

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

**ΘΕΜΑ: «Διερεύνηση της επίδρασης δύο νέων UV
απορροφητικών υλικών κάλυψης στην καλλιέργεια
μελιτζάνας υπό κάλυψη».**

Μεταπτυχιακή Διατριβή
ΚΑΡΑΪΣΚΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

Βόλος, 2003

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

*«Διερεύνηση της επίδρασης δύο νέων UV απορροφητικών
υλικών κάλυψης στην καλλιέργεια μελιτζάνας υπό
κάλυψη».*

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΚΑΡΑΪΣΚΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή: Κωνσταντίνος Κίττας,
Καθηγητής, Επιβλέπων
Ιωάννης Αρβανιτογιάννης, Επίκουρος
Καθηγητής, Μέλος
Αβραάμ Χα, Λέκτορας, Μέλος

ΒΟΛΟΣ 2003



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

Αριθ. Εισ.: 4192/1
Ημερ. Εισ.: 15-12-2004
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
635.646 1
ΚΑΡ

Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνονται στον υπεύθυνο επιβλέποντα Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κίττα για την καθοδήγηση και την επιστημονική υποστήριξη, καθώς και για τις πολύτιμες διορθώσεις και υποδείξεις που μου παρείχε.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής τον κ. Ιωάννη Αρβανιτογιάννη, Επίκουρο Καθηγητή και τον κ. Αβραάμ Χα, Λέκτορα, για το ενδιαφέρον τους και τις χρήσιμες υποδείξεις τους.

Τέλος, ευχαριστώ την κα Χριστίνα Παπαϊωάννου και τον κ. Dany El Obeid για την πολύτιμη βοήθειά τους στην εκπόνηση του πειραματικού μέρους της παρούσης διατριβής.

Περίληψη

Summary

Κεφάλαιο I Εισαγωγή

1: Θερμοκήπια

1-1: Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων

1-2: Τύποι θερμοκηπίων για καλλιέργεια λαχανικών

1-3: Πλαστικά υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

1-4: Ηλιακή ακτινοβολία

1-5: Το περιβάλλον του θερμοκηπίου, όπως αυτό διαμορφώνεται από τα υλικά κάλυψης του θερμοκηπίου.

1-6: Πλαστικά υλικά κάλυψης που τροποποιούν το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας.

1-7: Η επίδραση της UV ακτινοβολίας στις λειτουργίες των φυτών.

1-8: Εφαρμογές υλικών κάλυψης που απορροφούν την UV ακτινοβολία.

2: Καλλιέργεια

2-1: Καταγωγή/ ποικιλίες

2-2: Καλλιέργεια μελιτζάνας και σημερινή εξάπλωσή της.

2-3: Απαιτήσεις της καλλιέργειας μελιτζάνας.

2-4: Καλλιεργητικές τεχνικές.

2-5: Εχθροί και ασθένειες της μελιτζάνας

3: Σκοπός της εργασίας

Κεφάλαιο II Υλικά και μέθοδοι

1: Η τοποθεσία

2: Τα θερμοκήπια

2-1: Τύπος θερμοκηπίων, προσανατολισμός, διαστάσεις

2-2: Αερισμός

2-3: Θέρμανση

2-4: Υπόστρωμα της καλλιέργειας

2-5: Άρδευση/ Λίπανση

3: Η καλλιέργεια

3-1: Ποικιλία/ Εγκατάσταση της καλλιέργειας

3-2: Διάταξη των φυτών

4: Καλλιεργητικές τεχνικές

4-1: Στήριξη των φυτών

4-2: Αποφύλλωση

4-3: Επεμβάσεις με χημικά

- 4-4: Επικονίαση φυτών
- 4-5: Συγκομιδή καρπών
- 4-6: Έλεγχος εχθρών και ασθενειών

5: Μετρήσεις

5-1: Μετρήσεις φασματικής διαπερατότητας των υλικών κάλυψης (Spectral photon flux measurements).

5-2: Κλιματικές

5-3: Αύξησης και ανάπτυξης

5-3-1: Ύψος φυτών, αριθμός κόμβων, μήκος μεσογονατίων διαστημάτων

5-3-2: Φυλλική επιφάνεια

5-3-3: Παραγωγή και παραγωγικότητα

5-3-4: Ποιότητα καρπών – χρώμα καρπών

5-4: Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων

Κεφάλαιο III Αποτελέσματα

1: Μετρήσεις φασματικής διαπερατότητας των υλικών κάλυψης

2: Κλιματικές μετρήσεις

2-1: Επίδραση στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου

3: Μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης

Μη καταστροφικές μετρήσεις

3-1: Ύψος φυτών, αριθμός κόμβων, μήκος μεσογονατίων διαστημάτων

3-2: Φυλλική επιφάνεια

3-2-1: Βαθμονόμηση σχέσης υπολογισμού φυλλικής επιφάνειας

3-2-2: Υπολογισμός της φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας

3-3: Παραγωγή και παραγωγικότητα

3-4: Ποιότητα καρπών – χρώμα καρπών

Καταστροφικές μετρήσεις

3-5: Νωπό βάρος

3-6: Ξηρά ουσία

Κεφάλαιο IV Συζήτηση- Συμπεράσματα

Κεφάλαιο V Βιβλιογραφία

Παράρτημα

Περίληψη

Τα φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης έχουν σημαντικές δυνατότητες μετατροπής του φάσματος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και τα περισσότερα από αυτά χρησιμοποιούνται προκειμένου: α) να αυξηθεί ο συντελεστής μετάδοσης του φωτός ανάμεσα στα 400 και 700nm (Φωτοσυνθετικά Ενεργή Ακτινοβολία), επηρεάζοντας έτσι τη φωτοσύνθεση και άρα την παραγωγή βιομάζας και β) να μειωθεί η υπεριώδης (UV-A και UV-B) ακτινοβολία, στοχεύοντας στη μείωση των εχθρών και ασθενειών των θερμοκηπιακών καλλιεργειών.

Παρότι υπάρχουν ορισμένα στοιχεία για την επίδραση των UV απορροφητικών υλικών στη συμπεριφορά των εντόμων και στην ανάπτυξη ιών και μυκήτων, υπάρχει έλλειψη πληροφοριών, που να αφορούν την επίδραση των υλικών αυτών στη θερμοκηπιακή καλλιέργεια και στο μικροκλίμα. Στην παρούσα εργασία έγιναν, κατά τη διάρκεια του χειμώνα και άνοιξης του 2002, μετρήσεις κλίματος, ανάπτυξης, παραγωγής και ποιότητας καρπών σε υδροπονική καλλιέργεια μελιτζάνας σε 3 θερμοκήπια. Το πρώτο ήταν καλυμμένο με απλό φύλλο πολυαιθυλενίου, που χρησιμοποιείται στην πράξη, το δεύτερο με φωτοεκλεκτικό φύλλο πολυαιθυλενίου διαπερατότητας 3% στην UV ακτινοβολία και το τρίτο με φωτοεκλεκτικό φύλλο πολυαιθυλενίου διαπερατότητας 0% στη UV ακτινοβολία. Οι κύριοι στόχοι αυτής της ερευνητικής εργασίας ήταν:

- α) η μελέτη της επίδρασης των απορροφητικών της UV υλικών κάλυψης στην παραγωγή και ποιότητα καλλιέργειας μελιτζάνας,
- β) η απόκτηση δεδομένων που να αφορούν τη μετατροπή του μικροκλίματος της καλλιέργειας, όπως επιφέρονται από τα απορροφητικά της UV υλικά κάλυψης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, το μικροκλίμα του θερμοκηπίου (θερμοκρασία, υγρασία, ολική ηλιακή ακτινοβολία) δεν επηρεάστηκε από τη χρήση των πλαστικών. Η καλλιέργεια μελιτζάνας εξελίχθηκε φυσιολογικά και δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, ούτε και στην παραγωγή και το χρώμα των καρπών.

Summary

The photo-selective covering materials can transform the spectrum of the incoming solar radiation and most of them are used: a) to increase the coefficient of light transmittance between 400 and 700nm. (Photosynthetically Active Radiation), influencing photosynthesis and thus biomass production. b) to decrease the incoming ultraviolet (UVA and UVB) radiation in order to control the enemies and diseases in the greenhouse crops.

Although there is some scientific work on the impact of UV absorbing materials in the behaviour of insects and the development of viruses and different kinds of fungi, there is lack of information concerning the impact of these materials in the greenhouse crop and microclimate. In the present work, during the winter and spring of 2002, research was focused on microclimate modification, crop growth and development and fruit quality of eggplants grown in hydroponics, in 3 greenhouses. The first was covered with a simple polyethylene film, that is available for use, the second with a photoselective covering material that allows 3% of the UV to enter the greenhouse and the third with a photoselective covering material that allows 0% of the UV to enter the greenhouse. The main aims of this work were:

- a) the study of the impact of UV absorbing materials on the production and quality of fruits of eggplants
- b) the gathering of data concerning the change in the crop's microclimate, as a result of the use of UV covering materials.

The results showed no change in the environment of the greenhouses (temperature, humidity, total solar radiation) due to the covering materials that were used. The eggplants were normally developed and there were no statistical differences in the growth and development of the plants, neither on the production and the color of the fruits.

Κεφάλαιο I Εισαγωγή

1.Θερμοκήπια

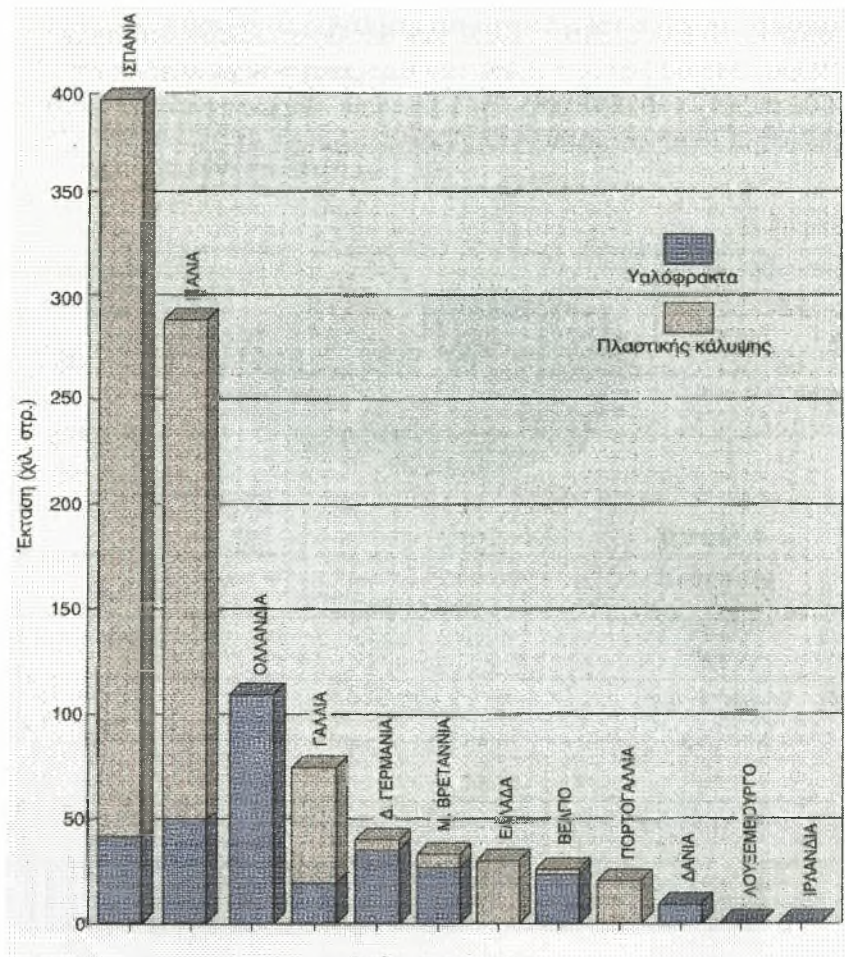
1.1: Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων

Παγκόσμια, (πλην της Κίνας, για την οποία οι πληροφορίες είναι περιορισμένες), υπάρχουν, σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία (Μαυρογιαννόπουλος, 2001) 2.500.000 στρ. θερμοκηπίων, από τα οποία τα 650.000 στρ. είναι υαλόφρακτα και τα 1.850.000 στρ. είναι με κάλυψη πλαστικού. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν 1.200.000 στρ. θερμοκηπίων, από τα οποία τα 300.000 στρ. είναι υαλόφρακτα, ενώ τα 900.000 στρ. είναι πλαστικά. Σε σχέση με το συνολικό αριθμό θερμοκηπίων παγκόσμια, τα θερμοκήπια της Ε.Ε. καλύπτουν το 48%, από τα οποία τα υαλόφρακτα θερμοκήπια αποτελούν το 62% των υαλόφρακτων θερμοκηπίων του κόσμου και τα πλαστικά το 43% των πλαστικών του κόσμου (πλην Κίνας).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η Ολλανδία κατέχει την πρώτη θέση στα υαλόφρακτα θερμοκήπια με 33% του συνόλου (Σχήμα 1) και ακολουθούν η Ιταλία με 17%, η Ισπανία με 13%, η Γερμανία με 10% και οι άλλες χώρες με μικρότερα ποσοστά. Στα καλυμμένα με πλαστικό θερμοκήπια, η Ισπανία κατέχει την πρώτη θέση με 59% του συνόλου και ακολουθεί η Ιταλία με 26%, η Γαλλία με 6%, η Ελλάδα με 4,5% και οι άλλες χώρες με μικρότερα ποσοστά.

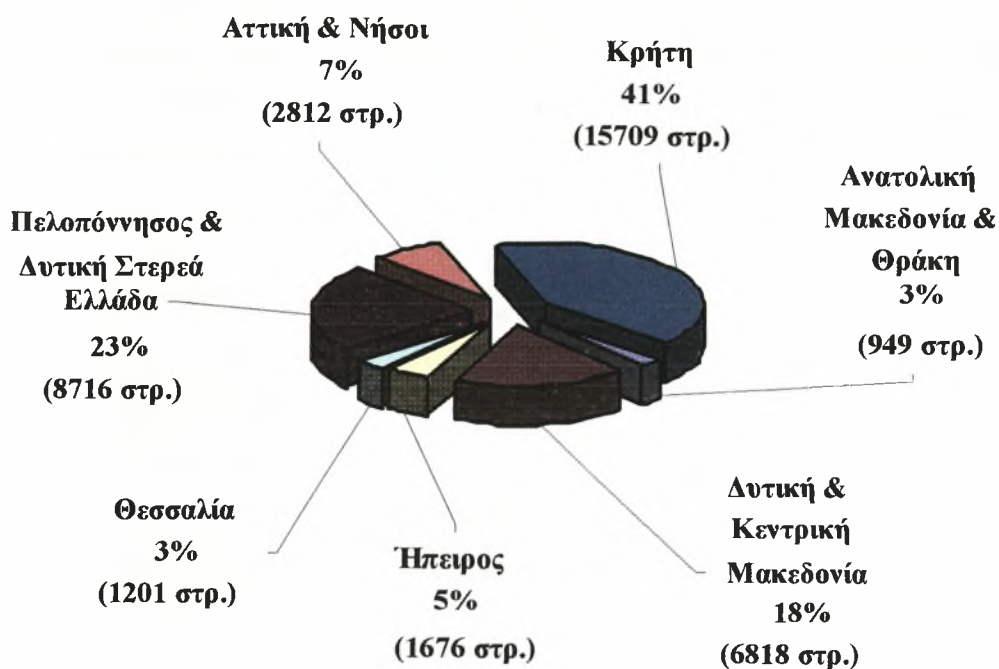
Ο τύπος των θερμοκηπίων που χρησιμοποιούνται στις διάφορες χώρες της Ε.Ε. εξαρτάται από τις εκεί κλιματολογικές συνθήκες, την τεχνολογική ανάπτυξη, τα χαρακτηριστικά της οικονομίας και τη φύση των προϊόντων που παράγονται. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η Ελλάδα στο γενικό σύνολο κατέχει μόλις την 7η θέση με ποσοστό 4,5%, ενώ έχει πολύ ευνοϊκές συνθήκες για την παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων.

Σχετικά με την προσφορά θερμοκηπιακών προϊόντων στις χώρες της Ε.Ε., σημειώνουμε ότι, γενικά, το χειμώνα υπάρχει έλλειψη θερμοκηπιακών προϊόντων και γίνονται σημαντικές εισαγωγές από άλλες χώρες (κυρίως μεσογειακές), ενώ το καλοκαίρι υπήρχε πλεόνασμα, το οποίο εξάγεται (Μαυρογιαννόπουλος 2001).



Σχήμα 1: Εκτάσεις θερμοκηπίων κατά τύπο στις χώρες της Ε.Ε.

Η γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα (Σχήμα 2), ακολουθεί κατά κανόνα την κλιματική διαφοροποίηση των επί μέρους περιοχών. Περισσότερες εκτάσεις θερμοκηπίων συναντώνται στις πλέον ευνοϊκές από πλευράς κλίματος (ήπιοι χειμώνες, απουσία παγετών κ.λ.π.) περιοχές.



Σχήμα 2: Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα (στοιχεία 1998).

(Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας)

1-2: Τύποι θερμοκηπίων για καλλιέργεια λαχανικών

Παρά τις σημαντικές προόδους, οι οποίες παρατηρήθηκαν τα τελευταία 15-20 χρόνια στον τομέα κατασκευής των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, ένα ποσοστό εξακολουθεί να είναι ξύλινα, τα οποία κατασκευάζονται από τους καλλιεργητές. Υπάρχουν βέβαια και τα ξύλινα θερμοκήπια τα οποία κατασκευάζονται από οργανωμένες επιχειρήσεις, η έκταση των οποίων αυξάνεται χρόνο με το χρόνο. Υπάρχει επίσης μία σημαντική αύξηση των μικρών κατασκευών, όπου χρησιμοποιείται μεταλλικός σκελετός με ξύλινες εξαρτήσεις για τη στερέωση του πλαστικού καλύμματος. Τέλος, σημαντική έκταση καταλαμβάνει ο μεταλλικός

τύπος σε σχήμα αψίδας, ο οποίος καλύπτεται από πλαστικό, γιατί έχει χαμηλό κόστος και η εγκατάστασή του είναι εύκολη και απλή (Πίνακας 1).

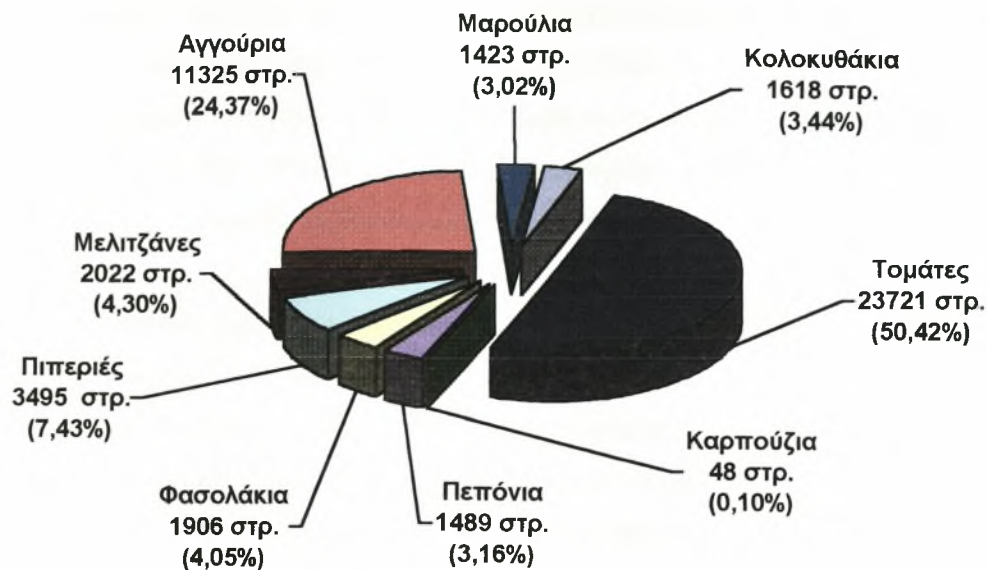
Σημειώνεται, ότι η πλειονότητα των θερμοκηπίων στα οποία καλλιεργούνται λαχανικά, καλύπτονται με πλαστικά φύλλα και μόνο το 1% των εκτάσεων περίπου έχουν κάλυψη από γυαλί.

Πίνακας 1: Τύποι θερμοκηπίων που χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια λαχανικών (στοιχεία 1998).

ΤΥΠΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)
Γυάλινα θερμοκήπια	438
Τυποποιημένα μεταλλικά με κάλυψη από πλαστικό	
τύπου τοξωτού	3.876
τύπου δόρρικτης ή πολύρρικτης στέγης	3.153
Τυποποιημένα μικτά (μέταλλο + ξύλο) με κάλυψη από πλαστικό	4.878
Τυποποιημένα ξύλινα με κάλυψη από πλαστικό	3.398
Παλαιού (χωρικού τύπου)	
τοξωτά	9.140
δόρρικτα με μεταλλική στέγη	4.548
δόρρικτα με ξύλινη στέγη	4.960
δόρρικτα με μικτή (μέταλλο + ξύλο) στέγη	3.381
Διάφορα άλλα	100
ΣΥΝΟΛΟ	37.872

Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας

Στα θερμοκήπια αυτά, καλλιεργείται ένας σημαντικός αριθμός λαχανικών θερμής εποχής, (με εξαίρεση το μαρούλι) για παραγωγή προϊόντων εκτός εποχής, τους χειμερινούς μήνες. Τα πλέον σημαντικά λαχανικά είναι η τομάτα και το αγγούρι, τα οποία καταλαμβάνουν το 75% της συνολικής έκτασης θερμοκηπίων (τομάτες το 50% και αγγούρι 25%). Οι εκτάσεις σε στρέμματα που καταλαμβάνουν τα διάφορα είδη λαχανικών, που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια ως κύρια και δευτερεύουσα καλλιέργεια, (μερικά θερμοκήπια χρησιμοποιούνται για δύο καλλιέργειες την ίδια καλλιεργητική περίοδο) και η παραγωγή τους σε τόνους κατά το 1997-98 δίνονται στο Σχήμα 3 (Ολύμπιος, 2001).



