

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής και Ζωϊκής Παραγωγής  
Κατεύθυνση Φυτικής Παραγωγής  
Ακαδημαϊκό έτος 1994-95

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ  
& ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Αριθ. Πρωτοκ. 31

Ημερομηνία 28/8/1995.

Διακύμανση και κατανομή επιπέδου μολύσματος  
του μύκητα *Verticillium dahliae* Kleb.  
σε αγρό καλλιέργειας βαμβακιού

Πτυχιακή διατριβή  
της φοιτήτριας

Ελένης Τ. Ιωαννίδου

Βόλος, Σεπτέμβριος 1995



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 871/1

Ημερ. Εισ.: 02-10-2003

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ

1995

ΙΩΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070316

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής και Ζωϊκής Παραγωγής  
Κατεύθυνση Φυτικής Παραγωγής  
Ακαδημαϊκό έτος 1994-95

Διακύμανση και κατανομή επιπέδου μόλυσματος  
του μύκητα *Verticillium dahliae* Kleb.  
σε αγρό καλλιέργειας βαμβακιού

Πτυχιακή διατριβή  
της φοιτήτριας

Ελένης Τ. Ιωαννίδου

Βόλος, Σεπτέμβριος 1995

**Εισηγητής**

Δρ. Α.Χ. Παππάς, αν. καθ. Φυτοπαθολογίας

**Εξεταστική επιτροπή**

Δρ. Α.Χ. Παππάς, αν. καθ. Φυτοπαθολογίας,

Δρ. Σ. Γαλανοπούλου- Σενδουκά, καθ. Γεωργίας,

Δρ. Ι. Μήτσιος , καθ. Εδαφολογίας.

## Ευχαριστίες

Η πραγματοποίηση της παρακάτω εργασίας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την συμβολή ορισμένων καθηγητών, ερευνητών και βοηθητικού προσωπικού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του Μπεννακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, προς τους οποίους και εκφράζω τις ευχαριστίες μου. Για την διάθεση της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε στο γενικό μέρος της διατριβής ευχαριστώ τους δρ. Παπλωματά, ερευνητή φυτοπαθολόγο του Μ.Φ.Ι., δρ. Γαλανόπουλο τέως ερευνητή φυτοπαθολόγο του Ινστιτούτου Βάμβακος, και τους καθηγητές μου δρ. Παππά (Φυτοπαθολογία), και δρ. Σ.Γαλανοπούλου (Γεωργία). Τους τρεις πρώτους ερευνητές ευχαριστώ επίσης για την θεωρητική και πρακτική κατάρτισή μου στο θέμα των εργαστηριακών μεθόδων μέτρησης του μολύσματος του *Verticillium* στο έδαφος, και την κ. Γαλανοπούλου για την πρόθυμη παραχώρηση του Εργαστηρίου Γεωργίας, όπου και έγιναν οι μετρήσεις.

Για την βοήθειά τους ευχαριστώ επίσης την κ. Πανάγου, γεωπόνο του προσωπικού του Εργ. Γεωργίας και τους συμφοιτητές Κ. Ζάρπα για την διάθεση των μετεωρολογικών στοιχείων, και Ν. Ρομφαία. Τον κ. Κ. Ρομφαία ευχαριστώ επίσης για την ευγενική διάθεση του αγρού όπου έγινε ο πειραματισμός. Τέλος, ευχαριστώ τον δρ. Τζώρτζιο, καθηγητή της βιομετρίας για την διάθεση του hard/software υλικού που εξασφάλισε την καλή εμφάνιση της διατριβής.

## Περιεχόμενα

### Ευχαριστίες

Μέρος πρώτο. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.	6
Εισαγωγή	6
1. Το βαμβάκι	8
1.1. Η καλλιέργεια του βαμβακιού.	8
1.2. Η σημασία της καλλιέργειας του βαμβακιού στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία	13
2. Η αδρομύκωση του βαμβακιού.	15
2.1. Τα παθογόνα αίτια.	16
2.2. Φύση της προσβολής και συμπτώματα.	16
2.3. Αντιμετώπιση.	18
2.4. Η σημασία της αδρομύκωσης στην Ελλάδα και τον κόσμο	23
3. Το γένος <i>Verticillium</i>	24
3.1. Ιστορικά και γενικά στοιχεία	24
3.2. Ξενιστές	26
3.3. Συμπτώματα προσβολής	27
3.4. Περιγραφή	28
3.5. Επιδημιολογία	29
3.6. Επίδραση του περιβάλλοντος στο παθογόνο και την ασθένεια	30
α. Θερμοκρασία	30
β. Υγρασία	33
γ. Άνεμος	34
δ. Φως	34
ε. Εδαφικοί και βιοτικοί παράγοντες	34
3.7. Αντιμετώπιση της ασθένειας.	37
4. Η σημασία της μέτρησης του επιπέδου μόλυσματος του <i>V. dahliae</i> στον αγρό	41
5. Μέθοδοι μέτρησης του μόλυσματος <i>Verticillium</i> .	44
5.1. Μέθοδος των «βρεγμένων» κοσκίνων	44
5.2. Μέθοδος με χρήση της συσκευής Anderson	45
5.3. Εκτίμηση των μεθόδων και σύγκριση	46
Επίλογος	49

Μέρος δεύτερο. Πειραματικό.	50
Περίληψη.	50
Εισαγωγή.	50
Μέθοδοι και υλικά.	53
Αποτελέσματα.	57
Συζήτηση.	62
Συμπεράσματα	64
Βιβλιογραφία.	65
Παράρτημα	68

## Εισαγωγή

Η εκτίμηση του αρχικού μολύσματος οποιασδήποτε ασθένειας, και του τρόπου μεταβολής του χρονικά στον αγρό κάτω από τις εκάστοτε εδαφοκλιματικές συνθήκες, δίνει την δυνατότητα της πρόβλεψης των πιθανών ζημιών, και συνεπώς στηρίζει τον σωστό προγραμματισμό της παραγωγής κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο προγραμματισμός αυτός – που ξεκινά με την επιλογή της κατάλληλης καλλιέργειας και ποικιλίας, περιλαμβάνει λεπτομερή επιλογή και σχεδιασμό των καλλιεργητικών φροντίδων ως την συγκομιδή και την αποθήκευση, και καταλήγει στην οργάνωση της διακίνησης, εμπορίας και μεταποίησης των προϊόντων– υφίσταντο λίγο ως πολύ στην γεωργία ως σήμερα και αναδεικνύεται σε μεγάλης σημασίας προϋπόθεση για την γεωργία των μειωμένων εισροών (LISA) που αποτελεί την τάση του μέλλοντος στη γεωργία. Η μέτρηση εξάλλου της πυκνότητας μολύσματος μιας ασθένειας στον αγρό είναι απαραίτητη προεργασία της έρευνας σε συνθήκες *in situ* γύρω από τα χαρακτηριστικά, την επιδημιολογία και την αντιμετώπιση της ασθένειας.

Η αδρομύκωση του βαμβακιού, που στην Ελλάδα προκαλείται κυρίως από τον αδηλομύκητα *Verticillium dahliae* Kleb. είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα ασθένειας, η πρόληψη ή η αντιμετώπιση της οποίας στηρίζεται στην γνώση της πυκνότητας μολύσματος στον αγρό. Ειδικότερα για την περίπτωση του βαμβακιού, η συνεχής μονοκαλλιέργεια – που προκαλεί την κάθε χρόνο μεγαλύτερη αύξηση του μολύσματος του μύκητα στον αγρό– έχει αναδείξει το μύκητα σε σοβαρό παράγοντα ζημίας. Πρόκειται για μια ασθένεια εδάφους, ο έλεγχος της οποίας δεν έγινε ως σήμερα δυνατός με χημικά μέσα, αλλά μόνο με την εφαρμογή καλλιεργητικών τεχνικών, και κυρίως με την χρήση ανθεκτικών ποικιλιών βαμβακιού. Επειδή, δε, οι ανθεκτικές ποικιλίες είναι το σημαντικότερο μέτρο για την αντιμετώπιση της αδρομύκωσης, ο χειρισμός και η επιλογή τους πρέπει να γίνεται με προσοχή. Εδώ η γνώση του ύψους μολύσματος της ασθένειας στο έδαφος είναι πολύ χρήσιμη. Έχουν γίνει σχετικές έρευνες και υπάρχουν διαθέσιμες εξισώσεις για την εκτίμηση της επίπτωσης της αδρομύκωσης και των απωλειών στο βαμβάκι, με βάση την πυκνότητα του μολύσματος όπως μετράται πριν από την σπορά. Τελικός σκοπός είναι, αφενός μεν, η αποφυγή της οικονομικής ζημίας και αφετέρου η διαφύλαξη της ανθεκτικότητας της ποικιλίας από το ενδεχόμενο ανάπτυξης νέων στελεχών του μύκητα – παθογόνων σ'αυτές.

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η εκτίμηση της πυκνότητας μολύσματος του *V. dahliae* σε έναν αγρό βαμβακιού με ιστορικό αδρομύκωσης, και η παρατήρηση και συζήτηση της τοπικής και χρονικής διακύμανσής της. Ακόμα εκτιμάται η επίδραση διαφόρων παραγόντων, όπως είναι η παραμονή των βαμβακοστελεχών στον αγρό, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και του κλίματος στην επιδημιολογία του μύκητα. Διάφορα άλλα στοιχεία, που ανάγονται από τις βασικές μετρήσεις πλαισιώνουν τα συμπεράσματα του πειραματικού μέρους.

Η διατριβή διαιρείται σε δυο μέρη. Στο πρώτο (βιβλιογραφικό) μέρος γίνεται σύντομη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας γύρω από την βερτισιλλίωση του βαμβακιού. Αναφέρεται η σημαντικότητα της καλλιέργειας του βαμβακιού και στοιχεία για την σοβαρότητα της ασθένειας αυτής στην Ελλάδα και τον κόσμο.



Κατόπιν, δίνονται στοιχεία για τον μύκητα *V. dahliae* καθώς και για άλλα σημαντικά είδη του γένους *Verticillium* (ιστορικά, ταξινόμηση, συμπτωματολογία, συνθήκες ανάπτυξης, αντιμετώπιση). Ακόμα γίνεται μια αναφορά στις μεθόδους μέτρησης και στην σημαντικότητα που αποκτά αυτή για την καλλιέργεια του βαμβακιού. Τέλος, παρουσιάζονται οι νέες τάσεις στην έρευνα γύρω από το βερτισίλλιο.

Στο δεύτερο μέρος (πειραματικό), γίνεται η παρουσίαση της μεθόδου και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και η έκθεση των αποτελεσμάτων. Η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργίας του Παν. Θεσσαλίας, όπου διατίθεται ο απαραίτητος εξοπλισμός για την εφαρμογή της μεθόδου. Η διατριβή ολοκληρώνεται με παρουσίαση των αποτελεσμάτων και συζήτηση γύρω από την σημασία τους.

## 1. Το βαμβάκι

### 1.1. Η καλλιέργεια του βαμβακιού

**Γενικά.** Το βαμβάκι, φυτό τροπικών και υποτροπικών περιοχών, ανήκει στο γένος *Gossypium* της οικογένειας Malvaceae. Τα είδη που καλλιεργούνται σήμερα παγκοσμίως είναι κυρίως τα τετραπλοειδή *G. hirsutum* και *G. barbadense*. Το τελευταίο είδος, όπου ανήκει και το αιγυπτιακό βαμβάκι χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε προσβολές και κακουχίες, επειδή όμως είναι όψιμο, δεν καλλιεργείται κάτω από τις ελληνικές συνθήκες. Το *G. hirsutum* αντίθετα, καταγόμενο από την κεντρική Αμερική, μετά από μια μακρόχρονη διαδικασία διεύρυνσης της γενετικής του παραλλακτικότητας, έγινε ετήσιο φυτό και εγκλιματίστηκε σε βορειότερες περιοχές (γεωγρ. πλάτους 20–22°) που χαρακτηρίζονται από μικρότερη βλαστική περίοδο. Το *G. hirsutum* καλλιεργείται, λοιπόν, σήμερα σε όλες τις ελληνικές περιοχές, εκτός από τις πολύ ορεινές, σε μια έκταση πάνω από 2,5 εκ. στρ. Η μέση στρεματική απόδοση κυμαίνεται στα 280 kg/στρ. σύσπορου. Καλλιεργείται κυρίως για την ίνα του και δευτερευόντως για τον σπόρο και το χνούδι.

**Μορφολογία.** Το είδος *G. hirsutum* είναι ετήσιο ποώδες φυτό, το κεντρικό στέλεχος του οποίου φτάνει το ύψος των 0,6–1,8 m και η κεντρική ρίζα το βάθος των 1,5m. Η πλούσια και κατακόρυφη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος βοηθά το φυτό να ανταπεξέλθει ευκολότερα στην ξηρασία όταν η υπόγεια στάθμη του νερού υποχωρεί. Ανέχεται αλκαλικά εδάφη όχι όμως και την παρουσία του αργιλίου στο έδαφος. Στον φλοιό του στελέχους βρίσκονται λυσιγενείς αδένες που παράγουν την γκοσσυπόλη (ουσία που θεωρείται φυτοαλεξίνη) στις περιοχές που σκιάζονται, και άλλες ουσίες (αιθέρια έλαια, ρητίνες, ταννίνες) στις περιοχές που είναι εκτεθειμένες στο φώς.

Στους κόμβους του κεντρικού στελέχους, οι μασχάλες των φύλλων φέρουν έναν κύριο και έναν πλευρικό οφθαλμό. Στους 4–5 πρώτους κόμβους αναπτύσσονται μόνο οι κύριοι οφθαλμοί δίνοντας γένεση σε φυλλοφόρους βλαστούς, που μετά από νέα διακλάδωση παράγουν άνθη. Αντίθετα, προς την κορυφή του φυτού οι κύριοι και πλευρικοί οφθαλμοί παράγουν ανθοφόρους βλαστούς, εφόσον οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για την καρποφορία. Το κεντρικό στέλεχος έχει μονοποδιακή ανάπτυξη (κατά κανόνα κατακόρυφη) ενώ οι πλάγιοι κλάδοι συμποδιακή (αναπτύσσονται οριζόντια) και φέρουν 7–8 καρύδια. Η σημερινή καλλιεργητική πρακτική επιθυμεί το μέτριου ύψους φυτό, με καθορισμένη ανάπτυξη, βραχείς και κατά το δυνατόν κατακόρυφους ανθοφόρους βλαστούς. Τα φύλλα είναι παλαμοσχιδή και φέρουν στην βάση του κεντρικού νεύρου έναν κυπελοειδή αδένα, που τις θερμές ιδιαίτερα μέρες εκρύνει νέκταρ, το οποίο προσελκύει έντομα. Τα φύλλα του *G. hirsutum* φέρουν τρίχες εκτός από μερικές νέες ποικιλίες και εκφύονται κατέναλλαγή στο κεντρικό στέλεχος, ενώ επικρατεί φυλλοταξία 3/8.

Τα χτένια (οι ανθοφόροι οφθαλμοί) δίνουν μετά από 21 μέρες από την εμφάνισή τους τα άνθη. Η ανθοφορία ακολουθεί σπειροειδή γραμμή. Η αποκοπή των καρποφόρων οργάνων προκαλεί βράχυνση των μεσογονατίων διαστημάτων, ενώ ο ψυχρός καιρός προκαλεί επιμήκυνση. Τα άνθη αποτελούνται από τρία βράκτεια φύλλα, πέντε σέπαλα, πέντε πέταλα, 90–100 στήμονες που περιβάλλουν τον στύλο, και ύπερο με πολύχωρη ωοθήκη (2–6 λοβούς), στύλο και

πολυσχιδές στίγμα. Η άνθηση και η επικονίαση γίνεται τις πρωινές ώρες. Το βαμβάκι είναι πρακτικώς αυτογονιμοποιούμενο φυτό, με ποσοστό σταυρογονομοποίησης 0–10%. Η γύρη του είναι βαριά και δεν μεταφέρεται με τον άνεμο.

Μετά από 45–65 μέρες από την γονιμοποίηση σχηματίζεται ο καρπός (καρύδι) που είναι κάψα. Ελλιπής γονομοποίηση μπορεί να προκαλέσει την πτώση των καρυδιών πολύ νωρίς. Ο σπόρος του βαμβακιού αποτελείται από το περισπέρμιο, τα ίχνη του ενδοσπερμίου, το έμβρυο και δυο κοτυληδόνες πλούσιες σε έλαια (17%). Οι ίνες σχηματίζονται από κύτταρα της επιδερμίδας του σπόρου. Διακρίνονται στις νηματοποιήσιμες και στις κοντές, που αποτελούν το λίντερ (χνούδι) και δεν απομακρύνονται κατά την εκκόκιση. Το μήκος της ίνας, που συνδέεται με την αντοχή της, είναι γενετικό χαρακτηριστικό (το *G. hirsutum* είναι μεσόινο), αλλά εξαρτάται και από παράγοντες του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα από την έλλειψη νερού (που μπορεί να προκληθεί επίσης και λόγω προσβολής από την αδρομύκωση) κατά την περίοδο ανάπτυξης της ίνας.

Αύξηση – ανάπτυξη του φυτού. Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής επιδρούν στην διάρκεια κάθε σταδίου του βιολογικού του βαμβακιού. Πολλές φορές, η βραχεία καλλιεργητική περίοδος των ευκράτων περιοχών δεν επιτρέπει την κανονική συμπλήρωση του μεγάλου βιολογικού κύκλου του φυτού, με αποτέλεσμα την ποσοτική και ποιοτική μείωση της παραγωγής. Για χώρες, όπως η Ελλάδα, που βρίσκονται στα όρια της ζώνης βαμβακιού, κάθε παράγοντας που συντελεί στο να ωριμάσουν τα καρύδια πριν τις βροχές και τις παγωνιές του φθινοπώρου, είναι πρωταρχικής σημασίας, ιδίως όταν η συγκομιδή είναι εκμηχανισμένη.

Το φύτερωμα πραγματοποιείται σε 4–6 μέρες ως 4 εβδομάδες από την σπορά και επιδιώκεται να είναι πρώιμο και ομοιόμορφο. Το πρώτο χτένι εμφανίζεται 40–45 μέρες από το φύτερωμα. Η άνθηση, που επιδιώκεται να είναι πρώιμη, επιτελείται σε 21–25 μέρες από την εμφάνιση των χτενιών (20 Ιουνίου ως αρχές Ιουλίου). Με την άνθηση η βλαστική ανάπτυξη του φυτού σχεδόν καθηλώνεται. Υπάρχει ένα άριστο επίπεδο βλαστικής ανάπτυξης που πρέπει να εξασφαλιστεί από το φυτό πριν αρχίσει η ανθοφορία, ώστε να έχουμε ικανοποιητικές αποδόσεις. Το διάστημα της ανθοφορίας, στο οποίο τα άνθη προλαβαίνουν να μετατραπούν σε ώριμα καρύδια, καλείται οφέλιμη περίοδος και κλείνει στην Ελλάδα γύρω στις 15 Αυγούστου. Στο εξής, τα καρύδια καθυστερούν την ωρίμανσή τους ενώ συγχρόνως παρατηρείται ανθόρροια και καρπόπτωση ως 100%. Το τελευταίο αυτό φαινόμενο δεν είναι ανεπιθύμητο όταν παρατηρείται μετά την οφέλιμη περίοδο, ενώ αποτελεί πρόβλημα όταν λαμβάνει χώρα στα προηγούμενα στάδια. Πιθανές αιτίες είναι η ελλιπής γονιμοποίηση, προσβολές εντόμων και ασθενειών, ξηρασία, ακραίες θερμοκρασίες και συννεφιά. Η αποκοπή των καρυδιών συνήθως παρατηρείται γύρω στις 7 μέρες από την άνθηση.

Η περίοδος ωρίμανσης του καρυδιού κυμαίνεται από 45–65 μέρες και επιδιώκεται να μην είναι σύντομη. Γενικά για ικανοποιητική ποσοτική και ποιοτική παραγωγή, το βαμβάκι πρέπει να έχει στην διάθεσή του τουλάχιστον 6 μήνες με ευνοϊκές οικολογικές συνθήκες. Η αύξηση–ανάπτυξη του φυτού επηρεάζονται ακόμα από την ποικιλία, θερμοκρασία, υγρασία, φως, θρεπτική κατάσταση του φυτού και την καλλιεργητική τεχνική.

Οικολογικές απαιτήσεις. α) Το κλίμα είναι σημαντικό κυρίως στην αρχή και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Περιοριστικές είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την περίοδο βλάστησης του σπόρου και οι απρόβλεπτες καιρικές μεταβολές, πρώιμες βροχές και η πτώση της θερμοκρασίας κατά την

ωρίμανση και την συγκομιδή. Η ελάχιστη θερμοκρασία για την βλάστηση και το φύτερωμα του σπόρου είναι 15°C, ενώ στους -2°C επέρχεται ο θάνατος του φυτού. Άριστη θερμοκρασία για την αύξηση-ανάπτυξη είναι 33°C, ενώ μικρότερη από 15°C και μεγαλύτερη από 40°C είναι δυσμενής. Το άθροισμα των ημεροβαθμών ( $\theta > 10^\circ\text{C}$ ) ανάπτυξης (growing degree days) δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2.200 κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου. Παρατηρήθηκε ότι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες κατά την έκπτυξη των πρώτων φύλλων, όπως και οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες κατά τα επόμενα στάδια προωμίζουν την παραγωγή και αυξάνουν την απόδοση. Επίσης, υψηλές μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες βελτιώνουν την ποιότητα και αυξάνουν την ποσότητα της ίνας.

Το βαμβάκι έχει ανάγκη από ικανοποιητική υγρασία για την αύξηση του σπόρου (επειδή είναι ελαιούχος) αλλά κυρίως κατά την κριτική περίοδο της άνθησης. Εκτός του ότι μπορεί να προκαλέσει πτώση των καρυδιών και μείωση της παραγωγής, υποβαθμίζει και την ποιότητα της ίνας. Η περίσσεια, εξάλλου, υγρασίας είναι επίσης ανεπιθύμητη διότι αρχικά εμποδίζει την βλάστηση του σπόρου και ευνοεί την ανάπτυξη ασθενειών, και έπειτα διότι οψιμίζει την παραγωγή, ιδιαίτερα όταν συνοδεύεται από χαμηλές θερμοκρασίες.

Το βαμβάκι είναι ηλιόφιλο φυτό και η μειωμένη ηλιοφάνεια περιορίζει την ανάπτυξη του και ίσως προκαλεί ανθόρροια και καρπόπτωση. Όσον αφορά στο φωτοπεριόρισμό, οι σημερινές καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι ουδέτερες σ' αυτόν.

β) Ως προς το έδαφος, το βαμβάκι δεν έχει σημαντικές εδαφικές απαιτήσεις. Μέσης σύστασης, στραγγερά, σχετικά γόνιμα με μεγάλη υδατοϊκανότητα εδάφη ενδεικνύονται για την καλλιέργειά του. Άριστο pH είναι 7-8, ενώ ανέχεται και όξινα εδάφη έως pH= 5,2.

**Καλλιεργητικές φροντίδες.** α) **Αμειψισπορά.** Παρόλο που το βαμβάκι δεν θεωρείται πολύ εξαντλητικό φυτό, καλό είναι να εντάσσεται σε ένα πρόγραμμα αμειψισποράς, ώστε αφενός να διατηρείται κάπως η γονιμότητα του εδάφους, αφετέρου να αντιμετωπίζονται προβλήματα εχθρών, ασθενειών και ζιζανίων. Συνήθως το βαμβάκι εναλλάσσεται με σιτηρά, που όταν προηγούνται του βαμβακιού επιτρέπουν να παρεμβληθεί και χειμερινό ψυχανθές για την κάλυψη του εδάφους κατά την διάρκεια του χειμώνα και την χλωρά λίπανση. Άλλες κατάλληλες για την αμειψισπορά καλλιέργειες είναι το καλαμπόκι και ο καπνός, ενώ το τεύτλο θεωρείται κακό προηγούμενο για το βαμβάκι.

β) **Κατεργασία εδάφους πριν την σπορά.** Όταν η προηγούμενη καλλιέργεια είναι βαμβάκι, καλαμπόκι, καπνός, πρέπει αμέσως μετά την συγκομιδή να ακολουθήσει στελεχοκοπή και παράχωμα των στελεχών, με έναν περιστροφικό στελεχοκόπτη. Το φθινοπωρινό όργωμα είναι η πιο σημαντική καλλιεργητική φροντίδα και γίνεται με άροτρο σε βάθος 20-30 cm. Ακολουθεί ελαφρός καλλιεργητής για την καταστροφή των ζιζανίων και την άνοιξη, όταν το έδαφος είναι στον ρώγο του, προετοιμάζεται η σποροκλίνη με έναν καλλιεργητή ή σβάρνα. Το εαρινό όργωμα πρέπει να αποφεύγεται, ενώ όταν υπάρχει απόλυτη ανάγκη πρέπει ακολούθως να συμπίεζεται, ώστε να παρεμποδίζει την απώλεια της υγρασίας του. Τελευταία, η ανάγκη για πρωίμιση οδήγησε στην τεχνική της σποράς σε αναχώματα που δημιουργούν καλύτερες συνθήκες στράγγισης και θέρμανσης του εδάφους, εμποδίζουν τις σήψεις των σπόρων και τις τήξεις των φυταρίων, μειώνουν την προσβολή του βερτισιλίου και διευκολύνουν την μηχανοσυλλογή. Αυτά διαμορφώνονται σε πλάτος 40cm και βάθος 15cm.

γ) **Λίπανση.** Η συνήθης λίπανση που εφαρμόζεται στην Ελλάδα είναι 9-16 M αζώτου, σε δυο δόσεις, 5-8 M φωσφόρου, και 5 M καλίου στην έλλειψη του

οποίου το βαμβάκι είναι πολύ ευαίσθητο. Αν εξάλλου το φυτό παρουσιάσει συμπτώματα έλλειψης τους, μπορούν να προστεθούν τα μικροστοιχεία και ιχνοστοιχεία, είτε ως βασική είτε ως διαφυλλική λίπανση.

δ) **Αντιμετώπιση ζιζανίων** μπορεί να γίνει με εφαρμογή προσπαρτικών, προφυτρωτικών και μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων, όπως και με διάφορα καλλιεργητικά μέτρα. Τα σημαντικότερα ζιζάνια της καλλιέργειας του βαμβακιού είναι η αγριοτοματιά, το βλήτο, η λουβουδιά, η περικοκλάδα, η μουχρίτσα, η δατούρα κα, ενώ με την συστηματική καταπολέμησή αυτών αναδείχτηκαν σε σημαντικό πρόβλημα τα πολυετή ζιζάνια (βέλιουρας, αγριάδα, κύππερη κα).

ε) **Η σπορά** του βαμβακιού μπορεί να αρχίσει όταν η θερμοκρασία του εδάφους φτάσει τους 14-15°C και επιδιώκεται να γίνει όσο το δυνατόν πιο πρώιμα. Στην Ελλάδα καλύτερη εποχή σποράς είναι μεταξύ 10-20 Απριλίου ή το αργότερο μέχρι τα τέλη αυτού του μήνα. Η πρώιμη σπορά και πριν τις 10 Απριλίου, μπορεί να δώσει και υψηλότερες αποδόσεις, έστω και με μειωμένο φύτερωμα λόγω της επίδρασης των χαμηλών θερμοκρασιών, ιδιαίτερα σε περιοχές με μικρή βλαστική περίοδο. Ορισμένες καλλιεργητικές τεχνικές, όπως τα αναχώματα και η σπορά κάτω από φύλλα πολυαιθυλενίου συμβάλλουν στην επιτυχία της πρώιμης σποράς. Η πυκνότητα φύτευσης συνιστάται στα 20 φυτά/στρ. για περιορισμένης βλαστικής ανάπτυξης ποικιλίες, και 12 φυτά/στρ. για τις εύρωστες ποικιλίες τύπου Acala. Συνηθίζεται η σπορά σε απλές γραμμές σε απόσταση 1m, και 0.5m μεταξύ φυτών εντός της γραμμής. Βελτιωμένο σύστημα σποράς είναι αυτό σε διδυμες γραμμές σε αποστάσεις 0.15m και 1m. Η σπορά γίνεται σε βάθος 5-7cm σε ελαφρά και 3-4cm σε αμμοπηλώδη εδάφη με μια σπαρτική μηχανή των τεσσάρων σειρών. Τελευταία υιοθετήθηκε η σπορά ακριβείας με πνευματικές μηχανές που προϋποθέτουν την αποχνώση του σπόρου.

στ) Ακολουθεί συνήθως σκάλισμα για την υποβοήθηση του φυτρώματος και την καταστροφή των ζιζανίων, καθώς και αραίωμα όταν δεν έχει γίνει σπορά ακριβείας.

ζ) **Εφαρμογή ρυθμιστών αύξησης**. Το CCC και το Pix χρησιμοποιούνται ως ανασχετικά της βλαστικής ανάπτυξης όταν τα φυτά έχουν τάση για υπέρμετρη ανάπτυξη που δεν μπορεί να ρυθμιστεί με άλλα μέσα (πχ. άρδευση). Εφαρμόζεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην ανθοφορία, και όχι πριν το φυτό αποκτήσει ύψος 60cm. Επίσης, φαίνεται περιορισμένη εφαρμογή ορμονικών επιταχυντικών σκευασμάτων, όπως είναι το Ethrel που εφαρμόζεται 10 περίπου μήνες πριν την αποφύλλωση που συμβάλλουν στην ωρίμανση και στην πρώιμηση της παραγωγής.

η) Οι πρώτες **αρδεύσεις** για την βλάστηση και την ανάπτυξη του φυτού πρέπει να είναι ελαφρές, ώστε να μην οψιμίζεται η ανθοφορία. Αντίθετα οι αρδεύσεις καρποφορίας είναι απαραίτητες και η εφαρμογή τους προσδιορίζεται από την εμφάνιση του φυτού και την κατάσταση του εδάφους. Κατάλληλη εποχή για την πρώτη άρδευση καρποφορία είναι η έναρξη της ανθοφορίας για πρώιμες ποικιλίες, και κατά τον σχηματισμό των πρώτων καρυδιών για τις οψιμότερες, ενώ είναι σημαντικό να μην αρχίσει πρόωρα ούτε και καθυστερημένα. Ο αριθμός των ποτισμάτων είναι συνήθως 2-5. Στα μέσα Αυγούστου αρχίζουν οι αρδεύσεις παραγωγής που περιλαμβάνουν 1-2 ποτισματα ως τα τέλη Σεπτεμβρίου ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Η άρδευση γίνεται συνήθως με αυλάκια ή με τεχνητή βροχή ενώ η στάγδην άρδευση που τελευταία αρχίζει να εφαρμόζεται και στο βαμβάκι, έδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα παρά το υψηλό κόστος εγκατάστασης.

θ) Η **αποφύλλωση** πριν την συγκομιδή αποτελεί προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα της μηχανοσυλλογής, ενώ συμβάλλει και στην καλύτερη

ποιότητα του συγκομιζόμενου προϊόντος. Γίνεται με ομοιόμορφο ψεκασμό των φυτών με ένα αποφυλλωτικό σκεύασμα, όταν η φυτεία έχει άνοιγμα 40% (12-15 ημέρες πριν την συγκομιδή).

ι) Η συγκομιδή του βαμβακιού είναι σήμερα κατά 85 % μηχανοποιημένη. Η χειροσυλλογή εφαρμόζεται σε περιορισμένη κλίμακα, αλλά εγγυάται καλύτερη ποιότητα προϊόντος. Η μηχανοσυλλογή γίνεται με μηχανές τύπου Picker και συνοδεύεται από περιορισμένες απώλειες και υποβάθμιση του προϊόντος εφόσον τηρηθούν οι προϋποθέσεις για την συγκομιδή δηλ. φυτείες με μέτριο ύψος, απόσταση των κατώτερων καρυδιών από το έδαφος 15cm, σωστό καρυδιών, αποφύλλωση, ισοπεδωμένα αγροτεμάχια απαλλαγμένα από ζιζάνια, πέτρες κλπ. Για τις ελληνικές συνθήκες, η μηχανοσυλλογή γίνεται δυο φορές. Όταν χρησιμοποιούνται οι απογυμνωτικές μηχανές, που απομακρύνουν ολόκληρα τα καρύδια (ενώ οι τύπου Picker απομακρύνουν μόνο το σύσπορο), η συγκομιδή μπορεί να γίνει άπαξ.

Μετά την συγκομιδή το βαμβάκι μεταφέρεται στα εκκοκιστήρια, όπου γίνεται ο αποχωρισμός των ινών από τους σπόρους. Μπορεί να προηγηθεί αποθήκευση, εφόσον η θερμοκρασία του σύσπορου δεν ξεπερνά το 12%. Μετά την εκκόκιση ακολουθεί ο καθαρισμός και τελικά η δεματοποίηση της ίνας.

Εκτός από την ίνα, άλλο προϊόν του βαμβακιού είναι ο σπόρος από τον οποίο εξαγεται λάδι, καθώς και το χνούδι, που λαμβάνεται κατά την αποχνόωση και χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς.

Εχθροί - ασθένειες Το βαμβάκι διαθέτει πλήθος εχθρών, αν και οι κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας δεν ευνοούν κατά κανόνα την έξαρση των εντομολογικών προσβολών. Εκτός από τους νηματώδεις, έντομα εδάφους όπως οι σιδηροσκώληκες (οικογένεια Elateridae), οι αγρότιδες (*Agrotis* sp.), οι κρεμυδοφάγοι (*Gryllotalpa* sp.) η υλέμια (*Hylemia* sp.) προκαλούν ζημιές στον σπόρο και το νεαρό φυτάριο. Οι θρίπες (*Thrips tabaci*), οι αφίδες (*Aphis gossypii*), ο αλευρώδης (*Bemisia tabaci*), τα τζιτζικάκια (*Empoasca* sp.) είναι τα κυριότερα μυζητικά έντομα, που μαζί με τον τετράνυχχο προκαλούν ζημιές στο υπέργειο τμήμα του φυτού. Τα πιο καταστρεπτικά έντομα, όμως, ανήκουν στην κλάση των λεπιδοπτέρων που ως προνύμφες τρέφονται από τα καρύδια. Εδώ ανήκει το πράσινο σκουλήκι (*Heliothis armigera*), το ρόδινο σκουλήκι (*Pectinophora gossypiella*), ο ακανθώδης (*Earias*) και η σποδόπτερα (*Spodoptera*).

Από τις ασθένειες, σημαντικότερη θεωρείται η αδρομύκωση (*Verticillium* sp.), την οποία πραγματεύεται η παρούσα διατριβή. Άλλες ασθένειες είναι οι σηψιρριζίες (*Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia* κα), η αλτερνάρια (*Alternaria* sp.) και μια βακτηρίωση (*Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum*). Μια ακόμα ασθένεια, η ανθράκνωση που προκαλείται από τον μύκητα *Glomerella gossypii* δημιουργεί προβλήματα σε καλλιέργειες άλλων χωρών ενώ δεν υπάρχει ακόμα στην Ελλάδα.

