτελεσματική, γι' αυτό είναι μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους απολύμανσης εδάφους σε πολλές χώρες (Εικόνα 18).

Όμως, η εφαρμογή των απολυμαντικών αυτών στο έδαφος εγκυμονεί αρκετούς κινδύνους, όπως: τοξικότητα στα θηλαστικά, μόλυνση του περιβάλλοντος κ.ά. (Marois *et al.*, 1982; Fravel, 1989).

Πολλές φορές η μέθοδος αυτή κρίνεται αναποτελεσματική, επειδή η αντιμετώπιση της ασθένειας δεν είναι πάντα πλήρης εξαιτίας της επιβίωσης του μολύσματος στα κατώτερα στρώματα του εδάφους, όπου δεν φτάνει η δράση της (Sherf & MacNab, 1986). Το κόστος της απολύμανσης εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο 98% και χλωροπικρίνη 2% είναι 680-725 €/στρ. ενώ το κόστος της απολύμανσης με metham sodium είναι σημαντικά μικρότερο (90-190 €/στρ.).



Εικόνα 18. Σύγκριση τμήματος αγρού στο οποίο έγινε εφαρμογή metham sodium (αριστερά) και τμήματος αγρού στο οποίο δεν έγινε επέμβαση (δεξιά).

## **B. ΗΛΙΟΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ**

Η ηλιοαπολύμανση είναι σήμερα μια νέα εναλλακτική λύση για την απολύμανση του εδάφους από τα εδαφογενή παθογόνα. Αποτελεί μια διαδικασία η οποία βασίζεται στην ίδια αρχή με την απολύμανση του εδάφους με ατμό (Pullman, 1981), όμως μεταξύ τους υπάρχουν σημαντικές διαφορές.

Η ηλιοαπολύμανση εδάφους είναι μια μέθοδος απολύμανσης που ελέγχει τα διάφορα παθογόνα του εδάφους. Με την ηλιοαπολύμανση επιδιώκεται η εξάλειψη ή η σημαντική μείωση, πριν την φύτευση, του μολύσματος που υπάρχει στο έδαφος, με

τελικό στόχο την μείωση των προσβολών των φυτών από την ασθένεια για τουλάχιστον μια καλλιεργητική περίοδο (Katan, 1981).

Η διαδικασία της ηλιοαπολύμανσης, όπως και η απολύμανση του εδάφους με ατμό, περιλαμβάνει την χρήση της θερμότητας ως θανατηφόρο παράγοντα για την αντιμετώπιση των εδαφικών παθογόνων *V. dahliae* και *V. albo-atrum*.

Κατά την εφαρμογή της ηλιοαπολύμανσης γίνεται κάλυψη του εδάφους, είτε με τα χέρια, είτε με ειδικά μηχανήματα, με λεπτό διαφανές φύλλο πολυαιθυλενίου πάχους 32-75  $\mu\text{m}$  (πάχος αδιαπέρατων φύλλων πολυαιθυλενίου: 32-35  $\mu\text{m}$  και κοινών φύλλων πολυαιθυλενίου: 50-75  $\mu\text{m}$ ), για τον εγκλωβισμό της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες, για διάστημα τεσσάρων εβδομάδων ή περισσότερο. Κατά τη διάρκεια της κάλυψης το έδαφος πρέπει να παραμένει υγρό, ώστε να επιτυγχάνεται υψηλότερη θερμική ευαισθησία των αναπαραγωγικών μονάδων των παθογόνων μυκήτων καθώς και βελτίωση της θερμικής αγωγιμότητας του εδάφους. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η διαδικασία της απολύμανσης του εδάφους μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια υδροθερμική μέθοδος, όπου η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το υγρό έδαφος (Katan, 1980; 1981).

Κατά την εφαρμογή της ηλιοαπολύμανσης προκειμένου να επιτευχθεί ο έλεγχος της βερτισιλλίωσης στην πατάτα στα επιθυμητά βάθη εδάφους, θα πρέπει η περίοδος κάλυψης του να διαρκεί τέσσερις εβδομάδες ή περισσότερο. Όσο περισσότερο διαρκεί η περίοδος κάλυψης του εδάφους τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός θανάτωσης του παθογόνου και σε μεγαλύτερο βάθος η αποτελεσματικότητά της επέμβασης. Στην περίπτωση που επιδιώκεται η καταπολέμηση του παθογόνου σε μεγάλο βάθος, η κάλυψη του εδάφους θα πρέπει να παρατείνεται αρκετά (οι θερμοκρασίες στα βάθη αυτά είναι πολύ μικρότερες από αυτές στα ανώτερα στρώματα του εδάφους) ώστε να επιτευχθεί η αποτελεσματική καταπολέμηση του παθογόνου. Έχει αναφερθεί ότι πέντε ημέρες ηλιοαπολύμανσης ήταν αρκετές για την εξάλειψη των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* σε βάθος 5 cm, αλλά σε βάθος 25 cm παρατηρήθηκε μικρή μείωσή τους. Όμως, μετά από οκτώ επιπρόσθετες ημέρες, παρατηρήθηκε πλήρης θάνατος των μικροσκληρωτίων σε βάθος 25 cm (Katan, 1984). Επίσης έχει αναφερθεί ότι η κάλυψη του εδάφους για 31 ημέρες είχε ως αποτέλεσμα την εξάλειψη του παθογόνου σε βάθη 5, 20 και 30 cm (Grinstein, 1979). Η μακράς διάρκειας ηλιοαπολύμανση συντελεί στην καταστροφή του *V. dahliae* σε βάθος 50 cm ή περισσότερο (Katan *et al.*, 1984).

Η ηλιοαπολύμανση έχει τα χαρακτηριστικά μιας ολοκληρωμένης αντιμετώπισης, των παθογόνων του εδάφους, επειδή αλληλεπιδρούν φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί μηχανισμοί κι έτσι επιτυγχάνεται η αντιμετώπιση διάφορων παρασίτων (Katan, 1981). Οι βιολογικές διαδικασίες παρακινούνται από την ηλιοαπολύμανση και μπορούν να συμβάλλουν στον έλεγχο της ασθένειας (επιπροσθέτως της φυσικής επίδρασης της θερμότητας). Τέτοιες διαδικασίες μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμες όπου η επίδραση της θερμότητας μπορεί να είναι ελλειπής για τον έλεγχο των παθογόνων στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους ή σε οριακές περιόδους (Katan, 1981).

Στο Ισραήλ, έχει αναφερθεί ότι οι θερμοκρασίες των εδαφών στα οποία γινόταν ηλιοαπολύμανση κατά την διάρκεια των μηνών Ιουλίου-Αυγούστου κυμαίνονταν μεταξύ 45-55 °C και 35-45 °C σε βάθη 5 και 20 cm, αντίστοιχα (Katan *et al.*, 1976; Grinstein *et al.*, 1979; Katan *et al.*, 1984). Στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α., οι θερμοκρασίες των καλυμμένων εδαφών ήταν παρόμοιες ή μεγαλύτερες, φτάνοντας τους 60 °C σε βάθος 5



cm (Katan, 1981). Στην Ιορδανία, οι μέγιστες θερμοκρασίες των καλυμμένων εδαφών σε βάθος 5 και 20 cm ήταν 44-52 °C και 36-38 °C, αντίστοιχα (Katan, 1981).

Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική στη μείωση της προσβολής των φυτών από διάφορα εδαφογενή παθογόνα (Stapleton & DeVay, 1982; Katan *et al.*, 1976; Grinstein *et al.*, 1979; Katan, 1980) σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ακόμα και ένα έτος μετά την κάλυψη του εδάφους, χωρίς να εντοπίζεται ένδειξη νέας μόλυνσης (Katan, 1980). Εκτός από την μείωση της προσβολής και της σοβαρότητας της ασθένειας έχει παρατηρηθεί ότι η ηλιοαπολύμανση συντελεί στην αυξημένη ανάπτυξη των φυτών (Increased Growth Rate, IGR) και στην αυξημένη παραγωγή τους (Katan *et al.*, 1976; Grinstein *et al.*, 1979; Stapleton & DeVay 1982; 1983) ακόμα και όταν δεν έχουν ανιχνευθεί σημαντικά είδη εδαφογενών παθογόνων ή νηματώδεις των ριζών των φυτών στα πειραματικά εδάφη (Stapleton & DeVay, 1984).

Η ηλιοαπολύμανση σε αγρό στον οποίο έγινε κάλυψη του εδάφους οδήγησε στην αύξηση της παραγωγής της πατάτας ως 650 kg/στρέμμα (σχεδόν τέσσερις φορές περισσότερο από το κόστος της κάλυψης) [Grinstein, 1979]. Επίσης έχει αναφερθεί αύξηση της παραγωγής της πατάτας περισσότερο από 46% λόγω της μείωσης της πυκνότητας του μολύσματος του *V. dahliae* από 9,7 σε 0,3 ms/g εδάφους μετά την εφαρμογή της ηλιοαπολύμανσης (Davis & Sorensen, 1983).

Η μέθοδος της ηλιοαπολύμανσης πλεονεκτεί έναντι της χημικής απολύμανσης γιατί είναι απλή, εύκολη, μη επικίνδυνη για το χειριστή, δεν χρησιμοποιεί τοξικές ουσίες για τον καταναλωτή, το φυτό-ξενιστή ή τους άλλους οργανισμούς και είναι φιλική προς το περιβάλλον. Επίσης είναι οικονομικότερη από τις άλλες μεθόδους απολύμανσης του εδάφους (κόστος κάλυψης του εδάφους 90-140 €/στρ.) και μπορεί εύκολα να διδαχθεί σε λιγότερο εκπαιδευμένους και χαμηλού μορφωτικού επιπέδου αγρότες.