Σχήμα 3: Συνολική έκταση (στρ.) των διαφόρων κηπευτικών που καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπια κατά την καλλιεργητική περίοδο 1997-1998.

1-3: Πλαστικά υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

Τα τελευταία χρόνια έχουν συμβεί πολύ μεγάλες εξελίξεις στον τομέα παραγωγής πλαστικών φύλλων για την κάλυψη των θερμοκηπίων. Σήμερα το πλαστικό φύλλο έχει εξελιχθεί σε ενεργητικό παράγοντα που συμβάλλει στην καλύτερη ανάπτυξη, προστασία και απόδοση των καλλιεργειών και δεν θεωρείται ως ένα απλό μέσο κάλυψης, για την προστασία από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

Τα πλαστικά φύλλα είναι το μέσο (ή το φίλτρο) εκείνο που παρεμβάλλεται μεταξύ του ήλιου και της καλλιέργειας και επομένως καθίστανται μια σοβαρή παράμετρος διαμόρφωσης του βέλτιστου μικροκλίματος, που προάγει την ανάπτυξη, παραγωγή και πρωιμότητα των καλλιεργειών. Διαθέτοντας την κατάλληλη τεχνογνωσία και τεχνολογία, μπορούμε να επιτύχουμε αποτελέσματα που μέχρι χθες φάνταζαν ακατόρθωτα.

Τα διαφανή πλαστικά, με τα οποία καλύπτουμε τα θερμοκήπια ολοένα και σε μεγαλύτερο ποσοστό, διακρίνονται στα εύκαμπτα φύλλα και τις σκληρές επιφάνειες:

Στα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα περιλαμβάνονται το πολυαιθυλένιο (PE), το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), το πολυβινυλοφθορίδιο (PVF) και οι εύκαμπτοι πολυεστέρες. Το φύλλο πολυαιθυλενίου είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα, διεθνώς.

Οι δε συνηθέστερες επιφάνειες σκληρού πλαστικού που χρησιμοποιούνται, είναι οι πολυεστερικές σε διάφορες παραλλαγές, οι πολυκαρβονικές, οι επιφάνειες σκληρού πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) και οι ακρυλικές επιφάνειες.

Γενικά, τα εύκαμπτα φύλλα πλεονεκτούν των άλλων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων, λόγω του μικρότερου βάρους τους, της χαμηλότερης τιμής τους, της ευκολίας προσαρμογής σε διάφορα σχήματα του σκελετού, της δυνατότητας που δίνουν για χρησιμοποίηση φθηνότερου σκελετού και γενικά λόγω του χαμηλότερου κόστους αρχικής επένδυσης, που επιτυγχάνεται στο σύνολο του θερμοκηπίου (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

1-4: Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει στο φυτό την απαραίτητη ενέργεια για τη φωτοσύνθεση και τις λοιπές φυσιολογικές λειτουργίες τους και συμβάλλει στη θέρμανση του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης, αποτελεί ένα μικρό μέρος του συνολικού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, και περιλαμβάνει μήκη κύματος που αντιστοιχούν στην υπεριώδη, ορατή και υπέρυθη ακτινοβολία. (Εικόνα 1)

- *Υπεριώδης ακτινοβολία (280-380nm)*

Αποτελεί το 5%, περίπου, της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη. Η υπεριώδης ακτινοβολία μήκους κύματος μικρότερου από 280nm (UVc) απορροφάται από διάφορες χημικές ουσίες των ανωτέρων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (π.χ. όζον). Οι ακτινοβολίες με μήκη κύματος 280-320nm (UVb) και

320-380nm (UVa) είναι υπεύθυνες για το χρώμα των ανθέων, για το μαύρισμα από τον ήλιο, καθώς και για την αποικοδόμηση του πολυαιθυλενίου, που είναι το πιο διαδεδομένο υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων.

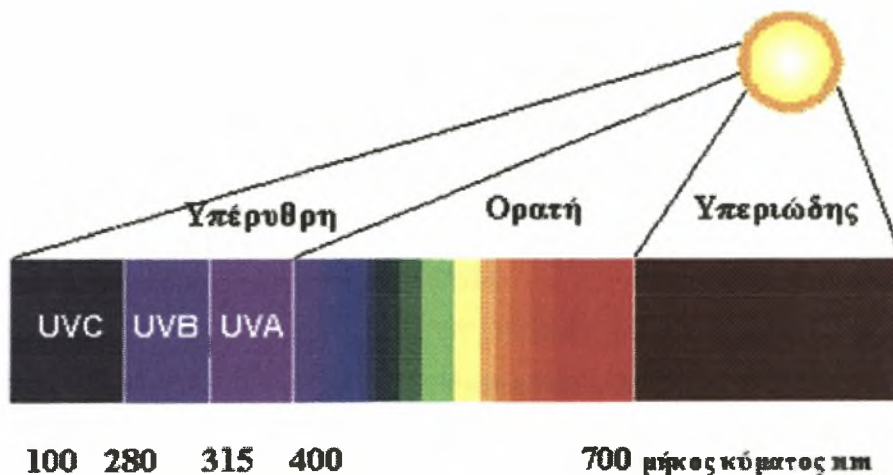
- *Ορατή ακτινοβολία (380-780nm)*

Το φάσμα της ακτινοβολίας αυτής αποτελεί το 45% περίπου της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στη γη.

Στη φωτοσύνθεση χρησιμοποιείται μόνο η ακτινοβολία μήκους κύματος 400-700 nm, η οποία αποκαλείται "φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία", με μέγιστη "απόδοση" στα 450nm (κυανούν φως) και 660nm (ερυθρό φως). Το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με μήκος κύματος 700-780nm, δε χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση, αλλά απορροφάται από το φυτόχρωμα, μέσω του οποίου ελέγχονται άλλες φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού (λήθαργος σπόρων, άνθηση, μορφογένεση κ.λ.π).

- *Υπέρυθρη ακτινοβολία (780-100.000nm)*

Η υπέρυθρη ακτινοβολία είναι θερμική ενέργεια, που προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, εδάφους, φυτών και άλλων σωμάτων στη γη. Ένα μέρος από τη θερμική ενέργεια που απορροφάται από τα διάφορα αντικείμενα και φυτά, επανακτινοβολείται προς το διάστημα με αποτέλεσμα την ψύξη τους (Ντόγρας, 1998).



Εικόνα 1. Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας

1-5: Το περιβάλλον του θερμοκηπίου, όπως αυτό διαμορφώνεται από τα υλικά κάλυψης του θερμοκηπίου.

Η τεχνολογία των πλαστικών έχει συνεισφέρει σημαντικά σήμερα στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου με τη χρήση των κατάλληλων υλικών κάλυψης. Παρακάτω είναι μερικά μόνο από τα επιτεύγματα στον τομέα αυτό, ταξινομημένα ανάλογα με τον παράγοντα του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου που επηρεάζουν.

❖ **Θερμοκρασία**

Με την προσθήκη στα υλικά κάλυψης, κατάλληλων πρώτων υλών (EVA) και ειδικών πρόσθετων, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη θερμομόνωση, καθώς έχουμε απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας και η συγκράτησή της μέσα στο θερμοκήπιο, με αποτέλεσμα να ελαττώνονται οι απώλειες θερμότητας τις κρύες νύχτες. Αυτό οδηγεί σε ομαλότερη πτώση της θερμοκρασίας τη νύχτα, καθώς και σε υψηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες κατά 2-4° C σε σχέση με ένα απλό θερμικό φύλλο.

❖ **Υγρασία**

- Δροσισμός των καλλιεργειών

Η σύγχρονη τεχνολογία, πολύ πρόσφατα, κατάφερε να δημιουργήσει φύλλα που διατηρούν χαμηλότερες θερμοκρασίες την ημέρα από 5 έως 10°C, σε σχέση με τα συμβατικά φύλλα. Το φαινόμενο επιτυγχάνεται με την αντανάκλαση και απορρόφηση της εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας, δηλαδή τις ακτίνες που μεταφέρουν τη θερμότητα του ήλιου.

- Αντισταγονικές ιδιότητες, χωρίς ομίχλη

Η προσθήκη στο πλαστικό ειδικών ουσιών εστερικής φύσεως, έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή σταγόνων στην οροφή του θερμοκηπίου, που δημιουργούνται από τη συμπύκνωση των υδρατμών του περιβάλλοντος. Η υγρασία που συγκεντρώνεται στο πλαστικό απορρέει με τη μορφή λεπτού στρώματος νερού. Οι ωφέλειες που παρέχει ένα αντισταγονικό φύλλο είναι: α) μεγάλη αύξηση της διαπερατότητας του φωτός,

β) μείωση των ασθενειών που οφείλονται στο υγρό περιβάλλον, γ) αποφυγή εγκαυμάτων από τη δημιουργία σταγόνας- φακού πάνω στο φύλλωμα.

❖ Φωτισμός

▪ Με τα διαφανή στην ηλιακή ακτινοβολία και άχρωμα φύλλα, επιτυγχάνονται βελτιωμένες οπτικές ιδιότητες, ευνοώντας την καλύτερη διαπερατότητα και διάχυση του φωτός. Με τη διάχυση του φωτός, επιτυγχάνεται επιπλέον: α) πιο ομοιόμορφη κατανομή του φωτός, β) περισσότερος φωτισμός στα κατώτερα μέρη του φυτού, που συνήθως σκιάζονται, γ) μείωση των εγκαυμάτων από την απευθείας πρόσπτωση των ακτίνων και δ) μηδενική ή ελάχιστη μείωση της PAR.

Με τη σταθεροποίηση με HALS: hinder amine type light stabilisers (διαφανή, άχρωμα φύλλα), επιτυγχάνεται εκτός από πλουσιότερος φωτισμός στο θερμοκήπιο, και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και φιλικότητα προς το περιβάλλον. Με σύγχρονα συστήματα σταθεροποίησης HALS έχει επιτευχθεί η διάρκεια χρήσης του πλαστικού να υπερβαίνει πολλές φορές τις τέσσερις καλλιεργητικές περιόδους.

Τα τελευταία χρόνια η βασική και βιομηχανική έρευνα, έχουν στρέψει την προσοχή τους στις θετικές επιπτώσεις που μπορεί να υπάρξουν από τη μεταβολή του ηλιακού φάσματος που εισέρχεται στο θερμοκήπιο.

Πολλοί είναι οι συνδυασμοί που μπορεί να γίνουν, όπως μεταβολή του λόγου Blue/ UV ή του λόγου Red/ Far Red, ενίσχυση συγκεκριμένου μήκους κύματος, ή μείωση κάποιου άλλου κ.ο.κ. Όλοι αυτοί οι συνδυασμοί παρεμβαίνουν στους φωτοσυνθετικούς ρυθμούς και μορφογενετικούς μηχανισμούς και μπορεί να επιτευχθεί: α) επιτάχυνση ή επιβράδυνση της ανάπτυξης, β) επιμήκυνση ή νανισμός των φυτών, γ) πλουσιότερη ή πτωχότερη έκπτυξη βλαστοφόρων ή ανθοφόρων οφθαλμών, δ) μείωση ασθενειών.

Αντιλαμβάνεται κανείς ότι η έρευνα πάνω στα θέματα αυτά είναι κατ' εξοχήν ενδιαφέρουσα, μια και σχετίζεται με την παρέμβαση σε βασικές λειτουργίες του φυτού (φωτοσύνθεση και φωτομορφογένεση) και μάλιστα με φυσικό τρόπο και όχι με χημικές μεθόδους που μπορεί να προκαλέσουν πλήθος ενστάσεων και αντιρρήσεων.

1-6: Πλαστικά υλικά κάλυψης που τροποποιούν το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας

Η καλλιέργεια φυτών υπό κάλυψη, μας επιτρέπει, όπως προαναφέραμε, να επέμβουμε στο φάσμα του φυσικού φωτός και να το τροποποιήσουμε ανάλογα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Για τα περισσότερα φυτά, τα οποία καλλιεργούνται σε θερμοκήπια, ένας αποφασιστικός περιορισμός σε αυτού του είδους τη μεσολάβηση είναι η γραμμική σχέση ανάμεσα στη φωτοσυνθετική πυκνότητα ροής φωτονίων (PPFD) και στη φωτοσύνθεση. Λαμβάνοντας αυτόν τον περιορισμό υπόψη, μπορούμε να τροποποιήσουμε το φάσμα, χρησιμοποιώντας τέσσερις διαφορετικές μεθόδους:

α. Τροποποίηση μόνο εκείνων των τμημάτων του φάσματος, τα οποία δεν έχουν φωτοσυνθετική λειτουργία, π.χ. υπεριώδη ακτινοβολία (κάτω των 370nm).

β. Σε περίπτωση ενός φάσματος που επιφέρει μια αντί-μυκητολογική επίδραση, οι απώλειες στην απόδοση ως αποτέλεσμα της απορρόφησης φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR) από το υλικό κάλυψης, αποζημιώνονται πλήρως από την αύξηση της απόδοσης ή από άλλα οικονομικά οφέλη λόγω μείωσης των ασθενειών.

γ. Η παραγωγή υλικών κάλυψης θερμοκηπίων που περιέχουν ή είναι επικαλυμμένα με φθορίζον μείγμα, σταθερό στο φως, το οποίο απορροφά το φως στα μήκη κύματος που έχουν σχετικά χαμηλό κβαντικό επίπεδο ακτινοβολίας (π.χ. 530-570nm) και το εκπέμπει στα μήκη κύματος με υψηλότερο κβαντικό επίπεδο ακτινοβολίας (π.χ. 630-670nm).

δ. Στην περίπτωση σκιοφυτών φυτών, όπως είναι πολλά γλαστρικά φυτά τα οποία παράγονται για χρήση σε εσωτερικούς χώρους, η σκίαση με φωτοσυλλεκτικά έναντι των ουδέτερων υλικών κάλυψης, μπορεί να αποβεί πλεονεκτική (Raviv, 1988).

Οι επιδράσεις της τροποποίησης του φάσματος με τη χρήση φωτοσυλλεκτικών υλικών κάλυψης σε φυτά οικονομικής αξίας, επιδεικνύει μερικές από τις δυνατότητες αυτού του αποτελεσματικού, αν και ανεκμετάλλετου ακόμη εργαλείου.

Κάποιες εισαγωγικές παρατηρήσεις προτείνουν ότι η μελλοντική έρευνα μπορεί να αποδώσει ενδιαφέρουσες και χρήσιμες εφαρμογές. Παραδείγματα αυτών των παρατηρήσεων είναι:

- Αναστολή της σποροποίησης και άλλων φυτοπαθογόνων μυκήτων (π.χ. *Pergospora*, στα αγγούρια και στα τριαντάφυλλα).
- Πρωίμηση στην ανάπτυξη της φράουλας σε καλλιέργεια υπό κάλυψη.
- Εκτεταμένη βλαστική ανάπτυξη μητρικών φυτών *Dieffenbachias*, με αποτέλεσμα μεγαλύτερες αποδόσεις σε μοσχεύματα και μεγαλύτερη ικανότητα ριζοβολήσεως (Ravin, 1988).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αναφέρθηκε μόνο μία όψη της ποιότητας του φωτός, το ονομαζόμενο φάσμα του φωτός. Η διάχυση του φωτός από το υλικό κάλυψης μπορεί επίσης να επηρεάσει σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών, εξαιτίας φωτοσυνθετικών και μορφογενετικών επιδράσεων.

Η εκτεταμένη έρευνα σε αυτούς τους τομείς, μπορεί να προβλέψει κανείς, ότι θα ωφελούσε ολόκληρη τη βιομηχανία των θερμοκηπίων.

1-7: Η επίδραση της UV ακτινοβολίας στις λειτουργίες των φυτών

Ένα σημαντικό ποσό της ηλιακής U.V ακτινοβολίας στα μήκη κύματος 280-320nm (U.V-B) φτάνει στην επιφάνεια της γης, παρόλο που το όζον της στρατόσφαιρας απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία στα μήκη κύματος κάτω των 320nm, και επομένως προστατεύει τη ζωή στην επιφάνεια της γης από τις επιδράσεις της επιζήμιας αυτής ακτινοβολίας (Cicerone et. al., 1974; Cutchis, 1974; National Academy of Sciences, 1982).

Καθώς αντιμετωπίζουμε στην εποχή μας το πρόβλημα του περιορισμού του όζοντος, τα φυτά, όπως και άλλοι ζωντανοί οργανισμοί, βλάπτονται από τα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας, γιατί βλάπτονται τα βιολογικά τους συστήματα (Jordan, 1996). Οι βλάβες που προκύπτουν είναι αποτέλεσμα της αναστολής των φωτοσυνθετικών διεργασιών, της αποικοδόμησης των πρωτεϊνών



και του DNA, και του αυξημένου οξειδωτικού στρες (Stapleton, 1992; Strid et. al., 1994; Jordan, 1996). Όλα αυτά συνηγούνται στη διαταραχή της καλής λειτουργίας των φυτών.

Ακόμη, η UV-B ακτινοβολία μπορεί να επηρεάσει την ισορροπία του άνθρακα στις καλλιέργειες με τουλάχιστον 4 διαφορετικούς τρόπους, 1) επηρεάζοντας τις αρχικές βιοχημικές διαδικασίες και τη μεταφορά ηλεκτρονίων στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, 2) επηρεάζοντας τις χημικές αντιδράσεις, όπου ο άνθρακας ενσωματώνεται σε ενώσεις, 3) αυξάνοντας τη σκοτεινή αναπνοή, και 4) αυξάνοντας τη στοματική αγωγιμότητα (Teramura, 1983).

Μορφολογικές και φυσιολογικές αντιδράσεις των φυτών περιλαμβάνουν πάχυνση των φύλλων, αυξημένη σύνθεση επιδερμικού κεριού και χρωστικών, καταστροφή επιδερμικών κυττάρων, μειωμένο περιεχόμενο σε χλωροφύλλη και μειωμένη δραστηριότητα του φωτοσυστήματος II (Bornman and Akerlund, 1984; Iwanzik et. al., 1983; Kulandaivelu and Noorudeen, 1983; Mirecki and Teramura, 1984; Steinmuller and Tevini, 1986). Εκτός από την αναστολή της φωτοσύνθεσης σε πολλά φυτά, μπορεί να προκληθούν και ορατά συμπτώματα στα φύλλα, όπως γυαλάδα, εμφάνιση πορφυρού χρώματος και νέκρωση (Wellmann, 1976, Robberecht and Caldwell, 1978).

Υπάρχουν επιπλέον, αποδείξεις ότι τα τωρινά επίπεδα της ηλιακής UV-B ακτινοβολίας μπορούν να επηρεάσουν τη σχετική παραγωγή βιομάζας διαφόρων ειδών, τόσο στο θερμοκήπιο, όσο και στον αγρό (Bogenrieder and Klein, 1982). Πιο συγκεκριμένα, στη μελιτζάνα βρέθηκε ότι η έκθεση σε αυξημένα επίπεδα UV-B μειώνει την επέκταση των φύλλων και το ξηρό βάρος των βλαστών (Latimer, 1987; Mitchell, 1987).

Γενικά, τα φυτά εμφανίζονται περισσότερο ανθεκτικά στα αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (280-320nm) στον αγρό, (Caldwell, 1981) από ότι στο θερμοκήπιο, όπου ένα σημαντικό μέρος από το στρες στο οποίο υπόκεινται τα φυτά, έχει εξαλειφθεί ή μεταβληθεί. Η ανάγκη προστασίας των θερμοκηπιακών φυτών από τα συνεχώς αυξανόμενα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας είναι ακόμη μεγαλύτερη στο θερμοκήπιο, γιατί στον αγρό πιθανώς συνεισφέρει και η βελπιοτική δράση της UV-

A (315-400nm) και του ορατού φωτός (Caldwell et al. 1994; Takayanagi et al., 1994). Κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες κακουχίας αυξάνονται τα επίπεδα των ενώσεων που απορροφούν τη UV-B ακτινοβολία στους ιστούς των φύλλων κατά 23%. Φλαβονοειδή και άλλες ενώσεις συγκεντρώνονται στην επιδερμίδα και απορροφούν τη UV-B ακτινοβολία πριν αυτή φτάσει σε ευαίσθητους στόχους, όπως είναι οι χλωροπλάστες στο μεσόφυλλο (Murali and Teramura, 1986).

Τα αυξημένα επίπεδα της U.V-B ακτινοβολίας επηρεάζουν τα καλλιεργούμενα είδη και τις ποικιλίες με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την ευαισθησία τους, η οποία καθορίζεται από την γενετική και ενζυματική ικανότητα συσσώρευσης προστατευτικών χρωστικών και διόρθωσης των βλαβών (Robberecht et al. 1980; Pang and Hays, 1991; Takayanagai et al., 1994; Tevini et al., 1991). Η σύνθεση και η συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων με κατάλληλες ιδιότητες, ώστε να απορροφούν την UV-B ακτινοβολία, θα μπορούσε να είναι ένας προστατευτικός μηχανισμός των φυτών για να αποφεύγουν τις επιζήμιες επιδράσεις της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας (Caldwell, 1981). Όμως, μέχρι στιγμής δεν έχει προταθεί κάποιος ρόλος αυτών των ενώσεων στα UV προστατευτικά υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων (Waterman and Mole, 1994).

1-8: Εφαρμογές υλικών κάλυψης που απορροφούν την UV ακτινοβολία

Τα φυτά και οι μυκητολογικές ασθένειες που τα προσβάλλουν, αντιδρούν με διάφορους τρόπους στις μεταβολές του φάσματος του φυσικού φωτός. Το υλικό κάλυψης, τροποποιώντας το φάσμα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, με την παρεμπόδιση της διέλευσης της UV ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο, οδηγεί σε ευνοϊκότερες συνθήκες παραγωγής, μέσα από την ανάπτυξη των φυτών, την απόδοση και τον έλεγχο των ασθενειών (Elad, 1997; Reuveni, 1997).

Η υπεριώδης ακτινοβολία στα μήκη κύματος 280-320nm (UV-B), αν ακολουθείται από χαμηλές θερμοκρασίες φύλλων, προκαλεί μαύρισμα των πετάλων των κόκκινων ποικιλιών στα τριαντάφυλλα, προκαλώντας έτσι σημαντικές

οικονομικές απώλειες στους παραγωγούς. Με τη χρήση του κατάλληλου υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου, το οποίο είναι απορροφητικό σε αυτό το μήκος κύματος αυτή η κατάσταση μπορεί να αποφευχθεί (Ravin, 1988).

