

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος  
Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου  
Περιβάλλοντος**

**« Επίδραση των απορροφητικών υλικών της υπεριώδους  
ακτινοβολίας στην παραγωγή ξηρής ουσίας θερμοκηπιακής  
καλλιέργειας τομάτας »**

**Πτυχιακή Διατριβή**

**Ηρακλέους Παναγιώτα**

**Επιβλέπων**

**Καθηγητής Κωνσταντίνος Κίττας**

**Νέα Ιωνία, 2006**





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

Αριθ. Εισ.: 5704/1  
Ημερ. Εισ.: 22-08-2007  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2006  
ΗΡΑ

*« Επίδραση των απορροφητικών υλικών της υπεριώδους  
ακτινοβολίας στην παραγωγή ξηρής ουσίας 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.

Στην κ Παπαϊωάννου Χρυσούλα η οποία είναι Καθηγήτρια Εφαρμογών του ΤΕΙ Λάρισας και υποψήφια διδάκτορας του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου για τη βοήθεια της στην πτυχιακή διατριβή μου τόσο κατά το πειραματικό στάδιο όσο και κατά τη συγγραφή και ολοκλήρωση αυτής της διατριβής. Ακόμη θα ήθελα να την ευχαριστήσω για τις συμβουλές της ως φίλη και ως συνεργάτιδα για όλο αυτό το διάστημα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Dany el-Obeid που ήταν πάντα δίπλα μου σε όλα τα στάδια της πτυχιακής διατριβής μου, που έδειξε υπομονή και επιμονή με τα προβλήματα που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής μου. Πάνω από όλα θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για το ευχάριστο κλίμα που δημιουργούσε στο εργαστήριο.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη, την αγάπη και την ηθική συμπαράσταση την οποία εισπράττω αν και βρίσκομαι μακριά τους σε αυτό το σημαντικό στάδιο της σταδιοδρομίας μου. Η υποστήριξη τους ήταν μεγάλη και έτσι η προσπάθεια μου μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου και ιδιαίτερα τη συμφοιτήτρια μου Γεωργία Σπανού που ήταν κοντά μου και βοήθησαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής διατριβής με τις συμβουλές τους, την κατανόηση τους, την αγάπη τους και κυρίως την υποστήριξη τους. Ο κάθε ένας ήταν σημαντικός με το δικό του τρόπο.

*Στους γονείς μου*

**Λέξεις κλειδιά** : τομάτα, υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV blocking materials), ξηρή ουσία, υπεριώδης ακτινοβολία, αύξηση, ανάπτυξη, φυλλική επιφάνεια.

## Περίληψη

Ένας σημαντικός αριθμός λαχανικών καλλιεργείται στα θερμοκήπια για παραγωγή προϊόντων εκτός εποχής τους χειμερινούς μήνες. Η σωστή ανάπτυξη των φυτών οφείλεται κατά ένα ποσοστό στη σωστή επιλογή του κατάλληλου υλικού κάλυψης.

Σημαντικό είναι να διέρχονται από το κάλυμμα όλα τα μήκη κύματος τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών. Η εφαρμογή πλαστικών φύλλων πολυαιθυλενίου στην κάλυψη των θερμοκηπίων είναι ευρύτατα διαδεδομένη και οι νέες τάσεις στην κατασκευή τους περιλαμβάνουν υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-blocking) τα οποία δημιουργούν μέσα στο θερμοκήπιο δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη ορισμένων εχθρών και ασθενειών, αλλά δεν γνωρίζουμε τα ακριβή αποτελέσματα τους στα φυτά.

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 Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας, στην περιοχή του Βελεστίου.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν και αφορούσαν το ύψος των φυτών, το μήκος και πλάτος των φύλλων, καθώς και τη ξηρή ουσία και νωπό βάρος των οργάνων των φυτών τομάτας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φυτά δεν επηρεάζονται από την έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας, καθώς δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος των φυτών, στον αριθμό των κόμβων, καθώς και στη ξηρή ουσία του βλαστού, των φύλλων και των καρπών στα τρία θερμοκήπια. Τα διαφορετικά υλικά κάλυψης δεν είχαν σημαντική επίδραση στη φυλλική επιφάνεια και δεν προκάλεσαν κάποια γενικότερη εμφανή μακροσκοπικά διαφοροποίηση, στη μορφολογία των φυτών.

Έτσι, τα πλαστικά φύλλα (UV-blocking) δεν φαίνεται να επηρεάζουν την ανάπτυξη της τομάτας στα θερμοκήπια.



## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....</b>	<b>9</b>
1.1 Γενικά.....	9
1.2 Σκοπός της εργασίας.....	11
<b>Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....</b>	<b>13</b>
2.1 Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων .....	13
2.2 Νέα υλικά κάλυψης.....	21
2.3 Ηλιακή ακτινοβολία.....	23
2.3.1 Γενικά .....	23
2.3.2 Ηλιακή ακτινοβολία και φυτά .....	24
2.3.3 Χαρακτηριστικά της υπεριώδους ακτινοβολίας .....	25
2.3.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία .....	28
2.3.5 Επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας σε εχθρούς και ασθένειες .....	29
2.3.6 Βομβύνοι και φυτά .....	29
2.3.7 Αύξηση και ανάπτυξη.....	30
2.4 Φωτοσύνθεση .....	32
2.4.1 Γενικά .....	32
2.4.2 Φωτοσύνθεση και ηλιακή ακτινοβολία.....	33
2.4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση.....	34
2.5 Τομάτα.....	35
2.5.1 Γενικά .....	35
2.5.2 Καταγωγή-Ιστορικό.....	36
2.5.3 Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας.....	37
2.5.4 Σημασία της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο .....	38
2.5.5 Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπίων στην Ελλάδα .....	38
<b>Κεφάλαιο 3 Υλικά και Μέθοδοι.....</b>	<b>41</b>
3.1 Η τοποθεσία του πειράματος.....	41
3.2 Τα θερμοκήπια` .....	41
3.3 Τα υλικά κάλυψης.....	42
3.4 Αερισμός.....	43
3.5 Θέρμανση .....	43



<b>3.6</b>	<b>Υπόστρωμα της καλλιέργειας</b>	<b>43</b>
<b>3.7</b>	<b>Άρδευση- Λίπανση</b>	<b>44</b>
<b>3.8</b>	<b>Η καλλιέργεια</b>	<b>44</b>
3.8.1	Ποικιλία-Εγκατάσταση της καλλιέργειας	44
3.8.2	Διάταξη των φυτών	45
<b>3.9</b>	<b>Καλλιεργητικές τεχνικές</b>	<b>46</b>
3.9.1	Στήριξη των φυτών	46
3.9.2	Βλαστολόγημα	46
3.9.3	Αποφύλλωση - Κορυφολόγημα	46
3.9.4	Επεμβάσεις με χημικά	46
3.9.5	Επικονίαση των φυτών	47
3.9.6	Έλεγχος εχθρών και ασθενειών	47
<b>3.10</b>	<b>Μετρήσεις</b>	<b>47</b>
3.10.1	Μέτρηση του ύψους	48
3.10.2	Μέτρηση του μήκους και πλάτους των φύλλων	48
3.10.3	Μέτρηση των κόμβων	49
3.10.4	Υπολογισμός νωπού βάρους	49
3.10.5	Υπολογισμός ξηρής ουσίας	49
3.10.6	Υπολογισμός της φυλλικής επιφάνειας	49
3.10.7	Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων	49
<b>Κεφάλαιο 4</b>	<b>Αποτελέσματα</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Ύψος φυτών</b>	<b>51</b>
<b>4.2</b>	<b>Αριθμός κόμβων</b>	<b>52</b>
<b>4.3</b>	<b>Μετρήσεις ξηρής ουσίας</b>	<b>53</b>
4.3.1	Συνολική ξηρή ουσία	53
4.3.2	Ξηρή ουσία βλαστού	55
4.3.3	Ξηρή ουσία φύλλων	56
4.3.4	Ξηρή ουσία καρπών	57
<b>4.4</b>	<b>Κατανομή ξηρής ουσίας</b>	<b>58</b>
<b>4.5</b>	<b>Ποσοστό ξηρής ουσίας στα φυτικά όργανα</b>	<b>62</b>
<b>4.6</b>	<b>Φυλλική επιφάνεια</b>	<b>63</b>
<b>Κεφάλαιο 5</b>	<b>Συζήτηση-Συμπεράσματα</b>	<b>67</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>		<b>69</b>

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

# Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά

Η επιλογή του υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου έχει άμεση σχέση με το σύστημα παραγωγής του, καθώς οι ιδιότητες του υλικού όσον αφορά στην 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 σημαντική επίδραση στην αύξηση, την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των καλλιεργειών (Papadopoulos and Hao, 1997). Επιπλέον, μικροκλιματικοί παράγοντες, όπως η υγρασία του αέρα ή η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα, επηρεάζονται έμμεσα από το υλικό κάλυψης. Για την κατάλληλη επιλογή καλυμμάτων θερμοκηπίων, είναι απαραίτητο να αξιολογούνται οι ικανότητες και τα ελλείμματά τους, αλλά πρέπει να εξετάζεται και η σχέση τους μέσα στο θερμοκήπιο, με τους άλλους παράγοντες του κλίματος.

Τα σύγχρονα πλαστικά αποτελούν την εναλλακτική λύση στο παραδοσιακό γυαλί για την κάλυψη του θερμοκηπίου όταν οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες το βάλουν. Η υπερϊώδης ακτινοβολία προωθεί τις φωτοχημικές διαδικασίες υποβάθμισης σε όλα τα πλαστικά και είναι γενικά η σημαντικότερη αιτία για την αντικατάστασή τους.

Κοινό μειονέκτημα των περισσότερων πλαστικών κάλυψης θερμοκηπίων είναι η μικρή αντοχή στο χρόνο. Τα πλαστικά, όπως προαναφέρθηκε είναι ευαίσθητα στην υπερϊώδη ακτινοβολία (αποπολυμερισμός), ενώ και το γυαλί έχει μειονεκτήματα όπως μικρή αντοχή στο χαλάζι (<http> 1).

Ένα ευρύ φάσμα των πλαστικών υλικών κάλυψης έχει εξεταστεί από την άποψη της εξοικονόμησης ενέργειας στο θερμοκήπιο. Τα διπλά στρώματα πολυαιθυλενίου μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται στρώμα αέρα, έχουν γίνει δημοφιλείς καλύψεις θερμοκηπίων για την παραγωγή λαχανοκομικών ειδών στη Βόρεια Αμερική (Giacomeli and Roberts, 1993).

Τα υλικά κάλυψης που μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας προκαλούν συνήθως μειωμένη διαπερατότητα στην εξωτερική προσπίπτουσα ακτινοβολία (Hurd, 1983; Cockshull, 1992).

Αυτό δημιουργεί ανησυχία στη βιομηχανία κατασκευής καλυμμάτων θερμοκηπίων λόγω των χαμηλών ποσοστών φωτοσύνθεσης, γιατί όταν η φωτοσυνθετική πυκνότητα της ροής φωτονίων (PPFD) είναι χαμηλή, προκαλείται μείωση στην παραγωγή και στην ποιότητα (Challa and Schapendonk, 1984, Cockshull et al., 1992).

Η δομή της παρούσης εργασίας είναι η εξής:

Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται εισαγωγή στα υλικά κάλυψης και αναφέρεται ο σκοπός της εργασίας αυτής.

Στο Κεφάλαιο 2 με τίτλο «Βιβλιογραφική Ανασκόπηση» περιγράφονται οι νέες τάσεις στα υλικά κάλυψης θερμοκηπίων καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιούνται γενικότερα για την κάλυψη και οι ιδιότητες τους. Επίσης γίνεται αναφορά στην ηλιακή ακτινοβολία και συγκεκριμένα στην υπεριώδη ακτινοβολία και τη σχέση της με τα φυτά. Τέλος, περιγράφονται οι έννοιες ξηρή ουσία, αύξηση, ανάπτυξη καθώς και η φυσιολογία και οι ανάγκες της καλλιέργειας της τομάτας που αποτελεί το αντικείμενο της συγκεκριμένης έρευνας.

Στο Κεφάλαιο 3 με τίτλο «Υλικά και Μέθοδοι», παρουσιάζονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Στο Κεφάλαιο 4 με τίτλο «Αποτελέσματα», παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίδρασης της διαφορετικής περατότητας της υπεριώδης ακτινοβολίας στην ξηρή ουσία και στις άλλες αγρονομικές παραμέτρους που μετρήθηκαν.

Τέλος στο Κεφάλαιο 5 με τίτλο «Συζήτηση – Συμπεράσματα», παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που βρέθηκαν από την επεξεργασία των μετρήσεων και η συζήτηση αυτών.



## **1.2 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της υπεριώδους ακτινοβολίας στην ανάπτυξη καλλιέργειας τομάτας στο θερμοκήπιο.

Δηλαδή ερευνάται κατά πόσο το διαφορετικό ποσοστό της υπεριώδης ακτινοβολίας που διαπερνά τα απορροφητικά καλύμματα επηρεάζει την αύξηση του φυτού και παραγωγή ξηρής ουσίας σε αυτό.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

## Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

### 2.1 Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

Οι ιδιότητες του υλικού κάλυψης, επηρεάζουν την ποσότητα και την ποιότητα του φωτός που τελικά φθάνει στα καλλιεργούμενα εντός του θερμοκηπίου φυτά. Η σωστή επιλογή του καλύμματος είναι πρωταρχικός παράγοντας στην κάλυψη του θερμοκηπίου.

