

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Πρωτοκ. 260
Ημερομηνία 26-2-09

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού

Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου

Περιβάλλοντος

**« Επίδραση φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίου στην
ανάπτυξη θερμοκηπιακής καλλιέργειας τομάτας »**

Πτυχιακή Διατριβή

Κατσαντώνης Γεώργιος

Επιβλέπων

Καθηγητής Κωνσταντίνος Κίττας

Νέα Ιωνία, 2009



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

Αριθ. Εισ.: 7092/1
Ημερ. Εισ.: 10-04-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2009
ΚΑΤ

**« Επίδραση φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίου
στην ανάπτυξη θερμοκηπιακής καλλιέργειας τομάτας »**

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Κίττας Κωνσταντίνος, Καθηγητής

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

2. Νάνος Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Εργαστήριο Δενδροκομίας

3. Χα Ιμπραχίμ-Αβραάμ, Αναπληρωτής Καθηγητής

Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών

Ευχαριστίες

Πρώτο από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών κ. Κωνσταντίνο Κίττα ο οποίος μου έδειξε εμπιστοσύνη από την αρχή μέχρι το τέλος της συνεργασίας μας.

Στους Αναπληρωτές Καθηγητές κ Γ. Νάνο και κ. Α. Χα θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου για τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή και τη διόρθωση αυτής της πτυχιακής διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην Καθηγήτρια του ΤΕΙ Λάρισας και διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος κ. Παπαϊωάννου Χρυσούλα για τις χρήσιμες υποδείξεις, τις συμβουλές και την άμεση επιβλεπή της τόσο κατά την διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή και ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής διατριβής, καθώς και για την υπομονή που έδειξε όλο αυτό το διάστημα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Dany el-Obeid για την βοήθεια του και το ευχάριστο κλίμα που δημιουργούσε κατά την διάρκεια του πειραματικού σταδίου της πτυχιακής διατριβής μου.

Θέλω επίσης να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την υποστήριξη, την αγάπη και την συμπαράσταση όπως επίσης και για την εμπιστοσύνη που μου δείξαν όλο αυτό τον καιρό που είμαι μακριά τους. Ελπίζω να τους κάνω πάντα χαρούμενους.

Τέλος, να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου και όσους πρόσφεραν την βοήθεια τους στην ολοκλήρωση της πτυχιακής διατριβής μου και ιδιαίτερα τον συμφοιτητή και φίλο μου Αποστολάκη Στυλλιανό για την βοήθεια και την καλή παρέα. Να 'στε πάντα καλά.

Περιεχόμενα

Σελ

Περίληψη.....	6
I. Εισαγωγή	7
Σκοπός της εργασίας.....	8
II. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	10
1. Η ηλιακή ακτινοβολία	10
1.1 Χαρακτηριστικά της ηλιακής ακτινοβολίας	10
1.2 Ηλιακή ακτινοβολία και φυτά	11
1.3 Υπεριώδης ακτινοβολία	13
1.3.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας	15
1.3.1.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά	15
1.3.1.2 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στους εχθρούς και τις ασθένειες των φυτών	19
2. Το περιβάλλον του θερμοκηπίου	20
3. Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων	21
3.1 Τύποι υλικών κάλυψης και οι ιδιότητές τους	22
3.2 Νέα υλικά κάλυψης	30
3.3 Επιδράσεις του τροποποιημένου φάσματος	32
4. Φωτοσύνθεση	33
4.1 Γενικά.....	33
4.2 Φωτοσύνθεση και ηλιακή ακτινοβολία.....	34
4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την φωτοσύνθεση.....	35
5. Ανάπτυξη φυτών.....	36
5.1 Ορισμός ανάπτυξης.....	36
5.2 Μέτρηση της ανάπτυξης.....	37
6. Η Καλλιέργεια της Τομάτας.....	37
6.1 Γενικά..	37
6.2 Καταγωγή – Ιστορικό.....	38
6.3 Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας.....	39
6.4 Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπίων στην Ελλάδα.....	40
6.5 Κλιματικές απαιτήσεις.....	42
6.6 Εχθροί και ασθένειες της τομάτας	43
III. Υλικά και Μέθοδοι	45
1. Η τοποθεσία	45

2. Τα θερμοκήπια	45
3. Τα υλικά κάλυψης	46
4. Αερισμός	47
5. Θέρμανση	47
6. Υπόστρωμα της καλλιέργειας	47
7. Άρδευση – Λίπανση	47
8. Η καλλιέργεια	48
8.1 Ποικιλία - Εγκατάσταση της καλλιέργειας	48
8.2 Διάταξη των φυτών	48
9 Καλλιεργητικές τεχνικές	49
9.1 Στήριξη των φυτών	49
9.2 Βλαστολόγημα	49
9.3 Αποφύλλωση – Κορυφολόγημα	50
9.4 Επεμβάσεις με χημικά	50
9.5 Επικονίαση των φυτών	50
9.6 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών	50
10. Μετρήσεις	51
10.1 Μέτρηση του ύψους	51
10.2 Μετρήση των κόμβων	51
10.3 Μέτρηση των λουλουδιών (ανοιχτών-κλειστών) και των καρπών.....	52
10.4 Μέτρηση των ταξιανθιών	52
10.5 Μέτρηση της επιμήκυνσης των μεσογονάτιων διαστημάτων και της διαμέτρου του βλαστού.....	52
10.6 Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων	52
IV. Αποτελέσματα	53
1. Ύψος φυτών.....	53
2. Αριθμός κόμβων.....	55
3. Αριθμός λουλουδιών (ανοιχτών-κλειστών) και καρπών.....	56
4. Αριθμός ταξιανθιών.....	58
5. Μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων και διάμετρος βλαστού.....	60
V. Συζήτηση - Συμπεράσματα	63
Βιβλιογραφία	66

Περίληψη

Η καλλιέργεια κηπευτικών σε θερμοκήπια είναι πλέον ευρύτατα διαδεδομένη. Ανάμεσα στους άλλους προβληματισμούς που ανακύπτουν σχετικά με τη θερμοκηπιακή καλλιέργεια είναι και αυτός της επιλογής του κατάλληλου υλικού κάλυψης. Στις μέρες μας κατασκευάζονται πλαστικά υλικά κάλυψης με ιδιότητες τέτοιες ώστε να επηρεάζουν διάφορες παραμέτρους σχετικά με το κλίμα του θερμοκηπίου και κατ' επέκταση την αύξηση και την ανάπτυξη του φυτού.

Οι νέες τάσεις στην κατασκευή των υλικών κάλυψης προτείνουν υλικά φωτοεκλεκτικά σε διάφορα μήκη κύματος και υλικά τα οποία δημιουργούν μέσα στο θερμοκήπιο δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη ορισμένων εχθρών και ασθενειών. Οδηγούν έτσι σε μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων και συντελούν σε καλλιέργεια φιλική προς το περιβάλλον.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία μελετήθηκε η επίδραση τριών υλικών κάλυψης με διαφορετική διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, τα οποία κατασκευάστηκαν από τη βιομηχανία «Πλαστικά Κρήτης», στην ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας σε τρία διαφορετικά θερμοκήπια τα οποία βρίσκονταν στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στην περιοχή του Βελεστίνου.

Η καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας τις συνήθειες καλλιεργητικές πρακτικές.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν τον αριθμό των κόμβων, τον αριθμό των ταξιανθιών, το ύψος των φυτών, τον αριθμό των λουλουδιών στις ταξιανθίες, την επιμήκυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων καθώς και τη διάμετρο του βλαστού και τέλος τον αριθμό των καρπών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φυτά επηρεάζονται θετικά από την έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας, καθώς τα φυτά στο GH3 (UV 0%) ήταν στατιστικά σημαντικά ψηλότερα από τα φυτά στο GH1 (UV 5%) και GH2 (UV 3%). Τα διαφορετικά υλικά κάλυψης δεν είχαν σημαντική επίδραση στον αριθμό των κόμβων, στον αριθμό των καρπών και των ταξιανθιών, στο μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων και της διαμέτρου τους και δεν προκάλεσαν κάποια γενικότερη εμφανή μακροσκοπικά διαφοροποίηση στη μορφολογία των φυτών.

I. Εισαγωγή

Η επιλογή του υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου έχει άμεση σχέση με το σύστημα παραγωγής του, καθώς οι ιδιότητες του υλικού, όσον αφορά την ακτινοβολία, παίζουν κυρίαρχο ρόλο τόσο σε σχέση με το ισοζύγιο της ενέργειας όσο και με τη συμπεριφορά της καλλιέργειας. Από ποιοτικής άποψης το φάσμα της εξωτερικής ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να τροποποιηθεί σημαντικά από τις οπτικές ιδιότητες του υλικού κάλυψης (Kittas and Baille, 1998).

Οι αλλαγές στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου έχουν σημαντικές επιδράσεις στην αύξηση, την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των καλλιεργειών (Papadopoulos and Hao, 1997). Τα διάφορα μήκη κύματος του φωτός ανακλώνται, απορροφώνται ή διέρχονται μέσω των διαφόρων υλικών κατά διαφορετικό τρόπο. Το γεγονός αυτό επιδρά στην ποιότητα του φωτισμού που εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Γενικά θα πρέπει όλα τα μήκη κύματος του φωτός, τα αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών, να μην ανακλώνται ή απορροφώνται, αλλά να διέρχονται μέσω του υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου στο μέγιστο βαθμό ([http1](#)).

Σε όλο τον κόσμο τα θερμοκήπια είναι καλυμμένα κατά κύριο λόγο με πλαστικό παρά με γυαλί (Baytorun et al., 1994). Εντούτοις το υψηλό κόστος της θέρμανσης κατά τη δεκαετία του '70 ήταν αυτό που αύξησε το ενδιαφέρον για περαιτέρω έρευνα σε υλικά κάλυψης θερμοκηπίου τα οποία θα έκαναν πιο αποτελεσματική χρήση της ενέργειας στα θερμοκήπια από ότι ήταν μέχρι τότε το γυαλί. Σε αυτό οδήγησε και το ενδιαφέρον της κοινής γνώμης για το περιβάλλον, το οποίο και υπαγορεύει τη μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων καθώς και την ελάττωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (Papadopoulos and Hao, 1997).

Η επίδραση στην αύξηση ενός φυτού μέσω της τροποποίησης του διερχόμενου μέσα στο θερμοκήπιο ηλιακού φάσματος και η χρήση αυτής της επίδρασης ως εναλλακτική λύση στους χημικούς ρυθμιστές αύξησης αποτελεί για πολύ καιρό αίτημα των γεωπόνων (Goto et al., 1997).

Τα τελευταία χρόνια ερευνάται η χρήση υλικών κάλυψης θερμοκηπίων τα οποία είναι αδιαπέρατα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) ως εναλλακτική

οικολογική λύση ενάντια σε κάποιους συγκεκριμένους εχθρούς και παθογόνα των θερμοκηπιακών καλλιεργειών (Gonzalez et al., 2004).

Υπάρχουν αρκετές αναφορές οι οποίες αποδεικνύουν ότι η UV-B επιβραδύνει τη φωτοσύνθεση και την αύξηση των φυτών. Ως εκ τούτου, η καλλιέργεια σε θερμοκήπια καλυμμένα με φωτοεκλεκτικά πλαστικά υλικά κάλυψης χρησιμοποιείται εκτενώς (Tezuka et al., 1993).

Στο Κεφάλαιο II με τίτλο «Βιβλιογραφική Ανασκόπηση» θα γίνει μια αναφορά για τα χαρακτηριστικά της ηλιακής ακτινοβολίας γενικά αλλά και για την υπεριώδη ακτινοβολία ειδικότερα και για το πως επηρεάζει τα φυτά και το περιβάλλον γύρω από αυτά. Επίσης θα αναφερθούν οι τύποι των χρησιμοποιούμενων υλικών κάλυψης, οι ιδιότητες τους και οι νέες τεχνολογίες σε σχέση με αυτά. Τέλος θα αναφερθεί η έννοια της αύξησης και θα πραγματοποιηθεί αναφορά στο υπό μελέτη φυτό που είναι η τομάτα.

Στο Κεφάλαιο III με τίτλο «Υλικά και Μέθοδοι» θα περιγραφούν οι λεπτομέρειες του πειράματος όσον αφορά το μέρος και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιήθηκε, τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και τις μεθόδους που ακολουθήθηκαν για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.

Στη συνέχεια στο Κεφάλαιο IV με τίτλο «Αποτελέσματα» θα γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων με τη βοήθεια σχεδιαγραμμάτων και πινάκων.

Τέλος στο Κεφάλαιο V με τίτλο «Συζήτηση-Συμπεράσματα» θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα που διεξάχθηκαν μετά το τέλος του πειράματος και θα συζητηθούν οι σχέσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων.

Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της υπεριώδους ακτινοβολίας στην καλλιέργεια φυτών τομάτας. Πιο συγκεκριμένα θα ερευνηθεί η επίδραση τριών διαφορετικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίου, τα οποία είναι απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας σε διαφορετικό βαθμό το καθένα, στην

ανάπτυξη των φυτών, ούτως ώστε να αξιολογηθούν αυτά τα υλικά από οικονομικής απόψεως, αλλά και κατά πόσο η επίδραση τους στην καλλιέργεια της τομάτας είναι ουσιαστική. Για το λόγο αυτό θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις σε καλλιέργεια τομάτας που περιλαμβάνουν:

- το ύψος των φυτών
- τον αριθμό των κόμβων
- τον αριθμό των λουλουδιών (ανοιχτών-κλειστών) στις ταξιανθίες και των καρπών
- τον αριθμό των ταξιανθιών
- την επιμήκυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων καθώς και της διαμέτρου του βλαστού

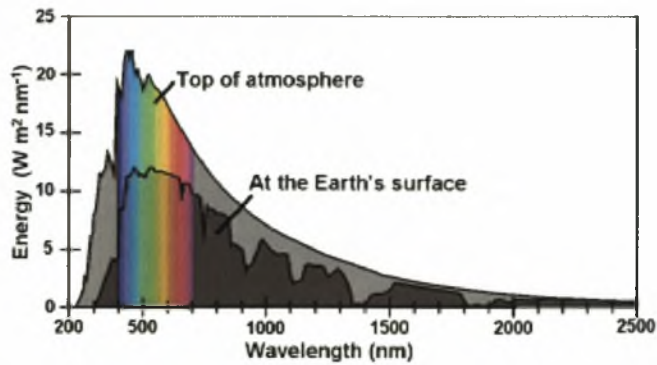
II. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

1. Η ηλιακή ακτινοβολία

1.1 Χαρακτηριστικά της ηλιακής ακτινοβολίας

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι το αποτέλεσμα της τήξης των ατόμων στο εσωτερικό του Ήλιου. Ένα τμήμα της ενέργειας που προέρχεται από αυτή τη διαδικασία της τήξεως θερμαίνει τη χρωμόσφαιρα. Η χρωμόσφαιρα είναι το εξωτερικό στρώμα του Ήλιου, είναι αρκετά πιο δροσερό από το εσωτερικό του και η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη χρωμόσφαιρα είναι η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει και στη Γη. Η ακτινοβολία που προέρχεται από τον Ήλιο αναπτύσσει ένα μεγάλο εύρος μηκών κύματος από 200 nm έως και περισσότερα από 50000 nm με μέγιστο γύρω στα 500 nm. Κατά προσέγγιση το 47 % της εξωγήινης ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται σε μήκη κύματος του ορατού φωτός (από 380 nm έως 780 nm), το 46 % σε μήκη κύματος του υπέρυθρου φωτός (από 780 nm και πάνω) και το 7 % της εξωγήινης ηλιακής ακτινοβολίας σε μήκη κύματος του υπεριώδους (από 380 nm και κάτω) ([http2](#)).

Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την ατμόσφαιρα ένα μεγάλο μέρος της υπεριώδους απορροφάται και διασκορπίζεται. Τα μόρια του αέρα διαλύουν με μεγαλύτερη ευκολία τα μικρότερα μήκη κύματος από ότι τα μεγαλύτερα. Οι υδρατμοί και τα στερεά σωματίδια της ατμόσφαιρας μειώνουν ακόμη περισσότερο το ποσό του άμεσου ηλιακού φωτός που διαπερνά την ατμόσφαιρα. Σε μια όχι νεφελώδη ημέρα περίπου το 75 % της άμεσης φυσιολογικής εξωγήινης ακτινοβολίας διαπερνά την ατμόσφαιρα χωρίς να απορροφηθεί ή να διαλυθεί. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται το φάσμα εκπομπής της ηλιακής ακτινοβολίας όπως λαμβάνεται στο εξωτερικό της ατμόσφαιρας αλλά και στην επιφάνεια της Γης ([http2](#)).



Εικόνα 1. Το φάσμα εκπομπής της ηλιακής ακτινοβολίας

Κατά τη διάρκεια της ημέρας η κύρια πηγή ενέργειας του θερμοκηπίου είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση των φυτών καθώς και τη φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου. Επηρεάζει δε σημαντικά τη διάρκεια ζωής των διαφανών πλαστικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πολλών θερμοκηπίων (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

1.2 Ηλιακή ακτινοβολία και φυτά

Το φως είναι τόσο πηγή ενέργειας όσο και πηγή πληροφοριών για τα πράσινα φυτά. Είναι πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση και πηγή πληροφοριών για το φωτοπεριοδισμό, το φωτοτροπισμό και τη φωτομορφογένεση (Aphalo, 2001).

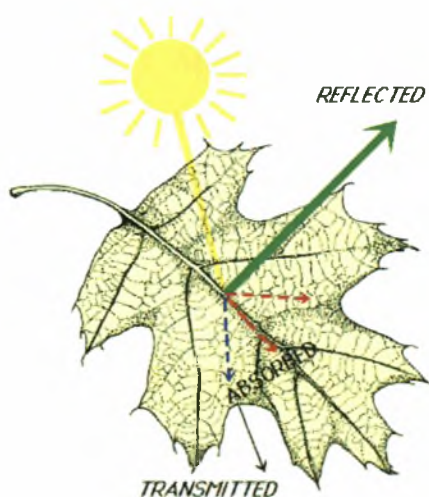
Φωτομορφογένεση είναι κάθε επίδραση του φωτός στη μορφολογία και τη φυσιολογία του φυτού με τελικό αποτέλεσμα τον καθορισμό της αύξησης-ανάπτυξης κυττάρου, ιστού, οργάνου ή ολόκληρου του φυτού (Λόλας, 2000).

Η ζωή πάνω στη γη εξαρτάται άμεσα από την ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο. Η φωτοσύνθεση είναι η μοναδική διεργασία βιολογικής σημασίας που μπορεί να αντλήσει αυτήν την ενέργεια. Με τον όρο φωτοσύνθεση χαρακτηρίζεται η μεταβολή της ακτινοβόλου ενέργειας σε ελεύθερη χημική ενέργεια (Τσέκος, 2003). Η μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική συνδέεται στενά με τη μετατροπή του CO₂ σε οργανικά συστατικά. Για την πραγματοποίηση αυτής της μετατροπής είναι απαραίτητη η παρουσία χρωστικών. Χρωστική είναι κάθε ουσία που απορροφάει ορατό φως και δεν μπορεί να κάνει καμία φωτοχημική αντίδραση χωρίς να απορροφήσει φως (Καράταγλης, 1999). Ο πλέον ενεργός φωτοσυνθετικός ιστός

στα ανώτερα φυτά είναι το μεσόφυλλο. Τα κύτταρα του έχουν πολλούς χλωροπλάστες, οι οποίοι περιέχουν τις εξειδικευμένες φωτο-απορροφητικές πράσινες χρωστικές, τις χλωροφύλλες.

Περίπου 1.3 kW m^{-2} της ακτινοβόλου ενέργειας από τον ήλιο φτάνουν στην επιφάνεια της Γης, αλλά μόνο το 5% περίπου αυτής της ενέργειας μπορεί να μετατραπεί σε υδατάνθρακες από το φύλλο που φωτοσυνθέτει. Το ποσοστό αυτό είναι τόσο μικρό εξαιτίας του γεγονότος ότι ένα μεγάλο κλάσμα του φωτός έχει μήκη κύματος είτε πολύ βραχέα ή πολύ μακρά για να απορροφηθούν από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές. Επιπλέον μεγάλο μέρος από την απορροφούμενη φωτεινή ενέργεια χάνεται ως θερμότητα και μια αρκετά μικρότερη ποσότητα ως φθορισμός (Τσέκος, 2003).

Τα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται στη φωτοσύνθεση είναι από 400 έως 700nm και το φως αυτό καλείται ενεργός φωτοσυνθετική ακτινοβολία (Photosynthetically Active Radiation, PAR). Περίπου 85 με 90 % της PAR απορροφάται από το φύλλο. Η υπόλοιπη είτε ανακλάται στην επιφάνεια του φύλλου ή διέρχεται διαμέσου του φύλλου (Εικόνα 2) (Τσέκος, 2003). Από το μέρος που απορροφάται ένα πολύ μικρό μέρος χρησιμοποιείται για τη φωτοσύνθεση ($\approx 3 \%$), ενώ το άλλο μετατρέπεται σε θερμότητα που αποβάλλεται κυρίως με τη διαπνοή, αλλά και με επαγωγή και ακτινοβολία (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).



