

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. 243
Ημερομηνία 16-10-2028

ΔΙΑΓΟΝΙΔΙΑΚΑ ΦΥΤΑ
ΒΑΜΒΑΚΟΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ ΣΤΟΝ
ΜΥΚΗΤΑ *Verticillium dahliae*



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6801/1
Ημερ. Εισ.: 07-01-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2008
ΣΚΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Αντί προλόγου	σελ. 2
2. Εισαγωγή	σελ. 3-49
- Βαμβάκι	σελ. 3-13
- Η αδρομύκωση του βαμβακιού	σελ. 14-25
- Το γένος <i>Verticillium</i>	σελ. 26-46
- Η σημασία μέτρησης του μολύσματος	σελ. 47-49
3. Υλικά και μέθοδοι	σελ. 50-56
- Παρασκευή PDA, Water agar	σελ. 51
- Καλλιέργεια μολύσματος	σελ. 51-52
- Εξαγωγή και ποσοτικός προσδιορισμός gossypol	σελ. 52-54
- Ανάλυση gossypol	σελ. 54-56
4. Αποτελέσματα - Συζήτηση	σελ. 57-64
- Γοσσυπόλη	σελ. 57-58
- Φυτοαλεξίνες	σελ. 59-60
- Αντίδραση υπερευαισθησίας	σελ. 61
- Σήματα μεταγωγής και <i>Verticillium</i>	σελ. 62
- Συζήτηση	σελ. 63-64
5. Βιβλιογραφία	σελ. 65-67
6. Φωτογραφικό υλικό.	

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ...

Καταρχάς, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή μου κ. Γούναρη Ιωάννη για την υπομονή του, καθώς και για την αμέριστη συμπαράστασή του στις δυσκολίες εκπόνησης αυτής της διατριβής. Χωρίς αυτόν και κυρίως χωρίς τις γνώσεις του, τις οποίες απλόχερα μου μετέδωσε, το μόνο σίγουρο είναι ότι αυτή η διατριβή θα είχε μείνει στο στάδιο της εισαγωγής.

Επίσης, θερμές ευχαριστίες στην κ. Γαλανοπούλου - Σενδούκα Στέλλα καθώς και στον κ. Νίκο Γαλανόπουλο, οι οποίοι με βοήθησαν στην κατανόηση τόσο του θεωρητικού, όσο και του πειραματικού τμήματος της διατριβής.

Τέλος, ευχαριστώ την κ. Τουρτούρη, υπεύθυνη εργαστηρίων του Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε Βόλου, που με την καθοδήγησή της μπόρεσα να φέρω εις πέρας το πειραματικό μέρος της πτυχιακής, που αφορά τον πολλαπλασιασμό του μολύσματος.

Με τιμή,

Γιάννης Σκαμπαρδώνης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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 στρεμματική απόδοση κυμαίνεται στα 280 kg/στρ. σύσπορου. Καλλιεργείται κυρίως για την ίνα του και δευτερεύοντος για τον σπόρο και το χνούδι.

Μορφολογία:

Το *G. hirsutum* είναι ετήσιο ποώδες φυτό, το κεντρικό στέλεχος του οποίου φτάνει το ύψος των 0.6-1.8m και η κεντρική ρίζα το βάθος των 1.5m. Η πλούσια και κατακόρυφη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος βοηθά το φυτό να αντεπεξέλθει ευκολότερα στη 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, τανίνες) στις περιοχές που είναι εκτεθειμένες στο φως.

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 1-8 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 κυπελλοειδή 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 κατ' εναλλαγή 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 βράκτια φύλλα, πέντε σέπαλα, πέντε πέταλα, 90-100 στήμονες που περιβάλλουν τον στύλο και ύπερο με πολύχρωμη 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 σταυρογονιμοποίησης 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. Έλλιπής γονιμοποίηση 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 νηματοποιήσεις και στις κοντές, που αποτελούν το λήντερ (χνούδι) και δεν απομακρύνονται κατά την εκκόκκιση. 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 του 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 φύτευμα πραγματοποιείται σε 4-6 μέρες έως 4 εβδομάδες από την σπορά και επιδιώκεται να είναι πρώιμο και ομοιόμορφο. Το πρώτο χτένι εμφανίζεται 40-45 μέρες από το φύτευμα. Η άνθηση, που επιδιώκεται να είναι πρώιμη, επιτελείται σε 21-25 μέρες από την εμφάνιση των χτενιών (20 Ιουνίου έως αρχές Ιουλίου). Με την άνθηση, η βλαστική ανάπτυξη του φυτού σχεδόν καθυλώνεται. 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 ωφέλιμη 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 ωφέλιμη περίοδο, ενώ αποτελεί πρόβλημα όταν λαμβάνει χώρα στα προηγούμενα στάδια. Πιθανές αιτίες είναι η ελλιπής γονιμοποίηση, οι προσβολές εντόμων και ασθενειών, η ξηρασία, οι ακραίες θερμοκρασίες και η συννεφιά. Η αποκοπή των καρυδιών συνήθως παρατηρείται γύρω στις 7 ημέρες 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 στη διάθεσή του τουλάχιστον 6 μήνες με ευνοϊκές οικολογικές συνθήκες.

Η αύξηση - ανάπτυξη του φυτού επηρεάζονται ακόμα από την ποικιλία, την θερμοκρασία, την υγρασία, το φως, τη 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, οι πρώιμες βροχές και η πτώση της θερμοκρασίας κατά την ωρίμανση και την συγκομιδή. Η ελάχιστη θερμοκρασία για τη βλάστηση και το φύτευμα του σπόρου είναι 15⁰ C, ενώ στους -2⁰ C επέρχεται ο θάνατος του φυτού. Άριστη θερμοκρασία για την αύξηση - ανάπτυξη είναι 33⁰ C, ενώ μικρότερη από 15⁰ και μεγαλύτερη από 40⁰ C είναι δυσμενής. Το άθροισμα των ημεροβαθμών ($\theta > 10^0$ C) ανάπτυξης (growing degree days) δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2.200 κατά τη 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 τη 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 ανάπτυξή του και ίσως προκαλεί ανθόρροια και καρπόπτωση. Όσον αφορά στον φωτοπεριορισμό, 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 ενδείκνυται 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 ψυχανθές για την κάλυψη του εδάφους κατά τη 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 τη 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 συμπιέζεται, ώστε να παρεμποδίζει την απώλεια της υγρασίας του. Τελευταία, η ανάγκη για πρωίμιση οδήγησε στη 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 τη προσβολή του βερτισιλίου και διευκολύνουν τη μηχανοσυλλογή. Αυτά διαμορφώνονται σε πλάτος 40 cm και βάθος 15 cm.

γ/ Λίπανση:

Η συνήθης λίπανση που εφαρμόζεται στην Ελλάδα είναι 9-16 Μ αζώτου, σε δυο δόσεις, 5-8 Μ φωσφόρου, και 5 Μ καλίου στην έλλειψη του οποίου το βαμβάκι είναι πολύ ευαίσθητο. Εξάλλου, εάν το φυτό παρουσιάσει συμπτώματα έλλειψής 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 βλίτο, η λουβουδιά, η περικοκλάδα, η μουχρίτσα, η δατούρα κ.α., ενώ με τη συστηματική καταπολέμηση αυτών, αναδείχτηκαν σε σημαντικό πρόβλημα τα πολυετή ζιζάνια (βέλιουρας, αγριάδα, κύπερη κ.α.).

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 φύτευμα 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 συμβάλουν 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 δίδυμες 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 αποχνόωση 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 (π.χ. 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 πρωίμιση 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 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 ποτίσματα 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 τη 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 τη 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 τη 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 εκκοκκιστήρια, όπου γίνεται ο αποχωρισμός των ινών από τους σπόρους. Μπορεί να προηγηθεί αποθήκευση εφόσον ην θερμοκρασία του σύσπορου δεν ξεπερνά το 12%.

Μετά τη εκκόκκιση ακολουθεί ο καθαρισμός και τελικά η δεματοποίηση της ίνας.

Εκτός από την ίνα, άλλο προϊόν του βαμβακιού είναι ο σπόρος από τον οποίο εξάγεται λάδι, καθώς και το χνούδι, που λαμβάνεται κατά την αποχνώση 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 τετράνυχο προκαλούν ζημιές στο υπέργειο τμήμα του φυτού. Τα πιο καταστρεπτικά έντομα όμως, ανήκουν στην κλάση των λεπιδοπτέρων που οι προνύμφες τους τρέφονται από τα καρύδια. Εδώ ανήκει το πράσινο σκουλήκι (*Heliothis armigera*), το ρόδινο σκουλήκι (*Pectinophora gossypiella*), ο ακανθώδης (*Earia*) και σποδόπτερα (*Spodoptera*).

Από τις ασθένειες, σημαντικότερη θεωρείται η αδρομύκωση, την οποία πραγματεύεται η παρούσα διατριβή. Άλλες ασθένειες είναι οι σηψιρριζίες (*Phytophthora*, *Rhizium*, *Rhizoctonia* κ.α.), 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.

Τα παραπάνω στοιχεία γύρω από τις καλλιέργειες του βαμβακιού έχουν ληφθεί από πανεπιστημιακές σημειώσεις της κ. Γαλανπούλου στο μάθημα της Ειδικής Γεωργίας ΙΙ.

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 σπουδαιότητά 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 στο κόσμο, ενώ στην Ευρώπη καλλιεργείται κυρίως στην Ελλάδα, στην Ισπανία και σε μικρότερες εκτάσεις στη Γιουγκοσλαβία, στην Αλβανία και στην Ιταλία. Η έκταση καλλιέργειας του βαμβακιού, παγκοσμίως σταθεροποιήθηκε σε πάνω από 300 εκατομμύρια 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, η Κίνα, οι Ινδίες και το Πακιστάν.

Παρά την σταθερή αύξηση της παραγωγής του βαμβακιού, τα τελευταία χρόνια η συμμετοχή του στην παγκόσμια χρήση ινών έχει πέσει λόγω ανταγωνισμού του από την 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 200.000 στρέμματα το 1930, ξεπερνάει τα 2.000.000 στρέμματα και σήμερα έφτασε τα 3.500.000 στρέμματα, ενώ η παραγωγή του σύσπορου έφτασε τους 980.000 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 3.500.000 στρέμματα και καταλαμβάνει το 10% της συνολικά καλλιεργημένης γης και το 30% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης.

β/ Εξασφαλίζει βασική απασχόληση και ικανοποιητικό γεωργικό εισόδημα σε 80.000 - 100.000 αγροτικές οικογένειες.

γ/ Παρέχει εργασία και συνθήκες διαβίωσης σε 150.000 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 στην βιομηχανική, οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική ανάπτυξη.

ε/ Προμηθεύει με πρώτη ύλη την 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 συνείσφερε και ο Οργανισμός Βάμβακος και το Ινστιτούτο Βάμβακος, που με την έρευνα γύρω από την καλλιέργεια του βαμβακιού και τη βελτίωση σε νέες ποικιλίες, οι οποίες εγκλιματίζονται καλύτερα στις ελληνικές συνθήκες. Επίσης, καλυτέρευσε τους όρους της καλλιέργειας και αύξησε τις αποδόσεις.

Από τα παραπάνω, καταλαβαίνει κανείς τη μεγάλη σημασία που έχει για την ελληνική, εθνική οικονομία το βαμβάκι, ώστε δικαίως αναφέρεται σε 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, πως θα επηρεάσει η αναθεώρηση της κοινής αγροτικής πολιτικής της Ε.Ε. και αν θα συνεχιστεί η οικονομική, πολιτική στήριξη της καλλιέργειας, καθώς και ποιες θα είναι οι επιπτώσεις στην παραγωγή και την 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 κλωστούφαντουργία, 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 τη μορφή της εναλλακτικής γεωργίας, δηλαδή της καλλιέργειας της γης με σεβασμό στο περιβάλλον, με μειωμένες εισροές, μείωση του κόστους παραγωγής κα.

1.2. Η Οικολογική καλλιέργεια του βαμβακιού.

Το υψηλό κόστος των εισροών σε μια τόσο εντατικοποιημένη καλλιέργεια, όπως είναι το βαμβάκι, η επικείμενη μείωση των επιδοτήσεων με την εφαρμογή της συμφωνίας της GATT, και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης σχετικά με τις επιπτώσεις της γεωργίας στο περιβάλλον, δημιούργησαν την ανάγκη για την δημιουργία μιας εναλλακτικής μορφής γεωργίας, οικονομικής μεν και πιο φιλικής προς το περιβάλλον δε. Το βαμβάκι μάλιστα, έχει εξελιχθεί διεθνώς ως ο κύριος καταναλωτής αγροχημικών, ειδικότερα αζωτούχων λιπασμάτων και εντομοκτόνων, με αποτέλεσμα το κόστος παραγωγής να αυξάνεται υπέρμετρα, αλλά και το περιβάλλον, οι υδροφόροι ορίζοντες και η βιοποικιλότητα των αγροοικοσυστημάτων να βλάπτονται ανεπανόρθωτα. Κάτω από το φάσμα των παραπάνω προβλημάτων, γίνεται σήμερα λόγος για την εναλλακτική, οικολογική γεωργία, ή γεωργία με μειωμένες εισροές (LISA, Low Input Sustainable Agriculture). Επιτυχημένα συστήματα εναλλακτικής γεωργίας στηρίζονται σε μικρότερη χρήση συνθετικών χημικών λιπασμάτων και φαρμάκων. Στοχεύουν επίσης στην προστασία της γονιμότητας του εδάφους, του νερού, της ενέργειας και των βιολογικών πηγών.

