

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι)  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ  
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ-B (UV-b)  
ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΙΟΥ ΤΟΥ ΜΩΣΑΪΚΟΥ  
ΤΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ (CMV) ΣΕ ΦΥΤΑ ΤΟΜΑΤΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ  
ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ  
ΙΩΑΝΝΗ ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ 1997**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον υπεύθυνο του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου (Μ.Φ.Ι.), Δρ Δημήτριο Βελισσαρίου, τον υπεύθυνο του Εργαστηρίου Ιολογίας του Μ.Φ.Ι., Δρ Φρειδερίκο Μπεμ, καθώς και τον Επίκ. Καθηγητή του Τ.Ε.Ι Καλαμάτας κ. Αναστάσιο Γ.Ηλιόπουλο για την απεριόριστη βοήθειά τους και την πολύτιμη καθοδήγηση που μου προσέφεραν για την ολοκλήρωση αυτής της μελέτης .

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τη Διεύθυνση του Μ.Φ.Ι. που επέτρεψε την εκτέλεση της πειραματικής εργασίας στις εγκαταστάσεις του ιδρύματος . Ακόμη ευχαριστώ τον βοηθό γεωπόνο κύριο Λουκά Σκρέτη και τις τεχνικές βοηθούς του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών, κυρίες Ειρήνη Μουστάκα και Ματούλα Μιχαλά για τη βοήθειά τους .

Ευχαριστώ τέλος την επιτροπή καθηγητών του ΘΕ.Κ.Α Τ.Ε.Ι Καλαμάτας για τη δυνατότητα που μου έδωσαν να εικονήσω την παρούσα πτυχιακή μελέτη.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b><u>ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΙΟΥ ΤΟΥ ΜΩΣΑΪΚΟΥ ΤΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ (CMV) ΚΑΙ ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ-B (UV-b).</u></b>	<b><u>2</u></b>
<u>Εισαγωγή</u>	<u>2</u>
<u>Ο Ιός του Μωσαϊκού της Αγγουριάς : Cucumber mosaic virus (CMV).</u>	<u>3</u>
<u>Μορφές της ασθένειας του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) στην καλλιέργεια τομάτας.</u>	<u>6</u>
<u>Η υπεριώδης ακτινοβολία βιολογικής σημασίας B (UV-b) και η αύξηση της στο περιβάλλον.</u>	<u>9</u>
<u>Οι επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας-B στα φυτά.</u>	<u>11</u>
<b><u>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ</u></b>	<b><u>16</u></b>
<u>Περύληψη</u>	<u>16</u>
<u>Υλικά και Μέθοδοι</u>	<u>17</u>
<u>Τεχνικά στοιχεία του θαλάμου ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης φυτών</u>	<u>18</u>
<u>Πειραματική διαδικασία</u>	<u>21</u>
<u>Η διαδικασία μόλυνσης των φυτών τομάτας με τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV).</u>	<u>25</u>
<u>Η διαδικασία βαθμολόγησης των συμπτωμάτων του ιού CMV στα φυτά τομάτας</u>	<u>26</u>
<u>Αποτελέσματα</u>	<u>27</u>
<u>1ο Πείραμα</u>	<u>27</u>
<u>3ο Πείραμα</u>	<u>32</u>
<u>Συμπεράσματα- Συζήτηση</u>	<u>36</u>
<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : ΕΙΚΟΝΕΣ</u></b>	<b><u>38</u></b>
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b>	<b><u>42</u></b>

## **ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΙΟΥ ΤΟΥ ΜΩΣΑΪΚΟΥ ΤΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ (CMV) ΚΑΙ ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ-B (UV-b).**

### **Εισαγωγή**

Είναι γνωστό το ότι από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, ότι η καλλιέργεια τομάτας στην χώρα μας υφίσταται σοβαρές ζημιές από την ασθένεια του ιού μωσαϊκού της αγγουριάς (Κυριακοπούλου, 1995). Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι η ασθένεια αυτή εμφανίζεται με ιδιαίτερα έντονη μορφή στις υπαίθριες καλλιέργειες περιοχών όπως για παράδειγμα της Ηλείας, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες καλλιέργειες τομάτας σε θερμοκήπια της ίδιας περιοχής (Μπέμ προσωπ. επικοινων., 1996). Πολλές υποθέσεις έχουν γίνει για την εξήγηση αυτού του φαινομένου, αλλά μέχρι σήμερα δεν έχει αποδειχθεί καμία από αυτές. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να μελετηθεί η επίδραση της **ποιότητας** του ηλιακού φωτός στην έξαρση αυτής της ασθένειας, με βάση δύο στοιχεία : α) Τη δεδομένη αύξηση της UV-b και στην χώρα μας τα τελευταία χρόνια και β) το ήδη διαπιστωμένο γεγονός ότι γενικά η υπεριώδης ακτινοβολία είναι υψηλότερη στις καλλιέργειες υπαίθρου από ότι στις καλλιέργειες θερμοκηπίου, εφόσον δεν διαπερνά το γυαλί κάλυψης του θερμοκηπίου (Βελσσαρίου, Μπέμ προσωπ. επικοινων., 1996).

Η αυξημένη υπεριώδης ακτινοβολία-B, όπως είναι γνωστό από μελέτες που έχουν γίνει παγκοσμίως, επδρά αρνητικά στην ανάπτυξη των φυτών, προκαλεί βλάβες στην φωτοσύνθεση, στο DNA και στα άλλα πρωτεϊνικά μόρια, αδρανοποιεί ορμόνες και μεταβάλλει τις σχέσεις του φυτού με το περιβάλλον (Stapleton 1992). Επιπρόσθετα σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν γίνει στην χώρα μας (Ζερεφός, 1995) η υπεριώδης ακτινοβολία-B, αυξάνεται κάθε χρόνο στην Ελλάδα με ρυθμό 4% για κάθε 1,9% μείωσης της στοιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος. Έτσι υπολογίζεται για το έτος 1997 ο ρυθμός αύξησης της υπεριώδους ακτινοβολίας-B θα φθάσει σε ποσοστό 12% στο περιβάλλον της χώρας. Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται ειδικότερα η επίδραση της ακτινοβολίας UV-b στην εκδήλωση συμπτωμάτων της ασθένειας της “νέκρωσης της τομάτας” σε φυτά μολυσμένα με CMV.

### **Ο Ιός του Μωσαϊκού της Αγγουριάς : *Cucumber mosaic virus (CMV)*.**

Ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) ανήκει στην ομάδα των Cucumoviruses της οποίας αποτελεί το τυπικό είδος. Ο ιός αυτός πρωτοπαρατηρήθηκε στο αγγούρι από τον Doolittle και Jagger το 1916. Έχει μεγάλο αριθμό ξενιστών με κοινό σύμπτωμα το μωσαϊκό. Η ασθένεια που προκαλεί είναι διαδεδομένη σ'ολόκληρο τον κόσμο και είναι γνωστή και ως νημάτωση. Έχει υπολογιστεί ότι προσβάλλει 775 είδη καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών που ανήκουν σε 86 οικογένειες με κυριότερα τα είδη λαχανικών και καλλωπιστικών των οικογενειών Cucurbitaceae, Solanaceae, Compositae, Chenopodiaceae κ.α.

Στην Ελλάδα, ο ιός αυτός εμφανίζεται ευρύτατα διαδεδομένος στα κολοκυνθοειδή (αγγουριά, κολοκυθιά και πεπονιά), καπνό, τομάτα, καλλιεργούμενο βλήτο, σπανάκι, σέλινο, μαϊντανό, ραδίκι, αντίδι, αγκινάρα, δυόσμο, μέντα, καλέντουλα, χρυσάνθεμο, πετούνια, ελίχρυσο, κατηφέ, ντάλια κ.ά. Επίσης σε πολλά αυτοφυή φυτά, όπως βλήτα, αντράκλα, στελλάρια, γαλατσίδα (*Euphorbia*), κολλητσίδα (*Gallium*), καυκαλήθρα, λάπαθο, ραδίκια κ.ά. Επίσης πρόσφατα βρέθηκε με υψηλή συχνότητα σε μουριές στην Αττική. Σε πρόσφατη έρευνα στο Ν. Ηλείας βρέθηκε σε τουλάχιστον 32 είδη αυτοφυών και 10 είδη καλλιεργούμενων φυτών που ανήκουν σε 25 τουλάχιστον βοτανικές οικογένειες, μεταξύ αυτών και επί του αυτοφυούς θάμνου ασφάκα (*Flomis fruticosa*).

Ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς δομικά είναι ένας πρωτότυπος σφαιρικός (πολυεδρικός) ιός που σταθεροποιείται αποκλειστικά μέσα από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του RNA που περιέχει σε ποσοστό 18,25% (Kaper, 1965) και των πρωτεϊνικών συστατικών του (Kaper και Geelen 1971).

Ο ιός έχει σωματίδια ισομετρικά (εικοσαεδρικά) διαμέτρου 28-30 nm με διηρημένο γονιδίωμα αποτελούμενο από τέσσερα μονονηματικά είδη RNA. Αυτά είναι το RNA-1 ( $1,27 \times 10^6$  d), το RNA-2 ( $1,13 \times 10^6$  d), το RNA-3 ( $0,82 \times 10^6$  d), και το RNA-4 ( $0,35 \times 10^6$  d). Τα τρία πρώτα είναι απαραίτητα για τη μολυσματικότητα του ιού και το τέταρτο περιέχει το γόνο του πρωτεϊνικού περιβλήματος. Τα RNA-1 και RNA-2 βρίσκονται σε χωριστά σωματίδια του, ενώ τα RNA-3 και RNA-4 βρίσκονται μαζί στο ίδιο σωματίδιο. Σε μερικές περιπτώσεις ο ιός περιέχει και ένα πέμπτο RNA το οποίο

ονομάζεται δορυφορικό RNA του CMV (CMV satellite RNA) ή CMV RNA-5 ή CARNA-5, μοριακού βάρους περίπου  $1 \times 10^5$  d. Το CARNA-5 επηρεάζει την παθογένεια του ιού στην τομάτα προς το οξύτερο ή ηπιότερο και συχνά τον καθιστά θανατηφόρο. Το όριο της θερμικής αδρανοποίησης του ιού είναι  $70^{\circ}\text{C}$  σε 10' λεπτά, και το όριο αντοχής του στην αραιώση εντός φυτικού χυμού είναι  $10^{-5}$ .

Ο χρόνος διατήρησης του ιού CMV στο φυτικό χυμό είναι 3 έως 6 ημέρες και η σταθεροποίηση του ιού επιτυγχάνεται με την χρήση αντιοξειδωτικών ουσιών ή με την πτώση της θερμοκρασίας του χυμού σε επίπεδα ψύξης (Gibbs και Harrison 1970, Holling και Stone 1971, Mink 1972).

Ο ιός είναι πιο μολυσματικός σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από  $20-25^{\circ}\text{C}$  ενώ αντίθετα η μολυσματικότητά του μειώνεται σε θερμοκρασίες  $30-40^{\circ}\text{C}$ . Επίσης χαρακτηρίζεται από μεγάλη ευχέρεια γενετικών αλλαγών λόγω του διηρημένου του γονιδιώματος. Υπάρχουν πολλές φυλές του ιού.

Ο κυριότερος τρόπος μεταδόσεως του ιού στις καλλιέργειες, είναι μέσω αφίδων φορέων του. Μεταδίδεται με τουλάχιστον 60 είδη αφίδων κατά τρόπο μη έμμονο. Ειδικότερα για την καλλιέργεια της τομάτας ενδιαφέρον παρουσιάζουν στη μετάδοση του ιού στο φυτό οι αφίδες - φορείς *Myzus persicae* και *Aphis gossypii*. Μεταδίδεται απ'όλα τα στάδια των εντόμων φορέων και ο χρόνος βοσκήσεως προσλήψεως είναι 5-10 δευτερόλεπτα. Η μολυσματική ικανότητα του φορέα μειώνεται μετά από 2' περίπου λεπτά και συνήθως χάνεται μετά από 2 ώρες περίπου, δεν υπάρχει περιορισμός όμως στην επαναφόρτιση του φορέα ύστερα από νέα βόσκηση του στην πηγή μόλυνσεως. Ο ιός μεταδίδεται επίσης και μηχανικά με το χυμό και με την τριβή, κατά τις καλλιεργητικές φροντίδες .

Μετάδοση του ιού γίνεται και με τους σπόρους κάποιων ποικιλιών φασολιού σε ποσοστό 30% (Marchoux 1977) και κάποιων ζιζανίων όπως είναι η στελλάρια (*Stellaria*) σε ποσοστό μετάδοσης που φτάνει το 40% (Tomlinson και Carter 1976) και το *Echinocystis* σε ποσοστό μετάδοσης που φτάνει το 95% (Neergaard, 1977) καθώς και με μοσχεύματα από μολυσμένα ξυλώδη είδη καλλωπιστικών φυτών. Τα πρώτα μολύσματα για τις αρχικές μολύνσεις της καλλιέργειας προέρχονται από μολυσμένα ζιζάνια, μολυσμένες καλλιέργειες άλλων φυτικών ειδών και σε μικρότερο βαθμό από

υπολείμματα της καλλιέργειας εφόσον ο ιός δεν επιβιώνει για μεγάλο διάστημα στα υπολείμματα της καλλιέργειας .

Ο ευρύς κύκλος ξενιστών του ιού, που περιλαμβάνει ετήσια και πολυετή φυτά ακόμα και δέντρα (μουριά) ή θάμνους (ασφάκα), η παρουσία του ιού στη φύση σε ζώντα φυτά (πηγές μόλυνσεως) καθ'όλη τη διάρκεια του έτους και ο μεγάλος αριθμός ειδών αφίδων-φορέων, αυξάνουν σε μεγάλο βαθμό την πιθανότητα μόλυνσεως των καλλιεργειών.

Στην καλλιέργεια τομάτας στη χώρα μας ο ιός CMV πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1980 με αποτέλεσμα να σαρώσει ως επιδημία την καλλιέργεια της βιομηχανικής αλλά και της υπαίθριας κυρίως, επιτραπέζιας τομάτας σε περιοχές της Πελοποννήσου, της Κεντρικής και Βόρειας Ελλάδας. Τόσο στην Ελλάδα όσο και στις άλλες χώρες της Μεσογείου έχουν επικρατήσει διάφορες μορφές της ασθένειας που περιγράφονται παρακάτω. Ο χρόνος για την εκδήλωση της ασθένειας στα νεαρά φυτά τομάτας είναι περίπου 10 ημέρες και τα πλέον τυπικά συμπτώματα εκδηλώνονται σε θερμοκρασίες 18-22°C.

Τέλος για την διάγνωση της ασθένειας χρησιμοποιούνται φυτά δείκτες όπως τα *Chenopodium quinoa*, *Vigna unguiculata*, καπνός, πεπόνι, καθώς και οι ορρολογικές δοκιμές ανοσοδιάχυση και μικροκατακρήμιση και ορροηλεκτρονική μικροσκοπία και για μαζικές και ταχείες εξετάσεις η ανοσοενζυμική ή ανοσοχημική δοκιμή ELISA .

## Μορφές της ασθένειας του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) στην καλλιέργεια τομάτας.

α) Κοινή ασθένεια της τομάτας (tomato common CMV disease).

Κοινά συμπτώματα της ασθένειας αυτής είναι το μωσαϊκό και η έντονη παραμόρφωση με χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα τη στένωση των φυλλιδίων του φύλλου, έτσι ώστε να δίνεται η εντύπωση φύλλου φτέρης (Fern leaf). Η στένωση είναι δυνατό να φθάνει μέχρι τη νημάτωση των φύλλων, φαινόμενο ιδιαίτερα έντονο και χαρακτηριστικό της ασθένειας.