Κατά την εφαρμογή της ηλιοαπολύμανσης, σε αντίθεση με την απολύμανση με ατμό, δεν είναι αναγκαίο να μεταφερθεί η θερμότητα από την πηγή της στο έδαφος, επομένως μπορεί να πραγματοποιείται στον ανοικτό αγρό. Αντιθέτως, κατά την απολύμανση του εδάφους με ατμό έχουν παρατηρηθεί αρνητικές επιδράσεις π.χ. φυτοτοξικότητα εξαιτίας της απελευθέρωσης μαγγανίου ή άλλων τοξικών παραγώγων και αλματώδης επαναμόλυνση του εδάφους από διάφορα παθογόνα λόγω της δημιουργίας βιολογικού κενού (Katan, 1981).

## **Γ. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΗΛΙΟΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΔΟΣΗΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΟΥ**

Ο συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης απολυμαντικού εδάφους (όπως: το βρωμιούχο μεθύλιο, το metham sodium κ.ά.) έχει δώσει εξαιρετικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης (Tjamos & Paplomatas, 1987; Ben-Yephet *et al.*, 1989; Τζάμος *et al.*, 2001). Σύμφωνα με τους Frank *et al.* (1986) και Stapleton & DeVay (1983) ο συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης metham sodium (Εικόνα 19), οδηγεί στη συνεργική δράση τους εναντίον των αναπαραγωγικών μονάδων του *V. dahliae*. Η εφαρμογή των μεθόδων αυτών απολύμανσης εδάφους όχι μόνο μειώνει σημαντικά τον πληθυσμό του παθογόνου στο έδαφος σε σύγκριση με την μέθοδο της χημικής απολύμανσης του εδάφους, αλλά μειώνει επίσης

και τον απαιτούμενο χρόνο για τη θανάτωση του παθογόνου στο έδαφος (Tjamos, 1989). Για παράδειγμα, ο συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και metham sodium είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή του μύκητα σε διάστημα μιας εβδομάδας (Frank *et al.*, 1986; Ben-Yerphet *et al.*, 1989). Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής επιβαρύνει λιγότερο το περιβάλλον με χημικές ουσίες και είναι οικονομικότερη από τη μέθοδο της χημικής απολύμανσης του εδάφους με απολυμαντικά ευρέως φάσματος. Το κόστος της συνδυασμένης εφαρμογής ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης βρωμιούχου μεθυλίου ανέρχεται στα 435 €/στρ., ενώ το κόστος της συνδυασμένης εφαρμογής ηλιοαπολύμανσης και metham sodium ανέρχεται στα 220 €/στρ.



Εικόνα 19. Αγρός πατάτας στον οποίο γίνεται συνδυασμός ηλιοαπολύμανσης και μειωμένης δόσης απολυμαντικού εδάφους (metham sodium).

## Δ. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΤΜΟ

Η θέρμανση του εδάφους με ατμό αποτελεί μια παραδοσιακή μέθοδο απολύμανσης του, που αξιοποιεί τον ατμό θερμοκρασίας 100 °C ο οποίος παράγεται από ειδικά μηχανήματα (ατμολέβητες), για την απολύμανση του εδάφους από διάφορους εδαφογενείς μύκητες, όπως ο *V. dahliae* και ο *V. albo-atrum*, εδαφογενή παράσιτα όπως οι νηματώδεις καθώς επίσης και σπόρους ζιζανίων.

Η εφαρμογή της απολύμανσης του εδάφους με ατμό μπορεί να επιτευχθεί: α) με την εφαρμογή του ατμού στην επιφάνεια του εδάφους που έχει καλυφθεί με πλαστικά φύλλα PVC, β) με την έγχυση του ατμού σε ορισμένο βάθος εδάφους με ειδικά εξαρτήματα της μηχανής και γ) με την εφαρμογή του ατμού στο έδαφος με υπόγειους σωλήνες που έχουν εγκατασταθεί μόνιμα σε αυτό και το δικτυώνουν (Μπούρμπος & Σκουντριδάκης, 1993).

Η πιο απλή και εύχρηστη εφαρμογή της απολύμανσης με ατμό είναι η κάλυψη του εδάφους με πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες και αδιαπέρατα στον ατμό, τα οποία παραχώνονται επιμελώς περιφερειακά σε αρκετό βάθος για την αποφυγή διαφυγής του ατμού προς το περιβάλλον. Η αποτελεσματικότητα της

μεθόδου αυτής εξαρτάται από την απόδοση του ατμολέβητα, ενώ η διάρκεια της απολύμανσης εξαρτάται επιπλέον από το τύπο του εδάφους και από το επιθυμητό βάθος απολύμανσης (Μπούρμπος & Σκουντριδάκης, 1993).

Για να είναι αποτελεσματική η εφαρμογή της απολύμανσης με ατμό, το έδαφος δεν πρέπει να είναι υγρό, ούτε ξηρό, γιατί η διείσδυση του ατμού σε αυτά τα εδάφη είναι περιορισμένη. Επίσης πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στον ψιλοχωματισμό του εδάφους, για την αποφυγή ύπαρξης βόλων που δυσχεραίνουν την ομοιόμορφη κατανομή του ατμού σε αυτό.

Όμως, η απολύμανση του εδάφους με ατμό δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμη σε αγρούς πατάτας και ιδιαίτερα σε μεγάλης έκτασης αγρούς, συγχρόνως δε το υψηλό κόστος αγοράς του εξοπλισμού για την παραγωγή και διανομή του ατμού, αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου. Συγκεκριμένα μια μηχανή απολύμανσης με ατμό, με δυνατότητα απολύμανσης ενός στρέμματος σε 3-4 μέρες κοστίζει 30,000 € (Προσωπική επικοινωνία με την κ. Α. Βογιατζάκη, καθηγήτρια γενικής και ειδικής λαχανοκομίας ΑΤΕΙ Ηρακλείου).

## **ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΟΛΥΕΤΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑΣ**

Μια αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης ή μείωσης της σοβαρότητας της βερτισιλλίωσης στην πατάτα, σε περιοχές που γίνεται επανειλημμένη καλλιέργειά της, είναι τα πολυετή προγράμματα αμειψισπορών. Με τη μέθοδο αυτή αποφεύγεται η αύξηση του μολύσματος καθώς και η αύξηση της προσβολής των επόμενων καλλιεργειών, η οποία παρατηρείται κατά τη συνεχή μονοκαλλιέργεια ευπαθών ποικιλιών και υβριδίων πατάτας για μερικά χρόνια στον ίδιο αγρό. Για να μειωθεί σημαντικά ή να ελαχιστοποιηθεί το μόλυσμα που παράγεται από μολυσμένες πατάτες, έχει αναφερθεί ότι χρειάζονται 2-4 χρόνια (Slattery, 1983) ή 3-4 χρόνια (McKay, 1926) απουσία πατάτας στον αγρό. Ωστόσο, οι αμειψισπορές μικρής διάρκειας (π.χ. πατάτες κάθε δεύτερο χρόνο) κρίνονται μάλλον αναποτελεσματικές, διότι το μόλυσμα του μύκητα διατηρείται στο έδαφος με τα προσβεβλημένα στελέχη πατάτας και δεν εκλείπει όταν τα στελέχη παραμείνουν άθικτα μετά το τέλος της καλλιέργειας (Slattery, 1981). Το παραπάνω ενισχύεται από μια τετραετή μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Οχάιο, με διετή αμειψισπορά σιταριού-πατάτας, όπου διαπιστώθηκε 3-60% αύξηση του πληθυσμού των μικροσκληρωτίων στο έδαφος κατά τη διάρκεια που αναπτυσσόταν το σιτάρι, η οποία αποδόθηκε στην αποσύνθεση των μολυσμένων ιστών πατάτας και την απελευθέρωση των μικροσκληρωτίων στο έδαφος (Joaquim *et al.*, 1988). Όμως και οι αμειψισπορές μέχρι 5 ετών έχουν κριθεί αναποτελεσματικές στην καταστολή της βερτισιλλίωσης της πατάτας· οι αμειψισπορές 7 ετών στις οποίες καλλιεργήθηκαν ανθεκτικά είδη φυτών, βρέθηκε ότι δεν αντιμετώπισαν πλήρως το μύκητα, όμως μείωσαν αισθητά την πυκνότητα του μολύσματος του στο έδαφος (Ben-Yephet & Szmulewich, 1985). Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της προσβολής των φυτών πατάτας από τη βερτισιλλίωση, καθώς και στη καλύτερη ανάπτυξη και παραγωγή τους.

Οι Ashworth *et al* (1972) διαπίστωσαν ότι η αμειψισπορά σε αγρούς πατάτας μπορεί να είναι αποτελεσματική στην μείωση των προσβολών των φυτών, εάν τα επίπεδα των μικροσκληρωτίων που υπάρχουν στο έδαφος, μειωθούν κάτω από το οριακό επίπεδο

μικροσκληρωτίων (threshold) που απαιτούνται για να προκληθεί η ασθένεια. Γενικά, σε αμειψισπορές πατάτας με σιτηρά, η μικρότερη περίοδος που απαιτείται για να μειωθεί σημαντικά το μόλυσμα σε μέτρια έως βαριά προσβεβλημένα εδάφη, είναι περίπου 5-10 χρόνια (Davis, 1981). Όμως, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το ενδεχόμενο προσβολής των φυτών των επόμενων καλλιεργειών πατάτας, σε έδαφος το οποίο προηγουμένως ήταν βαριά προσβεβλημένο, κρίνεται απαραίτητη μετά την εφαρμογή των πολυετών προγραμμάτων αμειψισποράς να ακολουθείται η εφαρμογή χημικής απολύμανσης του εδάφους (π.χ. η εφαρμογή του metham sodium μέσω του συστήματος τεχνητής βροχής) [Ben-Yephet *et al.*, 1989].

## **ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ**

Η εφαρμογή των ενδεικνυόμενων καλλιεργητικών πρακτικών όπως: η λίπανση, η άρδευση, η καταπολέμηση των ζιζανίων και των νηματωδών, η απομάκρυνση και η καταστροφή των φυτικών υπολειμμάτων καθώς επίσης και η εφαρμογή διαφόρων εδαφοβελτιωτικών, μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της προσβολής και της σοβαρότητας της ασθένειας στην καλλιέργεια πατάτας, όχι όμως και στην πλήρη εξάλειψή της που είναι εξαιρετικά δυσχερής.