Ένα καλής ποιότητας υλικό κάλυψης, πρέπει να επιτρέπει τη διείσδυση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας από την προσπίπτουσα σε αυτό ηλιακή ακτινοβολία και να ευνοεί τη διάχυση της στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα την ύπαρξη ομοιογένειας φωτισμού σε όλο τον καλυπτόμενο χώρο (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Τα διάφορα μήκη κύματος του φωτός ανακλώνται, απορροφώνται ή διέρχονται μέσω των υλικών κατά διαφορετικό τρόπο. Το γεγονός αυτό επιδρά στην ποιότητα του φωτισμού που εισέρχεται μέσα 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 (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) είναι πολύ έντονες. Αντίθετα, όταν με τη διέλευση του φωτός στο θερμοκήπιο γίνεται και διάχυσή του, τότε κατευθύνεται σε ποικίλες κατευθύνσεις με αποτέλεσμα την έλλειψη έντονων σκιάσεων.

Ο υαλοπίνακας με κυματοειδή ή φολιδωτή την εσωτερική του επιφάνεια ή οι ενισχυμένες με ίνες υάλου πολυεστερικές επιφάνειες, μειώνουν το απευθείας διερχόμενο φως μετατρέποντάς το σε διάχυτο.

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 εμφανίζουν το λεγόμενο «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 ([http 1](#)).

Το κοινό μειονέκτημα των περισσότερων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η μικρή αντοχή στον χρόνο. Πολλά από τα υλικά αυτά, όπως τα πλαστικά, είναι ευαίσθητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (αποπολυμερισμός) ενώ άλλα όπως το γυαλί παρουσιάζει μικρή αντοχή στο χαλάζι, ενώ άλλα υλικά εμφανίζουν μικρή αντοχή στον άνεμο ([http 1](#)).

Ως υλικά κάλυψης χρησιμοποιούνται οι υαλοπίνακες, τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα, και τα φύλλα σκληρού πλαστικού. 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 το χαλάζι, στο μέγεθος της διαφανούς επιφάνειας που μπορεί να δημιουργηθεί, στην ευαισθησία στη γήρανση, στην αντίσταση στο σκίσιμο, στην ευαισθησία στη συγκράτηση σκόνης, και στην περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

**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 40 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 ημιδιαφανής, 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 δεν υφίσταται σημαντικές παραμορφώσεις από το βάρος των διαφόρων προσπιπτόντων φορτίων (το ειδικό βάρος του γυαλιού είναι  $25 \text{ KN/m}^3$ ). Το ποσοστό διέλευσης της μικρού μήκους



κύματος ακτινοβολίας στους συνηθισμένου πάχους υαλοπίνακες, είναι συγκριτικά από τα μεγαλύτερα, δεδομένου ότι φτάνει περίπου το 90% (http 1).

Γενικά για όλες τις επιφάνειες που πρέπει να καλυφθούν με συνήθων διαστάσεων υαλοπίνακες, αυτοί θα πρέπει να έχουν ένα ελάχιστο πάχος 4 mm. Η χρησιμοποίηση υαλοπινάκων με κυματοειδή τη μία επιφάνεια απαιτεί ελάχιστο μέσο πάχος 5 mm. Το μέγιστο μέγεθος υαλοπίνακα που χρησιμοποιείται για την οροφή είναι 1,00X1,65 m. Στις λωρίδες με αυξημένο κίνδυνο όπως αυτές που φέρονται στις περιφερειακές ακμές, συνιστάται να μην τοποθετούνται υαλοπίνακες με πλάτος μεγαλύτερο από 0,63 m (http 1).

**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).

Κατά τη στερέωση των πλαστικών φύλλων στον σκελετό, πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω:

- Η στερέωση να είναι ικανή να αντισταθεί στα θετικά και αρνητικά φορτία που δημιουργεί ο άνεμος και το χιόνι και ταυτόχρονα, να είναι εύκολη η αντικατάσταση του πλαστικού
- Το πλαστικό να είναι τεντωμένο στην κατασκευή, χωρίς σακουλιάσματα
- Η άμεση επαφή με οξείες πλευρές του σκελετού πρέπει να αποφεύγεται με παρεμβολή ειδικής πλαστικής λωρίδας, ώστε να μην σκίζεται
- Τα φύλλα να έχουν μεγάλο πλάτος, ώστε να επιτυγχάνεται στεγανότητα
- Όταν η τοποθέτηση γίνεται σε ξύλινο ή μικτό σκελετό με κάρφωμα, το πλαστικό φύλλο να συγκρατείται στη θέση του από τον πήχη στερέωσης που το συμπιέζει στον σκελετό και όχι από τον ίδιο ήλο (καρφί). Αυτός προορίζεται να συγκρατεί σφιχτά τον πήχη με τον σκελετό και όχι να συγκρατεί άμεσα το πλαστικό, γιατί αλλιώς το πλαστικό σχίζεται (http 1).

Σε ορισμένα πλαστικά φύλλα έχουν προστεθεί ορισμένα χημικά πρόσθετα τα οποία προκαλούν αλλαγή των οπτικών χαρακτηριστικών τους (π.χ. η μείωση της περατότητας σε ορισμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός και 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 ([http 1](http://1)).

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 στον χώρο του θερμοκηπίου, η μείωση όμως της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας ήταν σημαντική ([http 1](http://1)).

**1.Το φύλλο πολυαιθυλενίου:** (PE) είναι αδιαπέραστο στο νερό και τους υδρατμούς ενώ είναι σχετικά περατό στα αέρια και ιδιαίτερα στο CO<sub>2</sub> και στο O<sub>2</sub>. 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 στην ηλιακή ακτινοβολία. Φύλλο πάχους 0,15 mm αφήνει να διέλθει το 87% της ορατής ακτινοβολίας.

Το PE φέρεται στο εμπόριο σε φύλλα μεγάλου πλάτους, με αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα κατασκευής στεγανών θερμοκηπίων, χωρίς μεγάλες διαφυγές 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 μορφή σταγόνων, 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. Γι' αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην προσαρμογή του φύλλου στον σκελετό και η στερέωση του.

Η συγκόλληση φύλλων πολυαιθυλενίου επιτυγχάνεται μόνο με θέρμανση και ταυτόχρονη συμπίεση, δηλαδή 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, γεγονός που αποτελεί το κυριότερο μειονέκτημά του (http 1).

**2. Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC):** Είναι αδιαπέραστο στο νερό και κατά κάποιο τρόπο περισσότερο περατό στους υδρατμούς από το πολυαιθυλένιο, ενώ παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στο O<sub>2</sub> και το CO<sub>2</sub>. 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 μήκος κύματος 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 (δηλαδή την υπεριώδη ακτινοβολία με μήκος κύματος A:315-380 nm και υπεριώδη B:280-315 nm), 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 μειώνει την περατότητα στο φως (http 1).

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 επίσης το θερμοκήπιο παρουσιάζει μικρότερη στεγανότητα. Το πλάτος μπορεί να αυξηθεί με συγκόλληση, 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 τα κάθετα τοιχώματα, φύλλα πάχους 0,076 mm έχουν 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 μη 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 ([http 1](http://1)).

**A) 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/cm<sup>3</sup>). Στην οροφή συνήθως χρησιμοποιούνται για κάλυψη σε αυλακωτές επιφάνειες και στα πλευρικά τοιχώματα σε επίπεδες επιφάνειες ([http 1](http://1)).

Ο πολυεστέρας είναι ανθεκτικός στο χαλάζι και στη μηχανική καταπόνηση, διαβρώνεται όμως με τον χρόνο με αποτέλεσμα τη 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 δημιουργούνται ακόμη μεγαλύτερα προβλήματα. Τελευταία χρησιμοποιούνται και διάφορα άλλα υλικά προστασίας με μορφή ζελατίνης (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, με αποτέλεσμα η κατανάλωση ενέργειας τον χειμώνα να είναι ίδια ή μικρότερη με αυτή 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 αλληλοεπικαλύπτονται καθώς και στις γωνίες. Η στερέωση των επιφανειών στον σκελετό γίνεται με κοχλίες αλουμινίου που έχουν μεγάλης διαμέτρου κεφαλή (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).



Τέλος αναφέρεται ότι οι επιφάνειες του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι υδρόφοβες με συνέπεια να συγκεντρώνουν 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 ανάφλεξης ([http 1](#)).

**Β) 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).

**Γ) 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 στον χρόνο είναι συγκρίσιμη με εκείνη του υαλοπίνακα, το κόστος όμως είναι υψηλότερο από αυτό του υαλοπίνακα.

Όσο αφορά τη 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 αρκετά ([http 1](#)).

**Δ) 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 τον σκελετό του θερμοκηπίου τα φύλλα PVC υποβαθμίζονται γρηγορότερα και η μηχανική τους αντοχή ελαττώνεται.

Η ποιότητα των φύλλων PVC ποικίλει ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής τους και ιδιαίτερα την προσθήκη των υλικών κατά την κατασκευή τους και τη μέθοδο της σύνθεσης τους. Μερικοί τύποι φύλλων PVC έχουν 5ετή ή και μεγαλύτερης διάρκειας εγγύηση όσον αφορά τη διάρκεια ζωής τους και την περατότητα στο φως (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

## 2.2 Νέα υλικά κάλυψης

Οι τύποι καλυμμάτων θερμοκηπίων σήμερα κυριαρχούνται από τα πλαστικά και η ποικιλομορφία των καλυμμάτων για το θερμοκήπιο έχει αυξηθεί εντυπωσιακά κατά τη διάρκεια των προηγούμενων τεσσάρων δεκαετιών. Αυτό έχει προκύψει από τη διαθεσιμότητα των νέων τύπων καλύψεων των υλικών και τις αυξήσεις στις τιμές των προηγουμένως υπαρχόντων υλικών.

Οι νέες τάσεις περιλαμβάνουν υλικά φωτοεκλεκτικά σε διάφορα μήκη κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας τα οποία δημιουργούν στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη ασθενειών αλλά και εχθρών βλαβερών για την καλλιέργεια. Τα υλικά αυτά τροποποιούν το φάσμα της εισερχόμενης ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο. Η υπερβολική ακτινοβολία προωθεί τις φωτοχημικές διαδικασίες υποβάθμισης σε όλα τα πλαστικά και είναι γενικά η σημαντικότερη αιτία για την αντικατάστασή τους. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μειώνουν επίσης τη διάρκεια ζωής των πλαστικών καλυμμάτων (Giacomelli and Roberts, 1993).

\*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 μηδενίζοντας τα επίπεδα της υπεριώδους ακτινοβολίας και ως εκ τούτου περιόρισαν την ανάπτυξη πληθυσμών εντόμων καθυστερώντας έτσι τις επιδημίες ιών (Antignus, 2000).

Έχουν δημιουργηθεί επίσης νέα υλικά κάλυψης με ενσωματωμένες χρωστικές έτσι ώστε να μεταβάλλουν το φάσμα του φωτός που εισέρχεται στο θερμοκήπιο, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως από παραγωγούς ανθέων για βελτίωση του χρώματος των φυτών και προώθηση ορισμένων άλλων χαρακτηριστικών, τα οποία απαιτεί η αγορά. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται από τους παραγωγούς τομάτας και πιπεριάς για την ενίσχυση του χρώματος και της ποιότητας (Carruthers, 2004).

Τα υλικά κάλυψης που μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας προκαλούν συνήθως την απώλεια φωτός (Hurd, 1983, Cockshull, 1992). Η χαμηλή φωτοσύνθεση μπορεί

να οδηγήσει στη μείωση της παραγωγής και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων (Challa and Schapendonk, 1984, Cockshull et al., 1992).

Ο συμπληρωματικός φωτισμός αύξησε τα ποσοστά φωτοσύνθεσης των φύλλων, την αύξηση των φυτών καθώς και την εξέλιξη και παραγωγή καρπών καλύτερης ποιότητας (Hao and Papadopoulos, 1999).