Τα φυτά επίσης είναι δυνατό να εμφανίζουν στείρα άνθη, μειωμένη ανάπτυξη και καρποφορία καθώς και αλλοιώσεις στο χρώμα και την ποιότητα των καρπών. Τέλος ένα από τα πρώτα συμπτώματα που παρουσιάζονται στα παλαιότερα φύλλα είναι η χλώρωση ιδιαίτερα κατά μήκος των νευρώσεων.

β) Συρρίκνωση της τομάτας (tomato shrinkage).

Η προσβολή των φυτών με την ασθένεια της συρρίκνωσης της τομάτας (Κυριακοπούλου & Μπέμ, 1990), έχει ως αποτέλεσμα τα φύλλα να χάνουν το λαμπερό πράσινο χρώμα τους, να καρουλιάζουν προς τα άνω και οι νευρικές τους απολήξεις να αποκτούν ιώδη μεταχρωματισμό. Προς τη βάση τους τα φύλλα μπορούν να κιτρινίσουν και να νεκρωθούν στη βάση των κεντρικών νεύρων. Οι μίσχοι και βλαστοί συστρέφονται με αποτέλεσμα το “μάζεμα” (συρρίκνωση) του φυτού. Τα φυτά παρουσιάζουν όχι μόνο ανάσχεση της αναπτύξεως αλλά και σμίκρυνση του όγκου τους λόγω της συστροφής του μίσχου και των βλαστών. Τα φυτά αποκτούν πυκνή βλάστηση παρουσιάζοντας νανισμό. Οι καρποί είναι δυνατόν να εμφανίζουν συμπτώματα παρόμοια με τον εσωτερικό καστανό μεταχρωματισμό ή νεκρώσεις.

Η ασθένεια έχει λάβει τεράστιες επιδημικές διαστάσεις σ'όλη τη χώρα (Κυριακοπούλου, 1995). Ολόκληρες καλλιέργειες τομάτας εγκαταλείπονται στο μέσο της καλλιεργητικής περιόδου, αφού το ποσοστό των ασθενών φυτών μπορεί να φθάσει το 100% και η παραγωγή εκμηδενίζεται ή μειώνεται ποσοτικά και ποιοτικά σε ασύμφορα



επίπεδα. Εξαιτίας της ασθένειας αυτής πολλοί παραγωγοί αποθαρρύνονται από την καλλιέργεια τομάτας και ολόκληρες τοματοπαραγωγικές κοινότητες, όπως τα Χανάκια Ηλείας, έχουν εγκαταλείψει την καλλιέργεια.

γ) Η σκλήρυνση των καρπών της τομάτας (tomato fruit toughness) .

Αυτή η νέα σοβαρή ασθένεια των καρπών της τομάτας που σχετίζεται με τον CMV διαπιστώθηκε πρόσφατα σε επιτραπέζια τομάτα στη Σκάλα Λακωνίας (Κυριακοπούλου, Μπέμ & Βαρβέρη, 1991). Οι καρποί είναι αφυδατωμένοι, σκληροί κατά θέσεις και εμπορικά άχρηστοι. Σε μεγάλο μέρος της επιφάνειάς τους δεν αποκτούν το ερυθρό χρώμα των ώριμων καρπών αλλά παραμένουν ωχροπράσινοι, ωχροί ή κίτρινοι ή φέρουν καφέ μεταχρωματισμό στο βάθος των αλλοιωμένων περιοχών.

δ) Νέκρωση της τομάτας (tomato necrosis) .

Η θανατηφόρος αυτή ασθένεια οφείλεται στην παρουσία του πέμπτου δορυφορικού RNA (RNA-5 ή CARNA-5) στον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς CMV (Μπέμ, 1989–1990). Εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Αργολίδα το 1987 όπου προκάλεσε καταστροφή. Ήδη έχει επεκταθεί και σε άλλες περιοχές της Πελοποννήσου (Κορινθία, Ηλεία) και άλλα διαμερίσματα της χώρας (Θεσσαλία κ.α.).

Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται με αναστολή ανάπτυξης του φυτού, τραχύτητα των φύλλων, ελαφρό κατσάρωμα και κάμψη των μίσχων προς το έδαφος. Στην συνέχεια εμφανίζονται στα φύλλα ασαφείς χλωρωτικές κηλίδες οι οποίες γίνονται γρήγορα νεκρωτικές σκούρου χρώματος με αποτέλεσμα ολόκληρο το φύλλο να ξηραίνεται. Στους μίσχους των φύλλων και στο στέλεχος εμφανίζονται μαύρες νεκρωτικές ραβδώσεις ή επιφάνειες και ακολουθεί νέκρωση του φυτού από την κορυφή προς τη βάση (Εικόνες 1 και 2). Τελικά τα προσβεβλημένα φυτά ξηραίνονται τελείως μέσα σε 1 - 2 εβδομάδες .

Οι καρποί των προσβεβλημένων φυτών παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους βυθισμένες, λευκές, μπεζ ή καστανές, ξηρές νεκρώσεις σαν κηλίδες ή δακτυλίους ή ακανόνιστες. Τα συμπτώματα δίνουν την εντύπωση τοξικότητας από καυστικές ουσίες. Τέλος στους καρπούς παρατηρούνται και εσωτερικές αλλοιώσεις.

Εικόνες 1 και 2. Χαρακτηριστικά συμπτώματα της “νέκρωσης της τομάτας”, μαύρες νεκρωτικές ραβδώσεις στους μίσχους των φύλλων και στο στέλεχος. Φωτογραφίες από τα φυτά της πειραματικής εργασίας.



### Η υπεριώδης ακτινοβολία βιολογικής σημασίας Β (UV-b) και η αύξηση της στο περιβάλλον.

Ως γνωστόν το ηλιακό φως αποτελείται από ένα μεγάλο φάσμα ακτινοβολιών που χαρακτηρίζονται από το μήκος κύματος τους. Η υπεριώδης ακτινοβολία-B (UV-b) χαρακτηρίζεται από τα μήκη κύματος μεταξύ 280–320nm του ηλιακού φάσματος. Αυτή η ακτινοβολία έχει την ικανότητα να διευσδύει ακόμη και μέσα στο έδαφος και μπορεί να προξενήσει σημαντικές βλάβες στους ζωντανούς οργανισμούς της βιόσφαιρας. Ο χαρακτηρισμός «βιολογικής σημασίας» οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι, παρόλο που η υπεριώδης ακτινοβολία-B αποτελεί λιγότερο από 1% της ολικής ενέργειας που έρχεται από τον ήλιο, η σημασία της είναι μεγάλη, διότι βρίσκεται κοντά στην περιοχή της μέγιστης απορρόφησης του DNA (Caldwell, 1993). Δηλαδή μακρομόρια όπως πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα απορροφούν σε μεγάλο βαθμό την ακτινοβολία αυτού του μήκους κύματος.

Η ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας-B (UV-b) που φτάνει στην επιφάνεια της γης εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το βαθμό απορρόφησής της από το στρώμα του στρατοσφαιρικού όζοντος που περιβάλλει τον πλανήτη μας και παίζει το σημαντικότερο ρόλο του βιολογικού φίλτρου της ηλιακής ακτινοβολίας. Βεβαίως επηρεάζεται και από γενικότερους γεωγραφικούς, εποχιακούς και μετεωρολογικούς παράγοντες. Αναλυτικότερα η υπεριώδης ακτινοβολία-B εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος των περιοχών και ειδικότερα από την απόσταση Γης-Ήλιου. Έχει αποδειχτεί ότι τα επίπεδα της UV-b ακτινοβολίας είναι υψηλότερα σε χώρες που βρίσκονται σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη όπως είναι Αυστραλία, Αργεντινή, Νέα Ζηλανδία σε σχέση με χώρες, όπως η Γερμανία, που βρίσκονται σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη στην αντίστοιχη καλοκαιρινή περίοδο (Caldwell *et al.*, 1995). Επιπρόσθετα η ποσότητα UV-b ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης εξαρτάται σημαντικά από το υψόμετρο και την αντανάκλασή της. Έχει βρεθεί ότι τα επίπεδα της ακτινοβολίας UV-b αυξάνονται (4-10% ανά km) καθώς αυξάνεται το υψόμετρο της επιφάνειας και η απόστασή της από την επιφάνεια της θάλασσας (Caldwell, McKenzie, 1995), καθώς και ότι οι επιφάνειες που είναι καλυμμένες με βλάστηση αντανακλούν λιγότερο από το 10% της ακτινοβολίας UV-b (Madronich *et al.*, 1995). Επίσης τα επίπεδα της υπεριώδους ακτινοβολίας-B

εξαρτώνται από τις περιόδους κάλυψης της ατμόσφαιρας από σύννεφα. Ειδικότερα, μετρήσεις που έχουν γίνει στις Η.Π.Α έχουν δείξει ότι ο μέσος όρος των μηνιαίων επιπέδων της UV-b ακτινοβολίας μειώνονται λόγω συννεφιάς κατά 10-50% ανάλογα με την εποχή και την περιοχή (Caldwell, McKenzie, 1995). Ένας παράγοντας που τοπικά μειώνει τα επίπεδα της υπεριώδους ακτινοβολίας-B είναι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως είναι το τροποσφαιρικό όζον, το διοξείδιο του θείου, το διοξείδιο του αζώτου κλπ., που σύμφωνα με τους Spitzzen και Bruhl απορροφούν μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας αυτής (Caldwell, 1995).

Όμως, όπως προαναφέραμε ο παράγοντας που υπερισχύει όλων των υπολοίπων και που ορίζει τελικά την ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας-B που φτάνει στο έδαφος είναι το στρώμα του στρατοσφαιρικού όζοντος το οποίο απορροφά έντονα αυτή την ακτινοβολία. Σήμερα όμως είναι γνωστό ότι το προστατευτικό αυτό στρώμα του όζοντος, η λεγόμενη οζονόσφαιρα που εκτείνεται σε ύψη κυμαινόμενα μεταξύ των 15 και των 35 km πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας, καταστρέφεται από τους χλωροφθοράνθρακες και τους χλωροφθοροβρωμάνθρακες που παράγονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ικανότητας “φιλτραρίσματος” της ηλιακής ακτινοβολίας από την οζονόσφαιρα, την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας και κατά συνέπεια την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας-B που φθάνει τελικά στην βιόσφαιρα. Αυτό το φαινόμενο έχει περιγραφεί ως “ Τρύπα του Όζοντος”. Στην Ελλάδα σύμφωνα με τον Ζερεφό, ο ρυθμός μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος φθάνει το 6% (1997), έχοντας πλησιάσει κατά τα έτη του 1993 και 1995 την ακρότατη τιμή του 15%. Επίσης από μετρήσεις που έγιναν από το Νοέμβρη του 1990 μέχρι το Νοέμβρη του 1993 παρατηρήθηκε στην χώρα μας αύξηση της ακτινοβολίας μήκους κύματος 305nm κατά 9,7% τον χρόνο. Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα από υπολογισμούς που έγιναν τα τέσσερα τελευταία χρόνια (Ζερεφός, 1995), η υπεριώδης ακτινοβολία-B (305nm) αυξάνει στην χώρα μας κατά 4% το χρόνο, για κάθε μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 1,9% το χρόνο. Από όλα αυτά συμπεραίνεται ότι η υπεριώδης ακτινοβολία-B είναι ένας κλιματικός παράγοντας που παρουσιάζει σημαντική αύξηση στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια και γι’ αυτό ο ρόλος του στο οικοσύστημα και ειδικότερα οι επιδράσεις του στα φυτά θα πρέπει να μελετηθούν.

### Οι επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας-B στα φυτά

Πολλές είναι οι μελέτες που έχουν γίνει στο ύπαιθρο, σε θερμοκήπια, και σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών σχετικά με τις επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας-B (UV-b) στα φυτά και στην ισορροπία των οικοσυστημάτων. Η φωτοσύνθεση και άλλες φυσιολογικές διαδικασίες μπορούν να επηρεαστούν άμεσα αλλά και έμμεσα από την υπεριώδη ακτινοβολία-B. Η κυρίαρχη άποψη που βγαίνει μέσα από μελέτες είναι ότι η σημαντικότερη επιβλαβής επίπτωση της υπεριώδους ακτινοβολίας-B στην φωτοσυνθετική μηχανή, αφορά στην οξειδωτική διαδικασία του κέντρου αντιδράσεων του Φωτοσυστήματος II, με επιδράσεις που συνήθως επηρεάζουν και το Φωτοσύστημα I (Tevini 1989, Teramura, Sullivan, Caldwell 1994). Επίσης με τη διείσδυση της UV-b μέσω της επιδερμίδας του φύλλου στο μεσόφυλλο παρουσιάζεται σε μερικά φυτά μείωση της αφομοίωσης του CO<sub>2</sub> (Teramura, Sullivan, 1994). Επιπρόσθετα σύμφωνα με τον Brandle (1977), η υπεριώδης ακτινοβολία-B μπορεί να μεταβάλλει την δομή των χλωροπλαστών (Teramura, Sullivan, 1994).

Εκτός από την άμεση αλλαγή της λειτουργίας του Φωτοσυστήματος II, η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να επιδράσει στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και έμμεσα, προκαλώντας αλλαγές στο πάχος και στην ανατομία του φύλλου, επηρεάζοντας την διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στο φύλλο. Επίσης η UV-b μπορεί να επηρεάσει έμμεσα τη φωτοσύνθεση με την φωτο-αδρανοποίηση των φωτοσυνθετικών χρωστικών (π.χ χλωροφύλλες, καροτενοειδή) (Strid, Porra, 1992, Sullivan, 1993), με το μερικό κλείσιμο των στοματιών (Bjorn 1986), καθώς και με την αλλαγή της μορφολογίας του φυτού (επιμήκνιση μεσογονάτιων διαστημάτων κλπ.) που μεταβάλλει τις σχέσεις αλληλεπίδρασης των φυτικών ειδών μιάς φυτοκοινωνίας ως προς την δέσμευση του φωτός (αλληλοσκίαση κλπ.) (Teramura, Sullivan, 1994).

Η υπεριώδης ακτινοβολία-B σύμφωνα με τον Caldwell και Flint (1993), απορροφάται σε μεγάλο βαθμό από το DNA προκαλώντας του αλλοιώσεις. Επίσης έχει διαπιστωθεί ότι στα ανώτερα φυτά προκαλούνται διαδικασίες φωτοοξειδωσης, που μερικές αυξάνουν την υπεροξειδωση των λιπιδίων και την δραστηριότητα της υπεροξειδάσης στα φυτά (Caldwell, Flint, 1993).

Οι ειδικοί δέκτες της υπεριώδους ακτινοβολίας-B στα φυτά φαίνεται να εμπλέκονται ως μεσολαβητές σε μερικές φωτομορφογενητικές επιδράσεις και να προκαλούν σχηματισμό διαφόρων χρωστικών (ανθοκυανίνων, φλαβονοειδών) (Caldwell, Flint, 1993). Στις μέλετες που έχουν γίνει πάνω σε αυτό το θέμα εμφανίζονται αλληλεπιδράσεις των δεκτών UV-b με τους άλλους κύριους δέκτες φωτός του φυτού, του κρυπτοχρώματος και του φυτοχρώματος, οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του φυτού (Caldwell, Flint, 1994).