Εικόνα 2. Η τύχη της ηλιακής ακτινοβολίας από τη στιγμή που θα φτάσει στο φύλλο ενός φυτού

1.3 Υπεριώδης ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία κατατάσσεται σε 3 ζώνες με βάση τα διαφορετικά μήκη κύματος του φωτός: την υπεριώδη ακτινοβολία C (UV-C) (200-280 nm), η οποία είναι εξαιρετικά επιβλαβής για τους οργανισμούς αλλά αυτό δε συμβαίνει υπό φυσιολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, την υπεριώδη ακτινοβολία B (UV-B) (280-320 nm), η οποία έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον γιατί ενώ αυτό το μήκος κύματος αντιπροσωπεύει περίπου μόνο το 1,5% του ολικού φάσματος, μπορεί να προκαλέσει πλήθος βλαβερών συνεπειών στα φυτά, και την υπεριώδη ακτινοβολία A (UV-A) (320-400 nm), που αντιπροσωπεύει περίπου το 6,3% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και είναι το λιγότερο βλαβερό τμήμα της υπεριώδους (Hollosy, 2002). Το στρώμα του όζοντος απορροφά 97 με 99% της υπεριώδους ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον ήλιο. Το όζον που βρίσκεται στη στρατόσφαιρα απορροφά τελείως τη UV- C, ένα μέρος της UV-B και πολύ μικρό ποσό της UV-A ([http5](http://5)).

Η ποιότητα και η ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης εξαρτάται από την εκροή ενέργειας από τον Ήλιο και από την περατότητα της ατμόσφαιρας. Από βιολογικής άποψης η UV-B ακτινοβολία είναι το πιο σημαντικό κομμάτι του γήινου υπεριώδους φάσματος και τα επίπεδα της ακτινοβολίας σε αυτό το μήκος κύματος που φτάνουν στην επιφάνεια της Γης ελέγχονται κατά μεγάλο μέρος από το όζον (Diffey, 1991). Μείωση του στρώματος του όζοντος στην στρατόσφαιρα, συνεπεία ανθρωπογενών επεμβάσεων, έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη ροή υπεριώδους ακτινοβολίας B στην επιφάνεια της Γης. Η υπεριώδης ακτινοβολία B είναι ιδιαίτερος επιβλαβής για την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών και προκαλεί ποικιλία μορφολογικών και φυσιολογικών αντιδράσεων (Bornman and Vogelmann, 1990).

Τα φωτόνια της υπεριώδους ακτινοβολίας έχουν αρκετή ενέργεια για να καταστρέψουν τους χημικούς δεσμούς που προκαλούν τις φωτοχημικές αντιδράσεις. Οι βιολογικές της επιδράσεις οφείλονται σε αυτές τις διεργασίες (Kovacs and Keresztes, 2002). Το ποσό της UV που φθάνει στην επιφάνεια της Γης επηρεάζεται από το ύψος του ήλιου και από τη νέφωση (Moran et al., 2004).

1.3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία

- **Το όζον:** Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται ισχυρά από το όζον που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα). Η ελάττωση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε όζον, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο έδαφος και αντίστροφα.
- **Τα σύννεφα:** Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι εντονότερη όταν δεν υπάρχουν σύννεφα. Τα σύννεφα γενικά εξασθενίζουν την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά το πόσο αποτελεσματικά συμβαίνει αυτό εξαρτάται από το πάχος και τον τύπο των νεφών. Αραιά ή διασκορπισμένα σύννεφα έχουν πολύ μικρή επίπτωση (περίπου 10%), ενώ τα χαμηλά και μαύρα σύννεφα προκαλούν σημαντική εξασθένηση (μέχρι και 80%). Υπό ορισμένες συνθήκες και για πολύ μικρές περιόδους, μεμονωμένα και λαμπερά σύννεφα μπορούν να οδηγήσουν σε μικρή αύξηση της ακτινοβολίας. Όταν ο ηλιακός δίσκος είναι ορατός, τότε η εξασθένηση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τα σύννεφα είναι σχεδόν αμελητέα.
- **Το υψόμετρο:** Η υπεριώδης ακτινοβολία αυξάνεται με την κατακόρυφη απομάκρυνση από την θάλασσα, επειδή η ποσότητα των συστατικών της ατμόσφαιρας που την απορροφούν, ελαττώνεται με το ύψος. Μετρήσεις έδειξαν ότι η υπεριώδης ακτινοβολία αυξάνεται κατά περίπου 10% κάθε 1000 μέτρα απόσταση από την επιφάνεια της θάλασσας.
- **Ανακλάσεις:** Ένα αντικείμενο ή ένα άτομο δέχεται ακτινοβολία απευθείας από τον ήλιο και από τον ουρανό, αλλά και από ανακλάσεις της ακτινοβολίας. Το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας του εδάφους. Τα δένδρα, το γρασίδι, το χώμα και το νερό ανακλούν λιγότερο από το 10% της υπεριώδους ακτινοβολίας, σε αντίθεση με το φρέσκο χιόνι το οποίο ανακλά μέχρι και το 80%, η τη στεγνή άμμο που ανακλά περίπου το 20% της ηλιακής ακτινοβολίας. Εξαιτίας των ανακλάσεων, άτομα που βρίσκονται σε χιονισμένες περιοχές, ή σε αμμώδεις παραλίες, δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.
- **Το νερό:** Περίπου το 95% της υπεριώδους ακτινοβολίας, διαπερνά την επιφάνεια του νερού (π.χ. στη θάλασσα) ενώ το 50% μπορεί να διεισδύει σε βάθος περίπου 3 μέτρων.

- **Η κλίση των ηλιακών ακτινών:** Σε μία ανέφελη ημέρα, η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ισχυρότερη κατά τις μεσημεριανές από ότι κατά τις πρωινές ή απογευματινές ώρες. Όσο πιο ψηλά βρίσκεται ο ήλιος στον ουρανό, τόσο πιο έντονη είναι η ακτινοβολία (μικρότερη κλίση των ηλιακών ακτινών). Για αυτό τον λόγο το καλοκαίρι η ακτινοβολία είναι εντονότερη από ότι τον χειμώνα (Nigel et al., 2003).

1.3.2 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας

1.3.2.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά

Η υπεριώδης ακτινοβολία θεωρείται όλο και περισσότερο ως ένας σημαντικός περιβαλλοντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την αύξηση του φυτού (Bornman and Vogelmann, 1990).

Έχει αποδειχθεί ότι η αυξημένη υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητα κάποιων καλλιεργειών. Εντούτοις υπάρχει η πιθανότητα η ακτινοβολία αυτή να δρα ευεργετικά στην παραγωγή λαχανικών. Η γονιμοποίηση μπορεί να αυξηθεί καθώς κάποια ωφέλιμα έντομα, όπως οι μέλισσες, δελεάζονται από την υπεριώδη ακτινοβολία που αντανακλάται από τα φυτά στον αγρό (<http5>). Η αλλαγές που επιφέρει η UV και οι ρυθμιστές ανάπτυξης είναι οι πιθανοί λόγοι σε μοριακό επίπεδο για αλλαγές στην αύξηση, την ανάπτυξη και την άνθηση (Hollosoy, 2002).

Οι επιδράσεις της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Επιδράσεις της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά (Teramura, 1983)

Χαρακτηριστικό του φυτού	Αυξημένη ακτινοβολία UV
Φωτοσύνθεση	Ελάττωση σε αρκετά φυτά
Συμπεριφορά των φύλλων	Καμία επίδραση σε αρκετά φυτά
Αποδοτικότητα της χρήσης του νερού	Ελάττωση στα περισσότερα φυτά
Παραγωγή ξηράς ουσίας και σοδειά	Ελάττωση σε αρκετά φυτά
Φυλλική επιφάνεια	Ελάττωση σε αρκετά φυτά
Ειδικό βάρος φύλλου	Αύξηση σε αρκετά φυτά
Ωρίμανση της καλλιέργειας	Καμία επίδραση
Άνθηση	Μπορεί να αναχαιτιστεί ή να ενισχυθεί σε κάποια φυτά
Διαφορές μεταξύ των ειδών	Κάθε είδος συμπεριφέρεται διαφορετικά
Διαφορές μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους	Η αντίδραση ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία
Καταπόνηση λόγω ξηρασίας	Τα φυτά γίνονται λιγότερο ευαίσθητα στη UV αλλά όχι ανεκτικά στην ξηρασία

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στα φυτά έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνητικών εργασιών. Μετά από έρευνες σε περισσότερα από 200 είδη φυτών φαίνεται ότι σχεδόν το 20% είναι ευαίσθητα σε αυτήν την ακτινοβολία, το 50% είναι μετρίως ευαίσθητα ή ανεκτικά και 30% δεν έχουν καμία ευαισθησία στην υπεριώδη ακτινοβολία B (Yuan et al., 1999). Σε περιπτώσεις που η UV-B ακτινοβολία έχει δοθεί στα ευαίσθητα φυτά, με τεχνητό ή φυσικό τρόπο, έχει παρατηρηθεί ότι αλλάζει τα χαρακτηριστικά της αύξησης. Έχει παρατηρηθεί λοιπόν σε είδη τα οποία είναι ευαίσθητα (π.χ. το σιτάρι, το ρύζι, το καλαμπόκι, ο ηλίανθος και το αγγούρι) μειωμένη φυλλική επιφάνεια και μειωμένη αύξηση του βλαστού (Hollosy, 2002) και σε άλλα είδη όπως το σιτάρι, το κριθάρι, η τομάτα, το αγγούρι και το μαρούλι μείωση της βιομάζας των φυτών αυτών (Nedunchezian and Kulandaivelu, 1997).

Ο βαθμός της ευαισθησίας που παρουσιάζει το κάθε είδος εξηγείται μερικώς από την ιδιότητα τους να αντιδρούν στην UV-B αυξάνοντας το επίπεδο των προστατευτικών χρωστικών ή το πάχος των φύλλων τους. Διαφορές σε επίπεδο DNA ή στη δομή του φυτού είναι επίσης σημαντικές για τον καθορισμό της ευαισθησίας ενός φυτού στη UV-B ακτινοβολία (Deckmyn and Impens, 1999).

Παρότι η ακτινοβολία UV-B αποτελεί μόνο ένα μικρό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος έχει μεγάλη φωτοβιολογική επίδραση τόσο στα φυτά όσο και στα ζώα λόγω της απορρόφησης της από σημαντικά βιολογικά μόρια όπως οι πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα (Kakani et al., 2003), τα αμινοξέα και οι χρωστικές (Reddy et al., 2003)

Εργαστηριακοί έλεγχοι αποδεικνύουν ότι η υπεριώδης ακτινοβολία B μπορεί να προκαλέσει βλάβες λόγω οξειδωσης στα λιπίδια αλλά και σε άλλα συστατικά του κυττάρου και να ενεργοποιήσει αντιοξειδωτικούς μηχανισμούς άμυνας (Mazza et al., 1999).

Οι επιδράσεις της UV-B δεν κατανέμονται ισομερώς ανάμεσα στα δύο φωτοσυστήματα. Με βάση πληθώρα πειραμάτων προκύπτει ότι η υπεριώδης ακτινοβολία B έχει μικρή ή καθόλου επίδραση στο φωτοσύστημα I σε σχέση με το φωτοσύστημα II (Hollosoy, 2002).

Οι χρωστικές του φωτοσυνθετικού μηχανισμού μπορούν να καταστραφούν από την υπεριώδη ακτινοβολία, έχοντας ως επακόλουθο την απώλεια της φωτοσυνθετικής ικανότητας. Η χλωροφύλλη και τα καροτενοειδή μπορούν να επηρεαστούν δυσμενώς από σχετικά μεγάλες ποσότητες υπεριώδους ακτινοβολίας B, με τα καροτενοειδή να επηρεάζονται λιγότερο από ότι οι χλωροφύλλες. Έχει αναφερθεί ότι η αυξημένη UV-B επέδρασε περισσότερο στη μείωση του ποσού της χλωροφύλλης-α σε σχέση με τη χλωροφύλλη-β. Όμως και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν διαφορές ανάλογα με τις συνθήκες ανάπτυξης και τα είδη των φυτών (Hollosoy, 2002).

Εκτός από τις αλλαγές που προκαλεί στις φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες η υπεριώδης ακτινοβολία προκαλεί μεταβολές και στη μορφολογία των φυτών. Τα φυτά που εκτίθενται στην UV συνηθέστερα αντιδρούν μειώνοντας τη διαπερατότητα τους στην ακτινοβολία (Hollosoy, 2002).

Μορφολογικές μεταβολές στην ανατομία του φύλλου έχουν καταγραφεί για πλήθος φυτών. Αυτές οι μεταβολές περιλαμβάνουν αύξηση του πάχους των φύλλων, η οποία συνοδεύεται από μείωση της φυλλικής επιφάνειας και μείωση της συχνότητας ανοιγοκλεισίματος των στοματίων. Η αύξηση στο πάχος του φύλλου έχει

μεταφραστεί ως προστατευτικός μηχανισμός ενάντια στη βλάβη που προκαλείται από τη UV-B. Τα παραπάνω ισχύουν σε όλα τα είδη φυτών που έχουν εξεταστεί εκτός από το καλαμπόκι του οποίου το πάχος στα φύλλα μειώθηκε (Hollösy, 2002).

Οι αλλαγές όμως στη μορφολογία του φυτού έχουν ως αποτέλεσμα μειωμένη αύξηση λόγω του ανταγωνισμού μεταξύ των ειδών (Deekmyn and Impens, 1999).

Πιο συγκεκριμένα για την υπεριώδη ακτινοβολία B υπάρχουν αναφορές σε σχέση με κάποια συμπτώματα που προκαλεί στα φυτά. Σε αρκετά είδη αναφέρθηκαν αλλαγές στον χρωματισμό του φύλλου αλλά και στο σχήμα. Μετά από συνεχόμενη έκθεση στη UV-B ακτινοβολία τα φύλλα περιτυλίγονται ή παίρνουν κυπελλοειδή μορφή και ξηραίνονται. Επίσης λόγω αυξημένης UV-B έχει παρατηρηθεί μείωση στη χλωροφύλλη. Σε σχέση με την αύξηση και την ανάπτυξη του φυτού έχει αναφερθεί ότι αυξημένη UV-B ακτινοβολία καθυστέρησε τόσο το φύτεμα των σπόρων όσο και την άνθηση κάποιων καλλιεργειών οι οποίες μελετήθηκαν σε θαλάμους ανάπτυξης αλλά και στον αγρό. Επίσης υπάρχουν αναφορές για κοντύτερα φυτά, το ύψος των οποίων οφείλεται περισσότερο σε κοντύτερα μεσογονάτια διαστήματα παρά σε μικρότερο αριθμό κόμβων (Kakani et al., 2003).

Έτσι αναφέρεται ότι η UV-B επιδρά στα φυτά με αλλαγές στο πάχος του φύλλου, αύξηση της σύνθεσης των κηρών της επιδερμίδας, δημιουργία βλαβών στα επιδερμικά κύτταρα, μείωση του περιεχομένου της χλωροφύλλης και μειωμένη δράση του φωτοσυστήματος II (Bornman and Vogelmann, 1990).

Συγκεκριμένα έχει αναφερθεί ότι φυτά μαρουλιού ποικιλίας με κόκκινα φύλλα (New red fire lettuce), τα οποία μεγάλωναν απουσία υπεριώδους ακτινοβολίας B παρουσίασαν αυξημένο νωπό και ξηρό βάρος σε σχέση με φυτά τα οποία μεγάλωναν σε περιβάλλον στο οποίο υπήρχε η UV-B ακτινοβολία. Ομοίως συνέβη και σε φυτά τα οποία αναπτύσσονταν προστατευμένα από την υπεριώδη ακτινοβολία A. Η μείωση της ακτινοβολίας UV-B είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της απορρόφησης της από τα φλαβονοειδή και την ελάττωση της συγκεντρώσεως των ανθοκυανών στα φύλλα, πράγμα το οποίο έγινε ορατό με απώλεια του ερυθρού χρωματος (Krizek et al., 1998).

Σε ποικιλίες ζαχαρότευτλων οι οποίες μεγάλωναν κάτω από αυξημένα επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας B και ήταν μολυσμένα με τον μύκητα *Cercospora beticola* αναφέρθηκε ότι οι δυο αυτοί παράγοντες καταπόνησης δρούσαν αθροιστικά και επιβλαβώς για τα φυτά (Kakani et al., 2003).

Διαφορετικά είδη φυτών και διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου είδους διαφέρουν ως προς την αντοχή τους στην υπεριώδη ακτινοβολία Β και φαίνεται ότι αντιδρούν διαφορετικά σε αυτού του είδους την καταπόνηση (Bornman and Vogelmann, 1990).

1.3.2.2 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στους εχθρούς και τις ασθένειες των φυτών

Από τότε που ανακαλύφθηκε ότι η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) προξενεί την σποριοποίηση κάποιων μυκήτων και επιφέρει τη διάδοση ορισμένων ασθενειών οι ερευνητές άρχισαν να ασχολούνται με τη μη ύπαρξη ασθενειών και εντόμων κάτω από υλικά κάλυψης τα οποία εμποδίζουν την υπεριώδη ακτινοβολία. Τα υλικά αυτά έδειξαν να εμποδίζουν την ανάπτυξη ασθενειών και μείωσαν τους πληθυσμούς των εντόμων στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Η μείωση των εντόμων συνεπάγεται και μείωση των ασθενειών καθώς μειώνονται τα έντομα φορείς (π.χ. Αλευρώδης).

Πιο συγκεκριμένα ορισμένα φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης μειώνουν την ανάπτυξη του μύκητα *Botrytis cinerea* σε φυτά αγγουριάς και τομάτας. Μειώθηκε με τη βοήθεια αυτών των υλικών επίσης και η εμφάνιση της *Sclerotinia sclerotiorum* στο αγγούρι και η *Fulvia fulva* στην τομάτα (Elad, 1997).

Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις κατά τις οποίες πληθυσμοί θρίπα (*Frankliniella occidentalis*) και πληθυσμοί αλευρώδη (*Bemisia argentifolii*) έδειξαν σαφή προτίμηση σε θερμοκήπια στα οποία η υπεριώδης ακτινοβολία εισερχόταν σε υψηλότερα επίπεδα (Costa and Robb, 1999).

Παρόμοια αναφορά υπάρχει και από τους Costa et al. (2002), σύμφωνα με τους οποίους ο τύπος του πλαστικού καλύμματος του θερμοκηπίου μπορεί να επηρεάσει τα επίπεδα των πληθυσμών κάποιων ειδών εντόμων και αυτό το γεγονός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

Έχει καταγραφεί επίσης μεγάλη μείωση στους ιούς οι οποίοι μεταδίδονται με τον αλευρώδη σε φυτά τομάτας και πεπονιού, τα οποία αναπτύσσονταν σε θερμοκήπια καλυμμένα με υλικά απορροφητικά της UV ακτινοβολίας. Η εμφάνιση του TYLCV σε τομάτα αναπτυσσόμενη κάτω από τα ανωτέρω υλικά ήταν 1% σε σύγκριση με τον μάρτυρα όπου το ποσοστό εμφάνισης κυμάνθηκε περίπου στο 80%. Αντίστοιχα η εμφάνιση του ιού *cucurbit yellow stunting disorder virus* στο πεπόνι ήταν 70% λιγότερη στα φυτά που βρίσκονταν κάτω από τα απορροφητικά της UV

ακτινοβολίας υλικά. Αυτά τα υλικά κάλυψης φαίνεται επίσης ότι είναι αποτελεσματικά εναντίον του ιού *Zucchini yellow mosaic virus* (Antignus, 2000).

Οι βομβύνοι (*Bombus terrestris*) είναι έντομα πολύ σημαντικά για τη γονιμοποίηση των αγγειοσπέρμων και χρησιμοποιούν την όραση τους τόσο για τον εντοπισμό των ανθέων όσο και για να επιλέξουν το καταλληλότερο μεταξύ αυτών. Τα Υμενόπτερα, στα οποία ανήκουν και οι βομβύνοι, διακρίνουν την υπεριώδη ακτινοβολία τη στιγμή που κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό στον άνθρωπο λόγω της απορρόφησης των μηκών κύματος κάτω από 400 nm από φίλτρα των οφθαλμών. Η ευαισθησία των βομβύνων στην υπεριώδη ακτινοβολία είχε προσωρινά δημιουργήσει ερωτηματικά για το αν επηρεάζεται η αποτελεσματικότητά τους στη γονιμοποίηση των ανθέων σε συνθήκες στις οποίες η ακτινοβολία αυτή έχει αποκλειστεί. Όπως αποδείχθηκε σε έρευνες που διεξήχθησαν οι βομβύνοι όντως διακρίνουν τη διαφορά στο χρώμα λόγω έλλειψης της υπεριώδους ή λόγω περίσσιας της όμως αυτό δεν επηρεάζει τη συμπεριφορά τους κατά τη διαδικασία της γονιμοποίησης (Dyer and Chittka, 2004).