Η σποροποίηση του *Botrytis cinerea* αυξάνεται με την παρουσία UV-B ακτινοβολίας και αναστέλλεται από την παρουσία του μπλε φωτός (310 και 480nm αντίστοιχα). Ο σχηματισμός σπόρων συνδέεται τόσο *in vitro* όσο και *in vivo* (σε φυτά τομάτας και αγγουριού) με τη μετάδοση της UV-B ακτινοβολίας από το υλικό κάλυψης (Ravin, 1988).

Επιπλέον, είναι γνωστό ότι η υπεριώδης ακτινοβολία, ιδιαίτερα στο εύρος των 280 με 320nm, επηρεάζει τη σποροποίηση πολλών παθογόνων μυκήτων, όπως η *Cercospora*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Stemphylium* και *Trichoderma* (Kumagai, 1982; Leach, 1962, 1967; Onesirisan and Bantttari, 1969; Panagopoulos et al., 1992).

Η πρώτη απόδειξη ότι τα απορροφητικά της UV υλικά κάλυψης μειώνουν την εισβολή των εντόμων στο θερμοκήπιο, ήρθε από την Ιαπωνία. Ο Nakagaki et al (1982), ανέφερε μικρότερη εισβολή από τα έντομα *Aphis gossypii* και *Trialeurodes vaporariorum* σε θερμοκήπιο καλλιέργειας τομάτας, που ήταν καλυμμένο με πλαστικό φύλλο, που εμπόδιζε την UV ακτινοβολία να φτάσει στα φυτά. Ακόμη, σε μικρότερο ποσοστό εμφανίστηκαν και τα έντομα *F. occidentalis* και *Scirtothrips dorsalis*, καθώς και *Lygiomoza bryoniae*. Πολυάριθμες είναι οι εργασίες που δείχνουν τον προστατευτικό ρόλο των UV απορροφητικών φύλλων απέναντι στα έντομα.

Η προστατευτική επίδραση των απορροφητικών της UV υλικών κάλυψης, δεν περιορίζεται μόνο στα έντομα, καθώς σημαντική είναι και η μείωση που επιφέρουν στην εξάπλωση ιώσεων, μα και τα έντομα είναι συχνά φορείς ιών. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη μείωση στην εξάπλωση ιών του εντόμου *Trialeurodes vaporariorum* σε καλλιέργεια τομάτας, αγγουριού και πεπονιών, όταν αυτά καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπια καλυμμένα με πλαστικά φύλλα που απορροφούν τη UV ακτινοβολία (Antignus et al a., 1996; Antignus et al b., 1996; Mizrahi et al., 1998).

Για επαρκή προστασία, η χρήση πλαστικών υλικών που απορροφούν τη UV ακτινοβολία, θα πρέπει να συνδυάζεται με δίκτυα εντομοστεγανότητας ανοίγματος 50mesh στις κάθετες πλευρές του θερμοκηπίου. Ένας συνδυασμός οροφής απορροφητικής της UV και δίκτυα εντομοστεγανότητας ανοίγματος 30 mesh στις πλευρές του θερμοκηπίου, δεν παρείχε επαρκή προστασία στην εισβολή του *Trialeurodes vaporariorum* και στην εξάπλωση του TYLCV (Antignus et al., 1999).

Ακόμη, υπήρξε θετική συσχέτιση ανάμεσα στο μήκος ενός τούνελ και στην προστατευτική του ικανότητα: όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος, τόσο χαμηλότερο είναι το ποσοστό της μη φιλτραρισμένης ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο και επομένως τόσο μεγαλύτερη και η προστασία που παρέχεται από τα έντομα. Η γεωμετρία του θερμοκηπίου είναι ένας ακόμη καθοριστικός παράγοντας της αποτελεσματικότητας των πλαστικών που απορροφούν τη UV ακτινοβολία. Τα περισσότερα λαχανοκομικά φυτά καλλιεργούνται σε θερμοκήπια με ανοίγματα οροφής. Οι πλαϊνές πλευρές δεν είναι καλυμμένες κατά τη διάρκεια της ημέρας και επιτρέπουν μη φιλτραρισμένη ακτινοβολία να εισέλθει στο θερμοκήπιο. Σε μία σειρά πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν σε εμπορικά θερμοκήπια, επιβεβαιώθηκε ότι τα απορροφητικά της UV φύλλα της οροφής εμποδίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό την εισβολή εντόμων όπως, αλευρώδεις, θρίπες και φυλλορίκτες (Antignus et al., 1999).

Έμμεση επίδραση των παραπάνω είναι και η μείωση των εφαρμογών με εντομοκτόνα, κάτω από απορροφητικά της UV ακτινοβολίας πλαστικά φύλλα, όπως παρατηρήθηκε σε πείραμα σε χαμηλά θερμοκήπια τύπου τούνελ, όπου οι ψεκασμοί σε ζιζάνια που αναπτύχθηκαν, μειώθηκαν στο 50-80% (Antignus et al., 1999).

Σε ότι αφορά την ανάπτυξη των καλλιεργειών, δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη, στην απόδοση, στον χρόνο ωρίμανσης ή στο ξηρό και χλωρό βάρος φυτών τομάτας που καλλιεργήθηκαν σε συμβατικά θερμοκήπια και κάτω από απορροφητικά της UV πλαστικά. Επιπλέον, οι φυσιολογικές ανωμαλίες μειώθηκαν κατά 38% κάτω από τα απορροφητικά της UV φύλλα, σε σύγκριση με τα συμβατικά φύλλα (Amagai et al., 1984). Σε άλλα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, η απόδοση και η ποιότητα φυτών πιπεριάς και αγγουριού δεν

επηρεάστηκαν από την απουσία της UV (Onuma et.al., 1982). Παρόμοια αποτελέσματα αποκτήθηκαν και όταν οι παραπάνω παράμετροι μελετήθηκαν στο Ισραήλ (Antignus et. al., 1999; Seker, 1999).

Ακόμη, το ενδιαφέρον για τη χρήση εναλλακτικών μεθόδων, έναντι των χημικών, για τον έλεγχο της ανάπτυξης των καλλιεργειών, έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της γενικής ανησυχίας για την ασφάλεια των τροφίμων και την περιβαλλοντική μόλυνση. Πολλές ερευνητικές ομάδες ανά τον κόσμο εξετάζουν εναλλακτικά μέτρα ελέγχου της ανάπτυξης, όπως είναι ο γενετικός χειρισμός, η θερμοκρασία, η διαχείριση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων, τα μηχανικά μέτρα και ο ποιοτικός χειρισμός του φωτός (Rajapakse et al, 1999).

Ήδη, είναι δυνατή η χρήση απορροφητικών της UV υλικών κάλυψης θερμοκηπίου, ως εναλλακτική μέθοδος για τη ρύθμιση της επιμήκυνσης του βλαστού σε καλλωπιστικά φυτά (Dr. Hoffmann, 1999). Η UV ακτινοβολία έχει χρησιμοποιηθεί και για έλεγχο του ύψους μοσχευμάτων τομάτας (Del Corso et al., 1997).

Από τα παραπάνω, αντιλαμβανόμαστε ότι στα πλαίσια της σύγχρονης αειφορικής γεωργίας, είναι πολύτιμοι όλοι οι παράγοντες που μπορούν να διαμορφώσουν συνθήκες κατάλληλες για τη βέλτιστη ανάπτυξη και παραγωγή, χωρίς να δημιουργούν παρενέργειες που θα κληθούμε να πληρώσουμε αλλιώς. Το πλαστικό μπορεί να συμβάλλει κι αυτό με τον τρόπο του στη διαμόρφωση ολοένα και πιο ιδανικών συνθηκών μέσα σ' ένα πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον.

2: Καλλιέργεια

2-1: Καταγωγή/ ποικιλίες

Η μελιτζάνα ανήκει στην οικογένεια Solanaceae. Υπάρχει μεγάλος αριθμός καλλιεργήσιμων ποικιλιών, τόσο εδωδιμων όσο και καλλωπιστικών. Στην Ινδία και σε άλλες ανατολικές χώρες, η καλλιέργεια της μελιτζάνας είναι αρχαιότατη και το γεγονός αυτό μας επιτρέπει να θεωρούμε ότι η μελιτζάνα κατάγεται από δύο κέντρα διάδοσης: την Κίνα και την Ινδία. Από τις χώρες καταγωγής της και μέσω της Μικράς Ασίας έφτασε στην Αίγυπτο, κατά το 1200, ενώ τον επόμενο αιώνα πέρασε στην Ευρώπη και διαδόθηκε στις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης, προπαντός στις μεσημβρινές περιοχές. Στην Ιταλία μπήκε προς το τέλος του 1300 και διαδόθηκε σαν καλλιέργεια τον επόμενο αιώνα (Forte, 1986).

Η μελιτζάνα, βοτανικά, είναι φυτό πολυετές. Στην κοινή καλλιέργεια όμως, είναι είδος ετήσιο. Τα υβρίδια είναι πιο αποδεκτά για καλλιέργεια, γιατί δίνουν πιο υψηλές αποδόσεις και είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στις συνθήκες αυτές.

2-2: Καλλιέργεια μελιτζάνας και σημερινή εξάπλωσή της

Η μελιτζάνα καλλιεργείται ως ετήσιο φυτό στις εύκρατες ζώνες και ως πολυετές στις τροπικές ζώνες. Η πλειονότητα των καρπών μελιτζάνας που καταναλίσκεται, παράγεται σε ανοιχτές καλλιέργειες. Επειδή όμως υπάρχει αρκετή ζήτηση και εκτός της κανονικής εποχής, το ενδιαφέρον για καλλιέργεια της μελιτζάνας "υπό προστασία" παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια πολύ αυξημένο.

Ο καρπός της μελιτζάνας αποτελείται κατά κύριο μέρος από νερό 92,5%, 5,6% υδατάνθρακες, 1,2% πρωτεΐνες και 0,2% λίπη. Έχει ελκυστικό χρώμα και ιδιαίτερη γεύση.

Σε παγκόσμια κλίμακα, το 91,5% της παραγωγής συναντάται στην Ασία και μόνο το 3,5% στην Ευρώπη.

Η διακίνηση της μελιτζάνας παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον. Κύριες χώρες εισαγωγής εμφανίζονται η Γαλλία, Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο και Λίβανος, ενώ εξαγωγές πραγματοποιούν οι χώρες Ισπανία, Ολλανδία και Ιορδανία.

Στην Ελλάδα καλλιεργούνται κάθε χρόνο γύρω στα 28.460 στρ. μελιτζάνας σε ανοιχτές καλλιέργειες με παραγωγή γύρω στους 66.480 τον. (Ολύμπιος, 1997). Για παραγωγή εκτός εποχής σε θερμοκήπια και άλλες κατασκευές, το 1997 καλλιεργήθηκαν γύρω στα 2.300 στρ. με παραγωγή περίπου 18.870 τον. Η μέση παραγωγή στα θερμοκήπια είναι γύρω στους 8,0 τον/ στρ. (Ολύμπιος, 2001).

Σύμφωνα με τις στατιστικές του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Ποτών (F.A.O.,1998), η έκταση και παραγωγή μελιτζάνας σε παγκόσμια κλίμακα, στις κυριότερες χώρες παραγωγής και στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κατά το έτος 1998, δίνεται στον Πίνακα 2

Πίνακας 2. Έκταση και παραγωγή μελιτζάνας σε παγκόσμια κλίμακα, στις κυριότερες χώρες παραγωγής και στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά το έτος 1998.

Παγκόσμια κατά Ηπειρο	Έκταση(1) x1000στρ.	Παραγωγή(1) x 1000 ΜΤ	% του συνόλου της παραγωγής
Αφρική	11.339	17.505	100
B. & Κ. Αμερική	423	782	4.5
N. Αμερική	46	90	0.5
Ασία	4	5	
Ευρώπη	10.607	16.017	91.5
Ωκεανία	257	610	3.5
Κυριότερες χώρες παραγωγής			
Κίνα	5,512	10,022	57.3
Ινδία	3,200	3,400	19.4
Τουρκία	326	850	4.9
Αίγυπτος	280	560	3.2
Ιαπωνία	150	490	2.8
Ιταλία	110	315	1.8
Φιλιππίνες	250	170	1.0
Ιράκ	105	153	0.9
Συρία	60	145	0.8
Ινδονησία	430	145	0.8
Χώρες Ε.Ε.			Μέση απόδοση (τον./στρ.)
Ιταλία	110	315	2.9
Ισπανία	35	110	3.1
Ελλάδα	26	65	2.5
Ολλανδία	1	3	3.4
Γαλλία	8	26	3.3
Πορτογαλία	3	7	2.2

Πηγή: *FAO Production Yearbook (1998)*

(¹): Περιλαμβάνει την έκταση και παραγωγή τόσο της υπαίθριας καλλιέργειας όσο και της καλλιέργειας υπό κάλυψη.

ΜΤ: Μετρικοί Τόνοι

2-3: Απαιτήσεις της καλλιέργειας μελιτζάνας

Η μελιτζάνα είναι αρκετά φωτόφιλο φυτό. Αναπτύσσεται και αποδίδει καλύτερα όταν δέχεται το πλήρες φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα η ένταση του φωτισμού είναι χαμηλή και οι απαιτήσεις του φυτού σε φως είναι μεγάλες, η κάλυψη του εδάφους με γαλακτώδες (άσπρο) πλαστικό, συμβάλλει στην αύξηση του φωτός στο περιβάλλον του φυτού, δια της ανακλάσεως.

Για βέλτιστη ανάπτυξη της μελιτζάνας στο θερμοκήπιο, τα επίπεδα της θερμοκρασίας θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 16-22 °C.

Για τη μελιτζάνα, συνίσταται το επίπεδο των 70-75% σχετική υγρασία, όπως και στην πιπεριά. Είναι πολύ σημαντικό να μην υπερβαίνει τα επίπεδα αυτά, γιατί η μελιτζάνα είναι πιο ευπαθής, σε σύγκριση με άλλα λαχανικά, στον βοτρυτή. Ο καλός αερισμός είναι απαραίτητος και τα φυτά θα πρέπει να διατηρούνται στεγνά.

Ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO₂ μέχρι τα 1000ppm αποτελεί συνηθισμένη πρακτική στις βόρειες χώρες στην καλλιέργεια της μελιτζάνας, γιατί έχει παρατηρηθεί ότι επηρεάζει θετικά την πρωίμιση και την ολική παραγωγή. Γενικά ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO₂ είναι αποδεκτή σαν μία οικονομική καλλιεργητική τεχνική, αν και δεν υπάρχει άμεση πειραματική απόδειξη που να το επιβεβαιώνει (Ολύμπιος, 2001).

2-4: Καλλιεργητικές τεχνικές

Οι μελιτζάνες μπορούν να καλλιεργηθούν με συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους, όπως οι τομάτες και οι πιπεριές. Ήδη έχουν παραχθεί με επιτυχία μελιτζάνες σε υπόστρωμα πετροβάμβακα, περλίτη και τύρφης και δεν υπάρχει λόγος να αμφισβητήσουμε την προσαρμοστικότητα της καλλιέργειας και σε σύστημα θρεπτικής ταινίας (N.F.T., nutrient film techniques). Το ισχυρό ριζικό σύστημα της μελιτζάνας, της δίνει μεγάλη ικανότητα απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων, ώστε να ξεπερνιούνται τυχόν καλλιεργητικά σφάλματα.

Τα άνθη της μελιτζάνας, (Εικόνα 2), είναι ερμαφρόδιτα, αυτογονιμοποιούνται και σε πολύ μικρό ποσοστό σταυρογονιμοποιούνται με έντομα. Η στροφή του άνθους προς τα κάτω διευκολύνει την αυτογονιμοποίηση. Η ωρίμανση των ανθών γίνεται ταυτόχρονα με την ωρίμανση του στίγματος κατά το άνοιγμα του άνθους. Το άνθος παραμένει ανοιχτό 2-3 μέρες. Όταν γίνει γονιμοποίηση, η στεφάνη και οι στήμονες μαραίνονται. Τα άνθη μπορεί να αναπτυχθούν σε καρπούς και παρθενοκαρπικά, χωρίς γονιμοποίηση.



Εικόνα 2: Το άνθος της μελιτζάνας

Η μελιτζάνα είναι φυτό ουδέτερο στον φωτοπεριορισμό, που σημαίνει ότι ανεξάρτητα από εποχές δε συναντά δυσκολίες στην παραγωγή ανθέων, ούτε επομένως και στους χειμερινούς μήνες που μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα (Ολύμπιος, 2001).

2-5: Εχθροί και ασθένειες της μελιτζάνας

- Οι κυριότεροι ζωικοί εχθροί που προσβάλλουν τη μελιτζάνα είναι:

Τετράνυχος : *Tetranychus tabaci* ή *Trialetrodes vaporariorum*

Το άκαρι αυτό προσβάλλει τα φύλλα στην κάτω επιφάνεια, ρουφώντας χυμούς και δίνοντας στο φυτό μια αρρωστημένη όψη, σαν καμένο. Αναπτύσσεται περισσότερο σε περιβάλλον και συνθήκες ξηροθερμικές. Η καταπολέμησή του δεν είναι πάντα εύκολη, γιατί το παράσιτο έχει εξαιρετικά μεγάλη ικανότητα αναπαραγωγής. Απαιτείται φροντίδα σε ότι αφορά την εκτέλεση των επεμβάσεων (τέλεια κάλυψη, ιδιαίτερα της κάτω επιφάνειας των φύλλων) και επιλογή των κατάλληλων φαρμάκων.

Αφίδες : *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*

Φυλλορύκτες : *Liriomyza trifoliata*, *L. bryoniae*

Θρίπες : *Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis*

Φυλλοφάγα έντομα : *Spodoptera littoralis*, *S. exigua*

Νηματώδεις : *Meloidogyne* sp., *Platylenchus* sp.

- Από τις μυκητολογικές ασθένειες, σοβαρά προβλήματα μπορούν να δημιουργήσουν:

Βερτισιλλίωση : *Verticillium dahliae*

Φουζαρίωση : *Fusarium oxysporum*

Βοτρυτής : *Botrytis cinerea*

- Οι κυριότερες ιολογικές ασθένειες που προσβάλλουν τη μελιτζάνα είναι:

Το μωσαϊκό της τομάτας : TMV

Το μωσαϊκό του αγγουριού : CMV (Ολύμπιος, 2001).

3: Σκοπός της εργασίας

Σύμφωνα με την προηγηθέντα βιβλιογραφική ανασκόπηση, φαίνεται ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για την επίδραση των UV absorbing υλικών κάλυψης στο μικροκλίμα και στην καλλιέργεια μελιτζάνας. Για το σκοπό αυτό, θεωρήσαμε

χρήσιμο να μελετήσουμε, στα πλαίσια αυτής της διατριβής, την επίδραση του τροποποιημένου μικροκλίματος στην καλλιέργεια μελιτζάνας. Πιο συγκεκριμένα, την επίδραση στην αύξηση και ανάπτυξη της μελιτζάνας, καθώς και τη διερεύνηση πιθανής αλλοίωσης του χρώματος των καρπών.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν 3 θερμοκήπια με υλικά κάλυψης που επιτρέπουν τη διέλευση της UV ακτινοβολίας σε ποσοστά 0%, 3% και 5%.

Κεφάλαιο II Υλικά και μέθοδοι

1: Η τοποθεσία

Το πείραμα διεξήχθη στην περιοχή του Βελεστίνου, 18 χιλιόμετρα από το Βόλο και νοτιοδυτικά του νομού Μαγνησίας, όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από ηπειρωτικό κλίμα, όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από τις διάφορες κλιματικές παραμέτρους των τελευταίων χρόνων, που παρατίθενται στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων. Τη χρονιά του πειράματος οι καιρικές συνθήκες δεν ήτανε πολύ συνηθισμένες, με αποτέλεσμα να παρατηρήσουμε ακραίες τιμές.

2: Τα θερμοκήπια

2-1: Τύπος θερμοκηπίων, προσανατολισμός, διαστάσεις

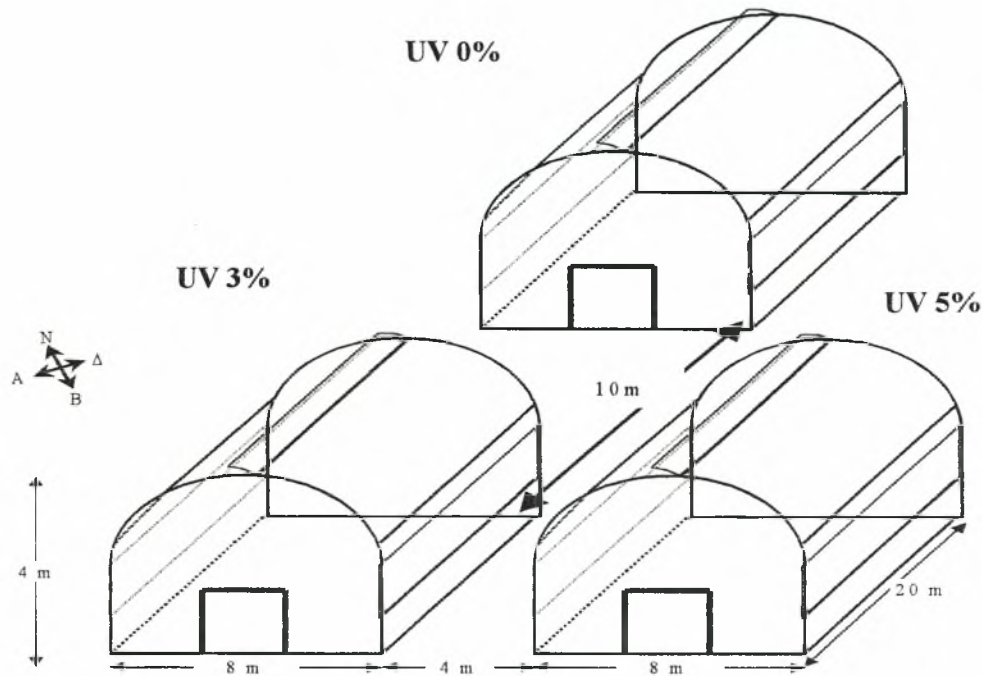
Για την πραγματοποίηση του πειράματος κατασκευάστηκαν 3 πανομοιότυπα τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια (Σχήμα 4), επιφάνειας 160m^2 (20m μήκος και 8m πλάτος) το καθένα, και μεγίστου ύψους 4,1m στον κορφιά, ενώ το ύψος του ορθοστάτη έφτανε τα 2,9m. Το υλικό του σκελετού ήτανε γαλβανισμένος χάλυβας. Το έδαφος των θερμοκηπίων ήταν πλήρως καλυμμένο με αδιαφανές, διπλής όψεως ασπρόμαυρο πλαστικό.