Τελευταία γίνεται προσπάθεια και στον ελληνικό χώρο, να εφαρμοστεί στην πράξη η οικολογική καλλιέργεια βαμβακιού. Ο τρόπος αυτός καλλιέργειας που στηρίζεται στην απουσία από τις καλλιεργητικές εργασίες της χρήσης αγροχημικών, όπως και στην μείωση των εισροών, έχει αρχίσει να εφαρμόζεται εδώ και λίγα χρόνια σε άλλες χώρες του κόσμου. Πέρα από την φιλική προς το περιβάλλον μορφή της, η οικολογική ή εναλλακτική καλλιέργεια βαμβακιού δίνει προϊόν ακριβότερο και λίγο υποδεέστερο ποιοτικά από το συμβατικά παραγόμενο βαμβάκι. Ωστόσο, συνεχίζεται η έρευνα προς την νέα αυτή τάση

στην καλλιέργεια του βαμβακιού, η μεγάλη σημασία της οποίας είναι παραδεκτή από μεγάλη μερίδα του επιστημονικού κόσμου. Η μέτρηση κάθε χρονιά του μολύσματος των ασθενειών και η παγίδευση και καταμέτρηση των πλυθησμών των εντόμων είναι πρακτικές που συμβάλλουν σε μια οικολογικότερη διαχείριση της καλλιέργειας του βαμβακιού. Η έρευνα επίσης της επίδρασης του περιβάλλοντος στην διαμόρφωση του μολύσματος των ασθενειών στον αγρό, θέμα που πραγματεύεται και η παρούσα διατριβή, κρίνεται επίσης απαραίτητη για την εξέλιξη της τάσης αυτής στο μέλλον.

Τα παραπάνω στοιχεία γύρω από την καλλιέργεια του βαμβακιού έχουν ληφθεί από πανεπιστημιακές σημειώσεις της κυρίας Γαλανοπούλου στο μάθημα της Ειδικής Γεωργίας II καθώς και από την εργασία της γύρω από το «οικολογικό» βαμβάκι (1994).

## 1.2. Η σημασία της καλλιέργειας βαμβακιού στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία.

Σε συνέδριο γύρω από θέματα του βαμβακιού, που έγινε στην Λάρισα το 1995, ο κ.Καλόγηρος εξέφρασε την πεποίθησή του για την μεγάλη σπουδαιότητα του σε επίπεδο εθνικό και παγκόσμιο. Τα τελευταία μάλιστα χρόνια παρατηρείται μεγάλη επέκταση της καλλιέργειάς του, και για πολλές χώρες, όπως και για την Ελλάδα, το βαμβάκι θεωρείται το πρώτο γεωργικό προϊόν.

Σήμερα το βαμβάκι καλλιεργείται κυρίως στις τροπικές χώρες, από βόρειο 43°-45° έως νότιο γεωγραφικό πλάτος. Καλλιεργείται σε περισσότερες από 70 χώρες στον κόσμο, ενώ στην Ευρώπη καλλιεργείται κυρίως στην Ελλάδα, Ισπανία και σε μικρότερες εκτάσεις στην Γιουγκοσλαβία, Βουλγαρία, Αλβανία και Ιταλία. Η έκταση καλλιέργειας του βαμβακιού παγκοσμίως σταθεροποιήθηκε σε πάνω από 300 εκατομύρια στρ. ενώ η παραγωγή με την κατανάλωση φτάνει στους 18.500 - 19.000 χιλ. τόνους. Η παραγωγή του βαμβακιού συγκεντρώνεται σε λίγες χώρες. Οι τέσσερις μεγαλύτερες παραγωγικές χώρες, που συγκεντρώνουν τα 2/3 της παγκόσμιας παραγωγής είναι οι Ην. Πολιτείες, οι Κίνα, οι Ινδίες και το Πακιστάν.

Παρά τη σταθερή αύξηση της παραγωγής του βαμβακιού τα τελευταία χρόνια, η συμμετοχή του στην παγκόσμια χρήση ινών έχει πέσει, λόγω ανταγωνισμού του από τη χρήση των συνθετικών ινών. Το στοιχείο αυτό ανήκει στους προβληματισμούς που θα διαμορφώσουν την πολιτική του βαμβακιού με στόχο την αύξηση της ανταγωνιστικότητάς του. Στον ελληνικό χώρο, η εξέλιξη του βαμβακιού είναι πράγματι εντυπωσιακή. Η καλλιεργούμενη έκταση από 200 χιλ. στρέμματα το 1930 ξεπερνάει τα 2 εκ. στρ. και σήμερα έφτασε τα 3,5 εκ.στρ., ενώ η παραγωγή του σύσπορου έφτασε τους 980 χιλ.τόνους με βάση στοιχεία του 1993 (Καλόγηρος,1995).

Η βαμβακοκαλλιέργεια αποτελεί σήμερα μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες της ελληνικής γεωργίας με τεράστια σημασία για την αγροτική και εθνική οικονομία, γιατί

α) καλλιεργείται σε έκταση 3,5 εκ.στρ. και καταλαμβάνει το 10% της συνολικά καλλιεργημένης γής και το 30% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης,

β) εξασφαλίζει βασική απασχόληση και ικανοποιητικό γεωργικό εισόδημα σε 80 χιλ.-100 χιλ. αγροτικές οικογένειες,

γ) παρέχει εργασία και συνθήκες διαβίωσης σε 150 χιλ. περίπου αστικές οικογένειες που ασχολούνται στα διάφορα στάδια της παραγωγής και

μεταποιητικής διαδικασίας του βαμβακιού, συμβάλλοντας έτσι θετικά στην αντιμετώπιση της ανεργίας.

δ) συμβάλλει σημαντικά στην περιφερειακή ανάπτυξη της κάθε περιοχής και ειδικότερα στη βιομηχανική, οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική ανάπτυξη.

ε) προμηθεύει με πρώτη ύλη της ελληνική βαμβακοβιομηχανία.

στ) είναι σημαντική συναλλαγματοφόρος πηγή για την εθνική μας οικονομία, ενώ για το 1992 η συνολική αξία από τις εξαγωγές των προϊόντων βαμβακιού ξεπέρασαν τα 400 δισ. δραχμές.

Στην ταχεία αυτή ανάπτυξη συνεισέφερε και ο Οργανισμός Βάμβακος, και το Ινστιτούτο Βάμβακος, που με την έρευνα γύρω από την καλλιέργεια του βαμβακιού και την βελτίωση σε νέες ποικιλίες που εγκλιματίζονται καλύτερα στις ελληνικές συνθήκες. Επίσης, καλυτέρευσε τους όρους της καλλιέργειας και αύξησε τις αποδόσεις.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνει κανείς την μεγάλη σημασία που έχει για την ελληνική εθνική οικονομία το βαμβάκι, ώστε δικαίως αναφέρεται σαν εθνικό προϊόν και αξιολογείται σαν το πρώτο αγροτοβιομηχανικό προϊόν, που κοινώς αποκαλείται ως "λευκός χρυσός" της χώρας.

Εξάλλου, στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης η Ελλάδα είναι η βασική βαμβακοπαραγωγός χώρα. Μάλιστα η αγορά της Ε.Ε. είναι ελλειμματική σε προϊόντα βαμβακιού σε ποσοστό 85% περίπου και αποτελεί μια σημαντική αγορά για το ελληνικό βαμβάκι μελλοντικά.

Παρά τις ευοίωνες αυτές προοπτικές, υφίστανται προβληματισμοί σχετικά με το μέλλον της καλλιέργειας του βαμβακιού. Έτσι, διερωτάται κανείς αρχικά, πώς θα επηρεάσει η αναθεώρηση της κοινής αγροτικής πολιτικής της Ε.Ε. και αν θα συνεχιστεί η οικονομική πολιτική στήριξης της καλλιέργειας, καθώς και ποιές θα είναι οι επιπτώσεις στην παραγωγή και τη βαμβακοβιομηχανία από την πρόσφατα υπογραφείσα συμφωνία της GATT και την εφαρμογή της. Υπάρχει, εξάλλου, ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας του βαμβακιού, που έχει καθυστερήσει σημαντικά, καθώς και σοβαρά προβλήματα στην κλωστοϋφαντουργία, που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ένα τελευταίο ερώτημα αφορά τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να προσαρμοστεί η καλλιέργεια στα δεδομένα που διαμορφώνονται στην παγκόσμια γεωργία με την μορφή της εναλλακτικής γεωργίας, δηλαδή της καλλιέργειας της γης με σεβασμό στο περιβάλλον με μειωμένες εισροές, μείωση του κόστους παραγωγής κα.



## 2. Η αδρομύκωση του βαμβακιού.

Οι αδρομυκώσεις είναι πολύ σοβαρές ασθένειες, πολλές φορές βραδέως εξελισσόμενες και μη θεραπεύσιμες, που οφείλονται σε προσβολή των αγγειωδών ιστών από μύκητες. Τα ασθενή φυτά εκδηλώνουν σε μερικούς βλαστούς ή σε ολόκληρο το φύλλωμα συμπτώματα μααρασμού και κακής διατροφής που τελικά καταλήγουν στην αποξήρανση του φυτού. Η κοινή αγγλική ονομασία τους είναι "fungal wilt diseases" ή "vascular diseases" ή "hadromycosis" (Παναγόπουλος, 1992). Ιδιαίτερα στο βαμβάκι, η αδρομύκωση, που προκαλείται από τον μύκητα *Verticillium dahliae* θεωρείται η σημαντικότερη ασθένεια του φυτού αυτού για τις ελληνικές συνθήκες.

### 2.1. Το παθογόνο αίτιο

Οι αδρομυκώσεις προκαλούνται από διάφορα γένη μυκήτων, αλλά οι περισσότερες, πλέον εξαπλωμένες και σοβαρότερες είναι οι ασθένειες που οφείλονται σε είδη του γένους *Verticillium*, και σε εξειδικευμένες φυλές του *Fusarium oxysporum*. Σύμφωνα με τον Παναγόπουλο (1992) οι μύκητες του γένους *Fusarium* ποτέ δεν αναφέρεται να προκαλούν αδρομυκώσεις στα καρποφόρα δέντρα και το αμπέλι. Στο βαμβάκι οι αδρομυκώσεις προκαλούνται από τους μύκητες *Verticillium dahliae* Kleb. *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* (Atk.) Snyder & Hans. Βρίσκονται σε όλες σχεδόν τις χώρες όπου καλλιεργείται το βαμβάκι και προκαλούν σοβαρές ζημιές σ' αυτό. Οι δυο αυτοί μύκητες σπάνια προσβάλλουν συγχρόνως τις φυτείες μιας περιοχής επειδή απαιτούν διαφορετικές συνθήκες για την ανάπτυξή τους. Το φουζάριο απαιτεί υψηλότερες θερμοκρασίες για την προσβολή των φυτών, και ενώ η βερτισιλλίωση ευνοείται σε ουδέτερα προς αλκαλικά πηλώδη και αργιλώδη εδάφη, η φουζαρίωση αναπτύσσεται περισσότερο σε όξινα και αμμώδη ή αμμοαργιλώδη εδάφη. Εκτός από τις Ηνωμ. Πολιτείες, όπου προκαλεί σοβαρές ζημιές, το *Fusarium* βρίσκεται στην Νότια Αμερική, την Ινδία, τη Μπούρμπα, την Αίγυπτο, την Νότια Αφρική και αλλού. Στην Ελλάδα ο Χρηστίδης (1964) αναφέρει ότι ποτέ δεν διαπιστώθηκε στην Ελλάδα, όπου η αδρομύκωση του βαμβακιού οφείλεται κατά κανόνα στο *Verticillium*, ενώ σύμφωνα με πιο πρόσφατα δεδομένα, ο μύκητας έχει απομονωθεί από τον κ.Τζάμο, από καλλιέργεια περιοχής της Θεσσαλίας (Τόλης, 1986). Ένα άλλο σημείο που διαφοροποιεί τους δυο μύκητες που προκαλούν την αδρομύκωση, είναι το γεγονός ότι το *Fusarium* μπορεί να αντιμετωπιστεί κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και να μειωθούν ή να μηδενιστούν οι απώλειες στην παραγωγή, με την εφαρμογή χημικών ουσιών. Έτσι, ενώ η χρήση χημικών λιπασμάτων, η αμειψισπορά, το κάψιμο των προσβεβλημένων φυτών, η εφαρμογή μυκητοκτόνων εδάφους κλπ, συνθήκως δεν έχουν αποτέλεσμα, η εφαρμογή του διβρωμιούχου αιθυλενίου σε δόση 30-35 λίτρες Dowfume-W-10 /στρ. καταστρέφει το φουζάριο (και τους νηματώδεις), και βελτιώνει σημαντικά την απόδοση. Η επίδραση της ουσίας φαίνεται να είναι έμμεση, οφείλεται δηλαδή στην καταστροφή που προκαλεί στους νηματώδεις (Χρηστίδης, 1964).

Από τα είδη που ανήκουν στο γένος *Verticillium*, δεν είναι όλα παθογόνα των φυτών, ενώ από τα τρία παθογόνα είδη, μόνο ένα προκαλεί ζημιές στην καλλιέργεια του βαμβακιού για τις ελληνικές συνθήκες. Λεπτομέρειες για τις διαφορές ανάμεσα στα γένη *V. dahliae* και *V. albo-atrum*, δίνονται σε παρακάτω ενότητα. Το παθογόνο που προκαλεί την αδρομύκωση του βαμβακιού είναι ο μύκητας *V. dahliae* Kleb.. Εξάλλου, από πειραματικές εργασίες που έγιναν στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, διαπιστώθηκε ότι οι περισσότερες απομονώσεις που δοκιμάστηκαν κάτω από συνθήκες θερμοκηπίου ανήκουν σε μια έντονα παθογόνο φυλή που δεν προκαλεί αποφύλλωση και που μοιάζει με την φυλή που διεθνώς έχει χαρακτηριστεί ως "ενδιάμεση φυλή" (Intermediate 2 strain). Μικρός αριθμός από τις απομονώσεις ανήκει σε μια φυλή που προκαλεί ήπια συμπτώματα και αναφέρεται ως ήπια (SS-4). Δεν βρέθηκε η φυλή, γνωστή διεθνώς σαν Π, που προκαλεί έντονη αποφύλλωση (Tjamos, 1978). Όσον αφορά την καλλιέργεια της τομάτας, πρόσφατα (Ligoxiakís, 1992) έγινε η πρώτη αναφορά της παρουσίας της (αποφυλλωτικής) φυλής 2 σε καλλιέργεια της στην Κρήτη.

## 2.2 Φύση της προσβολής και συμπτώματα

Καθ'όλη την περίοδο ανάπτυξης τους, τα φυτά είναι ευαίσθητα στην προσβολή. Η έκταση και ο βαθμός προσβολής, όμως, διαφέρουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης και την κατάσταση στην οποία θα βρεθούν τα φυτά κατά τον χρόνο προσβολής. Εξάλλου, εκδήλωση και η εξάπλωση της ασθένειας ευνοείται από δροσερό καιρό με μέση θερμοκρασία 22-27°C, ενώ θερμοκρασίες πάνω από 27°C περιορίζουν τα συμπτώματα και τις διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, σε βαθμό ώστε και οι ευαίσθητες ποικιλίες να συμπεριφέρονται ως ανθεκτικές, ενώ θερμοκρασίες πάνω από 32°C εμποδίζουν κάθε εκδήλωση της προσβολής. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι, στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας να παρουσιάζονται δυο μέγιστα προσβολής, η πρώιμη και η όψιμη προσβολή. Κί αυτό, διότι ευνοϊκές για την ανάπτυξη του μύκητα θερμοκρασίες παρατηρούνται συνήθως κατά το τέλος Ιουνίου με αρχές Ιουλίου και επίσης κατά το τέλος Αυγούστου με αρχές Σεπτεμβρίου. Επομένως, τα συμπτώματα εμφανίζονται ή νωρίς κατά την αρχή της ανθοφορίας, ή στο τέλος, όταν έχει συμπληρωθεί το στάδιο καρποφορίας και αρχίζει η ωρίμανση. Στην περίπτωση, όμως, αυτή της όψιμης προσβολής οι ζημιές είναι συγκριτικά πολύ μικρότερες, ιδιαίτερα με συνθήκες πρώιμης και καλής ανάπτυξης των φυτών (Γαλανοπούλου, 1978). Μάλιστα το 1976 οι θερμοκρασίες παρέμειναν ολόκληρο το καλοκαίρι σε ευνοϊκά για την ανάπτυξη του μύκητα επίπεδα, παρατηρήθηκε έντονη προσβολή χωρίς διακοπή από τα μέσα Ιουνίου μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου (Γαλανόπουλος & Γαλανοπούλου, 1985).

Οι συντελεστές της προσβολής, όπως αυτοί μετρούνται για να εκτιμηθεί το ύψος της προσβολής, είναι το ποσοστό προσβολής (έκταση της ασθένειας, ποσοστό προσβεβλημένων φυτών), ο σταθμικός μέσος βαθμός προσβολής (Σ.Μ.Β.Π., ένταση της ασθένειας) και το γινόμενο ποσοστού και Σ.Μ.Β.Π., δηλαδή ένας συνδυασμένος δείκτης της έκτασης και έντασης προσβολής ως ένα ορθότερο κριτήριο όταν ο βαθμός προσβολής διαφοροποιείται δυσανάλογα του ποσοστού προσβολής. Ο βαθμός προσβολής κλιμακώνεται από 1-4, με 1=χλώρωση λίγων φύλλων στην βάση του φυτού, 2=χλώρωση πολλών φύλλων μέχρι την κορυφή του φυτού, 3=χλώρωση και περιφερειακή νέκρωση των φύλλων, 4=νέκρωση όλου του ελέσματος των φύλλων, πτώση φύλλων, νέκρωση του

φυτού. Με βάση τους παραπάνω συντελεστές και τους τεχνολογικούς χαρακτήρες της συγκομιζόμενης ίνας, πείραμα που έγινε στην Σίνδο (Γαλανοπούλου&Γαλανόπουλος, 1985) με διάφορες ποικιλίες βαμβακιού σε πολύ μολυσμένους αγρούς έδειξε τα παρακάτω αποτελέσματα σε σχέση με τις απώλειες από την αδρομύκωση: τα φυτά που προσβλήθηκαν τον Ιούλιο και είχαν βαθμό προσβολής 1,2,3,4 έδωσαν αντίστοιχα απόδοση 51,3, 40,6, 20,9 και 4,0% του υγιούς φυτού, ενώ τα αντίστοιχα φυτά που προσβλήθηκαν τον Αύγουστο έδωσαν 88,7, 68,6, 45,9 και 26,6 του μάρτυρα. Τα φυτά που προσβλήθηκαν τον Σεπτέμβριο, είχαν ακόμα μικρότερη μείωση, δηλαδή η επίπτωση της ασθένειας ήταν ανάλογη του βαθμού προσβολής και τόσο πιο επιζήμια όσο πρωιμότερα εμφανίζεται η προσβολή και το φυτό βρίσκεται σε πρώτα στάδια της ανάπτυξης του. Εξάλλου, η ποιότητα του προϊόντος επηρεάζεται από την ασθένεια μόνο ως προς τον δείκτη *Micronaire*, ο οποίος είναι ευαίσθητος χαρακτήρας, και είχε τιμές κατά μέσο όρο 3,2 έναντι 3,6 των υγιών φυτών, για τα φυτά που προσβλήθηκαν τον Ιούλιο, ενώ τα φυτά που προσβλήθηκαν τον Αύγουστο υπέστησαν μεγαλύτερη ζημιά (όπως και στην περίπτωση του βάρους καρυδιού), ανάλογη του βαθμού προσβολής, και έδωσαν ίνα με *Micronaire* 2,9. Η ζημιά είναι πιο σημαντική αν θεωρηθεί ότι για τις οριακές συνθήκες καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα, η τιμή του δείκτη *Micronaire* 3,6 που έδωσαν τα υγιή φυτά είναι οριακή. Τα παραπάνω δεδομένα αποδεικνύουν την σοβαρότητα και τις διαστάσεις που μπορεί να πάρει στην Ελλάδα η αδρομύκωση του βαμβακιού. Οι επιπτώσεις είναι όμως μικρότερες ίσως από εκείνες που αποδίδονται, αν λάβει κανείς υπόψη ότι και όταν ακόμη τα φυτά προσβλήθηκαν κατά 70,2% αθροιστικά μέχρι τα τέλη Αυγούστου, έδωσαν το 78% περίπου της παραγωγής τους χωρίς να σημειωθεί σοβαρή επίπτωση στην ποιότητα του προϊόντος, εκτός από τον δείκτη *Micronaire* (Γαλανόπουλος&Γαλανοπούλου,1985).

Τα συμπτώματα της προσβολής στα φυτάρια είναι το κιτρίνισμα και η ξήρανση τελικά των κοτυληδόνων (Τόλης,1987). Στα νεαρά φυτά προκαλείται χλώρωση φύλλων συνήθως μονόπλευρη, που καταλήγει στην ξήρανση και νέκρωση του ελάσματος. Ένα από τα πρώτα συμπτώματα της ασθένειας στα νεαρά φυτά είναι η μείωση της επιμηκύνσεως των μεσογονατίων διαστημάτων που εμφανίζεται δυο εβδομάδες πριν δείξουν τα φύλλα. Αποτέλεσμα είναι ανασχεση στην ανάπτυξη του στελέχους και νανισμός. Στα μεγαλύτερης ηλικίας φυτά (όψιμες μολύνσεις), προσβάλλονται πρώτα τα κατώτερα φύλλα, στα οποία εμφανίζονται χλωρωτικές περιοχές μεταξύ των νεύρων και στην περιφέρεια του ελάσματος, ενώ στα ανώτερα φύλλα παρατηρείται επιναστία.

Ως σύνηθες χαρακτηριστικό της αδρομύκωσης, τα παραπάνω συμπτώματα συνοδεύονται από καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου των στελεχών, ιδίως στο κατώτερο μέρος του βλαστού (κοντά στο έδαφος). Ο μύκητας όταν προσεγγίσει τα αγγεία του ξύλου, αρχίζει σ'αυτά την ανάπτυξη του και την καρποφορία. Η παρουσία και δραστηριότητα του μύκητα δίνει στον ξενιστή το ερέθισμα για υπερβολική παραγωγή θηλώσεων (προεξοχές από κολλοειδείς ουσίες εγκαρσίως του αγγείου που δημιουργούνται φυσιολογικά από το φυτό) που τελικά φράσσουν το αγγείο και προκαλούν την μαρανση του φυτού ( Τόλης,1987, Παπλωματάς πρ.επικοινωνία) . Υπάρχει και η άποψη (Gan,1991) ότι ο μύκητας παράγει μια τοξίνη που είναι υπεύθυνη για την εκδήλωση της αδρομύκωσης, η οποία σύμφωνα με την παραπάνω εργασία είναι μια γλυκοπρωτεΐνη, με 14,7 % υδατάνθρακες και 82,3% πρωτεΐνες.

Τα προσβεβλημένα φυτά, ιδίως σε νεαρό στάδιο ανάπτυξης, μπορούν να ξηραθούν και νεκρωθούν αμέσως,, αλλά συνήθως επιζούν κατά το μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργητικής περιόδου και ρίχνουν νωρίς τα φύλλα τους και πολλά

καρύδια. Τα καρύδια στα προσβεβλημένα φυτά ανοίγουν πρόωρα και δίνουν μικρή αναλογία ίνας καθώς και χειρότερης ποιότητας. Πολλές φορές τα φυτά, μετά το καλοκαίρι, δίνουν νέα βλάστηση από την βάση τους. Με βαριά προσβολή η ζημιά στην απόδοση μπορεί να φτάσει τα 50%, ενώ συνήθως όπου υπάρχει προσβολή, παρατηρείται μείωση της παραγωγής κατά 10-15%. Στην Ελλάδα η προσβολή είναι συνήθως μικρή (μεταξύ 1% και 5%). Τα περισσότερα φυτά δεν πεθαίνουν, αλλά αργότερα συνέρχονται και δίνουν καλή απόδοση (Χρηστίδης, 1964). Οι όψιμες προσβολές δεν προκαλούν σοβαρές ζημιές. Μάλιστα μερικές φορές, επειδή προκαλούν αποφύλλωση, μπορούν να είναι και επιθυμητές, αν βέβαια δεν ληφθεί υπόψη η επιδημιολογία της ασθένειας. Εξάλλου όπως αναφέρθηκε, με μέτρια προσβολή το βαμβάκι πρωίμιζει, ενώ με μεγάλη προσβολή τα καρύδια αργούν να ανοίξουν.

Η αρρώστεια παρατηρείται κυρίως σε αλκαλικά εδάφη, προπάντων σε πεδινά που δεν ποτίζονται. Μεγάλη αναλογία οργανικής ουσίας ή πλούσια λίπανση με άζωτο ευνοεί την προσβολή από *Veticillium*. Η επίδραση των αζωτούχων λιπασμάτων είναι διαφορετική, ανάλογα με το είδος του λιπάσματος. Ο μύκητας διατηρείται για πολλά χρόνια στο έδαφος, με την ανθεκτική μορφή των μικροσκληρωτίων. Τα μικροσκληρώτια μπορούν να επιβιώσουν στο έδαφος ως και πάνω από είκοσι χρόνια (Papliomatou, 1992), ενώ σχηματίζονται στα υπολείματα των προσβεβλημένων φυτών, από όπου απελευθερώνονται στο έδαφος μετά την αποσύνθεσή τους. Πολύ λίγα μικροσκληρώτια βλασταίνουν αμέσως, ενώ τα υπόλοιπα βλασταίνουν όταν δεχτούν χημικό ερέθισμα από τα ριζικά εκκρίματα του βαμβακιού (Τόλης, 1987). Εξάλλου, έχει αναφερθεί και η ύπαρξη του ληθάργου των μικροσκληρωτίων. Η παρουσία των φυτικών υπολλειμάτων και γενικά της βιομάζας, κατά άλλους ερευνητές διευκολύνει την διαχείμανση και την αύξηση της μικροσκληρωτιακής μορφής του παθογόνου, ενώ άλλοι ερευνητές δεν θεωρούν ότι υφίσταται μια τέτοια σχέση. Είναι δυνατή η μετάδοση του μύκητα σε αμόλυντες περιοχές, με προσβεβλημένα στελέχη, χόμα, ή καμιά φορά και με μολυσμένο σπόρο.

Η δυσμενής επίπτωση της αδρομύκωσης στην απόδοση και την ποιότητα του βαμβακιού μπορεί να υπερκαλυφθεί με την δράση διαφόρων παραγόντων, όπως θα φανεί παρακάτω.

### 2.3. Αντιμετώπιση

Η αδρομύκωση είναι ασθένεια που δεν κατέστη δυνατόν μέχρι σήμερα να ελεγχθεί με χημικές ουσίες είτε γιατί δεν ήταν αποτελεσματικές, είτε επειδή είχαν αντιοικονομική εφαρμογή. Έτσι ως μόνος τρόπος αντιμετώπισης της ασθένειας παραμένει η χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών σε συνδυασμό με αμειψισπορά και χρήση κατάλληλων καλλιεργητικών πρακτικών. Από τους καλλιεργητικούς παράγοντες που μπορούν να συμβάλλουν στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση της ασθένειας είναι η κατάλληλη αμειψισπορά, αυξημένος πληθυσμός φυτών, σωστή λίπανση, κατάλληλη εποχή σποράς, σπορά σε αναχώματα κ.

α) Ανθεκτικές ποικιλίες. Είναι ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της αδρομύκωσης. Ποικιλίες εντελώς ανθεκτικές στον μύκητα δεν υπάρχουν, ενώ ο βαθμός ανθεκτικότητας εξαρτάται από το γενότυπο του φυτού, τη φυλή και την πυκνότητα του μολύσματος καθώς και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας του ξενιστή ξεκινά από τις ρίζες. Η

πρώτη αντίδραση του φυτού στην είσοδο του μύκητα είναι η διόγκωση των κυττάρων της επιδερμίδας και η παραγωγή κολλώδους ουσίας που εμποδίζει την ανάπτυξη του μύκητα στο εσωτερικό. Οι υφές που κατωρθώνουν να περάσουν αυτό το εμπόδιο, συναντούν ένα παρόμοιας φύσης εμπόδιο στην ενδοδερμίδα, ενώ οι υφές που περνούν την ενδοδερμίδα εισέρχονται στον αγγειώδη ιστό και μολύνουν το φυτό. Η αντοχή του βαμβακόφυτου εξαρτάται από τη ταχύτητα με την οποία δημιουργεί τα προστατευτικά στρώματα που εμποδίζουν την είσοδο του μύκητα στο φυτό. Και μετά όμως την είσοδο του παθογόνου στα αγγεία, το φυτό αντιδρά στην παραπέρα μόλυνση είτε με την έκκριση τοξικών ουσιών στα αγγεία που δημιουργούν μυκοστατικές ή μυκητοκτόνες συνθήκες, με τη δημιουργία μόνιμων φραγμάτων στα αγγεία για να μην προχωρήσει ο μύκητας και με την ενεργοποίηση του καμβίου για τον σχηματισμό νέων αγγείων στον ξυλώδη ιστό. Πάντως η ανθεκτικότητα που παρουσιάζουν ορισμένες ποικιλίες βαμβακιού στην αδρομύκωση οφείλεται είτε στην ιδιότητα των χυμών τους να εμποδίζουν την βλάστηση των κονιδίων του μύκητα, είτε στην ικανότητά τους να παράγουν σημαντικές ποσότητες φυτοαλεξινών (Τόλης, 1987). Η σημαντικότερη, εξάλλου φυτοαλεξίνη του βαμβακιού θεωρείται η γκοσυπόλλη, γεγονός που εξηγεί ίσως την ανθεκτικότητα του αιγυπτιακού βαμβακιού στην αδρομύκωση, αφού ως γνωστό, το βαμβάκι αυτό παράγει σε μεγάλο βαθμό την ουσία αυτή. Ο Χρηστίδης (1964) αναφέρει, εξάλλου, ότι η ανθεκτικότητα σχετίζεται και με την αναλογία σε ταννίνες που υπάρχουν μέσα στα ξυλώδη κύτταρα του βαμβακιού, και επομένως με πρόχειρο προσδιορισμό της ταννίνης μπορεί εύκολα να καθοριστεί η αντοχή στην ασθένεια.

Είναι πάντως παραδεκτό ότι η δυσκολία στον έλεγχο της αδρομύκωσης του βαμβακιού είναι η γενική απουσία της ανθεκτικότητας της ρίζας και του βλαστού στην προσβολή των αγγείων. Όπως αναφέρθηκε, δεν υπάρχουν απόλυτα ανθεκτικές ποικιλίες, και οι λίγες που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε μέτρια μολυσμένο αγρό, δεν τη διατηρούν σε υψηλότερη παρουσία μολύσματος, ή σε συνθήκες που ευνοούν περισσότερο το παθογόνο παρά τον ξενιστή. Έτσι πάντα υπάρχει ένα όριο στην ανθεκτικότητα κάθε νέας βελτιωμένης ποικιλίας, πράγμα που σημαίνει ότι αν η ανθεκτικότητα των ποικιλιών δεν υποστηριχτεί από την κατάλληλη καλλιεργητική πρακτική, δεν υπάρχει όφελος από την διαρκή βελτιωτική προσπάθεια προς την κατεύθυνση της αντοχής στην αδρομύκωση (Wilhelm, 1985). Ένας άλλος τρόπος να υποστηριχτεί ο μοναδικός αυτός αποτελεσματικός τρόπος της αντιμετώπισης του βερτισσιλίου, είναι ο καθορισμός ενός επιπέδου μολύσματος, ώστε για τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες μιας περιοχής, η χρήση μιας ανθεκτικής ποικιλίας να είναι επιτρεπτή μόνο εφόσον η πυκνότητα του μολύσματος (μσ/gr εδάφους) βρίσκεται κάτω από αυτό το επίπεδο. Διαφορετικά, η αντιμετώπιση συνιστάται να γίνεται με άλλα μέσα, όπως αμειψισπορά.

Από τις ποικιλίες που μελετήθηκαν συστηματικά ως προς τον βαθμό αντοχής στο *Verticillium*, βρέθηκε ότι οι πρώιμες ποικιλίες είναι γενικά πιο ευαίσθητες στην αδρομύκωση. Οι ποικιλίες αυτές υφίστανται σοβαρή ζημιά στην πρώιμη προσβολή ενώ αποφεύγουν, χάρη στην πρώιμότητά τους την όψιμη προσβολή. Γενικά η βελτίωση του βαμβακιού αποβλέπει στην εξεύρεση ποικιλιών ανθεκτικών στις φυλές εκείνες του μύκητα που επικρατούν σε μια περιοχή. Με βάση την αξιολόγηση των ελληνικών ποικιλιών που έγινε από το Ινστ. Βάμβακος την τριετία 1973-75, φάνηκαν ως πιο ανθεκτικές οι όψιμες 71810, 71039, 71042 και 73460-8 καθώς και η πρώιμη 74427-30 (Γαλανοπούλου, 1978) Αναφέρονται επίσης ως ανθεκτικές στις ελληνικές φυλές του βερτισσιλίου οι ποικιλίες Acala S.J.I, Delcot-

288, P-153F . Αντίθετα, οι ποικιλίες 4S και Coker210 I.B. είναι πολύ ευπαθείς στον μύκητα (Παναγόπουλος, 1992).

Η απόδοση των ποικιλιών δεν διαμορφώνεται απόλυτα από τον βαθμό ανθεκτικότητας αλλά επηρεάζεται και από τον γενότυπό τους, έτσι για παράδειγμα η ποικιλία Σίνδος 80, που ενώ δεν διακρίθηκε ιδιαίτερα ως προς τους συντελεστές ασθενείας (ποσοστό και βαθμός προσβολής) που παρουσίασε, ήρθε πρώτη με σημαντική διαφορά έναντι όλων των άλλων ποικιλιών και ισοβάθμισε στην πρώτη θέση με τις ανθεκτικές ποικιλίες, λόγω ίσως της καλύτερης ανταπόκρισης της ποικιλίας στις περιβαλλοντικές και καλλιεργητικές συνθήκες. Συνεπώς η ανθεκτικότητα μιας ποικιλίας είναι ένα ισχυρό μέσο αντιμετώπισης της αδρομύκωσης, όχι όμως ο αποκλειστικός παράγων που διαμορφώνει την συμπεριφορά των ποικιλιών στα χωράφια (Γαλανόπουλος & Γαλανοπούλου, 1985)

β) Αμειψισπορά. Η έρευνα σε όλες τις περιοχές του κόσμου όπου καλλιεργείται βαμβάκι και υπάρχει πρόβλημα αδρομύκωσης, έδειξε ότι η ανθεκτική ποικιλία σε συνδυασμό με την εφαρμογή κατάλληλης αμειψισποράς και βελτιωμένης τεχνικής μπορούν να μειώσουν στο ελάχιστο τις απώλειες από τις προσβολές του μύκητα και να εξασφαλίσουν επομένως ικανοποιητικό εισόδημα. Ανθεκτικά στον μύκητα φυτά κατάλληλα για αμειψισπορά θεωρούνται τα σιτηρά, το καλαμπόκι, το ρύζι, το σόργο, η σόγια, ενώ λαμβάνονται πάντα υπόψη οι συνθήκες της περιοχής και το επιθυμητό οικονομικό όφελος (Γαλανοπούλου, 1978). Επίσης, η ασθένεια περιορίζεται σημαντικά ύστερα από καλλιέργεια τριγονέλλας (*Trigonella foenum-graecum*), που δυσκολεύει την ανάπτυξη του μύκητα, διότι περιέχει αντιβιοτικές ουσίες, οι οποίες ελευθερώνονται στο έδαφος και τελικά παραλαμβάνονται από το βαμβακόφυτο (Χρηστίδης, 1964). Από ένα πρόσφατο πείραμα (Salikbaeva, 1992) μετά από αμειψισπορά με μηδική ή ρύζι/καλαμπόκι η προσβολή από αδρομύκωση ήταν σημαντικά μικρότερη, ενώ η δράση του ενζύμου ιμπερτάσης στο έδαφος επίσης σημαντικά υψηλότερη, γεγονός που θέτει τον προβληματισμό για την επίδραση της αμειψισποράς και στη διατήρηση υψηλής ενζυμικής δράσης στο έδαφος. Τέλος, η αμειψισπορά επιδρά και αλλάζει την δομή και τα συμπλέγματα των μικροοργανισμών του εδάφους, και αυξάνει την ποικιλία τους, λόγω των διαφορετικών αγροτεχνικών απαιτήσεων κάθε καλλιέργειας, με ευνόητο όφελος για τον έλεγχο του μύκητα, όπως έδειξε πείραμα με τριετή αμειψισπορά μηδικής, καλαμποκιού, ρυζιού, βρώμης μετά από βαμβάκι. Η ποικιλότητα των μυκήτων ευνοούνταν από την προσθήκη λιπασμάτων και από όργωμα στα 60 cm (Mukhamedzhanov, 1992). Η αμειψισπορά αποδίδει καλύτερα όταν εφαρμοστεί έγκαιρα πριν αυξηθεί υπερβολικά το μόλυσμα στον αγρό, ενώ το ίδιο θετικό αποτέλεσμα με την αμειψισπορά έχει και η αγρανάπαυση (Ranney, 1973).