Τέλος σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την ανάπτυξη των φυτοφάγων εντόμων αποδεικνύεται ότι η επίδραση της UV-B σε αυτά είναι έμμεση, καθώς προκαλεί αλλαγές στους φυτικούς ιστούς και ως εκ τούτου και στις διατροφικές συνήθειες των εντόμων και την εξέλιξη τους (Izaguirre et al., 2003). Παρόλα αυτά τα φυτά που έχουν εκτεθεί στην υπεριώδη ακτινοβολία Β αντέχουν περισσότερο στην καταπόνηση από τις επιθέσεις των φυτοφάγων εντόμων από ότι τα φυτά που έχουν μεγαλώσει κάτω από φίλτρα που αποκλείουν την UV-B ακτινοβολία (Stratmann, 2003).

2. Το περιβάλλον του θερμοκηπίου

Η ανάπτυξη και η παραγωγή ενός φυτού εξαρτώνται από το κληρονομικό δυναμικό του, δηλαδή το είδος και την ποικιλία ή το υβρίδιο, καθώς και από το περιβάλλον μέσα στο οποίο θα αναπτυχθεί.

Οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν καθοριστικά την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών στο θερμοκήπιο μπορεί να χωριστούν σε δυο ομάδες:

- Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις λειτουργίες του φυτού, που επιτελούνται στο υπέργειο μέρος του και είναι κυρίως η ακτινοβολία, η θερμότητα, η υγρασία, και το διοξείδιο του άνθρακος.
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις λειτουργίες του φυτού που επιτελούνται στη ρίζα και είναι κυρίως η θερμότητα, το νερό, το οξυγόνο, τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία και το pH (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Το μικροκλίμα στο εσωτερικό ενός καλύμματος είναι η συνισταμένη των διαφόρων ανταλλαγών ενέργειας (με ακτινοβολία, μεταφορά και αγωγιμότητα) και μάζας (υδρατμοί, CO₂) που λαμβάνουν χώρα μεταξύ φυτού και περιβάλλοντος. Το μικροκλίμα είναι βασική συνιστώσα της βιολογικής δραστηριότητας (Κίττας, 2002).

Αν εξαιρέσουμε όλες τις άλλες τεχνητές επεμβάσεις, (π.χ. ανοίγματα αερισμού, δομικό σχέδιο και προσανατολισμό), οι παράμετροι του εξωτερικού κλίματος και οι ραδιομετρικές και θερμικές ιδιότητες του υλικού κάλυψης ευθύνονται αποκλειστικά για τον καθορισμό του μικροκλίματος του θερμοκηπίου (Papadakis et al., 2000).

3. 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).

3.1 Τύποι υλικών κάλυψης και οι ιδιότητές τους

Ο κύριος στόχος ενός υλικού κάλυψης είναι να δημιουργήσει ένα εσωτερικό περιβάλλον το οποίο θα συμβάλλει στην ανάπτυξη των φυτών άσχετα από τις εξωτερικές συνθήκες (Giacomelli and Roberts, 1993)

Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που περνάει στο χώρο των φυτών επηρεάζεται από τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου. Ένα καλής ποιότητας υλικό κάλυψης πρέπει να επιτρέπει να διέλθει μέσα από το υλικό όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα από τον προσπίπτοντα σε αυτό φωτισμό και να ευνοεί τη διάχυση του στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού σε όλο τον καλυπτόμενο χώρο. Επιπλέον να επιτρέπει από το φυσικό φως να διέρχονται όλα τα μήκη κύματος τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Η διέλευση του φωτός μέσω ενός υλικού μπορεί να γίνει απ' ευθείας ή με διάχυση. Όταν το φως διέρχεται απευθείας, έχει σχεδόν την ίδια διεύθυνση με εκείνη του προσπίπτοντος φωτισμού. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι σκιές από τα αντικείμενα που εμποδίζουν την πορεία του (σκελετικά στοιχεία) θα είναι πολύ έντονες. Αντίθετα, με τη διέλευση του φωτός στο θερμοκήπιο γίνεται διάχυσή του και τότε

κατευθύνεται σε ποικίλες κατευθύνσεις με αποτέλεσμα την έλλειψη έντονων σκιάσεων (http1).

Η περατότητα ή μη στη θερμική ακτινοβολία είναι άλλη σημαντική ιδιότητα των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Η θερμική ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος), όπως είναι γνωστό, εκπέμπεται από όλα τα σώματα που έχουν συνήθεις θερμοκρασίες. Ορισμένα υλικά κάλυψης είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία, ενώ άλλα είναι λιγότερο ή καθόλου περατά. Τα υλικά κάλυψης που δεν είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία προκαλούν το καλούμενο «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Δηλαδή ενώ επιτρέπουν την είσοδο μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα στο θερμοκήπιο, δεν επιτρέπουν την έξοδο της μεγάλου μήκους κύματος θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα φυτά και το έδαφος. Το αποτέλεσμα είναι να παγιδεύεται η θερμότητα μέσα στο θερμοκήπιο. Στο φαινόμενο αυτό οφείλεται το 30% περίπου της αύξησης της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο σε σύγκριση με το εξωτερικό περιβάλλον (http1).

Το κοινό μειονέκτημα των περισσότερων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η μικρή αντοχή στο χρόνο. Πολλά από τα υλικά αυτά, όπως τα πλαστικά, είναι ευαίσθητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (αποπολυμερισμός), το γυαλί παρουσιάζει μικρή αντοχή στο χαλάζι, ενώ άλλα υλικά εμφανίζουν μικρή αντοχή στον άνεμο (http1). Γενικά η επιλογή των διαφόρων υλικών κάλυψης πρέπει να βασίζεται:

- στην περατότητα στο φως
- στη μηχανική αντοχή
- τη θερμοπερατότητα
- την περατότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία
- στην αντίσταση στα χτυπήματα από χαλάζι
- στο μέγεθος της διαφανούς επιφάνειας που μπορεί να κατασκευασθεί
- στην ευαισθησία στη γήρανση
- στην αντίσταση στο σκίσιμο
- στην ευαισθησία στη συγκράτηση σκόνης
- στην περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία και
- στην ευαισθησία στις διάφορες χημικές ουσίες (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Ως υλικά κάλυψης χρησιμοποιούνται **οι υαλοπίνακες, τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα, και τα φύλλα σκληρού πλαστικού.**

Οι υαλοπίνακες: Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του γυαλιού, σαν υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων, είναι η διατήρηση των ιδιοτήτων του με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι ένας υαλοπίνακας θερμοκηπίου έχει την ίδια πρακτικά περατότητα στο φως μετά 43 χρόνια με ένα καινούργιο, πράγμα που δεν συμβαίνει με κανένα άλλο υλικό κάλυψης. Μερικοί τύποι γυαλιού γίνονται πιο εύθραυστοι με την πάροδο του χρόνου (Μαυρογιαννόπουλος, 2001.)

Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διαφανής, με τις δύο του επιφάνειες επίπεδες και λείες (τοποθετείται στις πλευρές συνήθως του θερμοκηπίου), ή διαφώτιστος, με τη μία επιφάνεια κυματοειδή ή φολιδωτή (τοποθετείται συνήθως στην οροφή του θερμοκηπίου), ώστε να διευκολύνει τη διάχυση του φωτός. Το υαλόφρακτο θερμοκήπιο απαιτεί φέρουσα κατασκευή ιδιαίτερης αντοχής και χωρίς να υφίσταται σημαντικές παραμορφώσεις από το βάρος των διαφόρων φορτίων (το ειδικό βάρος του γυαλιού είναι 25 KN/m^3). Το ποσοστό διέλευσης της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας στους συνηθισμένου πάχους υαλοπίνακες, είναι συγκριτικά από τα μεγαλύτερα, δεδομένου ότι φτάνει περίπου το 90% ([http1](#)).

Τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα: Στα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού περιλαμβάνονται το φύλλο πολυαιθυλενίου (PE), το φύλλο πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) και το φύλλο πολυεστέρα. Το πρώτο είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα. Τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα πλεονεκτούν των άλλων υλικών κάλυψης λόγω του μικρού βάρους τους, της χαμηλής τιμής τους, της ευκολίας προσαρμογής σε διάφορα σχήματα του σκελετού, της δυνατότητας που δίνουν για χρησιμοποίηση ελαφρότερου και φθηνότερου σκελετού και κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους αρχικής επένδυσης συγκρινόμενο με το σύνολο του κόστους του θερμοκηπίου (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Σε ορισμένα πλαστικά φύλλα έχουν προστεθεί ορισμένες χημικές ενώσεις οι οποίες προκαλούν αλλαγή των οπτικών χαρακτηριστικών τους (π.χ. η μείωση της περατότητας σε ορισμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός και η ενίσχυση της περατότητας σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος). Ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών, είναι δυνατή η χρήση των υλικών αυτών για την επιλεκτική είσοδο ακτινοβολίας ενός καθορισμένου μήκους κύματος στο θερμοκήπιο ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένοι καλλιεργητικοί στόχοι. Η χρήση των υλικών αυτών προϋποθέτει σαφή γνώση των φυσιολογικών απαιτήσεων και αντιδράσεων των φυτών στα διάφορα μήκη κύματος του φωτός. Με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυαιθυλενίου, παρατηρήθηκε η απουσία εντόμων μέσα

στο χώρο του θερμοκηπίου, η μείωση όμως του φωτοσυνθετικά ενεργού φωτός ήταν σημαντική ([http1](#)).

1. Το φύλλο πολυαιθυλενίου (PE) είναι αδιαπέραστο στο νερό και τους υδρατμούς ενώ είναι σχετικά περατό στα αέρια και ιδιαίτερα στο CO₂ και στο O₂. Έχει καλή μηχανική αντοχή, η οποία είναι συνάρτηση του πάχους του. Φύλλο πάχους 0,10 – 0,15 mm έχει 1-2 φορές μεγαλύτερη αντοχή από αυτήν του γυαλιού, πάχους 3 mm. Επιπλέον, το PE έχει καλή περατότητα στο φως. Φύλλο πάχους 0,15 mm αφήνει να διέλθει το 87% του ορατού φωτισμού. Το PE φέρεται στο εμπόριο σε φύλλα μεγάλου πλάτους, με αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα κατασκευής στεγανών θερμοκηπίων, χωρίς μεγάλες διαρροές αέρα. Συνήθως κατασκευάζεται φύλλο πάχους από 20 έως 200 μικρά, σε διάφορα πλάτη μέχρι 11 m. η χρηματική του αξία υπολογίζεται με το βάρος. Τα φύλλα πολυαιθυλενίου έχουν υδρόφοβη επιφάνεια με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση των υδρατμών πάνω σε αυτά σε σταγόνες, οι οποίες με την παραμικρή δόνηση πέφτουν επάνω στα φυτά. Ένα άλλο μειονέκτημα των φύλλων μαλακού πολυαιθυλενίου είναι η λύση της συνέχειάς του από το κάρφωμα, η οποία τα καθιστά ευάλωτα στο σχίσσιμο από τον άνεμο. Η συγκόλληση φύλλων πολυαιθυλενίου επιτυγχάνεται μόνο με θέρμανση και ταυτόχρονη συμπίεση. Γι' αυτό το PE μπορεί να συγκολληθεί μόνο με ειδικούς μηχανισμούς θερμοσυρραφής. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι το πολυαιθυλένιο έχει μικρή διάρκεια ζωής δεδομένου ότι η έντονη ηλιακή ακτινοβολία και η υψηλή θερμοκρασία το καταστρέφουν. Η ιδιότητα αυτή αποτελεί το κυριότερο μειονέκτημά του ([http1](#)).

2. Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) είναι αδιαπέραστο στο νερό και κατά κάποιον τρόπο περισσότερο περατό στους υδρατμούς από το πολυαιθυλένιο, ενώ παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στο O₂ και το CO₂. Έχει μικρότερη θερμοαγωγιμότητα από το πολυαιθυλένιο, ($\lambda = 0,17 \text{ Watt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$), με άμεσο αποτέλεσμα την καλύτερη θερμομόνωση του θερμοκηπίου. Επιπλέον, το PVC είναι λιγότερο περατό στη μεγάλη ακτινοβολία από το πολυαιθυλένιο. Η περατότητα είναι περίπου 12%.

Όταν είναι καινούργιο το PVC έχει πολύ καλή περατότητα στο φως, η οποία φθάνει περίπου στο 90%. Το μαλακό PVC έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με το πολυαιθυλένιο. Δίδεται εγγύηση 4 και 5 χρόνων για επιφάνειες πάχους 0,2 mm και 0,3 mm αντίστοιχα, όταν έχουν σύνθεση ανθεκτική στις υπεριώδεις ακτινοβολίες. Το κόστος του όμως είναι περίπου 3-4 φορές μεγαλύτερο

από αυτό των φύλλων πολυαιθυλενίου πάχους 0,15 mm. Όταν ενισχυθεί με πλαστικές

ίνες πολυαμιδίου, αποκτά μεγαλύτερη αντοχή. Η προσθήκη των ινών προσδίδει επίσης μεγαλύτερη μονωτική ικανότητα, αλλά το καθιστά ακριβότερο και αφαιρεί την περατότητα στο φως ([http1](#)).

Το μαλακό PVC παράγεται σε φύλλα πλάτους 1,25 m ως 2,5 m και πολύ μεγάλο μήκος. Το μικρό πλάτος αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα γιατί απαιτεί περισσότερη εργασία στην τοποθέτηση και γιατί το θερμοκήπιο παρουσιάζει μικρότερη στεγανότητα. Το πλάτος μπορεί να αυξηθεί με κόλλημα, αλλά επιβαρύνεται με επιπλέον κόστος. Ένα άλλο μειονέκτημα του μαλακού PVC είναι ότι κρατάει ηλεκτροστατικά φορτία με αποτέλεσμα να έλκει και να συγκρατεί τη σκόνη. Αυτό με την πάροδο του χρόνου μειώνει σημαντικά την περατότητα στο φως. Για να ξεπεραστεί αυτό το μειονέκτημα απαιτείται συχνό πλύσιμο ή ψεκασμός με αντιστατικό υγρό (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

3.Οι πολυεστέρες είναι προϊόντα πολυμερισμού της αιθυλικής αλκοόλης, της προπυλικής γλυκόζης, του μαλεϊκού οξέως και του φουμαρικού οξέως. Τα πολυεστερικά φύλλα έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής. Για οροφή χρησιμοποιείται φύλλο πάχους 0,127 mm που έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 4 χρόνια, ενώ για τα κάθετα τοιχώματα, φύλλα 0,076 mm με διάρκεια ζωής 7 χρόνια. Πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι επίσης η περατότητα στο φως, που πλησιάζει εκείνη του γυαλιού, καθώς και η έλλειψη στατικού ηλεκτρισμού, που έχει ως αποτέλεσμα να μην συγκρατεί μεγάλη ποσότητα σκόνης στην επιφάνεια όπως το P.V.C. (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Τα φύλλα σκληρού πλαστικού: Το υλικό κατασκευής των φύλλων σκληρού πλαστικού μπορεί να είναι είτε ενισχυμένος πολυεστέρας είτε πολυκαρβονικές ενώσεις, είτε ακρυλικές ενώσεις, είτε σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο ([http1](#)).

1.Τα φύλλα ενισχυμένου πολυεστέρα προέρχονται από πολυεστέρα στον οποίο έχουν προστεθεί σε ποσοστό 20-34% ίνες γυαλιού με αποτέλεσμα την αυξημένη μηχανική αντοχή και την καλύτερη διάχυση του φωτός στο θερμοκήπιο. Στο εμπόριο τα προϊόντα αυτά είναι περισσότερο γνωστά με το όνομα «fiberglass». (Μαυρογιαννόπουλος, 2001). Το ειδικό βάρος του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι σημαντικά ελαφρότερο του τζαμιού (1,3-1,6 g/cm³). Στην οροφή συνήθως χρησιμοποιούνται για κάλυψη αυλακωτές επιφάνειες και στα πλευρικά τοιχώματα επίπεδες ([http1](#)).

Ο πολυεστέρας είναι ανθεκτικός στο χαλάζι και στην μηχανική καταπόνηση, διαβρώνεται όμως με τον χρόνο με αποτέλεσμα την μείωση της περατότητας του στο φως. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα, γίνεται συντήρηση με ακρυλική βαφή. Βελτιωμένος τύπος ενισχυμένου πολυεστέρα έχει καλυμμένη την εξωτερική του επιφάνεια με λεπτό φύλλο «tedlar». Το μειονέκτημα αυτής της επέμβασης είναι το υψηλό κόστος καθώς και το γεγονός ότι σε περίπτωση που το λεπτό αυτό φύλλο είναι κακής ποιότητας δημιουργεί ακόμη μεγαλύτερα προβλήματα. Τελευταία χρησιμοποιούνται και διάφορα άλλα υλικά προστασίας υπό την μορφή ζελατίνης (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, με αποτέλεσμα η κατανάλωση ενέργειας το χειμώνα να είναι ίδια ή μικρότερη με αυτήν του γυάλινου θερμοκηπίου. Για καλή στεγανότητα του θερμοκηπίου κατά την τοποθέτηση των ενισχυμένων πολυεστερικών φύλλων πρέπει να τοποθετείται ειδική πλαστική λωρίδα στα σημεία που αυτά αλληλεπικαλύπτονται καθώς και στις γωνίες. Η στερέωση των επιφανειών στο σκελετό γίνεται με αλουμινοβίδες που έχουν μεγάλης διαμέτρου κεφαλή (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Τέλος αναφέρεται ότι η επιφάνειες του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι υδρόφοβες με συνέπεια να συγκεντρώνονται μεγάλες σταγόνες νερού. Για την αποφυγή του προβλήματος μπορεί η επιφάνεια να ψεκασθεί με ειδικό υγρό που την καθιστά πιο υδρόφιλη. Ένα μειονέκτημα των πολυεστερικών φύλλων είναι ότι είναι εύφλεκτα με συνέπεια να υπάρχει σοβαρός κίνδυνος από πυρκαγιά (<http1>).

2.Τα φύλλα από πολυκαρβονικές ενώσεις (PC) είναι διαθέσιμα στην αγορά με τα ονόματα Thermoclear, Molanex, Qualex, Polygal, Makrolon, Akyver, Gasalith. Κυκλοφορούν στο εμπόριο υπό μορφή απλών αυλακωτών επιφανειών και υπό μορφή διπλών τοιχωμάτων για μείωση των απωλειών θερμότητας. Κατά τη στερέωση θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ο μεγάλος συντελεστής συστολής-διαστολής του υλικού. Μειονέκτημα αποτελεί η μείωση της περατότητας στο φως με την πάροδο του χρόνου. Για να μειωθεί ο ρυθμός υποβάθμισής του, οι επιφάνειες μπορεί να βαφτούν με ακρυλικό διαφανές υλικό (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

3.Τα φύλλα από ακρυλικές ενώσεις διατίθενται στο εμπόριο με τα ονόματα Plexiglas, Vedril και Mouch. Έχουν καλό συντελεστή περατότητας στο φως και η ιδιότητα αυτή διαρκεί πολύ. Παρουσιάζουν υψηλή μηχανική αντοχή, πολύ μεγαλύτερη του γυαλιού, ενώ έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Η

διάρκεια αντοχής στο χρόνο είναι συγκρίσιμη με εκείνη του υαλοπίνακα, το κόστος όμως είναι υψηλότερο από αυτό του υαλοπίνακα. Όσο αφορά την δημιουργία

σταγόνων στην επιφάνειά τους, κυκλοφορούν στο εμπόριο φύλλα των οποίων οι εσωτερικές επιφάνειες είναι καλυμμένες με υδρόφιλη μεμβράνη. Η χρήση σιλικόνης που περιέχει οργανικό οξύ ή άλλων οργανικών διαλυτών πρέπει να αποφεύγεται σ' αυτό το υλικό

Το ακρυλικό είναι ένα θαυμάσιο υλικό από πλευράς οπτικών ιδιοτήτων και θερμομόνωσης. Το κόστος του όμως είναι υψηλό, με συνέπεια η χρήση του στα θερμοκήπια να μην έχει διαδοθεί πολύ (<http://>).

4.Το σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) αποδομείται σχετικά γρήγορα από την υπεριώδη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα αρχικά να σκουραίνει και να μειώνεται η περατότητα του φωτός, ενώ αργότερα γίνεται πιο εύθραυστο. Στα σημεία που έρχονται σε επαφή με το σκελετό του θερμοκηπίου τα φύλλα PVC υποβαθμίζονται γρηγορότερα και η μηχανική τους αντοχή ελαττώνεται. Η ποιότητα των φύλλων PVC ποικίλει ανάλογα με τον τρόπο της παρασκευής τους και ιδιαίτερα την προσθήκη των υλικών κατά την κατασκευή τους και την μέθοδο της σύνθεσης τους. Μερικοί τύποι φύλλων PVC έχουν 5ετή ή και μεγαλύτερης διάρκειας εγγύηση όσον αφορά την διάρκεια ζωής τους και την περατότητα στο φως (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα κυριότερα υλικά κάλυψης θερμοκηπίου καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών.