Η υπεριώδης ακτινοβολία-B επιδρά και στην ανάπτυξη των φυτών. Σε μερικά είδη φυτών παρουσιάζεται μείωση της βιομάζας (Stapleton, 1992), μειωμένη φυλλική επιφάνεια ή και ανάπτυξη στελέχους (Teramura, Tevini, 1989). Η μεταβολή της επιμήκυνσης του στελέχους οφείλεται κατά ένα λόγο στην φωτο-αδρανοποίηση των ρυθμιστικών ουσιών αύξησης όπως είναι η αυξίνη και το IAA (ινδολοξικό οξύ), τα οποία απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία-B (Borjman *et al.*, 1995). Επίσης η UV-b μπορεί να μεταβάλλει σε μερικά είδη φυτών το χρόνο άνθησης καθώς και τον αριθμό των ανθέων στο φυτό (Borjman *et al.*, 1995). Αυτό μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην επικονίαση. Επίσης σύμφωνα τον Demick και Day (1996) η αυξημένη υπεριώδης ακτινοβολία-B προκαλεί σε μερικά φυτά μείωση της ποσότητας και της βλαστικότητας της γύρης σε ποσοστό μείωσης που μπορεί να φτάνει το 50% για κάθε άνθος. Υπαίθρια πειράματα με σόγια για έξι καλλιεργητικές περιόδους από τους Teramura, Sullivan και Lydon (1990) έδειξαν ότι η επίδραση της UV-b μειώνει τον αριθμό, το μέγεθος και την περιεκτικότητα των σπόρων σε λιπίδια και πρωτεΐνες.

Η υπεριώδης ακτινοβολία-B μέσω τις μορφολογικών επιδράσεων που προκαλεί στα φυτά, δηλαδή μείωση του ελάσματος των φύλλων, μεταβολή του μήκους των μεσογονάτιων διαστημάτων στο στέλεχος και ανάπτυξη νέων πλευρικών βλαστών ή κλάδων, δημιουργεί νέες συνθήκες στον ανταγωνισμό για λήψη φωτός και δέσμευση CO<sub>2</sub> μεταξύ ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών όπως περιγράφεται στο παράδειγμα του σιταριού και της αγριοβρώμης από τους Barnes, Jordan, Caldwell, Flint και Gold (1988).

Επιπρόσθετα η υπεριώδης ακτινοβολία-B επηρεάζει έμμεσα το οικοσύστημα επιδρώντας στην δευτερεύουσας σημασίας μεταβολικές διεργασίες των φυτικών ιστών προκαλώντας μεταβολές στον κύκλο του σικιμικού οξέος, τις φαινολικές ενώσεις και στα

φλαβονοειδή, μειώνοντας την άμυνα των φυτικών ειδών προς τα έντομα, τα παθογόνα και τα φυτοφάγα ζώα (Caldwell, Tevini, Teramura, 1989).

Ακόμη η UV-b ακτινοβολία επιδρά στις σχέσεις ξενιστού-παθογόνου. Έτσι σε πειράματα που έγιναν με τον μύκητα *Cercospora beticola* σε σακχαρότευτλα, με τον μύκητα *Magnaporthe grisea* [*Piricullaria oryzae*] σε καλλιέργεια ρυζιού, καθώς με άλλα παθογόνα σε καλλιέργεια αγγουριού έδειξαν εντονότερη εκδήλωση των ασθενειών υπό την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας-B (Willocquet *et al.* 1996, Teramura, Sullivan, 1994).

Οι επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας-B στα φυτά, εξαρτώνται από το είδος του φυτού, την επάρκεια νερού και την θρεπτική του κατάσταση, το μικροκλίμα της περιοχής (συχνότητα βροχόπτωσης, θερμοκρασία ) καθώς και από το CO<sub>2</sub> και τη φωτοσυνθετικά δραστική ακτινοβολία (PAR)(Caldwell, Tevini, Teramura, 1989).

Τέλος οι επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας-B έχουν και σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις. Αυτό αποδεικνύεται από οικονομικές μελέτες που παρουσιάζουν τις απώλειες παραγωγής εξαιτίας του φαινομένου. Συγκεκριμένα σε μελέτη που διεξήχθη στις Η.Π.Α, η συνολική οικονομική απώλεια από την μείωση της παραγωγής της σόγιας, του σιταριού και του καλαμποκιού εξαιτίας της αύξησης της UV-b ακτινοβολίας στο περιβάλλον, πλησίασε για το έτος 1982 τα 1,7 δισεκατομύρια δολλάρια (Adams, Rowe, 1990).

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1.

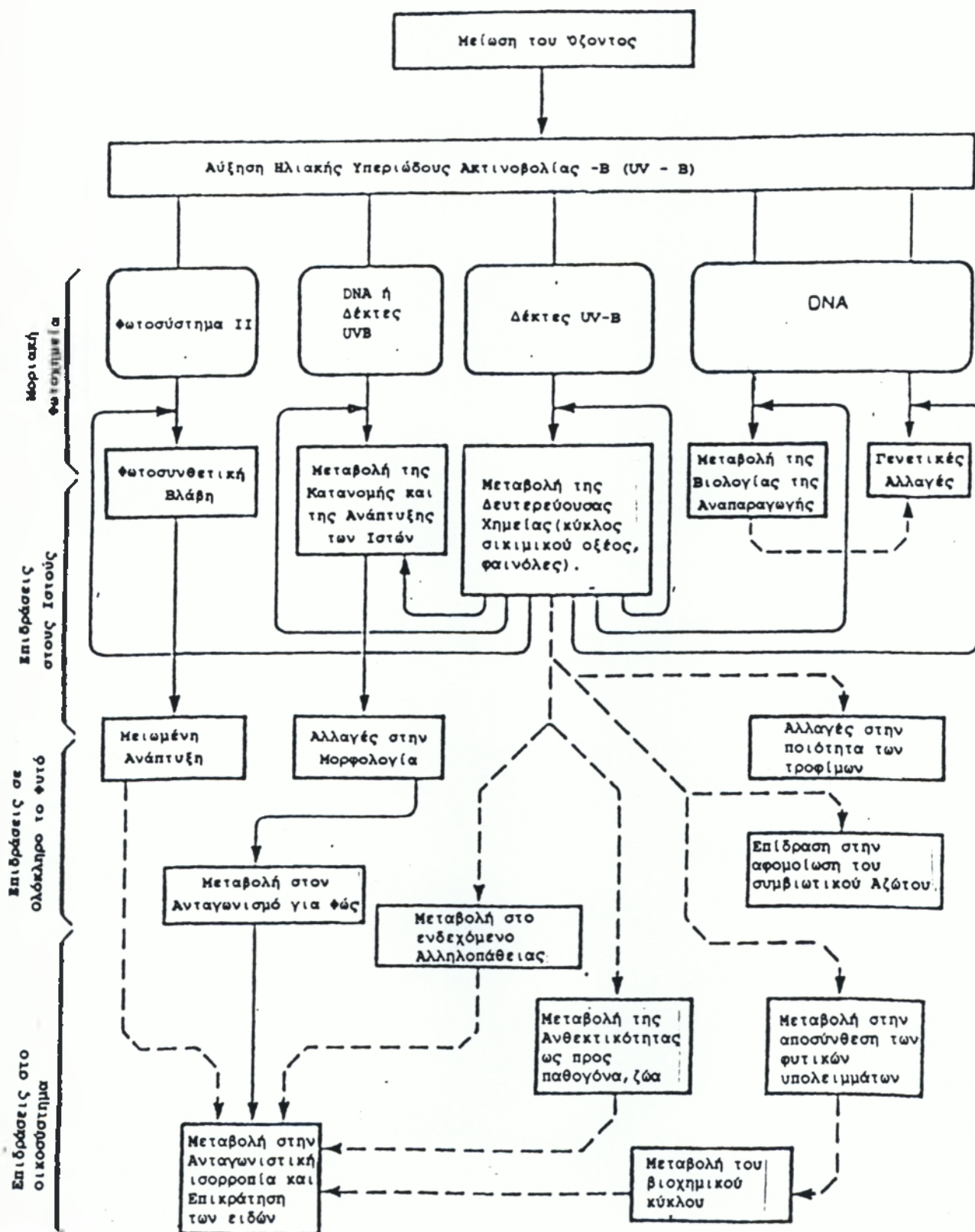
Η σχετική ευαισθησία καλλιεργούμενων φυτών στην αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας Β (UVB) .  
Αποτελέσματα βασισμένα σε μετρήσεις της βιομάζας των φυτών. (S.V. Krupa και R.N. Kickert 1989)

<b>ΕΥΑΙΣΘΗΤΑ</b>	<b>ΜΕΤΡΙΩΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΑ</b>	<b>ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ</b>
<i>Hordeum vulgare</i>	<i>Phaseolus sp.</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>
<i>Glycine max</i>	<i>Sorghum vulgare</i>	<i>Triticum aestivum</i>
<i>Zea mays var. saccharata</i>	<i>Secale cereale</i>	<i>Citrus sp.</i>
<i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Oryza sativa</i>	<i>Helianthus annuus</i>
<i>Spinacia oleracea</i>	<i>Arachis hypogaea</i>	<i>Solanum melongena</i>
<i>Pisum sativum</i>	<i>Capsicum frutescens</i>	<i>Cynara scolymus</i>
<i>Avena sativa</i>	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Brassica oleracea var. capitata</i>
<i>Citrullus vulgaris</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	<i>Zea mays</i>
<i>Cucurbita sp.</i>	<i>Petunia sp.</i>	<i>Nicotiana tabacum</i>
<i>Hibiscus esculentus</i>		<i>Apium graveolens</i>
<i>Cucumis sativus</i>		<i>Asparagus officinalis</i>
<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>		<i>Allium cepa</i>
<i>Brassica oleracea var. gemmifera</i>		<i>Raphanus sativus</i>
<i>Cucumis melo var. cantalupensis</i>		<i>Chrysanthemum morifolium</i>
<i>Trifolium sp.</i>		<i>Tagetes sp.</i>
<i>Daucus carota</i>		<i>Geranium richardsonii</i>
<i>Brassica rapa</i>		<i>Euphorbia pulcherrima</i>
<i>Sinapis alba</i>		<i>Rosa sp.</i>
<i>Beta vulgaris</i>		<i>Alyssum alyssoides</i>
<i>Browallia speciosa</i>		
<i>Coleus sp.</i>		
<i>Geranium sp.</i>		



### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις ενδεχόμενες συνέπειες της αύξησης της υπεριώδους ακτινοβολίας-B στο περιβάλλον εξαιτίας της μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος. Οι συμπαγείς γραμμές υποδηλώνουν αλληλεπιδράσεις που έχουν αποδειχτεί πειραματικά ενώ οι διακεκομμένες υποδηλώνουν αλληλεπιδράσεις για τις οποίες δεν υπάρχουν ακόμη άμεσες πειραματικές μαρτυρίες. (Caldwell, Teramura, Tevini, 1989)



## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

### Περίληψη

Η αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας βιολογικής σημασίας UV-b στο περιβάλλον καθώς και οι βλαβερές συνέπειες της για τα φυτά και για τη βιόσφαιρα γενικότερα, είναι ένα φαινόμενο που παίρνει ολοένα και μεγαλύτερες διαστάσεις παγκοσμίως αλλά και στην χώρα μας. Βασική αιτία της αύξησης αυτής είναι η καταστροφή του προστατευτικού στρώματος του όζοντος της στρατόσφαιρας. Στο πλαίσιο αυτών των δεδομένων εξετάστηκε η επίδραση της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας-B στην εκδήλωση συμπτωμάτων του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) σε δύο ποικιλίες φυτών τομάτας, την ποικιλία Packmoor και την ποικιλία Rio Rojo. Συνολικά διεξήχθησαν τρία πειράματα που διάρκεσαν από τις 25/11/96 μέχρι τις 1/9/97. Στο κάθε πείραμα εκτελέστηκαν οι παρακάτω εργασίες:

- α) Ανάπτυξη των φυτών
- β) Επιλογή και μόλυνση των φυτών με CMV
- γ) Διευθέτηση ομοιόμορφων ομάδων υγιών και ιωμένων φυτών τομάτας και τοποθέτηση τους σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (Growth chamber)
- δ) Έκθεση των υγιών και ιωμένων φυτών σε δύο ποιότητες ακτινοβολίας με ή χωρίς επιπρόσθετη υπεριώδη ακτινοβολία-B
- ε) Βαθμολόγηση των συμπτωμάτων του ιού CMV
- στ) Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι τα μολυσμένα με CMV φυτά τομάτας που εκτέθηκαν σε αυξημένη υπεριώδη ακτινοβολίας-B (UV-b), έχουν την τάση να εκδηλώνουν τα συμπτώματα του ιού σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τα φυτά που εκτέθηκαν σε φωτισμό ανάλογο με το φυσικό, στοιχείο που συνηγορεί στην σπουδαιότητα του ρόλου της αύξησης της UV-b στην μεταβολή της σχέσης ξενιστού – παθογόνου.

## Υλικά και Μέθοδοι

Οι πειραματικές δοκιμές έγιναν στους χώρους του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών και του Εργαστηρίου Ιολογίας, στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο στην Κηφισιά κατά την χρονική περίοδο από 25/11/96 μέχρι 1/9/97. Στόχος των πειραμάτων ήταν να μολυνθούν φυτά τομάτας με τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς και να αναπτυχθούν σε συνθήκες αυξημένης υπερϊώδους ακτινοβολίας-B έτσι ώστε να διαπιστωθεί η τυχόν διαφορετική εκδήλωση της ασθένειας του στα φυτά αυτά. Διεξήχθησαν συνολικά τρία πειράματα εκ των οποίων το ένα δεν ολοκληρώθηκε λόγω αποτυχημένης μόλυνσης των φυτών τομάτας με τον ιό.

Στα πειράματα, ως φυτικό υλικό επελέγησαν φυτά τομάτας αφενός επειδή το φυτό της τομάτας είναι το πιο διαδεδομένο καλλιεργούμενο κηπευτικό είδος παγκοσμίως με την μεγαλύτερη παραγωγική σπουδαιότητα για την χώρα μας και αφετέρου επειδή από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 πλήττεται η καλλιέργεια της ανεπανόρθωτα από τις επιδημικές ασθένειες που προκαλεί ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (Κυριακοπούλου,1995).

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν σπόροι από δύο ποικιλίες τομάτας, την ποικιλία Packmor και την ποικιλία Rio Royo. Η Packmor είναι ποικιλία επιτραπέζιας τομάτας που χρησιμοποιείται για υπαίθρια καλλιέργεια και δίνει φυτά τομάτας με θαμνώδη ανάπτυξη. Η ποικιλία Rio Royo είναι ποικιλία βιομηχανικής τομάτας που δίνει πρώιμους επιμήκεις καρπούς.

Για τη σπορά των σπόρων τομάτας χρησιμοποιήθηκαν πλαστικές γλάστρες-σπορεία, διαμέτρου 20cm και βάθους 20cm των 3 λίτρων καθώς και τυποποιημένο εδαφικό μείγμα του εμπορίου (κομπόστα). Η μεταφύτευση των φυταρίων τομάτας που προέκυψαν, έγινε σε πλαστικά δοχεία (ποτήρια νερού) στα οποία τρυπήθηκε ο πάτος για να υπάρχει απορροή. Το εδαφικό μείγμα που χρησιμοποιήθηκε για αυτό το σκοπό, αποτελούταν από τυποποιημένη κομπόστα, περλίτη και κοκκινόχωμα σε αναλογία 2:1:1. Στο δεύτερο επιτυχημένο πείραμα (3ο) έγινε και δεύτερη μεταφύτευση των φυταρίων σε πλαστικά γλαστράκια του ενός λίτρου, διαμέτρου και ύψους 13cm με υπόστρωμα που αποτελούταν από τυποποιημένη κομπόστα και περλίτη σε αναλογία 3:1.

Στις λίπανσεις των φυτών τομάτας που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του τρίτου πειράματος χρησιμοποιήθηκε το υγρό λίπασμα Complesal 12-8-6+Ιχνοστοιχεία.