γ) Πληθυσμός φυτών. Ο πυκνός πληθυσμός φυτών αποτελεί έναν από τους πιο βασικούς παράγοντες που μπορούν να περιορίσουν σημαντικά το ποσοστό προσβολής. Σε σχετικό πείραμα στην Σίνδο (Γαλανοπούλου, 1978), όπου δοκιμάστηκαν δυο πληθυσμοί φυτών δηλαδή 20 χιλιάδες φυτά στο στρ. σε διδυμες γραμμές και 10 χιλ. φυτά σε μονές γραμμές, που είναι και ο συνηθισμένος τρόπος σποράς, ο πυκνός πληθυσμός είχε το μισό ή και λιγότερο ακόμα ποσοστό προσβολής σε σύγκριση με τον κανονικό πληθυσμό. Ως προς την απόδοση οι διδυμες γραμμές έδωσαν 25% περισσότερο από τις απλές γραμμές, ενώ η ωφελιμότητά τους στους συντελεστές προσβολής, αποδείχτηκε στατιστικά σημαντική ως προς την απόδοση (Γαλανοπούλου & Γαλανόπουλος, 1985). Η αύξηση του πληθυσμού φυτών συντελεί στη μείωση του ποσοστού προσβολής επειδή ο

μύκητας προσβάλλει τον ίδιο αριθμό που αντιπροσωπεύει φυσικά τόσο μικρότερο ποσοστό όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός φυτών.

δ) Η εποχή σποράς φαίνεται επίσης ότι επηρεάζει την αντοχή των φυτών στην ασθένεια. Από σχετικά πειράματα του Ινστιτούτου Βάμβακος βρέθηκε ότι τα πρώιμα φυτά βρίσκονται σε πιο ευαίσθητο στάδιο στην περίπτωση της πρώιμης προσβολής και είναι πιο ανθεκτικά στην όψιμη προσβολή. Εν τούτοις, λόγω άλλων πλεονεκτημάτων που έχει η πρώιμη σπορά, ιδιαίτερα κάτω από συνθήκες περιορισμένης βλαστικής περιόδου, τα φυτά αποδίδουν τελικά περισσότερο ακόμα και με πρώιμη προσβολή που είναι, όπως αναφέρθηκε, πιο καταστρεπτική. Η πρώιμη σπορά μπορεί να υπερκαλύψει τις επιπτώσεις της αδρομύκωσης στην απόδοση του βαμβακιού, και αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι, όταν τα πρώιμα φυτά προσβάλλονται την ίδια εποχή με τα όψιμα, διανύουν μικρότερη περίοδο του βιολογικού τους κύκλου με την ασθένεια, ώστε περιορίζουν ή αποφεύγουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις επιπτώσεις της (Γαλανόπουλος & Γαλανοπούλου, 1985).

ε) Η λίπανση. Η ποσότητα, το είδος και η εποχή εφαρμογής των λιπα σμάτων παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη ή τον περιορισμό της προσβολής. Από τα λιπαντικά στοιχεία, ιδιαίτερη σημασία για την υγιεινή κατάσταση των φυτών έχει το άζωτο και το κάλι. Η επίδραση του αζώτου στην προσβολή από βερτισίλλιο είναι θετική ενώ του καλίου αρνητική. Σε χρονίες με μέτρια ευνοϊκές συνθήκες για την αδρομύκωση, μετρίως αυξημένη αζωτούχος λίπανση δίνει μεγαλύτερες αποδόσεις, παρά το μεγαλύτερο ποσοστό προσβολής σε σχέση με τον μάρτυρα (Ranney, 1973). Η ωφέλιμη δηλαδή επίδραση της λιπάνσεως στην περίπτωση αυτή υπερκάλυψε τη ζημιά από την προσβολή. Όταν όμως η εποχή είναι ευνοϊκή για την ανάπτυξη του μύκητα, αυξημένη αζωτούχος λίπανση αυξάνει την σοβαρότητα της προσβολής (Ranney, 1973). Πολλοί ερευνητές συμφωνούν επίσης ότι η αντοχή του βαμβακιού στην αδρομύκωση μειώνεται συνήθως με υπερβολικές δόσεις αζώτου όταν επικρατήσουν συνθήκες έντονης προσβολής και οψιμότητας.

Η λίπανση με κάλι συχνά περιορίζει την αδρομύκωση. Η επίδραση της καλιούχου λίπανσης είναι πιο εμφανής σε εδάφη φτωχά στο στοιχείο αυτό, δηλαδή σε εδάφη σπάνια στον ελλαδικό χώρο. Το θετικό της αποτέλεσμα εξηγείται εύκολα, αν ληφθεί υπόψη η επίδραση του καλίου στην φυσιολογική κατάσταση του φυτού και στην ικανότητά του να ανταπεξέρχεται στις προσβολές και τις κακουχίες.

Υπάρχουν ακόμα αναφορές ότι η διαφυλλική λίπανση σε πολλά στοιχεία όπως είναι ο χαλκός, το μαγνήσιο, ο σίδηρος, το βόριο, το μολυβδαίνιο μπορεί να περιορίσει τις απώλειες από την αδρομύκωση, όχι όμως όταν η προσβολή είναι πολύ σοβαρή (Ranney, 1973). Συμπεραίνεται έτσι η σημασία που έχει η ισορροπημένη λίπανση στον έλεγχο της προσβολής. Για παράδειγμα, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες πειραματισμού, ο Ranney συνιστά ως ιδεώδη σχέση για την μείωση των απωλειών  $N/P/K=1/0.7/1$ .

ε) Εδαφική υγρασία - Άρδευση. Η υπερβολική εδαφική υγρασία είναι από τους παράγοντες που ευνοούν την αδρομύκωση, όπως και όλοι οι παράγοντες που οψιμίζουν την φύτευα βαμβακιού. Σε περιοχές που η ασθένεια αποτελεί πρόβλημα συνιστάται να αποφεύγεται το υπερβολικό πότισμα κυρίως στα ευαίσθητα στάδια του φυτού και ειδικότερα με κρύο νερό που μειώνει την θερμοκρασία του εδάφους και ευνοεί την ταχεία ανάπτυξη του παθογόνου μέσα στον ξενιστή. Ο Ranney αναφέρει ότι θα πρέπει να αρδεύεται αρκετά ο αγρός μέχρι να αποκτήσει η ρίζα το μεγαλύτερο μήκος της, και μετά να μειωθεί ο αριθμός των ποτισμάτων. Αν χρειάζονται παραπάνω αρδεύσεις κατά την ανθοφορία θα πρέπει να γίνονται παρουσία φωτός. Η σπορά σε αναχώματα, η ισοπέδωση του εδάφους και οποιοδήποτε άλλο μέτρο εξασφαλίζει επαρκή στράγγιση, αερισμό και θέρμανση



του εδάφους διορθώνει την επίδραση της υπερβολικής υγρασίας στο έδαφος. Σχετικά με την σπορά σε αναχώματα, από στοιχεία πειράματος της Σίνδου, αυτή παρουσίασε μικρότερη ζημία, 11.1% έναντι 19.4% της επίπεδης σποράς (Γαλανοπούλου & Γαλανόπουλος, 1985). Η επίδραση της υγρασίας ίσως εξηγεί την προτίμηση του βερτισιλίου στα αργιλώδη εδάφη, που ως γνωστό χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα.

στ) Άλλες καλλιεργητικές εργασίες, που μπορούν να περιορίσουν την προσβολή είναι η κατάλληλη διαχείριση των υπολλειμάτων της καλλιέργειας και η καταστροφή των ζιζανίων, πολλά από τα οποία είναι ξενιστές του παθογόνου. Οι Wilhelm et al. (1985) αναφέρουν ότι η παραμονή των στελεχών του βαμβακιού στην επιφάνεια του αγρού, κατά τις υγρές καιρικές συνθήκες του φθινοπώρου, ως την δεύτερη συγκομιδή, είναι πολύ ευνοϊκή για την αύξηση του μολύσματος δεδομένου ότι ο σχηματισμός των μικροσκληρωτίων συντελείται με υγρό και ψυχρό καιρό. Αντίθετα, η παραμονή, μετά από την εννιαία συγκομιδή και την στελεχοκοπή, των βαμβακοστελεχών για λίγες μέρες στον αγρό προς ξήρανσή τους, περιορίζει σημαντικά την πυκνότητα του μολύσματος στον αγρό. Άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι η παράχωση των στελεχών καθώς και η αναστροφή του εδάφους μειώνουν επίσης την πυκνότητα του μολύσματος. Ο Ranney (1973) αναφέρει ότι η επίπτωση της ασθενείας είναι μεγαλύτερη όταν τα προσβεβλημένα υπολλείματα αφήνονται στον αγρό ως την επόμενη άνοιξη, ή όταν παραχώνονται κάτω από τις νέες σειρές φυτών την άνοιξη. Με πρόωμη ενσωμάτωση των στελεχών, ώστε με την πάροδο του χειμώνα και την συνδυασμένη δράση της μικροχλωρίδας του εδάφους, της θερμοκρασίας και της υγρασίας, να μειώνεται η ποσότητα του μολύσματος στο έδαφος, επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα. Τέλος, μείωση του μολύσματος μπορεί να επιτευχθεί και με κάψιμο των υπολλειμάτων του βαμβακιού (Shipton, 1979).

ζ) Χημική αντιμετώπιση. Παρόλο που δεν βρέθηκε μέχρι σήμερα αποτελεσματικός και οικονομικός τρόπος χημικής αντιμετώπισης του βερτισιλίου, ωστόσο ορισμένες ουσίες έδωσαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα (σε άλλες καλλιέργειες) σε συνδυασμό πάντοτε με ανθεκτικές ποικιλίες και ανάλογη ρύθμιση της καλλιεργητικής πρακτικής. Μεταξύ των σκευασμάτων που έδωσαν καλά αποτελέσματα, είναι τα διασυστηματικά μυκητοκτόνα benomyl και thiabendazole, χωρίς όμως και η χρησιμοποίησή τους να θεωρείται πρακτικά συμφέρουσα. Στην Σίνδο δοκιμάστηκε το διασυστηματικό RH2161 σε ψεκασμούς ανά επταήμερο από την εποχή έναρξης της προσβολής μέχρι την συγκομιδή (συνολικά 8 ψεκασμοί). Το αποτέλεσμα ήταν να περιοριστεί το ποσοστό των προσβληθέντων φυτών σε μικρό βαθμό, αλλά στατιστικά σημαντικό. Ορισμένες ρυθμιστικές της ανάπτυξης των φυτών ουσίες αποτελούν επίσης αντικείμενο έρευνας ως προς την αποτελεσματικότητά τους στον έλεγχο της αδρομύκωσης (Γαλανοπούλου, 1978).

η) Ηλιοαπολύμανση και βιολογική αντιμετώπιση. Τα θετικά αποτελέσματα της ηλιοαπολύμανσης αναφέρονται σε επόμενη ενότητα, ενώ η μορφή της καλλιέργειας του βαμβακιού κάνει το κόστος αυτής της μεθόδου για την αντιμετώπιση της αδρομύκωσης απαγορευτικό. Εξάλλου, διάφοροι μύκητες εδάφους παρασιτούν ή ανταγωνίζονται το βερτισίλιο, και η έρευνα προς την εκμετάλευσή τους συνεχίζεται. Οι μύκητες αυτοί ανήκουν στα γένη *Stachybotrys*, *Gliocladium*, *Chaetomium*, *Myrothecium*, *Talaromyces* κ.α. (Τόλης, 1986). Ο Χρηστίδης (1964) προτείνει την καλλιέργεια των ανταγωνιστικών αυτών μυκήτων σε βαμβακόπιτα και στην συνέχεια διασπορά της στον αγρό ως λίπασμα.



Τέλος, να σημειωθεί και ο συνεργισμός που παρατηρήθηκε στο βαμβάκι μεταξύ του βερτισιλίου και ορισμένων ειδών νηματωδών (*Platylenchus*, *Meloidogyne*), με την σημασία που θα είχε το γεγονός αυτό στην αντιμετώπιση του βερτισιλίου.

#### 2.4. Η σημασία της αδρομύκωσης στην Ελλάδα και τον κόσμο

Η αδρομύκωση βρίσκεται σήμερα σε όλες τις βαμβακοπαραγωγικές περιοχές της Ελλάδας, και σε ορισμένες περιοχές προκαλεί σημαντικές ζημιές. Οι έντονες προσβολές σε ορισμένες περιοχές αποτέλεσαν πριν λίγα χρόνια, μια από τις αιτίες για τον περιορισμό, σε μικρό ή μεγαλύτερο ποσοστό, της καλλιέργειας του βαμβακιού. Περιοχές που παρουσιάζουν μεγαλύτερη προσβολή είναι η Βοιωτία, Φθιώτιδα, Λάρισα, Θεσσαλονίκη, Βέροια. Η ένταση και έκταση της προσβολής διαφέρει κάθε χρόνο, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Παρατηρήσεις που έγιναν σε πολλές φυτείες από κάθε περιοχή, συνολικά 461 φυτείες, έδειξαν για το 1976 ότι ο μέσος όρος των προσβεβλημένων βαμβακόφυτων, με διάφορους βαθμούς έντασης προσβολής, ήταν 20,3%. Κατά περιοχή τα ποσοστά % των προσβεβλημένων φυτών ήταν, Θεσσαλονίκης 8,5, Ημαθίας 37,9, Τρικαλών 3,9, Καρδίτσας 9,6, Λάρισας 4,0, Φαρσάλων 9,3, Φθιώτιδας 35,0, Βοιωτίας 42,5, Θηβών 32,4. Ανάλογη εργασία το 1977 έδωσε μέσο όρο προσβολής για ορισμένες περιοχές 12,5% και για τις περιοχές που πραγματοποιήθηκε η εργασία, τα ακόλουθα ποσοστά, Θεσσαλονίκης 2,7, Ημαθίας 36,9, Καρδίτσας 10,1, Φθιώτιδας 3,6, και Βοιωτίας 9,6. Τα επόμενα χρόνια 1978 και 1979, η ασθένεια παρουσίασε σημαντικές προσβολές σε διάφορες περιοχές της χώρας. Στη Βοιωτία εμφανίστηκε στα μέσα Ιουλίου και προσέβαλε το σύνολο της καλλιέργειας, ενώ στην περιοχή Ημαθίας η όψιμη προσβολή έφτασε το 40% της έκτασης. (Τόλης, 1987)

Ανάλογη είναι η επίπτωση της αδρομύκωσης στην παραγωγή του βαμβακιού σε όλες τις περιοχές του κόσμου όπου καλλιεργείται το βαμβάκι. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις ΗΠΑ το 1973, οι απώλειες από την ασθένεια αυτή είχαν εκτιμηθεί σε ποσοστό 2,87% της συνολικής παραγωγής, ενώ το 1968 οι αντίστοιχες απώλειες ήταν 3,3%. Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη της ασθένειας στις ΗΠΑ βρίσκεται υπό έλεγχο χάρη στην εφαρμογή αποτελεσματικού προγράμματος αντιμετώπισης της ασθένειας. Ειδικότερα στην Καλιφόρνια, παρατηρήθηκε σημαντική κάμψη στις προσβολές, που αποδίδεται στην αντικατάσταση της ποικιλίας Acala 4-42 με ποικιλίες του τύπου Acala S-J που δείχνουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην αδρομύκωση (Γαλανόπουλος & Γαλανοπούλου, 1985).

### 3. Το γένος *Verticillium*

Το γένος *Verticillium* ανήκει στην κλάση των αδηλομυκήτων (Deuteromycetes), στην τάξη Moniliales και στην οικογένεια Moniliaceae.

#### 3.1. Ιστορικά και γενικά στοιχεία

Σε μια εργασία του ο Schnathorst (1973) κάνει μια ιστορική ανασκόπηση του γένους *Verticillium*. Το γένος *Verticillium* καθιερώθηκε το 1816 από τον Nees von Esenbeck. Σ' αυτό υπάρχουν δυο κυρίως παθογόνα είδη και άλλα τρία χωρίς παθογόνο ικανότητα ή με πολύ μικρή. Τα παθογόνα είδη είναι το *V. albo-atrum* Reinke and Berth. που απομονώθηκε το 1879 από φυτό πατάτας και το *V. dahliae* Kleb. που απομονώθηκε το 1913 από φυτό ντάλιας. Τα άλλα είδη είναι τα *V. nigrescens* Pethy., *V. nubilum* Pethy. και *V. tricorpus* Isak. Οι δυο πρώτοι μύκητες θεωρούνται μύκητες εδάφους όπως όλα τα είδη *Verticillium*, αλλά χαρακτηρίζονται από την ικανότητα τους να ζούν χωρίς διακοπή σαν σαπρόφυτα ενώ η περίοδος παρασιτισμού παρεμβάλλεται στην κυρίως σαπροφυτική τους δραστηριότητα (προαιρετικά παράσιτα). Ο μύκητας *V. tricorpus* θεωρείται σαν ένα ενδιάμεσο είδος που έχει μικρότερη παθογόνο ικανότητα από τα κύρια παθογόνα είδη του γένους, μεγαλύτερη όμως από τα δυο μη παθογόνα είδη. Από τα τρία είδη *Verticillium* που ενδιαφέρουν την γεωργική παραγωγή, στην Ελλάδα έχουν απομονωθεί από διάφορες καλλιέργειες οι μύκητες *V. dahliae* και *V. albo-atrum* ενώ ο *V. tricorpus* παρόλο που συναντάται στα ελληνικά εδάφη δεν έχει απομονωθεί από προσβεβλημένο φυτό. Οι μύκητες αυτοί διαφέρουν κυρίως στις ανθεκτικές μορφές που σχηματίζουν για τη διαχείμανση, που είναι μικροσκληρώτια για τον *V. dahliae*, σκούρο μυκήλιο για τον *V. albo-atrum* ενώ και οι δυο μορφές μαζί με την μορφή των χλαμυδοσπορίων δίνει ο *V. tricorpus*. Μερικοί ερευνητές μάλιστα υπέθεσαν τον τελευταίο αυτό μύκητα ως εξέλιξη των δυο προηγούμενων (Schnathorst, 1973).

Μορφολογικά τα τρία είδη μυκήτων παρουσιάζουν διαφορές, όχι πάντα σαφείς και εμφανείς, γεγονός που προκάλεσε τον περασμένο αιώνα και στις αρχές του τρέχοντος κάποια σύγχυση σχετικά με την υπόσταση της διαφοράς μεταξύ των ειδών *V. dahliae* και *V. albo-atrum*. Η σύγχυση αυτή οφείλονταν ίσως στον χαρακτηρισμό, κατά την πρώτη περιγραφή του μύκητα, της ανθεκτικής μορφής που αφήνει διαχειμαζόμενος ο μύκητας *V. albo-atrum*, ως "σκληρώτια" (Schnathorst, 1973). Από τότε πολλοί ερευνητές θεωρούσαν ότι οι δυο μορφές (μικροσκληρωτιακή και σκούρου διαχειμάζοντος μυκηλίου) αποτελούν το ίδιο είδος, με αποτέλεσμα να διατηρείται ένα ταξινομικό πρόβλημα μέχρι που ο Klebahn σε αναφορά του το 1913 υποστήριξε την ύπαρξη των δυο διαφορετικών ειδών με βάση μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές. Οι δυο μύκητες, όπως και όλα τα είδη του γένους *Verticillium* διαφέρουν ως προς τις απαιτήσεις τους σε θερμοκρασία, στην γεωγραφική τους κατανομή, σε άλλες φυσιολογικές τους ιδιότητες και στην μορφολογία.

Μετά την καθιέρωση του γένους *Verticillium* από τον von Esenbeck ο Wallroth επαληθεύει την ύπαρξη του γένους στα 1833. Το 1879 οι Reinke και Berthold

ονομάζουν τον μύκητα που απομονώνουν από την πατάτα ως *V. albo-atrum*. Παράλληλα, ανακοινώνεται από τον Barron ο μύκητας *V. lateritium* ως ο τύπος είδος του γένους, ενώ ο ίδιος μύκητας αναφερόμενος και ως, *Asrosta lagmus cinnabarinus* και *V. cinnabarinum* θεωρήθηκε η κονιδιακή μορφή του *Nectria inventa*. Όμως μια από τις πιο γνωστές ταξινομικές αντιπαραθέσεις γύρω από τα παθογόνα των φυτών ξεκίνησε όταν ο Klebahn ονοματίζει στα 1913 τον μύκητα που απομονώνει από φυτό ντάλιας ως *V. dahliae*, διαφοροποιώντας τον από τον *V. albo-atrum*. Ο Klebahn θεώρησε ότι η κυριότερη διαφορά ανάμεσα στους δυο μύκητες ήταν η άφθονη παραγωγή μικροσκληρωτίων του πρώτου, και η απουσία τους από τις καλλιέργειες του δεύτερου. Ο Rudolph, πάντως, σημειώνει ότι απομονώσεις του μύκητα που παράγουν μικροσκληρώτια χάνουν την ικανότητά τους αυτή όταν καλλιεργούνται καθ' εξακολουθήση σε τεχνητά υποστρώματα, ενώ ο Bewley αναφέρει ότι η μείωση της παθογόνου ικανότητας του *V. dahliae* οφείλεται σε απώλεια της ικανότητας του προς παραγωγή μικροσκληρωτίων. Ακολούθησαν και άλλες διατυπώσεις της αντίθεσης γύρω από την ταξινόμηση των δυο μυκήτων, όπως αυτής του Thoe Kingma ότι οι δυο μορφές του μύκητα προέρχονται από μονοσπορικές καλλιέργειες της ίδιας μικροσκληρωτιακής μορφής. Το 1949 ο Isaac πραγματοποιεί μια συγκριτική μελέτη μεταξύ μεγάλου αριθμού απομονώσεων του γένους *Verticillium* από πολλούς ξενιστές, με βάση μορφολογικά, φυσιολογικά και παθογονικά κριτήρια. Τελικά προτείνει τη χρήση του ονόματος *V. dahliae* για τη μικροσκληρωτιακή μορφή και *V. albo-atrum* για την μορφή του διαχειμάζοντος σκούρου μυκηλίου. Πολλές άλλες εργασίες, όπως αυτές γύρω από την δυνατότητα των δυο μορφών να σχηματίσουν ετεροκαρυωτικό μυκήλιο, γύρω από την μορφολογία τους και γύρω από την δυνατότητα αναστόμωσης βιοχημικά μεταλλαγμένων στελεχών έχουν ως στόχο την επιβεβαίωση της πρότασης του Klebahn στα 1913. Η τελευταία αυτή μέθοδος δεν οδήγησε στην εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων, ενώ στάθηκαν ικανοποιητικά τα μορφολογικά και φυσιολογικά κριτήρια.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχαν διαφορές στα εύρη θερμοκρασιών στις οποίες αναπτύσσονταν οι μύκητες καθώς και στα εύρη θερμοκρασιών στις οποίες αυτοί διέθεταν παθογόνο δύναμη. Σε παρακάτω ενότητα παρουσιάζονται σχετικά δεδομένα. Πειράματα βασισμένα στην ικανότητα αναστόμωσης, έδειξαν μια συγγένεια ανάμεσα στους δυο μύκητες, αλλά το γεγονός ότι αδυνατούν να διακρίνουν ανάμεσα στα συγκρινόμενα είδη, κάνει τα δεδομένα τους όχι χρήσιμα στο σημείο αυτό. Το ίδιο ισχύει και για τις μεθόδους που βασίζονται στην οροδιαγνωστική. Οι ορολογικές ομοιότητες μεταξύ των μυκήτων *V. dahliae* και *V. albo-atrum* συνηγορούν για τις παρόμοιες παθογονικές ιδιότητες όχι όμως και για την ταξινομική τους θέση. Αυτό ήταν το συμπέρασμα όταν η ορολογική συγγένεια μελετήθηκε ως προς τη συμμεταβολή με την παθογόνο ικανότητα στο βαμβάκι. Φάνηκε τότε ότι υπήρχε ορολογική συγγένεια μεταξύ των *V. dahliae* και *Fusarium oxysporum f.sp. vasinfectum* που συμμεταβάλλονταν εξάλλου με την παθογόνο δύναμή τους στο βαμβάκι. Πολλά άλλα παθογόνα του βαμβακιού, όπως το βακτήριο *Xanthomonas campestris pv. malvacearum* (E. F.Sm.) συγγενεύουν ορολογικά μεταξύ τους, έχοντας παρόλ'αυτά μεγάλη απόσταση στην ταξινομική τους θέση (Schnathorst, 1973).

## 3.2. Ξενιστές

Από τα είδη του γένους *Verticillium*, οι μύκητες *V.dahliae* και *V. albo-atrum* έχουν ευρύ κύκλο ξενιστών, και μάλιστα κοινούς ξενιστές. Είναι δυνατόν, όμως, στελέχη που προσβάλλουν συγκεκριμένους ξενιστές να μην προσβάλλουν κάποιους άλλους παρά το ότι οι τελευταίοι ανήκουν στον κύκλο ξενιστών του είδους. Ο Isaac μελέτησε το θέμα των ξενιστών κάθε είδους του γένους *Verticillium* και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μύκητες *V.dahliae* και *V.albo-atrum* προσβάλλουν, μεταξύ των ξενιστών που μελετήθηκαν, από κοινού την μελιτζάνα, τομάτα, πατάτα, αγγουριά, φράουλα, λυκίσκο, χρυσάνθεμο, λούπινα, καπνό, σκυλάκι, το λαγόχορτο και το τριφύλλι. Στην πατάτα, τομάτα, μελιτζάνα, λυκίσκο και το τριφύλλι, το *V. albo-atrum* προκαλεί ταχύτερα συμπτώματα, ενώ παρατηρήθηκε ότι τα στελέχη αυτού του μύκητα που απομονώθηκαν από την αγγουριά και την τοματιά δεν προκαλούσαν αδρομύκωση στο λαγόχορτο. Παρενθετικά, μπορεί εδώ να αναφερθεί ότι σε παρόμοιο πείραμα που έγινε στην Αμερική, παρατηρήθηκε ότι στελέχη του *V. albo-atrum* που απομονώθηκαν από πατάτα και στελέχη *V. dahliae* από μέντα δεν προκαλούσαν προσβολή στην ευαίσθητη ποικιλία βαμβακιού που χρησιμοποιήθηκε. Από τα φυτά που αναφέρθηκαν πιο πάνω, πάντως, το είδος *V.nigrescens* δεν προσβάλλει το λαγόχορτο, την φράουλα και την αγγουριά, ενώ στα υπόλοιπα η παθογόνος του δύναμη είναι μικρότερη σε σχέση με τα προηγούμενα δυο είδη. Το είδος *V. nubilum* είναι παθογόνο μόνο στην τομάτα και την πατάτα, ενώ το είδος *V. tricorpus* μόνο στην τομάτα. Το συμπέρασμα ήταν ότι τα γένη *V. nubilum* και *V. tricorpus* είναι ασθενή παθογόνα, προσβάλλουν έναν περιορισμένο αριθμό ξενιστών, και τα εξωτερικά συμπτώματα της προσβολής εμφανίζονται μετά από μια παρατεταμένη χρονική περίοδο (επώασης).

Από έρευνα που έγινε στις Ην. Πολιτείες για την σύγκριση της παθογένειας των ειδών *Verticillium* spp. στο βαμβάκι (συγκεκριμένα στην ευαίσθητη ποικιλία "Deltapine 15") φάνηκε ότι τα σοβαρότερα συμπτώματα, ως και τον θάνατο του φυτού προκαλεί το *V. dahliae* (στέλεχος SS4). Το *V. albo-atrum* προκαλεί παρόμοια συμπτώματα και εσωτερικό μεταχρωματισμό. Το είδος *V. nubilum* προκαλούσε ελαφρό καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων, δυό μήνες μετά τη μόλυνση. Οι μύκητες *V. nigrescens* και *V.tricorpus*, τελικά, δεν επέφεραν συμπτώματα στο φύλλωμα ή τα αγγεία του φυτού. Συνεπώς, μόνο τα δυο πρώτα είδη θεωρούνται ως παθογόνα του βαμβακιού. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα της εργασίας. Το ύψος της παθογένειας κυμάνθηκε από - (απουσία συμπτωμάτων σε φύλλα και αγγεία) ως ++++ (σοβαρή προσβολή, θάνατος του φυτού). Στην δεύτερη στήλη αναφέρεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση κονιδίων που μετρήθηκε στο φυτό με μεθόδους οροδιαγνωστικής.

Εκτός, όμως από τους παραπάνω ξενιστές, με τους οποίους πειραματίστηκε ο Isaac, τα δυο κυριότερα είδη του γένους *Verticillium*, και ιδιαίτερα το *V. dahliae* που ενδιαφέρει στον ελλαδικό χώρο, προσβάλλει πληθώρα άλλων ξενιστών, που συνολικά ξεπερνούν τους 300 (καλλιεργούμενα και αυτοφυή). Από τα καλλιεργούμενα προσβάλλονται η αραχίδα, κανάβι, ηλιάνθος, μηδική, σουσάμι, η βίγνα (φασόλι), τα πυρηνόκαρπα (κυρίως η αμυγδαλιά, βερυκοκιά, κερασιά, δαμασκηλιά και ροδακινιά), ο καφές, η ελιά, η φυστικιά, το αμπέλι, το αβοκάντο, το κακάο, το λάχανο, η πιπεριά, το καρπούζι, το πεπόνι, η μπάμια και κυρίως το βαμβάκι. Το πλήθος των κοινών ξενιστών συνηγορεί, πάντως, για την συγγένεια

που έχουν οι δυο μύκητες. Τα παραπάνω στοιχεία προήλθαν από εργασίες των Schnathorst (1973) και Τόλη (1986).

Πίνακας 1. Σύγκριση παθογένειας 5 ειδών *Verticillium* στην ποικιλία "Deltapine 15" βαμβακιού, με τον ανάλογο όγκο του ορού που χρησιμοποιήθηκε εναντίον αντιγόνων - κονιδίων του στελέχους SS4 του *V. dahliae* (από Schnathorst, 1973)

Είδη	Ύψος παθογένειας	Πυκνότητα ορού
<i>V. dahliae</i> .....	++++	1,600-3,200
<i>V. albo-atrum</i> .....	++++	1,600-3,200
<i>V. nubilum</i> .....	+	100-800
<i>V. tricorpus</i> .....	-	10
<i>V. nigrescens</i> .....	-	0

### 3.3. Συμπτώματα προσβολής

Τα δυο αυτά σπουδαιότερα είδη του γένους *Verticillium*, το *V. dahliae* και *V. albo-atrum*, προκαλούν όπως ήδη αναφέρθηκε τις ασθένειες που καλούνται αδρομυκώσεις. Τα συμπτώματα που χαρακτηρίζουν τις αδρομυκώσεις είναι η καχεκτική ανάπτυξη των φυτών, η χλώρωση και τελικά ξήρανση του φυλλώματος, εξαιτίας της αδυναμίας του φυτού να διατραφεί με την παρουσία του μύκητα στα αγγεία του ξύλου. Τα συμπτώματα, όπως αυτά εμφανίζονται στα ετήσια φυτά αντιπροσωπεύονται από την περίπτωση του βαμβακιού, και έχουν περιγραφεί σε προηγούμενη ενότητα. Παρακάτω θα περιγραφούν τα συμπτώματα που παρατηρούνται στα καρποφόρα δέντρα.

Στα πυρηνόκαρπα τα πρώτα συμπτώματα της προσβολής είναι μαρασμός μερικών κλάδων ή βραχιόνων και χλώρωση των φύλλων, που εμφανίζονται συνήθως στις αρχές του καλοκαιριού και ακολουθούνται από καστανόχρωση, καρούλιασμα και φυλλόπτωση και τελικά την αποξήρανση των προσβεβλημένων κλάδων. Είναι χαρακτηριστικό των αδρομυκώσεων ότι τα συμπτώματα (μαρασμός, χλώρωση) παρουσιάζονται μονόπλευρα, δηλαδή στην μια πλευρά μόνο των προσβεβλημένων οργάνων (φύλλων, κλάδων) ενώ στην άλλη δεν παρατηρούνται συμπτώματα, φαινόμενο που ονομάζεται ημιπληγία. Η χλώρωση εμφανίζεται πρώτα στα κατώτερα φύλλα των προσβεβλημένων κλάδων και αργότερα στα ανώτερα φύλλα των κλάδων.

Στα αγγεία του ενεργού ξύλου (σομφό ξύλο) των προσβεβλημένων κλάδων ή βραχιόνων παρατηρείται έντονος καστανός ή καστανέρυθρος μεταχρωματισμός. Ο μεταχρωματισμός σε επιμήκη τομή εμφανίζεται με την μορφή ραβδώσεων, και σε εγκάρσια τομή με μορφή τόξου ή κηλίδων. Σε έντονες προσβολές μπορούν να ξηραθούν ολόκληρα δέντρα, ιδιαίτερα τα νεαρά. Κατά κανόνα, τα νεαρά δέντρα είναι πιο ευαίσθητα στην ασθένεια από ότι τα ηλικιωμένα, με εξαίρεση ίσως την κερασιά. Έχει παρατηρηθεί ότι τα ασθενή δέντρα των περισσότερων πυρηνοκάρπων μεγαλύτερης ηλικίας, εκτός της κερασιάς, επιβιώνουν και καμιά φορά αναρρώνουν.