Η περιοχή γύρω από τα θερμοκήπια ήτανε κυρίως αγροί και το κοντινότερο εμπόδιο προς αυτά ήτανε δέντρα ύψους 4m προς την ανατολική μεριά, που λειτουργούσαν ως ανεμοθραύστες, αλλά που δεν σκίαζαν καθόλου τα θερμοκήπια, καθώς βρίσκονταν σε απόσταση 15m από αυτά.

Το πρώτο θερμοκήπιο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας και ήτανε καλυμμένο με το συνηθισμένο πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου που κυκλοφορεί στο εμπόριο. Σε αυτό το θερμοκήπιο το ποσοστό της υπεριώδους ακτινοβολίας στο εσωτερικό του άγγιζε τα επίπεδα του 5% (θερμοκήπιο $UV_{5\%}$). Τα άλλα δύο θερμοκήπια καλύφθηκαν με πλαστικά φύλλα απορροφητικά της UV ακτινοβολίας με

διαπερατότητα στη UV ακτινοβολία 3% (θερμοκήπιο UV_{3%}) και 0% (θερμοκήπιο UV_{0%}). Το πάχος των φύλλων ήταν 0,18mm της βιομηχανίας «Πλαστικά Κρήτης».

Επιπλέον, ο προσανατολισμός των θερμοκηπίων ήταν ανατολή-δύση και δεν προκαλούσαν σκίαση το ένα στο άλλο ή άλλες ανεπιθύμητες αντιδράσεις.



Σχήμα 4: Τα τρία πειραματικά τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια.

2-2: Αερισμός

Στα θερμοκήπια υπήρχαν ανοίγματα πλαϊνά, κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών (1m*18m), και ανοίγματα οροφής, αλλά τα τελευταία δε χρησιμοποιήθηκαν για τεχνικούς λόγους. Ο αερισμός ελεγχόταν αυτόματα στα θερμοκήπια, όταν η θερμοκρασία ξεπερνούσε τους 23°C. Το επιτυγχανόμενο μέγιστο ποσοστό αερισμού ήταν 22,5% του καλλιεργούμενου εδάφους.

2-3: Θέρμανση

Η θέρμανση των θερμοκηπίων γινόταν με αερόθερμα οροφής (Heat Unit-Φυρρογένης). Η παροχή του αέρα ήταν 3000 κυβικά την ώρα, και η ονομαστική θερμαντική ισχύς ήταν 36,7 kW. Η θερμοκρασία θερμοστάτη ορίστηκε στους 16°C κατά τη διάρκεια της νύχτας και 19°C κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι θερμοστάτες και στα τρία θερμοκήπια ήταν τοποθετημένοι στο κέντρο των θερμοκηπίων, 2m πάνω από το έδαφος. Η καύσιμη ύλη που χρησιμοποιήθηκε ήταν πετρέλαιο βαρύ θέρμανσης (μαζούτ).

2-4: Υπόστρωμα της καλλιέργειας

Χρησιμοποιήθηκε σύστημα υδροπονίας προκειμένου να αποφευχθούν πιθανές ασθένειες του εδάφους και να αποφευχθεί ο παράγοντας της παραλλακτικότητας του εδάφους. Το θρεπτικό υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν Περγλίτης[®], σε σάκους 1m, συνολικά 136 σάκοι σε κάθε θερμοκήπιο, οι οποίοι τοποθετήθηκαν 0.5m πάνω από το έδαφος.

2-5: Άρδευση/ Λίπανση

Η ποσότητα της δόσης άρδευσης, ο χρόνος, καθώς και η ποιότητα του αρδευόμενου διαλύματος ελέγχονταν με ένα αυτοματοποιημένο με Η/Υ σύστημα ελέγχου υδροπονίας και αναμείξεως λιπασμάτων. MACQU (MACQU: Διαχείριση Και Έλεγχος Συνθηκών Για Καλύτερη Ποιότητα). Η συσκευή αυτή υδροπονίας είναι απλής κατασκευής, έχει ελάχιστα κινητά μέρη και όλα τα εξαρτήματα είναι ανθεκτικά σε τοξικά υγρά. Λειτουργεί με ειδικό μικροελεγκτή, ο οποίος εφαρμόζει το πρόγραμμα αδιαλείπτως και σε σύνδεση με υπολογιστή. Ο υπολογιστής χρειάζεται κυρίως για να προσαρμόζουμε το πρόγραμμα του μικροελεγκτή ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη και τις ανάγκες του καλλιεργούμενου φυτού, καθώς και για να παρακολουθούμε την κατάσταση (displays). Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είχε οριστεί 2.1 μS/cm και η τιμή του pH ήταν 5.6.

Η άρδευση γινόταν αρχικά 4 φορές την ημέρα και είχε διάρκεια 4 λεπτά. Βαθμιαία γινόταν πιο συχνά κι έτσι στα τέλη Μαΐου γινόταν 8 φορές ημερησίως με διάρκεια 20 λεπτά κάθε φορά.

Σε ότι αφορά τη λίπανση των φυτών, χρησιμοποιήθηκε το θρεπτικό διάλυμα 1, (Πίνακας 3), ενώ από τις 16/04/02 και ως το τέλος του πειράματος το θρεπτικό διάλυμα 2, (Πίνακας 4), προκειμένου να καλύπτονται τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών στις διάφορες συνθήκες εξατμισοδιαπνοής.

Πίνακας 3: Το θρεπτικό διάλυμα που χορηγήθηκε στα φυτά από την αρχή του πειράματος έως και τις 16/04/02.

Μακροστοιχεία	pH= 5,5-6,0 Ec= 2.05
Δοχείο Α	Κιλά σε 100 λίτρα νερού
Νιτρικό ασβέστιο (19% Ca, 14,5% NO ₃ -N, 1% NH ₄)	5.09 κιλά
Νιτρικό κάλιο (38,6% K, 1,8% NO ₃ -N)	0.6 κιλά
Νιτρική αμμωνία (17,5% NO ₃ , 17,5% NH ₄ -N)	0.15 κιλά
Νιτρικό μαγνήσιο (9,9% Mg, 11% NO ₃ -N)	0.98 κιλά
Χηλικός σίδηρος (6% Fe)	0.18 κιλά
Δοχείο Β	Κιλά σε 100 λίτρα νερού
Νιτρικό κάλιο (38,6% K, 13,8% NO ₃ -N)	3.69 κιλά
Φωσφορικό μονοκάλιο (21,3% P, 28,2% K)	1.73 κιλά
Θειϊκό κάλιο (41,5% K, 18,4% SO ₄ -S)	1.58 κιλά
Διάλυμα ιχνοστοιχείων	1 λίτρο
Δοχείο οξέος	Κιλά σε 100 λίτρα νερού
Νιτρικό οξύ 67%	3.03
Ιχνοστοιχεία:	Διάλυμα όγκου 1 λίτρου
Θειϊκό μαγγάνιο (MnSO ₄ , 27,3% Mn)	30 γραμμάρια
Βόριο (Βόρακα 11,28%)	25 γραμμάρια
Θειϊκό χαλκό (CuSO ₄ , 25% Cu)	2 γραμμάρια
Θειϊκό ψευδάργυρο (ZnSO ₄ , 22,7% Zn)	16 γραμμάρια
Μολυβδαινικό νάτριο (Sodium Molibdate 39,6% Mo)	1,5 γραμμάρια

Πίνακας 4: Το θρεπτικό διάλυμα που χορηγήθηκε στα φυτά από τις 16/04/02 έως και το τέλος του πειράματος.

Μακροστοιχεία	ρΗ= 5,5-6,0 Ec= 2.05
Δοχείο Α	Κιλά σε 100 λίτρα νερού
Νιτρικό ασβέστιο (19% Ca, 14,5% NO ₃ -N, 1% NH ₄)	4.45 κιλά
Νιτρικό κάλιο (38,6% K, 1,8% NO ₃ -N)	
Νιτρική αμμωνία (17,5% NO ₃ , 17,5% NH ₄ -N)	
Νιτρικό μαγνήσιο (9,9% Mg, 11% NO ₃ -N)	0.5 κιλά
Χηλικός σίδηρος (6% Fe)	0.2 κιλά
Δοχείο Β	Κιλά σε 100 λίτρα νερού
Νιτρικό κάλιο (38,6% K, 13,8% NO ₃ -N)	3.69 κιλά
Φωσφορικό μονοκάλιο (21,3% P, 28,2% K)	1.73 κιλά
Θειικό κάλιο (41,5% K, 18,4% SO ₄ -S)	1.58 κιλά
Διάλυμα ιχνοστοιχείων	1 λίτρο
Δοχείο οξέος	Κιλά σε 100 λίτρα νερού
Νιτρικό οξύ 67%	3.03
Ιχνοστοιχεία:	Διάλυμα όγκου 1 λίτρου
Θειικό μαγγάνιο (MnSO ₄ , 27,3% Mn)	30 γραμμάρια
Βόριο (Βόρακα 11,28%)	25 γραμμάρια
Θειικό χαλκό (CuSO ₄ , 25% Cu)	2 γραμμάρια
Θειικό ψευδάργυρο (ZnSO ₄ , 22,7% Zn)	16 γραμμάρια
Μολυβδαινικό νάτριο (Sodium Molybdate 39,6% Mo)	1,5 γραμμάρια

3 : Η καλλιέργεια

3-1: Ποικιλία / Εγκατάσταση της καλλιέργειας

Το πείραμα έγινε σε φυτά μελιτζάνας (*Solanum melongena*). Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος, ήταν το υβρίδιο Escani, τα φυτά της οποίας είναι ζωηρά, πολύ πρώιμα, ανοιχτής ανάπτυξης, με καρπούς τύπου "φλάσκα", οι οποίοι έχουν λαμπερό ιώδη χρωματισμό. Τα φυτά μελιτζάνας μεταφυτεύτηκαν στις 27 Ιανουαρίου σε ηλικία 3 εβδομάδων, και ενώ είχαν εκπτυχθεί 4 φύλλα. Να σημειωθεί ότι μερικά φυτά ήταν 10 ημέρες ονιμότερα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, λόγω λάθους του σποροπαραγωγού. Τέλος, η καλλιέργεια συνεχίστηκε έως τις 20 Ιουνίου, οπότε τα φυτά απομακρύνθηκαν από τα θερμοκήπια.

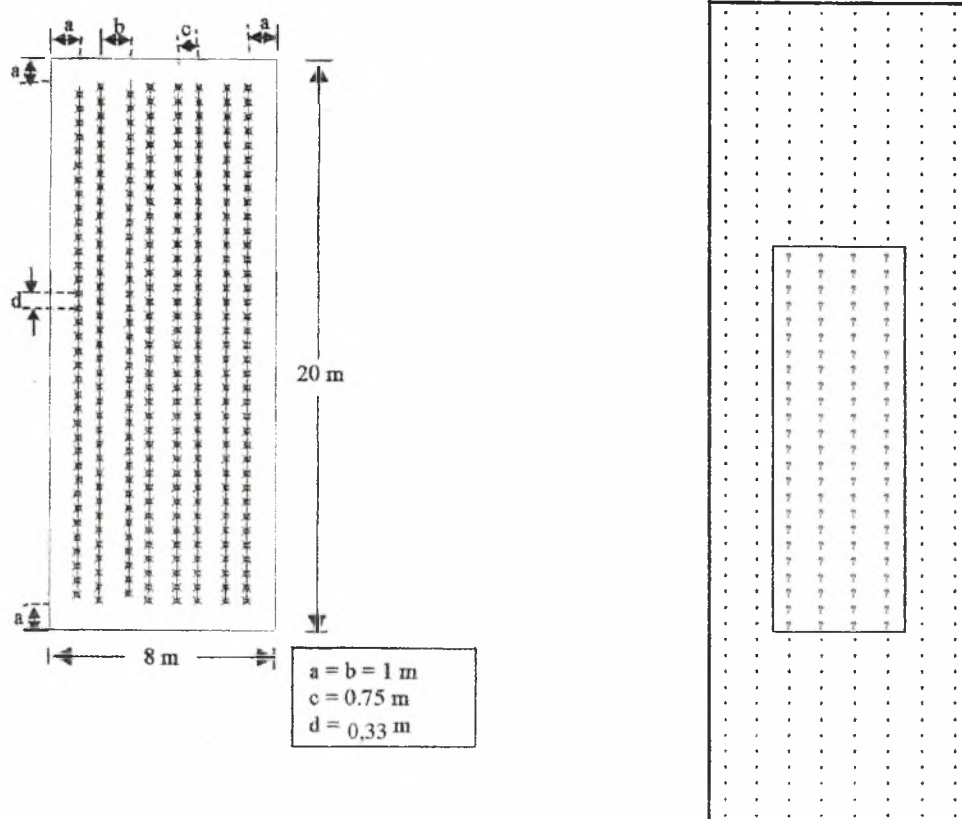
3-2: Διάταξη των φυτών

Η καλλιέργεια είχε εγκατασταθεί σε δύο διπλές σειρές με αποστάσεις φύτευσης 0,33m επί της γραμμής και 0,75m μεταξύ των γραμμών της διπλής σειράς, με πυκνότητα 2,4 φυτά/m². Το πλάτος του διαδρόμου ήταν 1m. (Σχήμα 5).

Η διάταξη του πληθυσμού στα πειραματικά τεμάχια, δηλαδή στα θερμοκήπια, δεν έπαιξε ρόλο, γιατί ο χώρος εκτέλεσης του πειράματος ήταν ομοιόμορφος (σάκοι περλίτη) και αντιπροσωπευτικός (σύνθετος υπόστρωμα υδροπονίας). Επιπλέον, τα φυτά είχαν τις ίδιες συνθήκες θρέψης, άρδευσης, λίπανσης, θέρμανσης και αερισμού και επομένως τα αποτελέσματα μπορούν να έχουν γενικότερη εφαρμογή. Η επιλογή των φυτών έγινε με τη βοήθεια πλήρως τυχαιοποιημένου σχεδίου. Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις ήταν επισημασμένα και το μέγεθος του δείγματος ήταν της τάξης του 18. Στα μέσα του πειράματος για τεχνικούς λόγους χάσαμε ένα φυτό στο θερμοκήπιο 1 και ένα φυτό στο θερμοκήπιο 3, οπότε το μέγεθος του δείγματος σε αυτά τα θερμοκήπια μειώθηκε στο 17.

Την ίδια στιγμή και στα ίδια θερμοκήπια πραγματοποιούταν ακόμη ένα πείραμα σε φυτά τομάτας. Τα φυτά μελιτζάνας ήταν τοποθετημένα στο κέντρο των

θερμοκηπίων, ενώ τα φυτά τομάτας ήταν διαταγμένα γύρω από αυτά σε δύο επιπλέον διπλές γραμμές, καλύπτοντας τον υπόλοιπο χώρο του θερμοκηπίου (Σχήμα 6)



Σχήματα 5, 6: Διάταξη και αποστάσεις των φυτών μελιτζάνας και τομάτας στα θερμοκήπια.

4: Καλλιεργητικές τεχνικές

Προκειμένου να αντλήσουμε συγκρίσιμα αποτελέσματα, εκτελέσαμε καλλιεργητικές τεχνικές, όμοιες με αυτές που εκτελούν οι παραγωγοί και οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

4-1: Στήριξη των φυτών

Τα φυτά μελιτζάνας, όταν έφτασαν το ύψος των 30cm, δέθηκαν γύρω από τον κεντρικό βλαστό με πλαστικό σκοινί με τρόπο που η θηλιά γύρω από το φυτό να επιτρέπει την κανονική πάχυνση του βλαστού, χωρίς να τον τραυματίζει. Οριζόντια σύρματα πάνω από την καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκαν για την στήριξη των φυτών.

4-2: Αποφύλλωση

Σε εβδομαδιαία βάση αφαιρούνταν οι βλαστοί που φύονταν στις μασχάλες των φύλλων, για να έχουμε καλύτερο αερισμό και τα δευτερεύοντα λουλούδια, τα οποία δεν χρειάζονται για την παραγωγή καρπών. Από τη χρονική στιγμή της εμφάνισης των καρπών προστέθηκε στις εβδομαδιαίες καλλιεργητικές τεχνικές και η αφαίρεση των ανθικών υπολειμμάτων από τον καρπό, για να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης του βοτρυτί.

Έπειτα από 7 εβδομάδες από τη μεταφύτευση των φυτών στα θερμοκήπια, αφαιρέθηκαν τα φύλλα της βάση των βλαστών τους, ώστε να δημιουργηθούν καλύτερες συνθήκες σχετικής υγρασίας στο μικροπεριβάλλον του φυτού.

4-3: Επεμβάσεις με χημικά

Επεμβάσεις με χημικά έγιναν δύο φορές με το σκεύασμα Vedex, για την αντιμετώπιση του τετράνυχου. Πραγματοποιήθηκε ψεκασμός, και στο κάτω μέρος των φύλλων, με διάλυμα συγκέντρωσης 0,3ml/lit την πρώτη φορά και 0,5ml/lit τη δεύτερη. Χρησιμοποιήθηκαν 4lit ψεκαστικού διαλύματος ανά 100 φυτά μελιτζάνας.

4-4: Επικονίαση φυτών

Για την υποβοήθηση της γονιμοποίησης των ανθέων, έγινε εισαγωγή, με την έναρξη εμφάνισης των ανθέων, του *Bombus terrestris* (L), (Hymenoptera: Apidae), σε μορφή αποικίας μέσα σε ειδική κυψέλη, μία για κάθε θερμοκήπιο. Το εμπορικό όνομα της κυψέλης ήταν NATUPOL.

4-5: Συγκομιδή καρπών

Η συγκομιδή πραγματοποιούνταν δύο φορές την εβδομάδα. Ο έλεγχος της ωριμότητας του καρπού της μελιτζάνας, γινόταν με πίεση του αντίχειρα στο πλευρό του καρπού, Εάν το αποτύπωμα της πίεσης δεν επέστρεφε στην προηγούμενη θέση του, τότε ο καρπός ήταν έτοιμος για συγκομιδή. Η συγκομιδή γινόταν με ψαλίδι και μέρος του μίσχου κοβότανε μαζί με τον καρπό.

4-6: Έλεγχος εχθρών και ασθενειών

Στα θερμοκήπια γινόταν έλεγχος των εντόμων και των ασθενειών. Τοποθετήθηκαν μπλε και κίτρινες παγίδες για τον έλεγχο του θρίπα και του αλευρώδη.

Εμφανίστηκε τετράνυχος σε μερικά φυτά της καλλιέργειας και για την αντιμετώπισή του έγιναν 2 ψεκασμοί, όπως αναφέραμε παραπάνω.

5: Μετρήσεις

5-1: Μετρήσεις φασματικής διαπερατότητας των υλικών κάλυψης (Spectral photon flux measurements)

Μετρήσεις της φασματικής ροής διαμέσου των τριών υλικών κάλυψης έγιναν στο εργαστήριο, με τη βοήθεια ενός LI-COR φορητού σπεκτροραδιόμετρου (LI-1800), το οποίο ήταν εξοπλισμένο με μία λάμπα αλογόνου των 10 W και με μία εξωτερικά ενσωματωμένη σφαίρα (LI-1800-12S), καλυμμένη εσωτερικά με θευκό

βάριο. Περισσότερες πληροφορίες για το όργανο και την τεχνική μέτρησης αναφέρονται από τους Kittas and Baille (1998). Ακόμη υπολογίστηκε ο συντελεστής τ_{PAR} , (Kittas and Baille, 1998), που αντιπροσωπεύει τη διαπερατότητα των υλικών στο PAR, (400-700nm) και ορίζεται από τη σχέση (1):

$$(1) \quad \tau_{PAR} = \frac{\int_{400}^{700} G_{\lambda} \tau_{\lambda} d\lambda}{\int_{400}^{700} G_{\lambda} d\lambda}$$

όπου G_{λ} : η προσπίπτουσα ηλιακή μονοχρωματική ακτινοβολία και

τ_{λ} : η διαπερατότητα του υλικού

καθώς και ο συντελεστής τ_{BAR} , (Varlet-Grancher et al, 1993), που αντιπροσωπεύει τη διαπερατότητα των υλικών στο BAR, (300-500nm) και ορίζεται από τη σχέση (2):

$$(2) \quad \tau_{BAR} = \frac{\int_{300}^{500} G_{\lambda} \tau_{\lambda} d\lambda}{\int_{300}^{500} G_{\lambda} d\lambda}$$

Οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για να προσδιοριστεί η φασματική διαπερατότητα των υλικών κάλυψης.

5-2: Κλιματικές

Οι κλιματικές μετρήσεις, μέσα και έξω από το θερμοκήπιο, ελήφθησαν προκειμένου να γίνει σύγκριση των περιβαλλόντων στα τρία θερμοκήπια και για να διαπιστωθεί η επίδραση των διαφόρων κλιματικών παραγόντων στην ομαλή ανάπτυξη των φυτών.

Η λήψη των κλιματικών δεδομένων ξεκίνησε από τις 27/1/2002 και συνεχίστηκε έως τις 20/6/2002. Σε σύστημα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων (Model DL3000, Delta-T Devices), κάθε 10 λεπτά (μέτρηση κάθε 30 δευτερόλεπτα), καταγράφονταν τα ακόλουθα κλιματικά χαρακτηριστικά:

❖ *Έξω από το θερμοκήπιο:*

- η θερμοκρασία του ξηρού και υγρού αέρα (T_d , T_w , σε $^{\circ}\text{C}$), από τις τιμές των οποίων υπολογίζονταν το έλλειμμα πίεσης υδρατμών (VPD , σε kPa), με τη βοήθεια τριών ψυχρομέτρων υγρού και ξηρού βολβού (Model VP1, Delta-T devices),
- η ολική ηλιακή ακτινοβολία (R_s , σε W/m^2), με τη βοήθεια τριών ηλιακών πυρανόμετρων (Model CM-6, Kipp και Zonen), καθώς και
- η UV-A (315-380 nm) και η UV-B (290-315 nm) ($UV-A$ και $UV-B$, σε W/m^2) ακτινοβολία, με τη βοήθεια τριών αισθητήρων μέτρησης υπεριώδους ακτινοβολίας αντίστοιχα, (Models Skye, UV-A SKU 420 και Skye UV-B SKU 430).
- Μετρήθηκαν ακόμη η ταχύτητα του ανέμου με ανεμόμετρα τριών κυπέλλων (Model AN1-UM-3, Delta-T devices) και η διεύθυνση με αισθητήρα διεύθυνσης ανέμου (Model WD1-UM-3, Delta-T devices).