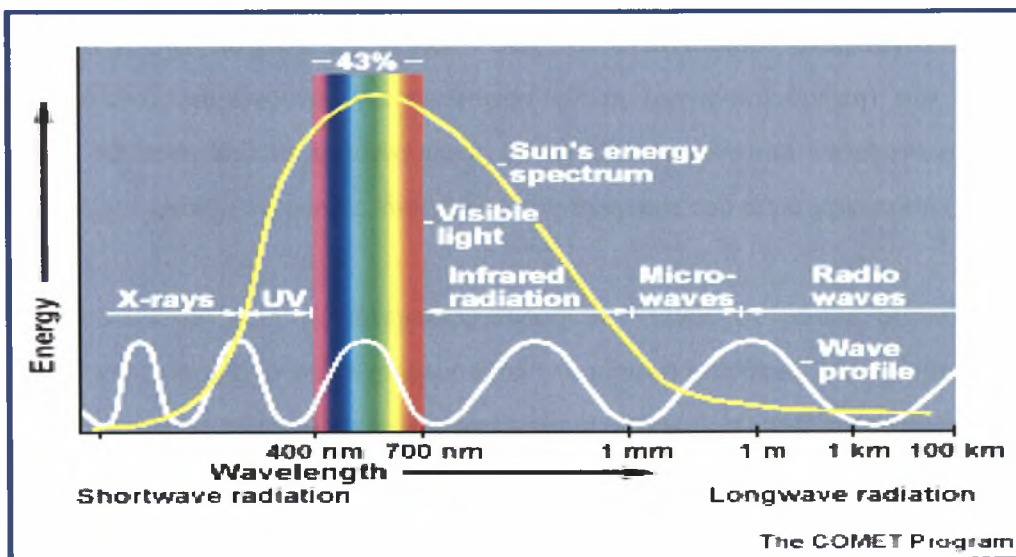
Σε ότι αφορά την ανάπτυξη των καλλιεργειών, δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη, στην απόδοση, στον χρόνο ωρίμανσης ή στο ξηρό και χλωρό βάρος φυτών τομάτας που καλλιεργήθηκαν σε συμβατικά θερμοκήπια και κάτω από απορροφητικά της UV ακτινοβολίας πλαστικά. Επιπλέον, οι φυσιολογικές ανωμαλίες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

## 2.3 Ηλιακή ακτινοβολία

### 2.3.1 Γενικά

Ο ήλιος είναι η μόνη ουσιαστική πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας και η ενέργεια του φτάνει στη γη με τη μορφή ακτινοβολίας, αποτελεί τον σπουδαιότερο παράγοντα διαμόρφωσης του κλίματος της γης, εξαιτίας της άνισης κατανομής της στην επιφάνεια αυτής. Το ηλιακό φάσμα αποτελείται από τρεις ζώνες : την υπεριώδη UV, την ορατή και την υπέρυθρη ακτινοβολία. Το ποσό της UV ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης επηρεάζεται από το ύψος του ηλίου και από την νέφωση (Moran et al.,2004).

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).



Εικόνα 2.1:Το φάσμα εκπομπής της ηλιακής ακτινοβολίας.

### 2.3.2 Ηλιακή ακτινοβολία και φυτά

Το φως επηρεάζει σημαντικά την αύξηση και ανάπτυξη του φυτού. Η επίδραση του φωτός στη μορφολογία και φυσιολογία του φυτού έχει τελικό αποτέλεσμα τον καθορισμό της αύξησης και ανάπτυξης κυττάρου, ιστού, οργάνου η ολόκληρου του φυτού και ονομάζεται φωτομορφογένεση. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα φωτομορφογένεσης είναι η διαφορετική αύξηση και ανάπτυξη των φυτών στο σκοτάδι η το φως (Λόλας, 2000).

Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας είναι περίπου  $1.3 \text{ kw m}^{-2}$ , μόνο το 5% περίπου αυτής της ισχύος 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 βραχεία 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 φυτά συνθέτουν διάφορες ουσίες οι οποίες απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και ονομάζονται χρωστικές. Χρήσιμες χρωστικές είναι οι χλωροφύλλες, τα καροτενοειδή, οι φυκοβιλίνες. Η χλωροφύλλη υπάρχει σε δύο τύπους,  $\alpha$  και  $\beta$ , και απορροφούν κυρίως το μπλε και κόκκινο φως ενώ αντανακλούν το πράσινο. Το φως είναι σημαντικός παράγοντας για τη φωτοσύνθεση (οργανική θρέψη) των φυτών, δηλαδή τη σύνθεση από τα πράσινα φυτά, οργανικών ουσιών από ανόργανα στοιχεία με τη βοήθεια ηλιακής ενέργειας, διοξειδίου του άνθρακα του αέρα και νερού (Λόλας, 2000).

Η φωτοσύνθεση και η φωτομορφογένεση δεν είναι οι μόνες φυσιολογικές λειτουργίες στις οποίες το φυτό χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια. Άλλες λειτουργίες που χρησιμοποιεί το φυτό ηλιακή ενέργεια είναι η διαπνοή, η σύνθεση χλωροφύλλης  $\alpha$ , ο φωτοτροπισμός κ.α. (Λόλας, 2000).



### 2.3.3 Χαρακτηριστικά της υπεριώδους ακτινοβολίας

Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία (UV) αποτελεί ένα μικρό μέρος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο έδαφος. Χωρίζεται σε τρεις ζώνες με βάση τα διαφορετικά μήκη κύματος του φωτός: την UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320nm) και UV-C (200-280 nm) ακτινοβολία (http 2).

Τα φωτόνια της UV ακτινοβολίας διαθέτουν ενεργειακό περιεχόμενο ικανό να επιφέρει χημικές αλλαγές σε ορισμένα βιομόρια στόχους (Kovacs and Keresztes, 2002). Επειδή το ενεργειακό περιεχόμενο εξαρτάται αποκλειστικά από το μήκος κύματος, κάθε υποπεριοχή της UV ακτινοβολίας έχει διαφορετικές επιπτώσεις στα βιολογικά συστήματα. Η UV-C ακτινοβολία θεωρείται εξαιρετικά επικίνδυνη για όλους τους οργανισμούς. Φιλτράρεται από το όζον της ατμόσφαιρας και έτσι δεν φτάνει στη γη. Η UV-B η οποία έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον γιατί ενώ αυτό το μήκος κύματος αντιπροσωπεύει περίπου το 1,5% του ολικού φάσματος, μπορεί να προκαλέσει πλήθος βλαβερών συνεπειών στα φυτά. Η UV-A ακτινοβολία επηρεάζει φωτομορφογενετικούς μηχανισμούς (Hollosy, 2002).

Η ποιότητα και η ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης εξαρτάται από την εκροή ενέργειας από τον ήλιο καθώς 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 βαθμό από τα επίπεδα του όζοντος της ατμόσφαιρας (Diffey, 1991).

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη αφενός μεν ότι η UV-C ακτινοβολία δεν φτάνει στην επιφάνεια της γης, αφετέρου δε ότι η UV-A δεν παρουσιάζει σημαντικές ζημιογόνες επιδράσεις στους φυτικούς οργανισμούς, η μελέτη της υπεριώδους ακτινοβολίας στα βιολογικά συστήματα περιορίζεται στις επιδράσεις της UV-B.

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) είναι πολύ σημαντική για τη σποριοποίηση ορισμένων μυκήτων όπως ο βοτρυτής (*Botrytis cinerea*) αλλά και για τον προσανατολισμό των εντόμων. Η σποριοποίηση του βοτρυτή αυξάνεται με την παρουσία UV-B ακτινοβολίας και αναστέλλεται από την παρουσία του μπλε φωτός (310 και 480nm αντίστοιχα). Ο σχηματισμός σποριών συνδέεται τόσο in vitro όσο και in vivo (σε φυτά τομάτας και αγγουριού) με τη μετάδοση της UV-B ακτινοβολίας από το υλικό κάλυψης (Ravin, 1988).

Αναφέρεται ότι η UV-B ακτινοβολία επιδρά στα φυτά προκαλώντας 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).

Πιο συγκεκριμένα, για την υπεριώδη B ακτινοβολία υπάρχουν αναφορές σε σχέση με κάποια συμπτώματα που προκαλεί στα φυτά. Σε αρκετά είδη αναφέρθηκαν αλλαγές τόσο στον χρωματισμό του φύλλου όσο 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 ακτινοβολίας έχει παρατηρηθεί μείωση των επιπέδων της χλωροφύλλης. Σε σχέση με την αύξηση και την ανάπτυξη του φυτού, έχει αναφερθεί ότι αυξημένη UV-B ακτινοβολία, καθυστέρησε τόσο το φύτευμα 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).

Σε φυτά μαρουλιού ποικιλίας με κόκκινα φύλλα (New red fire lettuce) τα οποία καλλιεργήθηκαν απουσία της υπεριώδους B ακτινοβολίας παρουσίασαν αυξημένο νωπό και ξηρό βάρος σε σχέση με τα φυτά που μεγάλωναν σε περιβάλλον στο οποίο υπήρχε η UV-B ακτινοβολία. Η μείωση της UV-B ακτινοβολίας, 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 χρώματος (Ktizek et al., 1998).

Η μείωση του ύψους των φυτών από αυξημένη UV-B ακτινοβολία παρατηρήθηκε επίσης σε σιτάρι, αγγούρι, αγριοβρώμη, ηλιάνθο (Tevini and Teramura, 1989), σόγια (Sullivan et al., 1994), ρύζι (Dai et al., 1992 and Barnes et al., 1993).

Οι επιδράσεις της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.1

**Πίνακας 2.1. Επιδράσεις της αυξημένης ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά (Teramura, 1983)**

<b>Χαρακτηριστικό του φυτού</b>	<b>Αυξημένη ακτινοβολία UV</b>
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

#### 2.3.4 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).

### **2.3.5 Επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας σε εχθρούς και ασθένειες**

Τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχτεί ότι με τη χρήση πλαστικών φύλλων τα οποία απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία, υπήρξε σημαντική μείωση των εντόμων αλλά και των ασθενειών στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. 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 της *Fulvii fulva* στη τομάτα (Elad, 1997).

Τέλος σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την ανάπτυξη των φυτοφάγων εντόμων αποδεικνύεται ότι η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας 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 Β ακτινοβολία 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).

### **2.3.6 Βομβύνοι και φυτά**

Οι βομβύνοι (*Bombus terrestris*) είναι έντομα που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια τομάτας θερμοκηπίου, για την επικονίαση της. Τα έντομα αυτά χρησιμοποιούν το υπεριώδες φως για τον προσανατολισμό τους και επομένως το φυσικό φως της ημέρας είναι απαραίτητο για να κινούνται και να επιστρέφουν στην

κυψέλη τους (Ολύμπιος 2001 ). Σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, αποδείχτηκε ότι η συμπεριφορά των βομβύνων κατά τη διαδικασία της γονιμοποίησης δεν επηρεάζεται από την έλλειψη ή την περίσσεια της υπεριώδους ακτινοβολίας (Dyer and Chittka, 2004).

Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας η χρήση βομβύνων έγινε σημαντική για τη διευκόλυνση της γονιμοποίησης των καλλιεργειών στο θερμοκήπιο (Banda and Paxton, 1991, Kevan et al., 1991).

Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι τα έντομα εμφανίζονται να είναι λιγότερο δραστήρια όταν καλύπτονται τα θερμοκήπια με υλικό που μειώνει τη μετάδοση της υπεριώδους ακτινοβολίας συγκριτικά με άλλα υλικά κάλυψης (Antignus et al., 1996, Morandin et al., 2001, Costa and Robb, 1999, Costa et al., 2002).

### **2.3.7 Αύξηση και ανάπτυξη**

Η αύξηση και η ανάπτυξη είναι βασική και χαρακτηριστική εκδήλωση της ζωής στα φυτά. Γενικά η αύξηση και η ανάπτυξη είναι μια σειρά από διαδοχικές και φυσιολογικές μεταβολές στο φυτό στη διάρκεια της ζωής του μέχρι το θάνατο του. Η αύξηση και ανάπτυξη ρυθμίζεται και ελέγχεται με τις ορμόνες μέσα στο περιβάλλον που ζει το κάθε φυτό. Η συνολική αύξηση του φυτού μπορεί να θεωρηθεί ως το άθροισμα των τοπικών προτύπων της κυτταρικής μεγεθύνσεως, ενώ η μορφογένεση (η απόκτηση του σχήματος ή της μορφής) είναι το άθροισμα των πρότυπων της κυτταρικής διαίρεσης και της κυτταρικής μεγέθυνσης (Λόλας, 2000).

Με τον όρο αύξηση εννοούμε κάθε μη αντιστρεπτή ποσοτική μεταβολή στο μέγεθος ή στο βάρος ενός φυτού ή μέρους του σώματος του. Με την αύξηση δηλαδή το κύτταρο, ο ιστός, η ένα όργανο του φυτού γίνεται μεγαλύτερο σε μέγεθος (μήκος η όγκος ) ή σε βάρος (χλωρό η ξηρό). Είναι φανερό λοιπόν ότι η αύξηση, αφού είναι ποσοτική μεταβολή μπορεί να μετρηθεί (Λόλας, 2000).

Ανάπτυξη είναι κάθε μη αντιστρεπτή ποιοτική μεταβολή και διαφοροποίηση στη μορφή και οργάνωση ενός φυτού ή μέρους του σώματος του. Η ανάπτυξη δεν συνοδεύεται απαραίτητα πάντα από μεγαλύτερο μέγεθος η βάρος όπως συμβαίνει με την αύξηση. Αντίθετα από την αύξηση, η ανάπτυξη δεν μπορεί να μετρηθεί αλλά μόνο να περιγραφεί, μπορεί να μετρηθεί κατά πολλούς και διαφορετικούς τρόπους, μπορεί να μετρηθεί σαν ύψος φυτού, σαν μέγεθος φύλλων (μήκος, πλάτος, επιφάνεια), σαν βάρος (χλωρό, ξηρό) όλου του φυτού η τμημάτων του φυτού (ρίζα,



βλαστός, φύλλα, ανθοταξία, καρποί), σαν όγκος, σαν διάμετρο, σαν αριθμός κύτταρων κ.τ.λ. (Λόλας, 2000).