Ακραία μορφή της φιλικής προς το περιβάλλον γεωργίας αποτελεί η οργανική γεωργία, που παράγει προϊόντα χωρίς καθόλου χρήση συνθετικών χημικών, παρά μόνο οργανικών ουσιών και γενικώς με ελάχιστη χρήση επικουρικής ενέργειας. Τα προϊόντα αυτά, με ειδικό έλεγχο και επισήμανση, οδηγούνται στις «οργανικές» αγορές και αν και προσβεβλημένα από έντομα, προτιμούνται από μια μερίδα καταναλωτών, παρά την αυξημένη τιμή τους. Για να ονομαστεί οργανικό ένα προϊόν, πρέπει επιπλέον να έχει πιστοποιηθεί και σηματοδοτηθεί από έναν αρμόδιο φορέα που στην Ελλάδα είναι ο Οργανισμός Ελέγχου και Πιστοποίησης Οργανικών Προϊόντων, «ΔΗΩ». Πάντως, η οργανική ή βιολογική γεωργία αναγνωρίζεται πλέον ευρύτατα, ως μια μέθοδος γεωργικής παραγωγής που προσφέρει διεξόδους σε σύγχρονα κοινωνικά προβλήματα, όπως είναι η προστασία του περιβάλλοντος, η διατήρηση του αγροτικού πληθυσμού στην ύπαιθρο, η περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη, η βελτίωση της ποιότητας των γεωργικών προϊόντων και η προστασία του καταναλωτή.

Το οργανικό βαμβάκι άρχισε να παράγεται εδώ και 4-5 χρόνια σε διάφορες χώρες, ενώ η προσπάθεια αυτή ξεκινά τελευταία και στην Ελλάδα. Η χρήση ανθεκτικών σε προσβολές και κακουχίες ποικιλιών, οι κατάλληλες αμειψισπορές, τα σκαλίσματα και η χρήση βιολογικών σκευασμάτων για την αντιμετώπιση εχθρών, ασθενειών και ζιζανίων, καθώς και η χρήση οργανικών λιπασμάτων, χλωράς, λίπανσης και κοπριάς για τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους, επίσης εναλλακτικές μέθοδοι αποφύλλωσης, είναι σημεία ενός προγράμματος παραγωγής οργανικού βαμβακιού.

Επαρκή, διαθέσιμα στοιχεία δεν υπάρχουν ακόμα για την σύγκριση μεταξύ του οικολογικού και συμβατικού τρόπου παραγωγής του βαμβακιού και την εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων. Αναμένεται όμως, ότι το οργανικό βαμβάκι θα υστερεί σε απόδοση και ποιότητα της ίνας τουλάχιστον κατά τα πρώτα χρόνια, μέχρι την εξισορρόπηση του οικοσυστήματος που υπέστη μια τόσο διαμετρικής μορφή αλλαγή. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το υψηλότερο κόστος παραγωγής του οργανικού βαμβακιού, λόγω αυξημένης ανάγκης σε εργατικά χέρια και των υψηλών τιμών των βιολογικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων, οδηγεί στην ανάγκη αύξησης της τιμής του.

Παρά το γεγονός αυτό, η έρευνα γύρω από το οργανικό βαμβάκι πρέπει να συνεχιστεί δεδομένης επιπλέον της στήριξης από διάφορα κοινοτικά προγράμματα, ενώ παρατηρείται ότι οι ελληνικές συνθήκες, ευνοούν τη δημιουργία μιας τέτοιας προσπάθειας, ιδιαίτερα στις περιοχές όπου το βαμβάκι είναι ξηρικό και δίχως ανάγκη για αυξημένες εισροές (Κομοτηνή). Η παρουσία της αντίθεσης αυτής μεταξύ των ωφελειών της παραγωγής βιολογικών προϊόντων και των προβλημάτων που γεννά αυτή στο κόστος και την ποσότητα της παραγωγής (που σε ορισμένες χώρες του κόσμου δεν πλεονάζει αλλά απεναντίας ανεπαρκή), δημιουργεί την ανάγκη εύρεσης μιας χρυσής τομής. Αυτή θα σήμαινε διατήρηση του μεγέθους της παραγωγής σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο και παράλληλα μείωση των εισροών στο επίπεδο των απολύτως απαραίτητων. Ο λεπτομερής προγραμματισμός της παραγωγικής διαδικασίας, η σε βάθος γνώση των αναγκών της καλλιέργειας και η έρευνα στην κατεύθυνση των μορφών εισροών πιο φιλικών προς το περιβάλλον, θα μπορούσε να συμβάλλει ουσιαστικά προς τον σκοπό αυτό.

Στο σημείο αυτό, η έκθεση των παραπάνω στοιχείων (Γαλανοπούλου 1994) για την καλλιέργεια του οργανικού βαμβακιού, αποσκοπήσε στο να τοποθετηθούν στο πλαίσιο των νέων αυτών τάσεων στη γεωργία, οι εργαστηριακές μετρήσεις του αρχικού μολύσματος των ασθενειών στους αγρούς. Σκοπός τους θεωρείται ότι είναι η στήριξη του σωστού προγραμματισμού της παραγωγικής διαδικασίας και η αποφυγή της χρήσης μέρους από τις ενδεχόμενες εισροές.

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 μαρασμού 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). Μεταξύ δε, των ασθενειών του βαμβακιού, η αδρομύκωση θεωρείται η σημαντικότερη για τις ελληνικές συνθήκες.

2.1. Το παθονόνο αίτιο.

Οι αδρομυκώσεις προκαλούνται από διάφορα γένη μυκήτων, αλλά οι περισσότερες, πλέον εξαπλωμένες και σοβαρότερες είναι οι ασθένειες που οφείλονται σε μύκητες των γενών *Fusarium* και *Verticillium*. Σύμφωνα με τον Παναγόπουλο (1992) οι μύκητες του γένους *Fusarium* ποτέ δεν 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.) Snyd. & 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 αργιλλώδη εδάφη, η φουζαρίωση αναπτύσσεται περισσότερο σε όξινα και αμμώδη εδάφη. Εκτός από τις Ηνωμ. Πολιτείες, όπου προκαλεί σοβαρές ζημιές, το *Fusarium* βρίσκεται στη Νότια Αμερική, την Ινδία, τη Μπούρμπα, την Αίγυπτο, τη 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., συνήθως δεν έχουν αποτέλεσμα, η εφαρμογή του διβρωμιούχου αιθυλενίου σε δόση 30-36 λίτρες Dowfume-W-10/στρέμμα καταστρέφει το

φουζάριο (και τις 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 φυτών, ενώ από τα τρία παθογόνα είδη, μόνο ένα προκαλεί ζημιές στην καλλιέργεια του βαμβακιού για τις ελληνικές συνθήκες. 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 φυλή γνωστή διεθνώς σαν T1, που προκαλεί έντονη αποφύλλωση (Tjamos, 1978). Όσον αφορά την καλλιέργεια της τομάτας, πρόσφατα (Ligoxiakias 1992) έγινε η πρώτη αναφορά της παρουσίας της (αποφυλλωτικής) φυλής 2 σε καλλιέργειά της στην Κρήτη.

2.2. Φύση της προσβολής και συμπτώματα.

Καθ' όλη την περίοδο της ανάπτυξής 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, η 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. Κι 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 φυτών (Γαλανοπούλου 1978). Μάλιστα, το 1976 οι θερμοκρασίες παρέμειναν ολόκληρο το καλοκαίρι σε ευνοϊκά για την ανάπτυξη

του μήκητα επίπεδα, παρατηρήθηκε έντονη προσβολή χωρίς διακοπή από τα μέσα Ιουνίου μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου (Γαλανόπουλος και Γαλανοπούλου 1985).

Οι συντελεστές της προσβολής, όπως αυτοί μετριοούνται 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 στη 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 στη Σίνδο (Γαλανοπούλου και 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 το 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 ανάπτυξής 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 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 τη 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 προβλήθηκαν 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 και 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 η ανάσχεση 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 συνήθως 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 η δραστηριότητα του μύκητα, δίνει στον ξενιστή το ερέθισμα για υπερβολική παραγωγή θηλώσεων (προεξοχές από κολλοειδής ουσίες εγκαρσίως του αγγείου που δημιουργούνται φυσιολογικά από το φυτό) που τελικά φράσσουν το αγγείο και προκαλούν την μάρανση του φυτού (Τόλης 1987, Παπλωματάς πρ. επ.). 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, μπορεί να ξηραθούν και να νεκρωθούν αμέσως, αλλά σε 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 τη 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 (Χρησιτίδης 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 πρωιμίζει, ενώ με μεγάλη προσβολή, τα καρύδια αργούν να ανοίξουν. Η αρρώστια παρατηρείται κυρίως σε αλκαλικά εδάφη, προπάντων σε πεδινά που δεν ποτίζονται. Μεγάλη αναλογία οργανικής ουσίας ή πλούσια λίπανση με άζωτο ευνοεί την προσβολή από *Verticillium*. 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 (Παπλωματάς 1992), ενώ σχηματίζονται στα υπολείμματα των προσβεβλημένων φυτών, απ' όπου ελευθερώνονται 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 λήθαργου των μικροσκληρωτίων. Η παρουσία των φυτικών υπολειμμάτων και γενικά της βιομάζας, κατά άλλους ερευνητές διευκολύνει τη 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, χύμα, ή καμιά φορά και με μολυσμένο σπόρο.

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

2.3. Αντιμετώπιση.

Η αδρομύκωση είναι ασθένεια που δεν κατέστη δυνατόν μέχρι σήμερα να εκλεχθεί 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, ο αυξημένος πληθυσμός φυτών, η σωστή λίπανση, η κατάλληλη εποχή σποράς, η σπορά σε αναχώματα κα.

α/ Ανθεκτικές ποικιλίες:

Είναι ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της αδρομύκωσης. Ποικιλίες εντελώς ανθεκτικές στο μύκητα δεν υπάρχουν, ενώ ο βαθμός ανθεκτικότητας εξαρτάται από τον 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 κατορθώνουν να περάσουν αυτό το εμπόδιο, συναντούν ένα παρόμοιας φύσης εμπόδιο στην ενδοδερμίδα, ενώ οι υφές που θα περάσουν την ενδοδερμίδα,

εισέρχονται στον αγγειώδη ιστό και μολύνουν το φυτό. Η αντοχή του βαμβακόφυτου εξαρτάται από την 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, είτε 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 τη βλάστηση των κονιδίων του μύκητα, είτε στην ικανότητά τους να παράγουν σημαντικές ποσότητες φυτοαλεξινών (Τόλης 1987). Η σημαντικότερη εξάλλου φυτοαλεξίνη του βαμβακιού, θεωρείται η γκοσσυπόλλη, 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 τανίνες που υπάρχουν μέσα στα ξυλώδη κύτταρα του βαμβακιού και επομένως με πρόχειρο προσδιορισμό της τανίνης, 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 υποστηριχθεί 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 πρωιμότητά 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 Ινστιτούτο 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 πιο ανθεκτικές στις ελληνικές φυλές του βερτισσιλίου οι ποικιλίες Acala S.J.1, 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 ασθένειας (ποσοστό και βαθμός προσβολής) που παρουσίασε, ήρθε πρώτη με σημαντική διαφορά έναντι όλων των άλλων ποικιλιών και ισοβάθμησε 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 και Γαλανοπούλου 1985).

β/ Αμειψισπορά:

Η έρευνα, σε όλες τις περιοχές του κόσμου όπου καλλιεργείται το 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 στο 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 εισδύουν στο βαμβακόφυτο από το έδαφος, (Askarova et al. 1962, από Χρηστίδη 1964). Από ένα πρόσφατο πείραμα (Salikbaeva 1990), 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 στη 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 60cm (Mukhamedzhanov 1992). Η αμειψισπορά αποδίδει καλύτερα όταν εφαρμοστεί νωρίς και 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 στη Σίνδο (Γαλανοπούλου 1978), όπου δοκιμάστηκαν δυο πληθυσμοί φυτών, δηλαδή 20 χιλ. φυτά στο στρ. σε δίδυμες 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 δίδυμες γραμμές έδωσαν 25% περισσότερο από τις απλές γραμμές, ενώ η ωφελιμότητά τους στους συντελεστές προσβολής, αποδείχτηκε στατιστικά σημαντική ως προς την απόδοση (Γαλανοπούλου και 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 των 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 ποιο 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 και Γαλανοπούλου 1985).

ε/ Η λίπανση:

Η ποσότητα, το είδος και η εποχή εφαρμογής των λιπασμάτων, 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 βερτισίλιο είναι θετική, ενώ του καλίου αρνητική. Σε χρονιές 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 τη προσβολή. Όταν όμως η εποχή είναι ευνοϊκή για την ανάπτυξη του μύκητα, αυξημένη αζωτούχος λίπανση αυξάνει τη 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 αντεπεξέρχεται 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 τη 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 τη φυτεία 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 οτιδήποτε 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 ζημιά, 11.1% έναντι 19.4% της επίπεδης σποράς (Γαλανοπούλου και Γαλανόπουλος 1985). Η επίδραση της υγρασίας, ίσως εξηγεί την προτίμηση του βερτισσιλίου 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 υπολειμμάτων 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 τη 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 ενιαία 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 ασθένειας είναι μεγαλύτερη όταν τα προσβεβλημένα υπολείμματα 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, επιταχύνονται καλύτερα αποτελέσματα.

ζ/ Χημική αντιμετώπιση:

Παρ' όλο 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 τη συγκομιδή (συνολικά 8 ψεκασμοί). Το αποτέλεσμα ήταν να περιορισθεί 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 εκμετάλλευσή τους συνεχίζεται. Οι μύκητες αυτοί ανήκουν

στα γένη *Stachybotrys*, *Gliocladium*, *Chaetomium*, *Myrothecium*, *Talaromyces* κ.α. (Τόλης 1986). Ο Χρηστίδης προτείνει την καλλιέργεια των ανταγωνιστικών αυτών μυκήτων σε βαμβακόπιτα και στη συνέχεια διασπορά της στον αγρό ως λίπασμα.