Πίνακας 2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κυριότερων υλικών κάλυψης (Hanap, 1998).

Υλικό κάλυψης	Τύπος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
A. Γυαλί	Νατράσβεστος (soda lime)	Υψηλή διαπερατότητα, αντοχή σε καιρικά φαινόμενα, μικρή διαστολή λόγω θερμοκρασίας, αντοχή στη ζέστη,	Χαμηλή μηχανική αντοχή, υψηλό κόστος, μεγάλο βάρος, απαιτεί ειδικά πλαίσια για την εγκατάσταση

		στην UV και στις εκδορές	
	Tempered low iron	Ανθεκτικότητα στις ζημιές από το χαλάζι, πιθανή χρήση μεγαλύτερων υαλοπινάκων	
	Πρότυπο (patterned)	Υψηλότερη ακτινοβολία λόγω διάχυσης	
	Διπλό	30 με 40% μειωμένη μεταφορά ενέργειας	Πάρα πολύ υψηλό κόστος
Β. Ακρυλικά Πλαστικά (PMMA)	Άκαμπτο, δύο στρώσεων, με δομή (structured)	Υψηλή διαπερατότητα, ύψιστη αντοχή στην UV και στον καιρό, όχι κιτρίνισμα, ανάλαφρο βάρος, εύκολη κατασκευή	Δημιουργούνται εύκολα αμυχές, υψηλή διαστολή, υψηλό κόστος, εύφλεκτο, σχετικά εύθραυστο λόγω γήρανσης
Γ. Πολυκαρβονικά Πλαστικά (PC)	Άκαμπτο ή ημιεύκαμπτο, με δομή, δύο στρώσεων	Υψηλή μηχανική αντοχή	Μικρή αντοχή στην UV και στον καιρό, υψηλή διαστολή, γδέρνεται εύκολα

Δ. Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	Μεμβράνη, αυλακωτή, άκαμπτη	Υψηλή διαπερατότητα αρχικά, διατίθεται σε πολλές μορφές	Σκουραίνει σχετικά γρήγορα, χαμηλή μηχανική αντοχή, εύθραυστο
------------------------------------	-----------------------------	---	---

Ε. Πολυαιθυλένιο (PE)	Μεμβράνη με ή χωρίς παρεμποδιστές της υπέρυθρης και αντοχή στη UV	Πολύ χαμηλό κόστος, εύκολο στην εφαρμογή, φύλλα μεγάλου μεγέθους, υψηλή μηχανική αντοχή	Μικρή διάρκεια ζωής, χαμηλή θερμική αγωγιμότητα
ΣΤ. Πολυεστέρας	Μεμβράνη, κατασκευή σε πολλές στρώσεις	Υψηλή διαπερατότητα, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία και στις καιρικές συνθήκες, high service temperatures	Χαμηλή μηχανική αντοχή, στενά φύλλα, αποδομείται με την επίδραση της υπεριώδους

3.2 Νέα υλικά κάλυψης

Η τεχνολογία, όσον αφορά στα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων έχει σημειώσει σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία αρκετά σημαντική πρόοδο, δίνοντας έτσι στους παραγωγούς πρόσβαση σε υλικά, τα οποία αντέχουν χρονικά δύο φορές περισσότερο, βελτιώνουν την διέλευση του φωτός και έχουν υποστεί μηχανικές τροποποιήσεις ώστε να βοηθούν στην αύξηση της παραγωγής (Carruthers, 2004).

Έχουν δημιουργηθεί επίσης νέα υλικά κάλυψης στα οποία βρίσκονται ενσωματωμένες κάποιες χρωστικές έτσι ώστε να μεταβάλλουν το φάσμα του φωτός που εισέρχεται μέσα στο θερμοκήπιο. Αυτά τα φωτοεκλεκτικά υλικά κάνουν εφικτή την προώθηση ή την επιβράδυνση της ανάπτυξης των φυτών, προκαλώντας επιμήκυνση ή νανισμό των βλαστών. Χρησιμοποιούνται κυρίως από παραγωγούς ανθέων για τη βελτίωση του χρώματος και για την προώθηση ειδικών χαρακτηριστικών, τα οποία απαιτεί η αγορά όπως για παράδειγμα τα τριαντάφυλλα με μακριούς βλαστούς. Κάποιες φορές χρησιμοποιούνται και από τους παραγωγούς τομάτας και πιπεριάς για την ενίσχυση του χρώματος και της ποιότητας (Carruthers, 2004).

Τα υλικά κάλυψης θερμοκηπίου τα οποία είναι φωτοεκλεκτικά (απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας) έχει βρεθεί ότι είναι χρήσιμα όχι μόνο στην ανάπτυξη των φυτών αλλά και στην καταπολέμηση μυκητολογικών ασθενειών. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι αυτά τα υλικά κάλυψης μπορούν να είναι αποτελεσματικά αποκλείοντας τα επιβλαβή έντομα και έμμεσα τις ιολογικές ασθένειες (Antignus, 2000).

Σε πειράματα που έχουν διεξαχθεί στο Ισραήλ τα φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης λειτούργησαν ως αποτελεσματικά φίλτρα εξαλείφοντας το φάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας και ως εκ τούτου περιόρισαν την ανάπτυξη πληθυσμών εντόμων καθυστερώντας έτσι τις επιδημίες ιών. Παρατηρώντας και συγκρίνοντας την είσοδο των επιβλαβών εντόμων σε θερμοκήπια καλυμμένα με διαφορετικά πλαστικά, αποδείχθηκε ότι οι προσβολές μειώθηκαν δραματικά κάτω από τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία υλικά σε σύγκριση με το συνηθισμένο πολυαιθυλένιο. Καταγράφηκαν μειωμένοι πληθυσμοί για μεγάλο εύρος εντόμων συμπεριλαμβανομένων του αλευρώδη, του θρίπα, των αφίδων και των φυλλορυκτών (Antignus, 2000).

Ακόμη υπάρχουν νέα υλικά τα οποία επιδρούν στο κλίμα του θερμοκηπίου παρεμποδίζοντας την υπεριώδη ακτινοβολία. Δημιουργούν έτσι συνθήκες δροσιάς κατά τη διάρκεια της ημέρας και επιβραδύνουν την πτώση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης κάποια υλικά κάλυψης βελτιώνουν τη διάχυση του φωτός καθώς το φως που τελικά διέρχεται μέσα στο θερμοκήπιο “λούζει” τα φυτά και είναι έντονο χωρίς όμως να είναι άμεσο. Με τη χρήση αυτού του υλικού αντί να αποδίδεται το 90% του διαθέσιμου φωτός στο 20% της επιφάνειας της καλλιέργειας, το φαινόμενο της διάχυσης αποδίδει 85% του διαθέσιμου φωτός στο 80% της

καλλιέργειας. Έτσι μειώνεται και το φαινόμενο του φωτοτροπισμού (Carruthers, 2004).

Οι ιδιότητες του υλικού κάλυψης μπορούν να επηρεάσουν την επέκταση κάποιων ασθενειών στην καλλιέργεια εμποδίζοντας την είσοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας την οποία απορροφούν. Είναι γνωστό ότι η ακτινοβολία αυτή είναι απαραίτητη για την παραγωγή σπορίων σε ορισμένους μύκητες (Papadakis et al., 2000).

Τέλος, έχουν κατασκευαστεί υλικά κάλυψης τα οποία παρεμποδίζουν την πτώση των σταγόνων του νερού που δημιουργούνται στο εσωτερικό της οροφής του θερμοκηπίου πάνω στα φυτά αυξάνοντας τον κίνδυνο ασθενειών. Τα σταγονίδια αυτά είναι επίσης ανεπιθύμητα καθώς προκαλούν μια μείωση στη διαπερατότητα του φωτός της τάξεως του 15-30% (Carruthers, 2004) αλλά και για το λόγο ότι δρουν ως φακοί, συγκεντρώνοντας το ηλιακό φως και προκαλώντας εγκαύματα στα φυτά (Geoola et al., 2002). Τα σύγχρονα υλικά κάλυψης περιέχουν πρόσθετα τα οποία συντελούν στη δημιουργία του συμπακνώματος στην οροφή του θερμοκηπίου με τη μορφή λεπτού στρώματος νερού (film) και όχι σταγόνων, το οποίο τελικά απορρέει στα πλαϊνά του θερμοκηπίου (Geoola et al., 2003).

3.3 Επιδράσεις του τροποποιημένου φάσματος

Από ποιοτικής απόψεως το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας έξω από το θερμοκήπιο μπορεί να τροποποιηθεί σημαντικά από τις οπτικές ιδιότητες του υλικού κάλυψης. Αυτές οι ποιοτικές αλλαγές στη μεταδιδόμενη ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου επιφέρουν μορφογενετικές επιδράσεις και μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τροποποιήσεις στην αρχιτεκτονική και στο σχήμα των φυτών με συγκεκριμένες επιπτώσεις, σε κάποιες περιπτώσεις στην αξία της καλλιέργειας και ειδικότερα στα καλλωπιστικά φυτά (Kittas and Baille, 1998).

Αλλαγές στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου μπορούν να έχουν συγκεκριμένες επιδράσεις στην εξέλιξη της ανάπτυξης και στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Τα ποσά της φωτοσύνθεσης μειώνονται σε χαμηλή PAR και γενικά απώλεια φωτός οδηγεί σε ανάλογη απώλεια της παραγωγής (Papadopoulos and Hao, 1997).

Είναι γνωστό ότι μικρές διαφορές στην διαπερατότητα των υλικών στην ηλιακή ακτινοβολία μπορούν να έχουν σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη της καλλιέργειας. Για παράδειγμα έχει αποδειχθεί ότι αύξηση της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (PAR) κατά 1% αύξησε την παραγωγή τομάτας μεγάλης καλλιέργειας περίπου σε ποσοστό 1% (Pearson et al., 1995).

Πειράματα στην Ολλανδία καταδεικνύουν 10-15% και 4-13% μείωση της παραγωγής για τομάτες οι οποίες μεγάλωναν κάτω από διπλό υαλόφρακτο θερμοκήπιο, σε σύγκριση με θερμοκήπια τα οποία είχαν απλό υαλοπίνακα. Στη Νορβηγία το επίπεδο του φωτός σε ακρυλικά και υάλινα θερμοκήπια ήταν 52% και 61%, αντιστοίχως, του επιπέδου του φωτός έξω από το θερμοκήπιο. Σε αυτήν την περίπτωση το ακρυλικό κάλυμμα είχε αρνητική επίδραση στην παραγωγή αγγουριού σε σχέση με το γυάλινο. Από την άλλη όμως η παραγωγικότητα της τομάτας βρέθηκε να είναι παρόμοια στις δύο περιπτώσεις (Papadopoulos and Hao, 1997).

Είναι ακόμη γνωστό ότι η παροχή συμπληρωματικού φωτός αυξάνει το ποσοστό της φωτοσύνθεσης, της ανάπτυξης και της αύξησης των φυτών καθώς επίσης και την ποιότητα των παραγομένων καρπών (Hao and Papadopoulos, 1999).

4. Φωτοσύνθεση

4.1 Γενικά

Η φωτοσύνθεση θεωρείται από τη βιολογία σαν το σημαντικότερο βιολογικό φαινόμενο της φύσης. Η μεγάλη σπουδαιότητα της από πρακτική άποψη είναι ότι αποτελεί την παραγωγή όλης της βιομάζας, των τροφών καθώς και του οξυγόνου που υπάρχει στη φύση. Με άλλα λόγια η φωτοσύνθεση είναι η σύνθεση από τα πράσινα φυτά (απαραίτητη η χλωροφύλλη), οργανικών ουσιών από ανόργανα στοιχεία με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας, του διοξειδίου του άνθρακα, του αέρα και του νερού.

Η φωτοσύνθεση στα φυτά γίνεται στους χλωροπλάστες, από 40 έως 200 σε αριθμό οι περισσότεροι από τους οποίους βρίσκονται μέσα στο κύτταρο, δηλαδή κέντρο της

φωτοσύνθεσης είναι οι χλωροπλάστες των κύτταρων και το όργανο της φωτοσύνθεσης είναι τα φύλλα (Λόλας 2000).

4.2 Φωτοσύνθεση και ηλιακή ακτινοβολία

Η υπέρυθη ακτινοβολία δεν είναι επιβλαβής για τους ζώντες οργανισμούς, δεδομένου ότι έχει μεγάλο μήκος κύματος και συνεπώς δεν είναι διεισδυτική. Αντίθετα, ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας (780-880 nm) ασκεί θετική επίδραση στην ανάπτυξη της ζωής, δεδομένου ότι επηρεάζει τη φωτομορφογένεση των φυτών (π.χ. φύτευμα σπόρων, φωτοτροπισμός, έλεγχος ανθίσεως κ.λ.π.).

Με εξαίρεση τη φωτομορφογένεση, η υπέρυθη ακτινοβολία από βιολογική άποψη έχει σημασία κυρίως ως θερμική ενέργεια που προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, του εδάφους, των φυτών και γενικά του γήινου περιβάλλοντος.

Από το ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας (380-780 nm), χρήσιμο για τη φωτοσύνθεση των φυτών είναι το τμήμα μεταξύ 400-720 nm, το οποίο για το λόγο αυτό ονομάζεται "φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία" (PAR = photosynthetic active radiation), με μέγιστη απορρόφηση από τη χλωροφύλλη (τύπου a και b) στα 400-480 nm, (κυανού φως) και 630-680nm (ερυθρό φως) (Giacomelli, 1998). Το τμήμα αυτό του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος αντιστοιχεί στο 50% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης. Ειδικά μέσα στα θερμοκήπια, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζεται και από τα υλικά κάλυψης τα οποία απορροφούν ή αντανακλούν μέρος αυτής (περίπου το 30-50% αυτής). Μέχρι κάποιο όριο, όταν αυξάνει η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, αυξάνεται και ο ρυθμός φωτοσύνθεσης.

Το ύψος της έντασης, πάνω από το οποίο η φωτοσύνθεση των φυτών δεν αυξάνεται καλείται ένταση κορεσμού. Όταν όμως η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υπερβολικά μεγάλη η παραγωγή βιομάζας μέσω της φωτοσύνθεσης μειώνεται, πρώτον γιατί ανυψώνεται υπερβολικά η θερμοκρασία οπότε αυξάνεται η φωτοαναπνοή και δεύτερον επειδή αυξάνονται οι απώλειες νερού

μέσω της διαπνοής, με συνέπεια να κλείνουν τα στομάτια και να εμποδίζεται η είσοδος του CO₂ (http 2).

Όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται, ελαττώνεται ανάλογα και η φωτοσύνθεση. Όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μειωθεί τόσο ώστε να αγγίξει ένα συγκεκριμένο κατώτατο επίπεδο, η βιομάζα που παράγεται με την φωτοσύνθεση ισούται με τη βιομάζα που καταναλώνεται μέσω της αναπνοής, για τη διατήρηση του φυτού στη ζωή. Στο σημείο αυτό, το φυτό δεν παράγει περαιτέρω φυτική μάζα και επομένως εμφανίζει μηδενική αύξηση (http5).

Για να μειωθεί η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που μπαίνει στο θερμοκήπιο κατά τους θερινούς μήνες και συνεπώς και η θερμοκρασία του χώρου, λαμβάνονται μέτρα σκίασης. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εποχιακής σκίασης των θερμοκηπίων στην Ελλάδα είναι το βάνιμο του υλικού καλύψεως (γυαλί ή πλαστικό) με ασβέστη, στόκο ή άλλο ανοιχτόχρωμο μη τοξικό για τα φυτά υλικό με υψηλό δείκτη ανάκλασης (http5).



4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση

Η φωτοσύνθεση λαμβάνει χώρα στα πράσινα φύλλα και όχι σε άλλα πράσινα όργανα του φυτού όπως στους βλαστούς ή τις ταξιανθίες. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από τους εξής κλιματικούς παράγοντες :

- Τη θερμοκρασία του αέρα (υψηλή ή χαμηλή)
- Την ένταση και την ποιότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο φυτό
- Το επίπεδο CO₂ στον αέρα που περιβάλλει το φυτό

Το ύψος της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια του φυτού είναι ο παράγοντας εκείνος που επηρεάζει την αύξηση του. Ο έλεγχος του συνολικού ποσού ενέργειας που προσλαμβάνεται από ένα φυτό, κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος και το ύψος αυτής σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, καθορίζει την επίδοση του (Mpelkas, 1989, Legg, 1988).

Υψηλής έντασης ακτινοβολία είναι πιθανότατα περιοριστικός παράγοντας για την παραγωγή τομάτας, όπως και η χαμηλής έντασης ακτινοβολία.

5. Ανάπτυξη των φυτών

5.1 Ορισμός ανάπτυξης

Ανάπτυξη είναι η κάθε μη αναστρεπτή ποιοτική μεταβολή και διαφοροποίηση στη μορφή και οργάνωση ενός φυτού ή μέρους του σώματός του. Η ανάπτυξη δεν συνοδεύεται απαραίτητα πάντα από μεγαλύτερο μέγεθος ή βάρος όπως συμβαίνει με την αύξηση. Ακόμα, αντίθετα από την αύξηση, η ανάπτυξη δεν μπορεί να μετρηθεί αλλά μόνο να περιγραφεί. Ανάπτυξη είναι όλες μαζί οι μεταβολές στη ζωή ενός φυτού από το φύτευμα, στο σχηματισμό φύλλων, στην εμφάνιση του άνθους, στην ανθοφορία, στην επικονίαση-γονιμοποίηση, στην καρποφορία, στο γηρασμό, στην πτώση των φύλλων, και τέλος στο θάνατο του φυτού. Αλλιώς, η ανάπτυξη μπορεί να ορισθεί σαν το σύνολο των διεργασιών που οδηγούν από το αρχικό, μοναδικό κύτταρο (σπόριο, ζυγωτής) στο ολοκληρωμένο φυτό. Προκαθορισμένη σειρά διεργασιών που ελέγχεται γενετικά και επιρεάζεται από το περιβάλλον. Η συμπλήρωση της ανάπτυξης ενός φυτού εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος που πολλές φορές εμποδίζουν ένα ή περισσότερα στάδια ανάπτυξης (π.χ. έναρξη ανθοφορίας λόγω φωτοπεριοδισμού) αλλά τότε η ανάπτυξη του φυτού δεν συμπληρώνεται (Λόλας, 2000).

Μπορεί να έχουμε αύξηση ενός φυτού χωρίς ανάπτυξη ή ανάπτυξη του φυτού χωρίς αύξηση. Όμως τις περισσότερες φορές η αύξηση και ανάπτυξη συμβαίνουν ταυτόχρονα και δύσκολα διαχωρίζονται (Λόλας, 2000).

5.2 Μέτρηση της ανάπτυξης

Η ανάπτυξη σαν ποιοτική μεταβολή που είναι δεν μπορεί να μετρηθεί αλλά μόνο να περιγραφεί. Τις διάφορες διαδοχικές μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές στη διάρκεια ζωής του φυτού οι οποίες αποτελούν την ανάπτυξη μπορούμε να τις διακρίνουμε σε

α.φύτρωμα

δ.ανθοφορία

β.νεανικότητα

ε.καρποφορία

γ.ωρίμανση

στ.γηρασμός

6. Η Καλλιέργεια της Τομάτας

6.1 Γενικά

Η τομάτα είναι κατά κανόνα ετήσιο λαχανικό αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές. Η δημοτικότητα της τομάτας ποικίλει στις διάφορες χώρες, αλλά είναι πολύ λίγες οι περιοχές της γης όπου η τομάτα δεν καλλιεργείται. Καλλιεργείται για τον καρπό της ο οποίος καταναλώνεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέραιος ή σε πολτό (Ολύμπιος, 2001).

Η τομάτα είναι μια από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες ανά τον κόσμο, με ετήσια παραγωγή 29,6 εκατομμύρια τόνους το 1999. Στις Ηνωμένες Πολιτείες η τομάτα είναι η δεύτερη πιο σημαντική καλλιέργεια σε οικονομική αξία, και αν συμπεριλάβουμε τις τομάτες που υφίστανται επεξεργασία, είναι δεύτερο πιο δημοφιλές λαχανικό σε κατά κεφαλή χρήση (Moraru et al., 2004).