Επίσης, στο τρίτο πείραμα πραγματοποιήθηκε ριζοπότισμα με το προστατευτικό μυκητοκτόνο Dexon (Fenamiposulf) που χρησιμοποιείται για την απολύμανση του εδαφικού μείγματος από μύκητες.

Η μόλυνση με τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς των φυτών τομάτας έγινε με μόλυσμα που προήλθε από φυτό ιωμένου καπνού. Κατά την διαδικασία μόλυνσης των φυτών χρησιμοποιήθηκαν μικρά πορσελάνινα γουδιά.

Η ανάπτυξη και έκθεση των φυτών τομάτας στην υπεριώδη ακτινοβολία-B πραγματοποιήθηκε σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (Growth chamber). Τα τεχνικά στοιχεία του θαλάμου περιγράφονται αναλυτικά στο παρακάτω κεφάλαιο.

Για τη δοκιμή σύγκρισης της βιομάζας του υπέργειου μέρους των φυτών τομάτας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του πρώτου πειράματος χρησιμοποιήθηκαν χάρτινες σακούλες μεσαίου μεγέθους για τη συλλογή των φυτών, κλίβανος στους 70°C για την ξήρανση του υπέργειου μέρους των φυτών, καθώς και μια ηλεκτρονική ζυγαρία ακριβείας για την ζύγιση του ξηρού βάρους τους. Τέλος για την επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν από κάθε πείραμα χρησιμοποιήσαμε H/Y και συγκεκριμένα το πρόγραμμα Excel της Microsoft.

### Τεχνικά στοιχεία του θαλάμου ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης φυτών

Ο θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης φυτών (Growth chamber) που χρησιμοποιήθηκε ήταν το μοντέλο E15 της Conviron που διαθέτει εσωτερικό χώρο υποδοχής φυτών διαστάσεων 185cm x 77cm (μήκος x πλάτος) και ύψους 135cm και παρέχει την δυνατότητα ελέγχου των συνθηκών φωτισμού των φυτών, της φωτοπερίόδου, της θερμοκρασίας ημέρας-νύχτας καθώς και των επιπέδων σχετικής υγρασίας. Συγκεκριμένα στα πειράματα που διεξήχθησαν για το σκοπό αυτής της μελέτης, ο θάλαμος χωρίστηκε στη μέση με λευκή πλαστική κουρτίνα που κρεμάστηκε από την οροφή του έτσι ώστε να δημιουργηθούν δύο ισοδύναμοι χώροι που επικρατούν οι ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και αερισμού που γίνεται μέσω του διάτρητου εσωτερικού δαπέδου του.

Ο φωτισμός των φυτών ήταν το σημείο διαφοροποίησης συνθηκών των δύο χώρων του θαλάμου. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι λαμπτήρων που τοποθετήθηκαν σε

ειδικές υποδοχές στην οροφή του θαλάμου, η λάμπα φθορισμού για υπεριώδες (UV-b) TL 40W/12 και ο λαμπτήρας MLR 160W της Philips. Ο λαμπτήρας MLR 160W είναι ειδικός λαμπτήρας για φυτά, ευρέως φάσματος (380-800 nm), με εσωτερικό αντανακλαστήρα που κατευθύνει το φώς προς τα φυτά συντελώντας έτσι στη φυσιολογική ανάπτυξή τους. Στο θάλαμο τοποθετήθηκαν και στους δύο χώρους συνολικά 12 λαμπτήρες τέτοιου τύπου, 6 σε κάθε χώρο. Η λάμπα φθορισμού TL 40W/12 είναι μια ειδική λάμπα μήκους 120 cm καλυμμένη από ειδικό γυαλί με ειδικό φώσφορο που εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία B (UV-b). Αυτή η λάμπα τοποθετήθηκε στον ένα από τους δύο χώρους του θαλάμου καλυμμένη στο μεγαλύτερό της μήκος με ειδική ταινία αφήνοντας ελεύθερα μόνο 25cm φωτιστικής επιφάνειας για εκπομπή της επιπλέον υπεριώδους ακτινοβολίας-B στο χώρο αυτό. Η επιλογή του μεγέθους της φωτιστικής επιφάνειας της λάμπας TL 40W/12 έγινε με βάση προκαταρκτικές πειραματικές δοκιμές που προηγήθηκαν των κύριων πειραμάτων για να ελεγχθεί η ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας-B σε τέτοια επίπεδα ώστε να μην υπάρξουν άμεσες επιπτώσεις στα φυτά από την UV-b. Πράγματι, σε μεγαλύτερη ένταση (δηλαδή φωτιστική επιφάνεια μεγαλύτερη των 25cm) δοκιμαστικά φυτά τομάτας αλλά και καπνού παρουσίασαν έντονα συμπτώματα αργύρωσης (αποκόλλησης της εφυμενίδας) στα φύλλα μετά από 18 ώρες έκθεσής τους στα επίπεδα αυτά και στη συνέχεια τα συμπτώματα εξελίσσονταν σε τυπικά "εγκαύματα".

Οι δύο χώροι στον θάλαμο ανάπτυξης διαμορφώθηκαν έτσι ώστε ο ένας είχε φωτισμό ανάλογο του φυσικού, που παρέχονταν από τους έξι λαμπτήρες MLR 160W (-UV-b) και άλλος χώρος είχε φωτισμό με αυξημένη εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας-B, που παρέχονταν από τους υπόλοιπους έξι λαμπτήρες MLR 160W και την λάμπα φθορισμού TL 40W/12 (+UV-b).

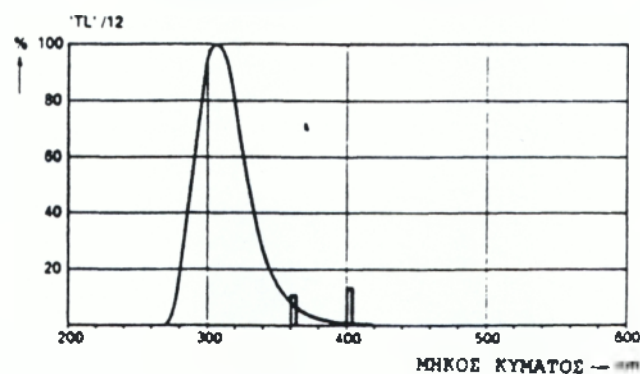
Η φωτοπερίοδος δηλαδή η λειτουργία των λαμπών στο εικοσιτετράωρο στον θάλαμο ρυθμίστηκε με τους ειδικούς χρονοδιακόπτες του θαλάμου. Έτσι είχαμε σταδιακό άνοιγμα και κλείσιμο των λαμπών στο θάλαμο ανάλογο με το φωτισμό στο φυσικό περιβάλλον. Αντίστοιχα η θερμοκρασία τόσο της ημέρας όσο και της νύχτας στο θάλαμο ρυθμίστηκαν με ειδικούς διακόπτες (ρυθμιστές) που κρατούν την εσωτερική του θερμοκρασία στα επιθυμητά επίπεδα. Στο πρώτο πείραμα η θερμοκρασία ημέρας και νύχτας διαμορφώθηκε στους 25°C και 15°C αντίστοιχα που είναι κατάλληλες

θερμοκρασίες για την ανάπτυξη τόσο των φυτών τομάτας όσο και του ιού μωσαϊκού της αγγουριάς στα φυτά, ενώ η φωτοπερίοδος του θαλάμου ήταν δωδεκάμιση ώρες και υπήρχε σταδιακή λειτουργία των 12 λαμπτήρων MLR 160W από τις 7:00π.μ μέχρι τις 7:00μ.μ και δωδεκάωρη λειτουργία της λάμπας φθορισμού TL 40W/12 από τις 7:30 π.μ. μέχρι τις 7:30 μ.μ.

Στο τελευταίο (3ο) πείραμα η θερμοκρασία ημέρας-νύχτας διαφοροποιήθηκε από το πρώτο πείραμα στους 28 °C ημέρας και 20 °C. Αυτή η διαφοροποίηση οφείλεται στο ότι αυτό το πείραμα έγινε σε καλοκαιρινή περίοδο όπου οι εξωτερικές θερμοκρασίες που επικρατούσαν ήταν υψηλές οπότε για τεχνικούς λόγους καλής λειτουργίας του θαλάμου η εσωτερική του θερμοκρασία δεν έπρεπε να αποκλίνει πολύ από τις θερμοκρασίες που επικρατούσαν στο εξωτερικό περιβάλλον καθώς και ότι προσπαθήσαμε να μιμηθούμε ανάλογες συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι σε υπαίθριες καλλιέργειες τομάτας. Η φωτοπερίοδος στο δεύτερο πείραμα ήταν δωδεκάωρη όπου είχαμε σταδιακή λειτουργία των 12 λαμπτήρων MLR 160W από τις 7:00π.μ μέχρι τις 7:00μ.μ και δεκάωρη λειτουργία της λάμπας φθορισμού TL 40W/12 από τις 8:00π.μ μέχρι τις 6:00μ.μ.

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.

### Η ΔΙΑΝΟΜΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΑΜΠΑΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ TL40W/12



### Πειραματική διαδικασία

Τα πειράματα άρχισαν στις 25/11/96 με τη σπορά της πρώτης σειράς σπόρων τομάτας σε πλαστικές γλάστρες-σπορεία σε χώρο του θερμοκηπίου. Επιλέχθηκε η όχι απευθείας σπορά των σπόρων τομάτας σε ατομικά γλαστρίδια αλλά σε σπορεία διότι έτσι επιλέγονται τα φυτάρια κατά την διαδικασία της μεταφύτευσης και προκύπτουν πιο ομοιόμορφες σειρές φυτών. Συγκεκριμένα σπόροι της ποικιλίας επιτραπέζιας τομάτας Ρackmoι σπάρθηκαν σε εδαφικό μείγμα τυποποιημένης κομπόστας σε δύο πλαστικές γλάστρες-σπορεία με την ακόλουθη διαδικασία : Αρχικά γεμίστηκαν οι γλάστρες μέχρι το χείλος τους με την αφράτη κομπόστα στην οποία είχαν τριφτεί με τα χέρια τα τυχόν συσσωματώματα της. Έπειτα η κομπόστα πατήθηκε καλά με τα χέρια και επάνω της τοποθετήθηκαν οι σπόροι σε σχετικά μεγάλη πυκνότητα λόγω του μεγέθους του σπόρου της τομάτας. Οι σπόροι καλύφθηκαν με μία λεπτή στρώση από κομπόστα που είχε προηγουμένως κοσκινιστεί έτσι ώστε να μην υπάρχουν συσσωματώματα που να εμποδίζουν τη ανάπτυξη των φυταρίων και μετά πατήθηκε ελαφρώς, έτσι ώστε να έρθουν οι σπόροι σε καλύτερη επαφή με το εδαφικό μείγμα. Στο τέλος της σποράς κάθε γλάστρα σπορείο ποτίστηκε προσεκτικά μέχρι κορεσμού και τοποθετήθηκε σε μέρος του θερμοκηπίου με καλό φωτισμό και θέρμανση. Τα σπορεία ποτίζονταν τακτικά ώστε να επιτευχθεί η βλάστηση των σπόρων.

Η ανάπτυξη των φυτών κατά τη διάρκεια του πειράματος αυτού ήταν βραδεία εξαιτίας του γεγονότος ότι από την σπορά (25/11/96) μέχρι την μόλυνσή τους με τον ιό, παρέμειναν σε θερμοκήπιο του οποίου οι συνθήκες δεν ήταν φαίνεται επαρκείς για την γρήγορη ανάπτυξη των φυτών. Στις 8/1/97 έγινε η μεταφύτευση των πρώτων φυταρίων τομάτας. Από τις δύο γλάστρες-σπορεία επιλέχθηκαν τα πιο εύρωστα φυτάρια τομάτας στο στάδιο του πρώτου πραγματικού σύνθετου φύλλου και με προσοχή έτσι ώστε να μην καταστραφούν οι ρίζες τους μεταφυτεύθηκαν σε διάτρητα πλαστικά ποτήρια και με εδαφικό μείγμα που αποτελούταν από τυποποιημένη κομπόστα, περλίτη και κοκκινόχωμα σε αναλογία 2:1:1. Συνολικά μεταφυτεύθηκαν 100 φυτάρια τομάτας τα οποία αρχικά, για μερικές ημέρες τοποθετήθηκαν σε πάγκο στο θερμοκήπιο όπου ποτίζονταν τακτικά έτσι ώστε να συνέλθουν από το μεταφυτευτικό σοκ και να αναπτυχθούν ομοιόμορφα. Στις 13/2/97 επιλέχθηκαν 65 ομοιόμορφα φυτά τομάτας στο στάδιο του δεύτερου πραγματικού σύνθετου φύλλου από τα οποία τα 45 μολύνθηκαν με

τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) με διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω. Στις 14/2/97 τα επιλεγμένα φυτά τομάτας διαχωρίστηκαν σε ομοιόμορφες ομάδες και τοποθετήθηκαν στους δύο διαμορφωμένους χώρους του θαλάμου ανάπτυξης που περιγράφηκαν παραπάνω με τον τρόπο που φαίνεται στο πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.

Κατάσταση φυτών	Φωτισμός	Απλός φωτισμός ανάπτυξης φυτών (-UV-b)	Αυξημένη υπεριώδης ακτινοβολία -B (+UV-b)
Μολυσμένα φυτά (+CMV)		30	15
Μάρτυρες-Υγιή φυτά (-CMV)		10	10

Οι αριθμοί δείχνουν τα φυτά τομάτας που χρησιμοποιήθηκαν στο πρώτο πείραμα για καθένα από τους τέσσερις χειρισμούς του πειράματος (+CMV -UVb, +CMV +UVb, -CMV -UVb, -CMV +UVb).

Τα φυτά ανάλογα με το εάν ήταν υγιή ή μολυσμένα, τοποθετήθηκαν σε κάθε χώρο του θαλάμου κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα μολυσμένα με ιό φυτά τομάτας δεν έρχονταν σε επαφή με τα υγιή φυτά. Η μεταχείριση των φυτών (ποτίσματα, λιπάνσεις κλπ.) γίνονταν με ιδιαίτερη προσοχή και με ξεχωριστά εργαλεία για τα μολυσμένα και τα αμόλυντα (π.χ. ποτιστήρια) για την αποφυγή τυχαίων μολύνσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι μαζί με τα μολυσμένα φυτά τομάτας σε κάθε χώρο του θαλάμου τοποθετήθηκε και το ένα μολυσμένο με CMV φυτό καπνού, ως μάρτυρας μόλυνσης.

Το πότισμα των φυτών στο θάλαμο γινόταν ανελλιπώς ώστε τα φυτά να μην υποφέρουν από έλλειψη νερού, που μπορούσε να αλλοιώσει τα αποτελέσματα του πειράματος. Σύμφωνα με τον Teramira και Murali (1986) η έλλειψη νερού στα φυτά προκαλεί αλλοίωση της επίδρασης της υπεριώδους ακτινοβολίας-B.

Στις 21/2/97 διακόπηκε για δύο ημέρες η λειτουργία της λάμπας φθορισμού TL40W/12 που εκπέμπει την υπεριώδη ακτινοβολία-B έτσι ώστε τα φυτά που εκτίθονταν σ' αυτή να συνέλθουν από την επίδραση της (recovering). Στις 17/3/97 εμφανίστηκαν τα πρώτα συμπτώματα του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς σε μολυσμένα φυτά τομάτας τόσο στο χώρο του θαλάμου που υπήρχε επιπλέον εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας όσο και στο χώρο με απλό φωτισμό ανάπτυξης φυτών. Το πρώτο πείραμα ολοκληρώθηκε στις 27/3/97 με την έξοδο των φυτών τομάτας από το θάλαμο και με την βαθμολόγηση των συμπτωμάτων του ιού CMV. Επίσης στις 28/3/97 μετρήθηκε η βιομάζα του



υπέργειου μέρους με μέγιστο αριθμό πέντε φυτών από κάθε πειραματικό χειρισμό με διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω στα αποτελέσματα.