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

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, η Φθιώτιδα, η Λάρισα, η Θεσσαλονίκη και η Βέροια. Η ένταση και η 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, Τρικάλων 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 της 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 και 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.

Το γένος *Verticillium* καθιερώθηκε το 1816 από τον Nees von Esenbeck. Σ' αυτό υπάρχουν δυο καθαρώς παθογόνα είδη και άλλα τρία χωρίς παθογόνο δράση 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* Isaak. Οι δυο πρώτοι μύκητες θεωρούνται μύκητες εδάφους όπως όλα τα είδη *Verticillium*, αλλά χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να ζουν χωρίς διακοπή, σαν σαπρόφυτα, ενώ η περίοδος παρασιτισμού παρεμβάλλεται στην καθαρά 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 τη γεωργική παραγωγή, στην Ελλάδα έχουν απομονωθεί από διάφορες καλλιέργειες οι μύκητες *V. dahliae* και *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 δομές που σχηματίζουν για την 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 αυτόν 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, οφειλόταν ίσως στον χαρακτηρισμό κατά την πρώτη περιγραφή του μύκητα, της διαχειμάζουσας ανθεκτικής μορφής που αφήνει 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, διαλύει την αντιπαράθεση, υποστηρίζοντας την υπόσταση των δυο διαφορετικών ειδών, με επιστημονικές αποδείξεις. 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 το 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 *Asrostalagmus 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' εξακολούθηση σε τεχνητά υποστρώματα, ενώ ο Bewley αναφέρει ότι η μείωση της παθογόνου ικανότητας του *V. dahliae* οφείλεται σε απώλεια της ικανότητάς τους προς παραγωγή μικροσκληρωτίων. Ακολούθησαν και άλλες διατυπώσεις της αντίθεσης γύρω από την ταξινόμηση των δυο μυκήτων, όπως αυτής του Thee Kingma, ότι οι δυο μορφές του μύκητα προέρχονται από μονοσπορικές καλλιέργειες της ίδιας μικροσκληρωτιακής μορφής. Το 1949, ο Isaak 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 την μικροσκληρωτιακή μορφή και *V. albo-atrum* για την μορφή του διαχειμάζοντος σκούρου μυκηλίου. Πολλές άλλες εργασίες, όπως αυτές γύρω από τη δυνατότητα των δυο μορφών να σχηματίσουν ετεροκαρυωτικό μυκήλιο, γύρω από τη μορφολογία τους και γύρω από τη 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 την 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 παρ' όλ' αυτά μεγάλη απόσταση στην ταξινομική τους θέση (Schnathorst).

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 στο κύκλο ξενιστών του είδους. Ο Isaak 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 τη μελιτζάνα, την τομάτα, την αγγουριά, τη φράουλα, το λυκίσκο, το χρυσάνθεμο, τη λούπινα, το καπνό, το σκυλάκι, το λαγόχορτο και το τριφύλλι. Στην πατάτα, τη τομάτα, τη μελιτζάνα, το 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 τη 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, τη 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 τη σύγκριση της παθογένειας των ειδών *Verticillium* spp. στο βαμβάκι (συγκεκριμένα στην ευαίσθητη ποικιλία "Deltapine 15") φάνηκε ότι τα σοβαρότερα συμπτώματα, ως και το θάνατο του φυτού προκαλεί το *V. dahliae* (στελέχος SS4). Το *V. albo-atrum* προκαλεί παρόμοια συμπτώματα και εσωτερικό μεταχρωματισμό. Το είδος *V. nubilum* προκαλούσε ελαφρό καστανό μεταχρωματισμό των αγγείων, δυο μήνες μετά την 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.

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).

ΕΙΔΗ	ΥΨΟΣ ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΑΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΟΡΟΥ
<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

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, το κανάβι, ο ηλιανθος, η μηδική, το σουσάμι, η βίγνα (φασόλι), τα πυρηνόκαρπα (κυρίως η αμυγδαλιά, η βερικοκιά, η κερασιά, η δαμασκηιά και η ροδακινιά), ο καφές, η ελιά, η

φιστικιά, το αμπέλι, το αβοκάντο, το κακάο, το λάχανο, η πιπεριά, 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).

3.3. Συμπτώματα προσβολής.

Τα δυο αυτά σπουδαιότερα είδη του γένους *Verticillium*, το *V.dahliae* και το *V. albo-atrum*, προκαλούν όπως ήδη αναφέρθηκε, τις ασθένειες που αποκαλούνται 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 μορφή ραβδώσεων και σε εγκάρσια τομή με μορφή τόξου ή κηλίδων. Σε έντονες προσβολές, μπορεί 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 τη 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 *Rhoma incompta*), ψηφιδωτίδες, ζημιές από παγετό κ.α.

Τα συμπτώματα της ασθένειας στη 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 τη 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 μορφή του 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 *septa* του κονιδιοφόρου σχηματίζονται 3-4 πλάγια, κοντά, μονοκύτταρα σθηρίγματα (διαστάσεων 16-35 x 1-2.5 μm), που στην πραγματικότητα είναι φιαλίδια στις κορυφές των οποίων σχηματίζονται τα κονίδια (φιαλιδοσπόρια). Τα κονίδια είναι μονοκύτταρα, υαλώδη, ωσειδή μέχρι ελλειψοειδή, διαστάσεων 2.5-8 x 1.4-3.2 μm. Στην κορυφή κάθε σθηρίγματος (φιαλιδίου), παράγονται διαδοχικά πολλά κονίδια, τα οποία όμως συγκρατούνται μεταξύ τους με μια κολλώδη ουσία και έτσι σχηματίζονται 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 στη 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 15-100 μm. 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. tricoarum* δίνουν μεγαλύτερα και γωνιώδη μικροσκληρώτια, ενώ η ανεπτυγμένη μορφή τους δεν παρουσιάζει μια τάξη στο 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 στη 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 υπολείματα 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), ακόμα και χωρίς την παρουσία ευπαθών ξενιστών. Επιβιώνει κυρίως με τα μικροσκληρώτια αλλά και σαν μυκήλιο και κονίδια στα προσβεβλημένα υπολείματα της καλλιέργειας (κυρίως των ετησίων φυτών). Ένας άλλος τρόπος διαιώνισης 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* κ.α.). 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 υπολείματα της καλλιέργειας, τα ζιζάνια και με το έδαφος που μεταφέρεται με τα εργαλεία και τα μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους. Σε μεγάλες αποστάσεις, 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 δένδρων. 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 τανίνη. Τα παραπάνω στοιχεία προέρχονται στην πλειοψηφία τους από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα του Παναγόπουλου (1992).

3.6. Επίδραση του περιβάλλοντος στο παθογόνο και την ασθένεια.

α/ Θερμοκρασία:

Βέλτιστη θερμοκρασία για ανάπτυξη. Σχετικά με την επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των δυο μυκήτων, δεν υπάρχει διαφορά όσον αφορά τη βέλτιστη θερμοκρασία που διαμορφώνεται στους 22.5°C. Σύμφωνα με τον Binkerhoff (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 άγριων στελεχών του πρώτου είδους, πέφτει απότομα πάνω από τους 23-24°C, ενώ για το δεύτερο είδος πάνω από τους 28-29°C.

Το *V. albo-atrum* μειώνει με μεγαλύτερο ρυθμό την ανάπτυξή του με την αύξηση της θερμοκρασίας, δεν αναπτύσσεται καλά στους 30°C (αποικίες μικρές με μορφή ζύμης) και σταματά την ανάπτυξή του στους 32.5°C. Αντίθετα, το *V. dahliae* διατηρεί ακόμα μια μικρή ανάπτυξη στη θερμοκρασία αυτή. Κανείς από τους δυο αυτούς μύκητες δεν αναπτύσσεται στους 35°C, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους είναι 4.5°C. Τα παραπάνω στοιχεία, μαζί 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 βλασταίνει 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 παράγονται 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 λήθαργου, 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 μήνες. 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 στη ροδακινιά, το αβοκάντο, την ελιά και το βαμβάκι (Brinkerhoff 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 στη 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 ο *V. dahliae* προκαλεί αδρομύκωση στη 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 την 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 το 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 η

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, δεν 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 και Thomas διακρίνουν έξι επίπεδα ανθεκτικότητας διαφόρων ειδών και υβριδίων μέντας, μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία αέρα και εδάφους. Ανάλογη εργασία στο βαμβάκι έδειξε ότι ανθεκτικά φυτά που μολύνθηκαν και επωάστηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες εμφανίζονται ευαίσθητα. Οι Bell και 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, στη συνέχεια περιορίζει το παθογόνο και την ασθένεια, όταν τα φυτά επιβληθούν πάλι 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 παράγον 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 την γεωγραφική τους 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 μην γίνεται επιδημική σε θερμές περιοχές.

β/ Υγρασία:

Επίδραση στην επιβίωση του μύκητα στο έδαφος.

Ο Nadakanukaren αναφέρει ότι ποσότητες των μικροσκληρωτίων μειώνονται αισθητά σε κατακλυσμένο έδαφος και θερμοκρασίες από 5-40°C. Σε μη κατακλυσμένα εδάφη όμως, η θερμοκρασία γίνεται πιο κριτική από την υγρασία. Διατηρούμενης της υγρασίας στα 50-75%, η επιβίωση του μύκητα μειώνεται από περισσότερο των έξι μηνών σε θ=5-15°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 αναερόβιων 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. Αυξανόμενης 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 ψηλότερες. Πειράματα στη 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 στη 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 ότι πάνω από 15.000 ζωντανά μολύσματα (κονίδια μσ) ανά λίτρο νερού μεταφέρονται σε απόσταση ενός μιλίου με το νερό της άρδευσης από μολυσμένους αγρούς πατάτας, γεγονός που φανερώνει το ρόλο της άρδευσης στην μετάδοση της ασθένειας (Easton et al.). Η έκθεση των παραπάνω στοιχείων γίνεται σε εργασία του Brinkerhoff (1973), για την φυσιολογία του μύκητα.

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

γ/ Άνεμος:

Ζωντανά μολύσματα με τη 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 τη σκόνη εδάφους. Αυτό τουλάχιστον έδειξε εργασία του Easton, ο οποίος παγίδευσε πάνω από 100 ζωντανά μολύσματα στο γραμμάριο της σκόνης ως το ύψος των 6.1m πάνω από προσβεβλημένο αγρό (Brinkerhoff 1973).

δ/ Φως:

Το πράσινο φως παρεμποδίζει την αύξηση του μυκηλίου, το μπλε τον σχηματισμό των μικροσκληρωτίων, αλλά προωθεί την παραγωγή κονιδίων, όπως και το λευκό φως. Το κόκκινο φως 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 ζέρμπερα. Η δομή του 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 et al., βρήκαν ότι τόσο το *V. dahliae* όπως και το *V. albo-atrum*, σε καλλιέργεια αναπτύσσονται καλύτερα μεταξύ pH 4-8. Πάντως ο Issak αναφέρει ότι απομονώσεις *V. dahliae* παράγουν 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 ακόμη στη 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 υπολειμμάτων, φαίνεται ότι εμποδίζει την ανάπτυξη του βερτισσιλίου στο έδαφος. Αυτό φαίνεται από εργασίες του Wilhelm (1985), ο οποίος μετά από προσθήκη ζωικών υπολειμμάτων και βαμβάκοπιτας στο έδαφος, παρατήρησε μειωμένη προσβολή ή απουσία. Παρόμοια αποτελέσματα υπάρχουν για την χλωρά λίπανση με μηδική, ή οποία μειώνει την επίπτωση της αδρομύκωσης σε επίπεδο πολύ πιο χαμηλό από αυτό που επιτυγχάνεται με τη χρήση των ανόργανων λιπασμάτων αζώτου. Αναφέρεται ότι οι πληθυσμοί των μικροσκληρωτίων 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 βερτισσιλίου. Άλλοι ερευνητές τονίζουν ότι η μορφή του αζώτου που προϋπάρχει, κατά τη 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 τη 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. Και οι δυο μορφές πάντως, 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, παράλληλα με την αύξηση αποδόσεων.

Απολύμανση εδάφους.

Αναφέρεται από τον Roberts, ότι όταν το έδαφος μολύνεται από *Verticillium*, αμέσως μετά την απολύμανση με ατμό του εδάφους, η ασθένεια εντείνεται, όταν όμως τοποθετείται μετά από 17 μέρες δεν παρατηρείται η εύνοια αυτή στο απολυμασμένο έδαφος. Η διαφορά αυτή στην επίπτωση οφείλεται στη 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 το θάνατο του ξενιστή σποροποιεί. Παρ' όλ' 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 ηλιοσπολύμανση, η οποία έδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα για τον έλεγχο της ασθένειας στην ελιά (Τζάμος 1991, Σκουδριδάκης 1989) και την πιπεριά (Gil Ortega 1990), που φαίνεται ότι διατηρεί και μερικές φορές ευνοεί τη 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 τη 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*, *Stachybotrys*, *Podospora*, *Blastomyces*, *Streptomyces* και *Myro-thecium 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% έλεγχος 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 στη 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 βερτισιλίου, όπως επίσης και τα αντιβιοτικά rimocidin και chloromycetin (Brinkerhoff 1973).

Η ύπαρξη τέτοιας ποικιλίας ανταγωνιστικών μυκήτων δεν συνοδεύεται πάντα και από την 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 μεταχειρίσεις 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 αμινοξέα (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 εμβολιασμός των βαμβακοφύτων (Deltapine 80) 56 μέρες μετά τη 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 μεταχειρίσεις, φαίνεται ότι η διαβροχή του εδάφους επιδρά θετικά στη βλάστηση των κονιδίων και μικροσκληρωτίων.

Επίδραση της ριζόσφαιρας.