Στην ελιά, η ασθένεια προσβάλλει δέντρα κάθε ηλικίας και παρατηρείται σποραδικά σε μεμονωμένα δέντρα ή γενικεύεται σε μεγάλο αριθμό δέντρων. Μεγάλη προσβολή μπορεί να παρουσιαστεί όταν ο ελαιώνας εγκαθίσταται σε προηγούμενους αγρούς βαμβακιού. Η ασθένεια εκδηλώνεται με δυο μορφές. Η πρώτη με το σύνδρομο του απότομου μαρασμού ή αποπληξίας (συνήθως στα φυτώρια και σε μικρής ηλικίας δέντρα), και εκδηλώνεται μάλλον στο σύνολο του δέντρου ενώ τα ξηρά φύλλα παραμένουν προσκολλημένα στα κλαδιά τους. Η δεύτερη μορφή είναι με το σύνδρομο του βραδέως μαρασμού, που εκδηλώνεται ημιπληγικά σε μερικούς κλάδους του δέντρου. Οι προσβεβλημένοι κλάδοι και τα φύλλα ξηραίνονται και τα τελευταία πέφτουν. Στην ελιά ο μεταχρωματισμός των αγγείων συνήθως είναι ανύπαρκτος, γεγονός που δυσκολεύει την διάγνωση της προσβολής. Για την ασφαλή διάγνωση είναι απαραίτητη η απομόνωση του παθογόνου μύκητα, διότι παρόμοια συμπτώματα μπορεί να οφείλονται σε διάφορες άλλες παθολογικές καταστάσεις. Στην ελιά παρόμοια συμπτώματα προκαλούν οι τροφοπενίες καλίου και βορίου, διάφορες προσβολές των κλάδων από έντομα, ο μύκητας *Phoma incompta*, σπιρριζίες, ζημιές από παγετό κ.α.

Τα συμπτώματα της ασθένειας στην φυσικιά είναι παρόμοια με εκείνη των πυρηνοκάρπων, τα φύλλα όμως των προσβεβλημένων κλάδων ξηραίνονται χωρίς να πέσουν. Επίσης συχνά δεν παρατηρείται μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου. Τέλος, στο αμπέλι η ασθένεια εμφανίζεται κατά την διάρκεια του καλοκαιριού με απότομο μαρασμό και στη συνέχεια αποξήρανση του φυλλώματος μερικών ή όλων των κληματίδων του πρέμνου. Εσωτερικά παρατηρείται έντονος καστανός μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου.

Τα παραπάνω στοιχεία προέρχονται από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα της Ειδικής Φυτοπαθολογίας του Παναγόπουλου (1992).

### 3.4. Περιγραφή

Το γένος *Verticillium* ως μέλος της τάξης των Moniliales καρποφορεί σε απλές κονιδιοφόρους, ενώ η τέλεια του μορφή δεν έχει ακόμα αναφερθεί. Το *V. dahliae*, που στην Ελλάδα θεωρείται ως αποκλειστικά υπεύθυνο για την προσβολή των πολυετών καλλιεργειών και πιθανώς να είναι και το κυριότερο παθογόνο των ετησίων καλλιεργειών, σχηματίζει πολυκύτταρο μυκήλιο, αρχικά υαλώδες και αργότερα καστανό, με διάμετρο 2–4.5 μm. Σχηματίζει ελεύθερες, ανορθωμένες, υαλώδεις, πολυκύτταρες κονιδιοφόρους που έχουν χαρακτηριστική διακλάδωση κατά σπονδύλους. Στα σερτά του κονιδιοφόρου σχηματίζονται 3–4 πλάγια, κοντά, μονοκύτταρα σπηρίγματα (διαστάσεων 16–35 x 1–2.5 μm) που στην πραγματικότητα είναι φιαλίδια, στις κορυφές των οποίων σχηματίζονται τα κονίδια (φιαλιδιοσπόρια). Τα κονίδια είναι μονοκύτταρα, υαλώδη, ωσειδή μέχρι ελλειψοειδή, διαστάσεων 2.5–8 x 1.4–3.2 μm. Στην κορυφή κάθε σπηρίγματος (φιαλιδίου) παράγονται διαδοχικά πολλά κονίδια, τα οποία όμως συγκρατούνται μεταξύ τους με μια κολλώδη ουσία και έτσι σχηματίζονται μικρές κεφαλές κονιδίων. Η ελευθέρωση των κονιδίων γίνεται με το νερό (Παναγόπουλος, 1992). Ο μύκητας *V. albo-atrum* διαφέρει εκτός από την ανθεκτική μορφή διαχειμάνσης που σχηματίζει, και στην μορφή των κονιδιοφόρων του. Οι κονιδιοφόροι του είναι πιο αναπτυγμένοι και η βάση τους έχει σκούρα ως μαύρη απόχρωση. Τα κονίδια είναι μεγαλύτερα και έχουν σκούρο χρώμα. Αντίθετα, ο *V. dahliae* σχηματίζει

λιγότερες, μικρότερες και όπως αναφέρθηκε υαλώδεις κονιδιοφόρους και κονίδια (Τόλης, 1986).

Το σημαντικότερο όμως γνώρισμα του *V. dahliae* είναι η ικανότητά του να σχηματίζει μικροσκληρώτια ως ανθεκτικά στις αντίξοες συνθήκες σωματικά όργανα, από εξογκώσεις και αναδιπλώσεις του μυκήλιου. Τα μικροσκληρώτια του έχουν ποικίλο σχήμα και μέγεθος (συνήθως κυλινδρικά μικρού ως μέτριου μεγέθους) διαμέτρου 15-100μm. Κατά τον Schnathorst, κάθε κύτταρο του μικροσκληρωτίου έχει την ικανότητα να βλαστάνει ανεξάρτητα, συνεπώς τεμαχισμός του προκαλεί αύξηση του μετρούμενου μολύσματος. Τα μικροσκληρώτια αποτελούνται από μια περιφερειακή περιοχή αποδιοργανωμένων (degranulate) κυττάρων ή κυττάρων με μέτρια περιεκτικότητα σε κυτόπλασμα, και μια εσωτερική περιοχή με πυκνό κυτόπλασμα. Μελανίνη καλύπτει όλα τα κύτταρα, αλλά κυρίως τα εσωτερικά (Fahima, 1991). Από ένα αρχικό μικροσκληρώτιο αναπτύσσονται σε κατάλληλα υποστρώματα άλλα μικροσκληρώτια, ακτινοειδώς, δίνοντας μια πολύ χαρακτηριστική για το *V. dahliae* μορφή. Τα μικροσκληρώτια του *V. tricornis* δίνουν μεγαλύτερα και γωνιώδη μικροσκληρώτια, ενώ η ανεπτυγμένη μορφή τους δεν παρουσιάζει μια τάξη στον χώρο. Η διαχειμάζουσα μορφή του *V. albo-atrum* είναι το σκούρο μυκήλιο, τα κύτταρα του οποίου φαίνονται πιο μικρά και με πεπαχυσμένα τοιχώματα. Το σκούρο χρώμα των δομών αυτών που σχηματίζουν οι μύκητες αυτοί οφείλεται στην παρουσία της μελανίνης, που θεωρείται υπεύθυνη και για την ανθεκτικότητά τους στις αντίξοες συνθήκες.

### 3.5. Επιδημιολογία

Ο πιθανός βιολογικός κύκλος του *V. dahliae* ακολουθεί την παρακάτω σειρά. Τα μικροσκληρώτια του μύκητα που βρίσκονται στο έδαφος, ερεθίζονται από τις εκκρίσεις του ριζικού συστήματος του ξενιστή ιδιαίτερα στην περίοδο άνθησης αυτού, και βλαστάνουν παράγοντας μεγάλα απλοειδή κονίδια. Τα κονίδια βλαστάνουν γρήγορα και μπαίνουν μέσα στο φυτό από τις κορυφές των ριζών. Οι απλοειδείς υφές προχωρούν στο αγγειακό σύστημα. Εκεί, το παθογόνο πολλαπλασιάζεται και τα κονίδια που παράγονται, μεταφέρονται και διασπείρονται με τους χυμούς σε όλα τα μέρη του φυτού. Στη συνέχεια από τα απλοειδή μυκήλια νεκρώνονται οι ιστοί του ξενιστή και ιδιαίτερα οι ιστοί των φύλλων. Οι νεκροί ιστοί υφίστανται δευτερογενή προσβολή από απλοειδή μυκήλια και παράγονται περισσότερα κονίδια. Οι υφές μεταπίπτουν από απλοειδείς σε διπλοειδείς και τα κονίδια διογκώνονται. Μέσα στους νεκρούς ιστούς του ξενιστή δημιουργούνται μικροσκληρώτια. Τελικά, τα μικροσκληρώτια απελευθερώνονται από τα φυτικά υπολλείματα που έχουν αποσυντεθεί. Πολύ λίγα μικροσκληρώτια βλαστάνουν, ενώ τα υπόλοιπα βλαστάνουν όταν ερεθιστούν από τα ριζικά εκκρίματα (Τόλης, 1986).

Το παθογόνο διατηρείται στο έδαφος και επιβιώνει για πάρα πολλά χρόνια (ως 20) ακόμη και χωρίς την παρουσία ευπαθών ξενιστών. Επιβιώνει κυρίως με τα μικροσκληρώτια αλλά και σαν μυκήλιο και κονίδια στα προσβεβλημένα υπολλείματα της καλλιέργειας (κυρίως των ετησίων φυτών). Ένας άλλος τρόπος διαίωσης του παθογόνου και αύξησης του μολύσματος του στο έδαφος είναι τα ζιζάνια ξενιστές του (*Calendula arvensis*, *Geranium dissectum*, *Malva sylvestris*,

*Xanthium strumarium*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, κα.). Μερικά από αυτά όταν μολυνθούν εμφανίζουν συμπτώματα, ενώ άλλα παρόλο που έχουν υποστεί προσβολή δεν εκδηλώνουν συμπτώματα αλλά συντελούν και αυτά με την ενσωμάτωσή τους στο έδαφος στον εμπλουτισμό του με μολύσματα (Παναγόπουλος, 1992).

Η τοπική διασπορά των μολυσμάτων γίνεται με το νερό, τα υπολλείματα της καλλιέργειας, τα ζιζάνια και με το έδαφος που μεταφέρεται με τα εργαλεία και τα μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους. Σε μεγάλες απόστάσεις το παθογόνο μεταφέρεται κυρίως με το μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό. Η ανάπτυξη και η ένταση της ασθένειας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η επιβίωση του μολύσματος, η πυκνότητα του μολύσματος, η φυλή του παθογόνου, η ποικιλία του φυτού, το έδαφος, η θερμοκρασία εδάφους και αέρα, τα ζιζάνια, οι βροχοπτώσεις και αρδεύσεις, η συγκαλλιέργεια και οι καλλιεργητικές επεμβάσεις. Η ασθένεια είναι πολύ σοβαρή σε δενδροκομεία που εφαρμόζεται συγκαλλιέργεια με ετήσια φυτά ευπαθή στην βερτισσιλίωση, ή έχουν προηγηθεί αυτά πριν την εγκατάσταση του δενδροκομείου.

Πολλές φορές παρατηρείται αυτόματη θεραπεία των προσβεβλημένων δέντρων. Το φαινόμενο αυτό πιθανότατα οφείλεται στο θάνατο του παθογόνου λόγω επίδρασης εσωτερικών ή εξωτερικών παραγόντων ή στον εγκλωβισμό του μύκητα στο παλαιό ξύλο, όταν σχηματίζονται οι νέες αγγειώδεις δεσμίδες στο φυτό. Τα ίδια δέντρα μπορεί να εμφανίσουν αργότερα εκ νέου συμπτώματα. Οι περιπτώσεις αυτοθεραπείας των πυρηνοκάρπων και η ανθεκτικότητα που παρατηρείται σ'αυτά όταν είναι πάνω των 6 ετών πιθανώς να οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε ταννίνη. Τα παραπάνω στοιχεία προέρχονται στην πλειοψηφία τους από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα του Παναγόπουλου (1992).

### 3.6. Επίδραση του περιβάλλοντος στο παθογόνο και την ασθένεια

Ο Brinkerhoff (1973) έκανε μια ανασκόπηση της μέχρι τότε διαθέσιμης βιβλιογραφίας, με σκοπό την παρουσίαση της επίδρασης του περιβάλλοντος στον μύκητα *Verticillium* sp. . Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά, στοιχεία από την εργασία αυτή, εμπλουτισμένα με μερικά νεώτερα στοιχεία.

#### α) Θερμοκρασία

Άριστη θερμοκρασία για ανάπτυξη. Σχετικά με την επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των δυο μυκήτων, δεν υπάρχει διαφορά όσον αφορά την άριστη θερμοκρασία που διαμορφώνεται στους 22.5°C. Σύμφωνα με τον Brinkerhoff (1973), το *V. albo-atrum* αναπτύσσεται καλύτερα μεταξύ 22° και 24° C, ενώ το *V.dahliae*, μεταξύ 18° και 26°C, ανάλογα με τον ξενιστή και την γεωγραφική περιοχή στην οποία απομονώθηκε. Γενικά, η αύξηση των αγρίων στελεχών του πρώτου είδους πέφτει απότομα πάνω από τους 23-24°C, ενώ για το δεύτερο είδος πάνω από τους 28-29°C.

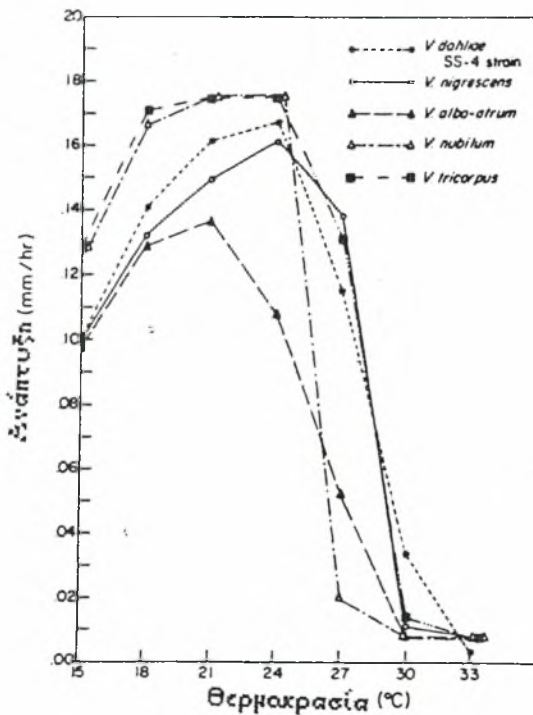
Στο *V. albo-atrum* μειώνεται με μεγαλύτερο ρυθμό η ανάπτυξη του με την αύξηση της θερμοκρασίας. Δεν αναπτύσσεται καλά στους 30°C (αποικίες μικρές με μορφή ζύμης) και σταματά την ανάπτυξη του στους 32.5°C. Αντίθετα, το *V. dahliae* εξακολουθεί να παρουσιάζει μια μικρή ανάπτυξη στην θερμοκρασία αυτή. Κανείς από τους δυο αυτούς μύκητες δεν αναπτύσσεται στους 35°C, ενώ η



ελάχιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη τους είναι 4.5°C. Τα παραπάνω στοιχεία, μαζί με με αντίστοιχα τριών ακόμα ειδών του γένους *Verticillium* παρουσιάζονται στο διάγραμμα 1.

Εύρος θερμοκρασίας για την παραγωγή και βλάστηση κονιδίων και μικροσκληρωτίων. Από τους Bell και Presley αναφέρεται ότι το *V. dahliae* παράγει τον μεγαλύτερο αριθμό κονιδίων σε PDA, από 20–25°C. Η βλάστηση εξάλλου των κονιδίων διαφέρει ανάλογα του στελέχους. Το στέλεχος SS4 δεν βλαστάνει στους 33°C, ενώ το T9 βλαστάνει. Η παραγωγή των μικροσκληρωτίων του *V. dahliae* ήταν ταχεία και άφθονη στους 18–28°C, και μειωμένη από 5–15°C, και πάνω από τους 30°C. Στις χαμηλότερες θερμοκρασίες τα μικροσκληρώτια έτειναν να είναι στρογγυλά, και στις υψηλότερες επιμήκη ή σε απλές αλυσίδες σφαιρικών, πεπαχυσμένων κυττάρων. Μικροσκληρώτια δεν παρήγοντο στους 32°C, ούτε στους 5°C.

Όρια θερμοκρασιών για την επιβίωση του μύκητα. Κατά τους Nelson & Wilhelm οι υφές και τα κονίδια θανατώνονται μετά από 5 λεπτά σε νερό 47°C, οι νεαρές υφές στους 53°C για 4 λεπτά και τα μικροσκληρώτια στους 55°C κατά τον Miller και Stoddard. Ορισμένα φυτά, και μάλιστα όταν βρίσκονται σε κατάσταση ληθάργου αντέχουν σε παρόμοιες θερμοκρασίες αλλά θεωρείται αμφίβολης αξίας η μεταχείριση των προσβεβλημένων φυτών κατ'αυτό τον τρόπο. Τα μικροσκληρώτια επιβιώνουν σε ξηρή ατμόσφαιρα στους 49–50°C για 6 μήνες, ενώ τα κονίδια λιγότερες από 3 μέρες. Έρευνες έδειξαν ότι ο μύκητας σκοτώνεται στα προσβεβλημένα στελέχη και τους κλάδους των ξυλωδών φυτών με τις υψηλές θερμοκρασίες που χαρακτηρίζουν τα τροπικά και υποτροπικά κλίματα. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε στην ροδακινιά, το αβοκάντο, την ελιά, και το βαμβάκι (Brinkerhoff, 1973)



Διάγραμμα 1. Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη πέντε ειδών *Verticillium* (από Schnathorst, 1973)

Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη της ασθένειας. Αυτό, όμως, που ενδιαφέρει για την γεωργική παραγωγή, δεν είναι το εύρος της θερμοκρασίας ανάπτυξης των μυκήτων, αλλά το εύρος μέσα στο οποίο οι μύκητες αυτοί προκαλούν ζημιές στην γεωργική παραγωγή. Οι διαφορές που παρουσιάζουν τα

δυο είδη βερτισιλλίου ως προς την ιδιότητά τους αυτή, είναι υπεύθυνες για την γεωγραφική κατανομή των μυκήτων αυτών και για το γεγονός ότι ο *V. albo-atrum* δεν προκαλεί ζημιές στην παραγωγή στις ελληνικές συνθήκες. Επίσης εξηγεί και την μεγάλη ποικιλία ξενιστών του μύκητα αυτού. Η θερμοκρασία επιδρά στην ανάπτυξη της ασθένειας κατά διάφορους τρόπους. Ο Ludbrook αναφέρει ότι το *V. dahliae* προκαλεί αδρομύκωση στην μελιτζάνα με θερμοκρασίες εδάφους 12–30°C, αλλά όχι στους 32°C όταν η θερμοκρασία αέρα είναι 19–23°C, ούτε στους 28°C όταν η θερμοκρασία αέρα ήταν 28–31°C. Συνεπώς, εκτιμώντας την επίδραση της θερμοκρασίας αέρος και εδάφους, οπωσδήποτε και οι δυο παράγοντες είναι σημαντικοί, αλλά η θερμοκρασία εδάφους είναι πιο καθοριστική, ενώ δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Οι παραπάνω πληροφορίες προέρχονται από τον Brinkerhoff (1973).

Μια εφαρμογή της γνώσης γύρω από το εύρος των θερμοκρασιών που ευνοεί την ανάπτυξη της ασθένειας βρίσκεται στον τρόπο αντιμετώπισης της ασθένειας κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Ο *V. albo-atrum* αναπτύσσεται καλύτερα σε μέσες θερμοκρασίες 20–24°C και είναι πιο διαδεδομένος σε ψυχρές χώρες με υγρό κλίμα, όπως εκείνες της Βορείου Ευρώπης. Αντίθετα, το *V. dahliae* ευνοείται από μέσες θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 21–27°C (25–28°C για ορισμένες φυλές) και φαίνεται ότι γι' αυτό τον λόγο επικρατεί και είναι σοβαρό παθογόνο σε θερμότερες περιοχές όπως είναι η Νότιος Ευρώπη και η Μεσόγειος. Σε πειράματα θερμοκηπίου με θερμοκρασίες εδάφους και αέρος που υπερβαίνουν τους 28–30°C η ανάπτυξη της ασθένειας που οφείλεται στον *V. dahliae* μειώνεται αισθητά, όταν όμως το παθογόνο είναι ο *V. albo-atrum* η ασθένεια καταπολεμάται με ανύψωση της θερμοκρασίας πάνω από 25°C. Για το *V. dahliae* η κριτική μέση θερμοκρασία καλοκαιριού για την ανάπτυξη της ασθένειας στο βαμβάκι είναι γύρω στους 27°C. Η επίπτωση της αδρομύκωσης έφτασε ως 100% σε πείραμα των Young et al. σε μια εποχή δροσερή και βροχερή, με μέσες εβδομαδιαίες θερμοκρασίες 1–2°C γύρω από τους 27°C. Αντίθετα δε ξεπέρασε το 3% σε μια εποχή ζεστή και ξηρή με θερμοκρασίες αέρα 2–4°C κάτω από τους 27°C.

Η θερμοκρασία φαίνεται να έχει επίδραση στην εκδήλωση διαφορετικού επιπέδου ανθεκτικότητας του ξενιστή στην αδρομύκωση. Οι Berry & Thomas διακρίνουν έξι επίπεδα ανθεκτικότητας διάφορων ειδών και υβριδίων μέντας μεταβάλλοντας την θερμοκρασία αέρα και εδάφους. Ανάλογη εργασία στο βαμβάκι έδειξε ότι ανθεκτικά φυτά που μολύνθηκαν και επώαστηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες εμφανίζονται ευαίσθητα. Οι Bell & Presley παρατήρησαν ότι ευαίσθητες και ανθεκτικές ποικιλίες είναι ευαίσθητες στην αδρομύκωση σε μέσες θερμοκρασίες θερμοκηπίου 22°C, ενώ ανθεκτικές σε θερμοκρασίες 32°C. Ανεκτικές ποικιλίες παρουσιάζονταν ευαίσθητες στους 25°C, ανεκτικές στους 27°C, και ανθεκτικές στους 29°C. Η μέγιστη σύνθεση των φυτοαλεξινών λαμβάνει χώρα στους 27.5–35.0°C και ο ρυθμός της μειώνεται γρήγορα κάτω από τους 27.5°C. Ο λόγος του ρυθμού παραγωγής φυτοαλεξινών προς τον ρυθμό παραγωγής κονιδίων αυξάνει σημαντικά από 20–30°C. Ο Brinkerhoff μετά από την παράθεση των παραπάνω στοιχείων, αναφέρει ότι υψηλές θερμοκρασίες ημέρας και χαμηλές νύχτας δεν ευνοούν την εκδήλωση των συμπτωμάτων και υποβοηθούν την εκδήλωση της γενετικής ανθεκτικότητας των φυτών. Η εκδήλωση αυτή στην συνέχεια περιορίζει το παθογόνο και την ασθένεια όταν τα φυτά επιβληθούν παλι σε ευνοϊκές θερμοκρασίες. Αυτό συμφωνεί και με την παρατήρηση του Bell ότι ο ρυθμός σύνθεσης φυτοαλεξινών σχετίζεται ευθέως με την γενετική ανθεκτικότητα του φυτού 1–4 μέρες μετά από την μόλυνση και σε

συνθήκες ευνοϊκές για την ανάπτυξη της ασθένειας, αλλά μετά από 14 μέρες ο ίδιος ρυθμός σχετίζεται αντίθετα με την ανθεκτικότητα του ξενιστή. Εργασία των Garber et al πληροφορεί ότι οι διαφορές ανάμεσα σε ανεκτικές και ευαίσθητες ποικιλίες Acala ήταν ευδιάκριτες κατά ένα δροσερό καλοκαίρι, όχι όμως σε ένα ζεστό καλοκαίρι.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η θερμοκρασία δεν είναι μόνο κριτικός παράγων για την επιδημιολογία του *Verticillium* αλλά και ρυθμιστής της εκδήλωσης της ανθεκτικότητας του ξενιστή. Η συνδυασμένη δράση της θερμοκρασίας στους δυο οργανισμούς, που χαρακτηρίζονται ανάλογα με το γενετικό τους φορτίο από διαφορετικές απαιτήσεις σε θερμοκρασία, καθορίζει την επιτυχία ή αποτυχία του παρασιτισμού κάτω από τις εκάστοτε υφιστάμενες συνθήκες.

Οι απαιτήσεις του *Verticillium* σε θερμοκρασία καθορίζουν και τη γεωγραφική του κατανομή. Η αδρομύκωση του βαμβακιού είναι πιο συχνά εμφανιζόμενη όπου δροσερά καλοκαίρια και βροχές, ενώ η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της ασθένειας, ώστε αυτή να μη γίνεται επιδημική σε θερμές περιοχές.

### β) Υγρασία

Επίδραση στην επιβίωση του μύκητα στο έδαφος. Ο Nadakanukaren αναφέρει ότι οι ποσότητες των μικροσκληρωτίων μειώνονται αισθητά σε κατακλυσμένο έδαφος και θερμοκρασίες από 5–40°C. Σε μη κατεκλυσμένα εδάφη όμως η θερμοκρασία γίνεται πιο κριτική από την υγρασία. Διατηρούμενης της υγρασίας στα 50–75% η βιωσιμότητα του μύκητα φτάνει τους έξη μήνες σε θερμοκρασία 30°C, σε 3–35 μέρες σε θ=40°C. Κατά τον Menzies τα μικροσκληρώτια δεν επιβιώνουν πάνω από 6 εβδομάδες σε κατεκλυσμένο έδαφος, λόγω των αναεροβίων συνθηκών που δημιουργούνται, καθώς και σε έδαφος με υγρασία 15% και κορεσμό από αέριο αμμωνία για 3 εβδομάδες (Brinkerhoff, 1973).

Επίδραση στην εξέλιξη της αδρομύκωσης. Άλλοι ερευνητές θεωρούν ότι η ασθένεια ευνοείται από ξηρασία, και άλλοι ότι είναι πιο σοβαρή σε υγρά εδάφη. Αυξανόμενη όμως της συχνότητας άρδευσης αυξάνεται το ποσοστό προσβολής, και η θερμοκρασία εδάφους είναι σημαντικά χαμηλότερη στα συχνά αρδευόμενα εδάφη. Βέβαια, συχνές αρδεύσεις προκαλούν καλύτερη ανάπτυξη του φυτού ώστε τελικά οι αποδόσεις να είναι υψηλότερες. Πειράματα στην μελιτζάνα, έδειξαν ότι η ασθένεια παρουσιάζεται σοβαρή με RH 45–95% ενώ πάνω από 95%, όπως πάνω από 85% στο βαμβάκι, η ασθένεια υποχωρεί. Η ξηρασία έχει αναφερθεί ότι ευνοεί την αδρομύκωση της φράουλας και λαμβάνει μορφή επιδημίας στην μέντα. Εργασίες των Young et al. έδειξαν ότι σε καλλιεργητικές περιόδους υψηλής βροχόπτωσης και χαμηλών θερμοκρασιών ευνοείται επιδημία από την αδρομύκωση του βαμβακιού. Επίσης, έχει αναφερθεί πάνω από 15.000 ζωντανά μολύσματα (κονίδια, μικροσκληρώτια) ανά λίτρο νερού μεταφέρονται σε απόσταση ενός μιλίου με το νερό της άρδευσης από μολυσμένους αγρούς πατάτας, γεγονός που φανερώνει τον ρόλο της άρδευσης στην μετάδοση της ασθένειας (Easton et al.).

Γενικά, η σχέση της υγρασίας με την ασθένεια είναι περίπλοκη και επηρεάζεται από άλλους παράγοντες, όπως οι απαιτήσεις σε νερό του ξενιστή η κινήσεις του αέρα, η ένταση του φωτός, ο αερισμός της ρίζας και άλλοι περιβαλλοντικοί καθώς και αβιοτικοί παράγοντες.

### γ) Άνεμος

Ζωντανά μολύσματα με την μορφή λανθάνοντος μυκηλίου και χλαμυδοσπορίων υπάρχουν στα ξηρά φύλλα του προσβεβλημένου βαμβακιού. Τα φύλλα αυτά όταν διαβραχούν διευκολύνουν την παραγωγή άφθονων μικροσκληρωτίων. Έτσι, φύλλα που αποσπώνται με τον άνεμο ίσως παίζουν σημαντικό ρόλο στην διάδοση της ασθένειας τουλάχιστον τοπικά. Επίσης, υπάρχει πιθανότητα να μεταφέρονται τα μικροσκληρώτια με την σκόνη εδάφους, αυτό τουλάχιστον έδειξε εργασία του Easton ο οποίος παγίδευσε πάνω από 100 ζωντανά μολύσματα στο γραμμάριο της σκόνης ως το ύψος των 6.1 m πάνω από προσβεβλημένο αγρό (Brinkerhoff, 1973).

### δ) Φώς

Το πράσινο φώς παρεμποδίζει την αύξηση του μυκηλίου, το κυανούν τον σχηματισμό των μικροσκληρωτίων αλλά προωθεί την παραγωγή κονιδίων, όπως και το λευκό φως. Το ερυθρό φώς όπως και το σκοτάδι ευνοούν την παραγωγή μικροσκληρωτίων. Η ασθένεια αποκτά σοβαρότητα κατ'άλλους σε χαμηλό φωτισμό των φυτών και κατ'άλλους ερευνητές με την εναλλαγή 12 ωρών φθορίζοντος και άμεσου φωτισμού με 12 ώρες σκοταδιού (Brinkerhoff, 1973).

### ε) Εδαφικοί και βιοτικοί παράγοντες

- Δομή εδάφους. Έχει αναφερθεί ότι η ασθένεια γίνεται σοβαρή σε πηλώδη, αμμοπηλώδη, αργιλώδη εδάφη, καθώς και εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Γενικά, στο βαμβάκι η ασθένεια προκαλεί μεγαλύτερη ζημιά σε αργιλώδη εδάφη, αλλά έχουν αναφερθεί και σοβαρές επιπτώσεις σε αμμώδη εδάφη σε βαμβάκι, τομάτα και ζερμπερα. Η δομή εδάφους επιδρά επίσης σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία, την υγρασία και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες.

- pH. Παλαιότερα πιστεύονταν ότι η αδρομύκωση περιοριζονταν στα αλκαλικά εδάφη, νεώτερες όμως εργασίες έδωσαν ότι η ασθένεια γίνεται σοβαρή στο βαμβάκι που αναπτύσσεται σε αργιλώδη εδάφη ουδέτερα προς όξινα. Ο Williams κ.α. βρήκαν ότι τόσο το *V. dahliae*, όπως και το *V. albo-atrum*, αναπτύσσονται καλύτερα μεταξύ pH 4-8 σε καλλιέργεια. Πάντως, ο Isaac αναφέρει ότι απομονώσεις *V. dahliae* δημιουργούν χαμηλό pH (5.3-8.6) σε καλλιέργεια, ενώ απομονώσεις του *V. albo-atrum* pH 8.0-8.6. Άλλοι ερευνητές δεν διαπίστωσαν διαφορά μεταξύ των δυο ειδών σε υπόστρωμα με ρυθμιστικές ιδιότητες (Brinkerhoff, 1973). Το pH επιδρά ακόμα στην δράση των παρασίτων του παθογόνου μύκητα, διότι σε όξινο περιβάλλον διευκολύνεται η λύση των κυττάρων των μικροσκληρωτίων από αυτά.

- Προσθήκη λιπασμάτων. Η προσθήκη στο έδαφος οργανικών υπολειμάτων φαίνεται ότι εμποδίζει την ανάπτυξη του βερτισιλίου στο έδαφος. Αυτό φαίνεται από εργασίες του Wilhelm (1985), ο οποίος μετά από προσθήκη ζωικών υπολειμάτων και βαμβακόπιτας στο έδαφος παρατήρησε μειωμένη προσβολή ή έλλειψη της. Παρόμοια αποτελέσματα υπάρχουν για την χλωρά λίπανση με μηδική, η οποία μειώνει την επίπτωση της αδρομύκωσης σε επίπεδο πολύ πιο χαμηλό από αυτό που επιτυγχάνεται με την χρήση των ανόργανων λιπασμάτων αζώτου. Αναφέρεται ότι οι πληθυσμοί των μικροσκληρωτίων μειώνονται ή εξαλείφονται από εδάφη στα οποία έχουν ενσωματωθεί υπολείμματα μηδικής. Το φαινόμενο αυτό πιθανώς να οφείλεται στην αύξηση της μικροβιακής χλωρίδας

του εδάφους, που εντείνει τον ανταγωνισμό και τον παρασιτισμό σε βάρος του βερτισιλίου.

Άλλοι ερευνητές τονίζουν ότι η μορφή του αζώτου που προϋπάρχει, κατά την διάρκεια της αποσύνθεσης των οργανικών λιπασμάτων επιδρά πολύ στον έλεγχο των ασθενειών εδάφους και ότι μερικές ασθένειες μειώνονται με την αζωτούχο μορφή και άλλες από την νιτρική μορφή. Ο Ranney βρήκε ότι για βαμβάκι που αναπτύσσεται σε αμμώδες έδαφος, ένας συνδυασμός αμμωνιακού και νιτρικού αζώτου μειώνει περισσότερο την αδρομύκωση σε σχέση με την παρουσία μόνο της μιας μορφής στο έδαφος. Πάντως και οι δυο μορφές είναι παρούσες κατά την αποδόμηση της νιτρικής αμμωνίας. Τα στοιχεία αυτά εκθέτει ο Brinkerhoff(1973).

Τέλος, αναφέρθηκε (Vicheron,1991) ότι η εφαρμογή του γλαυκονίτη (ως λίπασμα που περιέχει πολλά μικροστοιχεία) μειώνει τις επιπτώσεις της αδρομύκωσης, και παράλληλα αυξάνει τις αποδόσεις.

Απολύμανση εδάφους. Αναφέρεται από τον Roberts ότι όταν το έδαφος μολύνεται από *Verticillium* αμέσως μετά την παστερίωση με ατμό του εδάφους, η ασθένεια εντείνεται, όταν όμως η επιμόλυνση γίνεται μετά από 17 μέρες δεν παρατηρείται η εύνοια αυτή στο απολυμασμένο έδαφος. Η διαφορά αυτή στην επίπτωση οφείλεται στην δράση των ανταγωνιστικών μυκήτων, αλλά ίσως και σε αλλαγές στην θρεπτική κατάσταση του εδάφους, όπως σε αύξηση της νιτρικής αμμωνίας. Η παραμονή των προσβεβλημένων στελεχών του φυτού στον αγρό μπορεί να αυξάνει την προσβολή και γειτονικών φυτών, επειδή ο μύκητας αναπτύσσεται προς το εξωτερικό των ριζών και βλαστών και μετά τον θάνατο του ξενιστή σποροποιεί. Παρόλ'αυτά, όμως, η ανάπτυξη αυτή του μύκητα παρεμποδίζεται σε μη αποστειρωμένο έδαφος(Brinkerhoff, 1973). Ο Wilhelm(1985) βρήκε ότι ο μύκητας δεν αναπτύσσεται σε απόσταση 1cm μετά από 6 εβδομάδες, σε μη αποστειρωμένο έδαφος ώστε να εποικίσει άλλα τεμάχια βλαστού τομάτας, ενώ σε αποστειρωμένο έδαφος ο εποικισμός αυτός είναι ταχύς. Τελικά συμπέρανε ότι το *Verticillium* χαρακτηρίζεται από μια μακριά παρασιτική φάση στο φυτό ξενιστή και μια ασθενή σαπροφυτική φάση μετά τον θάνατό του.

Αντίθετα αποτελέσματα φαίνεται να παρουσιάζει η ηλιοαπολύμανση, η οποία έδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα για τον έλεγχο της ασθένειας στην ελιά (Skoudridakis,1989, Τζάμος,1991),και την πιπεριά (GilOrtega, 1990), που φαίνεται ότι διατηρεί και μερικές φορές ευνοεί την διατήρηση της ωφέλιμης μικροχλωρίδας του εδάφους.

• Ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί και αντιβιοτικά. Ο Staffeldt έδειξε ότι ο μύκητας εξαλείφεται από τεμάχια βλαστού του βαμβακιού σε σωρό κομπόστας μέσα σε 14 μέρες. Η μέγιστη θερμοκρασία κατά την διαδικασία αυτή ήταν 61,7-68,3°C. Από τους μύκητες που ενδημούν στο έδαφος, αυτού που φαίνεται ότι σταματούν ή ελέγχουν την ανάπτυξη του *Verticillium* είναι οι *Gliocladium*, *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Podospora*, *Blastomyces*, *Streptomyces* και *Myrothecium* spp., ενώ οι *Trichoderma*, *Fusarium* και *Mucor* spp. ανταγωνίζονται τον μύκητα χωρίς σημαντική δράση πάνω του. Ορισμένα πειράματα έδειξαν ότι είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος του μύκητα όταν μερικοί από τους παραπάνω μύκητες ενσωματώνονται σε απολυμασμένο έδαφος μαζί με το παθογόνο. 70% μείωση της αδρομύκωσης του βαμβακιού έχει αναφερθεί από πειράματα στη Ρωσία, με ενσωμάτωση καλλιέργειας ακτινομύκητα σε βαμβακόπιτα. Ο μύκητας *Streptomyces* spp. αναφέρθηκε από τον Lockwood ότι προκαλεί λύση του μυκηλίου του *Verticillium*. Η αμειψισπορά με καλλιέργειες μη ξενιστές, αυξάνει την παρουσία των ανταγωνιστικών μυκήτων στο έδαφος. Επίσης η προσθήκη

οργανικών λιπασμάτων έχει παρόμοια δράση, όπως φαίνεται από πείραμα που έγινε στην Ρωσία (Vostrov, 1990), όπου μια τέτοια προσθήκη προώθησε την ανάπτυξη των ανταγωνιστικών μυκήτων *Aspergillus niveus*, *Penicillium funiculosum* και *Trichoderma viride*, βοηθώντας τον έλεγχο της αδρομύκωσης στην ευαίσθητη ποικιλία βαμβακιού Ash-25.

Ειδικά αντιβιοτικά που έχουν ληφθεί από τον *Bacillus subtilis* Cohn έχουν δράση εναντίον του βερτισιλλίου, όπως επίσης και τα αντιβιοτικά rimocidin και chloromycetin (Brinkerhoff, 1973).

Η ύπαρξη τέτοιας ποικιλίας ανταγωνιστικών μυκήτων δεν συνοδεύεται πάντα και από τη δυνατότητα χρήσης τους στην πράξη για τον έλεγχο της αδρομύκωσης. Πολλοί οργανισμοί που παρασιτούν ή ανταγωνίζονται το βερτισίλλιο *in vitro*, δεν μπορούν να εκδηλώσουν την ικανότητά τους αυτή σε συνθήκες αγρού κάτω από την συνδυασμένη δράση πολλών παραγόντων που χαρακτηρίζει τα φυσικά περιβάλλοντα. Κάτι τέτοιο δεν φαίνεται να ισχύει για την περίπτωση του μύκητα *Talaromyces flavus*, που αποκτά πρακτικό ενδιαφέρον λόγω των επαρκών πληθυσμών που αναπτύσσει στα εδάφη που ηλιοαπολυμαίνονται.

• Ουσίες και μεταχειρήσεις που επιδρούν στον μύκητα από εδάφους. Έχει αναφερθεί (Gilbert et al.) ότι πτητικά συστατικά από την μηδική (αλδεΐδες και αλκοόλες) εξαλείφουν τα μικροσκληρώτια από το έδαφος. Αρκετές άλλες ουσίες που εκκρίνονται από το ριζικό σύστημα ορισμένων φυτών έχουν παρόμοια δράση. Οι ουσίες αυτές, που χαρακτηρίζονται από μυκητοστατική δράση, μπορεί να είναι διάφορα αμινοοξέα (όπως γλουταμινικό οξύ και αλανίνη) ή διάφορα σάκχαρα (ζαχαρόζη, γλυκόζη, γαλακτόζη) ή άλλες αζωτούχες ενώσεις (Brinkerhoff, 1973). Μια πρόσφατη εργασία (Castrejon Sanguino, 1991) παρουσιάζει επίσης ότι μόλυνση των βαμβακοφύτων (Deltapine 80) 56 μέρες μετά την σπορά με κονίδια ή κύτταρα στελεχών του *V. dahliae* SS4 και T9, τα φυτά αποκτούσαν ανθεκτικότητα στην ασθένεια και αύξηση της απόδοσής τους. Επίσης, ορισμένες βιταμίνες (βιοτίνη, θειαμίνη, παντοθεικό οξύ) σε μεγάλες συγκεντρώσεις αυξάνει την αντοχή του βαμβακιού στην προσβολή από την αδρομύκωση (Trunenkov, 1991).

Από τις μεταχειρήσεις, φαίνεται ότι η διαβροχή του εδάφους επιδρά θετικά στην βλάστηση των κονιδίων και μικροσκληρωτίων.

• Επίδραση της ριζόσφαιρας. Οι πληθυσμοί του μύκητα αυξάνονται κοντά στη ριζόσφαιρα των φυτών, και η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη στα ευαίσθητα φυτά παρά στα ανθεκτικά. Από ρίζες φυτών βαμβακιού που απέφυγαν την προσβολή από την αδρομύκωση, απομονώθηκαν 180 στελέχη βακτηρίων και 35 τύποι *Agrobacterium*. Ένα στέλεχος *Agrobacterium* αναφέρθηκε ότι μειώνει την προσβολή του μύκητα όταν προστίθεται στο έδαφος ή χρησιμοποιείται για την επικάλυψη του σπόρου, ενώ άλλα βακτήρια που ανταγωνίζονται το *V. dahliae* σε εργαστηριακές συνθήκες, δεν δρουν σε συνθήκες αγρού.

• Συνεργισμός μεταξύ παθογόνων του φυτού και του *V. dahliae*. Σε πολλά φυτά έχει αναφερθεί ότι η παρουσία του νηματώδη *Platylenchus penetrans* αυξάνει την επίπτωση της αδρομύκωσης. Μάλιστα σε μερικές περιπτώσεις το άριστο εύρος θερμοκρασιών για τον μύκητα αυξάνει όπου οι δυο μύκητες συνυπάρχουν. Άλλοι νηματώδεις που έχουν συνεργιστική αλληλεπίδραση με τον μύκητα είναι οι *P. minyus*, *P. brachyurus*, *Meloidogyne incognita*, *Tylenchorhynchus capitatus* ανάλογα με τον ξενιστή. Στην πατάτα συνεργισμός παρατηρείται με τον νηματώδη *Heterodera rostochiensis*. Εκτός από την αύξηση

- Στις περιπτώσεις εκδήλωσης συμπτωμάτων (στα δέντρα) να γίνεται αφαίρεση των προσβεβλημένων οργάνων σε απόσταση 20–30 cm από το σημείο μαρμασμού και καταστροφή με φωτιά. Στα ίδια δέντρα, ιδίως στα ελαιόδεντρα, μπορεί να εφαρμοστεί συμπληρωματικά απολύμανση με ηλιακή θερμότητα για την αποφυγή αναμολύνσεως των ριζών.

- Εκρίζωση των αποξηραμένων δέντρων μαζί με το ριζικό σύστημα και απολύμανση του εδάφους (Παναγόπουλος, 1992).

Για την χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, τρόπος ελέγχου με μεγάλη σημασία για τις μεγάλες καλλιέργειες όπως είναι το βαμβάκι, έγινε αναφορά σε προηγούμενη ενότητα. Επίσης, η εφαρμογή των διαφόρων καλλιεργητικών πρακτικών όπως αυτή περιγράφηκε για την καλλιέργεια του βαμβακιού, αφορά το σύνολο των ετησίων φυτών που προσβάλλονται από την αδρομύκωση με κατάλληλη προσαρμογή στα δεδομένα της εκάστοτε καλλιέργειας. Παρακάτω θα αναφερθούν μερικά στοιχεία για την ηλιοαπολύμανση και άλλες μεθόδους που αποσχολούν την έρευνα στην εποχή μας, καθώς και στην δυνατότητα ελέγχου του βερτισιλλίου με χημικά μέσα.

#### Οι νέες τάσεις στην έρευνα για τον έλεγχο της αδρομύκωσης.

Η ηλιοαπολύμανση είναι μια καλλιεργητική πρακτική που συνίσταται από την κάλυψη του εδάφους μετά από όργωμα και διαβροχή του από διαφανές φύλλο πολυαιθυλενίου σε μεμονωμένα δέντρα, για κάποιο χρονικό διάστημα κατά τους θερμούς μήνες του έτους (από Ιούλιο ως Σεπτέμβριο). Η μέθοδος αυτή φαίνεται να μειώνει σημαντικά τα μολύσματα του *Verticillium* στο έδαφος, ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη ωφέλιμων μικροοργανισμών. Το κόστος όμως της μεθόδου αυτής κάνει απογορευτική την εφαρμογή της σε μεγάλες καλλιέργειες, ενώ έχει δώσει καλά αποτελέσματα για την καλλιέργεια της ελιάς. Εκτός από την απουσία μυκητοκτόνων, ο έλεγχος της ασθένειας – που προκαλεί σοβαρές ζημιές σε μερικές περιοχές στην Ελλάδα – δεν επιτυγχάνεται ούτε με την χρήση ανθεκτικών υποκειμένων, τουλάχιστον σε μερικές χώρες. Η ηλιοαπολύμανση έδωσε όμως ενθαρρυντικά αποτελέσματα, διότι χωρίς να καταστρέφεται το ριζικό σύστημα του φυτού, γίνεται ο έλεγχος του μύκητα, ενώ είναι δυνατή και η θεραπεία των προσβεβλημένων δέντρων. Άλλο ένα ενδιαφέρον σημείο είναι ότι η ηλιοαπολύμανση επιτρέπει την επιβίωση ορισμένων ωφέλιμων μυκήτων, ακόμα και την αύξηση του πληθυσμού τους στο έδαφος, όπως ισχύει για τους μύκητες *Talaromyces flavus* και *Aspergillus terreus*, κατά την ηλιοαπολύμανση εδαφών ελαιώνων (Tjamos et al, 1991). Το ίδιο θετικό αποτέλεσμα πάλι για την ελιά παρουσίασε και ο Skudridakis et al. (1989), από πειράματα σε ελιές στην Κρήτη. Παρόμοια αποτελέσματα, επίσης, όπως για την ελιά, έδωσε μια ανάλογη εργασία γύρω από την ροδακινιά και αμυγδαλιά (Stapleton et al, 1993). Έγινε σύγκριση της τεχνικής ηλιοαπολύμανσης όπως περιγράφηκε παραπάνω, με μια παραλλαγή κατά την οποία χρησιμοποιείται μαύρο πολυαιθυλένιο. Το αποτέλεσμα στάθηκε υπέρ της δεύτερης μεθόδου, που επέτρεπε στα νεαρά δενδρύλια να επιβιώσουν και τα ίδια, και γενικότερα έδωσε καλύτερα αποτελέσματα. Η ηλιοαπολύμανση προκαλεί αλλαγές στις βιολογικές, χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους που επιδρούν στην εξέλιξη της ασθένειας και τελικά ευνοούν τον έλεγχό της (θερμική αδρανοποίηση, αντίδραση στις υψηλές θερμοκρασίες, πρωτεΐνες θερμικού σοκ κτ), ενώ υπάρχει και η έμμεση επίδραση λόγω αλλαγών στην μικροχλωρίδα του εδάφους, αποδυνάμωση των μολυσμάτων του μύκητα, και γενικά υπεροχή των εδαφών (De Vay & Katan, 1991).

Μια άλλη νεωτεριστική μέθοδος για τον έλεγχο της αδρομύκωσης, με χρήση της ηλιακής ενέργειας, είναι η χρήση του ηλιακού δώματος. Ο Al-Ahmad (1993) αναφέρει ότι αν παράλληλα με την κάλυψη του εδάφους με πλαστικό, τα ελαιόδεντρα καλυφθούν με ένα δώμα από μεταλλικό πλαίσιο και πλαστικό κάλυμα για 10-20 μέρες, ο μύκητας δεν δύναται να απομονωθεί πλέον από τα δέντρα, ενώ η ανάπτυξη αυτών είναι καλύτερη σε σχέση με τον μάρτυρα. Σε αντίθεση δηλαδή με την περίπτωση της ηλιοαπολύμανσης, εδώ έχουμε την θετική επίδραση της ξηρής θερμοκρασίας.

Πολλά άλλα σημεία σχετικά με το περιβάλλον του μύκητα, που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα μπορούν να βρουν εφαρμογή για τον έλεγχο της αδρομύκωσης. Έτσι για παράδειγμα, η αμειψισπορά με ρύζι μπορεί να ελέγξει την ασθένεια ικανοποιητικά, δεδομένης της αδυναμίας του μύκητα να επιβιώσει κάτω από τις αναερόβιες συνθήκες που προκαλεί η κατάκλυση του εδάφους στην καλλιέργεια του ρυζιού.

Τελευταία η έρευνα στρέφεται σε μεθόδους αντιμετώπισης του προβλήματος, που σχετίζονται με βιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος του παθογόνου καθώς και στην υποστήριξη της αντοχής του ξενιστή. Υπάρχουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την βιολογική καταπολέμηση της ασθένειας με τη χρησιμοποίηση διαφόρων ανταγωνιστικών μυκήτων. Ο Davis et al. (1992) αναφέρει ότι ευνοείται η παραγωγή φυτοαλεξινών από τα φυτά όταν αυτά εμβολιάζονται με την ουσία oxalate, ταυτόχρονα με ένα εκχύλισμα από το μύκητα *V. dahliae*. Μια άλλη εργασία παρουσιάζει την αύξηση της αντοχής του βαμβακιού στο *V. albo-atrum*, όταν προηγουμένως ο σπόρος εμβαπτιστεί σε επιλεγμένα ζιζανιοκτόνα (prometryn, linuron, dalapon). Η μυκηλιακή ανάπτυξη περιορίζεται και η παραγωγή της φυτοαλεξίνης γκοσυπόλης αυξάνεται σημαντικά.

Μεγάλο ενδιαφέρον εκδηλώνουν, εξάλλου, οι επιστήμονες για τη δυνατότητα του βιολογικού ελέγχου του *Verticillium*. Ένα πλήθος ανταγωνιστικών μυκήτων και άλλων μικροοργανισμών έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, ενώ αναφέρθηκε και ο λόγος για τον οποίο η χρήση τους δεν βρίσκει εφαρμογή στην πράξη. Πολλές, όμως, έρευνες κάνουν τελευταία λόγο για τον μύκητα *Talaromyces flavus* (η τέλεια μορφή του *Penicillium dangeardii*, συνώνυμο *P. vermiculatum*) που έχει δείξει και πρακτικά ότι μπορεί να ελέγξει το *Verticillium* στη μελιτζάνα, όπως αναφέρει ο Fahima (1991). Ο μύκητας αυτός επιδρά στην βιωσιμότητα των μικροσκληρωτίων στο έδαφος, ενώ τρεις πιθανοί μηχανισμοί προτείνονται για την εξήγηση του φαινομένου, η αντιβίωση, ο μυκοπαρασιτισμός, και ο ανταγωνισμός. Ο έλεγχος που προκαλεί ο μύκητας στα παθογόνα *Rhizoctonia solani* και *Sclerotinia sclerotiorum*, έχει αποδωθεί σε μυκοπαρασιτισμό. Για την περίπτωση του ελέγχου του *Verticillium*, δεν υπάρχουν ξεκάθαρα συμπεράσματα, αφού άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι πρόκειται για αντιβίωση και άλλοι ότι είναι σχέση παρασιτισμού χωρίς να αποκλείεται να είναι αληθείς και οι δυο αυτές απόψεις. Ο Fravel (1987) αναφέρει ότι ο *T. flavus* παράγει ένα μεταβολίτη που προκαλεί τη μείωση της ανάπτυξης και τη νέκρωση του *V. dahliae* (μικροσκληρώτια) in vitro, σε διάφορους τύπους εδαφών (αποστειρωμένων όμως) που σημαίνει ότι τα διάφορα εδαφικά χαρακτηριστικά δεν αδραντοποιούν το μύκητα. Ο μεταβολίτης αυτός που ονομάστηκε "τάλαρον", αποδείχτηκε τελικά ότι είναι ένα ένζυμο, η οξειδάση της γλυκόζης (Kim et al., 1990) παρόλο που η ικανότητα ελέγχου του βερτισιλίου με την ουσία αυτή αμφισβητείται από μερικούς ερευνητές. Οι Fahima et al. (1991) αμφισβητούν επίσης αυτή την εκδοχή, παρατηρώντας ότι πρώτα πραγματοποιείται ο παρασιτισμός



και μετά η θανάτωση των μικροσκληρωτίων, αλλά δεν αποκλείεται ότι υπεύθυνα για την νέκρωση μπορεί να είναι διάφορες αντιβιοτικές ουσίες του παρασίτου. Τα πειράματά τους πραγματοποιήθηκαν σε χώμα *in vitro*. Η βλαστικότητα των μικροσκληρωτίων μειώνονταν κατά περίπου 60% στα εδάφη στα οποία είχε γίνει προσθήκη του παρασίτου καλλιεργημένου σε ίνες σιτηρών. Μικροσκοπικές παρατηρήσεις έδειξαν παρασιτισμό όλων των μικροσκληρωτίων από το παράσιτο. Οποσδήποτε, όμως, υπάρχουν προοπτικές και για την σύνθεση μιας αντιβιοτικής μυκητοκτόνου ουσίας, ή και ενός βιολογικού σκευάσματος για τον μελλοντικό έλεγχο του βερτισιλίου, εφόσον η έρευνα περάσει στο εξής από τους χώρους των εργαστηρίων, στις συνθήκες αγρού.

#### Χημική καταπολέμηση.

Πολλές και διαφορετικής δράσης χημικές ουσίες αναφέρονται ως ικανές για τον έλεγχο του *Verticillium*, όμως η αποτελεσματικότητά τους δεν είναι καθολική και πολλές φορές το κόστος των επεμβάσεων δεν δικαιολογεί την εφαρμογή τους, ούτε και υπερκαλύπτεται από το τελικό όφελος.

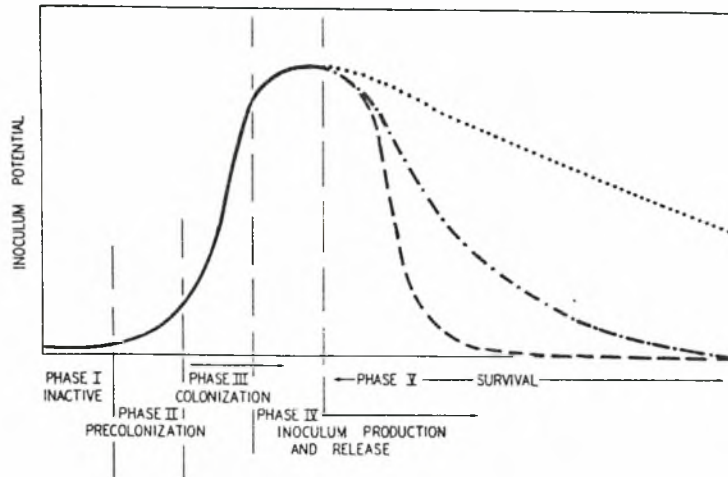
Η απολύμανση εδάφους μπορεί να ελέγξει το παθογόνο για διάφορες καλλιέργειες, όπως η μελιτζάνα, η τομάτα και η πατάτα. Πιο αποτελεσματικά φάνηκαν ότι είναι η χλωροπικρίνη και το βρωμιούχο μεθύλιο, ενώ υπάρχει πιθανότητα να προκαλείται μια ανάσχεση της ανάπτυξης των φυτών, μετά την εφαρμογή των πολύ τοξικών αυτών ουσιών (Minton, 1973). Ο έλεγχος της αδρομύκωσης στις μεγάλες καλλιέργειες με τον τρόπο αυτό έχει ένα κόστος που δεν καλύπτει τις ενδεχόμενες αυξήσεις στην απόδοση.

Διάφορα διασυστηματικά μυκητοκτόνα, που μπορούν να ενσωματωθούν στο έδαφος πριν τη σπορά είναι το thiazobendazole και benomyl το οποίο έδωσε ικανοποιητικό έλεγχο της αδρομύκωσης του βαμβακιού. Τα μυκητοκτόνα αυτά έχουν πολύ καλή δράση σε συνθήκες θερμοκηπίου ενώ δίνουν όχι ικανοποιητικό έλεγχο στον αγρό. Ο Ranney (1973) παρατηρεί ότι εμφάνιση του βαμβακόσπορου σε διάλυμα benomyl μπορεί να μειώσει αρκετά την επίπτωση από την αδρομύκωση. Η μεγάλη υπολλειματική διάρκεια των ουσιών αυτών, δίνει ακόμα περισσότερα πλεονεκτήματα σ'αυτές για τον έλεγχο του βερτισιλίου. Ο Szczygiel (1991), αναφέρει επίσης ότι σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια φράουλας έγινε έλεγχος του βερτισιλίου όπως και του συνεργού του νηματώδους με εφαρμογή του Di-Trarex και Basamid. Διαφορα διασυστηματικά εντομοκτόνα όπως το disulfoton, phorate και aldicarb, δεν έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ διάφοροι ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών προκαλώντας αλλαγές στον μεταβολισμό τους, μπορούν να μειώσουν την επίπτωση της αδρομύκωσης.

Πάντως, υπάρχει η ανάγκη για την ύπαρξη ενός μυκητοκτόνου εδάφους, και φυλλώματος που θα μπορούσε να δώσει τον μέγιστο έλεγχο στην αδρομύκωση (Minton, 1973).

#### 4. Η σημασία της μέτρησης του μολύσματος του *Verticillium dahliae* στον αγρό

Κατά τον Mitchell(1979) το ποσό του μολύσματος των παθογόνων εδάφους μεταβάλλεται χρονικά με την πάροδο του χρόνου. Η δυναμική του μολύσματος του παθογόνου περνά από πέντε φάσεις που φαίνονται και στο διάγραμμα 2. Η πρώτη φάση είναι η φάση της αδράνειας, ακολουθεί η φάση του προεποικισμού, η φάση του εποικισμού του ξενιστή, ακολουθεί η φάση της παραγωγής του μολύσματος πάνω στον ξενιστή, και την ελευθέρωσή του στο έδαφος και τελικά υπάρχει η φάση της επιβίωσης. Η πορεία αυτή ακολουθείται περιοδικά σε ετήσια βάση.



Διάγραμμα 1. Διάγραμμα του δυναμικού μολύσματος, όπου φαίνονται οι πέντε φάσεις. Οι τρεις καμπύλες αντιστοιχούν σε τρία διαφορετικά μοντέλα μείωσης του δυναμικού μολύσματος (από Mitchell, 1979).

Η ακριβής γνώση του ποσού του αρχικού μολύσματος είναι βασική γνώση για την μελέτη της επιδημιολογίας μιας ασθένειας. Σύμφωνα με την εξίσωση που περιγράφει την εξέλιξη της ασθένειας στον αγρό, το ποσό του μολύσματος την εκάστοτε χρονική στιγμή ( $X$ ) είναι ανάλογη του αρχικού μολύσματος ( $X_0$ ).

$$X = X_0 \cdot e^{r \cdot t}$$

Εφόσον, λοιπόν, το παθογόνο βρεθεί σε ευνοϊκές για την ανάπτυξη του περιβαλλοντικές συνθήκες, ανάλογα με το αρχικό μόλυσμα, αυτό θα τείνει να αυξάνει με την πάροδο του χρόνου και κάποτε μπορεί να λάβει τιμές επικίνδυνες για την παραγωγή των φυτών. Η πολλαπλασιαστική αυτή του μολύσματος διαδικασία μπορεί να διακοπεί, αν δεν συντρέχουν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη του παθογόνου, δηλαδή η παρουσία ευαίσθητου ξενιστή και ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες. Πέρα από την εφαρμογή των καταλλήλων καλλιεργητικών πρακτικών για τον έλεγχο του μολύσματος, ο παραγωγός μπορεί να ελέγξει την εξέλιξη της ασθένειας επιλέγοντας την κατάλληλη καλλιέργεια (αμειψισπορά) ή ανθεκτικές ποικιλίες της καλλιέργειας ξενιστή. Η χρήση, όμως, των ανθεκτικών ποικιλιών προϋποθέτει την γνώση δυο παραγόντων. Κατά την βελτίωση των φυτών, το χαρακτηριστικό της ανθεκτικότητας των βελτιωμένων ποικιλιών συνοδεύεται από την μειωμένη απόδοση και υποδεέστερη ποιότητα σε σχέση με τις ευαίσθητες ποικιλίες. Ήδη σε προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε ότι η ανθεκτικότητα δεν συνδέεται με υψηλές αποδόσεις παρά σε πολύ μολυσμένους αγρούς. Από την άλλη πλευρά, οι πηγές της ανθεκτικότητας είναι περιορισμένες και η απώλεια της ανθεκτικότητας μιας βελτιωμένης ποικιλίας θα σήμαινε την

απώλεια ενός σημαντικού και σπάνιου μέσου άμυνας του παραγωγού. Συνεπώς, ο υπεύθυνος παραγωγός πρέπει να χρησιμοποιεί μια ανθεκτική ποικιλία μόνο εφόσον η πυκνότητα του μολύσματος του παθογόνου είναι μεγαλύτερη από ένα όριο.

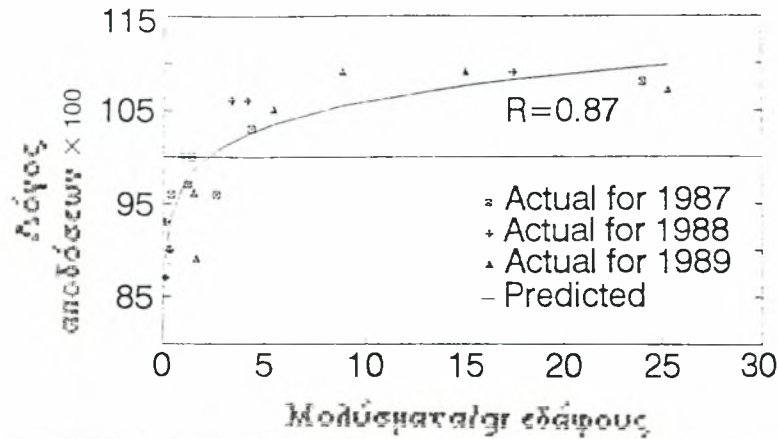
Πολλές εργασίες έγιναν στο παρελθόν, για την εύρεση ενός μαθηματικού προτύπου ή σχέσης προσομοίωσης που να συνδέουν παράγοντες του αβιοτικού και βιοτικού περιβάλλοντος του φυτού με την αύξηση - ανάπτυξη του φυτού. Μερικές από αυτές τις σχέσεις δίνουν ικανοποιητικές προβλέψεις για την ανάπτυξη του φυτού, δεν είναι όμως εύχρηστες από τον παραγωγό. Άλλες εργασίες προσπάθησαν να συνδέσουν τον μεταχρωματισμό των αγγείων του ξύλου του φυτού (και συγκεκριμένα του βαμβακιού) και άλλες τα φυλλικά συμπτώματα της αδρομύκωσης, με την πυκνότητα του μολύσματος του παθογόνου στο έδαφος. Οι εργασίες αυτές περιορίστηκαν σε ορισμένες ποικιλίες και τοπικές συνθήκες, ώστε τα αποτελέσματά τους να μην είναι καθολικά εφαρμόσιμα. Το γεγονός αυτό έλαβαν υπόψη τους οι Paplomatas et al.(1992) οι οποίοι παρήγαγαν μια εξίσωση που συνδέει το επίπεδο μολύσματος του βερτισιλίου στο έδαφος με την επίπτωση της ασθeneίας, κάτω από συγκεκριμένες καλλιεργητικές και περιβαλλοντικές συνθήκες που προηγούμενα λαμβάνονται υπόψη, ενώ η εξίσωση αυτή είναι πολύ εύχρηστη από τους παραγωγούς. Με βάση μια τέτοια εξίσωση οι παραγωγοί θα είναι σε θέση να προβλέπουν την αναμενόμενη απώλεια της παραγωγής λόγω επίπτωσης της αδρομύκωσης, με βάση την πυκνότητα μολύσματος του βερτισιλίου (μσ/γρ χώματος) που θα μετράται κατά την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου. Τελικά θα μπορούν να διαλέγουν την καλύτερη από άποψη απόδοσης ποικιλία βαμβακιού, γνωρίζοντας την αντοχή της στην αδρομύκωση και το επίπεδο μολύσματος στο έδαφος.

Η παραπάνω εργασία έγινε στην Καλλιφόρνια των Ην. Πολιτειών, μια σημαντική βαμβακοπαραγωγική περιοχή, με τις ποικιλίες που ευρέως καλλιεργούνται εκεί (η ευαίσθητη Acala SJ-2 και η ανθεκτική AcalaGC-510). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική συμμεταβολή ( $R=0.85$ ) μεταξύ της πυκνότητας μολύσματος  $X$  (μσ/γρ. εδάφους) και των συμπτωμάτων της ασθeneίας  $Y$  (%συμπτώματα στα φύλλα), που περιγράφονταν από την σχέση

$$Y=57.09*(1-e^{0.351X}).$$

Σημαντική συμμεταβολή υπήρξε επίσης μεταξύ πυκνότητας μολύσματος και αποδόσεων βαμβακιού, συγκεκριμένα του λόγου αποδόσεων της ανθεκτικής προς την ευαίσθητη ποικιλία βαμβακιού. Αυξανόμενου του μολύσματος, αυξάνονταν ασυμπτωτικά ο παραπάνω λόγος, έχοντας τιμές μικρότερες της μονάδας για μικρές πυκνότητες μολύσματος (υπεροχή της ευαίσθητης ποικιλίας), αποκτά την τιμή 1 για πυκνότητα μολύσματος 2.2 μσ/γρ. εδάφους, και μετά αρχίζει να υπερέχει η ανθεκτική ποικιλία. Η συμμεταβολή δίνεται από την εξίσωση  $Y=97.08*X^{0.038}$ , και η καμπύλη φαίνεται στο διάγραμμα 2.

Άρα, ανάλογα με το αν η πυκνότητα του μολύσματος που κάθε φορά θα μετρούσε ο παραγωγός είχε τιμή πάνω ή κάτω από 2.2 (αναφέρεται για ευκολία 3) μσ/γρ χώματος, ο παραγωγός αποφασίζει αν θα χρησιμοποιήσει μια ανθεκτική ποικιλία ή μια ευαίσθητη αλλά πιο αποδοτική. Η γνώση, τελικά, μιας τέτοιας εξίσωσης δίνει την δυνατότητα στον παραγωγό να πετύχει την μέγιστη δυνατή απόδοση, χωρίς να συμβάλλει στην αύξηση του μολύσματος της ασθeneίας στον αγρό. Μια τέτοια θεώρηση συμφωνεί και με τις αρχές της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των παθογόνων και εχθρών των φυτών, μιας τάσης που προβλέπεται να διαμορφώσει την εικόνα της γεωργίας στο μέλλον.



Διάγραμμα2. Ασυμπτωτική σχέση μεταξύ πυκνότητας μολύσματος του *Verticillium dahliae* και του λόγου των αποδόσεων των ποικιλιών AcalaGC-510 προς Acala SJ-2. Δεδομένα τριών ετών. Η ευθεία γραμμή δηλώνει ίσες αποδόσεις των δυο ποικιλιών. (από Paplomatas et al., 1992)

Ανάλογη εργασία πραγματοποίησαν και για το *V. albo-atrum* οι Ashworth et al. (1972), χρησιμοποιώντας την τεχνική των κοσκίων για την μέτρηση του μολύσματος. Η σχέση που συνέδεε την προσβολή των φυτών (% φυτά με προσβολή από τον μύκητα) και την πυκνότητα του μολύσματος στο έδαφος (μσ/γρ. χώματος) ήταν της λογαριθμικής μορφής  $Y=0.752 \times \log X - 0.746$ . Η ελάχιστη τιμή της πυκνότητας μολύσματος που απαιτούνταν για την εκδήλωση των συμπτωμάτων ήταν 0.03 μσ/γρ. εδάφους, με τιμές από 0.3-1 μσ/γρ. η προσβολή ήταν 20-50% και με τιμές πάνω από 3.5 μσ/γρ. η προσβολή μπορούσε να φτάσει τα 100%. Παρατηρεί κανείς ότι σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη, μικρότερες πυκνότητες μολύσματος απαιτούνται για την εμφάνιση της προσβολής στην περίπτωση του μύκητα *V. albo-atrum* παρά για τον *V. dahliae*. Οι συγγραφείς πάντως καταλήγουν ότι κάτω από το πρίσμα των παραπάνω δεδομένων η αμειψισπορά δεν είναι πάντα αποτελεσματική και ιδιαίτερα όταν η πυκνότητα μολύσματος στο έδαφος είναι υψηλή, αφού 100% προσβολή επισυμβαίνει τόσο σε πυκνότητα 3.5 όσο και σε 50 μσ/γρ χώματος.

Όπως όλες οι σχέσεις προσομοίωσης, έτσι και οι παραπάνω εφαρμόζονται μόνο κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες που οδήγησαν στην επινόησή τους. Έτσι, οι προαναφερθείσες εξισώσεις δεν μπορούν να εφαρμοστούν καθολικά, και σίγουρα όχι πάντα για τις ελληνικές συνθήκες. Υπάρχουν αναφορές (Γαλανόπουλος, πρ. επικ.), ότι το όριο μολύσματος που καθορίζει την χρήση ή όχι των ανθεκτικών ποικιλιών είναι 5 μσ/γρ. χώματος για τους ελληνικούς βαμβακαγρούς. Οποσδήποτε, υφίσταται η ανάγκη για την ύπαρξη ανάλογων εξισώσεων και για τις ελληνικές συνθήκες, ιδιαίτερα στις περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα από την αδρομύκωση, δεδομένης της μεγάλης σημασίας που έχει η καλλιέργεια του βαμβακιού για την Ελλάδα.

## 5. Μέθοδοι μέτρησης μολύσματος *Verticillium*

Δυο είναι οι σπουδαιότερες εργαστηριακές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως για την μέτρηση του μολύσματος του μύκητα στο έδαφος. Η πρώτη βασίζεται στην κάλυψη του θρεπτικού υποστρώματος εντός του τριβλίου με αιώρημα του χώματος σε απιονισμένο νερό, και η δεύτερη στην ομοιόμορφη κάλυψη του τριβλίου με το ξηρό χώμα με την βοήθεια της συσκευής Anderson. Υπάρχουν πολλές διαφορές μεταξύ των δυο μεθόδων, που έχουν επίδραση στην ακρίβεια και την ευαισθησία τους.

### 5.1. Μέθοδος των "βρεγμένων" κοσκίνων(wet-sieving method).

Περιγράφηκε από τους Asworth et al (1972), και Huisman&Aswororth (1974), περιλαμβάνει την τεχνική των κοσκίνων και χρησιμοποιεί θρεπτικό υπόστρωμα βασισμένο στην ουσία sodium pectate. Πολύ συνοπτικά, τα διάφορα στάδια της μεθόδου είναι τα παρακάτω.

1. Λήψη των δειγμάτων από βάθος 30cm σε χάρτινες σακούλες, και προφύλαξη τους από την επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους στην βιωσιμότητα των μικροσκοκληρωτίων.

2. Τα δείγματα δεν πρέπει να είναι λιγότερα από 5 για μήκος γραμμής 10 μέτρων.