❖ *Μέσα στα θερμοκήπια:*

- η θερμοκρασία του ξηρού και υγρού αέρα (από τις τιμές των οποίων υπολογίζονταν το έλλειμμα πίεσης υδρατμών),
- η ολική ηλιακή ακτινοβολία,
- η UV-A και η UV-B ακτινοβολία.

Χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχα τα ίδια όργανα μέτρησης και οι ίδιες μεταβλητές, που αναφέραμε παραπάνω.

Το ύψος των οργάνων, στο εσωτερικό των θερμοκηπίων βρισκόταν σε ύψος 1,5 μέτρα από το έδαφος, ενώ στο εξωτερικό στήθηκε μετεωρολογικός ιστός σε ύψος 4 μέτρων από το έδαφος (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Μετεωρολογικός ιστός

5-3: Μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης, έγινε επιλογή των φυτών στα θερμοκήπια, με τη βοήθεια πλήρους τυχαιοποιημένου σχεδίου. Σε κάθε φυτό έγινε ειδική σήμανση του αριθμού που αντιστοιχεί στο κάθε φυτό.

Οι μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης διαχωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες: σε καταστροφικές και σε μη καταστροφικές μετρήσεις.

❖ **Οι μη καταστροφικές μετρήσεις** πραγματοποιούνταν σε 18 τυχαία επιλεγμένα φυτά ανά θερμοκήπιο, και αφορούσαν:

1. **Ύψος φυτών, αριθμός κόμβων, μήκος μεσογονατίων διαστημάτων:** μέτρηση κάθε δέκα ημέρες. Οι μετρήσεις των μηκών πραγματοποιήθηκαν με δεκάμετρο και η συνολική ακρίβεια των μετρήσεων είναι της τάξεως των $\pm 0,5$ cm.

2. **Φυλλική επιφάνεια:** Για τον υπολογισμό του ακολουθήθηκαν 4 στάδια.
- α. Περίπου 267 φύλλα, απομακρύνθηκαν από τυχαία επιλεγμένα φυτά και από τα τρία θερμοκήπια και με τη βοήθεια scanner υπολογίστηκε η πραγματική τους φυλλική επιφάνεια και μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος τους, (πίνακας 1 του Παραρτήματος).
 - β. Από τις μετρήσεις αυτές, βαθμονομήθηκε στατιστικά μια εξίσωση για την εκτίμηση της φυλλικής επιφάνειας συναρτήσει του μήκους και του πλάτους των φύλλων.
 - γ. Κάθε 10 ημέρες, παράλληλα με τις μετρήσεις του ύψους των φυτών, γινότανε και οι μετρήσεις του μήκους και του πλάτους των φύλλων των επισημασμένων φυτών.
 - δ. Έγινε εφαρμογή των παραπάνω μετρήσεων, στην εξίσωση που προσδιορίστηκε στο στάδιο β, προκειμένου να υπολογιστεί η επιφάνεια των φύλλων των επισημασμένων φυτών και να καθοριστεί ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας.

3. **Παραγωγή και παραγωγικότητα:**

Οι συγκομισθέντες καρποί ζυγίζονταν κάθε φορά και υπολογίζονταν η συνολική παραγωγή ανά θερμοκήπιο και η παραγωγικότητα ανά φυτό. Οι μετρήσεις βάρους πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτρονικό ζυγό, (Model Presica 60000 G SCS), διακριτικότητας 5000g. Η συνολική ακρίβεια των μετρήσεων είναι της τάξεως του $\pm 0,01$ g.

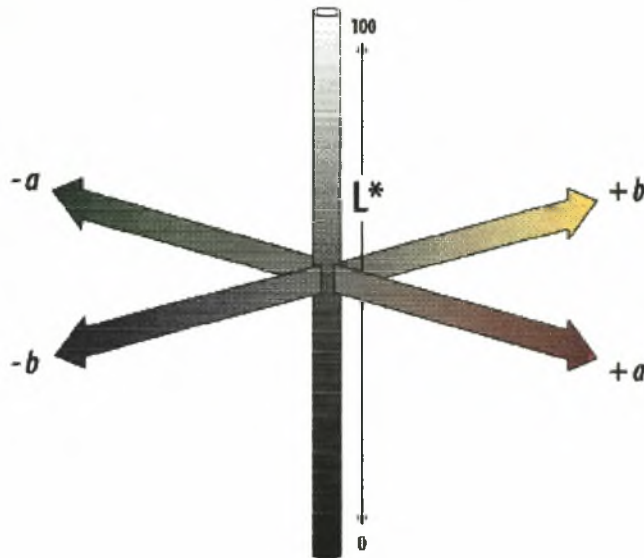
4. **Ποιότητα καρπών- Χρώμα καρπών**

Η ανάλυση του χρώματος είναι συχνά μια σημαντική παράμετρος, όταν καθορίζουμε την αποτελεσματικότητα διαφόρων μετασλλεκτικών χειρισμών. Οι καταναλωτές μπορούν πολύ εύκολα να επηρεαστούν από προκατασκευασμένες ιδέες του πώς πρέπει να είναι η εμφάνιση ενός συγκεκριμένου φρούτου ή λαχανικού και οι συναλλασσόμενοι με την αγορά, συχνά επιχειρούν να βελτιώσουν αυτό που έχει «χρωματίσει» η ίδια η φύση.

Μετρήσεις του χρώματος μπορούν να γίνουν εύκολα κατανοητές και να αναλυθούν με τη βοήθεια διαφόρων οργάνων, όπως το χρωματόμετρο HunterLab (HunterLab, Model 4500L), που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμά μας.

Το χρωματόμετρο HunterLab βασίζεται στο σύστημα του Richard Hunter (1942), που ονομάζεται L, a, b. Η ανάλυση του χρώματος, που μετράται από το όργανο, γίνεται σε ένα σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων. Αυτές οι συντεταγμένες αποτυπώνουν ακριβώς το μετρούμενο χρώμα σ'ένα τρισδιάστατο χρωματικό χώρο.

Οι τιμές του οργάνου, ανταποκρίνονται σε τρεις άξονες: L*, a* και b*, κάθετους μεταξύ τους. Ο κεντρικός άξονας αντιπροσωπεύει τη φωτεινότητα (ορίζεται ως L*) και οι τιμές σε αυτόν τον άξονα κυμαίνονται από το 0 (μαύρο) έως το 100 (άσπρο). Οι χρωματικοί άξονες βασίζονται στο γεγονός ότι το χρώμα δε μπορεί να είναι ταυτόχρονα κόκκινο και πράσινο, ή ταυτόχρονα μπλε και κίτρινο, γιατί τα χρώματα αυτά αντικρούουν το ένα το άλλο. Σε κάθε άξονα υπάρχουν θετικές και αρνητικές τιμές. Στον άξονα a, οι θετικές τιμές υποδεικνύουν ποσότητα κόκκινου χρώματος. Στον άξονα b, το κίτρινο είναι θετικό και το μπλε είναι αρνητικό. Και για τους δύο άξονες, το μηδέν είναι ουδέτερο γκρι. Υπολογίζονται ακόμη, το C (Chroma), που ορίζεται από τη σχέση $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ και αντιπροσωπεύει την υποτείνουσα του τριγώνου που προκύπτει από την ένωση των σημείων (0,0), (a*, b*) και (a*, 0), καθώς και η γωνία hue, που ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται από τη υποτείνουσα και τον άξονα του a* (Mc Guire, 1992).



Εικόνα 4: Σχηματική απεικόνιση των τριών χρωματικών αξόνων L^* , a^* και b^* πάνω στους οποίους απεικονίζονται οι τιμές του χρωματογράφου.

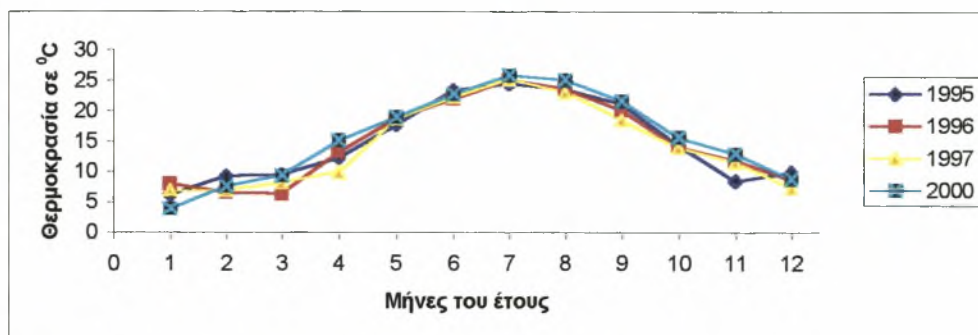
- ❖ **Οι καταστροφικές μετρήσεις** πραγματοποιούνταν σε φυτά διαφορετικά από αυτά των μη καταστροφικών μετρήσεων. Για κάθε μέτρηση καταστρέφονταν 3 επιλεγμένα τυχαία φυτά από κάθε θερμοκήπιο και διαχωρίζονταν οι βλαστοί, τα φύλλα και οι καρποί. Δεν μας απασχόλησε η ξηρά ουσία των ριζών, καθώς ήταν πολύ δύσκολος ο διαχωρισμός αυτών από το υπόστρωμα. Η κοπή των φυτών λάμβανε χώρα πριν τις 7 π.μ. ώστε να μην έχουν χάσει νερό τα φυτά με τη διαπνοή και πριν την πρώτη άρδευση για να μην έχει γίνει πρόσληψη επιπλέον νερού. Στη συνέχεια γινόταν εισαγωγή των φυτών σε φούρνο στους 105°C για 24 ώρες (ASAE STANDARDS, 1998), προκειμένου να αποξηρανθούν και να γίνει η μέτρηση της ξηράς ουσίας. Η ζύγιση της ξηράς ουσίας των οργάνων γινόταν με ζυγαριά ακριβείας χιλιοστού του κιλού. Η μέτρηση λάμβανε χώρα κάθε 2 εβδομάδες.

5-4: Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων.

Για τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων που προαναφέρθηκαν, έγινε χρήση του στατιστικού πακέτου STATGRAPHICS Plus 4.1.

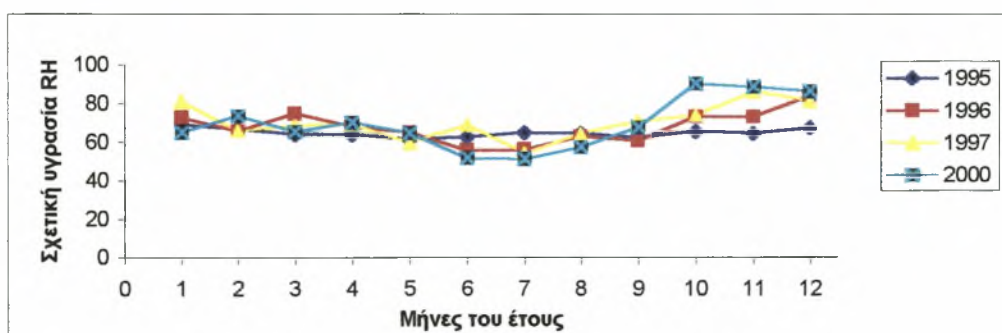
Κεφάλαιο III Αποτελέσματα

Πριν από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, θεωρήθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν ορισμένα κλιματικά χαρακτηριστικά στην περιοχή πραγματοποίησης του πειράματος. Ο μετεωρολογικός σταθμός του Βελεστίνο μας έδωσε μετρήσεις της θερμοκρασίας (Σχήμα 7) και της σχετικής υγρασίας του αέρα (Σχήμα 8), όπως επίσης και της ταχύτητας του ανέμου, μερικών αντιπροσωπευτικών χρόνων.



Σχήμα 7: Μέση τιμή θερμοκρασιών προηγούμενων ετών

Οι θερμοκρασίες, όπως βλέπουμε από το Σχήμα 9, κυμαίνονται μεταξύ των 5 °C και 25 °C, με μέση τιμή τους 15 °C.



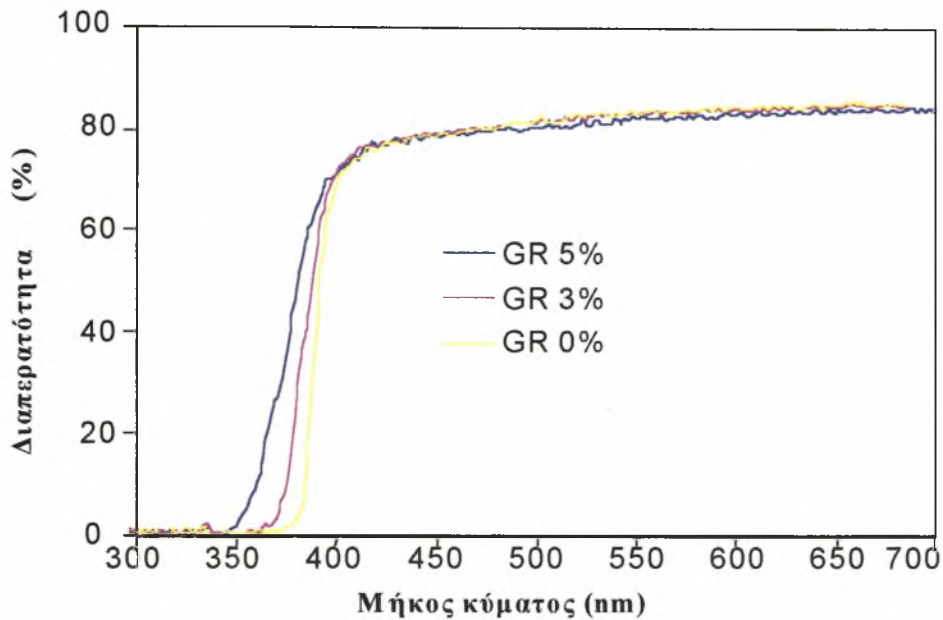
Σχήμα 8: Μέση τιμή της σχετικής υγρασίας προηγούμενων ετών

Η σχετική υγρασία κυμαίνεται κατά μέσο όρο στο 75%. Η ελάχιστη τιμή της είναι 50% κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και η μέγιστη που σημειώνεται είναι 90% τον χειμώνα.

Τέλος, οι μέσες τιμές της ταχύτητας του ανέμου, είναι της τάξης των 3-4 m/ sec, αλλά φτάνουν και 6-7 m/ sec, και είναι κυρίως βόρειοι άνεμοι, (οι πίνακες δεν παρουσιάζονται).

1. Μετρήσεις φασματικής διαπερατότητας των υλικών κάλυψης

Μετρήσεις της φασματικής διαπερατότητας των τριών υλικών κάλυψης έγιναν στο εργαστήριο, με τη βοήθεια ενός LI-COR φορητού σπεκτροραδιόμετρου (LI-1800), και δίνονται στο παρακάτω Σχήμα 9.



Σχήμα 9: Φασματική μετάδοση των τριών πλαστικών υλικών κάλυψης, όπως μετρήθηκε από σπεκτροραδιόμετρο (LI-COR).

Έπειτα από τις παραπάνω μετρήσεις, διαπιστώθηκε ότι τα τρία υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων, επιτρέπουν τη διέλευση της UV ακτινοβολίας κατά ένα ποσοστό 5%, 3% και 0% αντίστοιχα.

Υπολογίστηκε επίσης, ο συντελεστής τ_{PAR} , στην τιμή 81 για το GR 5%, 81 για το GR 3% και 80,9 για το GR 0%. Δεν υπήρξε διαφορά επομένως στη διαπερατότητα των υλικών κάλυψης στα τρία θερμοκήπια στα μήκη κύματος 400-700nm, γεγονός που πιστοποιείται και από τις μετρήσεις με το σπεκτροραδιόμετρο.

Ο δε συντελεστής τ_{BAR} , υπολογίστηκε στην τιμή 0,66 για το GR 5%, 0,62 για το GR 3% και 0,60 για το GR 0%. Βρέθηκε δηλαδή, διαφορά της τάξεως του 10% στη διαπερατότητα των υλικών στη μπλε ακτινοβολία.

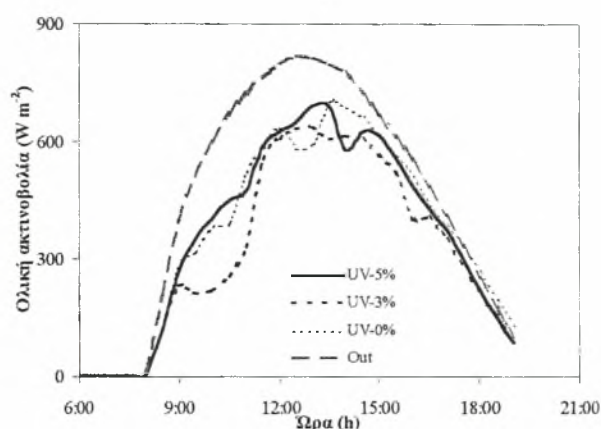
Κλιματικές μετρήσεις

Οι μετρήσεις που έγιναν κατά το διάστημα της άνοιξης και του καλοκαιριού του 2002, επέτρεψαν τη μελέτη και το χαρακτηρισμό των τριών θερμοκηπίων από πλευράς συνθηκών ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και υγρασίας, καθώς επίσης και τη μελέτη της επίδρασης της UV ακτινοβολίας στην ανάπτυξη και παραγωγή της καλλιέργειας μελιτζάνας.

2.1 Επίδραση στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια αφορούν μία ηλιόλουστη, χαρακτηριστική ημέρα της περιόδου (2 Μαΐου 2002).

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της τιμής της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας μέσα και έξω από τα τρία θερμοκήπια.

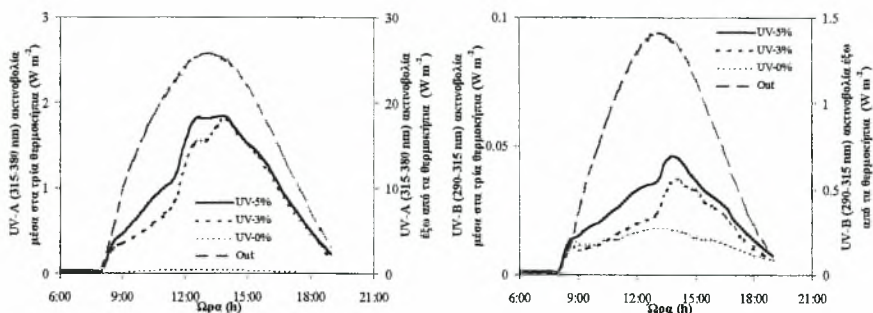


Σχήμα 10: Ολική ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα και έξω από τα τρία θερμοκήπια.

Φαίνεται ότι τα επίπεδα της ολικής ακτινοβολίας ήταν παρόμοια και στα τρία θερμοκήπια, με μικρές διαφορές που οφείλονταν στην περιοδική σκίαση του αισθητήρα μέτρησης της ακτινοβολίας (πυρανόμετρο) από το σκελετό του θερμοκηπίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μέγιστες τιμές της ακτινοβολίας εσωτερικά του θερμοκηπίου την περίοδο αυτή άγγιζαν τα 700 W m^{-2} .

Στο Σχήμα 11 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της α) UV-A και β) UV-B ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα και έξω από τα τρία θερμοκήπια.

Μπορούμε να δούμε ότι τα επίπεδα της UV-A ακτινοβολίας ήταν παρόμοια στα θερμοκήπια με 5% και 3% διαπερατότητα, ενώ φαίνεται ότι η τιμή της UV-A ακτινοβολίας ήταν κοντά στο 0 στο θερμοκήπιο με 0% διαπερατότητα.



(α) (β)
Σχήμα 11: (α) UV-A και (β) UV-B ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα και έξω από τα τρία θερμοκήπια.

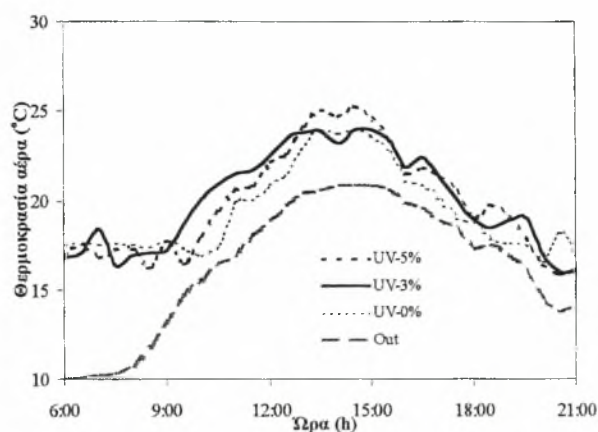
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ακτινοβολίας μέσα και έξω από τα τρία θερμοκήπια επέτρεψαν τον υπολογισμό της πραγματικής διαπερατότητας των θερμοκηπίων στην ολική, τη UV-A και τη UV-B ακτινοβολία. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η μέση τιμή της διαπερατότητας των θερμοκηπίων στην ολική και τις UV ακτινοβολίες κατά την περίοδο των μετρήσεων. Οι τιμές υπολογίστηκαν για το διάστημα από 08:00 έως 19:00.

Πίνακας 5: Μέσες τιμές της διαπερατότητας των τριών θερμοκηπίων στην ολική, τη UV-A και UV-B ακτινοβολία.