Οι πληθυσμοί του μύκητα αυξάνουν 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, άλλα βακτήρια που ανταγωνίζονται το *V. dahliae* σε εργαστηριακές συνθήκες, δεν δρουν σε συνθήκες αγρού.

Συnergισμός 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 και οι δυο μύκητες συνυπάρχουν. Άλλοι νηματώδεις που έχουν συνεργιστική αλληλεπίδραση με τον μύκητα είναι οι *P. Minyus*, *P. Brachyurus*, *Meloidogyne incognita*, *Tylenchorhynchus caritatus*, ανάλογα με τον ξενιστή. Στην πατάτα, synergισμός παρατηρείται με τον νηματώδη *Heterodera rostochiensis*. Εκτός από την αύξηση της σοβαρότητας της ασθένειας, η παρουσία των νηματωδών μειώνει και την εκδήλωση της ανθεκτικότητας του ξενιστή.

Σynergισμός παρατηρήθηκε και μεταξύ άλλων παθογόνων μυκήτων και του *Verticillium*. Στο βαμβάκι μπορεί να εμφανιστούν νωρίτερα τα συμπτώματα της αδρομύκωσης όταν συνυπάρχει σε μέτρια επίπεδα μόλυσματος ο μύκητας

Thielaviopsis basicola. Υπάρχει ακόμα, συνεργιστική αλληλεπίδραση με τους μύκητες *Alternaria* spp. και *Rhizoctonia solani* (Brinkerhoff 1973).

Συμπερασματικά, μετά από την θερμοκρασία που αποτελεί τον σημαντικότερο περιοριστικό παράγοντα για το παθογόνο και την ασθένεια, δεν είναι απόλυτα ξεκαθαρισμένος ο ρόλος του pH, ενώ η υγρασία και η δομή του εδάφους δρουν σε συνδυασμό με πολλούς άλλους περιβαλλοντικούς και αβιοτικούς παράγοντες. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο ρόλος του βιοτικού παράγοντα στον έλεγχο της ασθένειας και αναδεικνύεται η ανάγκη για παραπέρα έρευνα γύρω από το σημείο αυτό.

Πίνακας 2:

Διαφορές στη φυσιολογία μεταξύ πέντε παθογόνων ειδών *Verticillium* (από Schnathorst 1973).



Παράγων	<i>V.dahliae</i>	<i>V.albo-atrum</i>	<i>V.nigrescens</i>	<i>V.nubilum</i>	<i>V.tricorpus</i>
Άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης °C	22.5	20.0-22.5	22.5-25.0	20.0-22.5	20.0-22.5
Άυξηση στους 30°C	++	-	++	-	-
Άριστο pH για αύξηση	5.3-7.2	8.0-8.6	5.3-7.2	7.2-8.6	7.2-8.0
Ανάπτυξη σε pH 3.6	++	+	+++	+	+
Καλύτερη πηγή άνθρακα	σουκρόζη	γλυκερίνη δεξτρόζη	σουκρόζη δεξτρόζη	σουκρόζη δεξτρόζη	σουκρόζη δεξτρόζη μαλτόζη γλυκερίνη
Εύρος ξενιστών	Μεγάλο	Μεγάλο	Αρκ. μεγάλο	Μόνο τομάτα & πατάτα	Μόνο τομάτα

3.7. Έλεγχος της ασθένειας.

Η εκδήλωση μιας ασθένειας και η εξέλιξή της, είναι ως γνωστό συνάρτηση των σχέσεων μεταξύ τριών πόλων, του ξενιστή, του παθογόνου και του περιβάλλοντος. Ο έλεγχος της αδρομύκωσης στηρίζεται στη γνώση της παρακάτω σχέσης, όσο για καμία άλλη ασθένεια, διότι απουσιάζει ένας αποτελεσματικός τρόπος ελέγχου με χημικά μέσα. Η αντιμετώπιση συνίσταται κυρίως στην χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και εφαρμογή διαφόρων καλλιεργητικών πρακτικών, ενώ σημαντική είναι και η πρόληψη της ασθένειας με αποφυγή της μόλυνσης και εγκατάστασης ευπαθών ξενιστών σε μολυσμένα εδάφη.

Στα πλαίσια των μέτρων που λαμβάνονται για την πρόληψη, είναι:

- Αποφυγή συγκαλλιέργειας δέντρων με ευπαθή φυτά.
- Αποφυγή δημιουργίας πληγών με τα καλλιεργητικά εργαλεία στην περιοχή του λαιμού και των ριζών.
- Η άρδευση των δέντρων να μην γίνεται με αυλάκια γιατί τα μολύσματα μεταφέρονται με το νερό στα υγιή δέντρα.
- Συστηματική χημικά καταπολέμηση των ζιζανίων.
- Στις περιπτώσεις εκδήλωσης συμπτωμάτων (στα δέντρα), να γίνεται αφαίρεση των προσβεβλημένων οργάνων σε απόσταση 20-30 cm από το σημείο μαρασμού και καταστροφή με φωτιά. Στα ίδια δέντρα, ιδίως στα ελαιόδεντρα, μπορεί να εφαρμοστεί συμπληρωματικά απολύμανση με ηλιακή θερμότητα για την αποφυγή αναμόλυνσεως των ριζών.
- Εκρίζωση των αποξηραμένων δέντρων μαζί με το ριζικό σύστημα και απολύμανση του εδάφους (Παναγόπουλος 1992).

Για τη 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 τη καλλιέργεια του βαμβακιού, αφορά το σύνολο των ετήσιων 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 απασχολούν την έρευνα στην εποχή μας, καθώς και στη δυνατότητα ελέγχου του βερτισιλίου 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 στα δέντρα εξατομικευμένα, 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 απαγορευτική 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 ηλιοσπολύμανση 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 ηλιοσπολύμανση 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 ηλιοσπολύμανση εδάφους 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 για την ελιά, έδωσε μια ανάλογη εργασία γύρω από τη ροδακινιά και αμυγδαλιά (Starpleton et al. 1993). Έγινε σύγκριση της τεχνικής ηλιοσπολύμανσης όπως περιγράφηκε παραπάνω, με μια παραλλαγή κατά την οποία χρησιμοποιείται μαύρο πολυαιθυλένιο. Το αποτέλεσμα στάθηκε υπέρ της δεύτερης μεθόδου, που επέτρεπε στα νεαρά δενδρύλλια να επιβιώσουν και τα ίδια και γενικότερα έδωσε καλύτερα αποτελέσματα. Η ηλιοσπολύμανση προκαλεί αλλαγές στις βιολογικές, χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους, που επιδρούν στην εξέλιξη της ασθένειας και τελικά ευνοούν τον έλεγχο της (Θερμική αδρανοποίηση, αντίδραση στις υψηλές θερμοκρασίες, πρωτεΐνες θερμικού σοκ κ.), ενώ υπάρχει και η έμμεση επίδραση λόγω αλλαγών στη 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 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 κάλυμμα 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 ηλιοσπολύμανσης, εδώ, έχουμε τη 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 κατάκλιση 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 την 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 τον 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 γκοσουπόλης, 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* στην μελιτζάνα, όπως αναφέρει ο Fahima (1991). Ο μύκητας αυτός επιδρά στη βιοσιμότητα 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 αποδοθεί 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 δύο αυτές απόψεις. Ο Fravel (1987), αναφέρει ότι ο *T. Flavus* παράγει έναν 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 αδρανοποιούν τον 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 βερτισσιλίου από την ουσία αυτή αμφισβητείται από μερικούς ερευνητές (Παπλωματάς *πρ. επικ.*). 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 τη νέκρωση μπορεί να είναι διάφορες

αντιβιοτικές ουσίες του παρασίτου. Τα πειράματά τους πραγματοποιήθηκαν σε χύμα *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. Οπωσδήποτε όμως, υπάρχουν προοπτικές και για τη σύνθεση μιας αντιβιοτικής μυκητοκτόνου ουσίας, ή και ενός βιολογικού σκευάσματος για τον μελλοντικό έλεγχο του βερτισσιλίου, εφόσον η έρευνα περάσει στο εξής από τους χώρους των εργαστηρίων, στις συνθήκες αγρού.

Χημικός έλεγχος.

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 *thiabendazole* και *benomyl*, το οποίο έδωσε ικανοποιητικό έλεγχο ης 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 εμπάπτιση του βαμβακόσπορου σε διάλυμα *benomyl*, μπορεί να μειώσει αρκετά την επίπτωση από την αδρομύκωση. Η μεγάλη υπολειμματική διάρκεια των ουσιών αυτών, δίνει ακόμα περισσότερα πλεονεκτήματα σ' αυτές για τον έλεγχο του βερτισσιλίου. Ο Szczygiel (1991), αναφέρει επίσης ότι σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια φράουλας έγινε έλεγχος του βερτισσιλίου, όπως και του συνεργού του νηματώδους με εφαρμογή του *Di-Trapex* και *Basamid*. Διάφορα διασυστηματικά εντομοκτόνα όπως το *disulfoton*, *phorate* και *aldicarb*, δεν έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ διάφοροι ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών, προκαλώντας αλλαγές στο 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.

Η ακριβής γνώση του ποσού του αρχικού μολύσματος, είναι βασική γνώση με τη 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).

$$X = X_0 * e^{r * t}$$

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 κατάλληλων 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 τη 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 Parfomatias et al. (1992), οι οποίοι παρήγαγαν μια εξίσωση που συνδέει το επίπεδο μολύσματος του βερτισσιλίου στο έδαφος, με την επίπτωση της ασθένειας 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 βερτισσιλίου (μσ/γρ χύματος) 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 Καλιφόρνια των Ην. Πολιτειών, μια σημαντική βαμβακοπαραγωγική περιοχή, με τις ποικιλίες που ευρέως καλλιεργούνται εκεί (η ευαίσθητη Acala SJ-2 και η ανθεκτική Acala GC-510). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική συμμεταβολή ($R=0.85$), μεταξύ της πυκνότητας μολύσματος (μσ/γρ. εδάφους) και των συμπτωμάτων της ασθένειας (% συμπτώματα στα φύλλα), που περιγράφονταν από τη σχέση $Y=57.09 * (1-e^{-0.351 * X})$. Σημαντική συμμεταβολή υπήρχε επίσης μεταξύ πυκνότητας μολύσματος και αποδόσεων του 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. χύματος, ο παραγωγός αποφασίζει αν θα χρησιμοποιήσει μια ανθεκτική ποικιλία ή μια ευαίσθητη αλλά πιο αποδοτική. Η γνώση τελικά μιας τέτοιας εξίσωσης, δίνει τη δυνατότητα στον παραγωγό να πετύχει τη μέγιστη δυνατή απόδοση, χωρίς να συμβάλλει στην αύξηση του μολύσματος της ασθένειας 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.

Ανάλογη εργασία πραγματοποίησαν και για το *V. albo-atrum* οι Ashworth et al. (1972), χρησιμοποιώντας την τεχνική των κόσκινων 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. χύματος), 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 20-5-% 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. χύματος.

Όπως όλες οι σχέσεις προσομοίωσης, έτσι και οι παραπάνω, εφαρμόζονται μόνο κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες που οδήγησαν στην επιβίωσή τους. Έτσι, οι προαναφερθέντες 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 τη χρήση ή όχι των ανθεκτικών ποικιλιών είναι 5 μσ/γρ. χύματος για τους ελληνικούς βαμβακαγρούς. Οπωσδήποτε, 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 στην Ελλάδα.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Ρ.Δ.Α. (50-60 μπουκάλια ή τριβλία)

250 gr πατάτες καθαρισμένες σε κύβους 1X1.

Ρίχνουμε τις πατάτες σε φιάλη 1lt απεσταγμένου νερού και τοποθετούμε σε θάλαμο υγρής αποστείρωσεως για 1h (P. 1,2 Atm, $\Theta^{\circ}=21^{\circ}\text{C}$).

Μαζεύουμε το προϊόν της διήθησης και προσθέτουμε 5 gr Agar και 200 gr Dextose. Το άγαρ και η δεξτρόζη σε ένα δάχτυλο κρύο νερό, προς αποφυγή πηγμάτων (ζεστό νερό + διήθημα πατάτας = πήγματα). Όλο το μίγμα, τοποθετείται σε θάλαμο υγρής αποστείρωσεως για 20 λεπτά (1,2 Atm, 121°C). Μοιράζουμε το δείγμα σε δοκιμαστικούς σωλήνες ή τριβλία. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούμε σωλήνες, τους τοποθετούμε σε κεκλιμένο επίπεδο, ώστε να χρησιμοποιούμε το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας.

Τα τριβλία και τους σωλήνες, προτού τους χρησιμοποιήσουμε τους βάζουμε σε θάλαμο ξηρής αποστείρωσεως για 1,5 - 2,00 ώρες στους 180°C .

Τα τριβλία (ή σωλήνες), διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου (25°C) και σε καλά καθαρισμένα ράφια.

WATER AGAR (παρασκευή)

Σε ένα λίτρο απεσταγμένο νερό, διαλύουμε 20 gr Agar. Το μίγμα τοποθετείται σε κλίβανο υγρής αποστείρωσης για 25 λεπτά (1,2 Atm, 21°C).

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΟΛΥΣΜΑΤΟΣ VERTICILLIUM ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Στο εργαστήριο έγινε η παρασκευή PDA και Water Agar (παράρτημα). Σε μεγάλους δοκιμαστικούς σωλήνες, τοποθετήσαμε τόση ποσότητα άγαρος ώστε να δημιουργηθεί το επιθυμητό κεκλιμένο επίπεδο για τη θρέψη του μύκητα.

Σε μικρούς αντίστοιχα, τοποθετήσαμε Ρ.Δ.Α. με την ίδια μέθοδο ώστε να διατηρήσουμε το μόλυσμα.