Παράλληλα εμπεδώνεται η μεγάλη διαιτητική αξία της τομάτας καθώς αποδεικνύεται ότι αποτελεί για τον άνθρωπο μια από τις κύριες πηγές κάλυψης των αναγκών του σε βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Σήμερα θεωρείται ότι με τον τρόπο που καταναλώνεται στις δυτικές χώρες αποτελεί το πιο σημαντικό λαχανικό από την άποψη αυτή. Το ενδιαφέρον για την τομάτα αυξάνει ακόμη περισσότερο τα τελευταία χρόνια χάρη στο λυκοπένιο που περιέχει. Το λυκοπένιο είναι μια καροτενοειδής χρωστική που υπάρχει άφθονη στον καρπό της τομάτας ο οποίος οφείλει ακριβώς σε αυτήν το χαρακτηριστικό του κόκκινο χρώμα. Εκτός από τις χρωστικές του ιδιότητες το λυκοπένιο είναι και ισχυρή αντιοξειδωτική ουσία. Πολλά πρόσφατα πειράματα έχουν δείξει ότι άνθρωποι που καταναλώνουν αυξημένες ποσότητες τομάτας και προϊόντων από τομάτα έχουν σημαντικά μικρότερο κίνδυνο για καρδιοπάθειες και ορισμένες μορφές καρκίνου (Ανώνυμος, 2002).

Σήμερα η καλλιέργεια της τομάτας εκτείνεται από τις τροπικές περιοχές μέχρι και τις περιοχές που απέχουν μερικές μοίρες από τον αρκτικό κύκλο και στις μεν περιοχές όπου η διάρκεια της θερμής περιόδου το επιτρέπει, η τομάτα καλλιεργείται στο ύπαιθρο, ενώ σε άλλες περιοχές και σε περιόδους «εκτός εποχής», καλλιεργείται σε θερμοκήπια και σε άλλες κατασκευές υπό προστασία (Ολύμπιος, 2001).

6.2 Καταγωγή – Ιστορικό

Η τομάτα (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ανήκει στην οικογένεια Solanaceae. (Ολύμπιος, 2001).

Ο τόπος καταγωγής της πιστεύεται ότι είναι η Ν. Αμερική, ιδιαίτερα το Περού, όπου και σήμερα αυτοφύονται διάφορες παραλλαγές της άγριας τομάτας. Σύμφωνα με όλα τα στοιχεία, από το Περού η άγρια τομάτα μεταφέρθηκε μάλλον ως ζιζάνιο με σπόρους καλαμποκιού, στην Κεντρική Αμερική, ιδιαίτερα στο Μεξικό, όπου άρχισε η καλλιέργεια και η χρήση της από τους Ινδιάνους και τους Αζτέκους πριν από πάρα πολλά χρόνια. Από το Μεξικό μέσω των Ισπανών εξερευνητών η τομάτα ήρθε στην Ευρώπη το 16^ο αιώνα. Για δύο περίπου αιώνες θεωρείται περιέργο και επικίνδυνο είδος και την χρησιμοποιούν μόνο στην Ισπανία, Ιταλία και Γαλλία. Οι Βορειοευρωπαίοι αντιμετωπίζουν την τομάτα με πολύ σκεπτικισμό μέχρι το 18^ο αιώνα, οπότε υπάρχουν και οι πρώτες αναφορές για εμπορία τομάτας από μεσογειακές χώρες. Παρόμοια στάση και επιφυλακτικότητα υπήρχε και στη Βόρεια

Αμερική όπου η τομάτα έφτασε με τους Ευρωπαίους εποίκους στα μέσα του 17^{ου} αιώνα αλλά η καλλιέργεια και η ευρεία χρήση της αρχίζει μόλις μετά τα μέσα του 18^{ου} αιώνα (Ανώνυμος, 2002).

Στην Ελλάδα η εισαγωγή της έγινε αρχικά στην Αθήνα περίπου το 1818 (Ολύμπιος, 2001).

Η τομάτα στον τόπο καταγωγής της είναι πολυετές φυτό, αλλά στις εύκρατες ζώνες καλλιεργείται σαν ετήσιο, γιατί νεκρώνεται το χειμώνα.

Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες, από άποψη βλαστικής ανάπτυξης:

1. **Αναρριχώμενες**, στις οποίες ο κεντρικός βλαστός μεγαλώνει συνεχώς και σχηματίζεται διαδοχικά μεγάλος αριθμός ταξιανθιών. Από μασχαλιαίους οφθαλμούς αναπτύσσονται βλαστοί 2^{ης}, 3^{ης} τάξης κλπ. που σχηματίζουν και αυτοί ταξιανθίες. Οι ποικιλίες αυτές συνήθως καλλιεργούνται για παραγωγή τομάτας νωπής κατανάλωσης.
2. **Αυτοκλαδεύόμενες**, στις οποίες μετά από το σχηματισμό ορισμένου αριθμού ταξιανθιών (ανάλογα με την ποικιλία) σταματά η ανάπτυξη του κεντρικού βλαστού. Οι νάνες ποικιλίες έχουν μικρή βλαστική ανάπτυξη, μεγαλύτερο αριθμό καρπών ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας, η ανθοφορία τους συνήθως ολοκληρώνεται σε λίγες εβδομάδες καθώς και η καρπόδεση, με αποτέλεσμα η ωρίμανση να γίνεται συγκεντρωμένα, δηλ. μέσα σε μικρή σχετικά χρονική περίοδο, και για αυτό είναι κατάλληλες για μηχανική συγκομιδή. Οι ποικιλίες αυτές χρησιμοποιούνται κατά κανόνα για την παραγωγή πρώτης ύλης για τη βιομηχανία κονσερβοποίησης τομάτας (http3).

6.3 Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας

Στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται στην έκταση και παραγωγή καλλιέργειας τομάτας στην Ελλάδα παρουσιάζονται στον πίνακα 3. Αξίζει να σημειωθεί ότι η συνολική έκταση που καλλιεργείται με τομάτες έρχεται δεύτερη μετά την πατάτα, ότι ένα μεγάλο μέρος της έκτασης (62,5%) καλλιεργείται με τομάτες που προορίζονται

για μεταποίηση, ότι το 34,3% είναι υπαίθρια καλλιέργεια για νωπή κατανάλωση και ότι το 3,2% της έκτασης είναι καλλιέργεια σε θερμοκήπια και σκέπαστρα.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμοκηπίων που καλλιεργούνται με τομάτα βρίσκεται στην Κρήτη (43,3%), ακολουθεί η Πελοπόννησος και η Δ. Στερεά (23,3%) και τέλος η Κ. & Δ. Μακεδονία (15,85%).

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)	ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ (τον./στρ.)
Α. Μακεδονίας - Θράκη	582	4.754	8,2
Δ. κ' Κ. Μακεδονίας	4.951	40.146	8,1
Ηπείρου	1.579	16.955	10,7
Θεσσαλίας	1.282	11.625	9,1
Πελοποννήσου - Δ. Στερεάς	4.107	40.063	9,8
Αττικής - Νήσων	1.905	20.190	10,6
Κρήτης	7.897	113.450	14,4
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	22.303	247.183	

Πίνακας 3: Στοιχεία έκτασης και μέσης απόδοσης κατά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου κατά το γεωγραφικό διαμέρισμα για το έτος 1997 (Ολύμπιος, 2001)

6.4 Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπίων στην Ελλάδα

Τα θερμοκήπια έκαναν την εμφάνιση τους στην Ελλάδα στα μέσα της δεκαετίας του 1950. Η σημαντική όμως εξάπλωσή τους αρχίζει μετά το 1960 με τη χρήση των πλαστικών φύλλων ως υλικού κάλυψης και έκτοτε παρατηρείται μια συνεχής αύξηση της έκτασης των θερμοκηπίων που σήμερα φτάνει τα 50000 στρέμματα περίπου. Οι κλιματολογικές συνθήκες αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα εξάπλωσης και ανάπτυξης των θερμοκηπίων.

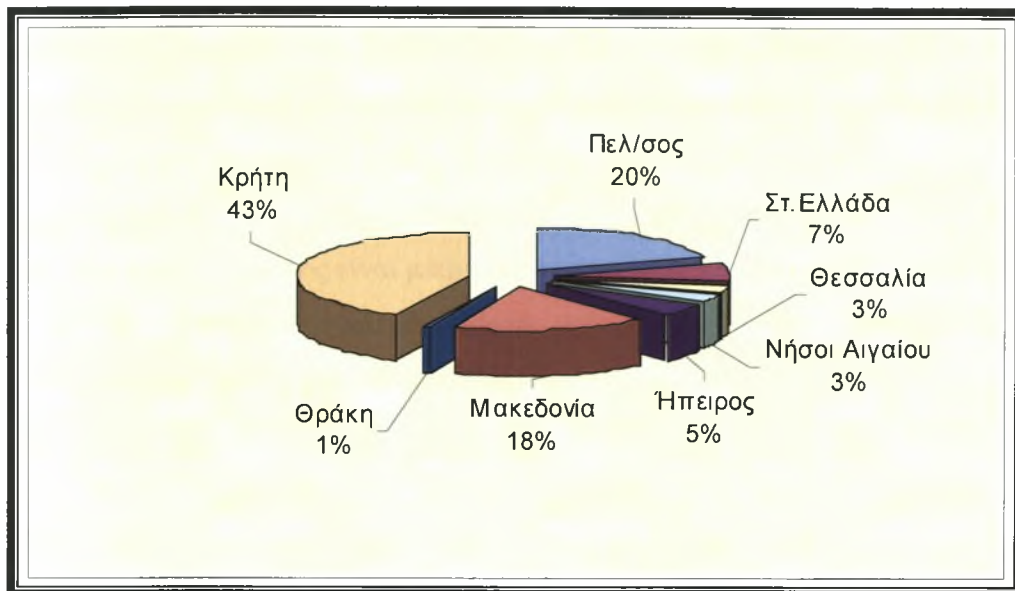
Τα περισσότερα θερμοκήπια είναι συγκεντρωμένα στις περιοχές που χαρακτηρίζονται από ήπιο χωρίς παγετούς χειμώνα επειδή μειώνονται σημαντικά οι

ανάγκες για θέρμανση. Το 79% της συνολικής έκτασης θερμοκηπίων χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια λαχανοκομικών και το 10% για ανθοκομικά προϊόντα.

Τα κυριότερα είδη που καλλιεργούνται είναι η τομάτα και το αγγούρι από τα λαχανοκομικά ενώ από τα ανθοκομικά γλαστρικά φυτά, τα γαρύφαλλα και τα τριαντάφυλλα. Όσο αφορά τη μέση παραγωγή ενδεικτικά αναφέρεται ότι φτάνει τους 10 τόνους ανά στρέμμα για την τομάτα (διπλάσια της παραγωγής στην ύπαιθρο). Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι η αντίστοιχη απόδοση για την τομάτα στην Ολλανδία φτάνει τους 60 τόνους ανά στρέμμα. Σχετικά με την προσφορά θερμοκηπιακών προϊόντων στις χώρες της Ε. Ε, σημειώνεται ότι γενικά τον χειμώνα υπάρχει έλλειψη θερμοκηπιακών προϊόντων και γίνονται σημαντικές εισαγωγές από άλλες χώρες (κυρίως μεσογειακές), ενώ το καλοκαίρι υπάρχει πλεόνασμα, το οποίο εξάγεται (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Η κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα όπως φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί, κατά κανόνα δείχνει την κλιματική διαφοροποίηση των επί μέρους περιοχών. Περισσότερες εκτάσεις θερμοκηπίων συναντώνται στις πλέον ευνοϊκές από πλευράς κλίματος περιοχές με ήπιους χειμώνες και απουσία παγετών κ.τ.λ. φτάνει τους 60 τόνους ανά στρέμμα. Σχετικά με την προσφορά θερμοκηπιακών προϊόντων στις χώρες της Ε. Ε, σημειώνεται ότι γενικά τον χειμώνα υπάρχει έλλειψη θερμοκηπιακών προϊόντων και γίνονται σημαντικές εισαγωγές από άλλες χώρες (κυρίως μεσογειακές), ενώ το καλοκαίρι υπάρχει πλεόνασμα, το οποίο εξάγεται (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Η κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα όπως φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί, κατά κανόνα δείχνει την κλιματική διαφοροποίηση των επί μέρους περιοχών. Περισσότερες εκτάσεις θερμοκηπίων συναντώνται στις πλέον ευνοϊκές από πλευράς κλίματος περιοχές με ήπιους χειμώνες και απουσία παγετών κ.τ.λ.



Γράφημα 1: Κατανομή της έκτασης των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, στα γεωγραφικό διαμερίσματα (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας 1998)

6.5 Κλιματικές απαιτήσεις

Η τομάτα είναι φυτό που καλλιεργείται κατά τη θερμή περίοδο του έτους και απαιτεί χρονική περίοδο διάρκειας τουλάχιστο 3-4 μηνών, από τη σπορά μέχρι την έναρξη της συγκομιδής. Κάτω των 12°C το φυτό παθαίνει ζημιές σε όλα τα στάδια αναπτύξεώς του (φύτρωμα - ανάπτυξη - καρποφορία). Το άριστο της βλαστικής ανάπτυξης παρατηρείται στους 20-25°C. Η βλαστική ανάπτυξη είναι ταχύτερη όταν παρατηρείται διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα 4-5°C (θερμοπεριοδισμός). Η άριστη θερμοκρασία νύχτας ποικίλλει με την ηλικία του φυτού (http4). Συμπερασματικά για την Ελλάδα, τους χειμερινούς μήνες θα μπορούσε χονδρικά να συνιστάται θερμοκρασία νύκτας γύρω στους 15°C και θερμοκρασία ημέρας γύρω στους 21°C. Η διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας δε θα πρέπει να ξεπερνά τους 5-7°C (Ολύμπιος, 2001).

Η καρπόδεση, στις περισσότερες ποικιλίες, γίνεται καλύτερα στους 16-22°C, ενώ δεν μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες άνω των 30-35°C και επίσης κάτω των 10-15°C λόγω σχηματισμού ατελούς άνθους ή γιατί η χαμηλή θερμοκρασία επιδρά

δυσμενώς στη γονιμοποίηση. Εφόσον δε γίνει γονιμοποίηση, παρατηρείται πτώση του άνθους (ανθόρροια). Ανθόρροια επίσης συμβαίνει και όταν η υγρασία του αέρα και η ένταση του φωτός είναι μικρή. Η τομάτα παρουσιάζει ποσοτική, φωτοπεριοδική αντίδραση. Αυτό σημαίνει ότι ανθίζει σε οποιαδήποτε φωτοπερίοδο, αλλά όταν η φωτοπερίοδος είναι μικρή (κάτω από 12 ώρες) τότε ανθίζει νωρίτερα . Το optimum της ανάπτυξης και καρπόδεσης της τομάτας συμβαίνει σε σχετικά μεγάλες εντάσεις φωτός (50.000 lux) (<http4>).

6.6 Εχθροί και ασθένειες της τομάτας

Οι κυριότερες ασθένειες που προσβάλλουν την τομάτα είναι:

- η κλαδοσπορίαση (*Cladosporium fulvum*),
- το ωίδιο (*Leveillula taurica*),
- η σκληρωτινίαση (*Sclerotinia sclerotum*),
- η φαιά σήψη (*Botrytis cinerea*), και
- κάποιοι περονόσποροι (*Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*).

Οι κυριότεροι ζωικοί εχθροί είναι:

- οι νηματώδεις (*Meloidogyne spp.*, *Heterodera rostochiensis*)
- διάφορα είδη αφίδων
- οι θρίπες (*Thrips tabaci*)
- ο φυλλορρύκτης της τομάτας (*Liriomyza solani*)
- ο αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*) και
- ο τετράνυχος (*Tetranychus urticae*)

Οι κυριότερες ιολογικές ασθένειες που προσβάλλουν την τομάτα είναι:

- το μωσαϊκό του καπνού (TMV)
- το κίτρινο καρούλιασμα των φύλλων (TYLCV) (Ολύμπιος, 2001)

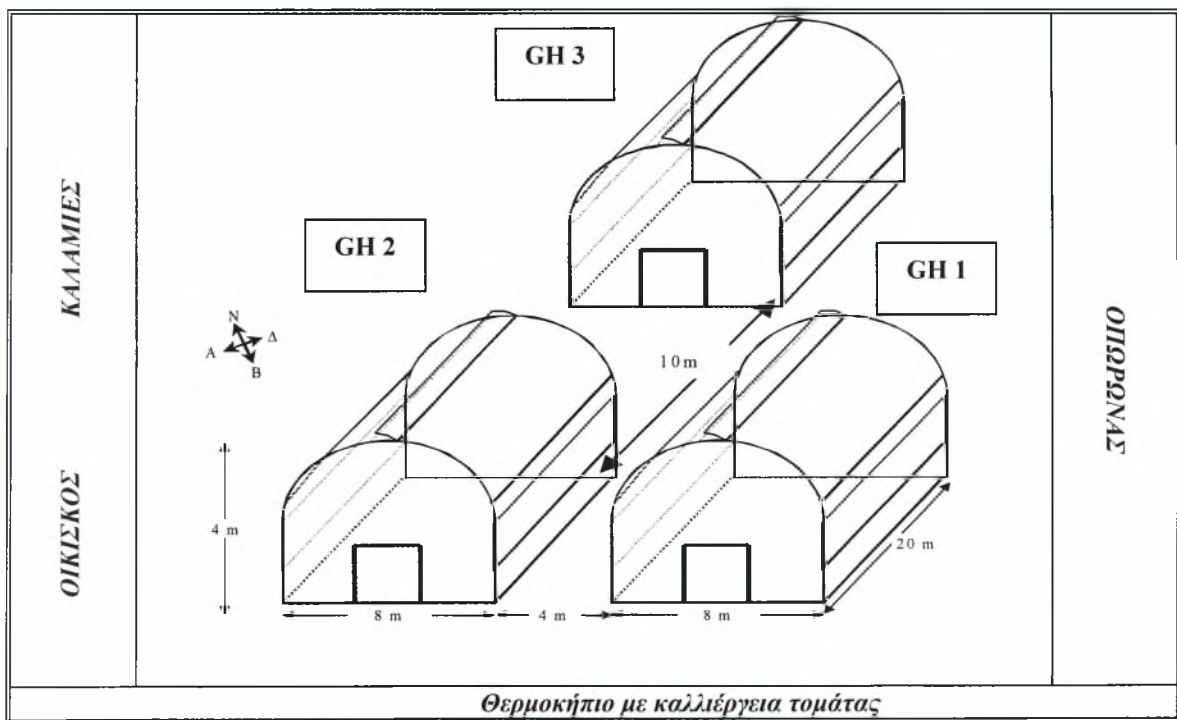
III. Υλικά και Μέθοδοι

1. Η τοποθεσία

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, οι οποίες βρίσκονται στην περιοχή του Βελεστίνου, σε απόσταση 18 χιλιομέτρων από την πόλη του Βόλου και νοτιοδυτικά στο Νομό Μαγνησίας.

2. Τα θερμοκήπια

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία πανομοιότυπα θερμοκήπια, τροποποιημένα τοξωτά, επιφανείας 160m^2 (20 μέτρα μήκος και 8 μέτρα πλάτος) το καθένα και μεγίστου ύψους 4,1m στον κορφιά, ενώ το ύψος του ορθοστάτη έφτανε τα 2,9 μέτρα. Το έδαφος των θερμοκηπίων ήταν πλήρως καλυμμένο με αδιαφανές, διπλής όψεως ασπρόμαυρο πλαστικό. Η διάταξη των θερμοκηπίων παρουσιάζεται ενδεικτικά στην Εικόνα 2.1



Εικόνα 2.1 Τα τρία θερμοκήπια στα οποία πραγματοποιήθηκε το πείραμα

Τα κοντινότερα εμπόδια προς αυτά ήταν, όπως φαίνεται στο Σχήμα, στην ανατολική πλευρά δέντρα ύψους 4 μέτρων, που λειτουργούσαν ως ανεμοθραύστες,

και καλαμιές, τα οποία όμως δεν σκίαζαν καθόλου τα θερμοκήπια καθώς βρίσκονταν σε απόσταση 15 μέτρων από αυτά. Αριστερά του GH2 υπήρχε ένας οικίσκος στον οποίο βρίσκονταν οι δεξαμενές του υδροπονικού συστήματος καθώς και ο υπολογιστής με τον οποίο γινόταν η διαχείριση του συστήματος αυτού. Δεξιά του θερμοκηπίου GH1, υπήρχε οπωρώνας, ενώ στην μπροστινή του πλευρά, βρισκόταν άλλο θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας. Το θερμοκήπιο GH3 απείχε από τον οπωρώνα διπλάσια απόσταση από ότι το GH1.

Επίσης ο προσανατολισμός των θερμοκηπίων ήταν ανατολή-δύση και δεν προκαλούσαν σκίαση το ένα στο άλλο ή άλλες ανεπιθύμητες αντιδράσεις. Το υλικό του σκελετού τους ήταν γαλβανισμένος χάλυβας.

3. Τα υλικά κάλυψης

Το κάλυμμα των θερμοκηπίων ήταν πολυαιθυλένιο με πρόσθετα βελτίωσης των ιδιοτήτων του, στο τρίτο χρόνο χρησιμοποίησής τους και τελευταίο χρόνο χρησιμοποίησής τους. Και τα προηγούμενα χρόνια τα θερμοκήπια είχαν χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια τομάτας. Η διαφορά μεταξύ των τριών καλυμμάτων εντοπιζόνταν κυρίως στο ότι ένα από αυτά είχε πρόσθετα, απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας, (UV-blockers). Μ' αυτό το υλικό ήταν καλυμμένο το GH3, του προηγούμενου σχήματος.