Ένα ενδιάμεσο πείραμα το οποίο ξεκίνησε στις 3/3/97 με την δημιουργία δύο σπορειών τομάτας με σπόρο τομάτας της ποικιλίας Ρακμπορ, τελικά εγκαταλήφθηκε στις 2/6/97 διότι τα ιωμένα με CMV φυτά τομάτας δεν παρουσίασαν συμπτώματα πράγμα που οφείλεται στην ανεπιτυχή μόλυνση τους δεδομένου ότι και οι μάρτυρες μόλυνσης δηλαδή τα φυτά τομάτας που μολύνθηκαν και τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο αντίστοιχα δεν παρουσίασαν συμπτώματα. Οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν στο πείραμα αυτό ήταν παρόμοιες με το πρώτο πείραμα.

Το επόμενο (3ο) πείραμα ξεκίνησε στις 5/6/97 με τη δημιουργία δύο νέων σπορειών τομάτας με σπόρο βιομηχανικής τομάτας της ποικιλίας Rio Royo. Η διαδικασία σποράς που ακολουθήθηκε ήταν η ίδια με αυτή του πρώτου πειράματος. Στις 8/7/97 επιλέχτηκαν και μεταφυτεύτηκαν από τα σπορεία σε πλαστικά ποτήρια νερού, 100 φυτάρια τομάτας στο στάδιο των δυο πραγματικών φύλλων, σε υπόστρωμα που αποτελούνταν από κομπόστα ,περλίτη και κοκκινόχωμα σε αναλογία 2:1:1. Στις 10/7/97 μολύνθηκαν 40 φυτά τομάτας από τα μεταφυτευμένα φυτά, με τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) από την περιοχή της Ηλείας και τοποθετήθηκαν σε χώρο του θερμοκηπίου ξεχωριστά από τα μεταφυτευμένα φυτά που δεν μολυνθήκαν με τον ιό. Στο σύνολο των εκατό φυτών τομάτας έγιναν τέσσερις επεμβάσεις λίπανσης (στις 10,14,17 και 20/7/97) με υγρό Complesal 12-8-6 σε συγκέντρωση 15 cc λιπάσματος ανά λίτρο νερού. Η λίπανση των φυτών τομάτας έγινε επειδή κατά το τέλος του πρώτου πειράματος εμφανίστηκαν ελαφρά συμπτώματα κακής θρέψης προφανώς λόγω της παρατεταμένης διάρκειάς του. Στις 28/7/97 τα φυτά τομάτας μεταφυτεύτηκαν για δεύτερη φορά σε μεγαλύτερα πλαστικά γλαστράκια του ενός λίτρου με εδαφικό μείγμα που αποτελούνταν από κόμποστα και περλίτη σε αναλογία 3:1. Τα φυτά τομάτας μετά την μεταφύτευση ριζοποτίστηκαν με προστατευτικό μυκητοκτόνο Dexon ώστε να αποτραπεί η πιθανότητα εμφάνισης μυκητολογικών ασθενειών (π.χ φυτόφθορα), που ευνοούνται από τις συνθήκες υψηλής υγρασίας (λόγω ποτίσματος ) και θερμοκρασίας που επικρατούν τόσο στο θερμοκήπιο κατά την καλοκαιρινή περίοδο όσο και στο θάλαμο ανάπτυξης (20-28°C) που τοποθετήθηκαν μετέπειτα τα φυτά. Στις 31/7/97 επιλέχτηκαν 30 φυτά τομάτας από τα 40 που είχαν μολυνθεί με τον ιό CMV καθώς και 30 μη μολυσμένα φυτά τομάτας

και δημιουργήθηκαν έξι ομάδες (τρεις με μολυσμένα φυτά τομάτας και τρεις με υγιή) ομοιόμορφες των δέκα φυτών η κάθε μία για να τοποθετηθούν στους δύο χώρους (-UV-b,+UV-b) του θαλάμου ανάπτυξης φυτών και στο θερμοκήπιο με τον τρόπο που φαίνεται στο πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.

Κατάσταση φυτών	Φωτισμός	Απλός φωτισμός ανάπτυξης φυτών (-UV-b)	Αυξημένη υπεριώδης ακτινοβολία-B (+UV-b)	Φυσικός φωτισμός θερμοκηπίου (Θερμοκήπιο)
Μολυσμένα φυτά (+CMV)		10	10	10
Μάρτυρες-Υγιή φυτά (-CMV)		10	10	10

Τα φυτά όπως και στο πρώτο πείραμα ανάλογα με το εάν ήταν υγιή ή μολυσμένα, τοποθετήθηκαν σε κάθε χώρο του θαλάμου και στο χώρο του θερμοκηπίου κατά σειρές ξεχωριστά όπου τα μολυσμένα με ιό φυτά τομάτας δεν έρχονταν σε επαφή με τα υγιή φυτά τομάτας. Επίσης μαζί με τα μολυσμένα φυτά τομάτας σε κάθε χώρο του θαλάμου και του θερμοκηπίου τοποθετήθηκε και το αντίστοιχο μολυσμένο με ιό CMV φυτό καπνού ως μάρτυρας μόλυνσης όπως περιγράφεται στην διαδικασία μόλυνσης των φυτών τομάτας παρακάτω. Τα φυτά τομάτας ποτίζονταν καθημερινά σύμφωνα με την διαδικασία ποτίσματος που έχει ήδη περιγραφεί. Η ομάδα μολυσμένων φυτών και η ομάδα υγιών φυτών τομάτας που τοποθετήσαμε στο θερμοκήπιο λειτούργησαν ως μάρτυρες ανάπτυξης για τα φυτά τομάτας που τοποθετήσαμε στους δύο χώρους του θαλάμου. Τέλος η βαθμολόγηση των φυτών που παρουσίασαν συμπτώματα του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) από τους δύο χώρους του θαλάμου ανάπτυξης έγινε στις 1/9/97 και τα αποτελέσματα περιγράφονται και αναλύονται παρακάτω.

Πίνακας 4. Εργασίες που εκτελέστηκαν σε κάθε πείραμα.

Εργασίες	Πείραμα 1ο	Πείραμα 3ο
Σπορά	25/11/96	5/6/97
Μεταφύτευση	8/1/97	8/7/97
Λίπανση		10,14,17,21/7/97
Μόλυνση φυτών με ιό	13/2/97	10/7/97
Δεύτερη μεταφύτευση		28/7/97
Τοποθέτηση φυτών στο θάλαμο	14/2/97	31/7/97
Διακοπή υπεριώδους ακτινοβολίας-B	21,22,23/2/97	
Παρατήρηση πρώτων συμπτωμάτων του ιού	17/3/97	20/8/97
Βαθμολόγηση των συμπτωμάτων	27/3/97	1/9/97
Μέτρηση βιομάζας φυτών	28/3/97	

Πίνακας 5. Συνθήκες που επικρατούσαν στο θάλαμο ανάπτυξης φυτών σε κάθε πείραμα

Συνθήκες θαλάμου	Πείραμα 1ο	Πείραμα 3ο
Θερμοκρασία ημέρας	25°C	28°C
Θερμοκρασία νύχτας	15 °C	20°C
Ώρες εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας-B	12h (7:30π.μ-7:30μ.μ)	10h (8:00π.μ-6:00μ.μ)
Φωτοπερίοδος	12h 30min (7:00π.μ-7:30μ.μ)	12h (7:00π.μ-7:00μ.μ)

Η διαδικασία μόλυνσης των φυτών τομάτας με τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV).

Φυτά τομάτας στο στάδιο των δύο πραγματικών σύνθετων φύλλων επελέχθηκαν από το σύνολο των μεταφυτευμένων φυτών τομάτας και χρησιμοποιήθηκαν για μόλυνση. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής. Τα φύλλα των επιλεγμένων φυτών τομάτας σκονίστηκαν με καμπορούντουμ 600 mesh ώστε να τους δημιουργήσουμε πηλές και να μπορέσει να εισχωρήσει μέσα τους ο ιός (δίοδος για τον ιό). Έπειτα παρασκευάσαμε το μόλυσμα και συγκεκριμένα πήραμε για αυτό το σκοπό φύλλα με εμφανή συμπτώματα από μολυσμένο καπνό με CMV από την περιοχή της Ηλείας σύμφωνα με τις υποδείξεις του Δρ. Μπέμ (Υπεύθυνος του εργαστηρίου Ιολογίας Μ.Φ.Ι. ) και τα ομογενοποιήσαμε σε υγρό μόλυνσης. Αναλυτικότερα η ομογενοποίηση των μολυσμένων φύλλων καπνού έγινε με την χρήση ειδικών πορσελάνινων γουδιών, όπου κάθε ένα ή δύο φύλλα μολυσμένου καπνού ανάλογα με το μέγεθος τους ομογενοποιήθηκαν με μικρή ποσότητα

νερού. Ύστερα με το υγρό μόλυνσης που παρήχθει έγινε επάλειψη πάνω στα φύλλα στα οποία είχε εναποτεθεί σκόνη καμπορούντουμ. Η επάλειψη των φύλλων των φυτών της τομάτας με το μόλυσμα έγινε με τα δάκτυλα με την απαιτούμενη προσοχή έτσι ώστε να μην προκληθούν μεγάλες πληγές στο φυτό που θα είχαν σαν αποτέλεσμα την αποτυχία της μόλυνσης του φυτού. Η ποσότητα μολύσματος κάθε μικρού πορσελάνινου γουδιού είναι ικανή για τη μόλυνση μέχρι το πολύ 20 φυτών τομάτας. Μόλυνση μεγαλύτερου αριθμού φυτών με την ίδια ποσότητα μολύσματος μπορεί να μειώσει την δραστηριότητα του. Πρέπει να προστεθεί ότι με κάθε ποσότητα μολύσματος μικρού γουδιού στο τέλος μολύνθηκε και ένα υγιές φυτό καπνού ως μάρτυρας μόλυνσης εφόσον το μόλυσμα προήλθε από φυτό καπνού. Η διαδικασία μόλυνσης των φυτών τομάτας ολοκληρώθηκε με το ξέπλυμα των φύλλων σε άφθονο νερό και με την τοποθέτηση τους σε πάγκο στο θερμοκήπιο για τουλάχιστον μια μέρα. Όλα τα μέσα (εργαλεία), τα χέρια μας καθώς και ο χώρος του θερμοκηπίου που χρησιμοποιήθηκε για την μόλυνση των φυτών τομάτας, πλύθηκαν και καθαρίστηκαν τόσο πριν όσο και μετά τη διαδικασία μόλυνσης, προς αποφυγή δημιουργίας εστίας μόλυνσεως για άλλα φυτά και προς αποφυγή εισαγωγής ανεπιθύμητων ιών στα πειραματόφυτα.

### Η διαδικασία βαθμολόγησης των συμπτωμάτων του ιού CMV στα φυτά τομάτας

Για την αξιολόγηση του βαθμού έντασης της ίωσης έγινε κατάταξη των συμπτωμάτων σε τέσσερις κλάσεις όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6. Τα φυτά τομάτας στο τέλος κάθε πειραματικής διαδικασίας κατατάχθηκαν ξεχωριστά στις τέσσερις χαρακτηριστικές κλάσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συμπτώματα του ιού CMV που παρατηρήθηκαν στα φυτά τομάτας ήταν τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της ασθένειας της "νέκρωσης της τομάτας". Έτσι, τα μη μολυσμένα υγιή φυτά τομάτας που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες, καθώς και τα μολυσμένα με CMV φυτά τομάτας που δεν εκδήλωσαν κανένα σύμπτωμα του ιού χαρακτηρίστηκαν ως κλάση 1. Διευκρινίζεται ότι ο όρος υγιές φυτό διατυπώνεται μόνο σε σχέση με την εμφάνιση συμπτωμάτων του ιού CMV καθώς τα φυτά τομάτας που τοποθετήθηκαν στο χώρο με την αυξημένη

εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας-B (+UV-b) παρουσίαζαν βραχύτερη ανάπτυξη και ελαφρά συμπτώματα αργύρωσης προφανώς εξαιτίας της άμεσης επίδρασης του UV-b. Ως κλάση 2 χαρακτηρίστηκαν τα μολυσμένα φυτά τομάτας που παρουσίαζαν ελαφρά συμπτώματα του CMV, δηλαδή μικρές χλωριτικές ή νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα και μικρές νεκρωτικές επιφάνειες στο βλαστό σε περιορισμένη έκταση. Ως κλάση 3 χαρακτηρίστηκαν τα μολυσμένα φυτά τομάτας που παρουσίαζαν μέτρια συμπτώματα του ιού, δηλαδή μαύρες νεκρωτικές ραβδώσεις ή επιφάνειες στους μίσχους των φύλλων και στο στέλεχος. Τέλος ως κλάση 4 χαρακτηρίστηκαν τα μολυσμένα φυτά τομάτας που παρουσίαζαν σοβαρά συμπτώματα, δηλαδή φυτά που είχαν νεκρωθεί στο μεγαλύτερο τμήμα τους.

Τα στοιχεία που προέκυψαν μετά την βαθμολόγηση των συμπτωμάτων, επεξεργάστηκαν στον Η/Υ με τη βοήθεια του προγράμματος Microsoft Excel.

## Αποτελέσματα

### 1ο Πείραμα

Η βαθμολόγηση των συμπτωμάτων του 1ου πειράματος έγινε στις 27/3/97. Τα στοιχεία που προέκυψαν όπως φαίνονται στους πίνακες 7 και 8 στα διαγράμματα 3 και 4 των επόμενων σελίδων, δείχνουν ότι τα φυτά που μολύνθηκαν με τον CMV και δέχτηκαν επιπρόσθετη υπεριώδη ακτινοβολία-B (+UV-b) εμφάνισαν τα συμπτώματα του ιού σε μεγαλύτερο ποσοστό (73%) σε σχέση με τα μολυσμένα φυτά τομάτας που δεν δέχτηκαν επιπρόσθετη UV-b (59%) (Διάγραμμα 3, Πίνακας 8). Επίσης τα ποσοστά των κλάσεων που αντιστοιχούν σε κάθε πειραματικό χειρισμό εμφάνισαν σαφή τάση αύξησης της κλάσης 3 και 4 στον πειραματικό χειρισμό +UVb +CMV έναντι του πειραματικού χειρισμού -UVb +CMV, ενώ στους άλλους δύο χειρισμούς όλα τα φυτά βαθμολογήθηκαν υγιή ως προς την ίωση (Διάγραμμα 4 και Πίνακες 7).

Επίσης στα πλαίσια του πρώτου πειράματος και μετά την βαθμολόγηση των συμπτωμάτων, μετρήθηκαν τα ξηρά βάρη (βιομάζα) του υπέργειου μέρους των φυτών. Αναλυτικότερα, επιλέχτηκαν έως και πέντε φυτά τομάτας τα πιο αντιπροσωπευτικά από κάθε κλάση από τα υγιή φυτά τομάτας και πέντε αντιπροσωπευτικά φυτά τομάτας

## ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο.

Πίνακας 6.

Κλάση συμπτωμάτων	Φυτά
1	υγιή (χωρίς συμπτώματα)
2	με ελαφρά συμπτώματα.
3	με μέτρια συμπτώματα.
4	με σοβαρά συμπτώματα.