Στο άγαρ, λόγω της απουσίας των θρεπτικών αλάτων το Verticillium αναγκάζεται να καρποφορήσει για να διαιωνίσει το είδος. Αντίθετα, στο Ρ.Δ.Α., παρουσία θρεπτικών αλάτων, ο μύκητας τρέφεται κανονικά και πολλαπλασιάζεται (το πολύ 6 μήνες).

Το μόλυσμα που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει η καλλιέργεια στο εργαστήριο βρίσκεται ήδη (παράρτημα) σε γυάλινους δίσκους Petri.

ΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΟΥΑΣΙΠΟΛΗΣ

Οι ποικιλίες βαμβακιού που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

ΕΥΑ - KORONA

Ζυγίσουμε φύλλα βάρους 3 gr για κάθε ποικιλία. Εργαζόμαστε για κάθε ποικιλία ξεχωριστά ως εξής:

Σε μίξερ ομογενοποιούμε 3 φορές για 10 δευτερόλεπτα, 50 ml H₂O. Ο αιθέρας χρησιμοποιείται για να μαζέψει τις λιπόφιλες ουσίες.

Με την προσθήκη του H₂O γίνεται διαχωρισμός φάσεων στο σωλήνα.

Στην υδατική φάση (μίγμα αιθανόλης + νερό), υπάρχουν γουασιπόλες ενωμένες με σάκχαρα.

Στον αιθέρα υπάρχουν ίχνη νερού.

Μαζεύουμε με πιπέτα την υδατική φάση και την τοποθετούμε σε μεγάλη επιφάνεια για να εξατμιστεί. Μπορούμε να συντομεύουμε τη διαδικασία προσθέτοντας για κάθε 100 ml αιθέρα 1 gr Sodium Sulfate (έχει την ιδιότητα να απορροφά το νερό).

Το υπόλειμμα της εξατμίσεως μαζεύεται με ακετόνη (όση ποσότητα χρειάζεται) και τοποθετείται σε σωλήνες φυγοκέντρωσης.

3,5 ml ΕΥΑ

1 ml ΤΕΛΙΚΑ

1 ml KORONA

Ανίχνευση της Γουσιπόλης.

Για την ανίχνευση της γουασιπόλης χρησιμοποιούμε πλάκες T.L.C. Η χημική σύσταση της πλάκας είναι:

Για εύκολη χρήση, χρησιμοποιούμε πλάκες T.L.C. που η κάτω τους επιφάνεια είναι από αλουμίνιο, για να κόβονται εύκολα σε εύχρηστα και μικρά κομμάτια.

Καταρχήν, ανακινούμε καλά το υλικό που θα χρησιμοποιήσουμε (βρίσκεται στα σωληνάκια φυγοκέντρωσης).

Με πιπέτα τύπου.....παίρνουμε 1ml από το δείγμα κάθε φορά και τοποθετούμε στη βάση περίπου της πλάκας T.L.C., σχηματίζοντας ομόκεντρους κύκλους. Επαναλαμβάνουμε 3-4 φορές.

Τοποθετούμε στην πλάκα τα δείγματα της κάθε ποικιλίας, δίπλα το ένα στο άλλο.

Αφού τοποθετηθούν τα δείγματα στην πλάκα, εμβαπτιζουμε αυτήν σε δ/μα:

1. Βενζένιο - μεθανόλη. 19:1
2. Χλωροφόρμιο.
3. Υπεριώδες φως στα 254 nm.

Μετά την εμβάπτιση και αφού η στάθμη του δ/τος φτάσει στη μέση περίπου της πλάκας, την αφήνουμε να ξεραθεί, ή χρησιμοποιούμε θερμότητα για πιο γρήγορα. Ψεκάζουμε την πλάκα μετά την ξήρανσή της με δ/μα φλωρογλυκενόλης σε αιθανόλη. Το δ/μα περιέχει:

	20% HCL acid 37%, 2% φλωρογλυκινόλη, H ₂ O	
Τελικά έχουμε:	H ₂ O	→ 80ml
	HCL 37%	→ 20ml
	Φλωρ. 1gr σε 20 ml ethanol	

ΤΕΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ: V=120 ml

Με τον ψεκασμό, οι γουασιπόλες χρωματίζονται κόκκινες.

Ο συνολικός όγκος του δ/τος κοντά στα 300 ml

Κατά την ανίχνευση, μας ενδιαφέρει οι γουασιπόλες να μετακινηθούν στα ψηλότερα σημεία και να διαχωριστούν όσο καλύτερα γίνεται.

Στο εργαστήριο εφαρμόστηκαν και οι τρεις τύποι δ/των που αναφέρθηκαν παραπάνω (για εβάπτιση της πλάκας T.L.C.).

Τα αποτελέσματα συνοπτικά είναι τα εξής:

1. Βενζένιο - Μεθανόλη:
19:1

(Μετά τον ψεκασμό με φλωρογλυκινόλη, οι γουασιπόλες μετακινήθηκαν, όχι όμως αρκετά. Από τη βάση που τοποθετήθηκε το δείγμα σε ύψος 1,9cm, ανιχνεύθηκαν γουασιπόλες).

Στο αρχικό 19:1 προσθέτουμε 5 ml μεθανόλη:

(Προσθέτουμε υδρόφιλη ουσία για να ανέβουν οι γουασιπόλες όσο πιο ψηλά γίνεται).

Βενζένιο - Μεθανόλη
19:6

Οι γουσιπόλες μετακινήθηκαν πιο ψηλά, σε σχέση με 1, σε ύψους 2,7 cm από τη βάση.

Στο 2+6 ml μεθανόλης:

Βενζένιο - Μεθανόλη

19:12

Ακόμα πιο ψηλά από το
2 και 1, σε ύψος 3,9 cm
από τη βάση

Σκέτο Chloroform:

Με το χλωροφόρμιο έγινε καλύτερος διαχωρισμός.

Οι γουασιπόλες απομονώθηκαν σε ύψος 7,1 cm από τη βάση όπου και τοποθετήθηκε το δείγμα.

Στα επόμενα πειράματα, τα δ/τα που θα χρησιμοποιήσουμε είναι τα:

1. Βενζένιο - Μεθανόλη

19:12

2. Chloroform

ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΟΥΑΣΙΠΟΛΩΝ ΣΕ ΜΟΛΥΣΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΗ ΝΕΑΡΑ ΦΥΤΑ ΒΑΜΒΑΚΟΣ

Ξεχωρίσαμε 3 μολυσμένα και 3 αμόλυντα φυτά βαμβακιού (από το βλαστητήριο). Διαχωρίσαμε κοτυληδόνες από στελέχη και τα ζυγίσαμε.

Τελικά:

- | | |
|-------------------------------|---------------|
| 1. Μολυσμένες κοτυληδόνες: | 2,7 gr (Μ.Κ.) |
| 2. Μολυσμένα στελέχη: | 1,7 gr (Μ.Σ.) |
| 3. Μη μολυσμένες κοτυληδόνες: | 1,76 gr (ΜΜΚ) |
| 4. Μη μολυσμένα στελέχη: | 1,36 gr (ΜΜΣ) |

Σε καθένα από τα παραπάνω προσθέσαμε 15 ml methanol και ομογενοποιήσαμε. Στη συνέχεια έγινε διήθηση του μίγματος +75mlH₂O, για να γίνει ο διαχωρισμός των φάσεων (βλέπε εξαγωγή και ποσοτικός προσδιορισμός γουασιπολών).

Θέλουμε ο τελικός όγκος όλων των δειγμάτων να είναι 200ml και γι' αυτό προσθέσαμε methanol.

Η πρώτη ανάλυση έγινε με chloroform και τα αποτελέσματα ήταν τα εξής:

1. Στις ΜΚ παρατηρούμε μια έντονη μαύρη σκιά επάνω.
2. Στο ορατό φως

ΜΜΣ	ΜΜΚ	ΜΣ	ΜΚ (front: 4,5 cm)
Χρωστική κίτρινη: 4,5 cm	Κίτρινη: 4,5 cm	Κίτρινη: 4,5 cm	Κίτρινη: 4,5 cm
Χρωστική πράσινη: 0,5 cm	Πράσινη: 1 cm	Πράσινη: 0,5 cm	Πράσινη: 2 cm
	Πράσινη - Κίτρινη: 0,5 cm		Κίτρινη - Πράσινη: 0,5 cm
	Πράσινη: 0 cm		Πράσινη: 0 cm

3. Στο υπεριώδες φως:
 Front 4,5 cm
 Όλα τα δείγματα μπλε φθορίζουσα στα 4,5 cm

Η δεύτερη ανάλυση έγινε με Benzol - methanol σε αναλογία 19:12. Τα αποτελέσματα ήταν τα εξής:

1. Στο ορατό φως: front 5,5 cm
 Χρωστική λαδοπράσινη οι ΜΜΚ στα 4,3 cm
 Χρωστική λαδοπράσινη οι ΜΚ στα 3 cm
2. Στο υπεριώδες φως:
 Οι ΜΜΚ στα 0,4 cm σκοτεινή χρωστική
 Οι ΜΚ στο 0,7 cm σκοτεινή χρωστική
 Οι ΜΚ στο 4,6 cm μπλε φθορίζουσα
 Οι ΜΜΚ, ΜΚ στα 4,3 cm πράσινη
 Οι ΜΜΚ, ΜΚ στα 3 cm κόκκινη
3. Δείγμα Fe και ξήρανση:
 Οι ΜΚ στα 3,5 και 5 cm κόκκινη
 Οι ΜΚ στα 3 cm πράσινη
 Οι ΜΜΚ στα 3,2 - 4,5 cm κόκκινη

Όλα τα δείγματα μαύρη φθορίζουσα στα 4,5 cm
Μπλε φθορίζουσα οι ΜΚ στα 0,8 cm
Πράσινη φθορίζουσα οι ΜΜΚ και ΜΚ στα 3,3 cm

Μετά από εμφάνιση σε δ/μα FE (φλωρογλυκινόλη) και ξήρανση έχουμε:

- Στα 0 cm κόκκινο όλα τα δείγματα
- Κόκκινη χρωστική οι ΜΚ, ΜΜΚ στα 0,5 cm
- Κόκκινη χρωστική οι ΜΜΚ στα 2 cm

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΓΟΣΣΥΠΟΛΗ

Όπως προαναφέρθηκε, η πιο ενδιαφέρουσα ένωση της ομάδας των σεσκουιτερπενίων είναι η γοσσυπόλη. Το ότι έχει αποδειχθεί η συμμετοχή της στον κύκλο ζωής του ιού Η.Ι.Υ. (ΑΙΔΣ), χωρίς να είναι γνωστές ακόμα οι ακριβείς διεργασίες (Wright 1995), μας δίνει μια πρώτη ένδειξη για το ευρύ φάσμα δράσης της ένωσης αυτής.

Υπήρξαν ενδείξεις ότι γάλα που περιέχει γοσσυπόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν διαιτητικό συμπλήρωμα για την πρόληψη ή και θεραπεία του καρκίνου του μαστού (Hu et al 1994).

Σε πειράματα βέβαια όπου η γοσσυπόλη χρησιμοποιήθηκε σαν αντιπαρασιτικό σε αρουραίους, δημιούργησε σοβαρά προβλήματα στο συκώτι τους (Akinghemi et al 1996, Deoras et al 1997). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αρνητικής επίδρασης της γοσσυπόλης είναι η διατροφή κριών με σιτηρέσιο που περιείχε 12% βαμβακόσπορο (γοσσυπόλη 0,076%). Το αποτέλεσμα ήταν να παρατηρηθεί ζημιά στα σπερματοκύτταρα και τα σπερμογόνια των κριών (Arshami 1994).

Αυξημένο ποσοστό γοσσυπόλης αυξάνει την αντοχή στο παράσιτο *Pectinophora gossypiella* (Zhang et al 1993). Επίσης αυξάνει την αντίσταση στο *Helicoverpa zea* και *Heliothis virescens* στον καπνό (Calhoun et al 1997).

Περώνοντας στο βαμβάκι, εύκολα διαπιστώνουμε την άμεση σχέση γοσσυπόλης και ανεκτικότητας στον μύκητα *Verticillium dahliae*.

Οι ανθεκτικές και ανεκτικές ποικιλίες ενάντια στο *Verticillium* διαπιστώθηκε ότι είχαν και το υψηλότερο ποσοστό γοσσυπόλης (Xia-z et al 1999).

Μετά από μελέτη για το επίπεδο γοσσυπόλης σε φύλλα, μίσχους και ρίζες σπορόφυτων βαμβακιού εμβολιασμένων με κονίδια του *Fusarium spp*, βρέθηκε ότι το επίπεδο γοσσυπόλης στην ανθεκτική ποικιλία ήταν πιο υψηλό σε σχέση με την ευαίσθητη. Σημειώνεται δε, ότι πιο υψηλά ήταν τα επίπεδα γοσσυπόλης στους μίσχους και τις ρίζες, παρά στα φύλλα (Song Feng Ming et al 1997).

Γενικότερα, ευαίσθητες και ανθεκτικές ποικιλίες βάμβακος μελετήθηκαν για την ανοχή τους σε προσβολή από τον μύκητα *Verticillium dahliae*. Οι τροποποιήσεις των κυτάρρων του παρεγχύματος, των αγγειακών ιστών, συνδέθηκαν με την ισχυρή παραγωγή τερπενοειδών. Οι αντιδράσεις αυτές ανιχνεύθηκαν στις ρίζες των ανθεκτικών ποικιλιών νωρίτερα, απ ότι στις ρίζες των ευαίσθητων (Daayf et al 1997).

Συνοψίζοντας λοιπόν, βλέπουμε την μεγάλη σημασία της γοσσυπόλης στην ανεκτικότητα και ανθεκτικότητα των βαμβακόφυτων ενάντια στον μύκητα που προκαλεί τις αδρομυκώσεις (*Verticillium dahliae*).