Οι ενδεικνυόμενες καλλιεργητικές πρακτικές για την αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης της πατάτας είναι οι εξής:

### **➤ Η χρησιμοποίηση απολύτως υγιούς και πιστοποιημένου αγενούς πολλαπλασιαστικού πατάτας**

Κατά τη φύτευση των αγρών πατάτας επιβάλλεται η χρήση απολύτως υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού πατάτας, το οποίο έχει αναπτυχθεί σε αμόλυντους αγρούς και από υγιείς καλλιέργειες. Κόνδυλοι πατάτας οι οποίοι κατά τον τεμαχισμό τους παρουσιάζουν μεταχρωματισμό των αγγείων τους, πρέπει να απορρίπτονται (Ζάχος, 1962).

### **➤ Η εφαρμογή ορθολογικής και ισορροπημένης λίπανσης και όχι η εφαρμογή υπερβολικής αζωτούχος λίπανση**

Έχει αναφερθεί ότι τα φυτά πατάτας της ποικιλίας Russet Burbank είναι πιο ανθεκτικά στην βερτισιλλίωση, όταν το άζωτο βρίσκεται σε άριστο επίπεδο για την ανάπτυξή τους. Επίσης, έχει βρεθεί ότι ο αποικισμός των στελεχών των φυτών της ποικιλίας αυτής από το *V. dahliae* είναι αρνητικά συσχετισμένος με τα επίπεδα του αμμωνιακού αζώτου στους μίσχους των φύλλων (Davis, 1981). Συγκεκριμένα, όσο αυξάνεται η διαθεσιμότητα του αζώτου, τόσο μειώνεται ο αποικισμός των στελεχών των φυτών από το μύκητα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η σοβαρότητα της ασθένειας στην καλλιέργεια και να αυξάνεται η παραγωγή (μεγαλύτερη ποσότητα και καλύτερης ποιότητας κόνδυλοι) [Davis, 1981]. Αντίθετα, αυτό δεν έχει παρατηρηθεί να συμβαίνει και στην ποικιλία Norgold Russet, γι' αυτό συμπεραίνεται ότι η αντίδραση στο άζωτο

των φυτών πατάτας είναι συνδεδεμένη με τον γενότυπο της ποικιλίας (Davis & Everson, 1986).

➤ **Η χρησιμοποίηση διαφόρων βελτιωτικών εδάφους (χλωρή λίπανση κ.ά.)**

Εφαρμογή διαφόρων εδαφοβελτιωτικών φαίνεται να μειώνει τη συχνότητα της βερτισιλλίωσης σε καλλιέργειες πατάτας που ακολουθούν σε μολυσμένους αγρούς (Tolmsoff & Young, 1959), χωρίς ωστόσο να είναι γνωστό αν αυτό σχετίζεται με την επίδρασή τους πάνω στο παθογόνο, στον ξενιστή ή και στα δύο.

Η ενσωμάτωση χλωρής λίπανσης στο έδαφος (π.χ. αραβόσιτος, βρώμη) έχει την ικανότητα να καταστέλλει την βερτισιλλίωση της πατάτας λόγω της αλλαγής στη δραστηριότητα και στην σύνθεση της μικροχλωρίδας του εδάφους, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στη βελτίωση της δομής του εδάφους και στην αύξηση της περιεκτικότητάς του σε οργανική ουσία, ενώ παρέχει θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών (Davis, 1996). Για παράδειγμα, έχει διαπιστωθεί ότι η εφαρμογή στο έδαφος χλωρής λίπανσης αραβόσιτου, βρώμης, μπιζελιού, γογγυλιού και σόργου του Σουδάν καταστέλλει τη βερτισιλλίωση της πατάτας, με πιο αποτελεσματική εκείνη του σόργου του Σουδάν όσον αφορά τη μείωση του πληθυσμού του *V. dahliae* στο έδαφος και του αριθμού προσβολών των ριζών των φυτών (Davis, 1993).

Επίσης, εντυπωσιακή καταστολή της βερτισιλλίωσης της πατάτας διαπιστώθηκε όταν στο έδαφος ενσωματώθηκαν 900 kg βρώμης και κριθαριού ανά στρέμμα σε συνδυασμό με περίπου 2-5 kg αζώτου ανά στρέμμα (Tolmsoff & Young, 1959). Όμως, για να είναι αποτελεσματική η χλωρή λίπανση του εδάφους ενάντια στη βερτισιλλίωση της πατάτας, πρέπει η εφαρμογή της να γίνεται για τουλάχιστον δύο συνεχόμενα χρόνια, ενώ η τριετής περίοδος χλωρής λίπανσης είναι περισσότερο αποτελεσματική στη μείωση της σοβαρότητας της ασθένειας και στην αύξηση της παραγωγής των φυτών και της ποιότητας των κονδύλων τους (Davis *et al.*, 1993).

➤ **Η ενσωμάτωση διαφόρων φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος (τα οποία συνοδεύονται, απαραίτητα, με προσθήκη ανάλογων ποσοτήτων αζώτου) καθώς και διαφόρων εδαφοβελτιωτικών (λεπτοαλεσμένα υπολείμματα βρώμης ή κριθαριού).**

Η μέθοδος αυτή συντελεί σε μείωση της σοβαρότητας ή ακόμα και σε αξιοσημείωτη καταστολή της βερτισιλλίωσης της πατάτας, η οποία συνοδεύεται από αυξημένη ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών της επόμενης καλλιέργειας (Tolmsoff & Young, 1959).

➤ **Η αποφυγή της μεθόδου άρδευσης της καλλιέργειας με αυλάκια**

Έχει διαπιστωθεί ότι η άρδευση των καλλιεργειών πατάτας με αυλάκια έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της σοβαρότητας της ασθένειας (Easton *et al.*, 1980; Thanassouloupoulos *et al.*, 1980; Davis & Everson, 1986), λόγω πιθανής διασποράς των αναπαραγωγικών μονάδων του μύκητα (Easton *et al.*, 1969; Davis & Everson, 1986). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί μια λίμνη καθίζησης που βρισκόταν σε απόσταση 160 m περίπου από μια καλλιέργεια πατάτας προσβεβλημένη από βερτισιλλίωση, στην

οποία βρέθηκαν 4.388-15.410 αναπαραγωγικές μονάδες του μύκητα ανά λίτρο ακάθαρτου νερού. Έχει επίσης αναφερθεί ότι το νερό άρδευσης, το οποίο ήταν καθαρό στην αφετηρία των αυλακιών, όταν έφτανε στο τέρμα τους περιείχε μέχρι 301.314 αναπαραγωγικές μονάδες του μύκητα ανά λίτρο νερού. Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι το νερό άρδευσης των αυλακιών συγκεντρώνει και μεταφέρει τις αναπαραγωγικές μονάδες του μύκητα, όταν διέρχεται μέσω μολυσμένων αγρών (Easton *et al.*, 1969). Γι' αυτό, θα πρέπει το νερό άρδευσης να μην διέρχεται μέσω μολυσμένων αγρών, όταν η άρδευση της καλλιέργειας γίνεται με αυλάκια (Θανασουλόπουλος, 1992).

Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι με την άρδευση με αυλάκια, το άζωτο συσσωρεύεται στα ανώτερα στρώματα του εδάφους, με αποτέλεσμα να είναι λιγότερο διαθέσιμο στις ρίζες, εξαιτίας αφενός της διήθησης και αφετέρου της ανομοιόμορφης κατανομής του στον αγρό· έτσι η ασθένεια να παρουσιάζει αυξημένη ανάπτυξη και σοβαρότητα. Αντίθετα, με την μέθοδο άρδευσης με τεχνητή βροχή το άζωτο μπορεί να διανέμεται πιο ομοιόμορφα στο έδαφος (Easton, 1972; Davis, 1981) και να μειώνεται η σοβαρότητα της ασθένειας.

### ➤ Η εφαρμογή ισορροπημένης άρδευσης των καλλιεργειών πατάτας

Οι μέτριες και ελλειμματικές αρδεύσεις καθώς και μειωμένη υγρασία εδάφους των καλλιεργειών συντελεί στην αρνητική ανάπτυξη της ασθένειας, ενώ οι πλούσιες αρδεύσεις και η αυξημένη υγρασία εδάφους αυξάνουν την σοβαρότητα της ασθένειας καθώς και τη μείωση της παραγωγής κονδύλων (Cappaert *et al.*, 1992, 1994). Επίσης, οι υπερβολικές αρδεύσεις, που συντελούν στην μερική έλλειψη του διαθέσιμου οξυγόνου στο έδαφος, έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή των μικροσκληρωτίων που υπάρχουν στα μολυσμένα φυτικά υπολείμματα της καλλιέργειας της πατάτας, τα οποία έχουν ενσωματωθεί στο έδαφος (Watson & Huber, 1971). Όμως και το πλημμύρισμα του μολυσμένου εδάφους έχει ως αποτέλεσμα την αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης (Nadakavukaren & Horner, 1961; Menzies, 1962; Butterfield & DeVay, 1977).

### ➤ Η βελτίωση της στράγγισης του εδάφους και η κατασκευή αποστραγγιστικών δικτύων στα βαριά εδάφη

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίδεται στην βελτίωση της στράγγισης στα βαριά εδάφη, ώστε η ποσότητα του νερού που τελικά συγκρατείται από αυτά να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών πατάτας και το σχηματισμό ικανοποιητικού μεγέθους κονδύλων, χωρίς ωστόσο να ευνοεί την αύξηση της σοβαρότητας της ασθένειας.

Παράλληλα, η κατασκευή αποστραγγιστικού δικτύου κρίνεται απαραίτητη για την απομάκρυνση του νερού που στραγγίζει και την μεταφορά του σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, για την αποφυγή μόλυνσης του αγρού με τα αναπαραγωγικά όργανα του μύκητα *V. dahliae*.