Όταν κατασκευάστηκαν τα υλικά κάλυψης το 2001, μετρήθηκε η διαπερατότητα τους στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και βρέθηκε το επίπεδο της υπεριώδους ακτινοβολίας στο εσωτερικό του μάρτυρα, (θερμοκήπιο GH1), να είναι 5% της εξωτερικής προσπίπτουσας υπεριώδους ακτινοβολίας. Αντίστοιχα στο δεύτερο θερμοκήπιο, GH2, ήταν 3% ενώ στο τρίτο θερμοκήπιο, GH3, 0%.

Με την πάροδο του χρόνου, τα καλύμματα υπέστησαν γήρανση λόγω της έκθεσής τους στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα οι παραπάνω διαπερατότητες να αυξηθούν όπως ήταν αναμενόμενο. Κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης του συγκεκριμένου πειράματος, οι τιμές της διαπερατότητας στα τρία θερμοκήπια ήταν οι εξής:

Πίνακας 3.1 Διαπερατότητα των τριών υλικών κάλυψης στην UV ακτινοβολία

Διαπερατότητα των τριών υλικών κάλυψης στην UV ακτινοβολία						
	UV-A			UV-B		
	GH1	GH2	GH3	GH1	GH2	GH3
Απρίλιος	18,8	17,1	0,4	12,1	11,0	1,1
Μάιος	19,8	18,2	0,4	12,3	11,1	1,1
Ιούνιος	20,6	20,2	0,4	12,5	11,2	1,2
Ιούλιος	21,4	20,4	0,4	12,7	11,3	1,2

Τα υλικά κάλυψης είχαν πάχος 0,18 mm και κατασκευάστηκαν από τη βιομηχανία «Πλαστικά Κρήτης».

4. Αερισμός

Στα θερμοκήπια υπήρχαν ανοίγματα πλαϊνά, κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών, διαστάσεων 1m×18m. Ο αερισμός ελεγχόταν αυτόματα στα θερμοκήπια, όταν η θερμοκρασία ξεπερνούσε τους 23°C.

5. Θέρμανση

Η θέρμανση των θερμοκηπίων ήταν επιδαπέδια. Η θερμοκρασία θερμοστάτη ορίστηκε στους 15 °C κατά τη διάρκεια της νύχτας και 21 °C κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι θερμοστάτες και στα τρία θερμοκήπια τοποθετήθηκαν στο κέντρο των θερμοκηπίων, 2 m πάνω από το έδαφος. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιήθηκε πετρέλαιο.

6. Υπόστρωμα της καλλιέργειας

Για την θρέψη των φυτών χρησιμοποιήθηκε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα έτσι ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος μόλυνσεων από ασθένειες εδάφους και να περιοριστούν γενικότερα οι επιρροές του παράγοντα έδαφος στα φυτά. Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν Περγλίτης[®], σε σάκους μήκους 1 μέτρου. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 136 σάκοι σε κάθε θερμοκήπιο, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε πάγκους σε ύψος 0,5m πάνω από το έδαφος. Οι πάγκοι είχαν κλίση 1-2% για την υποβοήθηση της στράγγισης.

7. Άρδευση- Λίπανση

Η δόση άρδευσης, ο χρόνος και η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος, γίνονταν αυτόματα με το πρόγραμμα MACQU (Management and Control for Quality in Greenhouse). Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια ήταν 2,1 mScm⁻¹ και το 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 Απριλίου έφτασε τις 8 φορές ημερησίως με διάρκεια 10 λεπτά κάθε φορά. Η σύσταση του αρχικού θρεπτικού διαλύματος φαίνεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 7.1 Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος

K^+	280 ppm
Ca^{2+}	164 ppm
Mg^{2+}	46 ppm
SO_4^{2-}	40 ppm
PO_4^{2-}	40 ppm
NO_3^-	233 ppm

8. Η καλλιέργεια

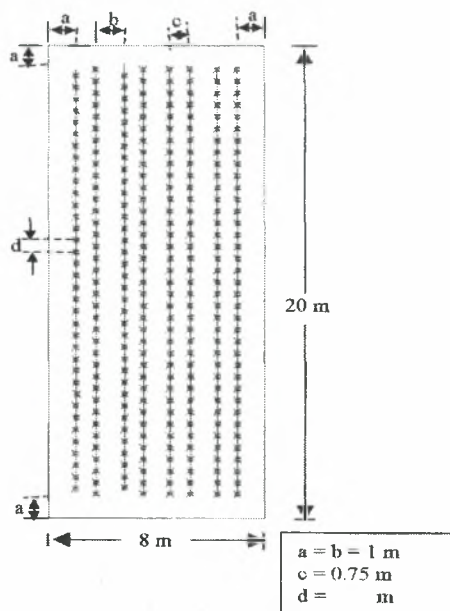
8.1 Ποικιλία-Εγκατάσταση της καλλιέργειας

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας, ποικιλίας Belladonna, η οποία είναι ποικιλία αυτογονιμοποιούμενη, με χαρακτηριστικό τη μεγάλη διάρκεια ζωής στον καρπό. Η μεταφύτευση των φυτών πραγματοποιήθηκε στις 23/2/04 και η καλλιέργεια ολοκληρώθηκε στις 10/7/04.

Τα φυτά μεταφυτεύθηκαν όταν βρίσκονταν στο στάδιο των οκτώ πραγματικών φύλλων. Η παραγωγή τους και η ανάπτυξη τους μέχρι αυτό το στάδιο είχε πραγματοποιηθεί σε επαγγελματικό φυτώριο.

8.2 Διάταξη των φυτών

Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε τέσσερις διπλές σειρές με αποστάσεις φύτευσης 0,37 m επί της γραμμής και 0,75 m μεταξύ των γραμμών της διπλής σειράς, με πυκνότητα 2,4 φυτά/m². Ανάμεσα στις διπλές γραμμές υπήρχε διάδρομος πλάτους 1m (Εικόνα 7). Η τελική πυκνότητα των φυτών ήταν 2.4 φυτά/m².



Εικόνα 8.2.1 Διάταξη και αποστάσεις των φυτών τομάτας στα θερμοκήπια

9. Καλλιεργητικές τεχνικές

Η καλλιέργεια της ποικιλίας πραγματοποιήθηκε με τις συνηθισμένες καλλιεργητικές τεχνικές που ακολουθούν οι παραγωγοί.

9.1 Στήριξη των φυτών

Τα φυτά υποστηρίχθηκαν με πλαστικό σπάγκο, ο οποίος ήταν δεμένος στα οριζόντια σύρματα του θερμοκηπίου με ειδικό εξάρτημα και το σύστημα διαμόρφωσης που ακολουθήθηκε ήταν το μονοστέλεχο.

9.2 Βλαστολόγημα

Οι πλάγιοι βλαστοί αφαιρούνταν με το χέρι σε τακτά χρονικά διαστήματα (τουλάχιστον μια φορά την εβδομάδα).

9.3 Αποφύλλωση- Κορυφολόγημα

Μετά τη συγκομιδή των καρπών της πρώτης ταξικαρπίας αφαιρέθηκαν τα υποκείμενα φύλλα, ώστε να δημιουργηθούν καλύτερες συνθήκες σχετικής υγρασίας στο μικρο-περιβάλλον του φυτού. Το ίδιο επαναλήφθηκε στην δεύτερη ταξικαρπία. Οι κορυφές των φυτών αφαιρέθηκαν την πρώτη Ιουλίου.

9.4 Επεμβάσεις με χημικά

Εξαιτίας της προσβολής που υπήρχε από ωίδιο και κλαδοσπόριο πραγματοποιήθηκαν δύο φορές επεμβάσεις με χημικά κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο πρώτος ψεκασμός πραγματοποιήθηκε στις 22/5 και εφαρμόστηκαν τα μυκητοκτόνα με εμπορικές ονομασίες Daconil και SaproI.

Το Daconil (clorothalonil 75%) χρησιμοποιήθηκε για την καταπολέμηση του κλαδοσπορίου και εφαρμόστηκε σε δόση 37g σε 15 λίτρα νερό και το SaproI (triflorine) για την καταπολέμηση του ωιδίου και η δόση που εφαρμόστηκε ήταν 22cc σε 15 λίτρα νερό. Λόγω της εκτεταμένης προσβολής της καλλιέργειας ο ψεκασμός κρίθηκε αναγκαίο να εφαρμοστεί με τις ίδιες αναλογίες και στις 30/5.

9.5 Επικονίαση των φυτών

Για την υποβοήθηση της επικονίασης και της γονιμοποίησης χρησιμοποιήθηκαν εμπορικές κυσέλες με βομβύνους (*Bombus terrestris*).

9.6 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών

Στα θερμοκήπια γινόταν συστηματικός έλεγχος των εντόμων και των ασθενειών. Τοποθετήθηκαν μπλε και κίτρινες παγίδες για τον έλεγχο του θρίπα και του αλευρώδη αντίστοιχα. Επίσης σε επιλεγμένες θέσεις μέσα αλλά και έξω από τα πλαϊνά ανοίγματα των θερμοκηπίων υπήρχαν εντομολογικές παγίδες για την αντιμετώπιση των αφίδων.

10. Μετρήσεις

Για τη μελέτη της ανάπτυξης των φυτών επιλέχθηκαν από κάθε θερμοκήπιο με τη βοήθεια πλήρως τυχαιοποιημένου σχεδίου 24 φυτά. Στα φυτά αυτά έγινε ειδική σήμανση με έγχρωμες κορδέλες οι οποίες δέθηκαν πάνω στο σπάγκο υποστήριξης του κάθε επιλεγμένου φυτού. Τα φυτά που επιλέχθηκαν δεν βρίσκονταν σε καμία από τις δύο σειρές οι οποίες έρχονταν σε άμεση επαφή με τα πλαϊνά ανοίγματα αερισμού. Από τις έξι υπολειπόμενες σειρές επιλέχθηκαν πέντε φυτά σε κάθε σειρά τα οποία βρίσκονταν σε τυχαία θέση πάνω στη σειρά αυτή.

Η λήψη των μετρήσεων ξεκίνησε στις 11/4/2004 (44^η ημέρα από τη μεταφύτευση και συνεχίστηκε μέχρι τις 2/7/2004 (130^η ημέρα από τη μεταφύτευση).

Συνολικά μετρήθηκαν

- το ύψος των φυτών
- ο αριθμός των κόμβων
- ο αριθμός των λουλουδιών στις ταξιανθίες και των καρπών
- ο αριθμός των ταξιανθιών
- η επιμήκυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων καθώς και η διάμετρος του βλαστού.

10.1 Μέτρηση του ύψους

Το ύψος μετρήθηκε κατά την 48^η, 59^η, 73^η, 82^η, 88^η, 95^η, 103^η, 111^η, 116^η και 130^η μέρα μετά τη μεταφύτευση. Η μέτρηση του μήκους πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια απλού μέτρου και η ακρίβεια της μέτρησης ήταν της τάξεως του 0,5 cm. Ως ύψος του φυτού είχε οριστεί το μήκος του κεντρικού βλαστού από το λαιμό του φυτού μέχρι το σημείο εμφάνισης του φύλλου στην κορυφή με μήκος μικρότερο από 10 cm.

10.2 Μετρηση των κόμβων

Ο αριθμός των κόμβων μετρήθηκε κατά την 44^η, 59^η, 72^η, 86^η, και 102^η ημέρα από τη μεταφύτευση.

10.3 Μέτρηση των λουλουδιών(ανοιχτών-κλειστών) και των καρπών

Ο αριθμός των λουλουδιών(ανοιχτών-κλειστών) στις ταξιανθίες μετρήθηκε κατά την 46^η, 49^η, 55^η και 66^η μέρα μετά την μεταφύτευση. Η μέτρηση του αριθμού των λουλουδιών(ανοιχτών-κλειστών) σε κάθε ταξιανθία πραγματοποιήθηκε με προσεκτική παρατήρηση στα φυτά της καλλιέργειας. Παράλληλα με την μέτρηση των λουλουδιών εκτελούσαμε και την μέτρηση του αριθμού των καρπών στα φυτά της τομάτας.

10.4 Μέτρηση των ταξιανθιών

Ο αριθμός των ταξιανθιών σε κάθε φυτό της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε κατά την 46^η, 49^η, 55^η και 66^η μέρα μετά την μεταφύτευση. Η μέτρηση του αριθμού των ταξιανθιών σε κάθε φυτό του πειράματος πραγματοποιήθηκε με προσεκτική παρατήρηση στα φυτά κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

10.5 Μέτρηση της επιμήκυνσης των μεσογονάτιων διαστημάτων και της διαμέτρου του βλαστού

Η μέτρηση της επιμήκυνσης των μεσογονατίων διαστημάτων και της διαμέτρου του βλαστού πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια παχυμέτρου ακριβείας.

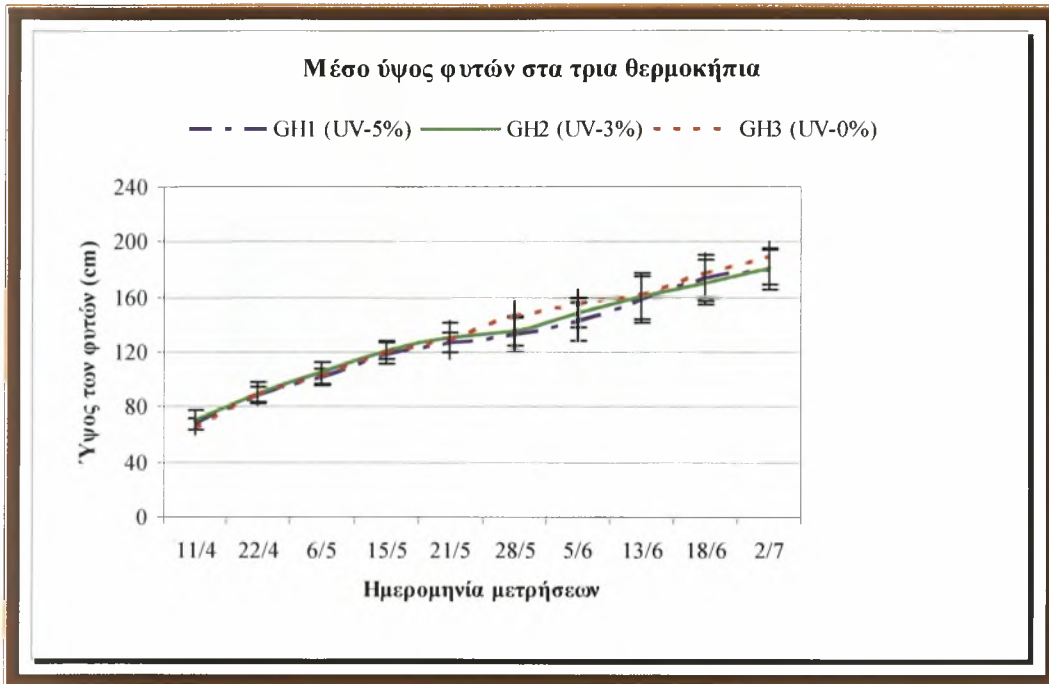
10.6 Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων

Για τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων και την αποκομιδή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 12.0 for Windows. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με τη μέθοδο ανάλυσης παραλλακτικότητας (Two Way ANOVA). Σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των μεταχειρίσεων καθορίστηκαν με το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$.

IV. Αποτελέσματα

1. Ύψος φυτών

Το ύψος των φυτών μετρήθηκε κατά τη διάρκεια αυτής της ερευνητικής εργασίας συνολικά δέκα φορές.



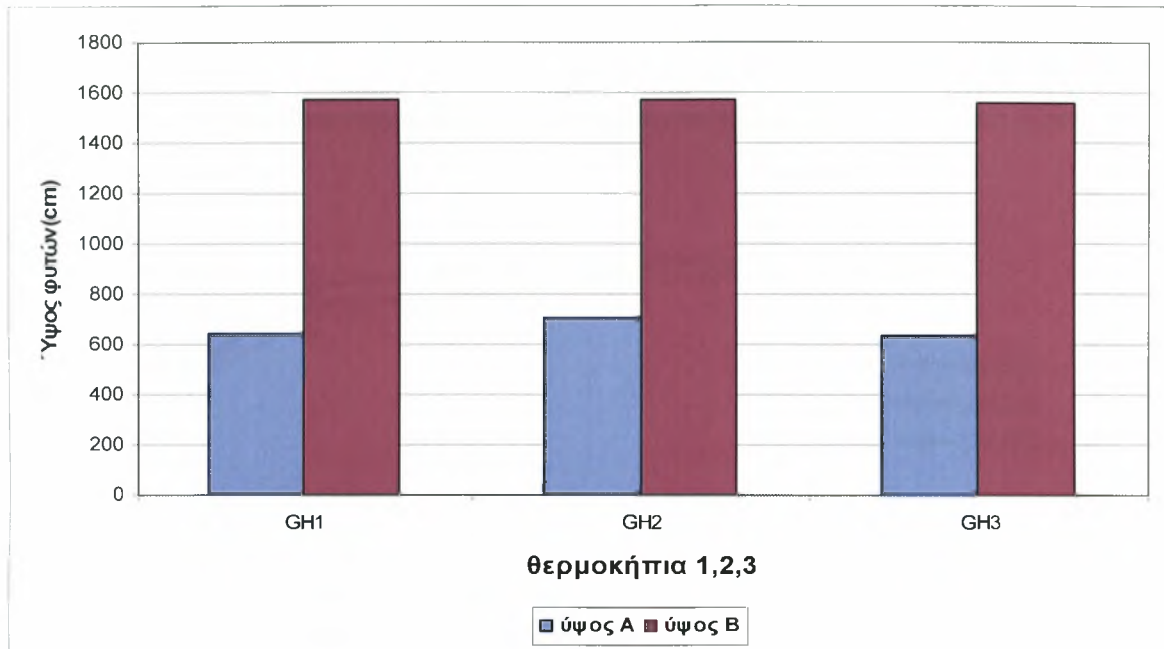
Σχήμα 1.1 Η εξέλιξη στο ύψος των φυτών και στα τρία θερμοκήπια.

Από το Σχήμα 1.1 φαίνεται ότι το ύψος και στα τρία θερμοκήπια αυξάνεται σταδιακά. Από της 11/4/2004 ως και της 2/7/2004, που λήφθηκε η τελευταία μέτρηση, το ύψος των φυτών στο GH1 κυμάνθηκε από 68 cm, με τυπική απόκλιση 4,27 cm, μέχρι 180,33 cm με τυπική απόκλιση 14,89 cm. Στο GH2 κυμάνθηκε από 70,93 cm με τυπική απόκλιση 6,97 cm μέχρι 181,79 cm με τυπική απόκλιση 12,5 cm, και στο GH3 τα φυτά είχαν αρχικό μέσο ύψος 65,36 cm με τυπική απόκλιση 4,92 cm και τελικό μέσο ύψος 190,07 cm με τυπική απόκλιση 10,6 cm. Προκύπτει ότι τα φυτά στο GH3 με 0% διαπερατότητα στην UV ήταν ψηλότερα από ότι τα φυτά στα άλλα δύο θερμοκήπια.

Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια εντοπίζονται κυρίως από την DAT 95 (28/5/04) και έπειτα, ανάμεσα στο θερμοκήπιο

που η είσοδος της υπερϊώδους ακτινοβολίας εμποδίζεται και τα άλλα δύο θερμοκήπια.

Το τελικό μέσο ύψος A και B στα τρία θερμοκήπια παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.2. Το τελικό μέσο ύψος A και B, μετρήθηκε την 2/7/04.