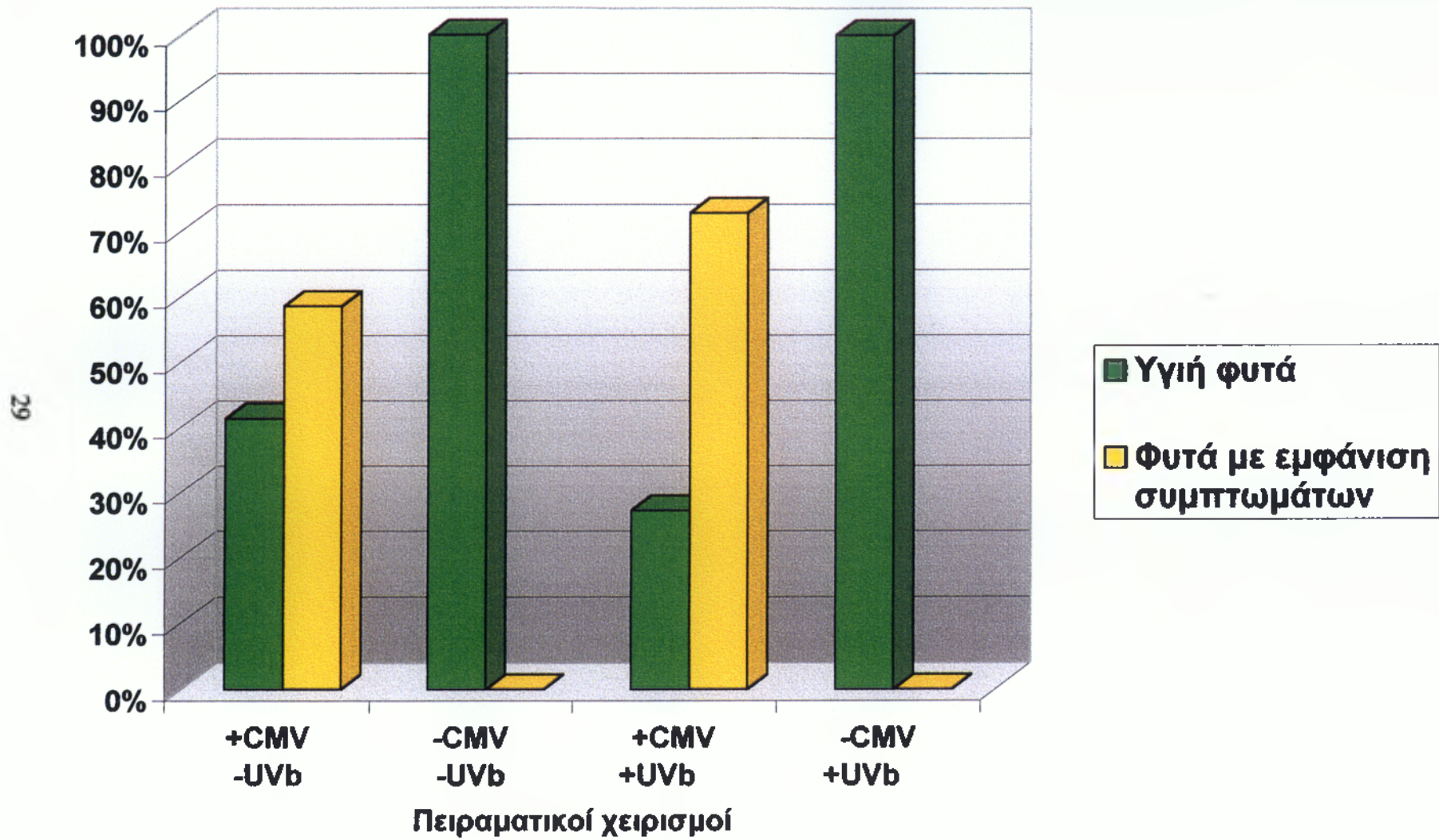
Πίνακας 7.

Χειρισμοί	-UVb, +CMV		-UVb, -CMV		+UVb, +CMV		+UVb, -CMV	
	Αριθμός Φυτών	Ποσοστό Φυτών	Αριθμός Φυτών	Ποσοστό Φυτών	Αριθμός Φυτών	Ποσοστό Φυτών	Αριθμός Φυτών	Ποσοστό Φυτών
1	12	41%	10	100%	3	27%	10	100%
2	5	17%			1	9%		
3	2	7%			2	18%		
4	10	34%			5	45%		
<b>Σύνολο</b>	<b>29</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

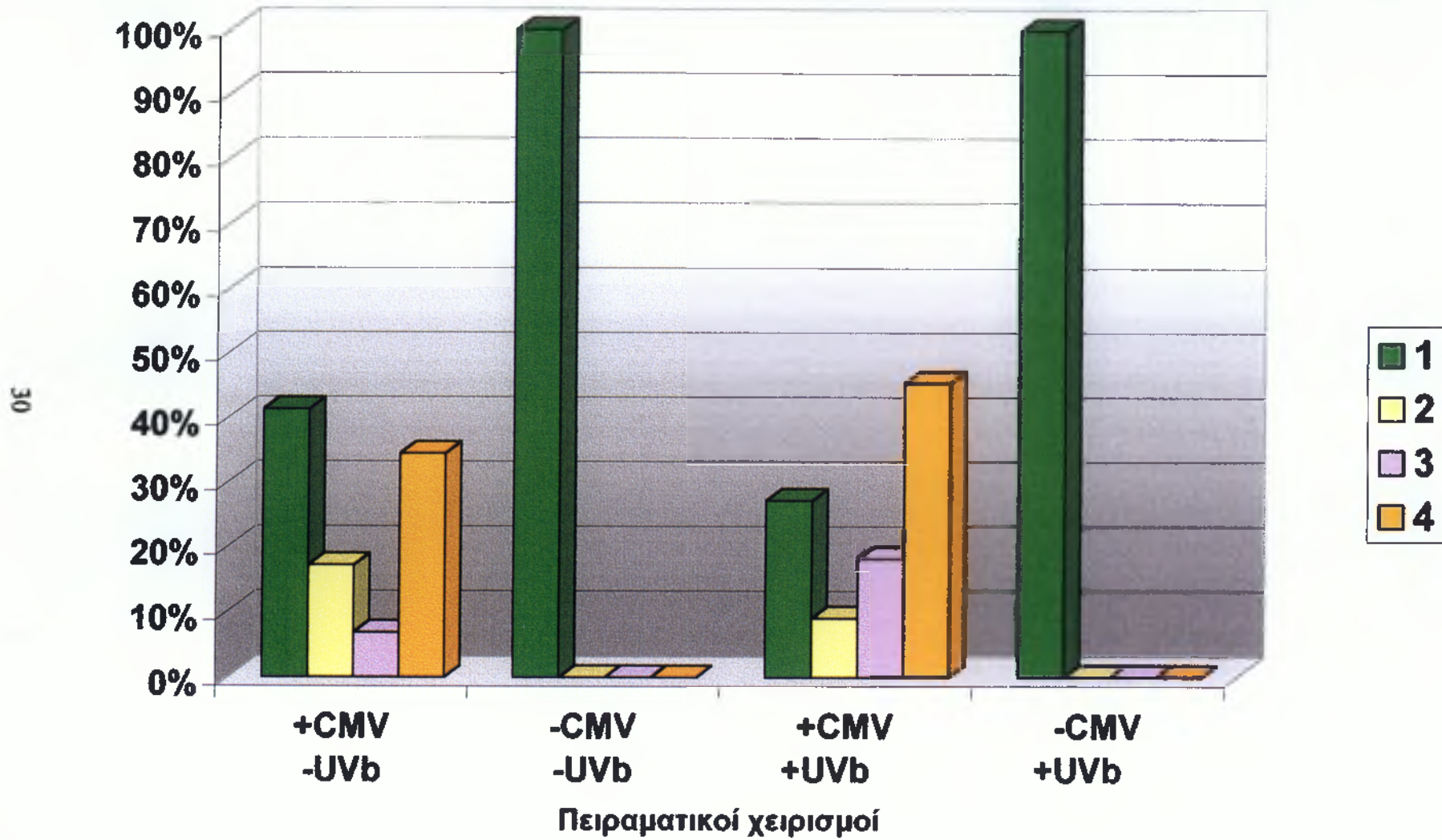
Πίνακας 8.

	-UVb +CMV	-UVb -CMV	+UVb +CMV	+UVb -CMV
Υγιή φυτά	41%	100%	27%	100%
Φυτά με εμφάνιση συμπτωμάτων	59%	0%	73%	0%

Διάγραμμα 3.



Διάγραμμα 4.





Ξηρά Βάρη Υπέργειου μέρους φυτών τομάτας σε gr

Πίνακας 9.

Κλάση	Μολυσμένα Φυτά
1	χωρίς συμπτώματα
2	με ελαφρά συμπτώματα.
3	με μέτρια συμπτώματα.
4	με σοβαρά συμπτώματα.
<b>Μάρτυρες</b>	Μη μολυσμένα φυτά

Πίνακας 10.

-UVb	+UVb
Υγιή	
Μάρτυρες	Μάρτυρες
2,15	2,73
2,45	3,25
3,40	2,68
3,78	2,54
4,01	3,42
Κλάση 1	Κλάση 1
3,12	3,11
3,27	3,23
2,18	3,50
3,40	
2,96	
<b>M.O 3,07</b>	<b>M.O 3,06</b>
Με συμπτώματα	
Κλάση 2	Κλάση 2
3,07	2,81
3,09	
2,40	
2,40	
2,84	
Κλάση 3	Κλάση 3
2,68	2,43
1,89	2,95
Κλάση 4	Κλάση 4
1,77	1,85
1,55	2,91
1,38	1,80
1,68	3,20
1,88	1,85
<b>M.O 2,22</b>	<b>M.O 2,48</b>

Πίνακας 11.

-UVb	+UVb
Σύνολο	Σύνολο
2,15	2,73
2,45	3,25
3,40	2,68
3,78	2,54
4,01	3,42
3,12	3,11
3,27	3,23
2,18	3,50
3,40	
2,96	
3,07	2,81
3,09	2,43
2,40	2,95
2,40	1,85
2,84	2,91
2,68	1,80
1,89	3,20
1,77	1,85
1,55	
1,38	
1,68	
1,88	
<b>M.O 2,61</b>	<b>M.O 2,77</b>

μάρτυρες (δηλαδή υγιή φυτά μη ιωμένα), από τον κάθε χώρο του θαλάμου (+UV-b,-UV-b). Από κάθε φυτό τομάτας κόπηκε το υπέργειο μέρος του και τοποθετήθηκε μέσα σε χάρτινες σακούλες όπου αναγράφηκαν επάνω τα στοιχεία του. Όταν συγκεντρώθηκαν όλες οι χάρτινες σακούλες με τα υπέργεια μέρη των φυτών, τοποθετήθηκαν στον κλίβανο για 48h στους 70°C. Τα ξηρά βάρη από τα υπέργεια μέρη των φυτών τομάτας ζυγίστηκαν με τη βοήθεια ηλεκτρονικής ζυγαριάς ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων, σε γραμμάρια (gr). Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με την βοήθεια του Η/Υ και ειδικότερα των προγραμμάτων Excel και Statgraphics Plus. Από τα αποτελέσματα που φαίνονται στους πίνακες 10 και 11 συμπεραίνουμε ότι τα φυτά τομάτας που εκτέθηκαν σε αυξημένη υπεριώδη ακτινοβολία-B δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Ανάλυση διακύμανσης, ANOVA Statgraphics) στην βιομάζα του υπέργειου μέρους τους από τα φυτά που εκτέθηκαν σε απλό φωτισμό (Πίνακας 11). Αυτό αφορά και τα χωρίς συμπτώματα φυτά μεταξύ τους (Πίνακας 10, Υγιή) αλλά και τα φυτά με συμπτώματα μεταξύ τους (Πίνακας 10, με συμπτώματα).

### 3ο Πείραμα

Η βαθμολόγηση των συμπτωμάτων στο τρίτο πείραμα έγινε στις 1/9/97, και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 12 και 13 και στα διαγράμματα 5 και 6. Από τα αποτελέσματα γίνεται ακόμη σαφέστερη η τάση που είχε παρατηρηθεί και στο πρώτο πείραμα ότι τα ιωμένα φυτά τομάτας παρουσιάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό εμφάνιση των συμπτωμάτων όταν βρίσκονται υπό την επίδραση της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας-B (ποσοστό 80%), σε σχέση με τα ιωμένα φυτά τομάτας που εκτίθενται σε απλό φωτισμό (ποσοστό 50%) (Διαγράμματα 5, Πίνακας 13). Όμως, στο πείραμα αυτό δεν παρατηρήθηκε έντονη εκδήλωση σοβαρών ή και μετρίων συμπτωμάτων της ίωσης (κλάσεις 4 και 3 αντίστοιχα). Τα περισσότερα φυτά με συμπτώματα κατατάχτηκαν στην κλάση 2 (με ελαφρά συμπτώματα). Αυτό αφορούσε και τους δύο πειραματικούς χειρισμούς +UVb +CMV και -UVb +CMV, ενώ και πάλι στους άλλους δύο χειρισμούς όλα τα φυτά βαθμολογήθηκαν υγιή ως προς την ίωση (Διάγραμμα 6 και Πίνακες 12).

### ΠΕΙΡΑΜΑ 3ο.

Κλάση συμπτωμάτων	Φυτά
1	υγιή (χωρίς συμπτώματα)
2	με ελαφρά συμπτώματα.
3	με μέτρια συμπτώματα.
4	με σοβαρά συμπτώματα.

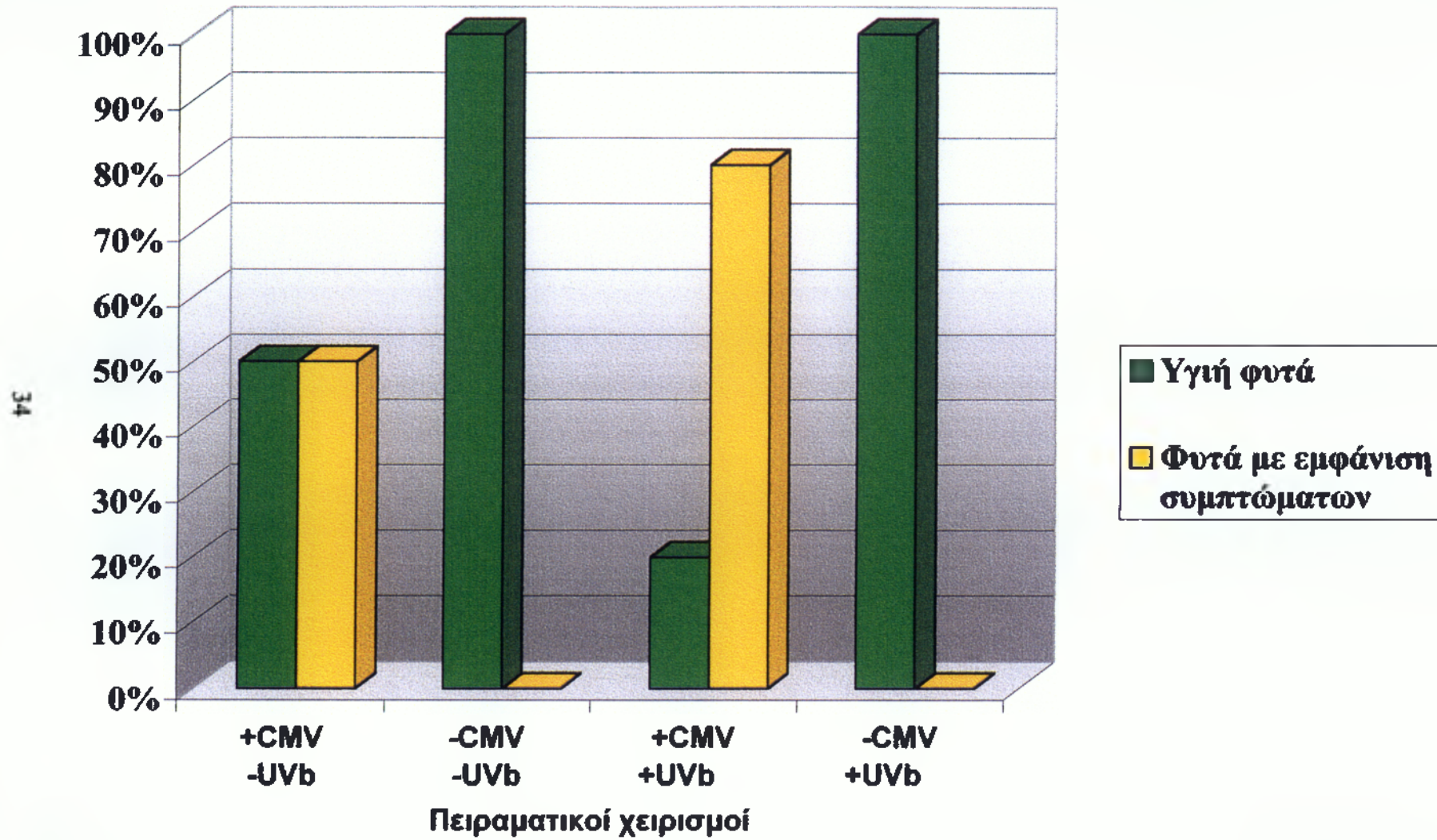
Πίνακας 12.