### ➤ Η έγκαιρη καταπολέμηση των νηματωδών των ριζών

Η νηματοδοκτονία έχει ιδιαίτερη σημασία για την καλλιέργεια πατάτας (Krikun *et al.*, 1984; Nachmias & Krikun, 1985), γιατί οι νηματώδεις εκτός από την απομύζηση

θρεπτικών στοιχείων, ευνοούν την προσβολή του ριζικού συστήματος των φυτών πατάτας από τον *V. dahliae*. Παράλληλα, κάποιοι από τους νηματώδεις αναπτύσσουν συνεργικές αλληλεπιδράσεις με το *V. dahliae*, με αποτέλεσμα την αυξημένη ένταση της ασθένειας ακόμα και σε περιπτώσεις που ο πληθυσμός στο έδαφος τόσο των παθογόνων όσο και των νηματωδών είναι χαμηλός και αν δεν συνυπήρχαν δε θα υπήρχε προσβολή των φυτών από το μύκητα (MacGuidwin & Rouse, 1990).

➤ **Η έγκαιρη και επιμελημένη απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων των καλλιεργειών**

Η έγκαιρη και επιμελημένη απομάκρυνση και καταστροφή με φωτιά των υπολειμμάτων της καλλιέργειας, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του πληθυσμού των μικροσκληρωτίων στο έδαφος, δεδομένου ότι ο σχηματισμός τους λαμβάνει χώρα κυρίως στο εναέριο τμήμα (στέλεχος) της πατάτας (Mol & Scholte, 1995). Επομένως, η έγκαιρη απομάκρυνση των εναέριων τμημάτων της πατάτας από τον αγρό, είναι πιθανώς ένα δραστικό μέτρο που εμποδίζει την συγκέντρωση και την αύξηση του αριθμού των μικροσκληρωτίων στο έδαφος (Easton *et al.*, 1975; Takenshi, 1987).

➤ **Η άμεση απομάκρυνση και καταστροφή με φωτιά των προσβεβλημένων φυτών πατάτας καθώς και των ύποπτων γειτονικών τους φυτών**

Έχει παρατηρηθεί ότι φυτά πατάτας που μολύνονται με την επαφή των ριζών τους με προσβεβλημένα γειτονικά φυτά δεν παρουσιάζουν συνήθως συμπτώματα μααρασμού, πιθανώς εξαιτίας της καθυστερημένης μόλυνσής τους. Επομένως, το ξερίζωμα μόνο των ορατά μααραμένων φυτών, δεν ελέγχει την ασθένεια (Akeley, 1956).

➤ **Η έγκαιρη καταπολέμηση των ζιζανίων με την χρήση των κατάλληλων χημικών σκευασμάτων.**

Η επιμελημένη καταστροφή των αυτοφυών φυτών στους μολυσμένους αγρούς (Thanassouloropoulos *et al.*, 1980; Θανασουλόπουλος, 1992) που είναι ξενιστές του *V. dahliae*, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ποσότητας του μολύσματος στο έδαφος. Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι 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 της ασθένειας και ο σχηματισμός και η απελευθέρωση μικροσκληρωτίων στο έδαφος γύρω από τους αγρούς που καλλιεργείται η πατάτα (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 επιμελημένη καλλιέργεια του εδάφους ή ακόμα και η αποφυγή καλλιέργειάς του.**

Η επιμελημένη καλλιέργειά του ή η ακαλλιέργειά του εδάφους αποσκοπεί στη μείωση ή αποφυγή τραυματισμού των ριζών, ώστε να αποφευχθεί η ευκολότερη είσοδος του μύκητα στους φυτικούς ιστούς (Sewell, 1971).

Ακόμα, η καλλιέργεια αρχικά των μολυσμένων τμημάτων του αγρού και στη συνέχεια των αμόλυντων, οδηγεί στην επέκτασή της στον αγρό, εξαιτίας της μεταφοράς του μολύσματος με τα γεωργικά εργαλεία και μηχανήματα, δεδομένου ότι αυτά αποτελούν έναν από τους κύριους τρόπους διασποράς του μολύσματος στον αγρό. Γι' αυτό, κατά την καλλιέργεια του εδάφους πρέπει να μεριμνάται ώστε να καλλιεργούνται πρώτα τα τμήματα εκείνα του αγρού τα οποία είναι γνωστό ότι δεν είναι μολυσμένα και στην συνέχεια να ακολουθεί η καλλιέργεια των μολυσμένων τμημάτων του, ώστε να αποφεύγεται η διάδοση της σε αυτόν.

➤ **Η χρησιμοποίηση επιμελώς καθαρισμένων και απολυμασμένων γεωργικών μηχανημάτων και εργαλείων.**

Ο καθαρισμός και η απολύμανση των γεωργικών μηχανημάτων και εργαλείων αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την αποφυγή μεταφοράς των μικροσκληρωτίων του μύκητα, από μολυσμένους σε αμόλυντους αγρούς.

Ο καθαρισμός των γεωργικών μηχανημάτων και εργαλείων πρέπει να γίνεται επιμελώς, ώστε να απομακρύνονται από αυτά όλα τα τεμάχια των φυτικών τμημάτων (ρίζες, στελέχη, βλαστοί) και των φυτικών υπολειμμάτων τα οποία βρίσκονται στο έδαφος και έχουν προσκολληθεί πάνω τους.

Ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει επίσης να δίδεται και στην απολύμανση των γεωργικών μηχανημάτων και εργαλείων (ατμός, βραστό νερό), μετά τον καθαρισμό τους, για την καταστροφή του μολύσματος που βρίσκεται σε αυτά.

➤ **Η μη συγκαλλιέργεια δενδρωδών καλλιεργειών με φυτά πατάτας για την αποφυγή μόλυνσής τους (Θανασουλόπουλος, 1978; Thanassouloupoulos *et al.*, 1979).**

## **ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ**

Σήμερα, οι βιολογικοί παράγοντες αποτελούν μια ελπιδοφόρα μελλοντική μέθοδο αποτελεσματικής αντιμετώπισης της βερτισιλλίωσης της πατάτας καθώς και άλλων ετήσιων και πολυετών καλλιεργούμενων φυτικών ειδών. Οι μέχρι τώρα μελέτες έχουν επικεντρωθεί κυρίως στη χρήση του ανταγωνιστή μύκητα *Talaromyces flavus* καθώς και στην χρήση ανταγωνιστικών βακτηρίων.

Ως γνωστό τα μικροσκληρώτια του *V. dahliae* είναι ένας από τους κύριους στόχους της βιολογικής καταπολέμησης, αφού αποτελούν τις πιο σημαντικές αναπαραγωγικές μονάδες του παθογόνου για την επιβίωσή του και τη διασπορά του και την μόλυνση των διάφορων ξενιστών του. Σήμερα, οι σπουδαιότεροι βιολογικοί εχθροί του *V. dahliae* είναι οι εξής:



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

β) **Ανταγωνιστές μύκητες ή βακτήρια** που εμποδίζουν την προσβολή των φυτών από τα μικροσκληρώτια τα οποία βλαστάνουν στο έδαφος (Τζάμος, 1997).

## ΜΥΚΗΤΕΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΕΣ

Ο *Talaromyces flavus* (Klocket) Stolk & Sampson (ατελής μορφή *Penicillium dangeardii* Pitt, συν. *P. vermiculatum* Dang) είναι ένας ασκομύκητας με ευρεία διάδοση στις εύκρατες περιοχές του κόσμου.

Πρόκειται για ένα πολλά υποσχόμενο ανταγωνιστή του *V. dahliae* για τη βιολογική καταπολέμηση της βερτισιλλίωσης της πατάτας καθώς και άλλων φυτικών ειδών. Οι μηχανισμοί βιολογικής αντιμετώπισης του *V. dahliae* από τον *T. flavus* περιλαμβάνουν **ανταγωνισμό**, **παρασιτισμό** και **αντιβίωση**. Ο *T. flavus* αποτελεί ένα δυναμικό ανταγωνιστή του *V. dahliae* επειδή είναι ικανός να αποικίζει τη ριζόσφαιρα των διαφόρων ξενιστών του παθογόνου, εμποδίζοντας τη βλάστηση των μικροσκληρωτίων στο έδαφος ή προκαλώντας τη νέκρωσή τους (Marois *et al.*, 1982; 1984).

Ακόμα, η εγκατάσταση του *T. flavus* στη ζώνη επιμήκυνσης των ριζών παρεμποδίζει την είσοδο και εγκατάσταση του παθογόνου στα άκρα της ρίζας. Επίσης, έχει αναφερθεί ότι ο *T. flavus* αποικίζει κατά προτίμηση τα άκρα της ρίζας των ξενιστών της οικογένειας Solanaceae απ' ό,τι το έδαφος της ριζόσφαιρας ή της ριζικής επιφάνειας. Το παραπάνω αποτελεί ένα ακόμα πλεονέκτημα του *T. flavus* στη βιολογική αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης της πατάτας, επειδή τα μικροσκληρώτια που βρίσκονται στο έδαφος διεγείρονται και βλαστάνουν από τις εκκρίσεις (exudations) των άκρων των ριζών. Επομένως, ο εν λόγω ανταγωνιστής παρέχει καλύτερη δυνατότητα βιολογικής αντιμετώπισης του *V. dahliae* (Tjamos, 1997).

Όπως ανέφεραν οι Tjamos και Fravel (1995), ο *T. flavus* αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο παράγοντα για τον έλεγχο του *V. dahliae* στην πατάτα. Ο *T. flavus* είναι ένας θερμοανθεκτικός μύκητας (θέρμανση στους 70 °C για μια ώρα χρησιμοποιείται για τη διακοπή του ληθάργου των ασκοσπορίων του) [Tjamos & Fravel, 1995].

Η ταυτόχρονη εφαρμογή στο έδαφος της ηλιοαπολύμανσης και του ανταγωνιστή μύκητα *T. flavus* προσφέρουν νέες δυνατότητες για τον ολοκληρωμένο έλεγχο της ασθένειας. Υπάρχουν πειστικά στοιχεία, ότι ο *T. flavus* καθώς και άλλοι ενδεχομένως θερμοανθεκτικοί πληθυσμοί βιοανταγωνιστών του *V. dahliae* είναι ικανοί να επιζούν κατά την ηλιοαπολύμανση και ο πληθυσμός τους να αυξάνεται μετά από αυτήν (Tjamos & Fravel, 1995).

Τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι στο εγγύς μέλλον ο συνδυασμός της ηλιοαπολύμανσης και του βιοανταγωνιστή μύκητα θα αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την αποτελεσματική και ολοκληρωμένη καταπολέμηση του *V. dahliae* στην πατάτα. Ήδη η εταιρεία 'PROPHYTA GmbH' έχει δημιουργήσει ένα σκεύασμα που περιέχει ασκοσπόρια του *T. flavus* που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση του *V. dahliae* (Kersten, 1997).

## ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΕΣ

Σύμφωνα με τις μελέτες ερευνητών σε *in vitro* καλλιέργειες έχουν βρεθεί μέχρι σήμερα αρκετά είδη βακτηρίων της ριζόσφαιρας και της ενδοριζόσφαιρας που παρουσιάζουν φαινόμενα ανταγωνισμού με το μύκητα *V. dahliae*, ενώ παράλληλα έχουν την ικανότητα να εγκαθίστανται στα άκρα της ρίζας ή ενδοφυτικά. Τέτοια βακτήρια που έχουν την δυνατότητα να αντιμετωπίζουν την βερτισιλλίωση στην πατάτα είναι είδη των γενών *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Glucobacterium* (Azad *et al.*, 1985; Podile & Dube, 1985; Podile, 1985) και *Streptomyces*, καθώς επίσης και είδη των γενών *Azobacter* και *Azotomonas* που δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο (Azad *et al.*, 1985).

Γενικά, οι παράγοντες που ελέγχουν τον αριθμό και τον τύπο των οργανισμών που αποικίζουν την ζώνη της ρίζας εξαρτώνται από τις εκκρίσεις των ριζών, τον τύπο και την ηλικία του φυτού, τον τύπο του εδάφους και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Azad *et al.*, 1985).

Οι ρίζες των φυτών είναι γνωστό ότι εκκρίνουν ουσίες, όπως: αμινοξέα, σάκχαρα και οργανικά οξέα, οι οποίες εντείνουν τη βιολογική δραστηριότητα των ανταγωνιστικών βακτηρίων στην επιφάνεια των ριζών και στο έδαφος της ριζόσφαιρας. Τέτοια βακτήρια είναι είδη των γενών *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* και *Glucobacter* (Azad *et al.*, 1985).

Σε μερικές περιπτώσεις οι ουσίες που εκκρίνουν οι ρίζες φαίνεται να ελέγχονται από τον γενότυπο του φυτού, με αποτέλεσμα οι ανθεκτικές και ευαίσθητες ποικιλίες πατάτας να μπορούν να επηρεάσουν την παθογένεση με το να επηρεάζουν τον τύπο και πληθυσμό της μικροχλωρίδας στο ριζικό επίπεδο και τη ριζόσφαιρα (Azad *et al.*, 1985). Ακόμα, έχει αναφερθεί ότι μια ανθεκτική ποικιλία πατάτας μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά τους πληθυσμούς των βακτηρίων *Azotomonas* και *Azobacter* που δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο, το οποίο αποτελεί ένα από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της βερτισιλλίωσης στην πατάτα (Davis, 1985). Όταν η ποσότητα του διαθέσιμου αζώτου μειώνεται στις ρίζες λόγω έκπλυσης και φτωχής κατανομής του στο έδαφος, τότε η βερτισιλλίωση της πατάτας είναι εντονότερη. Συνεπώς, είναι εύλογο ότι παράγοντες που αυξάνουν την αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης του αζώτου μπορούν έμμεσα να καταστείλουν την ασθένεια (Davis, 1985).

Όσον αφορά τα Gram<sup>-</sup> βακτήρια, έχει βρεθεί ότι το γένος *Pseudomonas* είναι από τα πιο άφθονα βακτήρια στο ριζικό σύστημα και τη ριζόσφαιρα των φυτών (Azad *et al.*, 1985) και έχει αναφερθεί ως μέλος της φυσικής μικροχλωρίδας της ριζόσφαιρας. Αντίθετα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα είδη του γένους *Bacillus* ήταν τα επικρατούντα Gram<sup>+</sup> βακτήρια που διαπιστώθηκε ότι επιβιώνουν της ηλιοαπολύμανσης του εδάφους (Stapleton & DeVay, 1984).

Επίσης τα διάφορα είδη βακτηρίων *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas chlororaphis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Burkholderia cepacia*, *Agrobacterium radiobacter*, *Actinobacillus ligniersii*, *Comamonas acidovorans*, *Enterobacter intermedius*, *Paenibacillus macerans*, *Serratia grimesii*, *Sphingobacterium heparinum*, *Stenotrophomonas maltophilia* και *Yersinia frederiksenii* παρουσιάζουν ανταγωνιστική δραστηριότητα έναντι στον *V. dahliae* και θα πρέπει να αξιολογηθούν ως βιολογικοί παράγοντες αντιμετώπισης του (Lottman *et al.*, 1997).

Ενδέχεται στο μέλλον να τυποποιηθεί κάποιο από τα παραπάνω είδη βακτηρίων και να χρησιμοποιηθεί εμπορικά για την καταπολέμηση της βερτισιλλίωσης της πατάτας.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Akeley, R.V., F.G. Stevenson, D. Folsom, and R. Bonde. 1956. Breeding varieties of potato resistant to *Verticillium* wilt in Maine. *Am. Potato J.* 33: 15-21.

- Akeley, R.V., H.J. Murphy, and R.C. Cetas. 1971. Abnaki: A new high-yielding potato variety resistant to *Verticillium* wilt and leaf roll. *Am. Potato J.* 48: 230-233.
- Alexopoulos, C.J. 1962. *Introductory Mycology*. John Wiley & Sons, New York. 613+xviii pp.
- Alexopoulos, C.J., and C.W. Mims. 1979. *Introductory Mycology*. 3<sup>rd</sup> Ed. John Wiley & Sons, New York. 632+viii pp.
- Alexopoulos, C.J., C.W. Mims and M. Blackwell. 1996. *Introductory Mycology*. 4<sup>rd</sup> Ed. John Wiley & Sons, New York. 869+vii pp.
- Allen, R.M. 1954. *Verticillium* wilt of cotton: Studies of possible seed transmission. *Rev. Appl. Mycol.* 33: 295.
- Anonymous. 1979. *Verticillium albo-atrum* Reinke and Berth. Map No 365. Edition 3. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Arbogast, M., M.L. Powelson, M.R. Cappaert, and L.S. Watrud. 1997. Response of potato cultivars to plant available water and *Verticillium dahliae*. In: *Advances in Verticillium, Research and Disease Management*. E.C. Tjamos, R.C. Rowe, J.B. Heale, and D.R. Fravel, eds APS PRESS, The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, pp 180-186.
- Ayers, G.W., and R.R. Hurst. 1939. *Verticillium* wilt of potatoes in Prince Edward Island. *Sci. Agr.* 19: 722-755.
- Azad, H.R., J.R. Davis, W.C. Schnathorst, and C.I. Kado. 1985. Relationships between rhizoplane and rhizosphere bacteria and *Verticillium* wilt resistant in potato. *Arch. Microbiol.* 140: 347-351.
- Azad, H.R., J.R. Davis, W.C. Schnathorst, and C.I. Kado. 1987. Influence of *Verticillium* wilt resistant and susceptible potato genotypes on populations of antagonistic rhizoplane and rhizosphere bacteria and free nitrogen fixers. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 26: 99-104.
- Babayan, D.N., and S.T. Shakhnubaryan. 1969. [Presence of infection by fungal wilt in the seeds of tomato, pepper and eggplant under conditions of the Ararat plain in the Armenian SSR]. *Uchen Zap. Overet Univ.* 1: 136-147 (In *Rev. Plant Pathol.* 49: 2032, 1970).
- Beckman, C.H. 1973. The incidence of *Verticillium* species in soils, vines and tubers of Rhode Island-grown potatoes. *Plant Dis. Rep.* 57: 928-932.
- Beckman, C.H., and G.J. Stessel. 1969. Assay and reduction of *Verticillium* wilt on potato seed tubers. (Abstr.) *Phytopathology* 59: 397.
- Beckman, C.H., G.J. Stessel, and F.L. Howard. 1969. *Verticillium* spp. and associated fungi from certified potato seed tubers. *Plant Dis. Rep.* 53: 771-773.
- Ben-Yephet, Y., L. Gurevich, and Z. Frank. 1980. The relationship between inoculum density of *Verticillium dahliae* microsclerotia in the field and disease incidence in potato plants. *Hassadeh* 60: 1277-1280 (In Hebrew).
- Ben-Yephet, Y., and Y. Szmulewich. 1985. Inoculum levels of *Verticillium dahliae* in the soils of the hot semiarid 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 metham-sodium on *Verticillium dahliae*. In: *Vascular Wilt Diseases of Plants*. E.C. Tjamos and C.H. Beckman, eds. NATO ASI Series, Vol. H 28: 543-555. Springer-Verlag, pp 590.