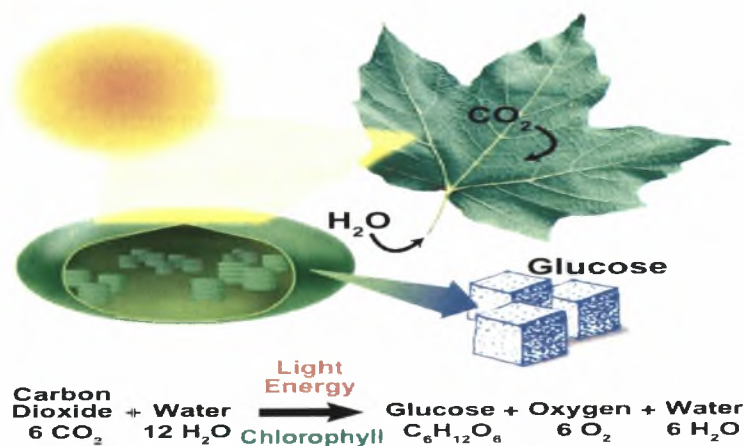
Τις διάφορες διαδοχικές μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές στη διάρκεια της ζωής του φυτού οι οποίες αποτελούν την ανάπτυξη μπορούμε να τις διακρίνουμε σε φύτρωμα, νεανικότητα, ωρίμανση, ανθοφορία, καρποφορία και γηρασμό (Λόλας, 2000).

## 2.4 Φωτοσύνθεση

### 2.4.1 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).



Εικόνα 2.2: Διαδικασία της φωτοσύνθεσης

#### **2.4.2 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 CO<sub>2</sub> (<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 ([http 2](#)).

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 βάψιμο του υλικού καλύψεως (γυαλί ή πλαστικό) με ασβέστη, στόκο ή άλλο ανοιχτόχρωμο μη τοξικό για τα φυτά υλικό με υψηλό δείκτη ανάκλασης ([http 2](#)).

### **2.4.3 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 CO<sub>2</sub> 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.

## 2.5 Τομάτα

### 2.5.1 Γενικά

Η τομάτα κανονικά είναι ένα φρούτο, αλλά λόγω του τρόπου που χρησιμοποιείται συγκαταλέγεται στα λαχανικά, όπως συμβαίνει με το κολοκύθι, το αγγούρι και την πιπεριά (Ανώνυμος 2002).

Η τομάτα *Lycopersicum esculentum* Mil ανήκει στην οικογένεια *Solanaceae*. Είναι κατά κανόνα ετήσιο λαχανικό, αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές, είναι ένα από τα 8-10 πολύ συγγενικά είδη του γένους *Lycopersic*. Καλλιεργείται για τον καρπό της, ο οποίος καταναλίσκεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέραιος ή σε πορτό. Οι λόγοι που καθιστούν την τομάτα δημοφιλές λαχανικό είναι πολλοί. Οι σπουδαιότεροι είναι ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες, και ιδίως τη βιταμίνη C, έχει ελκυστικό χρώμα και ιδιαίτερο άρωμα, γεγονός που την καθιστά αρεστή στη διατροφή (Ολύμπιος, 2001).

Σήμερα η καλλιέργεια της τομάτας εκτείνεται από τις τροπικές μέχρι και μερικές περιοχές που απέχουν μερικές μοίρες από τον αρκτικό κύκλο και στις μεν περιοχές όπου η διάρκεια της θερμής περιόδου το επιτρέπει, η τομάτα καλλιεργείται στη ύπαιθρο, ενώ σε άλλες περιοχές και σε περιόδους 'εκτός εποχής,' καλλιεργείται σε θερμοκήπια και άλλες κατασκευές υπό προστασία. Η τομάτα στον τόπο καταγωγής της είναι πολυετές φυτό, αλλά στις εύκρατες ζώνες καλλιεργείται σαν ετήσιο γιατί νεκρώνεται τον χειμώνα (Ολύμπιος, 2001).



**Εικόνα 2.3: Ώριμος καρπός τομάτας**

Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες ανήκουν στις εξής κατηγορίες από άποψη βλαστικής ανάπτυξης:

1. Αναρριχώμενες, στις οποίες ο κεντρικός βλαστός μεγαλώνει συνεχώς και σχηματίζεται διαδοχικά μεγάλος αριθμός ταξιανθιών. Οι ποικιλίες αυτές συνήθως καλλιεργούνται για παραγωγή τομάτας νωπής κατανάλωσης, η οποία συγκομίζεται σε περίοδο πολλών μηνών.
2. Αυτοκλαδεύμενες, στις οποίες μετά από τον 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 γι αυτό είναι κατάλληλες για μηχανική συγκομιδή. Οι ποικιλίες αυτές χρησιμοποιούνται κατά κανόνα για την παραγωγή πρώτης ύλης για τη βιομηχανία ([http 3](http://3)).

### **2.5.2 Καταγωγή-Ιστορικό**

Κατάγεται από την τροπική Αμερική (Περού, Ισημερινό) όπου υπάρχουν πολλά αυτοφυή είδη. Στην Ευρώπη άρχισε να καλλιεργείται από τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα και στην Ελλάδα από το 1818. Η τομάτα (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ανήκει στην οικογένεια Solanaceae (Ολύμπιος, 2001).

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<sup>ο</sup> αιώνα (Ανώνυμος, 2002).

Τα πλείστα είδη του γένους *Lycopersicon* είναι θάμνοι ετήσιοι, βραχείας διάρκειας, με βιολογικό κύκλο 5 ή λιγότερους μήνες. (Ολύμπιος, 2001).



### 2.5.3 Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας

Στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται στην έκταση και παραγωγή καλλιέργειας τομάτας στην Ελλάδα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.5. 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%).

**Πίνακας 2.2: Στοιχεία έκτασης και μέσης απόδοσης κατά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου κατά γεωγραφικό διαμέρισμα για το έτος 1997 (Ολύμπιος, 2001).**

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
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ</b>	<b>22.303</b>	<b>247.183</b>	

#### **2.5.4 Σημασία της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο**

Η καλλιέργεια των φυτών στο θερμοκήπιο και συγκεκριμένα της τομάτας, έχει ως στόχο την προστασία τους από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Παρ' όλα αυτά, οι συνθήκες που δημιουργούνται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ευνοούν την ανάπτυξη διάφορων εντόμων, εχθρών καθώς και ασθενειών, τα οποία είναι σε θέση να προξενήσουν σημαντική οικονομική ζημιά, καθώς δρουν περιοριστικά στην ομαλή ανάπτυξη των καλλιεργειών.

#### **2.5.5 Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπίων στην Ελλάδα**

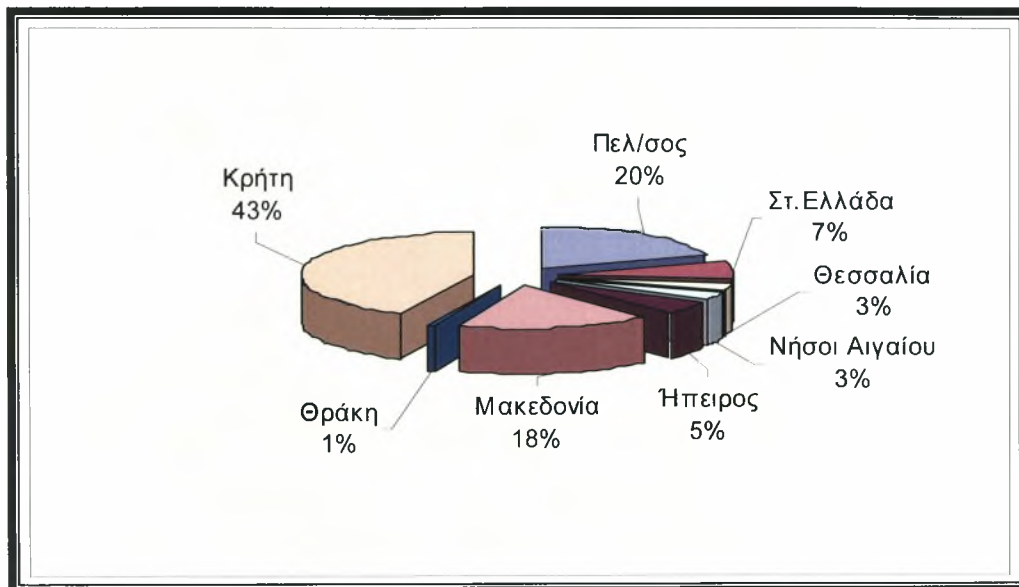
Τα θερμοκήπια έκαναν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα στα μέσα της δεκαετίας του 1950. Η σημαντική όμως εξάπλωσή τους αρχίζει μετά το 1960 με τη χρήση των πλαστικών φύλλων ως υλικού κάλυψης και έκτοτε παρατηρείται μια συνεχής αύξηση της έκτασης των θερμοκηπίων που σήμερα φτάνει τα 50000 στρέμματα περίπου.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



**Γράφημα 2.1: Κατανομή της έκτασης των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, στα γεωγραφικό διαμερίσματα (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας 1998)**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

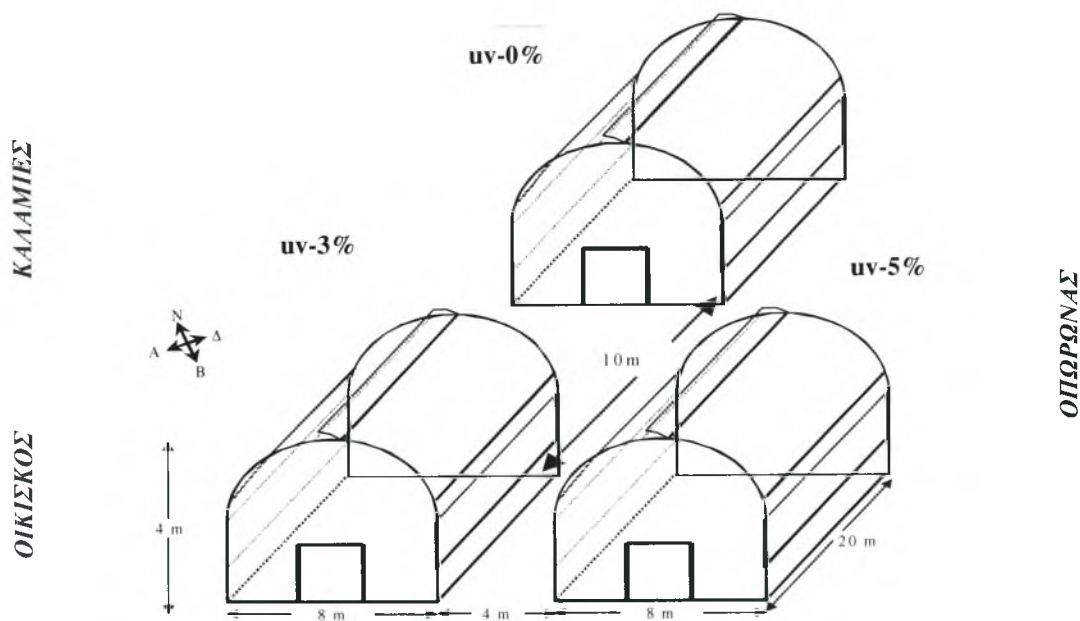
## Κεφάλαιο 3 Υλικά και Μέθοδοι

### 3.1 Η τοποθεσία του πειράματος

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, νοτιοδυτικά του Νομού Μαγνησίας.

### 3.2 Τα θερμοκήπια

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία πανομοιότυπα θερμοκήπια, τροποποιημένα τοξωτά, επιφάνειας  $160\text{m}^2$  (20 μέτρα μήκος και 8 μέτρα πλάτος) το καθένα και μέγιστου 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 στην εικόνα 3.1.



Θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας

Εικόνα 3.1: Τα τρία θερμοκήπια στα οποία πραγματοποιήθηκε το πείραμα

Τα κοντινότερα εμπόδια προς αυτά ήταν, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1, στην ανατολική πλευρά δέντρα ύψους 4 μέτρων, που λειτουργούσαν ως ανεμοθραύστες, και καλαμιές, τα οποία όμως δεν σκίαζαν τα θερμοκήπια καθώς βρίσκονταν σε απόσταση 15 μέτρων από αυτά. Αριστερά του θερμοκηπίου UV-3% υπήρχε ένας οικίσκος στον οποίο βρίσκονταν οι δεξαμενές του υδροπονικού συστήματος καθώς και ο υπολογιστής με τον οποίο γινόταν η διαχείριση του κλίματος του θερμοκηπίου. Δεξιά του θερμοκηπίου UV-5%, υπήρχε οπωρώνας, ενώ στην μπροστινή του πλευρά, βρισκόταν άλλο θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας.

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

### **3.3 Τα υλικά κάλυψης**

Το κάλυμμα των θερμοκηπίων ήταν πολυαιθυλένιο με πρόσθετα βελτίωσης των ιδιοτήτων του, στον δεύτερο χρόνο χρησιμοποίησής τους. Και τον προηγούμενο χρόνο τα θερμοκήπια είχαν χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια τομάτας. Η διαφορά μεταξύ των τριών καλυμμάτων εντοπιζονταν κυρίως στο διαφορετικό ποσοστό πρόσθετων, απορροφητικών υλικών της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-blockers).

Όταν κατασκευάστηκαν τα υλικά κάλυψης το 2001, μετρήθηκε η διαπερατότητα τους στην εξωτερική προσπίπτουσα υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και βρέθηκε το επίπεδο της υπεριώδους ακτινοβολίας στο εσωτερικό του μάρτυρα, (θερμοκήπιο UV-5%), να είναι 5% της εξωτερικής προσπίπτουσας υπεριώδους ακτινοβολίας. Αντίστοιχα στο θερμοκήπιο (UV-3%), ήταν 3% ενώ στο τρίτο θερμοκήπιο (UV-0%) ήταν 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 κατά τη διάρκεια του πειράματος**

Διαπερατότητα των τριών υλικών κάλυψης στην UV ακτινοβολία						
	UV-A			UV-B		
	UV-5%	UV-3%	UV-0%	UV-5%	UV-3%	UV-0%
<b>Απρίλιος</b>	18,8	17,1	0,4	12,1	11,0	1,1
<b>Μάιος</b>	19,8	18,2	0,4	12,3	11,1	1,1
<b>Ιούνιος</b>	20,6	20,2	0,4	12,5	11,2	1,2
<b>Ιούλιος</b>	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 ΑΕ.».