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

ΦΥΤΟΑΛΕΞΙΝΕΣ

Πρόκειται για ουσίες με αντιμικροβιακή δράση που παράγονται από ορισμένα φυτικά είδη, σε απάντηση μιας προσβολής ή μιας ανώμαλης κατάστασης, όπως προσβολή φυτικού ιστού από βακτήρια, μύκητες, ιούς, καταστάσεις αφυδάτωσης και παρατεταμένου ψύχους, επίδραση φυτοτοξικών ουσιών κ.α.

Οι φυτοαλεξίνες συνήθως λειτουργούν ως αναστολείς της ανάπτυξης των παθογόνων μικροοργανισμών, ειδικότερα των μυκήτων, σε ορισμένες όμως περιπτώσεις παρουσιάζουν και αντιβακτηριακή δράση ή ακόμα και φυτοτοξική δράση, για τα φυτικά κύτταρα που βρίσκονται στην περίμετρο του σημείου εισβολής ενός παθογόνου στο φυτικό ιστό. Μεγάλος αριθμός φυτοαλεξινών απομονώθηκε από διάφορα είδη ψυχανθών, ενώ μια ειδική ομάδα παράγεται στις ορχιδέες, όταν ο βλαστός και η ρίζα του φυτού προσβληθεί από ένα μύκητα.

Σήμερα είναι δεδομένη η σημασία των φυτοαλεξινών για την δημιουργία, μέσω της γενετικής μηχανικής, ποικιλιών βάμβακος ανθεκτικών σε προσβολή από νηματώδεις (Cayrol et al 1992).

Σε προσβολή φυτείας βάμβακος από *Tetranychus urticae* τα φυτά που δεν προσβληθεί, προστατεύονται πιθανώς καλύτερα από την επίθεση όταν εκτεθούν στις αερομεταφερόμενες χημικές ουσίες που απελευθερώνονται από τα μολυσμένα γειτονικά φυτά (Bruin et al 1992).

Η γοσσυπόλη παίζει ρόλο στην αντίσταση του βαμβακιού στο *Fusarium wilt*. Η διαχείριση των σπόρων με Triflurallin βοηθάει τα μελλοντικά βαμβακόφυτα να αντισταθούν στην μυκητιακή προσβολή (Song Feng Ming et al 1997).

O-hibiscanone (HBQ), είναι μια φυτοαλεξίνη που παραγεται από το κενάφ σαν απάντηση στην προσβολή από το *Verticillium dahliae*. Βιολογικές αναλύσεις απέδειξαν ότι η κινόνη της HBQ είναι τοξικότερη στο *Verticillium* από την υδροκινόνη της (Puckhaber et al 1998).

Hibiscanal (2,8- dihydroxy - 4,7- dimethoxy- 6- methyl- 1-naphthaldehyde), φυτοαλεξίνη που απομονώθηκε από ιστό του *Hibiscus cannabinus* προσβεβλημένο από *Verticillium*, βρέθηκε να είναι πιο τοξική

από desoxyhemigossypol, την τοξικότερη φυτοαλεξίνη που παράγει το βαμβάκι (Bell et al 1998).

Η παραγωγή hemigossypol είναι ο αρχικός μηχανισμός αντίστασης ενάντια στο *Verticillium wilt*, όχι όμως και στο *Fusarium wilt* (Eldon et al 1996). Ουσιαστικά επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι οι φυτοαλεξίνες είναι ουσιαστικές για την προστασία του βαμβακιού από το *Verticillium dahliae* (Bianchini et al).

Αξιζει δε να σημειωθεί ότι ποικιλίες βαμβακιού χωρίς αδένες, έχουν την δυνατότητα να συνθέσουν γοσσυπόλη και γενικότερα φυτοαλεξίνες (Beckman et al 1998).

Desoxyhemigossypol (DhG), είναι μια φυτοαλεξίνη που η μυκοστατική της δράση συμβάλλει στην αντίσταση του βαμβακιού στο *Fusarium wilt* (Zhang et al 1993).

Βαμβακόφυτα που διαχειρίστηκαν με προμετρύνη και στην συνέχεια εμβολιάστηκαν με κονίδια του *Verticillium dahliae*, παρουσίασαν αυξημένη παραγωγή γοσσυπόλης (Awadalla et al 1992).

Η ενζυμική δραστηριότητα του HMGR, του πρώτου ενζύμου στην διαδικασία σύνθεσης τερπενίων είναι αυξημένη στα *Gossypium barbadense*, απ ότι στα *Gossypium hirsutum*. Έτσι εξηγείται και η μεγαλύτερη ανθεκτικότητα των βαμβακοφύτων που ανήκουν στο είδος *Gossypium barbadense* (Joost et al 1995).

Οι φυτοαλεξίνες στα HR-κύτταρα έχουν πρόσβαση στα *Xanthomonas campestris* (βακτήριο), προσβεβλημένων φυτών βάμβακος (Pierce et al 1996).

Έχει διαπιστωθεί ο προστατευτικός ρόλος της ανθοκυανίνης, σε συνδυασμό με την χαμηλή σύνθεση φυτοαλεξινών, ενάντια στην προσβολή από το *Xanthomonas campestris* (Kangatharalingam et al 2002).

Επίσης, το στοιχειώδες θείο (32S) παράγεται στο σωστό τόπο και χρόνο, σε ικανοποιητικά ποσά, για να συμβάλει στην αντίσταση των φυτών ενάντια σε μυκητιακές και βακτηριακές προσβολές (Williams et al 2003).

Τελικά, desoxyhemigossypol, desoxymethoxyhemigossypol, hemigossypolone, είναι ιδιαίτερα τοξικές ουσίες που μπορεί να φανούν χρήσιμες στη καταπολέμηση ζωοπαθογενετικών μυκήτων (Mace et al 1993).

ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΥΠΕΡΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Με την αντίδραση υπερευαισθησίας έχουμε θανάτωση ενός κυττάρου ή ενός μικρού αριθμού κυττάρων (σε βαθμό ώστε η ζημιά να μην είναι πάντα ορατή μακροσκοπικά), μόλις το πρωτόπλασμα του φυτού έρθει σε επαφή με την επιφάνεια του μικροοργανισμού. Αν ο μικροοργανισμός, που προκαλεί αυτή την αντίδραση είναι υποχρεωτικό παράσιτο ή ακόμα και προαιρετικό σαπρόφυτο, δεν μπορεί να εγκατασταθεί και πεθαίνει. Αντίθετα, μικροοργανισμοί που δεν προκαλούν αυτή την αντίδραση, θα εγκατασταθούν και θα προκαλέσουν ασθένεια. Ο χημικός μηχανισμός, που οδηγεί στην αντίδραση υπερευαισθησίας, σε ελάχιστες περιπτώσεις είναι γνωστός. Οπωσδήποτε, προηγείται μια απώλεια της σπαργής των κυττάρων (μάλλον από βλάβη της ημιπερατότητας των μεμβρανών) και μια σημαντική αύξηση του ρυθμού της αναπνοής.

Όσον αφορά το βαμβάκι, μελέτες έδειξαν ότι ανθεκτικές ποικιλίες στο *Xanthomonas campestris* περιέχουν 51% περισσότερη τανίνη απ' ότι οι ευαίσθητες. Η περιεκτικότητα σε τανίνη μειώθηκε, στις ανθεκτικές και λιγότερο ανθεκτικές ποικιλίες, κατά την αλληλεπίδραση βαμβακιού-βακτηρίου. Το ποσό της τανίνης μειώθηκε ακόμα περισσότερο στις περιοχές που εκδηλώθηκε αντίδραση υπερευαισθησίας, απ' ότι στις περιοχές ευαίσθητης αντίδρασης (Borkar et al 1989).

Επίσης, η διαταραχή στην παραγωγή πολυσακχαριτών από το *Xanthomonas campestris*, κατά την διάρκεια των πρώτων 48 ωρών από την μόλυνση, δεν απαιτείται για την εμφάνιση αντίδρασης υπερευαισθησίας στον φυλλώδη ιστό του βαμβακιού (Pierce et al 1993).

Τέλος, μετά από προσβολή κοτυληδόνων βάμβακος από το βακτήριο *Xanthomonas axonopodis* pr. *Malvacearum* , πρόωρη συσσώρευση φλαβονοειδών φάνηκε να συνδέεται άμεσα με την εκδήλωση αντίδρασης υπερευαισθησίας (Dai et al 1996).

ΣΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ VERTICILLIUM

Σε γενικές γραμμές, έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη ενός δυναμικού συστήματος που αποτελείται από πολλά συστατικά, όπου οι διαφορετικοί προστατευτικοί μηχανισμοί έχουν συμπληρωματικούς ρόλους στην γενικότερη έκφραση της άμυνας των βαμβακόφυτων στις αδρομυκώσεις που οφείλονται στο *Verticillium dahliae* (Dubery et al 1997).

Η εισροή και εκροή Ca^{2+} διαπιστώθηκε ότι είναι σημαντική στους μηχανισμούς αντίστασης των φυτών (παραγωγή φυτοαλεξινών), (Robinson et al 1995).

Η υποκίνηση της φωσφολιπάσης A (*Plase A*), μπορεί να είναι σημαντική στην ενεργοποίηση των αμυντικών μηχανισμών των φυτών (Sreeganga et al 1996).

Μια πρωτεϊνική ομάδα, εμφανίζεται να αποτελεί το συγκεκριμένο εξωκυτταρικό σήμα που είναι αρμόδιο για την επαγωγή φυτοαλεξινών στα κύτταρα του βαμβακιού (Davis et al 1993).

VdNEP, είναι μια πρωτεΐνη που αποτελείται από 233-αμινοξέα και είναι παράγοντας που προκαλεί την βλάστηση του βαμβακιού. Εμφανίζεται να συμμετέχει στις αλληλεπιδράσεις βαμβακιού - *Verticillium dahliae* (Wang et al 2004).

Η ανάλυση της ακολουθίας του *StVe γονιδίου*, δείχνει ότι το *StVe*, είναι πιθανώς ένα γονίδιο ανθεκτικότητας ενάντια στο *Verticillium*, που κωδικοποιεί μια επιφάνεια (πχ πρωτεΐνη) δεκτικών κυττάρων (Fei-Jiong et al 2004).

Ο μύκητας *Verticillium dahliae*, προσβάλλοντας το βαμβάκι δίνει σήμα στον ιστό που οδηγεί σε αύξηση του επιπέδου σύνθεσης delta cadinene mRNA, καθώς και σε αυξημένη δραστηριότητα σύνθεσης delta cadinene, που λειτουργεί στην μετατροπή $e\text{-diphosphate-e-farnesyl} \rightarrow \text{diphosphate nerolidyl} \rightarrow \text{delta cadinene}$, το οποίο μεταβολικά μετατρέπεται στο desoxyhemigossypol, desoxyhemigossypol-6-methyl-ether, hemigossypol και hemigossypol-6-methyl ether (Alchanati et al 1998).

Τέλος, προσθήκη elicitor *Verticillium* σε *Medicago sativa*, προλάλεσε σημαντική αύξηση στην ένωση inositol-1,4,5-triphosphate. Πιθανός ο ρόλος της ένωσης αυτής στα γεγονότα μεταγωγής που οδηγούν στην σύνθεση φυτοαλεξινών (Cooke et al 1991).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μετά την εξαγωγή και τον ποσοτικό προσδιορισμό της γοσσυπόλης, διαπιστώνουμε ότι τα μη μολυσμένα στελέχη και οι μη μολυσμένες κοτυληδόνες εμφανίζουν τα υψηλότερα ποσοστά. Μια ένδειξη για την άμεση σχέση γοσσυπόλης και αντοχής - ανοχής στις προσβολές από τον μύκητα *Verticillium dahliae*.

Γενικότερα, έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη ενός δυναμικού συστήματος που αποτελείται από πολλά συστατικά, όπου διαφορετικοί προστατευτικοί μηχανισμοί έχουν συμπληρωματικούς ρόλους στην γενικότερη έκφραση της άμυνας των βαμβακόφυτων στις αδρομυκώσεις. (Dubery et al 1997)

Τα κονίδια του μύκητα δίνουν σήμα στον ιστό, που οδηγεί σε ένα αυξανόμενο επίπεδο σύνθεσης mRNA και σε μια αυξημένη δραστηριότητα σύνθεσης delta cadinene, που λειτουργεί στην μετατροπή του e-diphosphate- e- farnesyl σε nerolidyl diphosphate και στην συνέχεια σε delta cadinene. Το delta cadinene στην συνέχεια μετατρέπεται σε oxyhemigossypol, σε desoxyhemigossypol-6-methyl ether, hemigossypol και hemigossypol -6-methyl ether (Cu-Yun Xing et al 1998). Έχει δε διαπιστωθεί ότι το delta cadinene είναι ένα ένζυμο απαραίτητο (ουσιαστικά το πρώτο βήμα), στην σύνθεση της φυτοαλεξίνης γοσσυπόλης στο βαμβάκι (Cheu et al 1995). Ουσιαστικά το ένζυμο delta cadinene αποτελείται από δύο ένζυμα, το CAD-A και CAD-C. Η μεταγραφή του CAD-A γίνεται στον ιστό της ρίζας του βαμβακιού μετά από προσβολή από τον μύκητα *Verticillium dahliae* ενώ τα CAD-A και CAD-C μεταγράφονται στον ιστό φύλλων μετά από προσβολή από το βακτήριο *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* (Heinsteim et al 1996).

VdNEP είναι μια πρωτεΐνη που αποτελείται από 233 αμινοξέα και είναι παράγοντας που προκαλεί την βλάστηση και συμμετέχει στις αλληλεπιδράσεις μύκητα-φυτού (Wang et al 2004).