Χειρισμοί	-UVb, +CMV		-UVb, -CMV		+UVb, +CMV		+UVb, -CMV	
	Αριθμός Φυτών	Ποσοστό Φυτών	Αριθμός Φυτών	Ποσοστό Φυτών	Αριθμός Φυτών	Ποσοστό Φυτών	Αριθμός Φυτών	Ποσοστό Φυτών
1	5	50%	10	100%	2	20%	10	100%
2	3	30%			6	60%		
3	1	10%			1	10%		
4	1	10%			1	10%		
<b>Σύνολο</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

Πίνακας 13.

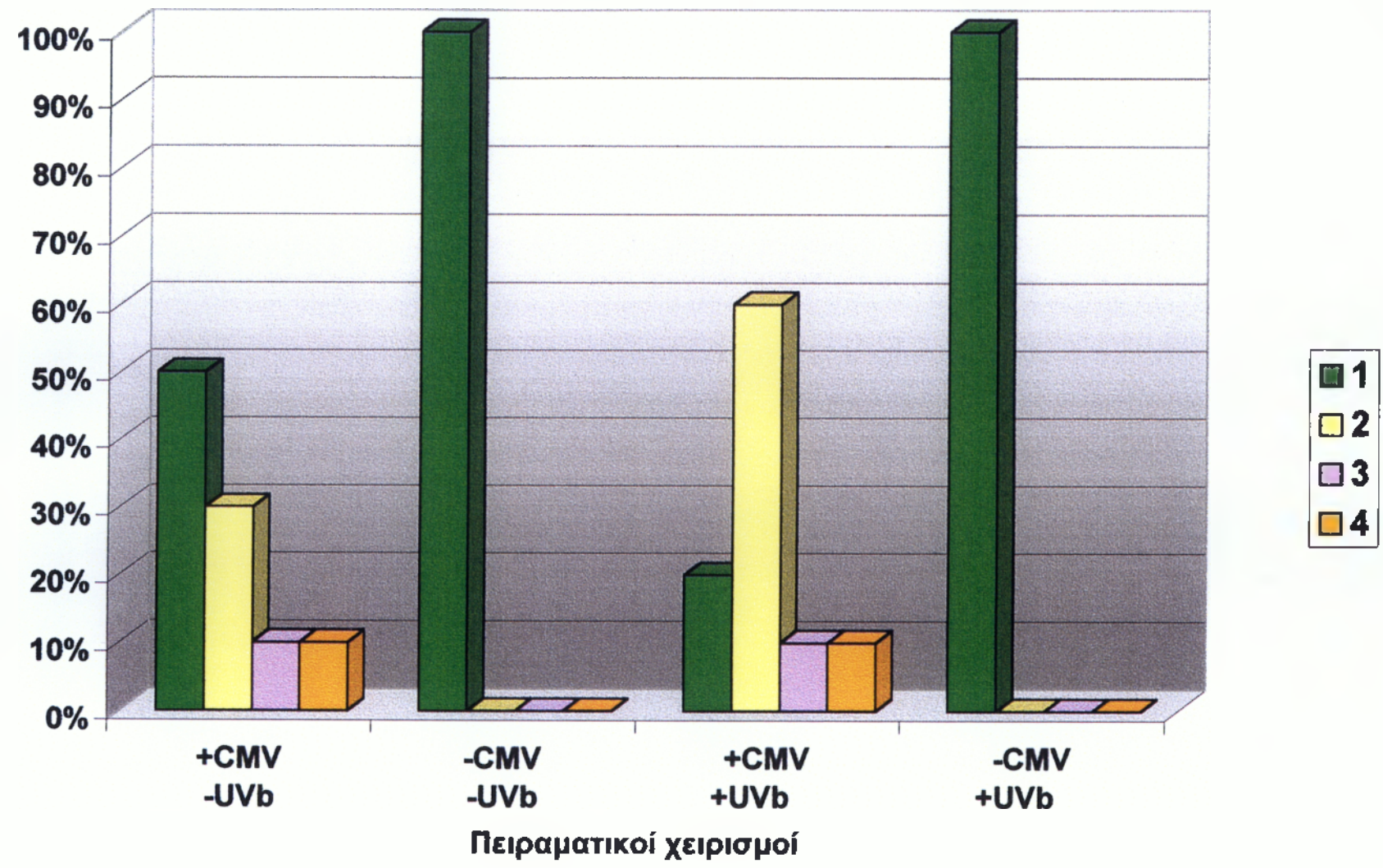
	-UVb +CMV	-UVb -CMV	+UVb +CMV	+UVb -CMV
Υγιή φυτά	50%	100%	20%	100%
Φυτά με εμφάνιση συμπτωμάτων	50%	0%	80%	0%

Διάγραμμα 5.



Διάγραμμα 6.

35



## Συμπεράσματα- Συζήτηση

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην Εισαγωγή, σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της ποιότητας του ηλιακού φωτός στην εκδήλωση συμπτωμάτων μιας σοβαρής ιολογικής ασθένειας της τομάτας, με την ονομασία "νέκρωση της τομάτας" που οφείλεται στον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) και έχει παρουσιάσει επιδημιολογική έξαρση τα τελευταία χρόνια σε καλλιέργειες τομάτας στη χώρα μας. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν οι πιθανές επιπτώσεις της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας βιολογικής σημασίας (UV-b) στην εκδήλωση των συμπτωμάτων της ασθένειας αυτής κάτω από πειραματικές συνθήκες, δεδομένου ότι εκτός από τις απ' ευθείας αρνητικές επιπτώσεις της σε φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού, έχει αναφερθεί να επιδρά και στις σχέσεις ξενιστού-παθογόνου.

Από το πειραματικό μέρος της μελέτης αυτής φάνηκε αρκετά καθαρά η τάση των μολυσμένων με CMV φυτών τομάτας που εκτέθηκαν σε αυξημένη υπεριώδη ακτινοβολία-B (UV-b), να εκδηλώνουν σε μεγαλύτερο βαθμό τα συμπτώματα του ιού, σε σχέση με τα μολυσμένα φυτά τομάτας που εκτέθηκαν σε φωτισμό ανάλογο του φυσικού. Αυτή η τάση εκφράστηκε ανεξάρτητα από μικροδιαφορές στην διάρκεια της έκθεσης των φυτών στην υπεριώδη ακτινοβολία-B καθώς και ανεξάρτητα από την ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε.

Μία πιθανή εξήγηση αυτού του γεγονότος θα μπορούσε να δοθεί από δεδομένα της βιβλιογραφίας που αναφέρουν ότι η ποιότητα του φωτισμού και μάλιστα το μήκος κύματος μπορεί να επηρεάσει την ευαισθησία φυτών ξενιστών σε ιολογικές προσβολές. Εξάλλου, όπως ήδη αναφέρθηκε, οι μεταβολές εξαιτίας του UV-b στον κύκλο του σικιμικού οξέος, στις φαινολικές ενώσεις και στα φλαβονοειδή, μειώνουν την άμυνα των φυτικών ειδών ως προς τα έντομα και τα παθογόνα (Caldwell *et al*, 1989). Είναι επίσης διαπιστωμένο ότι και άλλοι αβιοτικοί παράγοντες, φυσικοί ή ανθρωπογενείς (θερμοκρασία, υγρασία, ατμοσφαιρική ρύπανση, κ.ά.), πριν ξεπεράσουν τα όρια εκείνα που προξενούν απ' ευθείας καταπόνηση στο φυτό, είναι δυνατόν να επηρεάσουν σε σημαντικότατο βαθμό την άμυνα του φυτικού οργανισμού σε παρασιτικές προσβολές.

Με σκοπό να διαπιστωθεί κάποια πιθανή απ' ευθείας επίπτωση της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας-B στα πειραματόφυτα έγιναν συγκριτικές μετρήσεις της

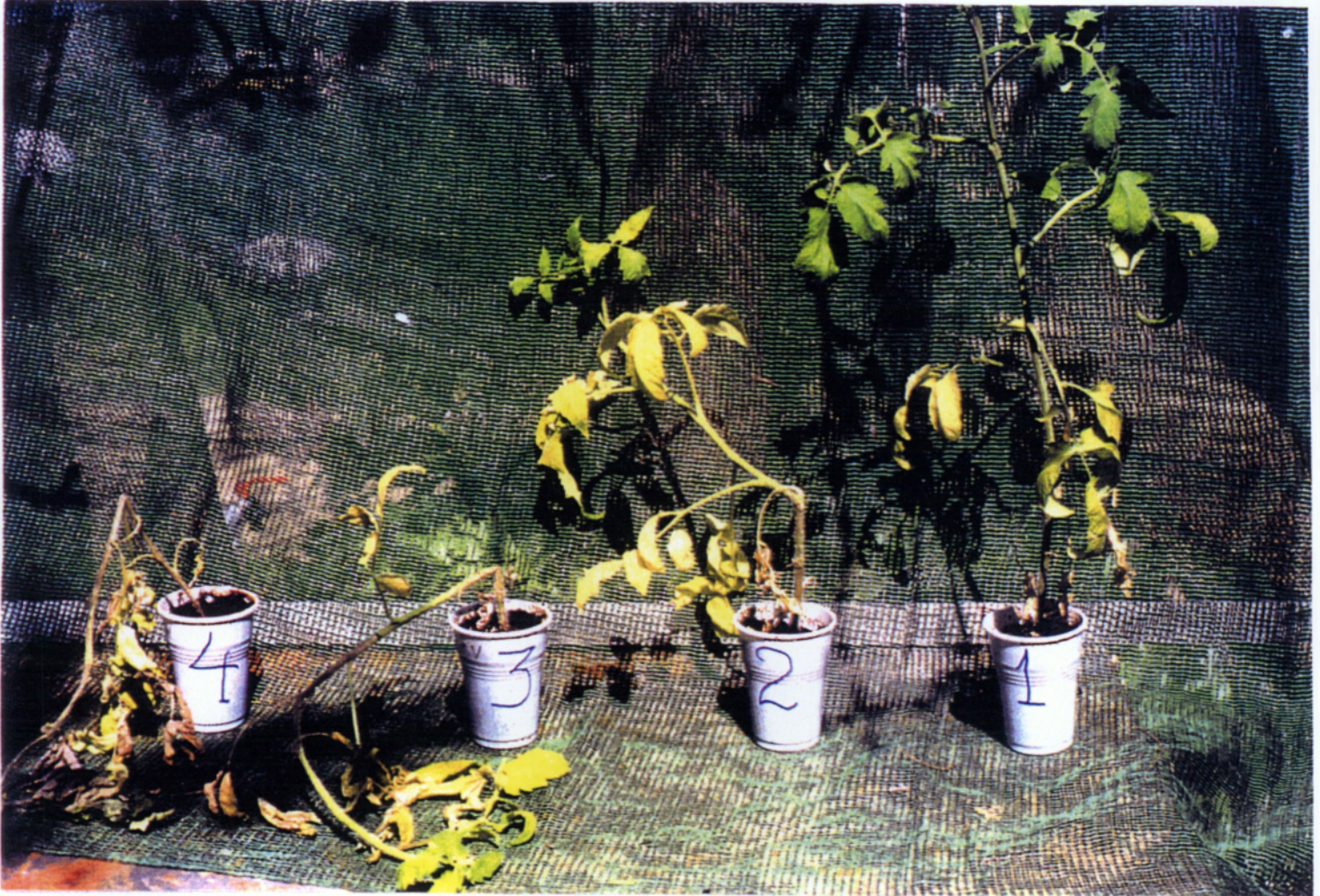
παραγωγής βιομάζας (ξηρού βάρους υπέργειου τμήματος) για καθένα από τους πειραματικούς χειρισμούς. Από τις μετρήσεις αυτές δεν φάνηκε να υπάρχει επίδραση, οπότε στην συνέχεια των πειραματικών εργασιών οι μετρήσεις εστιάστηκαν μόνο στην εκδήλωση των συμπτωμάτων.

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας ισχυροποιούν την άποψη ότι η μεταβολή της ποιότητας της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της αύξησης της υπεριώδους ακτινοβολίας-B, είναι ένας πιθανός παράγοντας υπεύθυνος για την επιδημιολογική έξαρση των ιολογικών ασθενειών και κυρίως του CMV σε σημαντικές περιοχές καλλιέργειας τομάτας. Όπως ήδη αναφέραμε, η άποψη αυτή προέκυψε από παρατηρήσεις του φαινομένου αυτού, κατά τις οποίες τα συμπτώματα της ασθένειας του CMV εμφανίζονταν εντονότερα σε υπαίθριες καλλιέργειες τομάτας παρά σε καλυμμένες καθώς και σε τμήματα του ίδιου αγρού πλήρως και συνεχώς εκτεθειμένα στον ήλιο παρά σε σκιαζόμενα.