### 3.4 Αερισμός

Στα θερμοκήπια υπήρχαν ανοίγματα πλαϊνά, κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών, διαστάσεων 1m×17m. Ο αερισμός ελέγχονταν αυτόματα στα θερμοκήπια, ενώ ενεργοποιούνταν όταν η θερμοκρασία ξεπερνούσε τους 23°C.

### 3.5 Θέρμανση

Η θέρμανση των θερμοκηπίων ήταν επιδαπέδια. Η θερμοκρασία του θερμοστάτη ορίστηκε στους 15 °C κατά τη διάρκεια της νύχτας και στους 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 του συστήματος θέρμανσης χρησιμοποιήθηκε πετρέλαιο.

### 3.6 Υπόστρωμα της καλλιέργειας

Για τη θρέψη των φυτών χρησιμοποιήθηκε υδροπονικό σύστημα ανοιχτού τύπου 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 περλίτης, 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.

### 3.7 Άρδευση- Λίπανση

Η δόση άρδευσης, ο χρόνος και η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος, ελέγχονταν και 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  $2,1 \text{ mS cm}^{-1}$  και το pH ήταν 5,6.

Η άρδευση γινόταν αρχικά 4 φορές την ημέρα και είχε διάρκεια 4 λεπτά. Βαθμιαία γίνονταν πιο συχνά και έτσι στα τέλη Απριλίου έφτασε τις 8 φορές ημερησίως με διάρκεια 10 λεπτά. Η σύσταση του αρχικού θρεπτικού διαλύματος φαίνεται στον Πίνακα 3.2.

**Πίνακας 3.2: Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος**

<b>K<sup>+</sup></b>	<b>280 ppm</b>
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>164 ppm</b>
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>46 ppm</b>
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>40 ppm</b>
<b>PO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>40 ppm</b>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>233 ppm</b>

### 3.8 Η καλλιέργεια

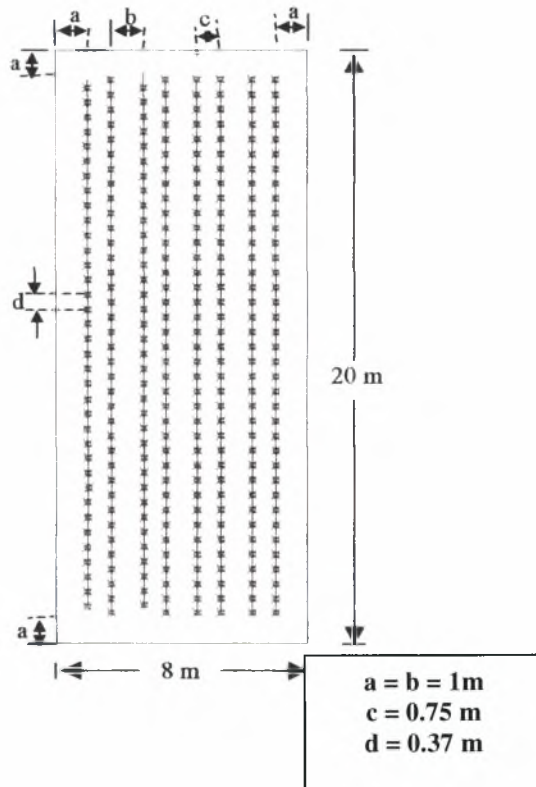
#### 3.8.1 Ποικιλία-Εγκατάσταση της καλλιέργειας

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας, ποικιλίας Belladonna, η οποία είναι ποικιλία αυτογονιμοποιούμενη, με χαρακτηριστικό τη μεγάλη διάρκεια ζωής στον καρπό. Η μεταφύτευση των φυτών πραγματοποιήθηκε στις 23/2/03 και η καλλιέργεια ολοκληρώθηκε στις 10/7/03.

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.

### 3.8.2 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/m<sup>2</sup>. Ανάμεσα στις διπλές γραμμές υπήρχε διάδρομος πλάτους 1m (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 :Διάταξη και αποστάσεις των φυτών τομάτας στα θερμοκήπια

Η επιλογή του δείγματος των φυτών, έγινε με τη βοήθεια πλήρως τυχαιοποιημένου σχεδίου, με τέσσερις επαναλήψεις ανά θερμοκήπιο. Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις ήταν επισημασμένα με χρωματιστή κορδέλα. Οι διπλές σειρές κοντά στα παράθυρα δεν συμπεριλήφθηκαν στο δείγμα.

### **3.9 Καλλιεργητικές τεχνικές**

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

#### **3.9.1 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.

#### **3.9.2 Βλαστολόγημα**

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

#### **3.9.3 Αποφύλλωση - Κορυφολόγημα**

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

#### **3.9.4 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.

### **3.9.5 Επικονίαση των φυτών**

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

### **3.9.6 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.

## **3.10 Μετρήσεις**

Για τη μελέτη της ξηρής ουσίας των φυτών επιλέχθηκαν από κάθε θερμοκήπιο 3 τυχαία φυτά, συνολικά εννέα φυτά και από τα τρία θερμοκήπια. Η λήψη των μετρήσεων γινότανε σχεδόν κάθε δεκαπέντε ημέρες. Επιλέχθηκαν φυτά μη καχεκτικά, όχι προσβεβλημένα από ασθένειες και έντομα, με κορυφή και γενικά σε φυσιολογικό επίπεδο ανάπτυξης.

Τα συγκεκριμένα φυτά πάρθηκαν περίπου από την ίδια σειρά και ίδια θέση από το κάθε θερμοκήπιο. Κοπή φυτών από τις δυο πλάγιες σειρές δεν γινόταν. Η κοπή των συγκεκριμένων φυτών έγινε με μαχαίρι πολύ νωρίς το πρωί για τη μείωση απωλειών του νερού με τη διαπνοή, και το κάθε ένα φυτό αποθηκεύτηκε ανεξάρτητα σε πλαστική σακούλα για τη μεταφορά τους στο εργαστήριο του πανεπιστημίου.

Η λήψη των μετρήσεων ξεκίνησε στις 21/4/2004 (44<sup>η</sup> ημέρα από τη μεταφύτευση) και συνεχίστηκε μέχρι τις 18/6/2004 (102<sup>η</sup> ημέρα από τη μεταφύτευση).

Οι μετρήσεις αφορούσαν :

#### **A) Σε επίπεδο φυτού (ένα στέλεχος)**

- Ύψος φυτών σε cm
- Αριθμός κόμβων
- Αριθμός φύλλων

- Αριθμός καρπών αν υπάρχουν
- Νωπό βάρος και ξηρή ουσία σε g

#### **B) Σε επίπεδο φύλλου**

- Μήκος και πλάτος φύλλου σε cm
- Νωπό βάρος του φύλλου σε g
- Ξηρή ουσία του φύλλου σε g

#### **Γ) Σε επίπεδο καρπών**

- Μέτρηση νωπού βάρους σε g
- Μέτρηση ξηρής ουσίας σε g

### **3.10.1 Μέτρηση του ύψους**

Το ύψος μετρήθηκε κατά την 44<sup>η</sup>, 59<sup>η</sup>, 72<sup>η</sup>, 86<sup>η</sup>, 102<sup>η</sup>, ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Η μέτρηση του μήκους πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια απλής ταινίας και η ακρίβεια της μέτρησης ήταν της τάξεως του 0,5 cm.

Ως ύψος του φυτού είχε οριστεί το μήκος του κεντρικού βλαστού από τον λαιμό του φυτού μέχρι το σημείο εμφάνισης του φύλλου στην κορυφή με μήκος μικρότερο από 10 cm.

### **3.10.2 Μέτρηση του μήκους και πλάτους των φύλλων**

Το μήκος (Μ) και το πλάτος (Π) των φύλλων μετρήθηκαν κατά την 44<sup>η</sup>, 59<sup>η</sup>, 72<sup>η</sup>, 86<sup>η</sup>, 102<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Η μέτρηση γινόταν ανά δεκαπέντε ημέρες.

Ως μήκος (Μ) του φύλλου είχε οριστεί η απόσταση από τη βάση του μίσχου έως την άκρη του ελάσματος και ως πλάτος (Π) του φύλλου η μεγαλύτερη απόσταση ανάμεσα στις άκρες του ελάσματος, κάθετη στο μήκος του φύλλου. Μετρήθηκαν όλα τα φύλλα κάθε φυτού.



### **3.10.3 Μέτρηση των κόμβων**

Ο αριθμός των κόμβων μετρήθηκε κατά την 44<sup>η</sup>, 59<sup>η</sup>, 72<sup>η</sup>, 86<sup>η</sup>, και 102<sup>η</sup> ημέρα από τη μεταφύτευση, ταυτόχρονα με τη μέτρηση του μήκους και του πλάτους των φύλλων.

### **3.10.4 Υπολογισμός νωπού βάρους**

Τα εννέα φυτά, αφού μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο διαιρέθηκαν σε τρία μέρη βλαστός, φύλλα, και καρποί αν υπήρχαν. Καμία μέτρηση δεν έγινε στις ρίζες του φυτού.

Το κάθε τμήμα μετρήθηκε με ζυγαριά ακριβείας (0,01g). Τα όργανα του φυτού μετά τη ζύγιση, τοποθετήθηκαν σε κουτιά από αλουμίνιο, με ετικέτες.

### **3.10.5 Υπολογισμός ξηρής ουσίας**

Τα όργανα των εννέα φυτών μεταφέρονταν μέσα στα κουτιά από αλουμίνιο στον ξηραντήρα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, πίεση και χρόνο (24 ώρες στους 105°C). Μετρούνταν η ξηρή ουσία κάθε στελέχους με τον ίδιο ζυγό.

### **3.10.6 Υπολογισμός της φυλλικής επιφάνειας**

Για τον υπολογισμό της φυλλικής επιφάνειας χρησιμοποιήθηκαν τυχαία 60 φύλλα από κάθε θερμοκήπιο. Σε αυτά τα φύλλα μετρήθηκε το μήκος, το πλάτος, και το εμβαδόν (m<sup>2</sup>) με τη βοήθεια scanner και ειδικού προγράμματος DT Scan σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

### **3.10.7 Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων**

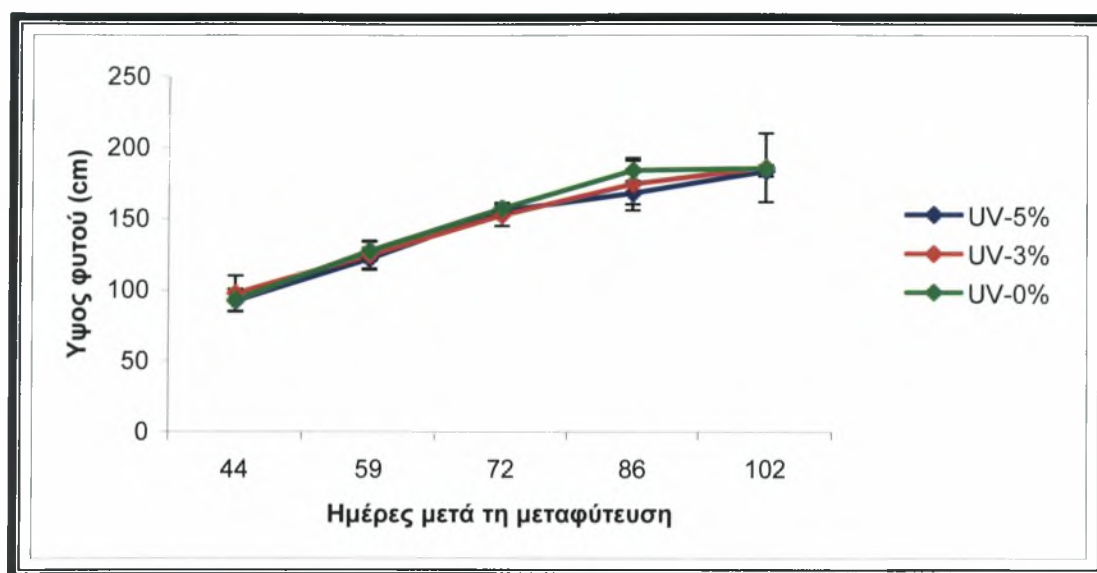
Για τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων και την αποκομιδή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 12.0 for Windows. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με τη μέθοδο ανάλυσης παραλλακτικότητας (Two Way ANOVA). Σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των μεταχειρίσεων καθορίστηκαν με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

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

## Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα

### 4.1 Ύψος φυτών

Στο σχήμα 4.1 παρατηρείται η εξέλιξη του ύψους των φυτών κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία θερμοκήπια. Το ύψος των φυτών μετρήθηκε συνολικά πέντε φορές.