Επίσης η ανάλυση της ακολουθίας του StVe γονιδίου, δείχνει ότι το StVe είναι πιθανώς ένα γονίδιο ανθεκτικότητας ενάντια στο *Verticillium dahliae* που κωδικοποιεί μια επιφάνεια (πχ πρωτεΐνη) που δέχεται κύτταρα (Fei-Ji Ong et al 2004).

Γενικότερα, οι αδρομυκώσεις που οφείλονται στο *Verticillium dahliae* αποτελούν ένα πρόβλημα που χρόνο με το χρόνο γίνεται όλο και πιο έντονο στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις της Ελλάδας. Γνωρίζουμε δε ότι μόνο εφαρμόζοντας κάποιες καλλιεργητικές εργασίες (όπως αμειψισπορές, φθινοπωρινά οργώματα και στελεχοκοπή), μπορούμε να εμποδίσουμε την

Συνθάση

εξάπλωση και τον πολλαπλασιασμό του μολύσματος στους αγρούς που καλλιεργούνται με βαμβάκι.

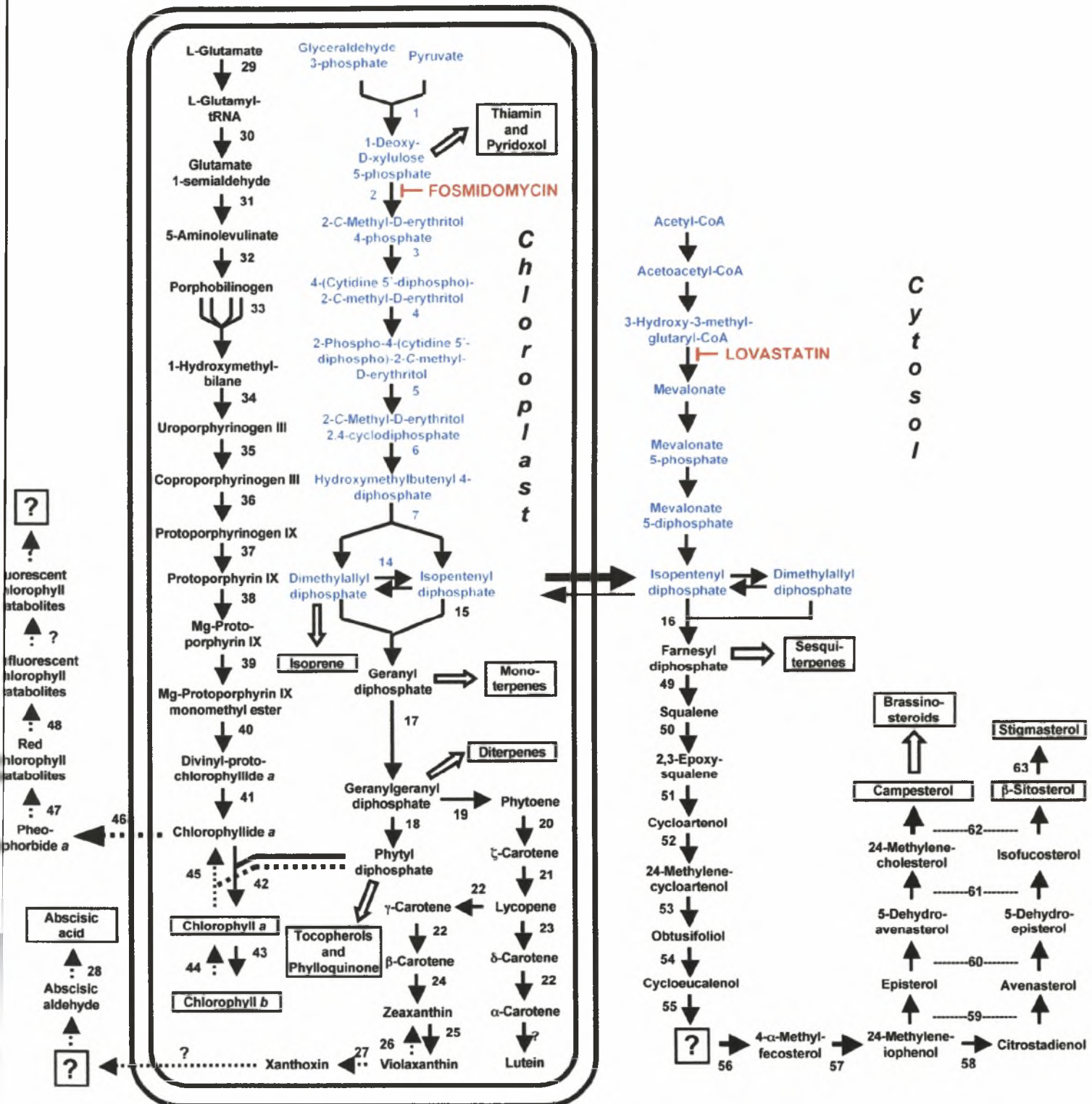
Έχοντας λοιπόν υπόψιν μας την άμεση σχέση της φυτοαλεξίνης γοσσυπόλης με την ανθεκτικότητα στις προσβολές από τον μύκητα, μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι η γνώση των μηχανισμών και λειτουργιών πολλαπλασιασμού, εξάπλωσης και αλληλεπίδρασης μύκητα - φυτοαλεξίνης, σε συδυασμό με τις σύγχρονες τεχνικές της γενετικής μηχανικής είναι μοναδικά όπλα, απαραίτητα στην δημιουργία νέων ποικιλιών ή και υβριδίων βαμβακιού που να εμφανίζουν ανοχή ή και αντοχή στις αδρομυκώσεις.-

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

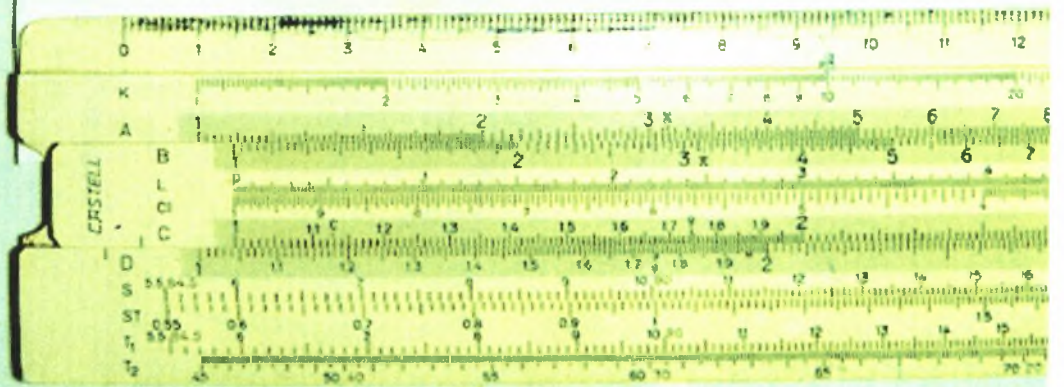
1. Ειδική Γεωργία 1 (σημειώσεις Γαλανοπούλου - Σενδούκας Στέλλας για τους φοιτητές του Π.Θ)
2. Εισαγωγή στην Βιοχημεία (Διαμαντίδης Γρηγόρης)
3. Wright 1995 " Natural products in the fight against AIDS " *Pharmaceutical journal* 254 (6838) : 583-587
4. Hu, Chang, Brueggemeier, Lin, 1994 "Presence of antitumor activities in the milk collected from gossypol treated dairy cows" *Cancer letters* 87(1) :17-23
5. Arshami 1994 " Study on the histopathological effects of gossypol on rams testes" *Agricultural science and technology* 8(1) : 79-91
6. Song Feng Ming, Zheg Zong, 1997 "Involvement of gossypol and tannin in the resistance of cotton seedling to Fusarium wilt" *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 23:5, 529-532, 9 ref.
7. Xia, Achar 1999 "Biochemical changes in cotton infected with *Verticillium dahliae*" *African plant protection* 5:1, 59-63, 21 ref.
8. Akinghemi, Aire, Oke 1997 "The influence of protein malnutrition on the antifertility action of gossypol in the *Trypanosoma brucei* infected rat: some ultra structural observations from the testis" *Reproductive toxicology* 11(4):533-538, 27 ref.
9. Deoras, Young Curtis, Dalvi, Tippet 1997 "Effect of gossypol on hepatic and serum gamma glutamyltransferase activity in rats" *Veterinary research communications*, 21(5): 317-323, 19 ref.
10. Clham 1997 "Inheritance of high galling and insect resistance trait in cotton" *Crop science* 37(4): 1181-1186, 23 ref.
11. Bell, Stipanovic, Zhang Jiu Xu, Mace, Reibenspies 1998 "Identification and synthesis of trinocadalone phytoalexins formed by *Hibiscus Canabinus*" *Phytochemistry* 49(2): 431-440, 31 ref.
12. Bianchini, Stipanovic, Bell 1999 "Induction of delta cadinene syntheses and sesquiterpenoid phytoalexins in cotton by *Verticillium dahliae*" *Journal of agricultural and food chemistry* 47(10): 4403-4406, 17 ref.
13. Puckhaber, Stipanovic, Bell 1998 "Kenaf phytoalexin: toxicity of o-hibiscanone and its hydroquinone to the plant pathogens *Verticillium dahliae* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *Vasinfectum*"

- Journal of agricultural and food chemistry, 46(11): 4744-4747, 9 ref.
14. Kangatharalingans, Pierce, Bayles, Eseenberg 2002 "Epidermal authocyanin production as an indicator of bacterial blight resistance in cotton" *Physiological and molecular plant pathology* 61(3): 189-195, 33 ref.
 15. Williams, Cooper 2003 "Elemental sulphur is produced by diverse plant families as a component of defence against fungal and bacterial pathogens" *Physiological and molecular plant pathology* 63(1): 3-16, 72 ref.
 16. Pierce, Cover, Richardson, Scholes, Eseenberg 1996 "Adequacy of cellular phytoalexin concentrations in hyper sensitively responding cotton leaves" *Physiological and molecular plant pathology* 48(5): 305-324, 35 ref.
 17. Zang, Mace, Stipanovic, Bell 1993 "Production and fungi toxicity of the terprnoid phytoalexins in cotton inoculated with *Fusarium oxysporum* f. sp. *Vasinfectum*" *Journal of phytopathology* 139(3): 247-252, 10 ref.
 18. Avadalla, El Refai 1999 "Herbicide induced resistance of cotton to *Verticillium* wilt disease and activation of host cells to produce the phytoalexin gossypol" *Canadian journal of Botany* 70:7, 1440-1444, 34 ref.
 19. Borkar 1989 "Tanin content of cotton cultivars in relation to bacterial blight resistance and its dynamics during different reaction induced by *X. c.pv malvacearum* cotton interaction" *Indian journal of plant pathology* 7(2): 142-144, 3 ref.
 20. Dai, Nicole, Andary, Martinez, Bresson, Boher, Daniel, Geiger 1996 "Flavonoids accumulate in cell walls middle lamellae and callose rich papillae during an incompatible between *Xanthomonas campestris* pv. *Malvacearum* and cotton" *Physiological and molecular plant pathology* 49(5): 285-306, 56 ref.
 21. Alchanati, Patel, Liu JingCao, Benedict, Stipanovic, Bell, Magill 1998 "The enzymatic cyclization of nerolidyl diphosphate by delta cadinene synthase from cotton stele tissue infected with *Verticillium dahliae*" *Phytochemistry* 47(6): 961-967, 26 ref.
 22. Eldon, Wilocks 1996 "The effect of reduced phytoalexin production on the resistance off upland cotton to *Verticillium dahliae* and *Fusarium* wilts" *Annals of applied biology* 129(2): 217-225, 17 ref.
 23. Joost, Banchini, Bell, Benedict, Magill 1995 "Differential induction of 3-hydroxy-3-methylglutaryl Coa reductive in two cotton species

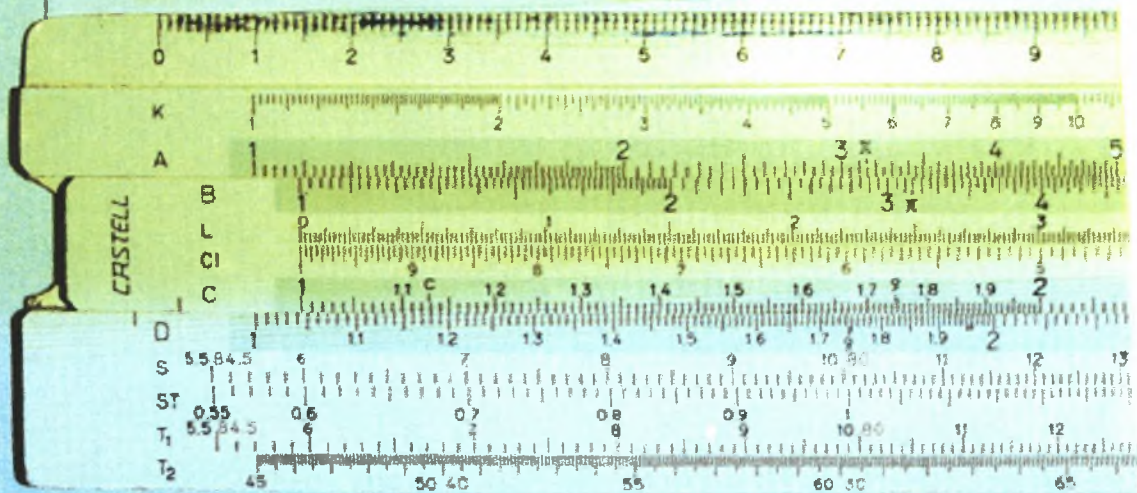
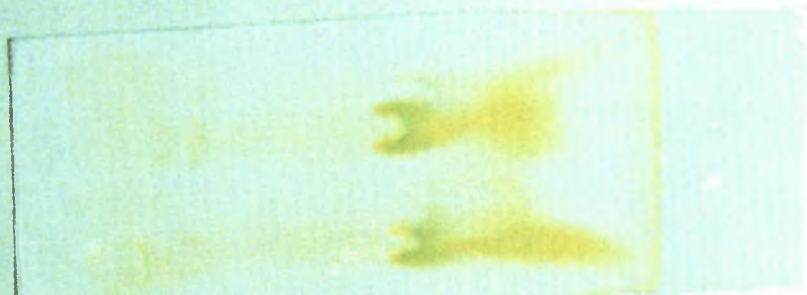
- following inoculation with *Verticillium*" *Molecular plant microbe interactions* 8:6, 880-885, 22 ref.
24. Fei Jiong, ChaiYouRong, Wang Jin, Lin Juan, Sun Xia Fen, Sun Chao, Zuo Kai Jing, Tang Ke Xuan 2004 "cDNA cloning and characterization of the *Ve* homologue gene *StVe* from *Solanum tornum swartz*" *DNA sequence* 15(2): 88-95, 39 ref.
25. Wang Jian Ying, Cai Yu, Goy Jin Ying, Mao Jing Bo, Xu Yan Hua, Jiang Wei Hong, Chen Xiao Ya 2001 "VdNEP an elicitor from *Verticillium dahliae*, induces cotton plant wilting" *Applied and environmental microbiology* 70(8): 4989-4995, 45 ref.
- Pierce, Essenberg 1993 "A comparison of the quantities of exopolysaccharade produced by *Xanthomonas campestris* pv. *Malvacearum* in susceptible and resistant cotton cotyledons during early stages of infection" *Phytopathology* 83(30): 344-349, 35 ref