3. Έκθεση των δειγμάτων σε ρεύμα αέρος 21°C, για 72 ώρες.

4. Πέρασμα των δειγμάτων από ειδικό μύλο, και κονιορτοποίησή τους .

5. 15 γρ. από κάθε δείγμα αναμειγνύονται με διάλυμα sodium hexameta-phosphate.

6. Το αιώρημα αφού ανακατευτεί καλά, περνά από κόσκινο No 120 (125 mesh Microns άνοιγμα και άνοιγμα σε ίτσες 0049). Κάτω από αυτό υπάρχει άλλο κόσκινο MESH 400 και άνοιγμα σε ίτσες 0015. Με την βοήθεια απιονισμένου νερού και μιας σπάτουλας το χώμα περνά από το πρώτο κόσκινο στο δεύτερο ώστε τελικά απομένουν σ'αυτό μόνο τα μεγαλύτερα τεμάχια του χώματος. Το χώμα που τελικά απομένει στο κόσκινο πετιέται, αφού πρώτα ξεπλένουμε την βάση του από την εξωτερική πλευρά ώστε να συγκεντρωθούν και τα τελευταία μικροσκοκληρώτια στο δεύτερο κόσκινο.

7. Το υλικό που υπάρχει στο δεύτερο κόσκινο (χώμα και μικροσκοκληρώτια) ξεπλένεται επίσης με ιονισμένο νερό ώστε να απομακρυνθεί το χώμα. Το τελικό υπόλλειμα ξεπλένεται για 10" με 50 κ. εκ. chlorax 10%, με την βοήθεια της βάσης των δυο κοσκίνων. Αμέσως μετά το υπόλλειμα ξεπλένεται με άφθονο απιονισμένο νερό, και αφού συγκεντρωθεί στην άκρη του κοσκίνου, χρησιμοποιώντας το νερό από το πίσω μέρος του κοσκίνου, συλλέγεται σε δοκιμαστικό σωλήνα. Το αιώρημα παραμένει τουλάχιστον 30' ώστε να ηρεμήσει το ίζημα στην βάση του σωλήνα, και τελικά αναρροφάται το υπερκείμενο διάλυμα σε τελικό όγκο 10 κ.εκ.. Το διάλυμα αυτό διασπείρεται με την βοήθεια μιας πιπέτας σε 10-15 τριβλία.

8. Τα τριβλία φέρουν υπόστρωμα βασισμένο στην ουσία sodium polypectate. Μετά την διασπορά του αιωρήματος, τα τριβλία τοποθετούνται σε θερμοκρασία 23°C επί 8 μέρες.

9. Την όγδοη μέρα κάθε τριβλίο πλένεται με νερό βρύσης για την απομάκρυνση των τεμαχίων χώματος και να διευκολυνθεί η μέτρηση των ανε-  
τυγμένων μικροσκληρωτίων, η οποία γίνεται με την βοήθεια μικροσκοπίου.

Από τις παραπάνω διαδικασίες, η κονιορτοποίηση του χώματος γίνεται σε μύλο, και όχι σε γουδί που μπορεί να πολλαπλασιάσει τον αριθμό των μολυσμάτων στο τελικό ίζημα. Η ξήρανση του χώματος είναι απαραίτητη διαδικασία αν είναι επιθυμητή η μακρά αποθήκευση των δειγμάτων σε συνθήκες δωματίου, χωρίς να βλάπτεται η βιωσιμότητά τους. Η διατήρηση των δειγμάτων γίνεται σε χάρτινες σακούλες ώστε να επιτρέπεται ο αερισμός των μολυσμάτων. Το διάλυμα του sodium hexametaphosphate στο οποίο τοποθετούνται τα 15 γρ. χώματος αποσκοπούν στην αποδιοργάνωση των συσσωματωμάτων του εδάφους και την απελευθέρωση των μικροσκληρωτίων. Το διάλυμα chlorax 10% απολυμαίνει το δείγμα του χώματος από μικροβιακό φορτίο που δεν ενδιαφέρει. Το θρεπτικό υπόστρωμα είναι αρκετά εκλεκτικό και παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα υποστρώματα για το Verticillium( Huisman&Ashworth, 1974).

Η μέθοδος των υγρών κόσκινων χρησιμοποιήθηκε και στο πειραματικό μέρος της παρούσης διατριβής.

## 5.2. Μέθοδος με χρήση της συσκευής Anderson (Anderson Sampler method).

Οι Harrison&Livingston και DeVay et al. (Butterfield&DeVay, 1977) περιέγραψαν για πρώτη φορά την χρήση της συσκευής Anderson για την κατανομή του χώματος στα κατάλληλα θρεπτικά υποστρώματα. Μερικές τροποποιήσεις στην μέθοδο αυτή ανακοινώθηκαν από τους Butterfield & DeVay(1977) και η τροποποιημένη αυτή μέθοδος, παρουσιάζεται συνοπτικά παρακάτω.

1. Αφού απομακρυνθούν τα επιφανειακά 5cm, συλλέγονται με τον δειγματολήπτη 25 cm εδάφους. Τα δείγματα πουαντιστοιχούν στην ίδια περιοχή αναμιγνύονται σε κοινή σακούλα.

2. Τα δείγματα ξηραίνονται με τον αέρα (30-50%)για 4-6 εβδομάδες σε θερμοκρασία 20-24° C για τον περιορισμό των μολυσμάτων που είναι ευαίσθητα στην ξήρανση. Τα μολύσματα αυτά που χαρακτηρίζονται από μικρή βιωσιμότητα και δεν ενδιαφέρουν στην εκτίμηση του μολύσματος του μύκητα, είναι τα κύτταρα των υφών και τα κονίδια.

3. Το ξηρό χώμα αναμιγνύεται για 20 λεπτά σε ένα περιστρεφόμενο μύλο (revolving jar mill), που δεν παρουσιάζει σημαντικά το φαινόμενο της διάσπασης των μικροσκληρωτίων, όσο ο κοινός μύλος, και τα δείγματα που δεν θα αναλυθούν αμέσως, αποθηκεύονται στους 4°C.

4. Η συσκευή Anderson, τροποποιείται ελαφρώς, με την προσθήκη ανακλαστήρα κυκλικού πάνω από το πρώτο κόσκινο, ώστε να μειωθούν οι απώλειες χώματος. Ακόμα, το θρεπτικό υπόστρωμα που χρησιμοποίησε αρχικά ο DeVay (cellorphan film-soil extract) αντικαταστάθηκε από το ίδιο υλικό, το βασισμένο στην ουσία του πολυγαλακτορουνίτη του νατρίου, που αναφέρθηκε στην προηγούμενη μέθοδο.

5. Η τροποποιημένη συσκευή Anderson χρησιμοποιείται για την κατανομή του χώματος στην επιφάνεια του θρεπτικού υποστρώματος. Από κάθε δείγμα χώματος λαμβάνονται πέντε υποδείγματα των 100-mg, καθένα από τα οποία διασπείρεται σε ένα τριβλίο, ενώ ένα έκτο τριβλίο τοποθετείται στην δεύτερη θέση κάτω από το κυρίως τριβλίο, δέχεται τον κονιορτό που διέφυγε από την κάλυψη των πέντε τριβλίων (περίπου 5% των μολυσμάτων).

6. Τα τριβλία τοποθετούνται στους 24°C, και το χώμα επωάζεται για 14 μέρες. Πριν από την μέτρηση των ανεπτυγμένων μικροσκληρωτίων, τα τριβλία πλένονται με νερό της βρύσης.

Πριν γίνει αναφορά στην εκτίμηση και την σύγκριση των δυο μεθόδων, όπως την παρουσιάζουν οι Butterfield&De Vay (1977), αξίζει να σημειωθεί και η ύπαρξη και άλλων μεθόδων μέτρησης του μολύσματος του *Verticillium* στο έδαφος οι οποίες είναι αναποτελεσματικές για φυσικώς μολυσμένα εδάφη (Harris et al., 1993). Έχουν δοκιμαστεί επίσης και άλλα θρεπτικά υποστρώματα, όπως αυτό που βασίζεται στην αιθανόλη και αντιβιοτικά (Ausher et al., 1975), τα οποία δεν παρουσιάζουν μεγάλη εκλεκτικότητα και δυσκολεύουν την ακριβή εκτίμηση του μολύσματος.

### 5.3. Εκτίμηση των μεθόδων και σύγκριση

Μεταξύ των παραγόντων της τεχνικής των κοσκίνων, που επιδρούν στην ακρίβεια και την ευαισθησία της είναι η απομάκρυνση των τεμαχιδίων <math>20\ \mu\text{m}</math> από τα αιωρήματα πριν την κάλυψη του τριβλίου, το θρεπτικό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται, το ποσό του χώματος που παραμένει μετά το κοσκίνισμα, ο χρόνος της επώασης και ο τρόπος με τον οποίο το μολύσμα εφαρμόζεται στα τριβλία. Δεν υπάρχει, εξάλλου, σημαντική επίδραση της ξήρανσης του χώματος πριν την ανάλυση, της χρήσης του sodium hexametaphosphate για την υποβοήθηση της διάλυσης του χώματος, της μεταχείρισης των δειγμάτων με υποχλωριώδες νάτριο και της χρήσης διαφόρων ποσοτήτων χώματος στο τελικό αποτέλεσμα της μέτρησης. Η υπερβολική παραλλακτικότητα που παρουσιάζεται μεταξύ των διαφόρων δειγμάτων οφείλεται στην τυχαία κατανομή του μύκητα στο έδαφος, ή στην δυσκολία να "στανταριστεί" το μέρος της διαδικασίας που χειρίζεται τα κόσκινα. Τα παραπάνω συμπεράσματα παρουσίασαν οι Harris et al. (1993) μετά από πείραμα στο East Malling της Αγγλίας, και έκριναν ότι η μέθοδος των κοσκίνων ήταν πιο αποτελεσματική από άλλες που δοκιμάστηκαν.

Οι Butterfield&DeVay(1977) παρουσίασαν σε μια εργασία τους την επίδραση κάθε σταδίου της μεθόδου με την συσκευή Anderson, στην τελική εκτίμηση της πυκνότητας μολύσματος και έκαναν σύγκριση μεταξύ των δυο μεθόδων (της συσκευής Anderson και των κοσκίνων) ως προς την ευαισθησία και την ακρίβειά τους.

Η κάλυψη των τριβλίων με μια μικρή ποσότητα χώματος, όπως είναι τα 100mg, είναι ικανοποιητική μόνο όταν χρησιμοποιείται το υπόστρωμα του sodium polypectate, ενώ τα υλικά που βασίζονται στην αιθανόλη-στρεπτομυκίνη, καθώς και το σελοφάν-χώμα δεν φάνηκαν αποτελεσματικά. Εξάλλου, ενώ η χρήση της συσκευής προσφέρει τον μέγιστο τεμαχισμό των τεμαχίων του εδάφους και την απομόνωση των μολύσματος, παρατηρήθηκε υψηλότερο ποσοστό μολυσμάτων άλλων παθογόνων, όπως *Pythium* spp. και *Fusarium oxysporum*, σε σχέση με τις άλλες μεθόδους, γεγονός που ίσως οφείλεται στην απομόνωση των μολυσμάτων από ανταγωνιστές.

Η χρήση του περιστρεφόμενου μύλου (jar mill) μειώνει το μέγεθος των τεμαχιδίων του εδάφους και το αναμιγνύει προετοιμάζοντάς το έτσι κατάλληλα για την ανάλυσή του με την συσκευή Anderson. Δεν υφίσταται εξάλλου, ο σημαντικός τεμαχισμός των μικροσκληρωτίων που προκαλεί την αύξηση του μολύσματος, όπως την αναφέρουν οι Ashworth et al. Παρατηρήθηκε ότι στα

πρώτα δέκα λεπτά αυξάνονταν ο αριθμός των μολυσμάτων, μετά όμως ο αριθμός αυτός επανέρχονταν στο αρχικό πραγματικό επίπεδο. Επίσης δεν είναι γνωστό αν η προσωρινή αυτή αύξηση οφείλεται σε τεμαχισμό των μικροσκληρωτίων ή σε αποδόμηση των τεμαχιδίων του εδάφους.

Η ξήρανση των δειγμάτων που γίνεται για την καταστροφή των μολυσμάτων που είναι ευαίσθητα στην ξήρανση δεν επιδρά στην βιωσιμότητα των μικροσκληρωτίων.

Η τροποποίηση της συσκευής Anderson έγινε για την αποφυγή της απώλειας μολυσμάτων γεγονός που αναφέρθηκε από άλλους ερευνητές. Συγκεκριμένα υπήρχε η αναφορά ότι από τα 100mg, το 63,6% παγιδεύεται μόνο στην επιφάνεια του υποστρώματος. Η τροποποιημένη συσκευή παγιδεύει ικανο-ποιητικό αριθμό μολυσμάτων και δεν τεμαχίζει τα μικροσκληρώτια.

Κατά την σύγκριση των δυο τεχνικών φάνηκε ότι μεγαλύτερα ποσά μολύσματος μετρά η μέθοδος της ξηρής κατανομής του χώματος στα τριβλία, και αυτό δεν ήταν το αποτέλεσμα της παραλλακτικότητας που δημιουργείται κατά την χρήση τόσο μικρών δειγμάτων χώματος. Κατά μέσο όρο το μόλυσμα που καταγράφοταν με την πρώτη μέθοδο ήταν κατά 2,8 φορές υψηλότερο από αυτό που μετρήθηκε με την μέθοδο των υγρών κοσκίνων. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε μια απώλεια μικροσκληρωτίων κατά τις διαδικασίες της μεθόδου, που ενώ είναι αμελητέα σε περίπτωση λίγο ή μέτρια μολυσμένων εδαφών, είναι σημαντική σε περίπτωση πολύ μολυσμένων. Η απώλεια αυτή εξηγείται από τους Butterfield&DeVay ότι λαμβάνει χώρα κατά την συγκέντρωση του χώματος στο δεύτερο κόσκινο και την απομάκρυνση του περιττού χώματος. Το μέγεθος της απώλειας, όπως υποστηρίζουν οι δυο ερευνητές δεν είναι μόνο 10% (κατά τον Ashworth), αλλά 30-50% του συνολικού αριθμού των μολυσμάτων.

Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η μακρόχρονη ξήρανση του χώματος - ένα άλλο σημείο στο οποίο διαφοροποιούνται οι δυο μέθοδοι - έχει μυκητοκτόνο δράση εναντίον των ποικίλων μικροοργανισμών εδάφους, όπως και το διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου που χρησιμοποιεί η υγρή μέθοδος των κοσκίνων. Μια άλλη λεπτομέρεια που αναφέρουν είναι ότι μείωση των μετρούμενων μολυσμάτων κατά 75% παρατηρείται όταν η ουσία sodium polygalacturonate προέρχεται από άλλη πηγή (όχι της Sigma Chemical).

Άμεση μικροσκοπική παρατήρηση των τριβλίων αμέσως μετά την κάλυψη τους στην συσκευή Anderson, και μετά από 10 μέρες έδειξε ότι οι περισσότερες αποικίες προέκυψαν από μεμονωμένα μικροσκληρώτια. Ένας σημαντικός αριθμός μικροσκληρωτίων είναι ελεύθερα ενώ άλλα περιέχονται σε μικρά τεμάχια από τα φυτικά υπολλείματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέτρηση των ανεπτυγμένων μικροσκληρωτίων απαιτεί καλή γνώση της μορφολογίας του μύκητα, επειδή άλλα είδη βερτισιλίου (*V. tricorpus*, *V. albo-atrum*) σχηματίζουν παρεμφερείς αποικίες με αυτές του *V. dahliae*. Σε περίπτωση αμφιβολίας ενδείκνυται η απομόνωση ενός μικροσκληρωτίου από την αμφισβητούμενη αποικία και αφού καθαριστεί από τα υπολλείματα του προηγούμενου θρεπτικού υποστρώματος, τοποθετείται σε plain agar, για να παρατηρηθούν οι καρποφορίες του μύκητα. Η διαδικασία θα πρέπει να γίνεται σε στείρες συνθήκες και με την βοήθεια ενός στερεοσκοπίου.

Συμπερασματικά, και οι δυο τεχνικές είναι ικανές να εκτιμήσουν το ύψος της συγκέντρωσης του μολύσματος του *Verticillium* στο έδαφος, αλλά παρουσιάζουν διαφορετικά αποτελέσματα. Αυτά πρέπει, συνεπώς, να εξετάζονται κάτω από το πρίσμα της επίδρασης των διαδικασιών της κάθε μεθόδου, πριν παρουσιαστούν. Πέρα των άλλων συγκριτικών στοιχείων, που ήδη παρουσιάστηκαν, η κάλυψη των τριβλίων με μεγάλη ποσότητα χώματος δίνει



μικρότερες τιμές των παρατηρούμενων μολυσμάτων. Η μείωση αυτή οφείλεται στην περίσσεια άλλων μικροοργανισμών εδάφους, και είναι τόσο πιο εμφανής όσο δεν υπάρχει ένα απόλυτα εκλεκτικό θρεπτικό υπόστρωμα για το *Verticillium*. Έχει παρατηρηθεί, για παράδειγμα, ότι ένα βακτήριο εδάφους εμποδίζει την βλάστηση των μικροσκληρωτίων του εδάφους, όμως είναι ευαίσθητο στην στρεπτομυκίνη και το υποχλωριώδες νάτριο.

Ένα άλλο σημείο που τονίζουν οι δυο ερευνητές είναι και η μικρότερες ανάγκες σε υλικά, που χαρακτηρίζει την μέθοδό τους και συνεπώς το μικρότερο κόστος της. Η τεχνική απαιτεί λιγότερο θρεπτικό υπόστρωμα, μόνο έξι τριβλία ανά δείγμα και καθόλου χρήση απιονισμένου νερού. Ο χρόνος, δε, που απαιτεί η διαδικασία ανά δείγμα είναι μικρότερος.

Παρόλο που μια μικρή υπεροχή της μεθόδου της συσκευής Anderson, αφήνεται να εννοηθεί από την παρουσίαση των δυο ερευνητών, αυτοί παραδέχονται ότι και οι δυο μέθοδοι είναι χρήσιμες, ανάλογα με την περίπτωση. Η μέθοδος των κοσκίνων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάλυση εδαφών με πολύ μικρή πυκνότητα μολύσματος επειδή κερδίζει σε ευαισθησία λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας χώματος που χρησιμοποιείται ανά δείγμα. Η μέθοδος της συσκευής Anderson είναι πιο χρήσιμη για χώματα με υψηλές τιμές πυκνότητας μολύσματος, όπου η επικάλυψη των μολυσμάτων θα ήταν πρόβλημα για την μέθοδο των κοσκίνων. Σε μικρές πυκνότητες μολύσματος (0-10 μσ/γρ.) η παραλλακτικότητα των μετρήσεων με την συσκευή Anderson, είναι υψηλή. Σε υψηλότερες πυκνότητες, η παραλλακτικότητα αυτή μειώνεται γρήγορα, ώστε πάνω από 20 μσ/γρ. χώματος η τυπική απόκλιση είναι μικρότερη συνήθως από 10% της μέσης τιμής πυκνότητας.

Οι εργαστηριακές τεχνικές μέτρησης της πυκνότητας μολύσματος χρησιμοποιούν την ιδιότητα των παθογόνων εδαφους να σαπροφυτούν. Έτσι, ενώ αυτές οι τεχνικές δίνουν πληροφορίες για την πιθανή ποσοτική (και όχι ποιοτική) μεταβολή του μολύσματος, οι τεχνικές που χρησιμοποιούν ζωντανό φυτό στο υπό έλεγχο έδαφος, συνδέουν τις δυο παραμέτρους του μολύσματος (την πυκνότητα και την ικανότητα-capacity) με τα χαρακτηριστικά του εδαφικού οικοσυστήματος, και δίνουν τιμές χρήσιμες για την πρόγνωση της ασθeneίας (Bouhot, 1979).

Η ανάγκη μέτρησης της πυκνότητας του μολύσματος του *V.dahliae* υφίσταται όχι μόνο για να διευκολυνθούν ερευνητικές εργασίες γύρω από το παθογόνο κατά την έναρξή τους, αλλά κυρίως για να γίνει η χρήση τους από τους άμεσα ενδιαφερόμενους παραγωγούς. Η γνώση του αρχικού μολύσματος, είναι από τις βασικότερες προϋποθέσεις για τον σωστό έλεγχο της αδρομύκωσης, μιας ασθένειας που ελέγχεται με περιορισμένα και πολλές φορές αναντικατάστατα μέσα. Αυτό ισχύει για την καλλιέργεια του βαμβακιού στην Ελλάδα, που σε ορισμένες περιοχές αποτελεί την κύρια πηγή οικονομικής τους ανάπτυξης. Είναι δύσκολα αποδεκτή από ορισμένους παραγωγούς η αντικατάσταση, έστω και προσωρινή της καλλιέργειάς τους από μια άλλη μη ευαίσθητη στο παθογόνο. Σε μια τέτοια περίπτωση, ακόμα και με συνεχή μονοκαλλιέργεια, ο παραγωγός μπορεί να εξασφαλίσει την παραγωγή του από μια ζημιογόνο επίπτωση της ασθένειας, χρησιμοποιώντας μια ανθεκτική ποικιλία ανάλογα με την μετρούμενη στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου πυκνότητας μολύσματος στον αγρό του.

Η ανάγκη της ύπαρξης ορισμένων εργαστηρίων που να εξυπηρετούν τον αγροτικό κόσμο προς τον σκοπό αυτό είναι αισθητή. Στην Ελλάδα υπάρχουν λίγα εργαστήρια που διαθέτουν τον εξοπλισμό για την μέτρηση της πυκνότητας του μολύσματος του *V. dahliae*, και αυτά επικεντρώνουν τις εργασίες τους στην έρευνα περισσότερο παρά στην εξυπηρέτηση των αγροτών. Από όσο είναι γνωστό, τέτοιου είδους μετρήσεις γίνονται στο Εργαστήρι Φυτοπαθολογίας του Γεωργ.Πανεπιστημίου Αθηνών, στο Μυκητολογικό Τμήμα του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, και μέχρι πριν από λίγα χρόνια στο Ινστιτούτο Βάμβακος (Σίνδος). Εδώ και έναν χρόνο εξάλλου εφαρμόζεται στο Εργαστήριο Γεωργίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας η μέθοδος των κοσκίνων, υπό την επίβλεψη του κ. Γαλανόπουλου, φυτοπαθολόγου που εκτελούσε τις μετρήσεις στο Ινστιτούτο Βάμβακος παλαιότερα.

### Περίληψη

Σε αγρό της περιοχής Ριζομύλου, με προσβολή από τον μύκητα *Verticillium dahliae* μελετήθηκε η τοπική κατανομή της πυκνότητας μολύσματος σε 24 σημεία του αγρού και η χρονική κατανομή της σε τρεις ημερομηνίες κατά την διάρκεια του έτους. Παράλληλα εφαρμόζεται σε ορισμένα τμήματα του αγρού παραμονή και απομάκρυνση των υπολλειμάτων βαμβακιού αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε σημαντική χρονική και τοπική διακύμανση της πυκνότητας μολύσματος. Έγινε συσχέτιση του φαινομένου με παράγοντες του εδάφους και του κλίματος και συζητούνται οι πιθανές αιτίες της διακύμανσης. Η κατάκλυση του εδάφους για ένα μήνα κατά την διάρκεια του Οκτώμβρη και η παραμονή των βαμβακοστελεχών σε τμήμα του αγρού κατά την διάρκεια του χειμώνα φαίνεται να ευνόησαν την επιδημιολογία του μύκητα. Παρουσιάζονται, επίσης, συμπληρωματικά στοιχεία για τον αγρό και την επίπτωση της αδρομύκωσης στην βαμβακοκαλλιέργεια

### Εισαγωγή

Το *Verticillium dahliae* Kleb. είναι μύκητας εδάφους που διατηρείται στο έδαφος για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, πάνω από 20 χρόνια (Paplomatas et al., 1992), με την μορφή μικροσκληρωτίων. Τα μικροσκληρώτια είναι μυκηλιακοί σχηματισμοί του μύκητα με μεγάλη συγκέντρωση μελανίνης (Fahima et al., 1991), ανθεκτικοί στις αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, που σχηματίζονται στα προσβεβλημένα τμήματα του ξενιστή και μετά την αποσύνθεσή του ελευθερώνονται στο έδαφος (Τόλης, 1986). Η παραμονή των υπολλειμάτων της καλλιέργειας στον αγρό μετά την συγκομιδή έχει ευνοϊκό για την επιδημιολογία του μύκητα αποτέλεσμα, όταν αυτά παραμείνουν στην επιφάνεια του εδάφους, και ανασταλτικό αν αυτά παραχωθούν το φθινόπωρο (Ranney, 1973). Ο Mitchell (1979) αναφέρει ότι ο ξενιστής καθορίζει σημαντικά τη ροή ενέργειας στο έδαφος και επίσης την δυναμική του μολύσματος των μυκήτων εδάφους, κ' αυτό διότι παρέχει στο παθογόνο θρεπτικά συστατικά για την αναπαραγωγή του μολύσματος. Το *V. dahliae* ως παθογόνο εδάφους κυρίως παράσιτο, ανήκει στους μύκητες που δεν εξαρτάται ιδιαίτερα από εξωτερικές πηγές ενέργειας, διότι διαθέτει αποθέματα στα μικροσκληρώτια, όμως η κύρια πηγή ενέργειας είναι η βιομάζα των ριζών του ξενιστή.

Εκτός από τον παράγοντα των υπολλειμάτων, πλήθος άλλων παραγόντων επιδρά στην επιδημιολογία του μύκητα και την μεταβολή του μολύσματος στο έδαφος. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να είναι αβιωτικοί (εδαφοκλιματικές συνθήκες) καθώς και βιωτικοί (δραστηριότητα βιομάζας και ποικιλότητα μικροχλωρίδας εδάφους). Κατά τον Mitchell (1979) η δυναμική του μολύσματος των μυκήτων εδάφους είναι αποτέλεσμα της ροής ενέργειας ανάμεσα στο παθογόνο και το περιβάλλον του. Οι παράγοντες που καθορίζουν αυτή την ροή ενέργειας είναι παράγοντες του παθογόνου (ικανότητα σαπροφυτισμού, εύρος ξενιστών κλπ.), η αλληλεπίδρασή του με τους φυσικούς και χημικούς παράγοντες του εδάφους και η ευαισθησία των μολυσματων σε βιολογικούς παράγοντες όπως είναι ο παρασιτισμός και ανταγωνισμός με άλλους μικροοργανισμούς του εδάφους. Δημιουργείται, έτσι, ένα πολύπλοκο σύμπλεγμα παραγόντων που καθορίζουν την πυκνότητα του μολύσματος την εκάστοτε χρονική στιγμή, αλλά και την δυνατότητά του να προσβάλλει τον ξενιστή.

Από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, πιο σημαντικός και περιοριστικός για την ανάπτυξη του βερτισιλλίου είναι η θερμοκρασία. Ο μύκητας ευνοείται από μέσες θερμοκρασίες με άριστο εύρος 21-27°C (Brinkerhoff, 1973). Από τους άλλους αβιωτικούς παράγοντες, ξεχωρίζουν η υγρασία (η ασθένεια υποχωρεί σε κατακλυσμένα εδάφη) και χαρακτηριστικά του εδάφους όπως το pH, η δομή, η θρεπτική του κατάσταση, η ύπαρξη τοξικών για τον μύκητα παραγόντων, καθώς και μικροχλωρίδας που συνεργεί ή ανταγωνίζεται τον μύκητα. Η ανάπτυξη του ευνοείται σε ουδέτερο προς αλκαλικό pH, και σε αμμοπηλώδη προς αργιλώδη εδάφη. Η προσθήκη στο έδαφος οργανικών λιπασμάτων, και γενικά η παρουσία οργανικής ουσίας στο έδαφος αναστέλλει την αύξηση του μολύσματος, λόγω αύξησης των μεταβολικών διεργασιών σε βάρος των μικροσκληρωτίων (Brinkerhoff, 1973, DeVay & Katan, 1991, Mukhamedzanov & Zubenko, 1992, Salikbaeva et al., 1992). Ανάλογη δράση έχουν και διάφοροι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί του εδάφους, και αυτή επιβιοθείται επίσης από το περιβάλλον και διάφορες μεταχειρήσεις (αμειψισπορά, ηλιοαπολύμανση) (De Vay & Katan, 1991, Tjamos et al., 1991, Mukhamedzanov & Zubenko, 1992). Οι ποικίλοι συνδυασμοί, κατά τους οποίους οι διάφοροι από τους παραπάνω παράγοντες συνεργάζονται από σημείο σε σημείο του αγρού, είναι κυρίως υπεύθυνοι για την διακύμανση που παρουσιάζει τοπικά και χρονικά η πυκνότητα μολύσματος.

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μικροοργανισμών του εδάφους που κρατούν τους πληθυσμούς τους σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας, επιδρούν στην δυναμική του μολύσματος των παθογόνων εδάφους όσο και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες. Αν κάποιος εξωγενής παράγοντας διαταράξει αυτήν την ισορροπία (πχ. φυτοπροστατευτικές ουσίες) το έδαφος γρήγορα ανακτά την μεταβολική του δραστηριότητα αντικαθιστώντας τα ευαίσθητα με ανθεκτικά είδη, με ταχύ επανεποικισμό του εδάφους, και την εμφάνιση ανθεκτικών στην επέμβαση στελεχών του κάθε είδους (Bollen, 1979). Μια ιδιαίζουσα κλιματική κατάσταση, όπως μια κατάκλυση του εδάφους μετά από μια βροχόπτωση δημιουργούν επίσης μια ανισορροπία που πολύ γρήγορα στη συνέχεια αποκαθίσταται.

Ο ρόλος της παραμονής των υπολλειμάτων της καλλιέργειας ξενιστή, αναφέρεται από τους περισσότερους ερευνητές, ως καθοριστικός για την επιδημιολογία του μύκητα. Τα δυσμενή αποτελέσματά της μπορούν, όμως, να αποφευχθούν αν αυτά παραχθούν αμέσως μετά την συγκομιδή, κατά το φθινοπωρινό όργωμα (Brinkerhoff, 1973, Ranney, 1973). Στην περίπτωση του βαμβακιού, η απομάκρυνση των στελεχών είναι μια εργασία με αρκετά μεγάλο κόστος που δεν εφαρμόζεται σήμερα. Πολλές φορές, όμως, καιρικές συνθήκες εμποδίζουν το φθινοπωρινό όργωμα, με αποτέλεσμα, τα βαμβακοστελέχη να

παραμένουν στην επιφάνεια του αγρού και με την ευνοϊκή επίδραση της υγρασίας και των χαμηλών θερμοκρασιών του χειμώνα από την μια πλευρά και την απουσία μικροχλωρίδας από την άλλη, να δημιουργούνται άριστες συνθήκες για την αύξηση του μολύσματος του μύκητα (Brinkerhoff, 1973).

Η παρουσία στον αγρό ανθεκτικού ή ευαίσθητου ξενιστή επιδρά επίσης στη μείωση ή αύξηση χρονικά της πυκνότητας μολύσματος. Η χρήση των ανθεκτικών στην αδρομύκωση ποικιλιών βαμβακιού απαιτεί προσοχή, αρχικά επειδή αποφέρουν οικονομικό όφελος (υψηλές αποδόσεις) σε πυκνότητες μολύσματος μεγαλύτερες από ένα ορισμένο επίπεδο (Parlomatias et al., 1992) και επειδή η ανθεκτικότητα αυτή υφίσταται κίνδυνο άρσης της με την εμφάνιση πιο παθογόνων στελεχών του *V. dahliae* από την συνεχή χρήση τους. Η γνώση της ακριβούς συγκέντρωσης του μολύσματος στο έδαφος, όπως ακριβώς αυτή μετράται πριν την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου, είναι αναγκαία για την σωστή οργάνωση ενός προγράμματος ελέγχου της αδρομύκωσης. Η ανθεκτικότητα, εξάλλου, του ξενιστή μπορεί να υποβοηθηθεί από παράγοντες του περιβάλλοντος του και μεταχειρήσεις, όπως είναι η σωστή λίπανση.

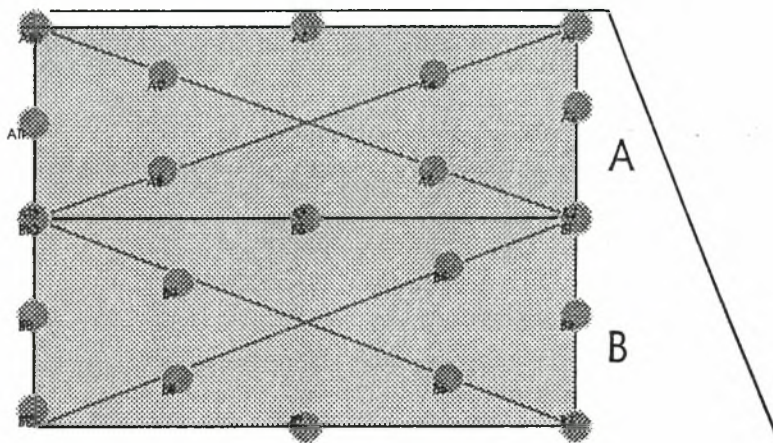
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει στοιχεία για την παρουσία του παθογόνου σε βαμβακαγρό της περιοχής Ριζομύλου. Μελετάται η τοπική και χρονική μεταβολή της πυκνότητας του μολύσματος και παρατηρούνται τα εδαφικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά καθώς και η μεταβολή των κλιματικών συνθηκών κατά την χρονική περίοδο από 1η Οκτωμβρίου 1994 ως 1η Αυγούστου 1995. Παράλληλα, παρατηρείται η βραχυπρόθεσμη επίδραση της παραμονής των βαμβακοστελεχών στον αγρό κατά την διάρκεια του χειμώνα. Προσπαθείται να γίνει συσχέτιση των μετρήσεων με τις παρατηρήσεις των συμπτωμάτων όπως αυτά φαίνονται το καλοκαίρι.

- Ο πειραματικός αγρός.

Χρησιμοποιήθηκε αγρός 2 στρεμμάτων, μέρος ενός βαμβακαγρού συνολικής έκτασης 50 στρ. της περιοχής Βελεστίνου. Στα τεμάχια του πειραματισμού, παρατηρήθηκαν κατά την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο συμπτώματα αδρομύκωσης στην ποικιλία Zeta-2. Ζητήθηκαν ιστορικά στοιχεία του αγρού από τον παραγωγό.

- Χάραξη αγρού και καθορισμός των μεταχειρήσεων.

Ο αγρός χωρίστηκε σε δυο επιμέρους τεμάχια Α και Β, έκτασης ενός στρέμματος (10m x 50m) το καθένα. Σε κάθε τεμάχιο ορίστηκαν 12 σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος των διαγωνίων και των πλευρών των τεμαχίων, με σταθερές αποστάσεις μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Από τα 24 συνολικά σημεία (Α1-Α12 & Β1-Β12) τα 17 δέχτηκαν την μεταχείριση της μερικής απομάκρυνσης (κατά 70% περίπου) των βαμβακοστελεχών, ενώ τα υπόλοιπα 7, δηλαδή τα Β6-Β12 διατήρησαν τα βαμβακοστελέχη τα οποία κόπηκαν και αφέθηκαν στον αγρό. Η απομάκρυνση των στελεχών έγινε στις 15 Δεκεμβρίου, με το χέρι κατόπιν αρόσεως του εδάφους.