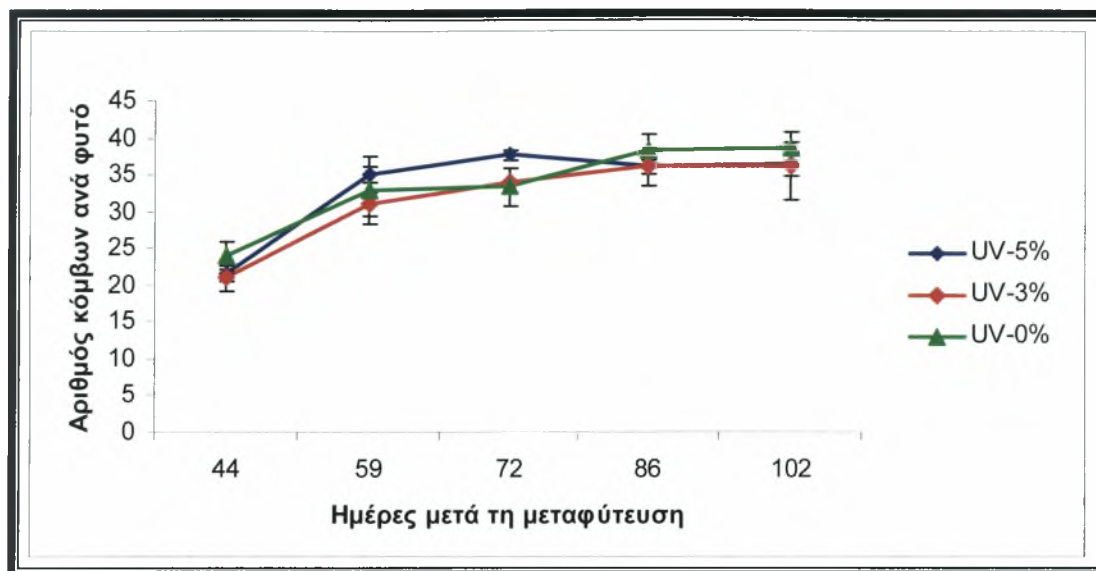
**Σχήμα 4.1.: Ύψος φυτών τομάτας στα τρία θερμοκήπια**

Από το σχήμα 4.1 φαίνεται ότι το ύψος των φυτών αυξάνεται σταδιακά μέχρι και την 86<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση, ενώ κατά την τελευταία μέτρηση (102 DAT) δεν παρατηρήθηκε περαιτέρω αύξηση.

Υπάρχει η ίδια τάση αύξησης του ύψους και στα τρία θερμοκήπια όπως επίσης φαίνεται να μην υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος φυτών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων σε καμία από τις μετρήσεις (DAT).

## 4.2 Αριθμός κόμβων

Ο μέσος αριθμός των κόμβων μετρήθηκε συνολικά πέντε φορές.



**Σχήμα 4.2 :** Μέσος αριθμός κόμβων φυτών τομάτας στα τρία θερμοκήπια

Στο σχήμα 4.2 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  $33,3 \pm 6,6$  κόμβους /φυτό, στο θερμοκήπιο UV-3%  $31,6 \pm 6,3$  κόμβους /φυτό και τέλος στο θερμοκήπιο UV-0%  $33,5 \pm 5,2$  κόμβους /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%  $36,33 \pm 1,52$  κόμβους /φυτό στο θερμοκήπιο UV-3%  $36 \pm 4,58$  κόμβους /φυτό και στο θερμοκήπιο UV-0%  $38,66 \pm 0,57$  κόμβους /φυτό.

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

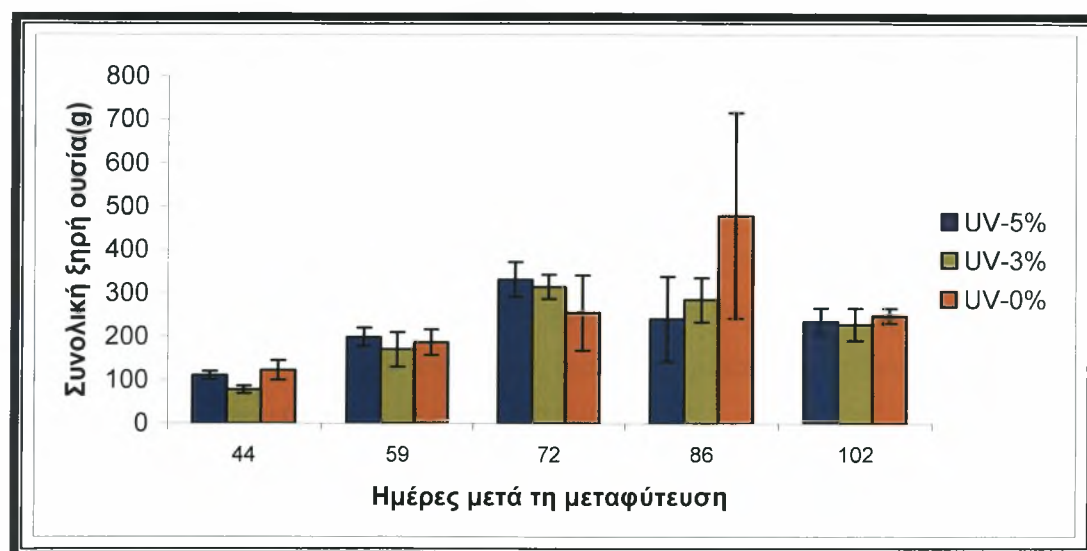
### 4.3 Μετρήσεις ξηρής ουσίας

Η μεταβολή της συνολικής ξηρής ουσίας καθώς και της ξηρής ουσίας των φύλλων, των καρπών και του βλαστού φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν.

Προκειμένου να είναι ακριβής η μέτρηση της ξηρής ουσίας που παράγει το φυτό, προστέθηκαν οι συγκομιζόμενοι καρποί και τα φύλλα που αφαιρέθηκαν κατά την αποφύλλωση.

#### 4.3.1 Συνολική ξηρή ουσία

Η ξηρή ουσία του κάθε θερμοκηπίου βρέθηκε μετά από πρόσθεση του ξηρού βάρους του βλαστού, των φύλλων και των καρπών αν υπήρχαν.



**Σχήμα 4.3.1: Συνολική ξηρή ουσία των διαφόρων οργάνων του φυτού στα τρία θερμοκήπια**

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ότι η ξηρή ουσία αυξάνεται σταδιακά μέχρι και την 72<sup>η</sup> ημέρα σε όλα τα θερμοκήπια, ενώ στην 86<sup>η</sup> ημέρα υπάρχει μια σημαντική αύξηση της ξηρής ουσίας στο θερμοκήπιο UV-0% (βέβαια η τυπική απόκλιση είναι μεγάλη) ενώ στην ίδια περίπτωση η ξηρή ουσία στο θερμοκήπιο UV-5% και UV-3% μειώνεται. Στην 102<sup>η</sup> ημέρα φαίνεται η μείωση της ξηρής ουσίας και στα τρία θερμοκήπια.

Κατά τους Russel et al 1984 η μεταβολή της ξηρής ουσίας κατά την αύξηση του φυτού, στην αρχή είναι εκθετική και μετά είναι γραμμική. Η μεταβολή αυτή είναι αναμενόμενη σε σταθερές κλιματικές συνθήκες γιατί η έκπτυξη νέας φυτικής μάζας από το φυτό, είναι ανάλογη με την αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3.1

**Πίνακας 4.3.1: Στατιστικά σημαντικές διαφορές στη ξηρή ουσία των φυτών στα τρία θερμοκήπια.**

DAT	uv-5%-uv3%	uv-5%-uv-0%	uv-3%-uv-0%
44	*		
59			
72			
86			
102			

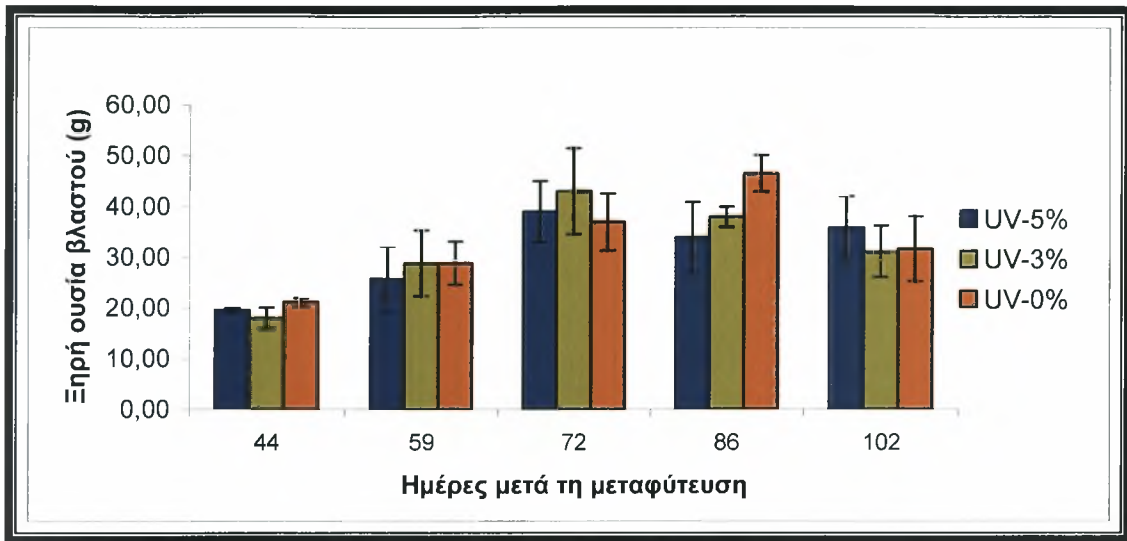
(\*) : Τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά κατά τη συγκεκριμένη ημέρα στην οποία πάρθηκε η μέτρηση με  $p > 0,05$ .

Στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συνολική ξηρή ουσία των φυτών ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια δεν εντοπίζονται παρά μόνο την 44<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση (DAT 44), όπου υπάρχουν διαφορές μεταξύ της συνολικής ξηρής ουσίας των φυτών των θερμοκηπίων UV-5% και UV-3%.



### 4.3.2 Ξηρή ουσία βλαστού

Η ξηρή ουσία του βλαστού μετρήθηκε συνολικά πέντε φορές κατά τη διάρκεια του πειράματος.



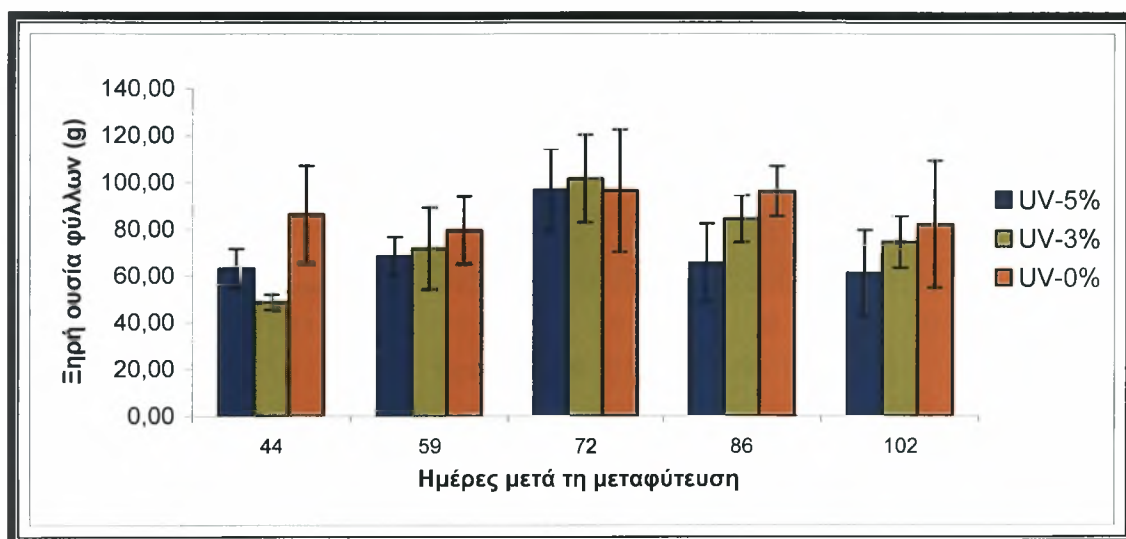
**Σχήμα 4.3.2: Ξηρή ουσία βλαστού στα τρία θερμοκήπια.**

Στο πιο πάνω γράφημα φαίνεται ότι η ξηρή ουσία του βλαστού αυξάνεται σταδιακά με μικρές διακυμάνσεις στο κάθε θερμοκήπιο μέχρι και την 72<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση, ενώ κατά την επόμενη μέτρηση (DAT 86) υπάρχει μείωση της ξηρής ουσίας του βλαστού στα θερμοκήπια UV-5% και UV-3%, εκτός από το θερμοκήπιο UV-0%.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ξηρή ουσία του βλαστού των φυτών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν υπήρχαν.

### 4.3.3 Ξηρή ουσία φύλλων

Η ξηρή ουσία των φύλλων μετρήθηκε συνολικά πέντε φορές κατά τη διάρκεια του πειράματος.