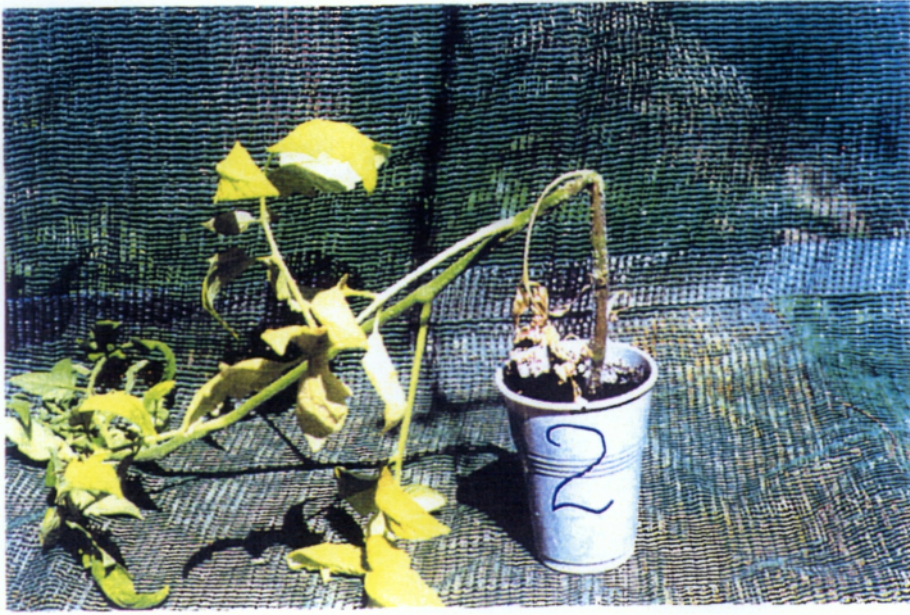
Το θέμα αυτό είναι προφανώς μέρος του γενικότερου προβλήματος των επιπτώσεων που αναμένονται στα φυσικά και στα γεωργικά οικοσυστήματα εξαιτίας των ανθρωπογενών κλιματικών μεταβολών σε παγκόσμια αλλά και τοπική κλίμακα. Βεβαίως, η πειραματική τεκμηρίωση που χρειάζεται για να επιβεβαιωθεί ένα τέτοιο φαινόμενο πρέπει να είναι συστηματική και να μελετά πολλές παραμέτρους. Τα πειράματα της παρούσας εργασίας αποτελούν μέρος μίας εκτεταμένης και συστηματικότερης διερεύνησης του φαινομένου αυτού που έχει ξεκινήσει στο ΜΦΙ και τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών θα πρέπει να θεωρηθούν ως στοιχεία για την παραπέρα μελέτη του συγκεκριμένου προβλήματος.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ**  
**ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ**  
**ΕΡΓΑΣΙΑ**

Αντιπροσωπευτικά φυτά τομάτας από κάθε κλάση (1-4), με χαρακτηριστικά συμπτώματα του CMV ανά κλάση.



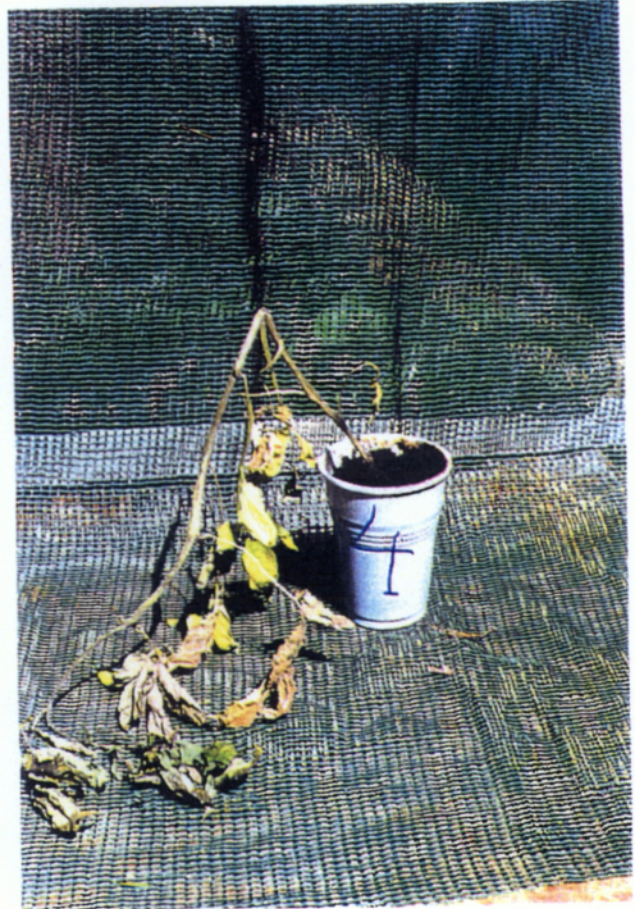




Αντιπροσωπευτικό φυτό τομάτας της κλάσης 2, με ελαφρά συμπτώματα του CMV, όπως χλωρωτικές κηλίδες στα φύλλα και περιορισμένης έκτασης νεκρωτικές επιφάνειες στο στέλεχος.



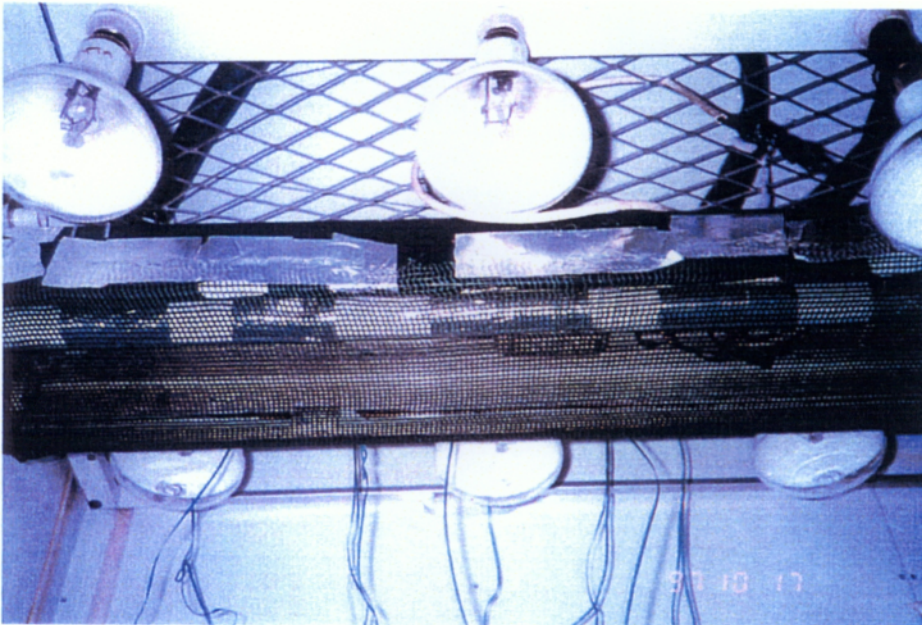
Αντιπροσωπευτικό φυτό τομάτας της κλάσης 3, που παρουσιάζει μέτρια συμπτώματα του CMV, δηλαδή μαύρες νεκρωτικές ραβδώσεις ή επιφάνειες στους μίσχους των φύλλων και στο στέλεχος.



Αντιπροσωπευτικό φυτό τομάτας της κλάσης 4, που παρουσιάζει σοβαρά συμπτώματα του CMV, δηλαδή φυτό που όπως φαίνεται έχει νεκρωθεί κατά το μεγαλύτερο μέρος του.



Άποψη του θαλάμου  
ελεγχόμενων συνθηκών  
ανάπτυξης φυτών.



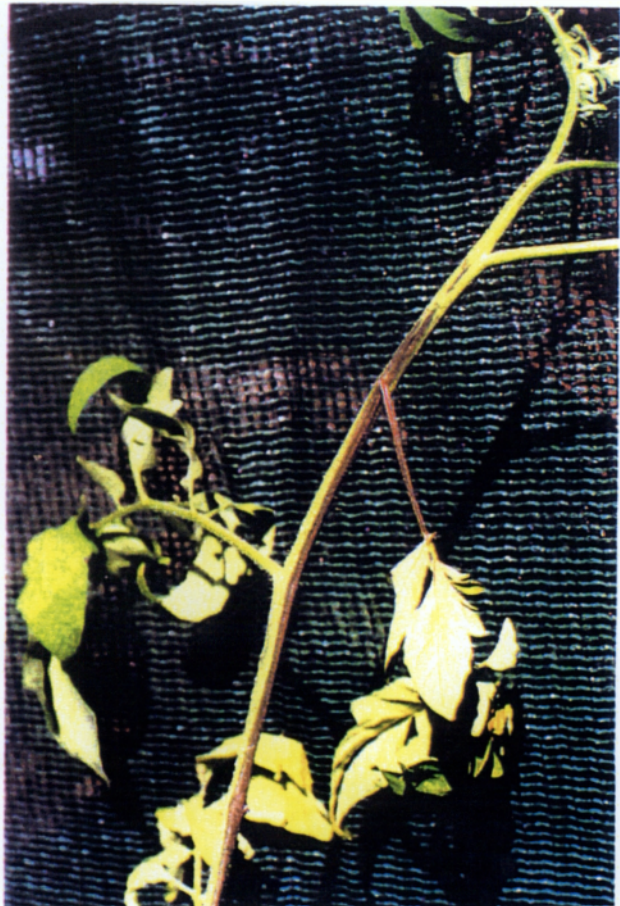
Εσωτερικό του θαλάμου  
που δείχνει τον τρόπο  
τοποθέτησης των 6  
λαμπτήρων MLR160w  
και της λάμπας  
φορισμού TL40W/12  
στην οροφή του χώρου  
που υπήρχε έκθεση των  
φυτών τομάτας με  
αυξημένη ακτινοβολία  
UV-b.



Τρόπος τοποθέτησης και  
διαχωρισμού των φυτών  
τομάτας (υγιών –  
ιωμένων) στο κάθε χώρο  
του θαλάμου.



Μαύρες νεκρωτικές ραβδώσεις ή επιφάνειες στους μίσχους των φύλλων και στο στέλεχος, που παρουσιάστηκαν στα μολυσμένα με CMV φυτά τομάτας του πρώτου πειράματος. Χαρακτηριστικά συμπτώματα της μορφής της ασθένειας του CMV, "νέκρωσης της τομάτας".



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Adams R.M., Rowe R.D., (1990) The economic effects of Stratospheric Ozone Depletion on U.S. Agriculture: a Preliminary Assesment. *Journal of Enviromental Management*, 30, 321-335.

Day T.A., Vogelmann T.C., (1995). Alternations in photosynthesis and pigment distributions in pea leaves following UV-B exposure. *Physiologia Plantarum*, 94, 433-440.

Day T.A., Demchik S.M., (1996). Effect of enhanced UV-B radiation on pollen quantity, quality, and seed yield in *Brassica rapa* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, 83(5), 573-579.

Caldwell M.M, Flint S.D., Barnes P.W., Jordan P.W., Gold W.G., (1988). Competition, morphology and canopy structure in wheat (*Triticum aestivum L.*) and wild oat (*Avena fatua L.*) exposed to enhanced ultraviolet-B radiation. *Fuctional Ecology* 1988, 2, 319-320.

Caldwell M.M., Teramura A.H., Tevini M., (1989). The Changing Solar Ultraviolet Climate and the Ecological Consequences for Higher Plants. *Tree*, Vol.4, 12, 363-367.

Caldwell M.M, Flint S.D., Barnes P.W., (1990). Morphological responses of crop and weed of different growth forms to ultraviolet-B radiation. *Amer. J. Bot.* 77(10), 1354-1360.

Caldwell M.M, Flint S.D., (1993). Implications of increased solar UV-B for terrestrial vegetation. *NATO ASI Series*, Vol.18, 495-511.

Caldwell M.M, Flint S.D., (1994). Solar Ultraviolet Radiation and Ozone Layer Change: Implications for Crop Plants. *Physiology and Determination of Crop Yield*, (Chapter 18), 487-503.

Caldwell M.M, Flint S.D., (1994). Stratospheric ozone reduction ,solar UV-B radiation and terrestrial ecosystems. *Climatic Change*, 28, 375-394.

Caldwell M.M., Madronich S., McKenzie R.L., Bjorn L.O., (1995). Changes in Ultraviolet Radiation Reaching the Earth's Surface. *Ambio* Vol.24, 3, 143-151.

Caldwell M.M., Teramura A.H., Tevini M., Bornman J.F., Bjorn L.O., Kulandailvelu G. (1995). Effects of Increased Solar Ultraviolet Radiation on Terrestrial Plants. *Ambio* Vol.24, 3, 166-172.

Hao X., Hale B.A., Ormrod D.P., (1997). The effects of ultraviolet-B radiation and carbon dioxide on growth and photosynthesis of tomato. *Can. J. Bot.* 75, 213-219

Kaper J.M., Waterworth H.E., "Cucumoviruses". *Handbook of Plant Virus Infection and Comparative Diagnosis* – E. Kurstack (ed.), Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 1981, Chapter 11, 258-322.

Krupa S.V., Kickert R.N., (1989). The Greenhouse effect: Impacts of Ultraviolet-B (UVB) radiation, Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>), and Ozone (O<sub>3</sub>) on Vegetation. *Environmental Pollution*, 61, 263-393.

Κυριακοπούλου Π.Η., (1995). Ιολογικές ασθένειες της τομάτας. *Γεωργία Κτηνοτροφία*, τεύχος 5, σελ.47-51.

Lescari B., Sodi F., Lipucci di Paola M., (1990). Photomorphogenic responses to UV radiation: Involvement of phytochrome and UV photoreceptors in the control of hypocotyl elongation in *Lycopersicon esculentum*. *Physiologia Plantarum*, 79, 668-672.

Μπούρμπος Μ., Σκουντριδάκης Θ., "Νηματομορφισμός – Μωσαϊκό και Νέκρωση της Τομάτας". *Εχθροί και Ασθένειες της Τομάτας Θερμοκηπίου*, Αγροτικές Εκδόσεις, Αθήνα 1995, σελ.70-78.

Παναγόπουλος Χ.Γ., «Ίός του Μωσαϊκού της Αγγουριάς». *Ασθένειες Κηπευτικών Καλλιεργειών*. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα 1993, σελ.150-159.

Sinclair T.R., Biggs R.H., N'Diaye O., (1990). Growth and Yield of Field-Grown Soybean in Response to Enhanced Exposure Ultraviolet-B Radiation. *J. Environ. Qual.* 19, 478-481.

Stapleton A.E., (1992). Review Article. Ultraviolet Radiation and Plants: Burning Questions. *The Plant Cell*, 4, 1353-1358.

Teramura A.H., Caldwell M.M., (1981). Effects of ultraviolet-B irradiances on soybean. IV. Leaf ontogeny as a factor in evaluating ultraviolet-B irradiance effects on net photosynthesis. *Amer. J. Bot.* 68(7), 934-941.

Teramura A.H., Sullivan J.H., Ziska L.H., (1990). Interaction of Elevated Ultraviolet-B Radiation and CO<sub>2</sub> on Productivity and Photosynthetic Characteristics in Wheat, Rice, Soybean.

Teramura A.H., Sullivan J.H., Lydon J., (1990). Effects of UV-B radiation on soybean yield and seed quality: a 6-year field study. *Physiologia Plantarum*, 80,5-11.

Teramura A.H., Sullivan J.H., Ziska L.H., (1992). Physiological sensitivity of plants along an elevational gradient to UV-B radiation. *American Journal of Botany*, 79(8), 863-871.

Teramura A.H., Sullivan J.H., (1994). Effects of UV-B radiation on photosynthesis and growth of terrestrial plants. *Photosynthesis Research*, 39,463-473.

Varotsos C.A., Cracknell A.P., (1993). Ozone depletion over Greece as deduced from Nimbus-7 TOMS measurements. *Int. J. Remote Sensing*, Vol.14, 11, 2053-2059.

Willoquet L., Colomber D., Rougier M., Fargues J., Clerjeau M., (1996). Effects of radiation, especially ultraviolet B, on conidial germination and mycelial growth of grape powdery mildew (*Uncinula necator*). *European Journal of Plant Pathology*, 102, 441-449.

Ζερεφός Χ., “Το στρώμα του όζοντος και η σημασία του”. Το Ελληνικό Περιβάλλον, Εκδόσεις Σαβάλας, 1996, κεφάλαιο 7, σελ.135-155.

Ζερεφός Χ., “Με ρυθμό 6% μειώνεται το όζον στην Ελλάδα”. Εφημερίδα “Το Βήμα”, 20 Απριλίου 1997, Ρεπορτάζ της Μάχης Τράτσα, σελ. Α45.

Zerefos C.S., Meleti C., Bais A.F., Ziomas I.C., Tourpali K., (1993). Spectral measurements of solar UVB radiation and its relations of total Ozone, SO<sub>2</sub> and clouds. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 98, D3, 5199-5204.

Zerefos C.S., Meleti C., Bais A.F., Lambros A., (1995). The recent UVB variability over southeastern Europe. *Journal of Photochemistry and Photobiology :Biology* 31, 15-19.