- Bewley, W.F. 1922. «Sleepy disease» of tomato. *Ann. Appl. Boil.* 9: 116-133.
- Bowden, R.L. and D.I. Rouse. 1991. Chronology of gas exchange effects and growth effects on infection by *Verticillium dahliae* in potato. *Phytopathology* 81: 301-310.
- Brandt, W.H. 1964. Morphogenesis in *Verticillium*: effects of light and ultraviolet radiation on microsclerotia and melamin. *Can. J. Bot.* 42: 2017-2023.
- Brandt, W.H., and C.H. Wang. 1960. Catabolism of C<sup>14</sup>-labelled glucose, gluconate, and acetate in *Verticillium albo-atrum*. *Am. J. Bot.* 47: 50-53.
- 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. 1973. 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, J.G. 1937. Diseases of Acala cotton in Arizona. *Plant Dis. Rep.* 21: 368.
- Burton, C.L., and D.J. de Zeeuw. 1958. Studies on transmission of *Verticillium* wilt of eggplant in Michigan. *Plant Dis. Rep.* 42: 427-436.
- Busch, L.V., E.A. Smith, and F. Njoh-Elango. 1978. The effect of weeds on the value of rotation as a practice control for *Verticillium* wilt of potato. *Can. Plant Dis. Surv.* 58: 61-64. (In *Rev. Plant Pathol.* 58: 23 1979).
- Butterfield, E.J., and J.E., DeVay. 1977. Reassessment of soil assays for *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 67: 1073-1078.
- Cappaert, M.R., M.L. Powelson, N.W. Crinstensen, and F.J. Crowe. 1992. Influence of irrigation on severity of potato early dying and tuber yield. *Phytopathology* 82: 1448-1453.
- Cappaert, M.R., M.L. Powelson, N.W. Crinstensen, W.R. Stevenson, and D.J. Rouse. 1994. Assessment of irrigation as a method of managing potato early dying. (Abstr.) *Phytopathology* 84: 792-800.
- Chen, C.-T., S.-T. Chen, and J.-Y. Wang. 1964. Studies on the isolation and identification of seed and soil-borne *Verticillium* wilt organism of cotton. *Acta Phytopath. Sinica*, 7: 135-142 (In *Rev. Appl. Mycol.* 44: 2149, 1965).
- Cristen, A. 1982. Aselective medium for isolating *Verticillium albo-atrum* from soil. *Phytopathology* 72: 412-414.
- Cox, R.S. 1956. *Verticillium* wilt of eggplant in south Florida. *Plant Dis. Rep.* 40:583.
- Davis, J.R. 1981. *Verticillium* wilt of potato in southern Idaho Univ. Idaho Curr. Inf. Ser. 564.
- Davis, J.R. 1985. Approaches to control of potato early dying caused by *Verticillium dahliae*. *Am. Potato J.* 62: 177-185.
- Davis, J.R., W.B. Jones, and G.S. Santo. 1981. Evaluation of aldicarb for *Verticillium* wilt suppression of potato: *Verticillium dahliae* stem colonization and relation to nematode populations. (Abstr.) *Phytopathology* 71: 104.
- Davis, J.R., J.J. Pavek, and D.L. Corsini. 1983. A sensitive method for quantifying *Verticillium dahliae* colonization in plant tissue and evaluating resistant among potato genotypes. *Phytopathology* 73: 1009-1014.

- Davis, J.R., and L.H. Sorensen. 1983. Carry-over effects of plastic tarping on *Verticillium* wilt of potato. (Abstr.) Page 627 in: Soil-Borne Diseases of the 4<sup>th</sup> Internl Congr. of Plant Pathol. Aug. 17-24, 1983, Melbourne, Australia.
- Davis, J.R., J.J. Pavsek, D.L. Corsini and L.H. Sorensen. 1985. Stability of *Verticillium* resistance of potato clones and changes in soilborne populations with potato monoculture. Pages 165-166 in: Proc. Soil-Borne Diseases of the 4<sup>th</sup> Internl Congr. of Plant Pathol. Aug. 17-24, 1983, Melbourne, Australia.
- 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., L.H. Sorensen, J.C. Stark, and D.T. Westermann. 1990. Fertility and management practices to control *Verticillium* wilt of Russet Burbank potato. *Am. Potato J.* 67: 55-65.
- 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 *Verticillium* wilt of potato. In: *Potato Pest Management: A Global Perspective*, ed. G.W. Zehuder, M.L. Powelson, R.K. Jansson, J.V. Ramen. St. Paul: APS. In press.
- Davis, J.R., J.C. Stark, L.H. Sorensen, and A.T. Schneider. 1994. Interactive effects of nitrogen and phosphorus and *Verticillium* wilt of Russet Burbank potato. *Am. Potato J.* 71: 467-481.
- Davis, J.R., O.C. Huisman, D.T. Westermann, S.L. Hafez, D.O. Everson, L.H. Sorensen, and A.T. Schneider. 1996. Effects of green manures on *Verticillium* wilt of potato. *Phytopathology* 86: 444-453.
- Derlanger G.A., and M.L. Powerlson, 2000. *Verticillium* Wilt. <http://www.apsuet>.
- de Ribiero, R.L.D. 1972. On the infection of eggplant seeds by isolates of *Verticillium dahliae* Klebahn. Univ. Fed. Rur. Rio de Janeiro, Brasil. *Tropical Abstr.*, 28: W3043. (In *Rev. Plant Pathol.* 53: 4934, 1974).
- 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. Phytopathology* 8: 301-322.
- Easton, G.D. 1970. Systemic fungicides, soil fumigation, and nitrogen fertilization for *Verticillium* wilt control. *Am. Potato J.* 47: 419-425.
- 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 certifiend seed potatoes into Washington and contol 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. 1975. Residual effect of soil fumigation with vine burning on control of *Verticillium* wilt of potato. *Phytopathology* 65: 1419-1422.

- Evans, G. 1968. Infection of *Xanthium pungens* by seed borne *Verticillium dahliae*. Plant Dis. Rep. 52: 976-978.
- Evans, G. 1971. 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., W.C. Snyder, and S. Wilhelm. 1966. Inoculum increase of the *Verticillium* wilt fungus in cotton. Phytopathology 56: 590-594.
- Frank, J.A., J. Katan, and Y. Ben-Yephet. 1986. Synergistic effect of metham and solarization in controlling delimited shell spots of peanut-pods. Crop Protection 5: 199-202.
- 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. H 28: 487-492. Springer-Verlag, pp 590.
- Garrett, S.D. 1950. Ecology of the root-inhabiting fungi. Biol. Rev. Cambridge Phil. Soc. 25: 220-254.
- 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. 1980. Soil factors affecting survival of microsclerotia of *Verticillium dahliae*. Phytopathology 70: 353-355.
- Grinstein, A., D. Orion, A. Greenberger, and J. Katan. 1979. Solar heating in the soil for the control of *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus thornei* in potatoes. Pages 431-438 in: Soil-Borne Pathogens. B. Schippers and W. Gams, eds. Academic Press, New York, pp. 686.
- 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.
- Goethal, M. 1971. *Verticillium dahliae* Kleb. An agent of a tracheomycosis of safflower in Morocco. Awamia, 39: 39-54 (In?: Rev. Plant Pathol. 53: 4082, 1974).
- Hagiwara, H. 1990. Differentiation of the pathogenicity of *Verticillium dahliae* in Japan. Plant Prot. 44: 299-303 (In Japanese).
- 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.
- Harrison, J.A.C. 1970. Water deficit in potato plants infected with *Verticillium albo-atrum*. Ann. Appl. Biol. 6: 225-231.
- Harrison, J.A.C. 1971. Association between the potato cyst nematode *Heterodera rostochiensis* Woll. and *Verticillium dahliae* Kleb. in early dying disease of potatoes. Ann. Appl. Biol. 57: 185-193.
- Harrison, J.A.C., and I. Isaac. 1968. Leaf-area development in King Edward potato plants inoculated with *Verticillium albo-atrum* and *V. dahliae*. Ann. Appl. Biol. 61: 217-230.
- Harrison, J.A.C., and I. Isaac. 1969. Survival of the causal agents of "early-dying disease" (*Verticillium* wilt) of potatoes. Ann. Appl. Biol. 63: 177-288.

- Hawksworth, D.L., and P.W. Talboys. 1970. *Verticillium dahliae* Klebahn. In: C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No 256, pp. 2 Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Heale, J.B. 1985. Verticillium wilt of alfalfa, background and current research. *Can. J. Plant Pathol.* 7: 191-198.
- 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.
- Heale, J.B., and D.P. Gupta. 1972. Mechanism of vascular wilting induced by *Verticillium albo-atrum*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 58: 19-28.
- Henis, 1971. Factors affecting germination of microsclerotia of *Verticillium dahliae*. (Abstr.) Page 17 in: Proc. 1<sup>st</sup> Internl. Verticillium Symposium, Sept. 19-23, Wye College, England.
- Hide, G.A., D.C. Corbett, and K. Evans. 1984. Effects of soil treatments and cultivars on "early dying" disease of potatoes caused by *Globodera rostochiensis* and *Verticillium dahliae*. *Ann. Appl. Biol.* 104: 277-289.
- 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).
- Hoyman, W.G. 1969. Cascade a new potato variety for the Pacific Northwest released. *Am. Potato J.* 46:359.
- Huang, H.C., M.R. Hanna, and E.G. Kokko. 1984. Mechanisms of seed contamination by *Verticillium albo-atrum* in alfalfa. *Phytopathology* 75: 482-488.
- Isaac, I. 1953. A further comparative study of pathogenic isolates of *Verticillium*: *V. nubilum* and *v. tricorpus* sp. Nov. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 36: 180-195.
- Isaac, I. 1957. Verticillium wilt of Brussels sprout. *Ann. Appl. Biol.* 45: 276-283.
- Isaac, I. 1967. Speciation in *Verticillium*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 5: 201-202.
- Isaac, I., and J.A.C. Harisson. 1968. The symptoms and causal agents of early-dying disease (Verticillium wilt) of potatoes. *Ann. Appl. Biol.* 61: 231-244.
- Isaac, I., P Fletcher, and J.A.C. Harrison. 1971. Quantitative isolation of *Verticillium* spp. From soil and moribund potato haulm. *Ann. Appl. Biol.* 67: 177-183.
- Jacobson, B.J. 1974. Interactions between *Meloidogyne halpa* and Verticillium wilt of potato. *Diss. Abstr. Int.* 148:5279.
- Jimenez-Diaz, R.M., M.A. Blanco-Lopez, and J.M. Melero-Vara. 1985. Verticiliosis del cartamo causada por *Verticillium dahliae* Kleb. en Andalucia. *Ann. INIA. Ser. Agric.* 28: 157-169. (In Spanish, English summary).
- Joaquim, T.R., V.L. Smith, and R.C. Rowe. 1988. Seasonal variation and effects of wheat rotation on populations of *Verticillium dahliae* Kleb. In Ohio potato field soils. *Am. Potato J.* 65: 439-447.
- Johnson, K.B., E.B. Radcliffe, and P.S. Teng. 1986. Effect of interacting populations of *Alternaria solani*, *Verticillium dahliae* and potato leafhopper (*Empoasca fabae*) on potato yield. *Phytopathology* 76: 1046-1052.