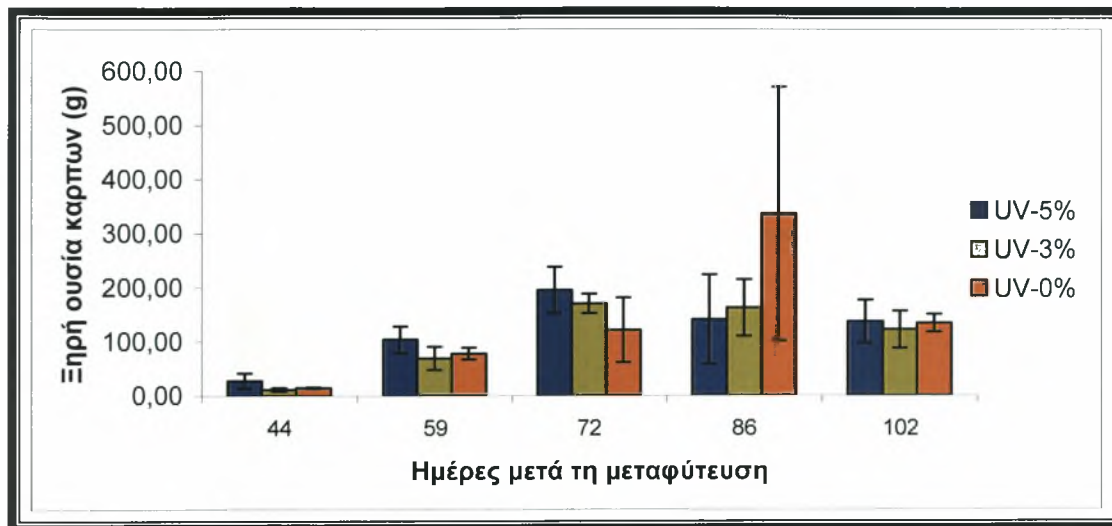


Σχήμα 4.3.3: Ξηρή ουσία φύλλων στα τρία θερμοκήπια

Στο σχήμα αυτό φαίνεται ότι η ξηρή ουσία των φύλλων αυξάνεται μέχρι και την 72<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση, ενώ μετά την 86<sup>η</sup> ημέρα υπάρχει μείωση της ξηρής ουσίας των φύλλων και στα τρία θερμοκήπια. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές στη ξηρή ουσία των φύλλων των φυτών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν υπήρχαν.

#### 4.3.4 Ξηρή ουσία καρπών

Η ξηρή ουσία των καρπών μετρήθηκε συνολικά πέντε φορές.



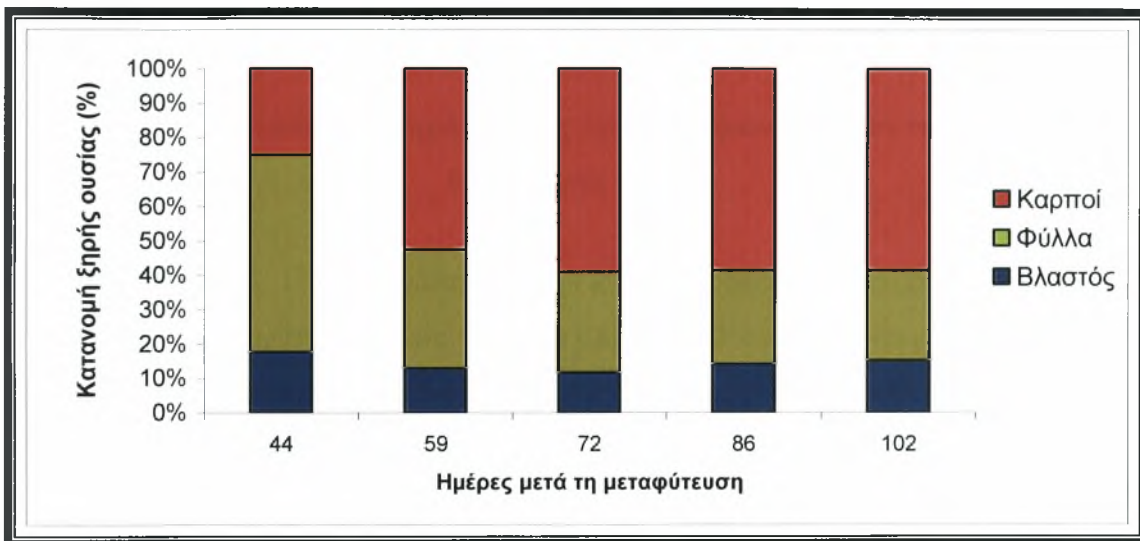
Σχήμα 4.3.4: Ξηρή ουσία καρπών στα τρία θερμοκήπια

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι η ξηρή ουσία των καρπών την 44<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση είναι πολύ μικρό γιατί οι καρποί αρχικά είτε δεν υπήρχαν ή αν υπήρχαν ήταν λίγοι. Από την 59<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση μέχρι και την 72<sup>η</sup>, η ξηρή ουσία των καρπών αυξάνεται. Στην 86<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση, μόνο στο θερμοκήπιο UV-0% υπάρχει μια σημαντική αύξηση της ξηρής ουσίας των καρπών, ενώ την 102<sup>η</sup> ημέρα υπάρχει μείωση και στα τρία θερμοκήπια.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές στη ξηρή ουσία των καρπών των φυτών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν υπήρχαν.

#### 4.4 Κατανομή ξηρής ουσίας

Η κατανομή της ξηρής ουσίας (dry matter partitioning) σε κάθε θερμοκήπιο δείχνει το ποσοστό του συνολικού ξηρού βάρους, που καταλαμβάνει κάθε όργανο του φυτού (βλαστός, φύλλα, καρποί) στο σύνολο της ξηρής ουσίας που έχει παραχθεί. Η κατανομή της ξηρής ουσίας βρίσκεται από το κλάσμα ξηρή ουσία οργάνου /συνολική ξηρή ουσία επί τοις % του φυτού.

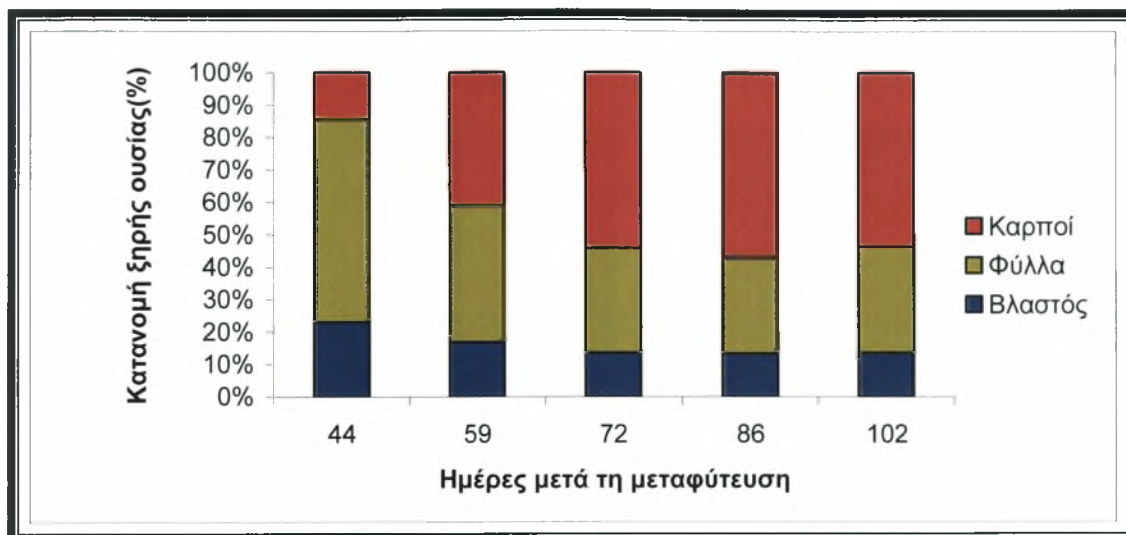


**Σχήμα 4.4.1: Κατανομή ξηρής ουσίας των διαφόρων οργάνων του φυτού στο θερμοκήπιο UV-5%**

Από το πιο πάνω σχήμα φαίνεται ότι στο θερμοκήπιο UV-5% οι καρποί σε όλες τις μετρήσεις κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρής ουσίας εκτός από την 44<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση, όπου το μεγαλύτερο ποσοστό έχουν τα φύλλα, γεγονός αναμενόμενο γιατί η καλλιέργεια βρίσκεται σε αρχικό στάδιο και οι καρποί κατέχουν ελάχιστο ποσοστό ξηρής ουσίας.

Το ποσοστό ξηρής ουσίας των καρπών στην αρχική μέτρηση (DAT 44) είναι 25% ενώ στην τελευταία μέτρηση φτάνει 59%. Αντίθετα στα φύλλα στην αρχική μέτρηση είναι 57% και στην τελευταία μέτρηση είναι 26% της συνολικής ξηρής ουσίας.

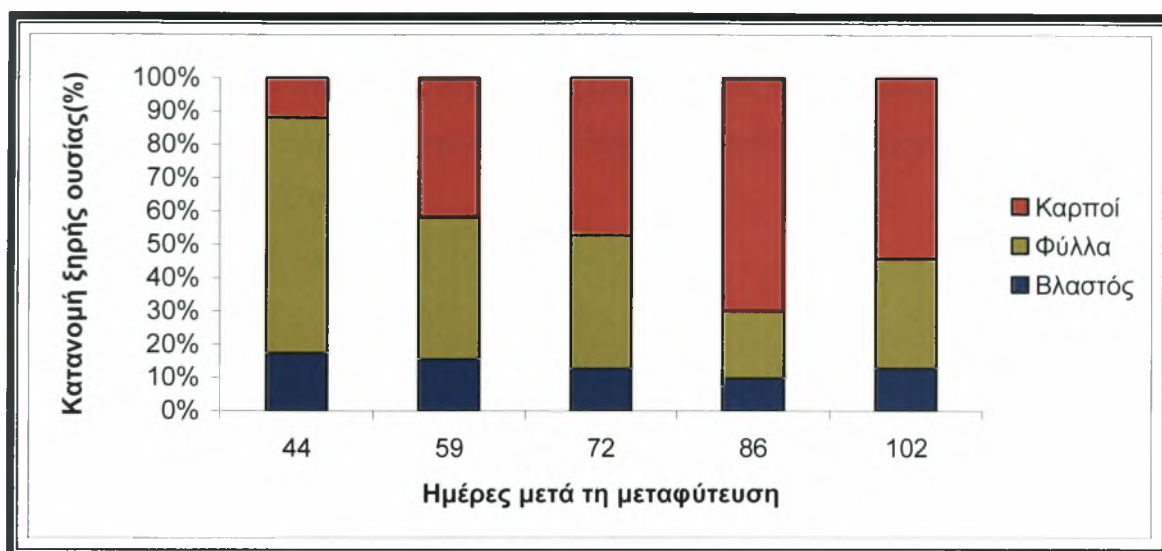
Ο βλαστός σε όλες τις μετρήσεις έχει το μικρότερο ποσοστό ξηρής ουσίας σε σχέση με τα φύλλα και τους καρπούς.



**Σχήμα 4.4.2: Κατανομή ξηρής ουσίας των διαφόρων οργάνων του φυτού στο θερμοκήπιο UV-3%**

Στο θερμοκήπιο UV-3%, φαίνεται ότι οι καρποί σε όλες τις μετρήσεις εκτός από τη 44<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρής ουσίας. Τη 44<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση τα φύλλα έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρής ουσίας γεγονός που παρατηρήθηκε και στο προηγούμενο θερμοκήπιο.

Τη 44<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση τα φύλλα έχουν ποσοστό 63% και την 102<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση 33% της συνολικής ξηρής ουσίας. Οι καρποί τη 44<sup>η</sup> ημέρα μετά την μεταφύτευση έχουν ποσοστό 14% και στη τελευταία μέτρηση φτάνουν 54% της συνολικής ξηρής ουσίας.



**Σχήμα 4.4.3: Κατανομή ξηρής ουσίας των διαφόρων οργάνων του φυτού στο θερμοκήπιο UV-0%**

Όπως και στα προηγούμενα θερμοκήπια έτσι και στο θερμοκήπιο UV-0% το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρής ουσίας έχουν οι καρποί, εκτός από την 44<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση όπου το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρής ουσίας έχουν τα φύλλα.

Τη 44<sup>η</sup> ημέρα μετά την μεταφύτευση οι καρποί έχουν το 12% της συνολικής ξηρής ουσίας ενώ τη 102<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση έχουν το 54% της συνολικής ξηρής ουσίας. Τα φύλλα τη 44<sup>η</sup> ημέρα έχουν το 33% και τη 102<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση το 33% της συνολικής ξηρής ουσίας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.4.1.

**Πίνακας 4.4.1: Στατιστικά σημαντικές διαφορές στη κατανομή ξηρής ουσίας των μερών του φυτού στα τρία θερμοκήπια**

Μέρη	uv-5%-uv-3%	uv-5%-uv-0%	uv-3%-uv-0%
Βλαστός			
Καρποί			
Φύλλα		*	



(\*) : Τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά στο συγκεκριμένο μέρος του φυτού με  $p > 0,05$ .

Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα τρία θερμοκήπια στην κατανομή ξηρής ουσίας στα όργανα του φυτού παρά μόνο στα θερμοκήπια UV-5% και UV-0% στα φύλλα.

#### 4.5 Ποσοστό ξηρής ουσίας στα φυτικά όργανα

Η περιεχόμενη ξηρή ουσία (dry matter content ) σε κάθε θερμοκήπιο μας δείχνει το ποσοστό ξηρής ουσίας και υπολογίζεται από το κλάσμα ξηρή ουσία /νωπό βάρος εκφρασμένο σε εκατοστιαίο ποσοστό.