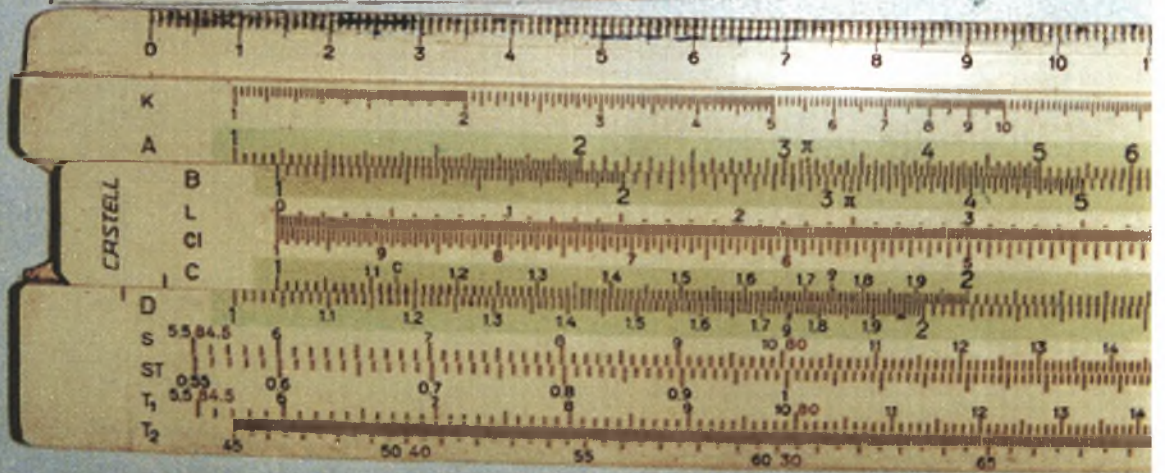


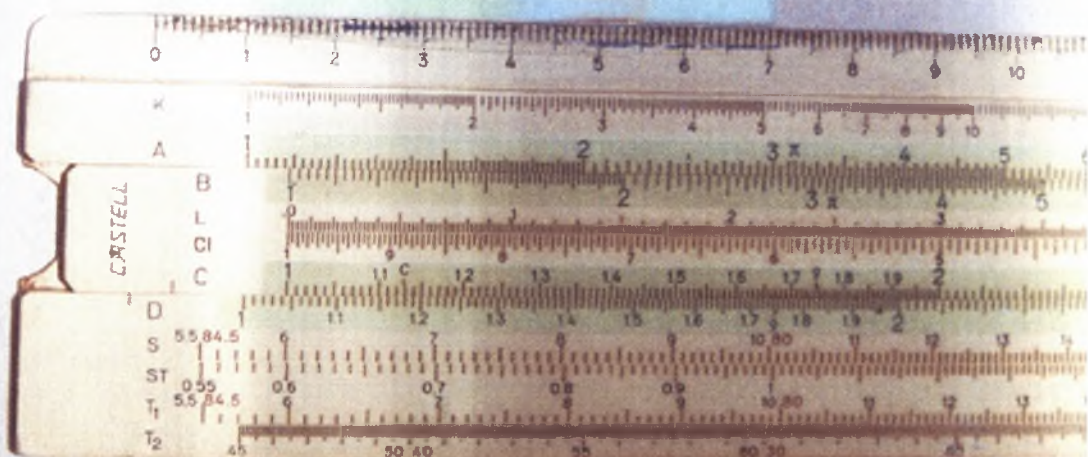


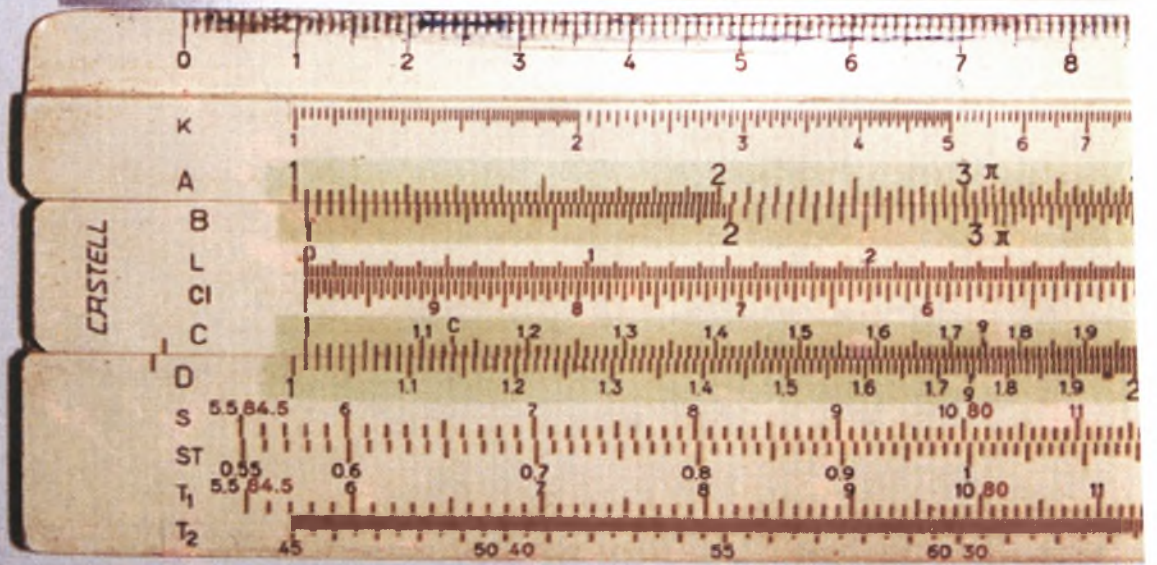
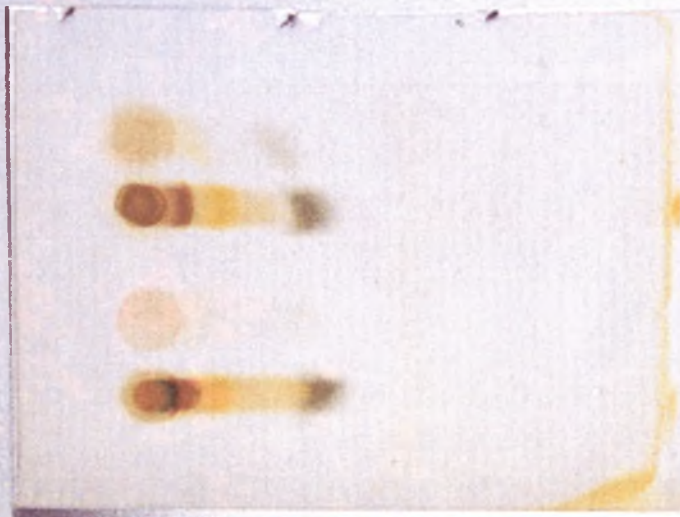












0 1 2 3 4 5 6 7 8

K 1 2 3 4 5 6 7

A 1 2 3 π

B 1 2 3 π

L 1 2

CI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

C 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

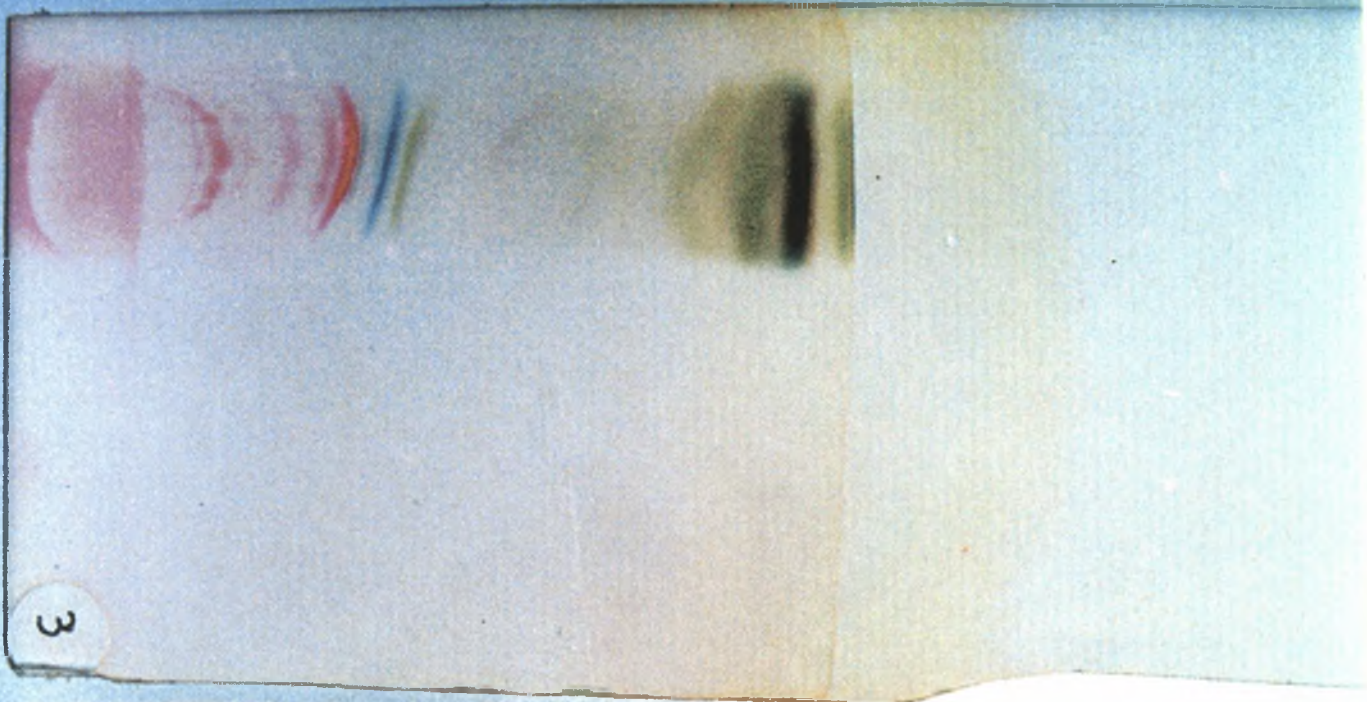
S 5.5 84.5 6 7 8 9 10 80 11

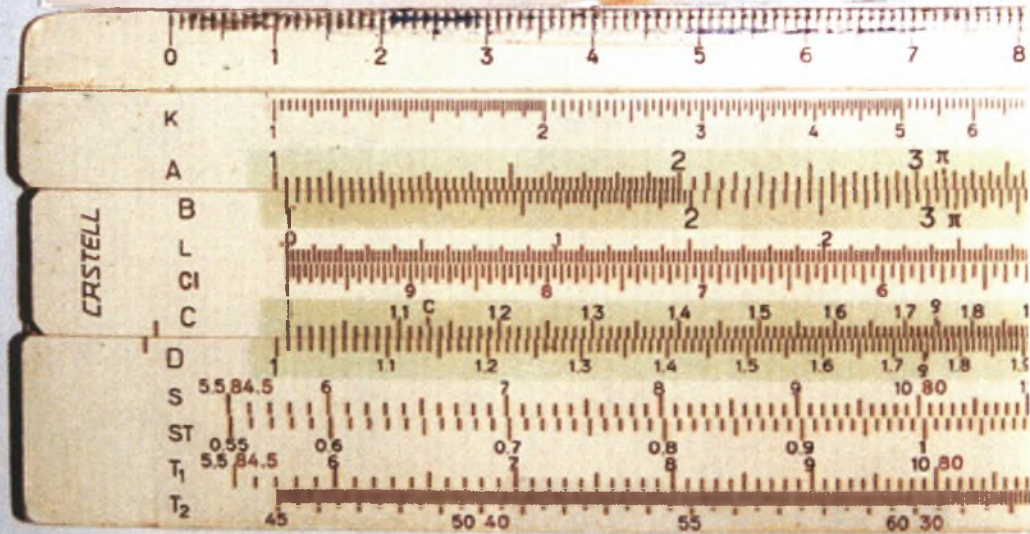
ST 0.55 0.6 0.7 0.8 0.9 1 10.80 11

T1 5.5 84.5 6 7 8 9 10 80 11

T2 45 50 40 55 60 30

CRASTELL







ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097440