Σχήμα 1. Διάταξη των 24 σημείων δειγματοληψίας στον αγρό

- Μέθοδος δειγματοληψίας

Σε κάθε θέση δειγματοληψίας λαμβάνονταν τρεις στήλες χώματος, με την βοήθεια ειδικών δειγματοληπτών βάθους 30cm. Οι τρεις αυτές λήψεις, που γίνονταν σε τυχαία σημεία γύρω από την κεντρική θέση σε σχήμα ισόπλευρου τριγώνου, τοποθετούνταν σε κοινή χαρτοσακούλα και αναμιγνύονταν. Κατά την καλοκαιρινή δειγματοληψία, οι σακούλες με το χώμα τοποθετούνταν σε ψυγείο για την αποφυγή καταστροφής των μολυσμάτων με την συνδυασμένη δράση των

υψηλών θερμοκρασιών και της υψηλής σχετικής υγρασίας του χώματος. Η πρώτη δειγματοληψία έγινε το φθινόπωρο, πριν από την κοπή των στελεχών, στις 16 Νοεμβρίου (1994). Η δεύτερη έγινε τον χειμώνα, για την μέτρηση της πυκνότητας μολύσματος πριν την σπορά, στις 17 Φεβρουαρίου (1995) και τέλος η τρίτη έγινε κατά το φύτευμα του βαμβακιού στις 3 Μαΐου.

- **Μεταχείριση των χωμάτων ως την ανάλυση**

Τα δείγματα των δυο πρώτων δειγματοληψιών αφεθηκαν να ξηραθούν σε θερμοκρασία δωματίου 22°C για 2 εβδομάδες. Τα δείγματα της τρίτης δειγματοληψίας απλώθηκαν σε μεγάλα τεμάχια χαρτιού και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ξηρού αέρα θερμοκρασίας 21°C για 72 ώρες. Θεωρείται ότι η διαφορετική μεταχείριση έχει το ίδιο αποτέλεσμα της αφαίρεσης της υγρασίας των δειγμάτων, χωρίς να επιδρά στην ποσότητα του μολύσματος μικροσκοκληρωτίων τους.

Μετά τη ξήρανση, τα δείγματα μπορούν να παραμείνουν σε χαρτοσακούλες αναλοίωτα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πριν από την ανάλυση, τα χώματα αλέθονται σε ειδικό περιστρεφόμενο μύλο, που προκαλεί τον τεμαχισμό του χώματος με την βοήθεια περιστρεφόμενης λεπίδας, ενώ τα θραύσματα περνούν από κόσκινο 2mm που κρατά τα αδιάφερα εδαφικά κλάσματα (πέτρες, φυτικά υπολείματα, κτλ.). Το κονιορτοποιημένο χώμα συλλέγεται στην ίδια χαρτοσακούλα που φέρει τα στοιχεία της δειγματοληψίας. Μετά την άλεση κάθε δείγματος, ο μύλος αποσυναρμολογείται και καθαρίζεται από την σκόνη του χώματος με τη βοήθεια αέρα υπό πίεση, ώστε να αποφεύγεται το ενδεχόμενο της μεταφοράς του μολύσματος μεταξύ των δειγμάτων.

Σ' αυτήν την κατάσταση τα δείγματα αφήνονται σε θερμοκρασία δωματίου και σε ξηρό περιβάλλον, μέχρι την ανάλυση.

- **Μέθοδος μέτρησης πυκνότητας μολύσματος**

Εφαρμόστηκε η μέθοδος των κοσκίνων (wet-sieving technique). Από κάθε χαρτοσακούλα, αφού γίνει ομογενοποίηση με ανατάραξη του χώματος κατακόρυφα, ζυγίζονται 15 γραμμάρια χώματος, τοποθετούνται σε ογκομετρικό δοχείο και προστίθενται 100ml διαλύματος Sodium Hexametaphosphate 1% σε απιονισμένο ή απεσταγμένο νερό. Το διάλυμα αφήνεται για 20', και στην συνέχεια περνά στα κόσκινα αφού αναμειχθεί με σπάτουλα, προσεχτικά και με την βοήθεια ρέοντος απιονισμένου νερού, ώστε να μείνουν υπολείματα χώματος στα τοιχώματα του δοχείου. Τα δυο κόσκινα τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο, με πρώτο το κόσκινο Νο120 (άνοιγμα σε ίντσες 0049) και δεύτερο το κόσκινο Mesh σε ίντσες 0015.

Με την βοήθεια ιονισμένου νερού με μικρή πίεση υποβοηθείται το χώμα και μαζί μ' αυτό και τα μικροσκοληρώτια, να περάσουν από το πρώτο κόσκινο στο δεύτερο. Το χώμα που τελικά μένει αδιάλυτο στην σίτα, απομακρύνεται αφού πρώτα ξεπλυθεί η βάση του κοσκίνου από την εξωτερική πλευρά προς το δεύτερο κόσκινο. Το υλικό που υπάρχει στο δεύτερο κόσκινο ξεπλένεται πάλι με απιονισμένο νερό για να απομακρυνθεί το χώμα με διάμετρο τεμαχίων μικρότερη της ενδιαφερόμενης. Αυτό που μένει αφού μπει η βάση κάτω από το δεύτερο κόσκινο που διευκολύνει την παραμονή του νερού μέσα στο δεύτερο κόσκινο, ξεπλένεται επί 10" με 50ml Chlorax 10% (90% απεσταγμένο νερό και 10% Chlorax δηλ. sodium hypochlorite 5.25% και inert ingredients 94.75%) και στην συνέχεια με άφθονο ιονισμένο νερό. Ό,τι μένει συγκεντρώνεται στην άκρη της σίτας με την βοήθεια απιονισμένου νερού, μαζί και τα μικροσκοληρώτια που τυχόν

συγκρατούνται μέσα στα ανοίγματα της σίτας. Το νερό εφαρμόζεται από την πίσω πλευρά της σίτας.

Όλο αυτό το υλικό αδειάζεται προσεκτικά σε δοκιμαστικό σωλήνα, ξεπλένοντας προσεκτικά την σίτα με απιονισμένο νερό. Μέσα στον δοκιμαστικό σωλήνα το αιώρημα αφήνεται να κατακαθήσει, σε χρόνο τουλάχιστον 30'. Στην συνέχεια με αναρρόφηση μέσω μιας πιπέτας, αφαιρείται το υπερκείμενο νερό με προσοχή, ώστε να μην αναταραχτεί το χώμα στην βάση. Αφήνεται τελικά περίπου 10ml διαλύματος το οποίο μοιράζεται με την βοήθεια μιας πιπέτας 5 ή 10 ml σε 10 τριβλία Petri με θρεπτικό υπόστρωμα. Δίνεται προσοχή, ώστε να μη μείνουν ίχνη χώματος στον δοκιμαστικό σωλήνα. Τα στοιχεία του δείγματος και η ημερομηνία εκτέλεσης της διαδικασίας αναγράφονται σε κάθε τριβλίο.

Τα τριβλία τοποθετούνται στον κλίβανο επώασης σε θερμοκρασία 23°C για 8 μέρες.

- Προετοιμασία θρεπτικού υλικού

Το θρεπτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το sodium polypectate-agar υλικό, η παρασκευή του οποίου ακολουθεί τα παρακάτω στάδια.

Σε φιάλη 2000ml τοποθετούνται 1000ml απιονισμένο ή απεσταγμένο νερό, 15 γρ. BactoAgar (στην απουσία του χρησιμοποιήθηκαν 13γρ. PastagarB) και οι ποσότητες των παρακάτω διαλυμάτων αλάτων,

Potassium Chloride, 50gr/100ml.....2ml/lit  
 Potassium Dibasic Phosphate, 50gr/100ml.....2ml/lit  
 Sodium Nitrate, 50gr/100ml.....4ml/lit  
 Ferrous Sulfate, 1gr/100ml.....1ml/lit  
 Magnesium Sulfate, 25gr/100ml.....2ml/lit

Το μίγμα αποστειρώνεται σε θερμοκρασία αποστείρωσεως (120° C) επί 10' για να λιώσει. Όταν κρυώσει η φιάλη με το θρεπτικό υλικό αρκετά, τοποθετείται στο μαγνητικό αναδευτήρα και προστίθεται σιγά-σιγά

Sodium Polypectate .....5gr/lit  
 Μετά την ομογενοποίηση προστίθεται  
 Tergitol NPX (έτοιμο).....0.2 ml/lit  
 Biotin, 25 mgr/250ml.....0.5 ml/lit  
 Guanidine NCL, 23.88gr/250ml..... 3 ml/lit

Τα διαλύματα της βιοτίνης και γουανιδίνης διατηρούνται στο ψυγείο. Μετά την αποστείρωση του υλικού, και όταν κρυώσει η φιάλη προστίθεται

Streptomycin Sulphate, 4mgr/100ml.....5 ml/lit.

Το διάλυμα της στρεπτομυκίνης διατηρείται επίσης στο ψυγείο. Για την αποστείρωση των υλικών χρησιμοποιείται χύτρα αποστείρωσης και η αποστείρωση γίνεται στους 120°C για 15'. Το θρεπτικό υλικό τοποθετείται κατά μέτριες ποσότητες στα τριβλία (~20ml/τριβλίο).

- Μέτρηση του αριθμού των μολυσμάτων/γρ. χώματος.

Μετά τη συμπλήρωση των 8 ημερών, τα τριβλία πλένονται με την βοήθεια νερού της βρύσης για την απομάκρυνση του χώματος που καλύπτει το τριβλίο και δυσκολεύει την καταμέτρηση. Κάθε τριβλίο τίθεται υπό παρατήρηση στο



στερεοσκόπιο. Με τη βοήθεια ενός άδειου τριβλίου με χαραγμένες λωρίδες, γίνεται η μέτρηση των ανεπτυγμένων μικροσκληρωτίων με κριτήριο την χαρακτηριστική μορφή της αποικίας, και ο αριθμός τους καταγράφεται για κάθε τριβλίο. Στη συνέχεια αθροίζονται οι αριθμοί των μικροσκληρωτίων ανά τριβλίο και το σύνολο διαιρείται με το 15, ώστε να προκύψει ο αριθμός των μικροσκληρωτίων ανά γραμμάριο εδάφους (πυκνότητα μολύσματος).

- Πρόσθετες παρατηρήσεις

Για την μέτρηση του pH των τεμαχίων Α και Β, λήφθηκαν ίσες ποσότητες χώματος από κάθε ένα των δώδεκα δειγμάτων του τεμαχίου, και αναμείχθηκαν καλά σε ένα κοινό. Από το τελικό μίγμα λήφθηκαν 20γρ. χώματος και προστέθηκαν 20ml απιονισμένου νερού (pH=5.743). Μετά από ανάδευση του διαλύματος, αφήνεται αυτή για μια ώρα. Η μέτρηση που ακολουθεί γίνεται σε συνηθισμένο pHμετρο.

Η μηχανική ανάλυση εδάφους έγινε στο Ινστιτούτο Χαρτογράφησης Εδαφών Λάρισας, ενώ από τα αποτελέσματα έγινε και η εκτίμηση της υδατοϊκανότητας του εδάφους.

Τα μετεωρολογικά στοιχεία, που περιλαμβάνουν μέσες θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις ανά δεκαήμερο από 1ης Οκτωμβρίου ως 31 Ιουλίου, λήφθηκαν από τα δεδομένα του αρχείου του Εργαστηρίου Μετεωρολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

- Παρατηρήσεις των συντελεστών προσβολής

Στις 27 Ιουλίου και ενώ το βαμβάκι βρίσκονταν στο στάδιο της ανθοφορίας και ωρίμανσης των καρυδιών, έγινε η παρατήρηση των συμπτωμάτων και εκτιμήθηκαν οι συντελεστές της προσβολής. Σε κάθε σημείο δειγματοληψίας, κατά μήκος 1m επί της σειράς εκατέρωθεν του σημείου δειγματοληψίας μετρήθηκαν το σύνολο των φυτών και ο αριθμός των φυτών ανάμεσά τους που εμφάνιζαν συμπτώματα προσβολής από αδρομύκωση. Στα φυτά που παρουσίαζαν συμπτώματα προσβολής, εκτιμήθηκε ο βαθμός προσβολής με βάση την κλίμακα 1-4,

- 1= χλώρωση λίγων φύλλων μόνο στην βάση του φυτού,
- 2= χλώρωση πολλών φύλλων μέχρι την κορυφή του φυτού,
- 3= χλώρωση και περιφερειακή νέκρωση των φύλλων και
- 4= νέκρωση όλου του ελάσματος των φύλλων, πτώση φύλλων, νέκρωση του φυτού.

- Ιστορικό του αγρού

Ο συγκεκριμένος αγρός μονοκαλλιεργείται από το 1980 με βαμβάκι (ποικιλία Ζετα-2), εκτός από τις χρονιές 1983-1985, που καλλιεργήθηκε σκληρό σιτάρι. Τα πρώτα συμπτώματα της αδρομύκωσης παρουσιάστηκαν στην ποικιλία Ζετα-2 κατά την καλλιεργητική περίοδο 1987. Την φετινή καλλιεργητική περίοδο καλλιεργήθηκε η ποικιλία Αρία324 που χαρακτηρίζεται ως ανθεκτική στην αδρομύκωση.

Η άρδευση του αγρού γίνονταν πάντα με καρούλι και από το 1994 με σταγόνες. Όσον αφορά την κατεργασία του εδάφους, συνήθως γίνεται στελεχοκοπή μετά την τελευταία συγκομιδή και χειμερινό όργωμα κατά το οποίο παραχώνονται τα στελέχη. Την τελευταία χρονιά οι κλιματολογικές συνθήκες καθυστέρησαν αρκετά την καλλιέργεια του εδάφους, ώστε αυτή να μην γίνει παρά στις 10 Ιανουαρίου. Αργότερα, πριν από την σπορά γίνεται μια κατεργασία προετοιμασίας του εδάφους με την χρήση ενός ελαφρού ή βαρέως καλλιεργητή. Επίσης, κάθε χρόνο γίνεται εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, εντομοκτόνων εδάφους και ψεκασμός κατά του ρόδινου σκουλικιού.

- Τοπική και χρονική μεταβολή του μολύσματος

Τα αποτελέσματα της μέτρησης της πυκνότητας μολύσματος για κάθε σημείο δειγματοληψίας και για κάθε χρονική στιγμή φαίνονται στους δυο παρακάτω πίνακες. Στον Πίνακα 1. γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων για τις θέσεις του τεμαχίου Α, και στον Πίνακα 2. για τις θέσεις του τεμαχίου Β. Στο τέλος παρουσιάζεται ο μέσος όρος της πυκνότητας μολύσματος για το σύνολο του τεμαχίου, για κάθε ημερομηνία χωριστά.

Δείγμα	Ημερομηνία		
	16.11.1994	17.02.1995	02.05.1995
A1	4,20	-	4,26
A2	3,20	-	13,93
A3	3,26	-	23,87
A4	0,16	-	12,60
A5	0,80	-	19,00
A6	0,46	-	8,00
A7	0,40	-	31,33
A8	0,73	-	2,80
A9	1,43	-	4,47
A10	1,80	-	6,60
A11	4,26	-	2,73
A12	0,40	-	0,93
M.O.	1,75	-	10,88

Πίνακας1. Πυκνότητα μολύσματος (μς/γρ. χώματος), για τα 12 σημεία δειγματοληψίας του Α τεμαχίου σε τρεις ημερομηνίες.

Δείγμα	Ημερομηνία		
	16.11.1994	17.02.1995	02.05.1995
B1	1,40	2,60	11,47
B2	0,26	11,67	14,40
B3	0,13	1,80	3,60
B4	0,20	14,00	11,53
B5	1,13	4,20	5,13
B6	1,46	10,93	9,00
B7	0,06	1,53	3,07
B8	0,06	3,00	3,33
B9	0,20	4,67	4,33
B10	0,06	1,60	3,20
B11	0,20	6,20	0,40
B12	0,20	0,47	0,60
M.O.	0,44	5,22	5,83

Πίνακας 2. Πυκνότητα μόλυσματος (μσ/γρ.χώματος)για τα 12 σημεία δειγματοληψίας του Β τεμαχίου σε τρεις ημερομηνίες.

Η πειραματική διαδικασία της δειγματοληψίας του Φεβρουαρίου απέτυχε και τα αποτελέσματα δεν παρατέθηκαν στον πίνακα 1 των αποτελεσμάτων. Παρατηρώντας, εξάλλου, τους μέσους όρους των δειγματοληψιών που έγιναν στις τρεις χρονικές στιγμές συμπεραίνει μια χρονική αύξηση του μόλυσματος. Στην περίπτωση του αγρού Β η μεταβολή του μόλυσματος είναι πιο μεγάλη μεταξύ της πρώτης και δεύτερης δειγματοληψίας, και μικρότερη μεταξύ δεύτερης και τρίτης. Η σημαντικότητα της διαφοράς των μέσων όρων επαληθεύεται από την σύγκριση μεταξύ τους με χρήση της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ). Στην περίπτωση του αγρού Α υπολογίστηκε  $ΕΣΔ_{0,5} = 6,17$  ενώ στην περίπτωση του αγρού Β,  $ΕΣΔ_{0,5} = 2,57$ .

Επίσης παρατηρείται μια σημαντική παραλλακτικότητα ανάμεσα στις τιμές της πυκνότητας μόλυσματος από σημείο σε σημείο για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας.

- Επίδραση της διαχείρισης των βαμβακοστελεχών.

Ο συνολικός αγρός μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα επιμέρους τμήματα 1,2,3,4 καθένα από τα οποία ορίζεται από 6 θέσεις δειγματοληψίας. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα των μεθόδων του πειράματος, τα βαμβακοστελέχη παρέμειναν στον αγρό μόνο στο 1/4 του συνολικού αγρού, δηλαδή στις θέσεις Β6-Β12. Επίσης, αναφέρθηκε ότι τα βαμβακοστελέχη δεν παραχώθηκαν παρά μόνο τον Ιανουάριο και όχι αμέσως μετά την συγκομιδή, όπως συνιστάται. Οι μέσοι όροι της πυκνότητας μόλυσματος που αντιστοιχεί στα τέσσερα αυτά τμήματα κατά τις τρεις ημερομηνίες δειγματοληψίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Τεμάχιο	Θέσεις δειγματοληψίας	16/11	17/2	2/5	π2-π1/π1
1	A1-A6	2.01	-	14	5.96
2	A7-A12	6,4	-	8.143	0.27
3	B1-B6	0.76	7.53	9.18	11.07
4	B7-B12	0.13	2.91	2.48	18.07

Πίνακας 3. Μέσοι όροι πυκνότητας μολύσματος για τα τεμάχια 1-4 για τις τρεις ημερομηνίες. Παρατηρώντας τους μέσους όρους της πυκνότητας μολύσματος στα τέσσερα τμήματα του αγρού συμπεραίνει κανείς ότι η μεταβολή του μολύσματος μεταξύ Νοεμβρίου και Μαΐου είναι πιο μεγάλη στην περίπτωση του τεμαχίου 4 παρά στα υπόλοιπα 3 τμήματα του αγρού. Αυτό προκύπτει από την σύγκριση της διαφοράς στην πυκνότητα μολύσματος μεταξύ Νοεμβρίου (π1) και Μαΐου (π2) προς την αρχική τιμή του μολύσματος.

- Παραλλακτικότητα της τιμής της πυκνότητας μολύσματος στον αγρό

Μεγάλη παραλλακτικότητα παρουσιάζει η πυκνότητα μολύσματος στις 24 θέσεις δειγματοληψίας για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας. Διάφορα στατιστικά μεγέθη που περιγράφουν την κατανομή γύρω από τον μέσο όρο, όπως είναι η τυπική απόκλιση, το εύρος τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης για τον μέσο όρο δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Επίσης παρουσιάζεται ο συντελεστής παραλλακτικότητας που επιτρέπει την σύγκριση της παραλλακτικότητας μεταξύ των τριών δειγματοληψιών.

Αγρός	Δειγ/ψία	μ.ο.	εύρος τιμών	εύρος/μ.ο.	s	cv	διάστημα εμπιστοσύνης για τον μ.ο.
A	1η	1.75	4.1	1.3	1.71	0.97	1.75± 1.07
	3η	10.88	30.4	1.7	9.57	0.87	10.88± 6.07
B	1η	0.44	1.4	3.1	0.53	1.2	0.44±0.33
	2η	5.22	13.53	2.5	4.52	0.86	5.22±2.86
	3η	5.83	14	2.4	4.6	0.78	5.83±2.9

Πίνακας 4. Στατιστικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν την διακύμανση της πυκνότητας μολύσματος τοπικά.

Σημειώνεται το μεγάλο εύρος του διαστήματος εμπιστοσύνης για τον μέσο όρο και οι υψηλές τιμές του συντελεστή παραλλακτικότητας που φανερώνουν την μεγάλη παραλλακτικότητα στην τιμή της πυκνότητας μολύσματος από σημείο σε σημείο στον αγρό του ενός στρέμματος. Η παραλλακτικότητα αυτή παρουσιάζει μια σταθερότητα στον χώρο και στον χρόνο, αφού ο συντελεστής παραλλακτικότητας (cv) δεν έχει για καμιά δειγματοληψία τιμή μικρότερη από 0.75. Εξάλλου το εύρος του διαστήματος εμπιστοσύνης για τον μέσο όρο είναι περίπου το ήμισυ ως και 3/4 της τιμής του μέσου όρου.

- Μετεωρολογικές και εδαφολογικές παρατηρήσεις.

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις, που περιλαμβάνουν μέσες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης ανά δεκαήμερο, φαίνονται στον πίνακα 5.

Αυτό που συμπεραίνει κανείς παρατηρώντας τα παραπάνω στοιχεία είναι ότι οι θερμοκρασίες γενικά κυμάνθηκαν σε ευνοϊκά για την ανάπτυξη του μύκητα

επίπεδα. Με εξαίρεση τα δυο πρώτα δεκαήμερα του Ιανουαρίου και το δεύτερο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου, που οι θερμοκρασίες έπεσαν κάτω από τους 5°C, την ελάχιστη δηλαδή θερμοκρασία ανάπτυξης του μύκητα, το υπόλοιπο χρονικό διάστημα στάθηκε ευνοϊκό για την επιδημιολογία του μύκητα, σε συνδυασμό με τις μέτριες ή χαμηλές βροχοπτώσεις. Το πιο αποφασιστικό δεκαήμερο για την ανάπτυξη του βερτισιλίου στο έδαφος ήταν το τρίτο του Οκτώμβρη, κατά το οποίο, η μεγάλη βροχόπτωση προκάλεσε την κατάκλυση του αγρού για διάστημα περίπου ενός μηνός.

Η αύξηση της θερμοκρασίας που αρχίζει από τον Φεβρουάριο, και κυρίως από το τρίτο δεκαήμερο του Μαΐου, είναι επίσης ευνοϊκή για την επιδημιολογία του μύκητα. Οι θερμοκρασίες, εξάλλου, κατά τους δυο θερινούς μήνες κυμαίνονται σε μέτρια επίπεδα, και δεν ξεπερνούν τους 30°C, δημιουργώντας έτσι συνθήκες ευνοϊκές για την έξαρση της ασθένειας.

Μήνας	Δεκα- ήμερο	Μ.Θ.	Μ.Β.	Μήνας	Δεκα- ήμερο	Μ.Θ.	Μ.Β.
Σεπτέμβρης	1ο	22,90	0,00	Μάρτιος	1ο	11,00	22,20
	2ο	23,90	0,00		2ο	8,60	28,00
	3ο	21,80	0,00		3ο	9,50	38,20
Οκτώμβρης	1ο	20,40	37,80	Απρίλιος	1ο	11,10	8,20
	2ο	14,90	16,20		2ο	10,70	17,40
	3ο	15,20	164,00		3ο	15,70	0,00
Νοέμβρης	1ο	11,80	21,80	Μαΐος	1ο	15,00	14,80
	2ο	10,20	52,60		2ο	18,70	0,00
	3ο	5,80	0,60		3ο	20,40	1,40
Δεκέμβρης	1ο	4,70	0,00	Ιούνιος	1ο	23,40	0,00
	2ο	4,60	14,80		2ο	23,90	3,80
	3ο	7,20	26,80		3ο	24,00	33,40
Ιανουάριος	1ο	6,10	2,20	Ιούλιος	1ο	24,10	
	2ο	3,20	40,60		2ο	25,10	
	3ο	7,00	0,60		3ο	24,70	0,00
Φεβρουάριος	1ο	7,60	0,20	Αυγούστος	1ο		
	2ο	9,30	3,40		2ο		
	3ο	11,80	0,20		3ο		

Πίνακας 1. Μετεωρολογικά στοιχεία για τους μήνες από Σεπτέμβριο 1994 ως Ιούλιο 1995. Παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία και η μέση βροχόπτωση ανα δεκαήμερο. Διακρίνεται η μεγάλη βροχόπτωση του τρίτου δεκαημέρου του Οκτώμβρη και οι ήπιες θερμοκρασίες του καλοκαιριού.

Η εδαφολογική ανάλυση των αγρών Α και Β, όπως πραγματοποιήθηκε στο ΙΧ.Τ.Ε.Λ., καθώς και η μέτρηση του pH έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα,

	Άμμος	Ίλύς	Άργιλλος	Χαρακτηρισμός	pH
τεμάχιο Α.....	25%	32%	43%	clay	7,592
τεμάχιο Β.....	17%	40%	43%	clay	7,450

Παρατηρεί κανείς ότι τα δυο εδάφη έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά και δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Τα εδαφολογικά τους χαρακτηριστικά εξάλλου συμφωνούν απόλυτα με τις απαιτήσεις του μύκητα σε έδαφος. Τα δυο εδάφη έχουν pH ουδέτερο προς όξινο, και χαρακτηρίζονται ως αργιλώδη. Ως

αργιλλώδη τα εδάφη αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλή τιμή υδατοϊκανότητας. Η υψηλή υδατοϊκανότητα του εδάφους έχει επίσης θετική επίπτωση στην ανάπτυξη του μύκητα.

Τα παραπάνω δεδομένα, σε συνδυασμό με τις υψηλές πυκνότητες μολύσματος που μετρήθηκαν στον αγρό κατά την δειγματοληψία του Φεβρουαρίου (που ξεπερνούν το όριο των 5 μσ/γρ. που αναφέρεται από τον κ.Γαλανόπουλο ως όριο για τις ελληνικές συνθήκες) πριν την σπορά του βαμβακιού, ανάγουν την πρόβλεψη ότι κατά την φετινή καλλιεργητική περίοδο, εφόσον θα γίνονταν η καλλιέργεια μιας ευαίσθητης ποικιλίας, θα εμφανίζονταν έξαρση της ασθένειας και σημαντική επίπτωσή της στην απόδοση του βαμβακιού.

- Συντελεστές προσβολής

Τα αποτελέσματα της επιτόπου παρατήρησης του ποσοστού και του βαθμού προσβολής, όπως έγιναν σε κάθε σημείο δειγματοληψίας, έχουν την παρακάτω μορφή,

		Θέση δειγματοληψίας											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Αρ. φυτών	Α	5	12	13	7	7	9	10	7	5	7	11	11
Αρ. προσβ. φυτ.		5	12	13	7	6	9	10	7	5	7	11	11
Β.Π.						1							
Αρ. φυτών	Β	10	14	14	8	9	10	9	11	10	10	12	8
Αρ. προσβ. φυτ.		10	14	14	8	9	10	9	11	10	10	12	8
Β.Π.													

Πίνακας 4. Παρατηρήσεις της 27/7/1995, για την εκτίμηση των συντελεστών προσβολής (ποσοστό και βαθμός προσβολής).

Οι παραπάνω μετρήσεις οδηγούν στην εκτίμηση ενός μηδενικού ποσοστού προσβολής, που οφείλεται στην ανθεκτικότητα της ποικιλίας που χρησιμοποιήθηκε. Πέρα όμως από τα παραπάνω δεδομένα που στηρίζονται στις αρχές της τυχαίας δειγματοληψίας, στον αγρό απαντώνταν σποραδικά φυτά με χαρακτηριστικά συμπτώματα αδρομύκωσης, που παρουσίαζαν βαθμό προσβολής 2-3 και 3. Μια δεύτερη παρατήρηση που προγραμματίζεται κατά τα τέλη Σεπτεμβρίου και αποσκοπεί στην εκτίμηση των συντελεστών προσβολής της όψιμης προσβολής που είναι και πιο σοβαρή για την Ελλάδα, ενδέχεται να δώσει μεγαλύτερες τιμές των συντελεστών προσβολής.

Τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας έδωσαν μια χρονική μεταβολή του μολύσματος και μάλιστα μια μεγάλη αύξησή του στους δυο αγρούς ως και δεκαπλάσια του αρχικού μολύσματος. Η ταχεία αυτή αύξηση της πυκνότητας του μολύσματος του *V.dahliae* στο έδαφος θυμίζει τους τρόπους ανάκτησης της μεταβολικής διαδικασίας του εδάφους που σημειώνει ο Bollen (1979) αναφερόμενος στις παρενέργειες των φυτοπροστατευτικών ουσιών στην μικροβιακή ισορροπία του εδάφους. Μετά από την επίδραση του εξωγενούς παράγοντα κατά την αύξηση των πληθυσμών της μικροχλωρίδας δεσπόζουν τα ανθεκτικά είδη ή στελέχη που επανέρχονται με ταχύ μάλιστα ρυθμό ενώ αργότερα θα επέλθει ισορροπία.

Πρακολουθώντας τον αγρό κατά το διάστημα του ενός χρόνου μπορεί κανείς να σημειώσει την κατάκλυση του αγρού για διάστημα περίπου ενός μηνός μετά τις βροχοπτώσεις του Οκτώβρη. Μια κατάκλυση του εδάφους για ένα μήνα επιδρά αρνητικά στην επιβίωση μικροοργανισμών ευαίσθητων στις αναερόβιες συνθήκες που δημιουργούνται. Το *V.dahliae*, όμως, μπορεί να επιβιώσει κάτω από αυτές τις συνθήκες χάρη στα ανθεκτικά μικροσκληρώτια για διάστημα 6 εβδομάδων ως 6 μηνών, εφόσον επικρατούν ήπιες θερμοκρασίες, όπως αναφέρει ο Brinkerhoff (1973). Μετά την κατάκλυση, με την απουσία ή την μειωμένη παρουσία και δράση των φυσικών ανταγωνιστών και παρασίτων του μύκητα, αυξάνει η πυκνότητα του μολύσματος του, και μάλιστα με ρυθμό μεγαλύτερο από ότι σε ένα ισορροπημένο εδαφικό οικοσύστημα.

Η φάση της αναπαραγωγής του μολύσματος στην περίπτωση του *V. dahliae* γίνεται πάνω στους ξενιστές του, εδώ στο βαμβάκι (Brinkerhoff, 1973, Mitchell, 1979). Έτσι, σημαντική επίδραση στην περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος είχε η διαχείριση των βαμβακοστελεχών. Η ενσωμάτωση αυτών συνιστάται να γίνεται μετά την συγκομιδή, για την αποφυγή της παραμονής τους στην επιφάνεια του εδάφους κατά τις ευνοϊκές για την επιδημιολογία του μύκητα συνθήκες του φθινοπώρου (Brinkerhoff, 1973, Wilhelm, 1985). Στην περίπτωση του πειράματος, αυτά δεν ενσωματώθηκαν στο έδαφος παρά μόνο τον Ιανουάριο, συνεπώς τα μικροσκληρώτια δεν υπέστησαν την δράση της μικροχλωρίδας και προστατεύτηκαν από την πιθανή έκπλυση που υπέστησε ένα μέρος του μολύσματος που βρίσκονταν στο έδαφος. Το αποτέλεσμα ήταν τον Νοέμβριο κατά την πρώτη δειγματοληψία να μετρηθούν μικρές συγκεντρώσεις μολύσματος. Αργότερα, τον Ιανουάριο έγινε η ενσωμάτωση των βαμβακοστελεχών και η διαδικασία απελευθέρωσης των μικροσκληρωτίων στο έδαφος, ενώ με την μικρότερη παρουσία των βιολογικών παραγόντων που μεταβολίζουν τα μικροσκληρώτια, αυτά διατηρήθηκαν στο έδαφος και έδωσαν τις υψηλές τιμές της πυκνότητας μολύσματος που μετρήθηκαν τον Φεβρουάριο. Με την παρουσία του ξενιστή στον αγρό, την άνοιξη, το παθογόνο εισέρχεται στην φάση του εποικισμού και αναπαραγωγής του μολύσματος (Mitchell, 1979), ενώ η καλλιέργεια της ανθεκτικής ποικιλίας δεν ευνόησε το παθογόνο στην φάση αυτή της δυναμικής του. Οπωσδήποτε, επανάληψη της προηγούμενης ανθεκτικής ποικιλίας θα συνοδεύονταν από μεγάλες απώλειες στην παραγωγή (λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης μολύσματος) και θα ευνοούσαν την περεταίτω αύξηση του μολύσματος στον αγρό.

Η χρήση ανθεκτικής ποικιλίας και η αμειψισπορά, όμως, δεν προκαλεί μείωση της πυκνότητας μολύσματος, αλλά απλά αναστέλλει την αύξησή του (Davis&McDole,

1979). Γι' αυτό δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή του μολύσματος μεταξύ της δεύτερης και τρίτης δειγματοληψίας. Βέβαια, παρά το μηδενικό ποσοστό της προσβολής που μετρήθηκε, το υψηλό ποσό του μολύσματος στο έδαφος με τις ευνοϊκές για την επιδημιολογία του μύκητα κλιματικές συνθήκες της άνοιξης και του καλοκαιριού, προκάλεσε προσβολή σε λίγα μεμονωμένα φυτά της ανθεκτικής ποικιλίας στον αγρό. Αυτό σημαίνει ότι το μόλυσμα πιθανώς να μειωθεί ελάχιστα ως την επόμενη καλλιεργητική περίοδο και θα υπάρξει ανάγκη επανάληψης της καλλιέργειας της ανθεκτικής ποικιλίας.

Η σημασία της διαχείρισης των βαμβακοστελεχών φαίνεται και στον διαφορετικό ρυθμό με τον οποίο αυξήθηκε η πυκνότητα του μολύσματος στα τεμάχια στα οποία τα βαμβακοστελέχη απομακρύνθηκαν. Παρατηρήθηκε μια μεγαλύτερη αύξηση του μολύσματος στα τεμάχια όπου τα βαμβακοστελέχη πριν από την ενσωμάτωσή τους απομακρύνθηκαν από τον αγρό. Το γεγονός αυτό εξηγείται από το μεγαλύτερο ποσό των μικροσκληρωτίων που ελευθερώθηκε στο έδαφος κατά την αποσύνθεση των υπολλειμάτων βαμβακιού.

Η χρονική μεταβολή της πυκνότητας μολύσματος, όπως μετρήθηκε κατά την διάρκεια του έτους, επιβεβαιώνει το γεγονός ότι η δειγματοληψία του χώματος που γίνεται για την εκτίμηση της πυκνότητας μολύσματος, και τον καθορισμό της κατάλληλης προς καλλιέργεια ποικιλίας, μπορεί να γίνει στις αρχές της άνοιξης (Parlomatias et al., 1992). Μεγάλη μεταβολή στην πυκνότητα του μολύσματος στο χώμα φαίνεται να λαμβάνει χώρα κατά το φθινόπωρο και τον χειμώνα με την απελευθέρωση των μικροσκληρωτίων από τα στελέχη του βαμβακιού παρά την άνοιξη όπου αντίθετα λαμβάνει χώρα η αναπαραγωγή του μολύσματος πάνω στο βαμβάκι.