	Ολική ακτινοβολία	UV-A	UV-B
	%	%	%
Θερμοκήπιο UV _{5%}	78.0	6.8	2.9
Θερμοκήπιο UV _{3%}	78.0	5.9	2.0
Θερμοκήπιο UV _{0%}	78.0	0.6	1.5

Στο Σχήμα 12 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της τιμής της θερμοκρασίας του αέρα μέσα και έξω από τα τρία θερμοκήπια. Φαίνεται ότι η τιμή της θερμοκρασίας

του αέρα δεν επηρεάστηκε από τον τύπο του υλικού κάλυψης και ότι η θερμοκρασία του αέρα βρίσκονταν σε παρόμοια επίπεδα και στα τρία θερμοκήπια, αν και φαίνεται ότι το θερμοκήπιο UV 0% έχει συστηματικά ελαφρά χαμηλότερη θερμοκρασία. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα των τριών θερμοκηπίων (κατά το διάστημα 08:00 έως 19:00) ήταν 20.9°C, ενώ η μέση τιμή της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα ήταν 18.1°C. Η υγρασία του αέρα των θερμοκηπίων κατά τη διάρκεια της ημέρας κυμαίνονταν σε παρόμοια επίπεδα.



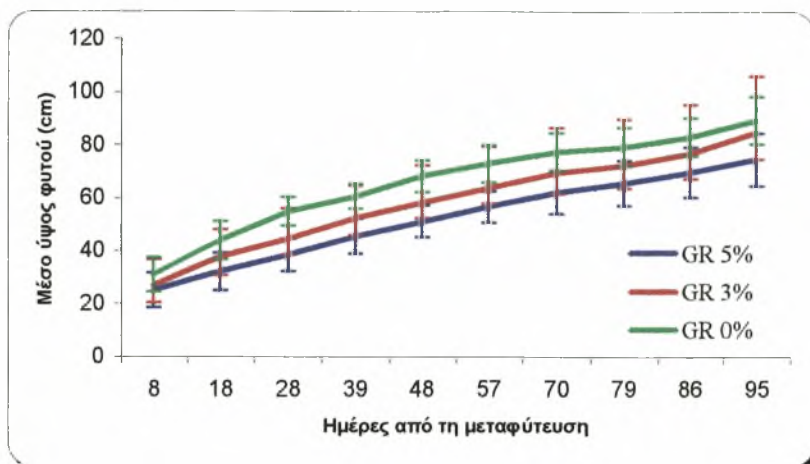
Σχήμα 12: Θερμοκρασία αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα και έξω από τα τρία θερμοκήπια.

3. Μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης

➤ Μη καταστροφικές μετρήσεις

3.1: Ύψος φυτών, αριθμός κόμβων, μήκος μεσογονατίων διαστημάτων

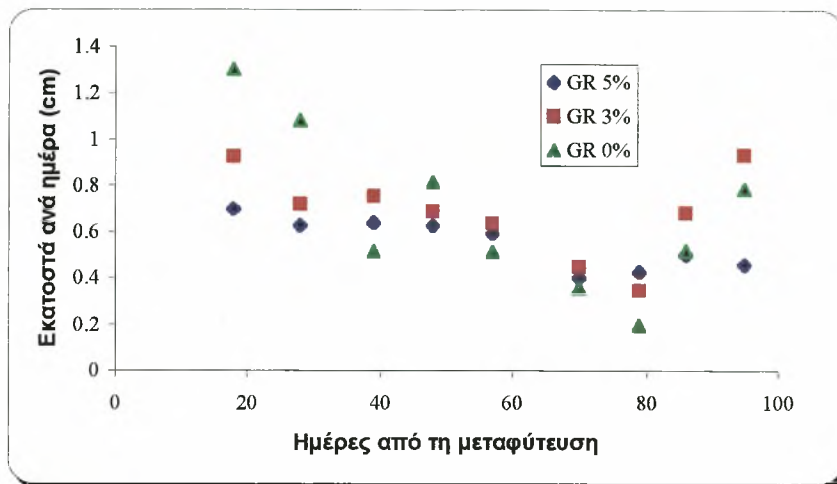
Η πορεία της τιμής του συνολικού ύψους των φυτών παρουσιάζεται στο Σχήμα 13. Φαίνεται ότι υπάρχει μια θετική επίδραση της μείωσης της εισερχόμενης UV ακτινοβολίας στο ύψος των φυτών.



Σχήμα 13: Ύψος φυτών μελιτζάνας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στα τρία θερμοκήπια.

Τα φυτά, για το χρονικό διάστημα από την 8^η έως και την 95^η ημέρα από τη μεταφύτευσή τους στα θερμοκήπια, ξεκίνησαν από ένα ύψος 25,19 cm ± 6,56 για το GR 5%, 26,94 cm ± 10,07 για το GR 3% και 31,08 cm ± 6,56 για το GR 0%. και με γραμμική αύξηση κατέληξαν σε μέγιστο ύψος 74,67 cm ± 9,99 για το GR 5%, 84,80 cm ± 21,13 για το GR 3% και 89,40 cm ± 9,02 για το GR 0%. Γενικά και από το σύνολο των μετρήσεων, το ύψος στο GR 0% εμφανίζεται μεγαλύτερο σε σχέση με το GR 3% και ακόμη μεγαλύτερο σε σχέση με το GR 5%, αλλά οι διακυμάνσεις ήταν μικρές, ώστε δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλη την καλλιεργητική περίοδο.

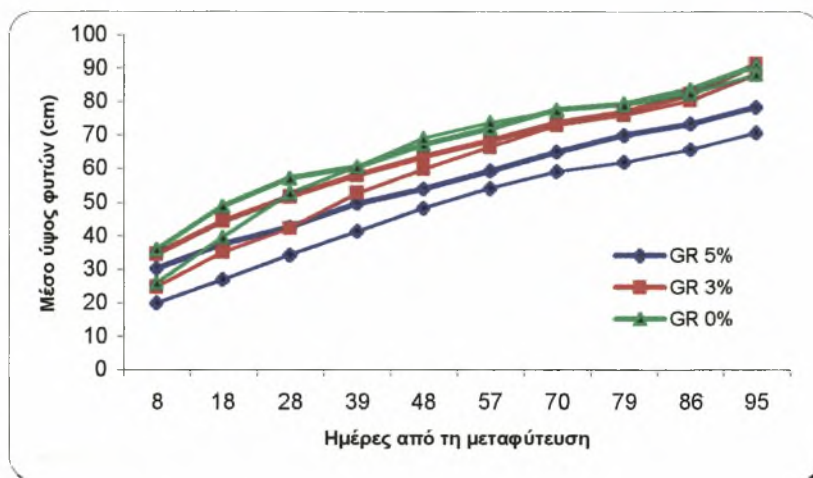
Ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών μελιτζάνας στα τρία θερμοκήπια είναι αυτός που φαίνεται στο Σχήμα 14. Ως ρυθμοί ανάπτυξης ελήφθησαν τα εκατοστά ανά ημέρα, που προστίθενται στο ύψος των φυτών.



Σχήμα 14: Ρυθμός ανάπτυξης των φυτών μελιτζάνας, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στα τρία θερμοκήπια

Από το παραπάνω σχεδιάγραμμα, μπορούμε να διακρίνουμε ποιο θερμοκήπιο παρουσιάζει το μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης, σε διάφορες χρονικές στιγμές της καλλιεργητικής περιόδου. Βλέπουμε καθαρά, ότι το GR 0% στις πρώτες μετρήσεις, σημειώνει τον καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης, ο οποίος είναι σχεδόν διπλάσιος από αυτόν του GR 5%, ενώ από την 48^η ημέρα και μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου το GR 3% παίρνει το προβάδισμα, σημειώνοντας τον καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης. Το GR 5% έχει τις λιγότερες διακυμάνσεις σε ότι αφορά την ανάπτυξη, η οποία είναι σημαντικά μικρότερη σε σύγκριση με τα άλλα δύο θερμοκήπια.

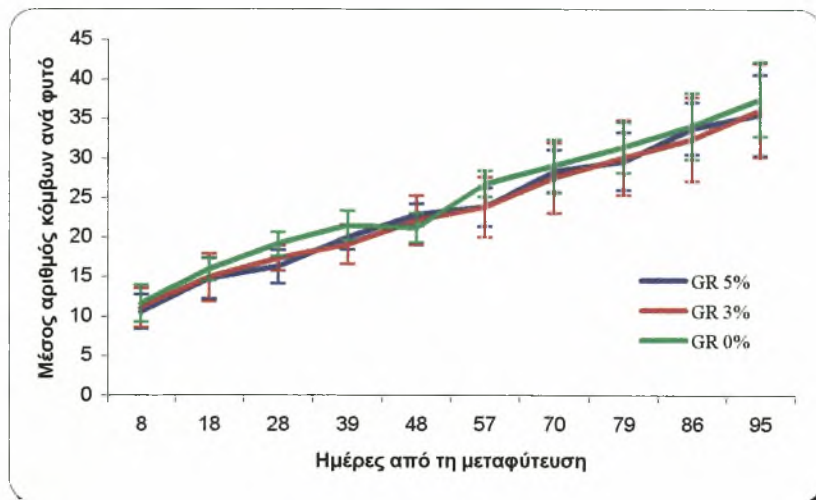
Όπως προαναφέραμε στο κεφάλαιο υλικά και μέθοδοι, στα θερμοκήπια υπήρχανε πρώιμα και όψιμα φυτά μελιτζάνας, τα οποία είχανε 10 ημέρες διαφορά μεταξύ τους όταν μεταφύτευτηκαν. Η πορεία της τιμής του ύψους των πρώιμων και όψιμων φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου φαίνεται στο Σχήμα 15.



Σχήμα 15: Ύψος πρώιμων και όψιμων φυτών μελιτζάνας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στα τρία θερμοκήπια (με λεπτή γραμμή περιγράφονται τα όψιμα φυτά μελιτζάνας).

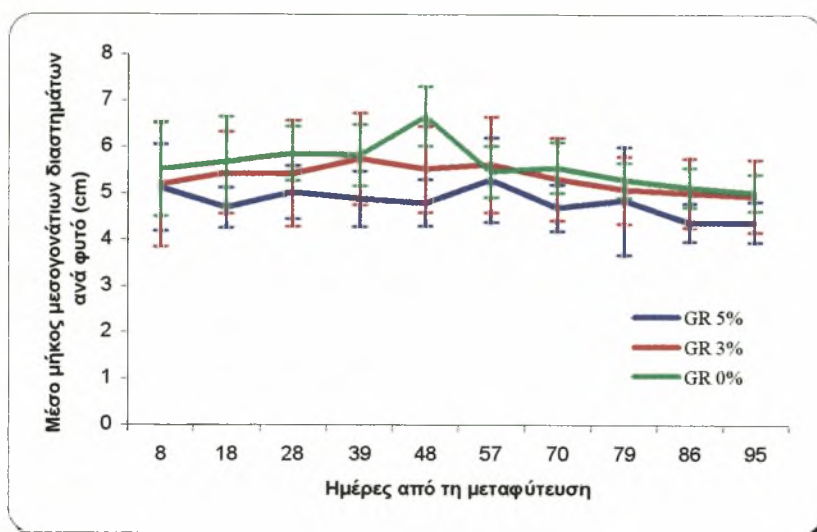
Παρατηρήθηκε ότι στο GR 0% τα όψιμα φυτά στην 7^η μέτρηση, 70^η μέρα από τη μεταφύτευση, έφτασαν σε ύψος αυτό των πρώιμων φυτών, στο GR 3% αυτό συνέβη έπειτα από την 4^η μέτρηση, 39^η μέρα από τη μεταφύτευση, το οποίο είναι φυσιολογικό, καθώς τα πρώτα στάδια ανάπτυξης είναι πιο γρήγορα σε σύγκριση με τα επόμενα και έτσι τα όψιμα φυτά φτάνουν σε ύψος τα πρώιμα, όταν αυτά έχουν μπει στην περίοδο της καρποφορίας. Στο GR 5%, τα πρώιμα φυτά κράτησαν ένα προβάδισμα στο ύψος της τάξεως των 5-10 cm καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Από τη στατιστική ανάλυση, προκύπτει ότι τα όψιμα φυτά του GR 5% ήταν στατιστικά σημαντικά πιο κοντά από τα πρώιμα και όψιμα φυτά του GR 0%.

Ο μέσος αριθμός των κόμβων ανά φυτό και το μέσο μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων ανά φυτό στα τρία θερμοκήπια, περιγράφονται στα Σχήματα 16 και 17 αντίστοιχα.



Σχήμα 16: Μέσος αριθμός κόμβων ανά φυτό μελιτζάνας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στα τρία θερμοκήπια.

Ο αριθμός των κόμβων παρουσιάζει γραμμική αύξηση, ξεκινώντας για την πρώτη μέτρηση από $10,61 \pm 2,17$ κόμβους /φυτό για το GR 5%, $11,11 \pm 2,47$ κόμβους /φυτό για το GR 3% και $11,66 \pm 2,27$ κόμβους /φυτό για το GR 0% και με πολύ μικρές διακυμάνσεις φτάνει στο τέλος της περιόδου τους $35,53 \pm 5,18$ κόμβους /φυτό για το GR 5%, $36,16 \pm 5,94$ κόμβους /φυτό για το GR 3% και $37,56 \pm 4,71$ κόμβους /φυτό για το GR 0%. Η ανάλυση δεν έδειξε στατιστικώς σημαντική διαφορά, για το σύνολο των μετρήσεων.



Σχήμα 17: Μέσο μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων ανά φυτό μελιτζάνας στα τρία θερμοκήπια

Παρατηρήθηκε ότι η μείωση της εισερχόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας, οδήγησε σε αύξηση του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων των φυτών του GR 0%. Από τη στατιστική ανάλυση προκύπτει ότι τα φυτά του GR 5% είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερα μεσογονατία διαστήματα από τα φυτά του GR 3% και του GR 0%.

3.2: Φυλλική επιφάνεια

3.2.1: Βαθμονόμηση σχέσης υπολογισμού φυλλικής επιφάνειας

Χρησιμοποιήθηκαν 269 φύλλα τυχαία επιλεγμένα από διάφορα μέρη μη επισημασμένων φυτών και στα τρία θερμοκήπια, και μετρήθηκε η πραγματική επιφάνειά τους με τη βοήθεια σαρωτή ειδώλου (scanner). Η φυλλική επιφάνεια που μετρήθηκε, καθώς και το μήκος και πλάτος αυτών των φύλλων, βρίσκονται στον Πίνακα 1 του παραρτήματος. Οι μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να διεξαχθεί μαθηματική εξίσωση, με την οποία έγινε εκτίμηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών της καλλιέργειάς μας συναρτήσει του μήκους και πλάτους των φύλλων.

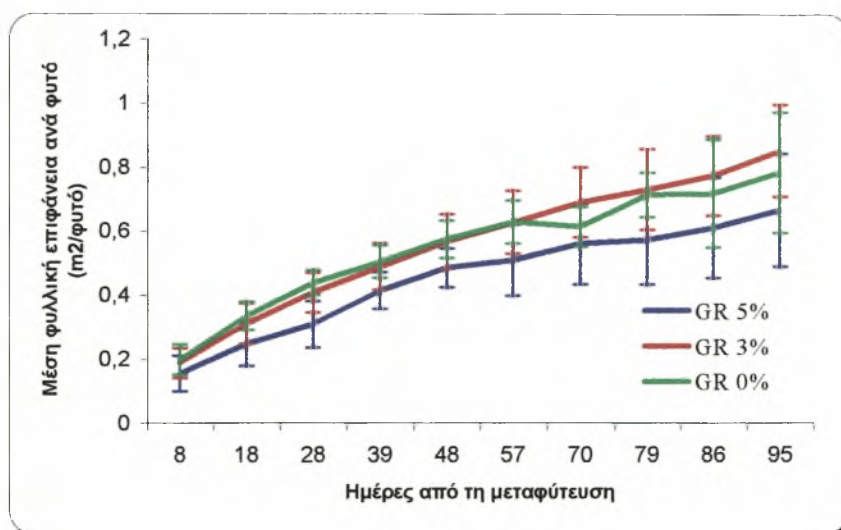
Η σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια, με το μήκος (L) και το πλάτος (W) των φύλλων έχει τη μορφή $LA = aL + bW + c$, σχέση (3). Με βαθμονόμηση της σχέσης (3) και με τη βοήθεια πολλαπλής γραμμικής συμμεταβολής, πήραμε τα αποτελέσματα:

$a = 0,0827649 \pm 0,0087$, $b = 0,0701867 \pm 0,0015$ και $c = -0,0139788 \pm 0,0015$ με $R^2 = 0,71$ και για $N = 267$. Έτσι η σχέση έχει την ακόλουθη μορφή:

$$LAI = -0,0139788 + 0,0827649 * L + 0,0701867 * W.$$

3.2.2: Υπολογισμός της φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας

Με βάση την παραπάνω σχέση, εκτιμήσαμε τη φυλλική επιφάνεια της καλλιέργειάς μας και στα τρία θερμοκήπια και την πορεία αυτής κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Σχήμα 18).

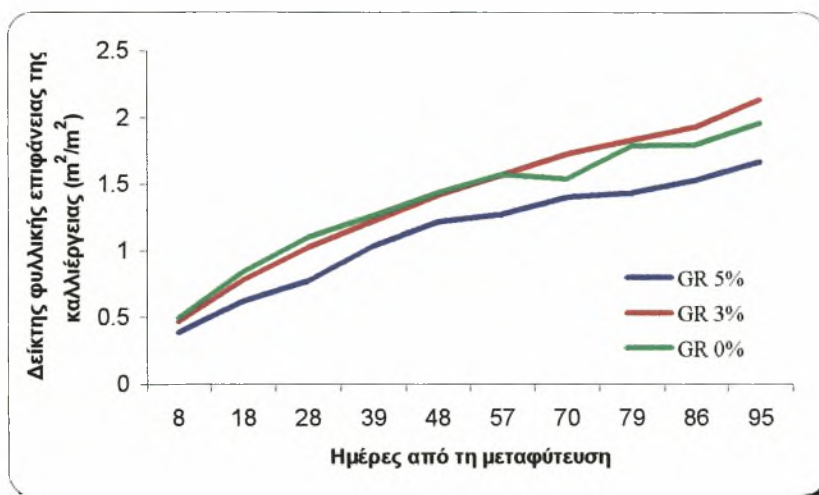


Σχήμα 18: Μέση φυλλική επιφάνεια ανά φυτό μελιτζάνας στα τρία θερμοκήπια

Οι τιμές της φυλλικής επιφάνειας στην πρώτη μέτρηση είναι $0,15 \pm 0,05$ για το GR 5%, $0,18 \pm 0,04$ για το GR 3% και $0,19 \pm 0,04$ για το GR 0%. Αυξάνονται δε γραμμικά για τα GR 5% και GR 3% και φτάνουν αντίστοιχα $0,66 \pm 0,17$ και $0,85 \pm 0,14$, ενώ για το GR 0% φτάνουν $0,78 \pm 0,18$. Το θερμοκήπιο αυτό έχει ένα

προβάδισμα έναντι των άλλων δύο έως και την 6^η μέτρηση (57^η μέρα από τη μεταφύτευση), ενώ μετά και ως το τέλος της περιόδου σημειώνει μεγαλύτερες τιμές το GR 3%. Το GR 5% σημειώνει τις μικρότερες τιμές φυλλικής επιφάνειας σε σύγκριση με τα άλλα δύο. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συνολική παραγόμενη φυλλική επιφάνεια των φυτών μελιτζάνας στα τρία θερμοκήπια.

Η χρονική εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας (LAI: m² φύλλων /m² εδάφους), λαμβάνοντας υπόψη ότι η πυκνότητα των φυτών μελιτζάνας ήταν 2,5 φυτά/m² φαίνεται στο Σχήμα 19.



Σχήμα 19: Δείκτης φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας μελιτζάνας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στα τρία θερμοκήπια.

Βλέπουμε, ότι στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας είναι 2,13 m² φύλλων /m² εδάφους για το GR 3%, 1,96 για το GR 0% και 1,67 για το GR 5%, το οποίο παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό διέλευσης της υπεριώδους ακτινοβολίας.

3.3: Παραγωγή και παραγωγικότητα

Το μικρότερο μέσο βάρος καρπού σημειώθηκε στο GR 3% και ήταν 211,41 g, στο GR 5% ήταν 239,93 g και στο GR 0% ήταν 292,92 g, και ήταν το μεγαλύτερο. Οι διαφορές μεταξύ των τριών θερμοκηπίων ήταν στατιστικά σημαντικές. Ο μέσος αριθμός καρπών ανά φυτό ήταν 5,7 στο GR 5%, 4,8 στο GR 3% και 4,1 στο GR 0%. Ο συνολικός αριθμός των καρπών στο GR 5% ήταν 131, στο GR 3% 101 και στο GR 0% 119.

Σε ότι αφορά την παραγωγικότητα, το βάρος καρπών ανά φυτό ήταν στο GR 5% 1891,93 g, στο GR 3% 1390,02 g και στο GR 0% 1615,62 g. Στατιστικά σημαντική διαφορά υπήρξε στο GR 5%, που είχε τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα και στο GR 3% που είχε τη μικρότερη.

3.4: Ποιότητα καρπών

▪ Χρώμα καρπών

Καρποί μελιτζάνας και των τριών θερμοκηπίων χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να γίνει ανάλυση του χρώματός τους από το χρωματογράφο Hunter. Παρακάτω, (Πίνακας 6), παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των L, a, b, που αντιστοιχούν στους τρεις κάθετους χρωματικούς άξονες της Εικόνας 4, καθώς και των C και hue, που υπολογίστηκαν για τον προσδιορισμό του χρώματος των καρπών μελιτζάνας. Η μέτρηση σε κάθε καρπό έγινε δύο φορές σε αντιδιαμετρικά σημεία.

Πίνακας 6: Μέσες τιμές των τριών χρωματικών αξόνων L*, a* b* καθώς και των C και h που υπολογίστηκαν για τον προσδιορισμό του χρώματος καρπών μελιτζάνας των τριών θερμοκηπίων, από το χρωματογράφο Hunter.

	L*	a*	b*	C*	hue
GR 5%	26,4 α	5,6 α	-0,99 α	5,07α	349,7αβ
GR 3%	26,6 α	4,7 α	-0,98 α	4,79α	347,6α
GR 0%	26,4 α	7,5 β	-0,87 α	7,59β	353,1β

Έπειτα από την ανάλυση παραλλακτικότητας, οι καρποί του GR 0% φαίνονται να είναι στατιστικά σημαντικά πιο κόκκινοι σε σύγκριση με τους καρπούς των GR 5 % και GR 3% (Πίνακας 6).