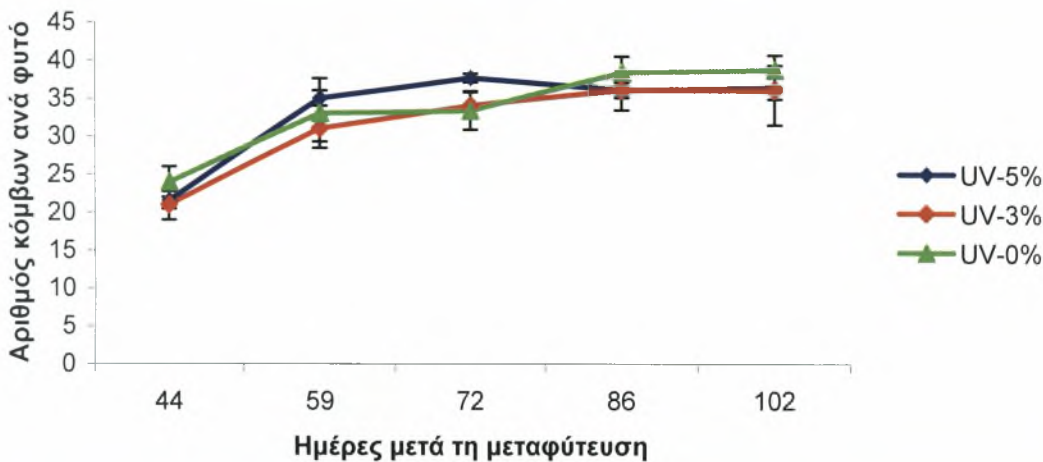


Σχήμα 1.2. Τελικό μέσο ύψος A , B των φυτών στα τρία θερμοκήπια

Ως ύψος A έχει ορισθεί η απόσταση από την βάση του φυτού μέχρι την τελευταία ταξιανθία του ενώ ως ύψος B έχει ορισθεί η απόσταση από την τελευταία ταξιανθία του φυτού μέχρι την κορυφή του. Για την μέτρηση του ύψους A ο αριθμός των φυτών που μετρήθηκαν από το GH1 ανέρχεται σε 24, από το GH2 ανέρχεται σε 24 και από το GH3 σε 22. Είχαμε απώλειες σε φυτά λόγω θανάτου (dead). Έτσι για το ύψος A στο GH1 έχουμε ένα μέσο όρο 645,188cm, στο GH2 έχουμε μέσο όρο 703,6cm και στο GH3 έχουμε μέσο όρο 633,486cm. Αντίστοιχα για το ύψος B ο αριθμός των φυτών που μετρήθηκαν από το GH1 είναι 24, από το GH2 μετρήθηκαν 24 και από το GH3 μετρήθηκαν 22. Και εδώ είχαμε απώλειες φυτών λόγω θανάτου. Για το ύψος B λοιπόν έχουμε στο GH1 ένα μέσο όρο 1569,93cm, στο GH2 μέσο όρο 1571,27cm και στο GH3 έχουμε μέσο όρο 1557,27cm. Παρατηρώντας τους μέσους όρους προκύπτει στατιστικά ότι στο GH2 (UV-3%) το ύψος A κ B στα φυτά είναι λίγο μεγαλύτερο σε αντίθεση με το ύψος των φυτών στα άλλα δύο θερμοκήπια.

2. Αριθμός κόμβων

Ο μέσος αριθμός των κόμβων μετρήθηκε συνολικά πέντε φορές.



Σχήμα 2.1 :Μέσος αριθμός κόμβων φυτών τομάτας στα τρία θερμοκήπια

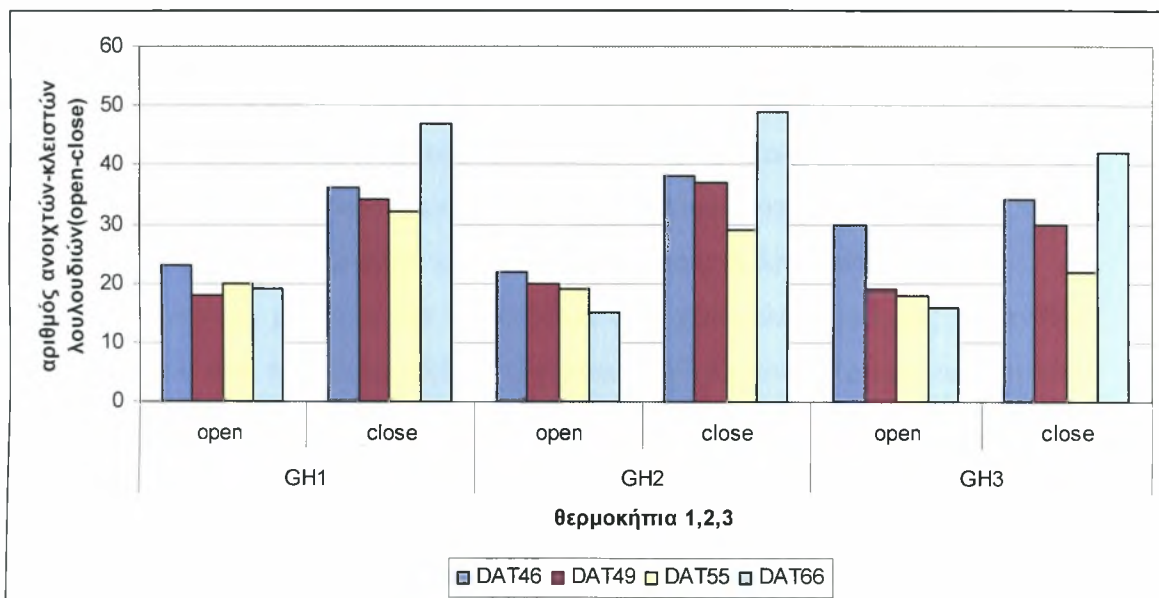
Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται η εξέλιξη του μέσου αριθμού των κόμβων στα τρία θερμοκήπια, όπου φαίνεται να υπάρχουν μικρές διακυμάνσεις μεταξύ των θερμοκηπίων. Στην πρώτη μέτρηση ο αριθμός των κόμβων βρέθηκε στο UV-5% θερμοκήπιο 33,3 κόμβους ανά φυτό με τυπική απόκλιση 6,6 κόμβους ανά φυτό, στο θερμοκήπιο UV-3% 31,6 κόμβους ανά φυτό με τυπική απόκλιση 6,3 κόμβους ανά φυτό και τέλος στο θερμοκήπιο UV-0% 33,5 κόμβους ανά φυτό με τυπική απόκλιση 5,2 κόμβους ανά φυτό.

Από την τρίτη μέτρηση και μετά υπάρχουν μικρές διακυμάνσεις του αριθμού των κόμβων ανά φυτό και στην τελευταία μέτρηση έχουμε στο θερμοκήπιο UV-5% 36,33 κόμβους ανά φυτό με τυπική απόκλιση 1,52 κόμβους ανά φυτό στο θερμοκήπιο UV-3% 36 κόμβους ανά φυτό με τυπική απόκλιση 4,58 κόμβους ανά φυτό και στο θερμοκήπιο UV-0% 38,66 κόμβους ανά φυτό με τυπική απόκλιση 0.57 κόμβους ανά φυτό.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές στον αριθμό των κόμβων των φυτών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν εντοπίζονται σε καμία μέτρηση.

3. Αριθμός λουλουδιών (ανοιχτών-κλειστών) και καρπών

Η ταξιανθία αποτελεί σημαντικό μέρος ενός φυτού κ ως εκ τούτου η μέτρηση των ανοιχτών-κλειστών λουλουδιών σε μια ταξιανθία είναι απαραίτητη στα περισσότερα αγρονομικά πειράματα που έχουν σχέση με την ανάπτυξη του φυτού.



Σχήμα 3.1 Αριθμός ανοιχτών-κλειστών λουλουδιών στα τρία θερμοκήπια

Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται ο αριθμός των ανοιχτών και κλειστών λουλουδιών στις ταξιανθίες κατά τις DAT46, DAT49, DAT55 και DAT66 όπου φαίνεται να υπάρχουν μικρές διαφορές στον αριθμό των λουλουδιών (ανοιχτών-κλειστών) στα τρία θερμοκήπια. Την DAT46 μετρήθηκαν στο GH1, 23 ανοιχτά λουλούδια και 36 κλειστά στο σύνολο των 24 φυτών του δείγματος. Την ίδια μέρα στο GH2 μετρήθηκαν πάλι στο ίδιο σύνολο φυτών 22 ανοιχτά λουλούδια και 38 κλειστά και τέλος στο GH3 την ίδια μέρα μετρήθηκαν 30 ανοιχτά και 34 κλειστά λουλούδια αντίστοιχα.

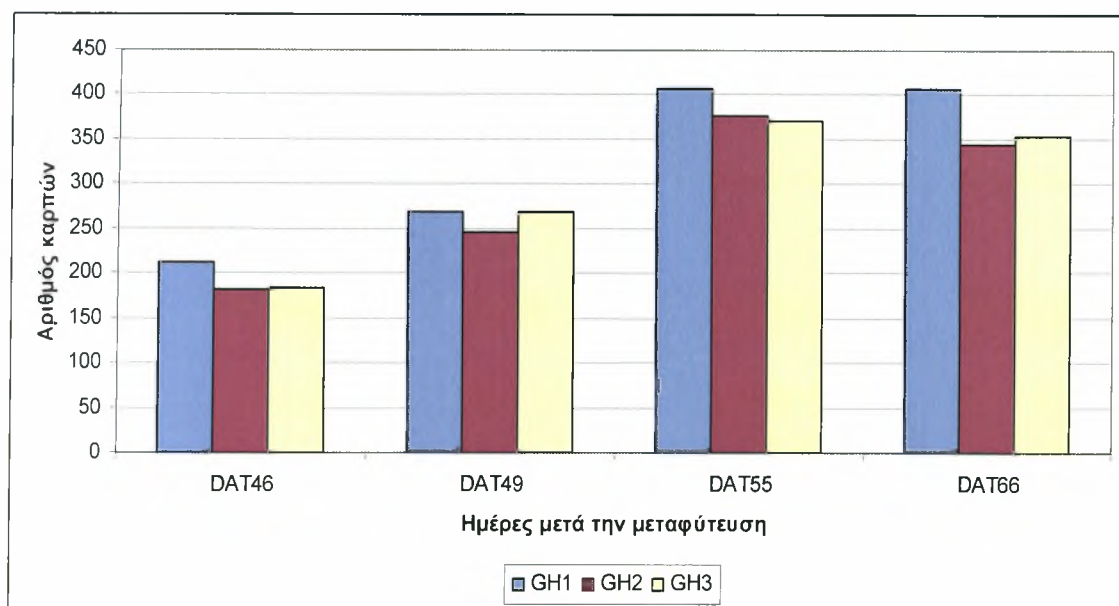
Την DAT49 μετρήθηκαν στο GH1 18 ανοιχτά λουλούδια και 34 κλειστά στο σύνολο των 24 φυτών του δείγματος. Στο GH2 την ίδια μέρα μετρήθηκαν 20 ανοιχτά λουλούδια και 37 κλειστά και στο GH3 την ίδια μέρα μετρήθηκαν 19 ανοιχτά λουλούδια και 30 κλειστά αντίστοιχα.

Την DAT55 μετρήθηκαν στο GH1 20 ανοιχτά και 32 κλειστά λουλούδια, στο GH2 μετρήθηκαν 19 ανοιχτά και 29 κλειστά λουλούδια και τέλος στο GH3 μετρήθηκαν 18 ανοιχτά και 22 κλειστά λουλούδια.

Τέλος, την DAT66 στο GH1 μετρήθηκαν 19 ανοιχτά και 47 κλειστά λουλούδια, στο GH2 μετρήθηκαν 15 ανοιχτά και 49 κλειστά λουλούδια και στο GH3 μετρήθηκαν 16 ανοιχτά και 42 κλειστά λουλούδια.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές στον αριθμό των ανοιχτών και κλειστών λουλουδιών των ταξιανθιών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν εντοπίζονται. Παρατηρώντας στο Σχήμα 3.1 θα διαπιστώσουμε μια μικρή διαφορά στον αριθμό των κλειστών λουλουδιών στο GH3. Πιο συγκεκριμένα παρατηρούμε μείωση στον αριθμό των κλειστών λουλουδιών σε σύγκριση με τον αντίστοιχο αριθμό κλειστών λουλουδιών στα GH1 και GH2. Σημαντική διαφορά όμως, στον αριθμό των ανοιχτών λουλουδιών και στα τρία θερμοκήπια δεν εμφανίζεται.

Εκτός από την μέτρηση των λουλουδιών (ανοιχτών-κλειστών) στις ταξιανθίες των φυτών και στα τρία θερμοκήπια, πραγματοποιήθηκε και μέτρηση των καρπών ταυτόχρονα.



Σχήμα 3.2 Αριθμός καρπών στα τρία θερμοκήπια

Στο Σχήμα 3.2 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών τομάτας μετά από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τις DAT46, DAT49, DAT55 και DAT66.

Στο GH1, την DAT46 μετρήθηκαν στο σύνολο των 24 φυτών του δείγματός μας 212 καρποί, την DAT49 μετρήθηκαν 269 καρποί, την DAT 55 μετρήθηκαν 407 καρποί και την DAT66 μετρήθηκαν 407 καρποί.

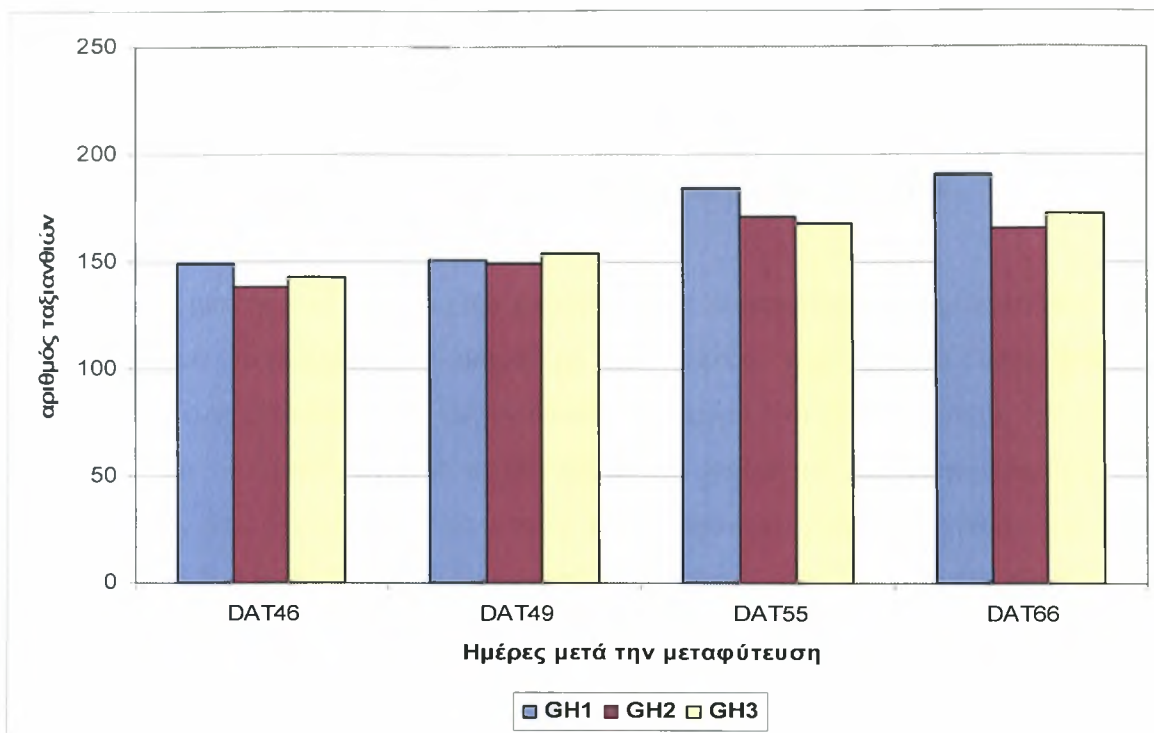
Στο GH2, την DAT46 μετρήθηκαν 181 καρποί, την DAT49 μετρήθηκαν 245 καρποί, την DAT55 μετρήθηκαν 377 καρποί και την DAT66 μετρήθηκαν 344 καρποί.

Τέλος, στο GH3, την DAT46 μετρήθηκαν 183 καρποί, την DAT49 μετρήθηκαν 269 καρποί, την DAT55 μετρήθηκαν 370 καρποί και την DAT 66 μετρήθηκαν 354 καρποί.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές στον αριθμό των καρπών των φυτών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν εντοπίζονται. Από το Σχήμα 3.2 φαίνεται ότι ο συνολικός αριθμός των καρπών αυξάνεται σταδιακά και στα τρία θερμοκήπια εκτός από την DAT66, όπου δεν παρατηρούμε σημαντική διαφορά με την DAT55 παρά μόνο μια μικρή μείωση στον αριθμό των καρπών στα GH2 και GH3.

4.Αριθμός ταξιανθιών

Η μέτρηση των ταξιανθιών πραγματοποιήθηκε την DAT46, DAT49, DAT55 και DAT66.



Σχήμα 4.1 Αριθμός ταξιανθιών στα τρία θερμοκήπια

Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζεται ο αριθμός των ταξιανθιών και στα τρία θερμοκήπια. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στο σύνολο των 24 φυτών του δείγματος στο κάθε θερμοκήπιο χωριστά.

Στο θερμοκήπιο UV-5% την DAT46 μετρήθηκαν 149 ταξιανθίες στο σύνολο των 24 φυτών που παρατηρήσαμε για την μέτρηση. Την DAT49 στο ίδιο θερμοκήπιο μετρήθηκαν 151 ταξιανθίες. Την DAT55, οι ταξιανθίες που μετρήθηκαν ήταν 184 και 191 ταξιανθίες την DAT 66.

Στο θερμοκήπιο UV-3%, την DAT46 μετρήθηκαν 138 ταξιανθίες, την DAT49 μετρήθηκαν 149 ταξιανθίες, την DAT55 μετρήθηκαν 171 ταξιανθίες και τέλος την DAT66 μετρήθηκαν 166 ταξιανθίες.

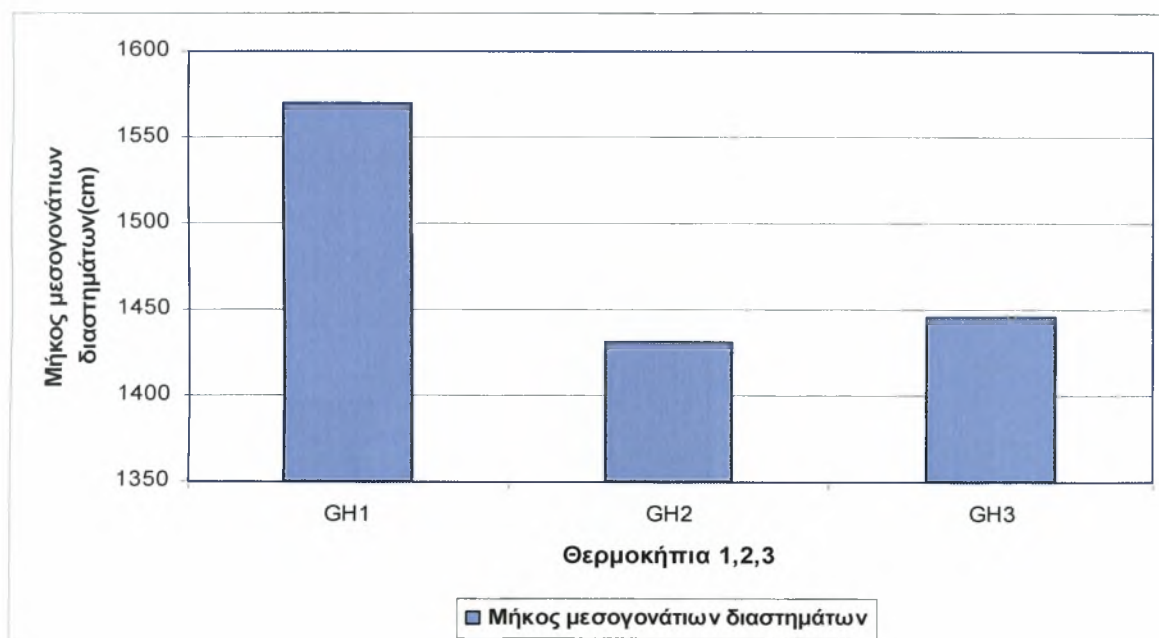
Τέλος, στο θερμοκήπιο UV-0%, την DAT46 μετρήθηκαν 143 ταξιανθίες, την DAT49 μετρήθηκαν 154 ταξιανθίες, την DAT55 μετρήθηκαν 168 ταξιανθίες και τέλος την DAT66 μετρήθηκαν 173 ταξιανθίες.

Παρατηρώντας και το σχήμα 4.1 θα διαπιστώσουμε, ότι σημαντικές διαφορές στο συνολικό αριθμό των ταξιανθιών και στα τρία θερμοκήπια δεν υπάρχουν. Στατιστικά σημαντικές διαφορές στον αριθμό των ταξιανθιών έχουμε στην DAT 49 με την DAT55, όπου παρατηρούμε μια αύξηση στον αριθμό των ταξιανθιών και στα τρία θερμοκήπια, την DAT55. Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν

παρατηρούμε ανάμεσα στις DAT 46 και DAT 49, όπως επίσης και ανάμεσα στις DAT55 και DAT66.

5.Μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων και διάμετρος βλαστού

Η μέτρηση του μήκους των μεσογονάτιων διαστημάτων πραγματοποιήθηκε με παχύμετρο ακριβείας και μετρήθηκε το μήκος του πρώτου μεσογονάτιου διαστήματος μετά από κάθε ταξιανθία από τη στιγμή που γίνεται 1cm ως την πλήρη ανάπτυξή του. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και στην διάμετρο του βλαστού, στις θέσεις κατά τις οποίες το μεσογονάτιο διάστημα γίνεται 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 κ.ο.κ cm. Οι παραπάνω μετρήσεις εκτελέστηκαν στο σύνολο των 24 φυτών του δείγματος σε κάθε θερμοκήπιο.