- Johnson, K.B., J.D. Apple, and M.L. Powelson. 1988. Spatial patterns of *Verticillium dahliae* propagules in potato field soils of Oregon's Columbia Basin. *Plant Dis.* 72: 484-488.
- 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.
- Kaiser, W.J. 1962. Influences of light on the production of microsclerotia by *Verticillium albo-atrum*. (Abstr.) *Phytopathology* 52: 362.
- Karaca, J., S. Ceylan, and A. Kargiöglu. 1973. The importance of cotton seed in the dissemination of *Verticillium* wilt. *J. Turkish Phytopathology* 2: 30-33 (In *Rev. Plant Pathol.* 52: 3333, 1974).
- Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant Dis.* 64: 450-454.
- 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. 6<sup>th</sup> Congr. Un. Phytopathol. Mediter. Cairo, Egypt.*
- Kersten, H. 1997. Formulation of a fungicide based on ascospores of *Talaromyces flavus* to control *Verticillium dahliae*. In: *Advances in Verticillium, Research and Disease Management.* E.C. Tjamos, R.C. Rowe, J.B. Heale, and D.R. Fravel, eds APS PRESS, The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, pp 257-259.
- Keyworth, W.G. 1952. *Verticillium* wilt of potatoes in Connecticut in 1952. *Plant Dis. Rep.* 36: 16-17.
- Klebahn, H. 1913. Reports on the characteristics of the fungi imperfecti. A *Verticillium* disease on Dahlia. *Mycol. Centralb.* 3: 49-66.
- Klisiewicz J.M. 1974. Assay of *Verticillium* in safflower seed. *Plant Dis. Rep.* 58: 926-927.
- Klisiewicz J.M. 1975. Survival and dissemination of *Verticillium* in infected safflower seed. *Phytopathology* 65: 696-698.
- Krikun, J. 1976. *Verticillium* and wheat. (Abstr.) Page 28 in: *Proc. 2<sup>nd</sup> Internl Verticillium Symposium, Sept. 7-10, University of California, Berkeley.*
- Krikun, J. 1986. Soilborne pathogens of potato: Limiting factors in optimizing yields. Pages 11-14 in: *Proc 14<sup>th</sup> Annual Meeting of the Prairie Potato Council, Febr. 15-18, Birtchood Inn, Winnipeg, Manitoba, USA.*
- Krikun, J., and M. Chorin. 1966. *Verticillium* – A new soil pathogen in the Negev region of Israel. *Israel J. Agric. Res.* 16: 177-178.
- Krikun, J., and M. Susnoschi. 1971. Introduction and establishment of *Verticillium dahliae* in a newly - developed arid zone. (Abstr.) Page 38 in: *Proc. 1<sup>st</sup> Internl Verticillium Symposium, Sept. 19-23, Wye College, Ashfold Kent, England.*

- 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.
- Lambat, A.K., M.R. Siddiqui, R. Nath, A. Mozumbar, and I. Rani. 1974. Seed-borne fungi of sugar beet in India with special reference to *Phoma betae* Frank and its control. *Seed Research* 2: 33-40. (In *Rev. Plant Pathol.* 55: 438, 1976).
- 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.K., 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. 1994. The incidence and distribution of races of *Verticillium dahliae* in Crete. *Plant Pathology* 43: 755-758.
- Λιγοξυγκάκης, Ε.Κ. Η μελέτη των βερτισιλλιώσεων στη νήσο Κρήτη. Διδακτορική διατριβή.
- Ligoxigakis, E.K., G. Fragiadakis, A.G. Mananaris, D.J. Vakalounakis, and C.C. Thanassoulopoulos. 2002. Isozyme variation in *Verticillium dahliae* isolates from Crete, Greece. *Folia Microbiol.* 47: 167-170.
- Ligoxigakis, E.K., D.J. Vakalounakis, and C.C. Thanassoulopoulos. 2002. Host range of *Verticillium dahliae* in cultivated species in Crete. *Phytoparasitica* 30: 141-146.
- Ligoxigakis, E.K., D.J. Vakalounakis, and C.C. Thanassoulopoulos. 2002. Weeds hosts of *Verticillium dahliae* in Crete: Susceptibility, symptomatology and significance. *Phytoparasitica* 30: 511-518.
- Lottman, J., H. Heuer, K. Smalla, and G. Berg. 1997. Beneficial bacteria in underground organs of potato (*Solanum tuberosum* L.). In: *Advances in Verticillium, Research and Disease Management*. E.C. Tjamos, R.C. Rowe, J.B. Heale, and D.R. Fravel, eds APS PRESS, The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, pp 264-265.
- MacGuidwin, A.E., and D.I. Rouse. 1990. Effect of *Meloidogyne halpa*, alone and in combination with subthreshold populations of *Verticillium dahliae*, on disease symptomatology and yield of potato. *Phytopathology* 80: 482-486.
- Malik, N.K., and J.M. Milton. 1980. Survival of *Verticillium* in monocotyledonous plants. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 75:496-498.
- Marois, J.J., S.A. Johnston, M.T. Dunn, and Papavizas. 1982. Biological control of Verticillium wilt of eggplant in the field. *Plant Dis.* 66: 1166-1168.
- 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, C. 1985. Verticillium wilt of potato in central Peru. *Amer. Potato* 62: 195-199.
- 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.
- Martinson, C.A. 1964 Active survival of *Verticillium dahliae* in soil. *Diss. Abstr.* 25: 18. (In *Rev. Appl. Mycol.* 44: 1429, 1965).

- McClellan, W.D., H.A. Borthwick, I. Bjornsson, and B.G. Marshall, Jr. 1955. Some responses of fungi to light. (Abstr.) *Phytopathology* 45: 465.
- McKay, M.B. 1926. Further studies of potato wilt caused by *Verticillium albo-atrum*. *J. Agr. Res.* 32: 437-440.
- 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 populations of two isolates of *Verticillium dahliae*. *Plant Pathol.* 44: 1070-1074.
- Morsink, F., and A.E. Rich. 1968. Interaction between *Verticillium albo-atrum* and *Pratylenchus penetrans* in Verticillium wilt of potatoes. (Abstr.) *Phytopathology* 58: 401.
- Μπουρμπος, Ε.Α., Μ.Θ. Σκουντριδάκη. 1993. Ασθένειες και εχθροί των κολοκυνθοειδών. Μ. Γεωρβασάκης ΟΕ, Χανιά-Κρήτης, σελ. 294-295.
- Nachmias, A., V. Buchner, and J. Krikun. 1982. 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., and J. Krikun. 1984. Transmission of *Verticillium dahliae* in potato tubers. *Phytopathology* 74: 535-537.
- Nachmias, A., and J. Krikun. 1985. Verticillium wilt of potatoes in Israel. *Am. Potato J.* 62: 201-205.
- Nachmias, A., A.L. Livescu, and L. Tsrer (Lahkim). 1997. *Verticillium* Tolerance in potato. Page 44 in: Abstr. 7<sup>th</sup> Internl Verticillium Symposium, Oct. 6-10, Athens, Hellas.
- Nadakavukaren, M.J., and C.E. Horner. 1961. Influence of soil moisture and temperature on survival of *Verticillium microsclerotia*. (Abstr.) *Phytopathology* 51: 66.
- Nicot, P.C., and D.J. Rouse. 1987. Relationship between soil inoculum density of *Verticillium dahliae* and systemic colonization of potato stems in commercial fields over time. *Phytopathology* 77: 1346-1355.
- Nnodu, E.C., and M.D. Harrison. 1979. The relationship between *Verticillium albo-atrum* inoculum density and potato yield. *Am. Potato J.* 56: 11-25.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ. 1993, Ασθένειες καρποφόρων δέντρων και αμπέλου. Β Έκδοση. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 463.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ. 1995, Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 476.
- Park, C.L., and W.G. Kim. 1986. Fungi detected in the seeds of vegetable crops imported from Japan. *Korean J. Mycol.* 14: 89-91. (In Rev. *Plant Pathol.* 66: 740, 1987).
- Parnis, E.M., and W.E. Sackston. 1979. Invasion of lupin seed by *Verticillium albo-atrum*. *Can. J. Bot.* 27: 597-601.
- Pegg, G.F. 1974. *Verticillium* diseases. *Rev. Pl. Pathol.* 53:157-182. Commonwealth Mycological Institute.
- Powelson, M.L. 1981. Soil fumigation evaluation for control of Verticillium wilt and black dot of potatoes. 1979. *Fungic. Nematic. Tests* 36: 71.

- Powelson, M.L., A.E. Gross, and G.E. Carter. 1964. Efficacy of soil fumigation for control of *Verticillium* wilt of potatoes. (Abstr.) *Am. Potato J.* 41: 302-303.
- Powelson, M.L., and R.C. Rowe. 1993. Biology and management of early dying of potatoes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 31: 111-126.
- Reinke, J., and G. Berthold. 1879. Die Zertetzung der Kartoffel durch Pilze. *Untersuch Bot. Lav. Univ. Gottingen, Untersuchung Bot. Lab.* 1: 1-100.
- 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., 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.
- Rowe, R.C. 1985. Potato early dying-a serious threat to the potato industry. *Am. Potato J.* 62: 157-161.
- Rowe, R.C., and R.M. Riedel. 1976. Association of *Pratylenchus penetrans* with "early dying" disease complex of potatoes. *Fungic. Nematic. Tests, Results of 1975*, 31: 218 (Report 374).
- 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.
- Rowe, R.C., J.R. Davis, M.L. Powelson, and D.I. Rouse. 1987. Potato early dying: Causal agents and management strategies. *Plant Diseases* 71: 482-489.
- Sackston, W.E. 1983. Epidemiology and control of seed-borne *Verticillium* spp. causing vascular wilt. *Seed Sci. & Technol.* 11: 731-747.
- 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.
- Sanford, L.L., W.M. Iritani, J.G. McLean, R.V. Akeley, and W.C. Sparks. 1964. Shoshoni: a new russet-skinned potato with resistant to common scab and *Verticillium* wilt. *Am. Potato J.* 41: 95-99. (In: *Rev. Appl. Mycol.* 44: 1924, 1965).
- Sarejanni, J.A. 1935. Liste I des maladies des plantes cultivees et autres de la Grece. *Annls Inst. Phytopath. Benaki* 1 : 13-20.
- Savov, S.G. 1978. [The spread of *Verticillium dahliae* Kleb. in different organs of cotton plants]. *Rasteniev' dni Nauki* 15: 121-125. (In: *Rev. Plant Pathol.* 58: 5876, 1979).
- Schippers, B., and A.K.F. Schermer. 1966. Effect of antifungal properties of soil on dissemination of the pathogen and seedling infection originating from *Verticillium*-infected achenes of *Senecio*. *Phytopathology* 56: 549-552.
- 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 Patol. 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.