Εκτός από την χρονική μεταβολή του μολύσματος, τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν και μια σημαντική παραλλακτικότητα του , από σημείο σε σημείο του αγρού. Η παραλλακτικότητα αυτή, που οφείλεται στην μικροσκοπική φύση του οργανισμού και στην μεγάλη ανομοιομορφία των χαρακτηριστικών του εδάφους και της θρεπτικής του κατάστασης, επιβάλλει μεθοδική δειγματοληψία εδάφους, ώστε το αποτέλεσμα των μετρήσεων να αντιπροσωπεύει την πραγματική κατάσταση του σημείου ή τεμαχίου που μελετάται.

Η παρούσα εργασία έδειξε για άλλη μια φορά την σημασία του εδαφικού οικοσυστήματος στο σύνολό του για την δυναμική του μολύσματος των παθογόνων εδάφους, και την ικανότητά τους να προκαλούν ζημιά στους ξενιστές. Η μελέτη της δυναμικής των παθογόνων εδάφους προϋποθέτει την γνώση των διαφόρων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων του συμπλέγματος που δρά στην συμπεριφορά του παθογόνου, ώστε τελικά τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, όπως και των μετρήσεων της πυκνότητας του μολύσματος να περιγράφουν καλύτερα την εικόνα του παθογόνου στο έδαφος. Η έρευνα προς την κατεύθυνση της αντιμετώπισης των παθογόνων εδάφους πρόκειται να υποβοηθηθεί πάρα πολύ από την έρευνα των παράγοντων του περιβάλλοντος που αλληλεπιδρούν με το παθογόνο. Την ανάγκη αυτή επεσήμανε και ο Mitchell (1979), ο οποίος επιπλέον τονίζει και την σημασία του γενετικού φορτίου του παθογόνου και την ανάγκη παραπέρα μελέτης του.

Πολλές έρευνες γίνονται τελευταία προς την κατεύθυνση της εκμετάλλευσης των διαφόρων στοιχείων της οικολογίας του παθογόνου για την αντιμετώπισή του, δεδομένου ότι λείπει αποτελεσματική χημική καταπολέμηση. Εδώ εντάσσονται οι έρευνες γύρω από την ηλιοαπολύμανση και τους μικροοργανισμούς που παρασιτούν ή ανταγωνίζονται το *V.dahliae*. Ωστόσο η έρευνα των παραγόντων αυτών όσο γίνεται σε συνθήκες εργαστηρίου απομονώνοντας τον καθένα τους από το συνολικό οικολογικό του πλαίσιο μειονεκτεί σε σχέση με την έρευνα ενός



φυσικά μολυσμένου αγρού, ενώ και στην τελευταία αυτή περίπτωση τα αποτελέσματα είναι εφαρμόσιμα στις συγκεκριμένες εδαφοκλιματικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν τη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.

Συνεπώς, πολύ σημαντική για την παραπέρα έρευνα του *V. dahliae* και γενικά των παθογόνων εδάφους είναι η μελέτη των χαρακτηριστικών του εδαφικού οικοσυστήματος και του γενετικού φορτίου των μυκήτων, στοιχεία που χαρακτηρίζουν την δυναμική και την συμπεριφορά των παθογόνων αυτών στο έδαφος, και συνεπώς την επίπτωση των προσβολών τους στις καλλιέργειες των φυτών.

### Συμπεράσματα

1. Υπάρχει σημαντική χρονική διακύμανση της πυκνότητας μολύσματος του *V. dahliae* στον αγρό. Η μεταβολή αυτή είναι αποτέλεσμα των ιδιαίτερων κλιματικών συνθηκών που επικράτησαν κατά την διάρκεια του πειραματισμού στον αγρό, που δημιούργησαν μια αλλαγή στην κατανομή της μικροχλωρίδας του εδάφους.

2. Υπάρχει μεγάλη διαφορά στις τιμές της πυκνότητας του μολύσματος από σημείο σε σημείο του αγρού. Αυτό επιβάλλει συγκεκριμένο τρόπο δειγματοληψίας του χώματος.

3 Το επίπεδο μολύσματος δεν προκάλεσε μέχρι τον Αύγουστο επιπτώσεις στην καλλιέργεια, ίσως λόγω της ανθεκτικότητας που παρουσιάζει η ποικιλία που καλλιεργήθηκε, στην αδρομύκωση.

4 Τα υπολλείματα της καλλιέργειας έχουν θετική δράση στην επιδημιολογία της ασθένειας. Η παραμονή τους στον αγρό κατά την διάρκεια του φθινοπώρου, προκαλεί σημαντική αύξηση της πυκνότητας του μολύσματος στον αγρό. Η απομάκρυνση των βαμβακοστελεχών από τον αγρό έχει θετική επίδραση στην μείωση του μολύσματος στην αδρομύκωση.

5 Η δειγματοληψία του εδάφους που γίνεται για την εκτίμηση του μολύσματος πριν από την σπορά, για τον καθορισμό της ποικιλίας που θα πρέπει να καλλιεργηθεί, μπορεί να γίνει στις αρχές της άνοιξης πριν από την σπορά.

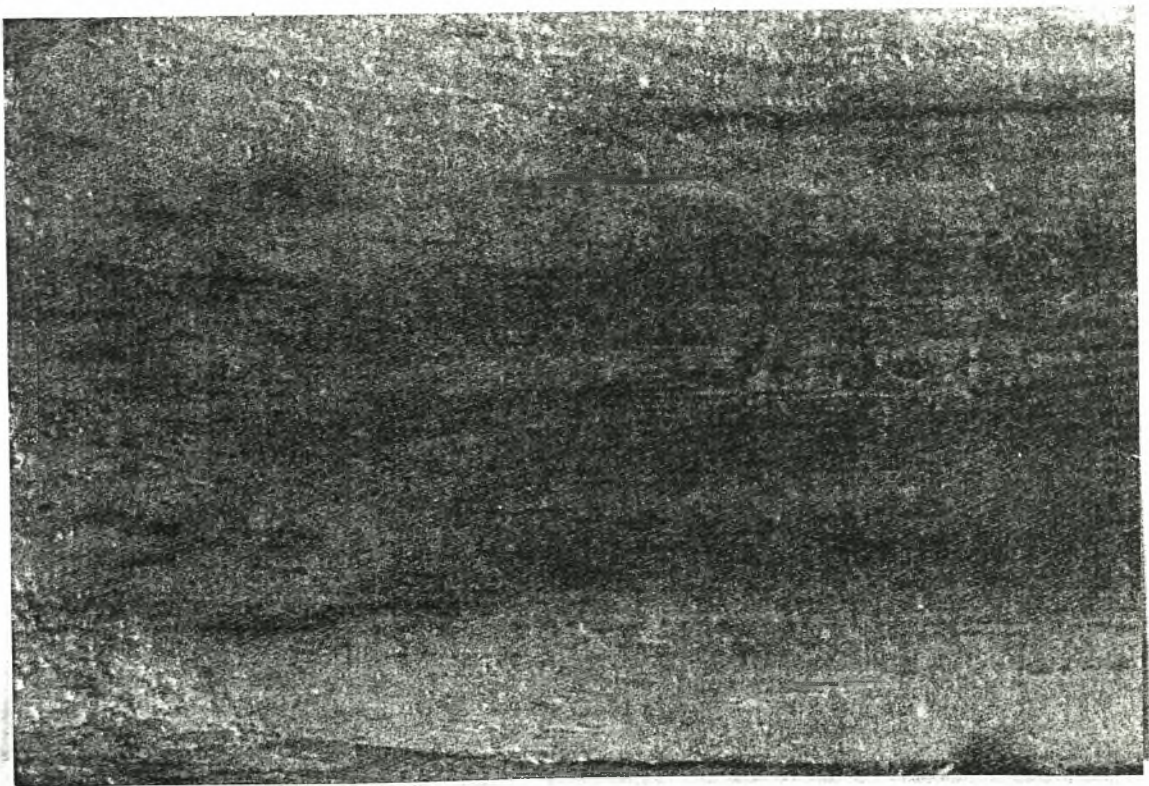
1. Al-Ahmad, M.A., 1992, The solar chamber, an innovative technique for controlling *Verticillium* wilt of olive. *Bulletin OEPP* **23** :531-535.
2. Ashworth, L.J., McCutcheon, O.D., George, A.G., 1972, *Verticillium albo-atrum*, the quantitative relationship between inoculum density and infection of cotton. *Phytopathology* **62**, :901-903.
3. Awadalla, O.A., El-Refai, I.M., 1992, Herbicide-induced resistance of cotton to *Verticillium dahliae* wilt disease and activation of host cells to produce the phytoalexin gossypol. *Canadian Journal of Botany* **70** :1440-1444.
4. Ausher, R., Katan, J., Ovadia, S., 1975. An improved selective medium for the isolation of *Verticillium dahliae*. *Phytoparasitica* **3** :133-137.
5. Bollen, G.J., 1979. Side-effects of pesticides on microbial interactions. *Soil-Borne Plant Pathogens*. Academic Press: 451-482
6. Brinkerhoff, L.A., 1973. *Verticillium* wilt of cotton -Effects of environment on the pathogen and the disease. *Proc. Work. Conf. College Sta. Texas* :78-88.
7. Bouhot, D., 1979. Estimation of inoculum density and inoculum potential: Techniques and their value for disease prediction. *Soil-Borne Plant Pathogens*. Academic Press: 21-34
8. Butterfield, E.J., De Vay, J.E., 1977. Reassessment of Soil Assays for *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* **67** :1073-1078.
9. Butterfield, E.J., DeVay, J.E., 1975. The relationship between inoculum density of *Verticillium dahliae* and the incidence of *Verticillium* wilt in cotton. *Pacific Division*, June 15-18, 1975 :111-112.
10. Castrejon Sanguino, A., Chew Madinaveitia, Y., 1991. [Induced resistance to *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* fsp. *melonis* and *Pseudomonas* sp. *fluorescens* under field conditions . *Revista Mexicana de Fitopatologia* **9** (2) : 97-101.
11. Γαλανοπούλου, Σ.Ν., Λευκοπούλου, Σ.Σ., Χλιχλια, Α.Γ., 1978. Η αδρομύκωση στο βαμβάκι, Ινστιτούτο Βάμβακος, Σίνδος.
12. Γαλανοπούλου, Σ.Ν., Γαλανόπουλος, Ν., 1985. Μελέτη προσβολής βαμβακιού από αδρομύκωση. Ρόλος ποικιλιών και καλλιεργητικών παραγόντων. Προσδιορισμός ποσοτικών και ποιοτικών απωλειών. Γεωργική Έρευνα, Τόμος 9, Τεύχος 3/1985.
13. Γαλανοπούλου, Σ.Ν., 1994, *Ειδική Γεωργία II*, Βόλος, Έκδοση του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
14. Γαλανοπούλου, Σ.Ν., *Οικολογική καλλιέργεια βαμβακιού*, 1994. Καρδίτσα.
15. Γεωργόπουλος, Γ., Ζιώγας, Β.Ν., 1992. *Αρχές και μέθοδοι αντιμετώπισης των ασθενειών των φυτών*. Αθήνα.
16. Davis, D.A., Tiao, D., Seo, J.H., Emery, A., Low, P.S., Heinstejn, P., 1992. Enhancement of phytoalexin accumulation in cultured plant cells by oxalate. *Phytochemistry* **31** :1603-1607.
17. Davis, J. R., McDole, R.E., 1979. Influence of cropping sequences on soil-borne populations of *V. dahliae* and *Rhizoctonia solani*. *Soil-borne Plant Pathogens*. Academic Press: 399-406.

18. DeVay, J.E., Katan, J., Soil solarization. Mechanisms of pathogen control in solarized soils. Un. of California. CRC Press.
19. Fravel, D.R., Kim, K.K., Papavizas, G.C. 1987. Viability of microsclerotia of *Verticillium dahliae* reduced by a metabolite produced by *Talaromyces flavus*. *Phytopathology* 77: 616-619.
20. Fahima, T., Lea Madi, Henis, Y., 1992. Ultrastructure and germinability of *Verticillium dahliae* parasitized by *Talaromyces flavus* on agar-medium and in treated soil. *Biocontrol Science and Technology* 2:69-78.
21. Gan, L., Lu, J.D., 1991. [Isolation and purification of cotton *Verticillium* wilt pathogen and bioassay of its wilting phytotoxin]. *Acta Universitatis Agriculturae Boreali-Occidentalis* 19 : 49-54.
22. Gil Ortega, R. 1990, [The effect of soil solarisation in an open air pepper culture.] *Produccion Vegetal* 86 :142-154.
23. Harris, D.C., Yang, J.R., Ridout, M.S., 1993. The detection and estimation of *Verticillium dahliae* in naturally infested soil. *Plant Pathology* 42 : 238-250.
24. Huisman, O.C., Ashworth, Jr., 1974. Quantitative assessment of *Verticillium albo-atrum* in field soils; Procedural and substrate improvements. *Phytopathology* 64 :1043-1044.
25. Huisman, O.C., 1988. Seasonal colonisation of roots of field-grown cotton by *Verticillium dahliae* and *V. tricorpus*. *Phytopathology* 78 : 708-716.
26. Καλόγηρος, Κ., 1995. Η σημασία της καλλιέργειας του βαμβακιού στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία. *Το Βήμα του Γεωπ.Συλ.Λάρισας* :31-35.
27. Kim, K.K., Fravel, D.R., Papavizas, G.C., 1990. Glucose oxidase as the antifungal principle of talaron from *Talaromyces flavus*. *Canadian Journal of Microbiology* 36 :760-764.
28. Lagutina, T.M. et al., 1990. Colonisation of pathogenic fungi by bacteria in soil (abstract). *Agrokemia es Talajtan* 39 : 459-460.
29. Ligoxiakakis, E.K., Vakalounakis, D.J., 1992. Occurrence of race 2 of *Verticillium dahliae* on tomatoes in Crete. *Plant Pathology* 41 :774-776.
30. Minton, E.B., 1973. *Verticillium* wilt of cotton. Chemical control. Proc. Work. Conf. College Sta. Texas :105-109.
31. Mitchell, J.E., 1979. The dynamics of the inoculum potential of populations of soil-borne plant pathogens in the soil ecosystem. *Soil-borne Plant Pathogens*. Academic Press: 3-20.
32. Mueller, W.C., Morgham, A.T., 1993. Ultrastructure of the vascular responses of cotton to *Verticillium dahliae*. *Canadian Journal of Botany* 71 : 32-36.
33. Mukhamedzhanov, M.V., Zubenko, T.F., 1992. Structural changes of microscopic fungi complexes of cotton field soil due to different agrotechnical forms of cultivation. *Mikologiya i Fitopatologiya* :137-141.
34. Παναγόπουλος, Χ.Γ., 1992. *Ασθένειες καρποφόρων δέντρων και αμπέλου*. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα .
35. Παναγόπουλος, Χ.Γ., 1992, *Ασθένειες λαχανικών, βιομηχανικών φυτών και κηπευτικών*. Αθήνα .
36. Paplomatas, E.J., Basset, D.M., Broome, J.C., DeVay, J.E. 1992. Incidence of *Verticillium* wilt and yield losses of cotton cultivars (*Gossypium hirsutum*) based on soil inoculum density of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 82: 1417-1420.

37. Ranney, C.D., 1973. Verticillium wilt of cotton. Cultural control. Proc. Work. Conf. College Sta. Texas :98-104.
38. Salikhbaeva, M.T., Dzhamalov, et al., 1992, [Soil enzyme activity and increase in yield of cotton grown in an active anti-wilt crop rotation.] *Uzbekskii Biologicheskii Zhurnal* No. 4: 17-19.
39. Schnatthorst, W.C., 1973, Verticillium wilt of cotton. Nomenclature and physiology of *Verticillium* species, with emphasis on the *V. albo-atrum* versus *V. dahliae* controversy. Proc. Work. Conf. College Sta. Texas :1-19.
40. Shipton, P.J., 1979. Natural and induced suppression of soil-borne plant pathogens: concluding remarks. *Soil-borne Plant Pathogens* . Academy Press.
41. Skoudridakis, M.T., Bourbos, V.A., 1989, [Soil solarization by mulching with films of transparent polyethylene for control of *Verticillium* wilt of olive.] *Rivista di Patologia Vegetale* 25: 46-49.
42. Stapleton, J.J., Paplomatas, E.J., Wakeman, R.J., DeVay, J.E., 1993. Establishment of apricot and almond trees using soil mulching with transparent (solarisation) and black polyethylene film, effects on Verticillium wilt and tree health . *Plant Pathology*, 42 :333-338
43. Szczygiel, A., Rebandel, Z. [Effectiveness of chemical decontamination in limiting the adverse effects of soil sickness during strawberry replanting.] *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Ogrodnictwo* No.19: 149-159.
44. Tjamos, E.C., Biris, D.A., Paplomatas, E.J. 1991. Recovery of olive trees with Verticillium Wilt after individual application of soil solarisation in established olive orchards. *Plant. Disease* 75 : 557-562.
45. Τόλης, Ι.Δ., 1986. *Βαμβάκι. Εχθροί, ασθένειες, ζιζάνια*. Αθήνα.
46. Trunenkov, I.P. 1991. [The influence of B vitamins in conditions of hypervitaminosis on cotton plant resistance to *Verticillium dahliae* Kleb.] *Byulleten' Glavnogo Botanicheskogo Sada* No.161 : 78-83.
47. Wilhelm, S., Sagen, J.E., Tietz, H., 1985. Phenotype modification in cotton for control of Verticillium wilt through dense plant population culture. *Plant Disease* 69 : 283-288.
48. Vichevov, E., Urunov, I., 1991, [Application of glauconite to cotton.] *Khlopok* No.4 : 24-25.
49. Vostrov, I.S., Orazov, K.H., Lebedev, G.V., 1990. [Solving the problem of cotton wilt]. *Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki* No 5 : 113-119
50. Χρησιτιδης, Β., 1965. *Το Βαμβάκι*, Θεσ/νικη

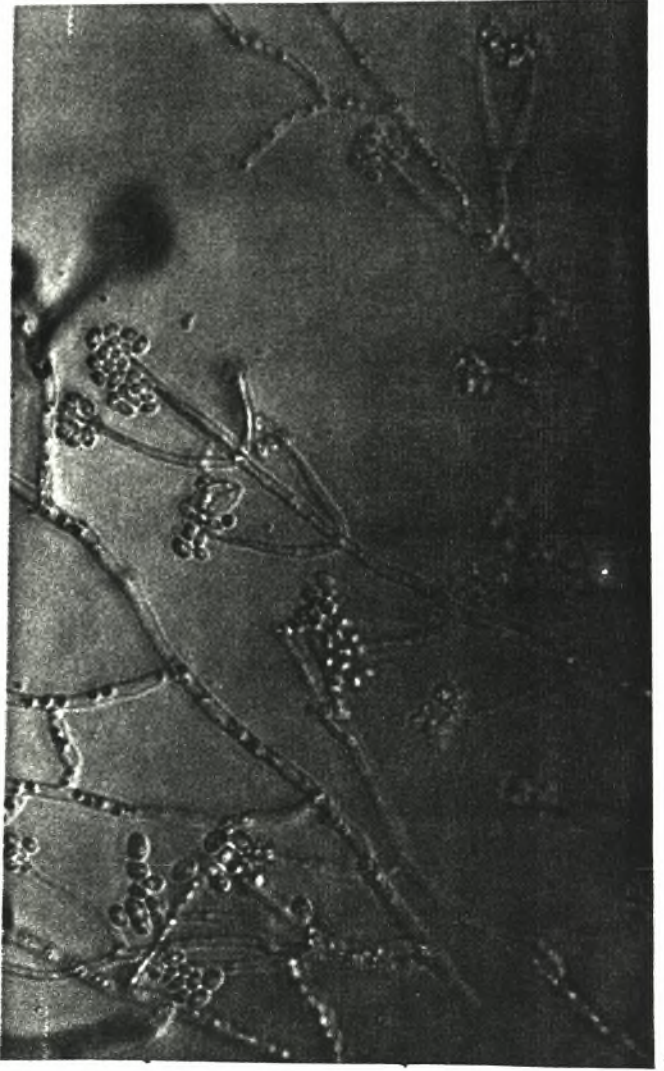
Παράρτημα

Φωτογραφικό υλικό

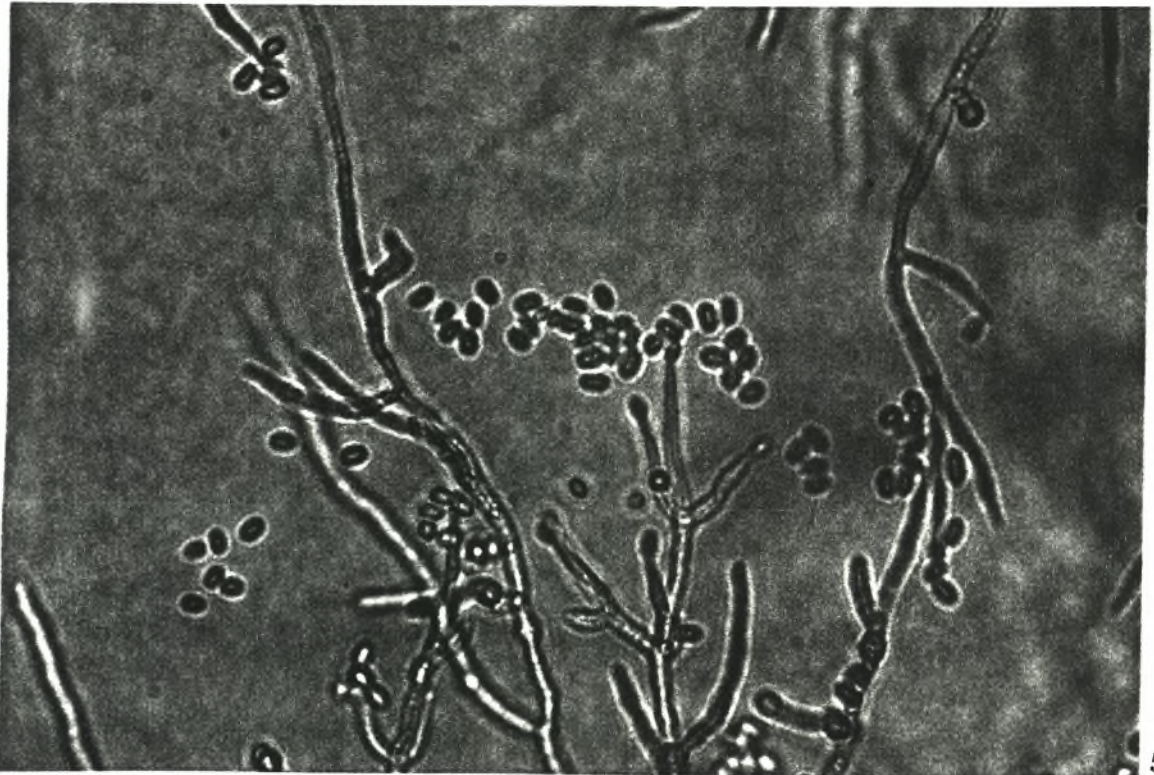




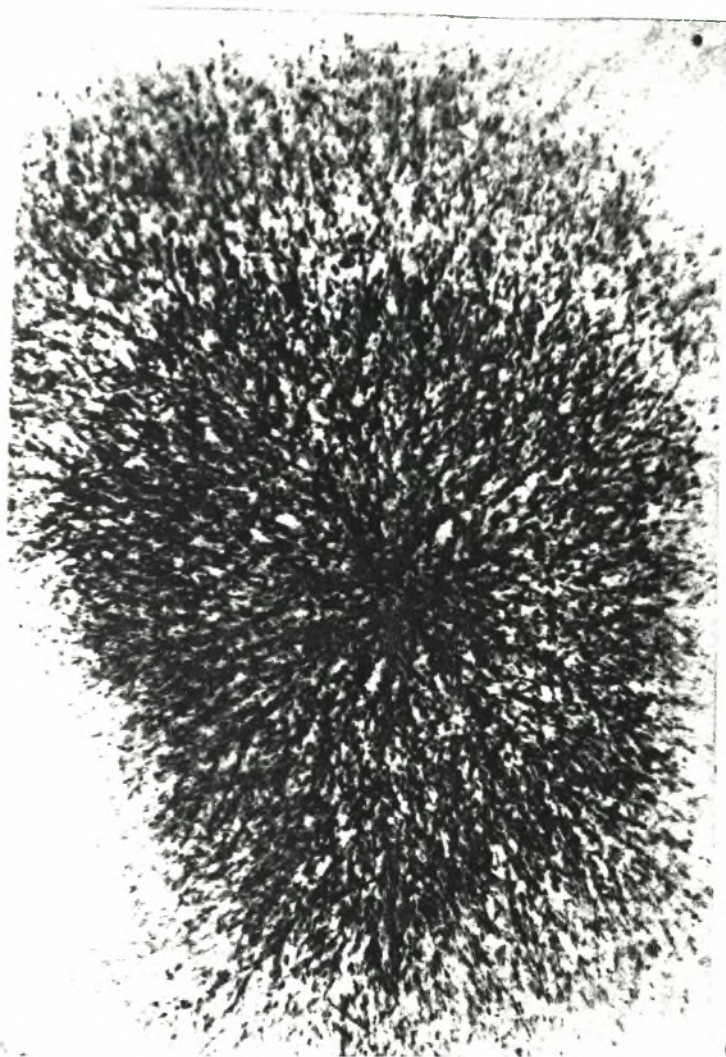
3



4



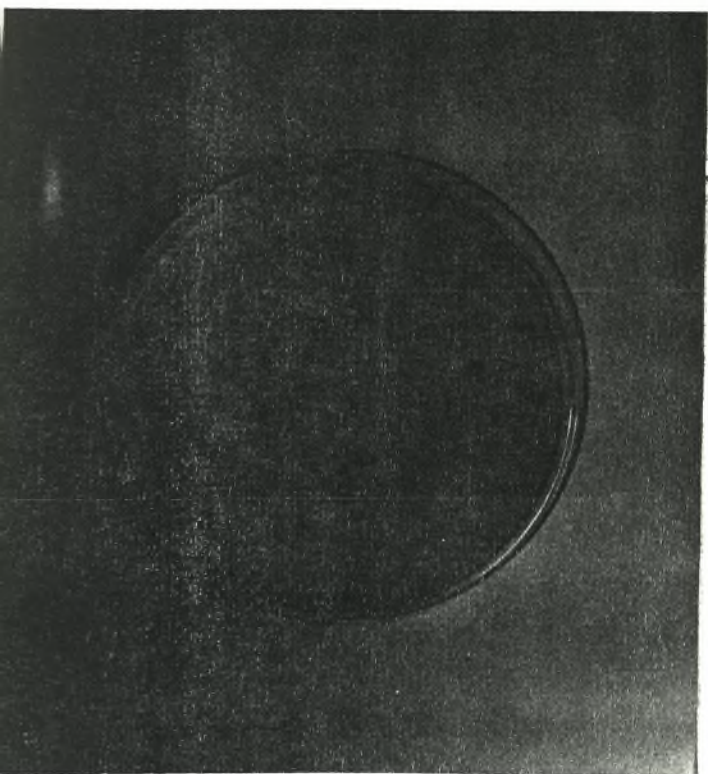
5



6

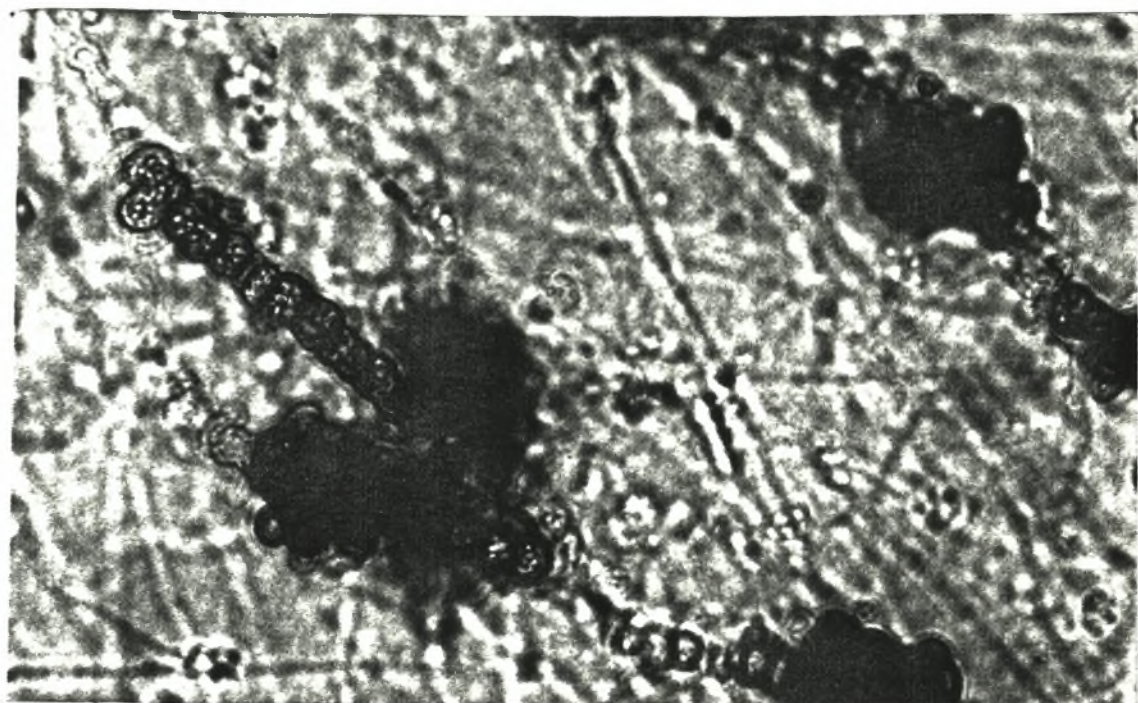


7

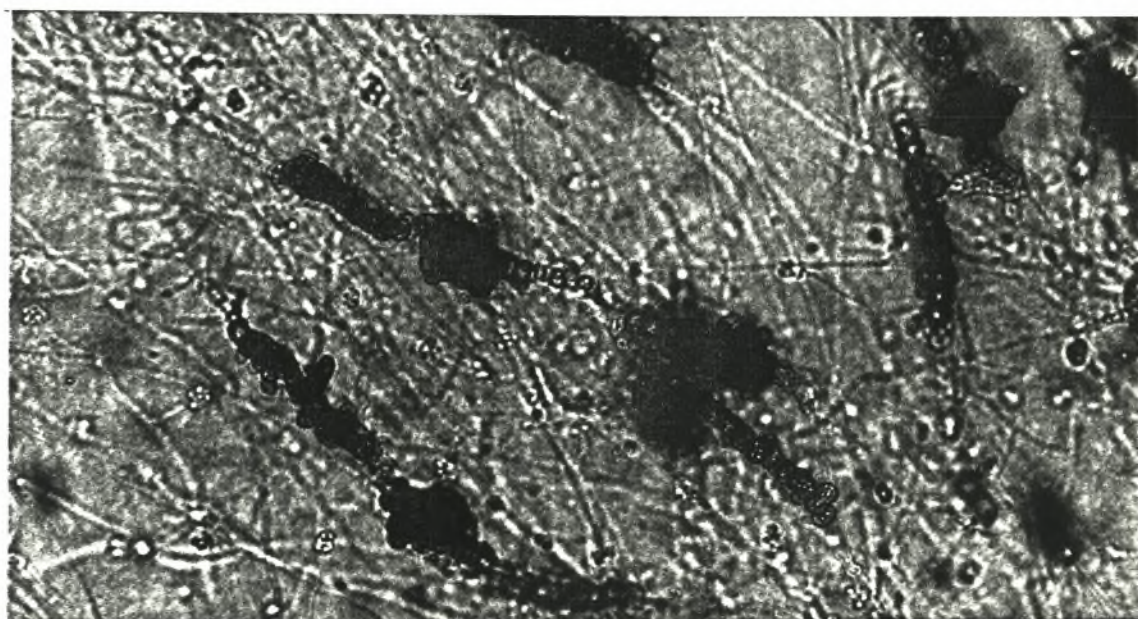


8

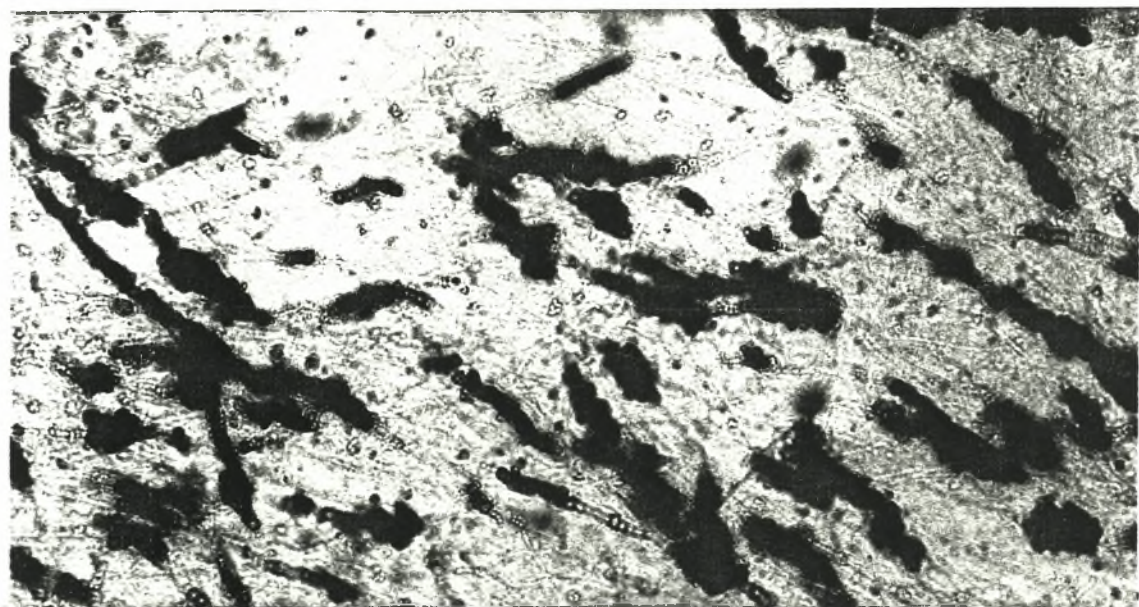




9



10



11

## Κατάλογος φωτογραφιών

1. Η αδρορρύκωση του βαμβακιού.
  - α) Συμπτώματα προσβολής στα φύλλα.
  - β) Μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου (από Τόλη, 1986).
2. Μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου, όπως φαίνεται στο στερεοσκόπιο.
- 3-5 . Κονιδιοφόροι και κονίδια του *Verticillium dahliae* όπως φαίνονται στο μικροσκόπιο.
  3. μεγένθυση x4
  4. μεγένθυση x10
  5. μεγένθυση x40
- 6 . Εικόνα τριβλίου μετά από οκταήμερη επώαση στους 23°C.
- 7-8 . Τα ανεπτυγμένα μικροσκληρώτια όπως φαίνονται στο στερεοσκόπιο.
- 9-11. Τα μικροσκληρώτια του *V. dahliae* όπως φαίνονται στο μικροσκόπιο.
  9. μεγένθυση x4
  10. μεγένθυση x10
  11. μεγένθυση x40

(Οι φωτογραφίες 2-11 προέρχονται από το εργαστήριο Φυτοπαθολογίας του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας).