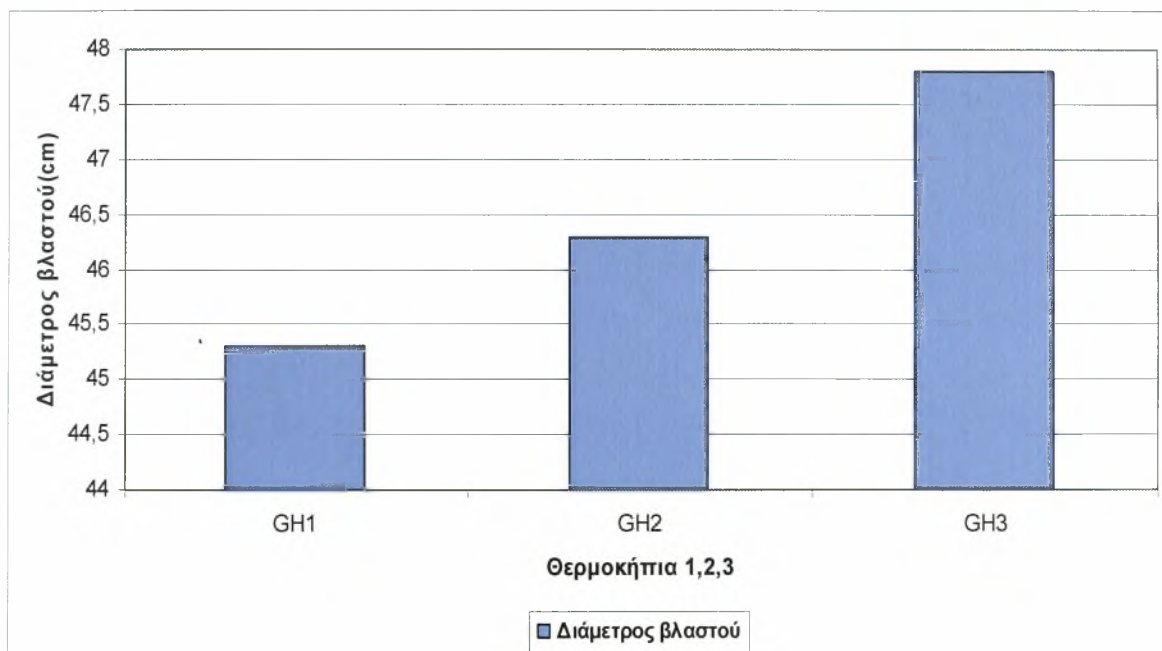
Σχήμα 5.1 Τελικό μέσο μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων φυτών στα τρία θερμοκήπια

Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται το τελικό μέσο μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων των φυτών και στα τρία θερμοκήπια. Το τελικό μέσο μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων σε κάθε θερμοκήπιο, προκύπτει από το μέσο όρο των τελικών τιμών του μήκους των μεσογονάτιων διαστημάτων, την 2/7/04.

Το τελικό μέσο μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων στο θερμοκήπιο 1 είναι 1569,9cm, στο θερμοκήπιο 2 είναι 1430,8cm και στο θερμοκήπιο 3 είναι

1445,7. Παρατηρούμε λοιπόν, μια σημαντική μείωση στις τιμές στα θερμοκήπια 2 και 3. Το θερμοκήπιο 1, αποτελείται από τα αριθμημένα φυτά του πειράματος 1 έως 24, το θερμοκήπιο 2 αποτελείται από τα φυτά 25 έως 48 και το θερμοκήπιο 3, από τα φυτά 49 έως 72. Στο θερμοκήπιο 2, τα φυτά 47 και 48 παρουσίασαν χαμηλές τιμές μήκους σε σχέση με τα άλλα φυτά ενώ το φυτό 46 παρατηρήθηκε νεκρό. Από το θερμοκήπιο 3, χαμηλές τιμές μήκους παρουσίασαν τα φυτά 68 κ 69 σε σύγκριση με τις τιμές του μήκους των μεσογονάτιων διαστημάτων των υπολοίπων φυτών του θερμοκήπιου. Άρα, παρατηρούμε μια σημαντική μείωση στο μέσο μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων από το θερμοκήπιο 1 με το θερμοκήπιο 2, ενώ δεν παρατηρείται το ίδιο για τα θερμοκήπια 2 και 3, σε σύγκριση μεταξύ τους.

Παράλληλα με την μέτρηση του μήκους των μεσογονάτιων διαστημάτων πραγματοποιήθηκε και μέτρηση της διαμέτρου του βλαστού όταν το μεσογονάτιο διάστημα αυξάνονταν κάθε φορά κατά 0,5cm.



Σχήμα 5.2. Τελική μέση διάμετρος βλαστού στα τρία θερμοκήπια

Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζεται, η τελική μέση διάμετρος του βλαστού και στα τρία θερμοκήπια, την 2/7/04.

Απ' το Σχήμα 5.2, παρατηρούμε ότι η διάμετρος του βλαστού και στα τρία θερμοκήπια αυξάνεται σταδιακά. Στο GH1 η τελική μέση τιμή της διαμέτρου του βλαστού είναι 45,27cm , στο GH2 είναι 46,34cm και στο GH3 είναι

47,79cm. Προκύπτει ότι τα φυτά στο GH3 με 0% διαπερατότητα στην UV ακτινοβολία είχαν μεγαλύτερη μέση τιμή διαμέτρου βλαστού σε σχέση με τα φυτά στα άλλα δύο θερμοκήπια.

V. Συζήτηση-Συμπεράσματα

Στην παρούσα ερευνητική εργασία μελετήθηκε η επίδραση της έλλειψης της υπεριώδους ακτινοβολίας σε περιβάλλον θερμοκηπίου, λόγω εφαρμογής φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης, σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας.

Μελετήθηκε η ανάπτυξη των φυτών που ορίζεται ως οι μεταβολές στη ζωή ενός φυτού από το φύτευμα, στο σχηματισμό φύλλων, στην εμφάνιση του άνθους, στην ανθοφορία, στην επικονίαση-γονιμοποίηση, στην καρποφορία, στον γηρασμό, στην πτώση των φύλλων κ τέλος στο θάνατο του φυτού (Λόλας,2000).

Οι μετρήσεις για το ύψος των φυτών , άρχισαν την DAT 48 και προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα φυτά που μεγάλωσαν σε περιβάλλον απαλλαγμένο από την υπεριώδη ακτινοβολία διαφέρουν στατιστικά σημαντικά και είναι ψηλότερα από τα φυτά στα άλλα δύο θερμοκήπια με υπεριώδη ακτινοβολία 3% και 5%. Η μείωση της υπεριώδους ακτινοβολίας οδήγησε σε αύξηση του ύψους των φυτών. Αυτό είναι εμφανές και από το μέσο τελικό ύψος στα τρία θερμοκήπια που είναι 180,33 cm, 181,79 cm και 190,07 cm για το GH1, GH2 και GH3 αντίστοιχα. Δηλαδή συγκρινόμενα τα GH2 (3%) και GH3 (0%) με το μάρτυρα GH1 (5%) προκύπτει ότι στο GH2 αναπτύχθηκαν φυτά υψηλότερα κατά 0,8% περίπου και στο GH3 φυτά υψηλότερα κατά 5,4% από ότι στο GH1. Παρόμοια αποτελέσματα δίνονται και από τους Reddy et al. (2003) για φυτά βαμβακιού που καλλιεργήθηκαν σε περιβάλλον με 0% υπεριώδη ακτινοβολία και τα οποία ήταν ψηλότερα από τα φυτά που καλλιεργήθηκαν εκτεθειμένα σε ακτινοβολία UV, σε ποσότητες 4, 8 και 12 kJ m⁻² ημερησίως.

Έχει αναφερθεί στο παρελθόν ότι η υπεριώδης ακτινοβολία Β επιδρά άμεσα στο μεταβολισμό των ρυθμιστών αύξησης του φυτού, όπως η αυξίνη (IAA) και μεταβάλλει την ανάπτυξη του (Reddy et al., 2003). Σύμφωνα με τους Tezuka et al. (1993) η ηλιακή ακτινοβολία κοντά στο φάσμα της υπεριώδους μπορεί να αυξήσει τις μεταβολικές δραστηριότητες που έχουν σχέση με την αύξηση των φυτών, τα οποία βρίσκονται σε μεταγενέστερο στάδιο

Στην παρούσα εργασία τα φυτά δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά στον αριθμό των σχηματιζόμενων κόμβων. Ο ρυθμός εμφάνισης των κόμβων είναι μεγαλύτερος στο θερμοκήπιο UV-0% προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

Εφόσον το θερμοκήπιο με υλικό κάλυψης αδιαπέρατο στην υπεριώδη ακτινοβολία (θερμοκήπιο UV-0%) έχει μεγαλύτερο μέσο ύψος και μεγαλύτερο μέσο αριθμό κόμβων αυτό σημαίνει ότι η διαφορά του στην αύξηση δεν έχει σχέση με την αύξηση του μέσου μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων, αλλά με αύξηση του πλήθους τους και του αριθμού φύλλων.

Οι μετρήσεις για την επιμήκυνση των μεσογονατίων διαστημάτων παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Τα φυτά στο GH1 παρουσίασαν, την 2/7/04, μέση τιμή μήκους 1569,9cm, στο GH2, η τιμή ήταν 1430,8cm και στο GH3 η τιμή ήταν 1445,7cm. Οι τιμές στα θερμοκήπια 2 και 3 παρατηρούμε ότι κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Το θερμοκήπιο 1 εμφανίζει πολύ μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια.

Οι μετρήσεις για τη διάμετρο του βλαστού παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα φυτά που μεγάλωσαν σε περιβάλλον απαλλαγμένο από την υπεριώδη ακτινοβολία διαφέρουν στατιστικά σημαντικά και έχουν μεγαλύτερη τιμή διαμέτρου στο βλαστό από τα φυτά στα άλλα δύο θερμοκήπια με υπεριώδη ακτινοβολία 3% και 5%. Η μείωση της υπεριώδους ακτινοβολίας οδήγησε σε αύξηση της διαμέτρου του βλαστού. Αυτό είναι εμφανές και από την μέση διάμετρο στα τρία θερμοκήπια κατά την μέτρηση που πραγματοποιήθηκε την 2/7/04, που είναι 45,27cm, 46,34cm, 47,79cm για το GH1, GH2 και GH3 αντίστοιχα.

Τα φυτά ήταν από μορφολογική άποψη καθ' όλα φυσιολογικά καθώς δεν παρουσιάστηκαν αποχρωματισμοί, δυσμορφίες ή άλλα συμπτώματα πέραν εκείνων που οφείλονταν σε φυτοπαθογόνους μύκητες και οι οποίοι οδήγησαν κάποια φυτά της ερευνητικής αυτής εργασίας σε θάνατο.

Η έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν είχε επιδράσεις στην αρχιτεκτονική του φυτού καθώς αναπτύχθηκαν κανονικά και σε αυτά τα φυτά (με UV 0%) ταξιανθίες και καρποί. Παρατηρώντας το Σχήμα 4.1, στο θερμοκήπιο UV 0% ο αριθμός των ταξιανθιών για τις DAT46, DAT49, DAT55 και DAT 66 είναι 143 ταξιανθίες, 154 ταξιανθίες, 168 ταξιανθίες και 173 ταξιανθίες. Οι αντίστοιχοι αριθμοί για το θερμοκήπιο UV3% για τις ίδιες μέρες μετά τη μεταφύτευση, είναι 138 ταξιανθίες, 149 ταξιανθίες, 171 ταξιανθίες και 166 ταξιανθίες και για το θερμοκήπιο UV5% είναι 149 ταξιανθίες, 151 ταξιανθίες, 184 ταξιανθίες και 191

ταξιανθίες. Στατιστικά λοιπόν, σημαντικές διαφορές στον αριθμό των ταξιανθίων μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν υπήρχαν.

Στον αριθμό των ανοιχτών-κλειστών λουλουδιών στις ταξιανθίες και στον αριθμό των καρπών στατιστικά σημαντικές διαφορές των φυτών στα τρία θερμοκήπια δεν εντοπίζονται.

Εφόσον η επίδραση των εκλεκτικών στη UV ακτινοβολία υλικών κάλυψης δεν αποδεικνύεται επιβλαβής κατά οποιοδήποτε τρόπο για τα φυτά και δεν επηρεάζει την αύξηση τους αρνητικά, προτείνεται η περαιτέρω χρήση τους σε εμπορικές μονάδες παραγωγής.

VI. Βιβλιογραφία

- Antignus, Y.**, 2000. Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Research* **71**: 213-220.
- Aphalo, P., J.**, 2001. Light signals and the growth and development of plants- a gentle introduction. *The Plant Photobiology Notes* 1. University of Joensuu. Finland.
- Baytorun, N., Abak, K., Tokgoz, H., Altuntas, O.**, 1994. Effect of different greenhouse covering materials on inside climate and on the development of tomato plants. *Acta Horticulturae* **366**: 125-132.
- Blanco, F. F. and M. V. Folegatti**, 2003. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Horticultura Brasileira* vol 21.
- Bornman J. F. and T.C. Vogelmann**, 1990. Effect of UV-B radiation on leaf optical properties measured with fibre optics. *Journal of Experimental Botany* **42**: 547-554.
- Carruthers, S.**, 2004. Comparing smart films. *Practical Hydroponics and Greenhouses*. Issue 79.
- Costa, H. S. and K. L. Robb**, 1999. Effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on flight behaviour of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology* **92**: 557-562.
- Costa, H. S., Robb, K. L., Wilen, C. A.**, 2002. Field trials measuring the effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on insect populations. *Journal of Economic Entomology* **95**: 113-120.
- Deckmyn, G. and I. Impens**, 1999. Seasonal responses of six Poaceae to different levels of solar UV-B radiation. *Environmental and Experimental Botany* **41**: 177-184.
- Diffey, B. L.**, 1991. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Review in Physics in Medicine and Biology* **36** (3): 299-328.
- Dyer, A. G. and L. Chittka**, 2004. Bumblebee search time without ultraviolet light. *The Journal of Experimental Biology* **207**: 1683-1688.
- Elad, Y.**, 1997. Effect of filtration of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse-grown vegetables. *Crop Protection* **16**: 635-642.

- Geoola, F., Kashti, Y., Levi, A., Brickman, R.,** 2003. Influence of agrochemicals on greenhouse cladding materials. *Polymer Degradation and Stability* **80**: 575–578.
- Giacomelli, G. A. and W. J. Roberts,** 1993. Greenhouse covering systems. *HortTechnology Journal*.
- Giacomelli, G.A., (1998).** Components of Radiation Defined: Definition of Units<measuring Radiation Transmission, Sensors. Greenhouse Glazing and Solar Radiation Transmission Workshop.
- Gonzalez, A., Garcia-Alonso, Y., Espi, E., Fontecha, A., Salmeron, A.,** 2004. Viral diseases control with UV-blocking films in greenhouses of southern Spain. International Symposium on protected culture in a mild-winter climate. Article presented at the “International Symposium on Protected Culture in a Mild-Winter Climate” Kissimmee, Florida, USA.
- Goto, E., Kurata, K., Hayashi, M., Sase, S.,** 1997. Plant production in closed ecosystems. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Hanan, J. J.** 1998. Greenhouses. Advanced technology for protected horticulture. CRC Press. United States of America.
- Hao, X. and A. P. Papadopoulos,** 1999. Effects of supplemental lighting and cover materials on growth, photosynthesis, biomass partitioning, early yield and quality of greenhouse cucumber. *Scientia Horticulturae* **80**: 1-18.
- Hollosy, F.,** 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron* **33**: 179-197.
- http1:** <http://daedalus.math.uoi.gr/agrotica/anthokomia/anth/kef/4/424.htm>
- http2:** <http://solardat.uoregon.edu/SolarRadiationBasics.html>
- http3:** http://www.teilar.gr/schools/steg/agriculture/lessons/lessons_online/internet%20papadopoulos/28b.htm
- http4:** http://www.teilar.gr/schools/steg/agriculture/lessons/lessons_online/internet%20papadopoulos/28c.htm
- http5:** http://yumasun.com/artman/publish/articles/story_11213.shtml
- Izaguirre, M. M., Scopel, A.L., Baldwin, I. T., Ballare, C. L.** 2003. Convergent responses to stress. Solar ultraviolet-B radiation and *Manduca sexta* herbivory elicit overlapping transcriptional responses in field-grown plants of *Nicotiana longiflora*. *Plant Physiology* **132**: 1755–1767.
- Kakani, V. G., Reddy, K.R., Zhao, D., Sailaja, K.,** 2003. Field crop responses to ultraviolet-B radiation: a review. *Agricultural and Forest Meteorology* **120**: 191-218.

Kittas, C. and A. Baille, 1998. Determination of the Spectral Properties of Several Greenhouse Cover Materials and Evaluation of Specific Parameters Related to Plant Response. *Journal of Agricultural Engineering Research* **71**: 193-202.

Kovacs, E. and A. Keresztes, 2002. Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. *Micron* **33**: 199-210.

Krizek, D. T., Britz, S. J., Mirecki, R. M., 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of “new red fire” lettuce. *Physiologia Plantarum* **103**: 1-7.

Legg, B. J (1989). Micrometeorological conditions in plant canopies under greenhouse field.

Mazza, C.A., Battista, D., Zima, A.M., Szwarcberg-Bracchitta, M., Giordano, C.V., Acevedo, A., Scopel, A.L., Ballare, C.L., 1999. The effects of solar ultraviolet-B radiation on the growth and yield of barley are accompanied by increased DNA damage and antioxidant responses. *Plant, Cell and Environment* **22**: 61-70.

Moran, D.S., Pandol, K. B., Vitali, A., Heled, Y., Parkerd, R., Gonzalez, R. R., 2004. The role of solar and UV radiation in environmental stress assessment. *Journal of Thermal Biology* **29**: 529–533.

Moraru, C., Logendra, L., Lee, T., Janes, H., 2004. Characteristics of 10 processing tomato cultivars grown hydroponically for the NASA Advanced Life Support (ALS) Program. *Journal of Food Composition and Analysis* **17**: 141–154.

Nedunchezian, N. and G. Kulandaivelu, 1997. Changes induced by ultraviolet-B (280–320 nm) radiation to vegetative growth and photosynthetic characteristics in field grown *Vigna unguiculata* L.. *Plant Science* **123**: 85-92.

Nigel P.,-Jones D (2003). Ecological roles of solar UV radiation: towards an integrated approach review trends in ecology and evolution. **18**:48-55.

Papadakis, G., Briassoulis, D., Scarascia Mugnozza, G., Vox, G., Feuilloley, P., Stoffers, J. A., 2000. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. *Journal of Agricultural Engineering Research* **77** (1): 7-38.

Papadopoulos, A. P. and X. Hao, 1997. Effects of greenhouse covers on seedless cucumber growth, productivity, and energy use. *Scientia Horticulturae* **68** : 113- 123.

- Papadopoulos, A. P. and X. Hao**, 1997. Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity, and energy use. *Scientia Horticulturae* **70**: 165-178.
- Pearson, S., Wheldon, A. E., Hadley, P.**, 1995. Radiation transmission and fluorescence of nine greenhouse cladding materials. *Journal of Agricultural Engineering Research* **62**: 61-70.
- Reddy, K.R., Kakani, V.G., Zhao, D., Mohammed, A.R., Gao, W.**, 2003. Cotton responses to ultraviolet-B radiation: experimentation and algorithm development. *Agricultural and Forest Meteorology* **120**: 249-265.
- Stratmann, J.**, 2003. Ultraviolet-B radiation co-opts defense signaling pathways. *Trends in Plant Science* Vol. 8 No 11: 526-533.
- Tezuka, T., Hotta, T., Watanabe, I.**, 1993. Growth promotion of tomato and radish plants by solar UV radiation reaching the Earth's surface. *Photochemistry Photobiology B: Biol.*, **19**: 61-66.
- Yuan, L., Yanqun, Z., Haiyana, C., Jianjuna, C., Jilonga, Y., Zhide, H.**, 2000. Intraspecific responses in crop growth and yield of 20 wheat cultivars to enhanced ultraviolet-B radiation under field conditions. *Field Crops Research* **67**: 25-33. ok
- Ανώνυμος**, 2002. Γεωργία - Κτηνοτροφία.
- Δεληβόπουλος, Σ. Γ.**, 1994. Μορφολογία και ανατομία φυτών. Εκδόσεις Α. Σιμώνη- Σ. Χατζηπάντου Ο.Ε. Θεσσαλονίκη.
- Καράταγλης, Σ. Σ.**, 1999. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Art of Text. Θεσσαλονίκη.
- Κίττας, Κ.**, 2002. Θερμοκήπια. Σημειώσεις. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος.
- Λόλας, Π. Χ.**, 2000. Φυσιολογία Φυτού. Σημειώσεις. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ. Ν.**, 2001. Θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Ολύμπιος Χ. Μ.**, 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Τσέκος, Ι. Β.**, 2003. Φυσιολογία Φυτών Τόμος Ι. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε. Θεσσαλονίκη.
- Τσέκος, Ι. Β.**, 2003. Φυσιολογία Φυτών Τόμος ΙΙ. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε. Θεσσαλονίκη.





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097820