- Schnathorst, W.C., and D.E. Mathre. 1966. Host range and differentiation of a severe form of *Verticillium albo-atrum* in cotton. *Phytopathology* 56: 1155-1161.
- Schuster, M.L., and D.S. Nuland. 1960. Sees transmission of safflower *Verticillium* wilt fungus. *Plant Dis. Rep.* 44: 901-903.
- Sedun, F.S. and W.E. Sackston. 1982. Effect of daylength, host line and pathogen isolate on development of *Verticillium* wilt in sunflower in sunflower. *Can. J. Plant Pathol.* 4: 109-114.
- Sewell, G.W.F. 1971. Control of hop wilt (*Verticillium albo-atrum*) by cultural practices. (Abstr) Page 28 in: Proc. 1<sup>st</sup> Interl *Verticillium* Symposium, Sept. 19-23, Wye College, England.
- Sharma, H.C., N.J. Jain, and R.K. Agarwal. 1976. Effect of seed treatment with fungicides alone and in combination with carbofuran on stand and yield of *Sorghum bicolor* (L) Moench. *JNKVV Research Journal* 10 (I, Supplement): 83-84. (In Rev. *Plant Pathol.* 59: 3233, 1980).
- Sheppard, J.W., and S.N. Needham. 1980. *Verticillium* wilt of alfalfa in Canada: occurrence of seed-borne inoculum. *Can. J. Plant Pathol.* 4: 109-114.
- 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.* (2<sup>nd</sup> ed.). John Wiley & Sons, eds. New York, USA, pp. 728.
- Slatery, R.J. 1981. Inoculum potential of *Verticillium* infested potato cultivars. *Am. Potato J.* 58: 135-142.
- Slatery, R.J. 1983. Inoculum potential of *Verticillium* species in crop and weed residues overwintering in infested soil. *Am. Potato J.* 60: 47-53.
- Snyder, W.C., and S. Wilhelm. 1962. Seed transmission of *Verticillium* wilt of spinach. (Abstr.) *Phytopathology* 52: 365.
- Stapleton, J.J., and J.J. DeVay. 1982. Changes in microbial populations in solarized soils as related to increased plant growth. (Abstr.) *Phytopathology* 72: 985.
- Stapleton, J.J., and J.J. DeVay. 1983. Response of phytoparasitic and free-living nematodes to soil solarization and 1,3-dichloropropane in California. *Phytopathology* 73: 1429-1436.
- Stapleton, J.J., and J.J. DeVay. 1984. Thermal Components of Soil Solarization as Related to Changes in Soil and Root Microflora and Increased Growth Response. *Phytopathology* 74: 255-259.
- Subbarao, K.V., and J.C. Hubbart. 1966. Interactive effects of broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and on wilt of cauliflower. *Phytopathology* 86: 1303-1310.
- Talboys, P.W. 1970. Variations in the virulence of *Verticillium dahliae* from strawberry. *Ann. Appl. Biol.* 66: 43-49.
- 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.

- Thanassouloupoulos, C.C., and W.J. Hooker. 1968. Factors influencing infection of field grown potato by *Verticillium albo-atrum*. *Am. Potato J.* 45 : 203-216.
- Thanassouloupoulos, C.C., and W.J. Hooker. 1970. Leaf and sprout infection of potato by *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 60: 196-203.
- 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.
- Thanassouloupoulos, C.C., D.A. Biris, and E.C. Tjamos. 1980. Dissemination of *Verticillium* propagules in olive orchards by irrigation water. Pages 52-53 in: *Proc. 5<sup>th</sup> Congr. Medit. Phytopath. Union*, Sept. 21-27, Patras, Greece.
- Thanassouloupoulos, C.C., D.A. Biris, and E.C. Tjamos. 1984. Occurrence of *Verticillium* wilt in weeds in olive orchards. (Abstr.) *Phyt. Medit.* 23: 215.
- Threlfall, R.J. 1959. Physiological studies on the *Verticillium* wilt disease of tomato. *Ann. Appl. Biol.* 47: 57-77.
- Θεωδορής, Α. 1976, Η απολύμανση του εδάφους των θερμοκηπίων, τα προβλήματα της και η αντιμετώπιση των. *Αγροτική τράπεζα της Ελλάδος, Διεύθυνση φυτικής παραγωγής.*
- Tjamos, E.C. 1989. Problems and prospects in controlling *Verticillium* wilt. In: *Vascular Diseases of Plants*. E.C. Tjamos, and C.H. Beckman, eds. NATO ASI Series, Vol. h28: 441-456. Springer-Verlag, pp. 590.
- Τζάμος, Ε.Κ. 1989. Μυκητολογικές ασθένειες κηπευτικών και ετήσιων καλλιεργειών που συνιστούν φυτοπαθολογικά προβλήματα στην Ελλάδα. Εισήγηση στο 5<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, 11-13 Οκτ. 1989, Θεσσαλονίκη. *Δελτίο Ελληνικής Φυτοπαθολογίας Εταιρείας*, 3:28-35, 1994.
- Tjamos, E.C., and F.J. Paplomatas. 1987. Effect of soil solarization on the survival of fungal antagonists of *Verticillium dahliae*. *EPPO Bull.* 17: 645-653.
- Tjamos, E.C. 1997. Strategies in developing methods and applying techniques for the biological control of *Verticillium dahliae*. Page 60 in: *Abstr. 7<sup>th</sup> Internl Verticillium Symposium*, Oct. 6-10, Athens, Hellas.
- Tjamos, E.C., and D.R. Fravel. 1995. Detrimental effects of sublethal heating and *Talaromyces flavus* on microsclerotia of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 85: 388-392.
- Τζάμος, Σ., Π. Αντωνίου, Α. Παρασκευόπουλος, Ν. Φατούρος, και Ε. Τζάμος. 2001. Η ηλιοαπολύμανση, μόνη ή σε συνδυασμό με απολυμαντικά εδάφους, στην αντιμετώπιση εδαφογενών παθογόνων. *Γεωργία-Κτηνοτροφία* 31-35.
- Tolmsoff, W.J. 1972. Diploidization and heritable gene repression-derepression as major sources for variability in morphology, metabolism, and pathogenicity of *Verticillium* species. *Phytopathology* 62: 407-413.
- Tolmsoff, W.J. 1973. Life cycle of *Verticillium* species. Pages 20-38 in *Verticillium Wilt of Cotton*. *Proc. Work.*, Aug. 30 – Sept. 1, 1971, National Cotton Pathol. Research Lab., College Stn. Texas.
- Tolmsoff, W.J., and R.A. Young. 1957. Relation of inoculum potential of I *Verticillium albo-atrum* to development and severity of wilt in potatoes. (Abstr.) *Phytopathology* 47: 536.

- 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.
- Van Alfen, N.K., and V. Allard-Turner. 1979. Susceptibility of plants to vascular disruption by macromolecules. *Plant Physiol.*, 63: 1072-1075.
- van der Spek, J. 1972. Internal carriage of *Verticillium dahliae*. *Meded. Fakult. Landb. Wet. Gent.* 37: 567-573.
- van der Spek, J. 1973. Seed transmission of *Verticillium dahliae*. *Meded. Fakult. Landb. Wet. Gent.* 38: 1427-1434.
- van Koot, Y., and E.C. Borns. 1949. Production and disinfection of tomato seed. *Rev. Appl. Mycol.* 28: 493.
- Waggoner, P.E. 1956. Variation in *Verticillium albo-atrum* from potato. *Plant Dis. Rep.* 40: 429-431.
- Walker, J.C. 1957. *Plant pathology*. McGraw-Hill, edition 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. (Abstracts) Page 320 in: *Procedure 1<sup>st</sup> Verticillium Symposium*, Sept. 19-23, Wye College, England.
- Weingartner, D.P., D.W. Dickson, and J.D. Dibeck. 1974. Early dying disease on potatoes in North Florida. *Plant Dis. Rep.* 58: 374-378.
- Wiggins, E. 2002. *Verticillium* wilt of tomatoes and potatoes. <http://www.extension.umu.edu>
- Wilhelm, S. 1954. Aerial microsclerotia of *Verticillium* resulting from conidial anastomosis. (Abstracts) *Phytopathology* 44: 609-610.
- 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. *Phytopathol. Medit.* 23: 220.
- Wilhelm, S., and J.B. Taylor. 1965. Control of *Verticillium* wilt of olive through natural recovery and resistance. *Phytopathology* 55: 310-316.
- Yuen, C., and C. Tan. 1958. [A method for the inspection and isolation of seed-borne *Verticillium* from cotton seeds]. *Acta Phytopath. sinica* 4: 121-127. (In *Rev. Appl. Mycol.* 39: 106, 1960).
- Zimmer, D.E. 1962. *Verticillium* wilt of safflower in the United States. A potential problem. *Plant Dis. Rep.* 46: 665-666.
- Zimmer, D.E. 1964. Pathogenicity of *Verticillium* isolates in safflower. *Plant Dis. Rep.* 57: 735-738.