Οι τιμές του L κυμαίνονται στο 25 περίπου, όπου η απόχρωση του γκρι είναι αρκετά σκούρη, οι τιμές του a στο 5 περίπου, δηλαδή στο ιώδες τμήμα του αντίστοιχου άξονα και οι τιμές του b στο -1 περίπου, δηλαδή στο μπλε τμήμα του αντίστοιχου άξονα. Η μίξη αυτών των χρωμάτων μας δίνει το χαρακτηριστικό χρώμα της μελιτζάνας.

Επιπλέον, με οπτική παρατήρηση των καρπών μελιτζάνας και στα τρία θερμοκήπια, καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, δεν σημειώθηκε αποχρωματισμός στα διαφορετικά περιβάλλοντα UV ακτινοβολίας (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Συγκομισθέντες καρποί μελιτζάνας και από τα τρία θερμοκήπια.

➤ **Καταστροφικές μετρήσεις**

Δεδομένου ότι οι μετρήσεις του νωπού βάρους, καθώς και της ξηράς ουσίας, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο υλικά και μέθοδοι, λάμβαναν χώρα κάθε 14 ημέρες, ενώ η συγκομιδή, όταν τα φυτά άρχισαν να παράγουν καρπούς, γινότανε δύο φορές την εβδομάδα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι στους παρακάτω πίνακες δεν συμπεριλαμβάνονται οι καρποί που έχουν συγκομιστεί στο διάστημα μεταξύ δύο μετρήσεων του νωπού βάρους και της ξηράς ουσίας.

3.5: Νωπό βάρος

Έγινε υπολογισμός του συνολικού νωπού βάρους, καθώς και του νωπού βάρους που παράχθηκε από τα άνθη, τους καρπούς, τα φύλλα και τους βλαστούς των φυτών μελιτζάνας. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Μέσες τιμές του συνολικού νωπού βάρους, καθώς και του νωπού βάρους που παράχθηκε από τα άνθη, τους καρπούς, τα φύλλα και τους βλαστούς των φυτών μελιτζάνας στα τρία θερμοκήπια κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

ημέρες από τη μεταφύτευση	συνολικό νωπό βάρος σε g		
	GR 5%	GR 3%	GR 0%
30	66,1	123,5	138,2
43	177,6	296,9	244,4
58	308,6	384,3	355,3
71	531,5	563,7	655,7
85	616,9	629,3	402,2
99	698,6	590,2	388,3
113	740,0	584,1	637,7
127	745,5	774,1	836,1

ημέρες από τη μεταφύτευση	νωπό βάρος ανθέων & καρπών σε g		
	GR 5%	GR 3%	GR 0%
30		2,3	
43	8,5	16,3	8,9
58	46,1	54,1	96,9
71	242,6	174,3	305,7
85	228,3	201,9	7,8
99	179,2	48,6	47,7
113	346,1	325,5	233,5
127	182,7	208,9	261,4

ημέρες από τη μεταφύτευση	νωπό βάρος φύλλων & μίσχων σε g		
	GR 5%	GR 3%	GR 0%
30	56,5	94,1	104,1
43	124,0	199,6	174,5
58	213,6	267,5	212,4
71	216,7	288,8	258,6
85	280,4	300,7	278,2
99	375,2	385,0	226,3
113	293,0	248,8	271,8
127	386,4	389,8	369,8

ημέρες από τη μεταφύτευση	νωπό βάρος βλαστών σε g		
	GR 5%	GR 3%	GR 0%
30	29,0	27,9	34,1
43	45,2	81,0	61,1
58	48,8	62,7	46,1
71	72,0	100,6	91,4
85	108,2	126,7	116,3
99	144,2	156,7	114,3
113	101,0	118,3	132,4
127	176,4	175,4	205,0

Από τα στοιχεία του Πίνακα 7 προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα. Το συνολικό νωπό βάρος των φυτών μελιτζάνας δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των τριών θερμοκηπίων. Αυξήθηκε δε με το χρόνο, αλλά όχι σημαντικά μεταξύ των πρώτων δύο δειγματοληψιών και μεταξύ της δεύτερης και τρίτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά υπολογίστηκε Ε.Σ.Δ.= 234,36.

Μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν σημειώθηκε σημαντική διαφορά στο νωπό βάρος των ανθέων και καρπών. Σημειώθηκε αύξηση του νωπού βάρους των ανθέων και καρπών με το χρόνο, αλλά όχι σημαντική μεταξύ των τριών πρώτων δειγματοληψιών. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά υπολογίστηκε Ε.Σ.Δ.= 172,57.

Το νωπό βάρος των φύλλων ήταν μικρότερο στο θερμοκήπιο GR 5% από ότι στα άλλα δύο θερμοκήπια. Τα θερμοκήπια GR 3% και GR 0, που παρουσίασαν

μεγαλύτερες τιμές στο νωπό βάρος των φύλλων, δεν είχαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά. Το νωπό βάρος φύλλου αυξήθηκε με το χρόνο, χωρίς όμως σημαντική αύξηση μεταξύ της τρίτης και τέταρτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά υπολογίστηκε $E.S.\Delta = 76,06$.

Μεταξύ των τριών θερμοκηπίων, το GR 5% είχε μικρότερο νωπό βάρος βλαστού από το θερμοκήπιο GR 3%, ιδιαίτερα στη δεύτερη δειγματοληψία. Το θερμοκήπιο GR 0% είχε ενδιάμεσες τιμές νωπού βάρους. Το νωπό βάρος βλαστού αυξήθηκε με το χρόνο, χωρίς όμως σημαντική αύξηση μεταξύ της δεύτερης και τρίτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά υπολογίστηκε $E.S.\Delta = 32,9$.

Έγινε και υπολογισμός της ποσοστιαίας κατανομής του νωπού βάρους ανά φυτικό μέρος της μελιτζάνας και τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Ποσοστιαία κατανομή του νωπού βάρους ανά φυτικό μέρος της μελιτζάνας στα τρία θερμοκήπια κατά τις τέσσερις πρώτες δειγματοληψίες.

Ημέρες από τη μεταφύτευση	Βλαστοί			Φύλλα & μίσχοι			Άνθη & καρποί		
	UV 5%	UV 3%	UV 0%	UV 5%	UV 3%	UV 0%	UV 5%	UV 3%	UV 0%
30	16.0	21.4	23.5	84.0	77.6	76.5		1.0	
43	27.0	27.1	24.9	67.1	67.8	71.6	5.8	5.1	3.5
58	15.8	16.2	13.7	71.3	71.2	62.1	12.9	12.6	24.3
71	15.5	18.9	14.7	47.9	55.4	42.2	36.6	25.7	43.1

Έπειτα από στατιστική επεξεργασία των δεδομένων του Πίνακα 8, βρέθηκε ότι: μεταξύ των τριών θερμοκηπίων, το θερμοκήπιο GR 5% παρουσίασε τη μικρότερη ποσοστιαία κατανομή νωπής ουσίας στο βλαστό σε σύγκριση με τα άλλα δύο θερμοκήπια. Το ποσοστό νωπής ουσίας στο βλαστό μειώθηκε με το χρόνο, όχι όμως σημαντικά μεταξύ των πρώτων δύο δειγματοληψιών και μεταξύ της τρίτης και τέταρτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά ήταν $E.S.\Delta = 10,11$.

Δεν σημειώθηκε σημαντική διαφορά στην ποσοστιαία κατανομή νωπής ουσίας στα φύλλα στα τρία θερμοκήπια. Παρατηρήθηκε μείωση σε σχέση με το χρόνο, η οποία όμως δεν ήταν σημαντική μεταξύ των τριών πρώτων δειγματοληψιών. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά ήταν $E.S.A. = 19,24$.

Μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δε σημειώθηκε σημαντική διαφορά στην ποσοστιαία κατανομή νωπής ουσίας στα άνθη και τους καρπούς. Σημειώθηκε αύξηση με το χρόνο, η οποία όμως δεν ήταν σημαντική μεταξύ των πρώτων δύο δειγματοληψιών και μεταξύ της δεύτερης και τρίτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά ήταν $E.S.A. = 21,34$.

3.6: Ξηρά ουσία

Έγινε υπολογισμός της συνολικής ξηράς ουσίας, καθώς και της ξηράς ουσίας που παράχθηκε από τα άνθη, τους καρπούς, τα φύλλα και τους βλαστούς των φυτών μελιτζάνας και τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Μέσες τιμές της συνολικής ξηράς ουσίας, καθώς και της ξηράς ουσίας που παράχθηκε από τα άνθη, τους καρπούς, τα φύλλα και τους βλαστούς των φυτών μελιτζάνας στα τρία θερμοκήπια κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

ημέρες από τη μεταφύτευση	συνολική ξηρά ουσία σε g		
	GR 5%	GR 3%	GR 0%
30	16,0	15,5	15,4
43	21,6	31,9	28,9
58	50,4	72,1	50,5
71	63,2	74,4	74,2
85	63,0	66,3	47,2
99	83,5	65,7	47,2
113	83,4	73,7	88,7
127	79,2	75,8	79,4

ημέρες από τη μεταφύτευση	ξηρά ουσία ανθέων & καρπών σε g		
	GR 5%	GR 3%	GR 0%
30		0,3	
43	0,9	1,7	1,3
58	9,4	10,9	14,1
71	19,7	15,9	25,1
85	19,4	17,1	0,7
99	13,4	3,6	3,5
113	31,4	28,8	22,3
127	14,9	16,0	25,4

ημέρες από τη μεταφύτευση	ξηρά ουσία φύλλων & μίσχων σε g		
	GR 5%	GR 3%	GR 0%
30	9,3	11,4	11,8
43	13,9	19,2	19,3
58	26,7	42,5	22,0
71	29,5	39,1	32,3
85	20,1	21,6	20,4
99	39,0	37,0	20,1
113	33,9	33,4	40,0
127	26,8	26,6	25,2

ημέρες από τη μεταφύτευση	ξηρά ουσία βλαστών σε g		
	GR 5%	GR 3%	GR 0%
30	4,0	3,9	3,5
43	6,7	10,9	8,2
58	14,2	18,6	14,3
71	13,9	19,3	16,6
85	23,4	27,5	26,0
99	31,0	25,0	23,5
113	17,9	21,0	26,4
127	37,5	33,1	28,7

Έπειτα από στατιστική επεξεργασία των δεδομένων του Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα παρακάτω αποτελέσματα. Η συνολική ξηρά ουσία των φυτών μελιτζάνας δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των τριών θερμοκηπίων. Αυξήθηκε δε με το χρόνο, αλλά

όχι σημαντικά μεταξύ των πρώτων δύο δειγματοληψιών και μεταξύ της τρίτης και τέταρτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά υπολογίστηκε Ε.Σ.Δ.= 31,46.

Μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν σημειώθηκε σημαντική διαφορά στην ξηρά ουσία των ανθέων και καρπών. Σημειώθηκε αύξηση της ξηράς ουσίας των ανθέων και καρπών με το χρόνο, αλλά όχι σημαντική μεταξύ των δύο πρώτων δειγματοληψιών. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά υπολογίστηκε Ε.Σ.Δ.= 13,4.

Η ξηρά ουσία των φύλλων, επίσης δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των τριών θερμοκηπίων. Η ξηρά ουσία των φύλλων αυξήθηκε με το χρόνο, χωρίς όμως σημαντική αύξηση μεταξύ των πρώτων δύο δειγματοληψιών και μεταξύ της τρίτης και τέταρτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά υπολογίστηκε Ε.Σ.Δ.= 17,09.

Μεταξύ των τριών θερμοκηπίων, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην ξηρά ουσία των βλαστών. Η ξηρά ουσία των βλαστών αυξήθηκε με το χρόνο, χωρίς όμως σημαντική αύξηση μεταξύ της τρίτης και τέταρτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά υπολογίστηκε Ε.Σ.Δ.= 6,59.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε η ποσοστιαία κατανομή της ξηράς ουσίας ανά φυτικό μέρος της μελιτζάνας. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Ποσοστιαία κατανομή της ξηράς ουσίας ανά φυτικό μέρος της μελιτζάνας στα τρία θερμοκήπια κατά τις τέσσερις πρώτες δειγματοληψίες.

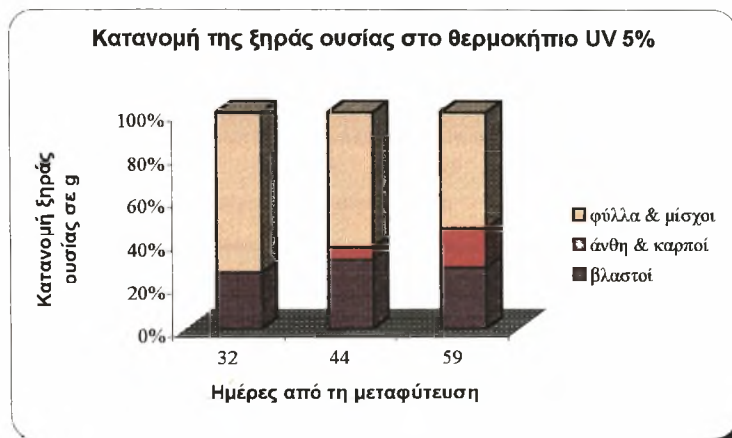
Ημέρες από τη μεταφύτευση	Βλαστοί			Φύλλα & μίσχοι			Άνθη & καρποί		
	UV 5%	UV 3%	UV 0%	UV 5%	UV 3%	UV 0%	UV 5%	UV 3%	UV 0%
30	8.5	23.4	22.8	91.5	75.4	77.2	1.2		
43	31.9	33.8	28.4	62.6	60.7	67.0	5.5	5.5	4.6
58	28.1	28.8	30.7	53.7	57.2	43.2	18.2	13.9	26.1
71	22.8	26.3	22.7	50.2	54.2	44.7	27.0	19.6	32.5

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 10 μας οδήγησε στα παρακάτω αποτελέσματα. Μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δε βρέθηκε σημαντική διαφορά στην ποσοστιαία κατανομή ξηράς ουσίας στο βλαστό. Σημαντική διαφορά δεν διαπιστώθηκε ούτε σε σχέση με το χρόνο. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά ήταν $E.S.\Delta. = 12,4$.

Δεν σημειώθηκε σημαντική διαφορά στην ποσοστιαία κατανομή ξηράς ουσίας στα φύλλα στα τρία θερμοκήπια. Παρατηρήθηκε μείωση σε σχέση με το χρόνο, η οποία όμως δεν ήταν σημαντική μεταξύ των δύο πρώτων δειγματοληψιών. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά ήταν $E.S.\Delta. = 15,30$.

Μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δε σημειώθηκε σημαντική διαφορά στην ποσοστιαία κατανομή ξηράς ουσίας στα άνθη και τους καρπούς. Σημειώθηκε αύξηση με το χρόνο, η οποία όμως δεν ήταν σημαντική μεταξύ των πρώτων δύο δειγματοληψιών και μεταξύ της τρίτης και τέταρτης δειγματοληψίας. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά ήταν $E.S.\Delta. = 13,4$.

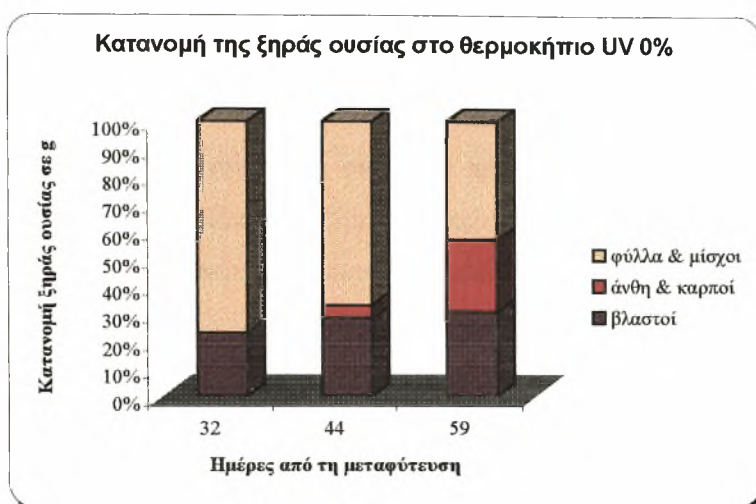
Η κατανομή της ξηράς ουσίας από την αρχή του πειράματος έως και την 59 ημέρα από τη μεταφύτευση, όπου οι καρποί που βρίσκονταν στα νεαρά ακόμη φυτά δεν είχαν φτάσει ακόμα στο στάδιο της συγκομιδής, και στα τρία θερμοκήπια είναι αυτή που φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 20: Κατανομή της ξηράς ουσίας στο θερμοκήπιο UV 5%.



Σχήμα 21: Κατανομή της ξηράς ουσίας στο θερμοκήπιο UV 3%.



Σχήμα 22: Κατανομή της ξηράς ουσίας στο θερμοκήπιο UV 0%.

Παρόλο που δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών θερμοκηπίων, από την αρχή έως και την 59 ημέρα του πειράματος, παρατηρούμε ότι το UV 3% σημείωσε πρωιμότητα στην παραγωγή ανθέων σε σύγκριση με τα άλλα δύο θερμοκήπια, αλλά περισσότερα άνθη και καρποί παρήχθησαν, μέχρι εκείνη τη χρονική στιγμή, στο UV 0%.

Κεφάλαιο IV Συζήτηση- Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η επίδραση τριών νέων, απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας, υλικών κάλυψης θερμοκηπίων, στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και την ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας μελιτζάνας. Τα πρώτα αποτελέσματα έδειξαν ότι:

❖ Η διαφορετική διαπερατότητα (5%, 3% και 0%) των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων στο φάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν επηρέασε σημαντικά τη διαπερατότητα των θερμοκηπίων στην ολική ακτινοβολία, αφού η ακτινοβολία ήταν σε παρόμοια επίπεδα και στα τρία θερμοκήπια.

❖ Όσον αφορά τις φασματικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης, είδαμε ότι ο συντελεστής διαπερατότητας στο φωτοσυνθετικά ενεργό τμήμα της ακτινοβολίας

$$\tau_{\text{PAR}} = \frac{\int_{400}^{700} G_{\lambda} \tau_{\lambda} d\lambda}{\int_{400}^{700} G_{\lambda} d\lambda}, \text{ (PAR, 400-700nm), δεν διέφερε μεταξύ των υλικών κάλυψης.}$$

Αντίθετα, βρέθηκαν διαφορές στο συντελεστή $\tau_{\text{BAR}} = \frac{\int_{300}^{500} G_{\lambda} \tau_{\lambda} d\lambda}{\int_{300}^{500} G_{\lambda} d\lambda}$ της

τάξεως του 10%, που οφείλονται κυρίως στην μειωμένη διαπερατότητα των φωτοεκλεκτικών υλικών στη μπλε ακτινοβολία.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις της UV ακτινοβολίας, επιβεβαιώθηκαν από τις μετρήσεις που έγιναν στα θερμοκήπια και πιστοποιούν την αξιοπιστία του πλαστικού με τη μηδενική διαπερατότητα στη UV ακτινοβολία.

❖ Σχετικά με τη θερμοκρασία των θερμοκηπίων, τα υλικά κάλυψης δεν επηρέασαν την ενεργειακή συμπεριφορά των θερμοκηπίων. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η UV ακτινοβολία αντιπροσωπεύει ενεργειακά ένα ποσοστό της τάξεως του 7% της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε εξωτερικές συνθήκες (Duffie and Beckman, 1974). Αν ληφθεί υπόψη ότι ένα κανονικό υλικό κάλυψης (μάρτυρας) έχει διαπερατότητα στη UV της τάξεως του 5%, τότε η ενέργεια

που αντιστοιχεί είναι της τάξεως του 3,5 % της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε εξωτερικές συνθήκες.

❖ Η σχετική υγρασία του αέρα των θερμοκηπίων δεν επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά από τον τύπο του υλικού κάλυψης.

❖ Σε ότι αφορά την αύξηση και ανάπτυξη, παρά το γεγονός ότι η μείωση της εισερχόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο προκάλεσε αύξηση του ύψους των φυτών, οι διακυμάνσεις ήταν μικρές, ώστε δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλη την καλλιεργητική περίοδο. Πρέπει όμως να σημειωθεί, ότι υπήρχε η τάση τα φυτά του θερμοκηπίου GR 0% να έχουν μεγαλύτερο ύψος σε σύγκριση με αυτά των GR 3% και GR 5%. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη διαφορετική διαπερατότητα των υλικών κάλυψης στη μπλε ακτινοβολία (300-500 nm), όπως πιστοποιήθηκε με υπολογισμό του σχετικού συντελεστή (Varlet-Grancher et al, 1993).

Από τη στατιστική ανάλυση, προκύπτει ακόμη ότι τα όψιμα φυτά του GR 5% ήταν σημαντικά πιο κοντά από τα πρώιμα και όψιμα φυτά του GR 0%. Τα όψιμα φυτά του GR 5% δεν έφτασαν σε ύψος αυτά των πρώιμων του ίδιου θερμοκηπίου, όπως προβλεπόταν να γίνει στα πιο προχωρημένα στάδια ανάπτυξης των φυτών, και αυτό μπορεί να οφείλεται σε στρες που ενδεχόμενα υπέστησαν τα φυτά του θερμοκηπίου GR 5%, καθώς η θερμοκρασία νυκτός έπεσε αρκετούς βαθμούς στην αρχή του πειράματος λόγω βλάβης του συστήματος θέρμανσης.

❖ Η μείωση της εισερχόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας δεν προκάλεσε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στον αριθμό των κόμβων των φυτών στα τρία θερμοκήπια.

❖ Παρατηρήθηκε ότι η μείωση της εισερχόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας, οδήγησε σε αύξηση του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων των φυτών του GR 0%. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε μεταξύ των GR 5% και GR 3%, όπου το GR 3% σημείωσε τις μεγαλύτερες τιμές, καθώς και μεταξύ των GR 5% και GR 0%, όπου το δεύτερο παρουσίαζε το μεγαλύτερο μήκος μεσογονατίων διαστημάτων. Έχει παρατηρηθεί, (Casal and Smith, 1989), ότι η μπλε ακτινοβολία αναστέλλει το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων. Το γεγονός ότι το GR 0% είχε

10% μικρότερη διαπερατότητα στη μπλε ακτινοβολία, θα μπορούσε να δικαιολογήσει το μεγαλύτερο μήκος των μεσογονατίων που παρατηρήθηκε.

❖ Σχετικά με την παραγωγή των φυτών μελιτζάνας, το GR 0% είχε μεγαλύτερο μέσο βάρος καρπού από ότι το GR 5% και το δεύτερο είχε μεγαλύτερο μέσο βάρος καρπού από ότι το GR 3%. Οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές μεταξύ των τριών θερμοκηπίων. Σε ότι αφορά την παραγωγικότητα, στατιστικά σημαντική διαφορά υπήρξε στο GR 5%, που είχε τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα και στο GR 3% που είχε τη μικρότερη.

❖ Όσον αφορά το νωπό βάρος, ο βλαστός και τα φύλλα ενώ είχαν μικρότερο βάρος στο θερμοκήπιο 5% σε σχέση με το 3% και λιγότερο με το 0%, στο συνολικό βάρος δεν παρατηρήθηκε παρόμοια διαφορά, ούτε και στο νωπό βάρος ανθέων και καρπών. Επομένως, η μικρότερη βλαστική ανάπτυξη, που αφορά το νωπό βάρος των φυτών στο 5%, δεν ήταν ουσιαστική. Αυτό επιβεβαιώθηκε και με τη μέτρηση της ξηράς ουσίας των βλαστικών και αναπαραγωγικών τμημάτων του φυτού, όπου δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των τριών θερμοκηπίων.

Πάντως φαίνεται ότι ιδιαίτερα ο βλαστός και πιθανόν τα φύλλα στο θερμοκήπιο 5%, ήταν λιγότερο υδαρή σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια. Αυτό πιθανόν να εξηγείται από το στρες που προαναφέρθηκε λόγω παροδικών χαμηλών θερμοκρασιών στο θερμοκήπιο 5%.

Όπως ήταν αναμενόμενο, το νωπό βάρος και η ξηρά ουσία σε όλα τα βλαστικά και αναπαραγωγικά μέρη αυξήθηκε με το χρόνο.

Από τα δεδομένα μπορεί να ειπωθεί ότι, η βλαστική ανάπτυξη ολοκληρώνεται εν πολλοίς μέχρι την 3^η δειγματοληψία (περίπου 60 ημέρες από τη μεταφύτευση), ώστε τα φύλλα να αποτελούν πια ώριμα παραγωγά υδατανθράκων δομικά στοιχεία των φυτών. Φαίνεται ότι μετά τις 60 ημέρες ο βλαστός δεν συσσωρεύει πλέον αρκετή ξηρά ουσία, ενώ αυξήθηκε το νωπό του βάρος, που σημαίνει διόγκωση των κυττάρων και πιθανότερα ανθεκτικότερο στέλεχος, ικανό να συγκρατήσει την επικείμενη καρποφορία.

Όσον αφορά τα αναπαραγωγικά μέρη του φυτού, κατά τις πρώτες 2 δειγματοληψίες, έως τις 45 ημέρες από τη μεταφύτευση, το νωπό βάρος και η ξηρά

ουσία που συσσωρεύτηκε σε αυτά ήταν ζωηρή, ενώ από τις 60 ημέρες και μετά η συσώρευση ήτανε ραγδαία, καθώς τα φύλλα και οι βλαστοί «ζητούσαν» ελάχιστη ξηρά ουσία για περαιτέρω ανάπτυξη. Οι διαπιστώσεις αυτές είναι ουσιαστικές για την ορθολογική εφαρμογή των καλλιεργητικών τεχνικών, όπως λίπανση, κλάδεμα, θέρμανση κ.λ.π.

❖ Σχετικά με το χρώμα των καρπών, έπειτα από την ανάλυση παραλλακτικότητας, οι καρποί του GR 0% φαίνονται να είναι στατιστικά σημαντικά πιο κόκκινοι σε σύγκριση με τους καρπούς των GR 5 % και GR 3%. Ακόμη, το γεγονός ότι δεν υπήρξε αποχρωματισμός της μελιτζάνας, είναι στοιχείο χρήσιμο για τις βιομηχανίες παραγωγής πλαστικών. Έχουμε ήδη αναφέρει τη δράση των απορροφητικών της UV ακτινοβολίας υλικών κάλυψης στην όραση των εντομών και τη θετική τους επίδραση σε ιούς και άλλα παθογόνα αίτια, ενώ γνωρίζουμε επίσης πως οι σύγχρονες τάσεις στη γεωργία στρέφονται προς εναλλακτικές των χημικών μεθόδους καλλιέργειας και τα υλικά κάλυψης μπορούν να συμβάλλουν στην προσπάθεια αυτή.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι η χρήση των απορροφητικών της UV ακτινοβολίας υλικών κάλυψης, δεν παρουσίασε μειονεκτήματα ή προβλήματα. Το μικροκλίμα του θερμοκηπίου, (θερμοκρασία, υγρασία, ολική ηλιακή ακτινοβολία), δεν επηρεάστηκε από τη χρήση των πλαστικών. Τα αποτελέσματα της πειραματικής εργασίας έδειξαν ότι δεν θα έπρεπε να υπάρχουν επιφυλάξεις στη χρήση των νέων αυτών υλικών κάλυψης, αντιθέτως τα πλεονεκτήματα της χρήσης τους, τα οποία αναφέρονται κυρίως στον περιορισμό των εισερχόμενων εντόμων, είναι εμφανή και σίγουρα τα υλικά αυτά κάλυψης έχουν προοπτικές χρήσης στη σύγχρονη γεωργία.

Κεφάλαιο V Βιβλιογραφία

Amagai, H., Onuma, K., and Nakagaki, S. (1984) The growth of vegetable crops and establishment of insect and mite pests in a plastic greenhouse treated to exclude near UV radiation. (3) Growth of tomatoes. *Bull. Ibaraki-Ken Hort. Exp. Sta.* **12**: 81-88 (in Japanese).

Antignus, Y., Cohen, S., Mor, N., Messika, Y., and Lapidot, M. (1996) The effects of UV-blocking greenhouse covers on insects and insect-borne virus diseases. *Plasticulture* **112**:15-20.

Antignus, Y., Lachman, O., Leshem, Y., Matan, E., Yehezkel, H., and Messika, Y. (1999) Protection efficiency of UV-absorbing films in greenhouses with vertical walls. In "Summary of Research Projects and Field Experiments in Tomato Crops for 1999". *Bull. of Israeli Extension Service*, pp. 29-39.

Antignus, Y., Lapidot, M., Hadar, D., Messika Y., and Cohen, S. (1997) The use of UV-absorbing plastic sheets to protect crops against insects and spread of virus diseases. In "CIPA Proceedings, International Congress for Plastics in Agriculture" (S. Ben-Yehosua, ed.), pp. 23-33. Laser Pages Publishing Ltd., Jerusalem.

Antignus, Y., Mor, N., Ben-Joseph, R., Lapidot, M., and Cohen, S. (1996) UV-absorbing plastic sheets protect crops from insect pests and from virus diseases vectored by insects. *Environ. Entomol.* **25**: 919-924.

Bjorn, L. O., and Akerlund, H. E. (1984) Action spectrum for inhibition by ultraviolet radiation of photosystem II activity in spinach thylakoids. *Photobiochemistry and Photobiophysics.* **8**: 305-313.

Bogenrieder, A., and Klein, R. (1982) Does solar UV influence the competitive relationship in higher plants? - In "The Role of Solar Ultraviolet Radiation in Marine Ecosystems (J. Calkins, ed.), pp.641-649. Plenum Press, New York, ISBN 0-306-40909-7.

Γαλανοπούλου-Σενδούκα, Σ. (1998) Γεωργικός Πειραματισμός.

Caldwell, M. M. (1981) Plant responses to ultraviolet radiation. in: Large, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Ziegler, H. (Eds.), *Encyclopaedia of Plant Physiology: Physiological Plant Ecology I*, Springer, Heidelberg, pp. 170-197.

Caldwell, M. M., Flint, S. D., and Searles, P. S. (1994) Spectral balance and UV-B sensitivity of soybean: A field experiment. *Plant, Cell Envir.* **17**: 267-276.

Cicerone, R. J., Stolarski, R. S., and Walters, S. (1974) Stratospheric ozone destruction by man-made chlorofluoromethanes. *Science* **185**: 1165-1167.

Cutchis, P. (1974) Stratospheric ozone depletion and solar ultraviolet radiation on earth. *Science* **184**: 13-19.

Del Corso, G., and Lercari, B. (1997) Use of UV radiation for control of height and conditioning of tomato transplants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Scienta Horticulturae* **71**: 27-34.

Duffie, W.A., and Beckman, W.A., (1974) Solar Energy Thermal Processes. Wiley Interscience, New York, pp. 324.

Elad, Y. (1997) Effect of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse-grown vegetables. *Crop Prot.* **16**: 635-642.

Iwanzik, W., Tevini, M., Dohnt, G., Voss, M., Weiss, W., Graber, P., and Renger, G. (1983) Action of UV-B radiation on photosynthetic primary reactions in spinach chloroplasts. *Physiologia plantarum* **58**: 401-407.

Jordan, B. R. (1996) The effects of ultraviolet-B radiation on plants: A molecular perspective. *Advances in Botanical Research.* **22**: 97-162.

Κατσούλας, Ν. (2002) Επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος στη διαπνοή τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη.

Kittas, C., and Baille, A. (1998) Determination of the spectral properties of several greenhouse cover materials. Evaluation of specific parameters related to plant response. *J. Agr. Eng. Res.* **71**: 193-202.

Kulandaivelu, G., and Noorudeen, A. M. (1983) Comparative study of the action of ultraviolet-C and ultraviolet-B radiation on the photosynthetic electron transport. *Ibid.* **58**: 389-394.

Kumagai, T. (1982) Blue and near ultraviolet reversible photoreaction in the induction of fungal conidiation. *Photochem. Photobiol.* **35**: 123-125.

Latimer, J. G., Mitchell G. A. (1987) UV-B radiation and photosynthetic irradiance acclimate eggplant for outdoor exposure. *HortScience* **22**: 426-429.

Leach, C.M. (1962) Sporulation of diverse species of fungi under near-ultraviolet radiation. *Can. J. Bot.* **40**: 151-161.

Leach, C.M. (1967) Interaction of near-ultraviolet light and temperature on sporulation of the fungi *Alternaria*, *Cercospora*, *Fusarium*, *Helminthosporium* and *Stemphylium*. *Can. J. Bot.* **45**: 808-812.

Μαυρογιαννόπουλος, Γ.Ν. (2001) Θερμοκήπια. Τρίτη έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

Mc Guire, R. G. (1992) Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience* **27**: 1254-1255.

Mirecki, R., Teramura, A. H. (1984) Effects of ultraviolet-B irradiance on soybean. V. The dependence of plant sensitivity on the photosynthetic photon flux density during and after leaf expansion. *Plant Physiology* **74**: 475-480.

Mizrahi, S., Sacs, Y., Mor, N., Elad, Y., Reuveni, R., and Antignus, Y. (1998) Comparative study on the protection effects of commercial polyethylene films with different absorption spectra against insect, fungal and viral pests. *Gan Sadeh Vameshek.* **5**: 33-37.

Murali, N. S., and Teramura, A. H. (1986) Effects of supplemental ultraviolet-B radiation on the growth and physiology of field-grown soybean. *Environ. Exp. Bot.* In press.

Nakagaki, S., Amagai, H., and Onuma, K. (1984) The growth of vegetable crops and establishment of insect and mite pests in a plastic greenhouse treated to exclude near UV radiation. (4) Establishment of insect pest on tomatoes. *Bull. Ibaraki-Ken Hort. Exp. Sta.* **12**: 89-94 (in Japanese).

Nakagaki, S., Sekiguchi, K., and Onuma, K. (1982) The growth of vegetable crops and establishment of insect and mite pests in a plastic greenhouse treated to

exclude near UV radiation. (2) Establishment of insect and mite pests. *Bull. Ibaraki-Ken Hort. Exp. Sta.* **10**: 39-47 (in Japanese).

National Academy of Sciences (1982) Causes and effects of stratospheric ozone reduction: an update. National Academy Press, Washington, D. C.

Ντόγρας, Κ., και Σιώμος, Α. (1998) Καλλιέργεια λαχανικών σε θερμοκήπια.

Ολυμπίου, Χ. (2001) Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

Onesirosan, P.T., and Bantari, E.E. (1969) The effect of light and temperature upon sporulation of *Helminthosporium teresi* in culture. *Phytopathology* **59**: 906-909.

Onuma, K., and Nakagaki, S. (1982) The growth of vegetable crops and establishment of insect and mite pests in a plastic greenhouse treated to exclude near UV radiation. (1) The growth of pepper and cucumber. *Bull. Ibaraki-Ken Hort. Exp. Sta.* **10**: 31-38 (in Japanese).

Panagopoulos, I., Bornman, J.F., and Bjorn, L.O. (1992) Response of sugar beet plants to ultraviolet-B (280-320 nm) radiation and *Cercospora* leaf spot disease. *Physiol. Plant.* **84**: 140-145.

Pang, Q., and Hays, J. B. (1991) UV-B-inducible and temperature-sensitive photo-reactivation of cyclobutane pyrimidine dimers in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiol.* **95**: 536-543.

Rajapakse, N.C., Young, R.E., McMahon, M.J., and Oi, R. (1999) Plant height control by photosensitive filters: Current status and future prospects. *Hort Technology* **9**: 618-624.

Raviv, M. (1988) The use of photosensitive cladding materials as modifiers of morphogenesis of plants and pathogens.

Raviv, M., Schayer, R., and Shor, Y. (1988) Ultraviolet radiation effect on blackening of rose petals. *App. Agric. Res.*

Reuveni, R. (1997) Control of downy mildew in greenhouse-grown cucumbers using blue photosensitive polyethylene sheets. *Plant Dis.* **81**: 999-1004.

Robberecht, R., and Caldwell, M. M. (1978) Leaf epidermal transmittance of ultraviolet radiation and its implications for plant sensitivity to ultraviolet radiation induced injury. *Oecologia* (Berlin). **32**: 277-287.

Robberecht, R., Caldwell, M. M., and Billings, W. D. (1980) Leaf ultraviolet optical properties along a latitudinal gradient in the arctic-alpine life zone. *Ecology* **61**: 612-619.

Seker, I. (1999) Studies on the effects of UV-absorbing films on the pollination activity of bumblebees in greenhouse in greenhouse tomatoes. In "Summary of Research Projects and Field Experiments in Tomato Crops for 1999." *Bull Israeli Extension Service*, pp. 41-53.

Stapleton, A. E. (1992) Ultraviolet radiation and plants: burning questions. *The Plant Cell*. **105**: 881-889.

Steinmuller, D., and Tevini, M. (1986) UV-B-induced effects upon cuticular waxes of cucumber, bean, and barley leaves. In *Stratospheric ozone reduction, solar ultraviolet radiation and plant life*. Vol. **8**. Eds R. C. Worrest and M. M. Caldwell.

Strid, A., Chow, W. S., and Anderson, J. M. (1994) UV-B damage and protection at the molecular level in plants. *Photosynthesis Research* **39**: 475-489.

Takayanagi, S., Trunk, J. G., Sutherland, C., and Sutherland, B. M. (1994) Alfalfa seedlings grown outdoors are more resistant to UV-induced DNA damage than plants grown in a UV-free environmental chamber. *Photochem. Photobiol.* **60**: 363-367.

Tevini, M., Braun, J., and Fieser, G. (1991) The protective function of the epidermal layer of rye seedlings against ultraviolet-B radiation. *Photochem. Photobiol.* **53**: 329-333.

Vincenzo, F. (1984) Η μελιτζάνα, τεχνική καλλιέργειας και φυτοπροστασία. Πρώτη έκδοση. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική, Αθήνα.

Varlet-Grancher, C., Moulia, B., Sinoquet, H., and Russell, G. (1993) Spectral modification of light within plant canopies: how to quantify its effects on the architecture of the plant stand. In: *Crop Structure and Light Microclimate* (Bonhomme C; Varlet-Grancher C, eds), pp. 427-451. Paris, France: INRA, 1993.

Waterman, P.G., and Mole, S. (1994) Why are phenolic compounds so important. In: Waterman, P.G., Mole, S. (Eds.), *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. Blackwell, Oxford, pp. 61-63.

Wellmann, E. (1976) Specific ultraviolet effects in plant morphogenesis. *Ibid.* **24**: 659-660.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας1: Μήκος (cm) και πλάτος (cm) των φύλλων που επιλέχθηκαν τυχαία από μη επισημασμένα φυτά και στα τρία θερμοκήπια, για τον υπολογισμό της πραγματικής φυλλικής τους επιφάνειας (cm²), με τη βοήθεια scanner.

Αριθμός φύλλου	Μήκος cm	Πλάτος cm	Φυλλική επιφάνεια cm ²	Αριθμός φύλλου	Μήκος cm	Πλάτος cm	Φυλλική επιφάνεια cm ²
1	16	10	42	135	40	18	205
2	12	6	47	136	28	15	207
3	18	9	53	137	34	14	207
4	16	8	59	138	35	16	208
5	13	6,5	62	139	38	18	211
6	20	10	70	140	31	14	212
7	23	13	72	141	32	13	212
8	21	10	72	142	32	18	212
9	14	8	75	143	36	20	214
10	15	8	75	144	33	11	215
11	17	9	76	145	35	12	216
12	22	10	78	146	35	16	217
13	17	10	80	147	37	16	221
14	16	8	80	148	39	21	225
15	23	10	82	149	32	15	226
16	16	8	83	150	42	18	228
17	15	8	83	151	36	13	230
18	20	10	83	152	37	18	230
19	19	10	86	153	32	14	232
20	18	10	86	154	27	15	236
21	16	8	87	155	34	17	237
22	20	12	88	156	37	20	237
23	20	10	90	157	31	13	238
24	23	13	90	158	40	16	239
25	21	8	91	159	32	14	240
26	22	14	92	160	33	15	240
27	20	10	93	161	39	19	240
28	25	10	94	162	37	20	241
29	20	8	95	163	40	18	242
30	17	9	97	164	36	18	243

31	25	14	97		165	30	13	246
32	17	8	98		166	32	12	246
33	22	14	98		167	41	26	246
34	19	8	99		168	35	13	247
35	25	11	101		169	40	19	247
36	18	9	102		170	37	22	247
37	16	17	103		171	43	18	252
38	18	10	104		172	40	21	252
39	28	16	104		173	41	17	253
40	23	10	104		174	33	21	255
41	21	11	105		175	36	13	256
42	25	14	105		176	34	18	256
43	22	10	107		177	42	19	257
44	22	12	109		178	31	15	258
45	29	12	111		179	31	13	260
46	21	9	112		180	31	15	260
47	25	11	113		181	41	22	261
48	18	10	114		182	40	18	275
49	29	13	114		183	37	18	279
50	22	10	116		184	32	16	280
51	26	12	116		185	38	16	280
52	30	13	118		186	36	16	280
53	26	17	118		187	31	16	281
54	19	10	119		188	37	22	282
55	19	9	120		189	33	15	287
56	22	10	120		190	39	20	288
57	17	9	120		191	38	16	290
58	20	9	123		192	38	15	290
59	21	11	125		193	31	15	290
60	24	12	125		194	32	17	290
61	28	17	126		195	35	18	290
62	30	14	126		196	38	14	292
63	21	12	130		197	34	17	292
64	26	13	132		198	36	25	293
65	30	14	135		199	40	22	294
66	27	16	137		200	37	14	295
67	23	10	140		201	42	20	297
68	21	10	140		202	45	19	297

69	23	10	140		203	34	16	299
70	25	12	142		204	34	14	300
71	32	13	142		205	32	14	300
72	25	13	142		206	38	16	310
73	24	14	143		207	33	15	310
74	31	16	143		208	42	18	312
75	26	12	144		209	34	14	315
76	24	10	145		210	45	17	315
77	30	16	146		211	37	18	317
78	22	12	147		212	27	18	324
79	21	10	149		213	35	14	325
80	31	16	149		214	35	15	325
81	30	17	151		215	38	18	329
82	25	12	153		216	38	17	330
83	28	14	154		217	42	26	330
84	25	13	156		218	45	26	334
85	24	11	157		219	36	17	340
86	25	14	157		220	42	24	340
87	25	16	157		221	36	18	343
88	25	14	158		222	39	16	346
89	31	16	158		223	38	16	348
90	26	12	160		224	35	18	350
91	25	13	161		225	36	19	350
92	35	14	161		226	34	19	350
93	20	12	163		227	36	20	350
94	32	18	163		228	38	17	352
95	30	18	164		229	44	20	353
96	34	19	164		230	44	26	355
97	23	13	165		231	40	26	362
98	31	16	165		232	44	20	364
99	35	15	169		233	39	17	374
100	25	13	170		234	44	29	378
101	27	11	170		235	40	17	380
102	35	14	172		236	39	15	380
103	32	18	172		237	40	19	380
104	29	11	173		238	37	18	380
105	27	16	174		239	39	17	390
106	25	11	175		240	37	17	392

107	26	12	175		241	39	17	397
108	30	16	176		242	42	30	397
109	27	14	178		243	42	17	398
110	32	14	178		244	45	27	405
111	32	18	179		245	45	22	407
112	22	10	180		246	36	22	411
113	24	13	180		247	41	19	418
114	30	18	180		248	44	26	419
115	31	16	180		249	40	20	420
116	35	13	181		250	47	24	421
117	35	14	184		251	36	21	439
118	34	16	184		252	38	17	440
119	24	12	185		253	48	29	444
120	31	12	185		254	42	22	460
121	35	16	193		255	45	30	463
122	33	17	193		256	42	22	470
123	39	16	199		257	40	22	470
124	20	10	200		258	44	23	474
125	30	12	200		259	40	22	480
126	27	12	201		260	45	21	490
127	28	15	201		261	40	24	490
128	35	16	201		262	37	22	498
129	30	11	202		263	42	23	520
130	40	18	202		264	43	26	550
131	32	13	204		265	43	21	560
132	35	16	204		266	40	26	597
133	31	18	204		267	43	22	610
134	34	16	205					



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074274