Πίνακας 4.3.2 :Περιεχόμενη ξηρή ουσία των οργάνων του φυτού ανά θερμοκήπιο

Dat	UV-5%			UV-3%			UV-0%		
	Βλαστός%	Φύλλα%	Καρποί%	Βλαστός%	Φύλλα%	Καρποί%	Βλαστός%	Φύλλα%	Καρποί%
44	8,47%	9,77%	6,47%	8,60%	8,91%	6,75%	9,14%	12,35%	6,34%
59	9,45%	11,06%	8,67%	10,68%	10,90%	9,18%	13,43%	12,35%	7,09%
72	12,49%	12,33%	7,31%	14,54%	12,33%	7,31%	9,24%	12,33%	7,46%
86	10,60%	12,54%	4,66%	10,47%	12,77%	4,92%	11,61%	11,22%	10,34%
102	8,15%	11,24%	7,09%	8,14%	11,58%	4,84%	8,15%	11,25%	5,45%

Στον πιο πάνω πίνακα φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη καθαρή ξηρή ουσία και στα τρία θερμοκήπια λαμβάνουν τα φύλλα σε σχέση με τους καρπούς και τον βλαστό. Οι καρποί λαμβάνουν το μικρότερο ποσοστό ξηρής ουσίας σε σχέση με τα φύλλα και το βλαστό κατά τη διάρκεια των μετρήσεων η οποία είναι μεταξύ 4,66%-10,34%. Στο βλαστό από 8,14%-14,54% και τέλος στα φύλλα από 8,91%-12,77%.

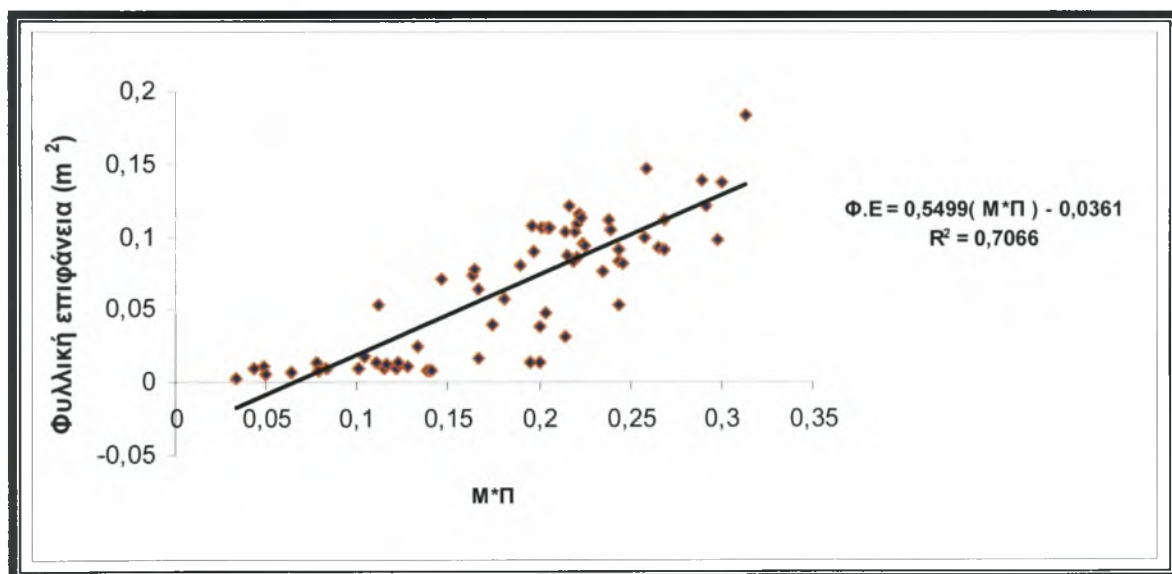
Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές στην καθαρή ξηρή ουσία των φυτών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν υπήρχαν.

## 4.6 Φυλλική επιφάνεια

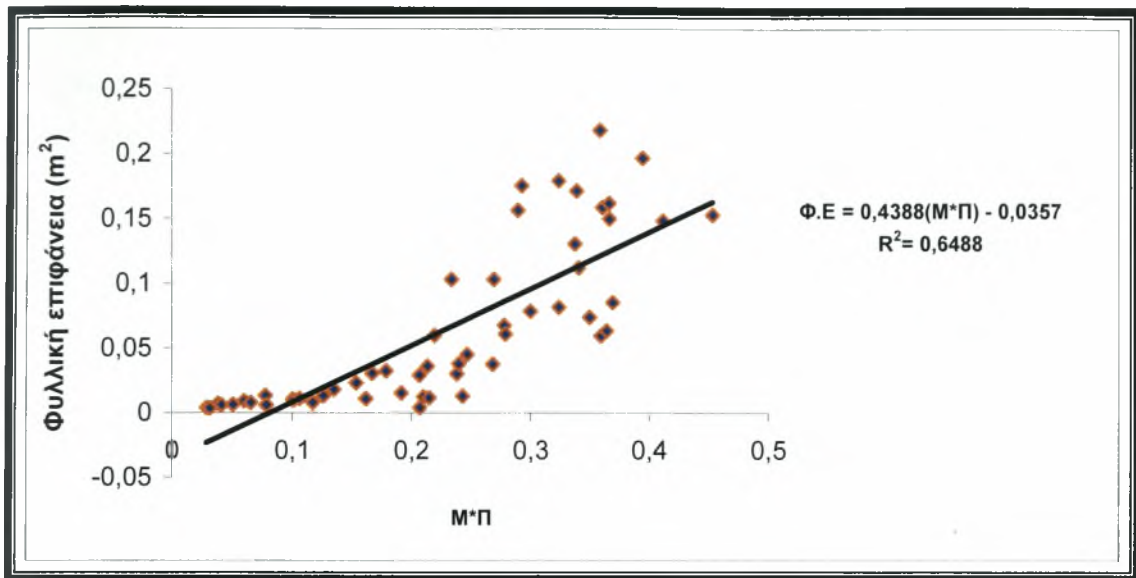
Το φύλλο είναι σημαντικό όργανο για το φυτό και σχετίζεται με τη φωτοσύνθεση και την εξατμισοδιαπνοή. Ως εκ τούτου η μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας είναι απαραίτητη στα περισσότερα αγρονομικά πειράματα που έχουν σχέση με την ανάπτυξη του φυτού (Blanco and Folegatti, 2003).

Χρησιμοποιήθηκαν περίπου 60 φύλλα από κάθε θερμοκήπιο και μετρήθηκε η πραγματική επιφάνεια τους με τη βοήθεια σαρωτή ειδώλου (scanner).

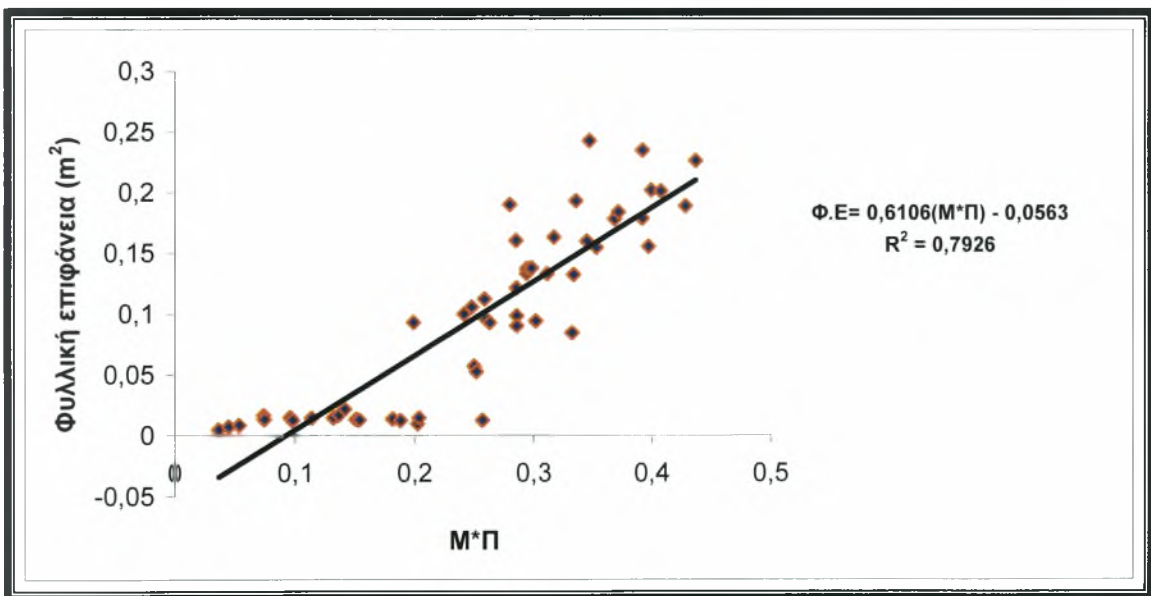
Προέκυψε γραμμική συσχέτιση της φυλλικής επιφάνειας (Φ.Ε) με το γινόμενο μήκους (Μ) επί πλάτους (Π) του φύλλου (Μ\*Π), και η τιμή της για κάθε θερμοκήπιο φαίνεται στα παρακάτω σχήματα



Σχήμα 4.8.1:Φυλλική επιφάνεια στο θερμοκήπιο UV-5%



Σχήμα 4.8.2:Φυλλική επιφάνεια στο θερμοκήπιο UV-3%



Σχήμα 4.8.3:Φυλλική επιφάνεια στο θερμοκήπιο UV-0%

Αναλυτικότερα η σχέση αυτή είναι:

- Θερμοκήπιο UV-5%  $\Phi.Ε (m^2) = 0,5499 (M*\Pi) - 0,0361 (R^2=0,7066)$
- Θερμοκήπιο UV-3%  $\Phi.Ε (m^2) = 0,4388 (M*\Pi) - 0,0357 (R^2=0,6488)$
- Θερμοκήπιο UV-0%  $\Phi.Ε (m^2) = 0,6106 (M*\Pi) - 0,0563 (R^2 = 0,7926)$

Προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι παράμετροι των εκάστοτε δυο ευθειών (της σχέσης που συνδέει τη Φ.Ε με το Μ\*Π του κάθε θερμοκηπίου) διέφεραν σημαντικά, γινόταν έλεγχος με τη βοήθεια του t-κριτηρίου, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$t = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{(st.er.P_1)^2 + (st.er.P_2)^2}}$$

όπου: P οι τιμές των συντελεστών (α ή β) και st.erP οι τιμές του τυπικού σφάλματος των συντελεστών (α ή β).

Η τιμή t από την εξίσωση συγκρινόταν με την τιμή t του πίνακα του t-κριτηρίου για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05 και για τους εκάστοτε βαθμούς ελευθερίας (B.E). Αν η τιμή της εξίσωσης ήταν μεγαλύτερη από την αναγραφόμενη τιμή του πίνακα, τότε οι δύο παράμετροι που συγκρίνονταν κάθε φορά διέφεραν σημαντικά, ενώ αν η τιμή της εξίσωσης ήταν μικρότερη από την αναγραφόμενη τιμή του πίνακα, τότε οι δυο παράμετροι που συγκρίνονταν κάθε φορά δε διέφεραν.

Από τη σύγκριση των συντελεστών βρέθηκε ότι οι τιμές t που υπολογίστηκαν ήταν μικρότερες από αυτές του πίνακα και συνεπώς μπορούμε να πούμε ότι οι τρεις σχέσεις που βρέθηκαν δεν διαφέρουν σημαντικά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια από τις τρεις σχέσεις.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**



## Κεφάλαιο 5 Συζήτηση-Συμπεράσματα

Στην παρούσα ερευνητική εργασία μελετήθηκε η επίδραση της υπερϊώδους ακτινοβολίας στην ξηρή ουσία της τομάτας σε περιβάλλον θερμοκηπίου με υδροπονική καλλιέργεια τομάτας.

Οι μετρήσεις αρχίζουν την 44<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση (DAT 44) και δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του ύψους των φυτών. Υπάρχει μια μικρή αύξηση του ύψους των φυτών στο θερμοκήπιο UV-0% όπου η υπερϊώδης ακτινοβολία είναι μειωμένη σε σχέση με τα άλλα δυο θερμοκήπια, με τελικό ύψος των φυτών στα θερμοκήπια UV-5% 183,3cm, UV-3% 186cm και στο θερμοκήπιο UV-0% 185,4cm.

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.

Στο συνολικό ξηρό βάρος των φυτών στατιστικά σημαντικές διαφορές των φυτών στα τρία θερμοκήπια δεν εντοπίζονται παρά μόνο σε μια μέτρηση (DAT 44). Επίσης στην ξηρή ουσία του βλαστού, των φύλλων και των καρπών των φυτών στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν υπήρχαν.

Κατά τον Heuvelink (1995) το ποσοστό ξηρής ουσίας (dry matter content) στους καρπούς είναι μικρότερο σε σχέση με τον βλαστό και τα φύλλα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Στο συγκεκριμένο πείραμα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το λιγότερο ποσοστό ξηρής ουσίας λαμβάνουν οι καρποί σε σχέση με τα φύλλα και το βλαστό κατά τη διάρκεια του πειράματος και σε καμία περίπτωση δεν έχουμε αύξηση του ποσοστού της ξηρής ουσίας των καρπών σε σχέση με τα φύλλα και τον βλαστό.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι σημαντικές διαφορές στην καθαρή ξηρή ουσία των φυτών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων δεν υπήρχαν.

Η κατανομή της ξηρής (dry matter partitioning) ουσίας φαίνεται ότι στην αρχή των μετρήσεων κατανέμεται στα φύλλα και προς το τέλος των μετρήσεων κατανέμεται στους καρπούς, και στα τρία θερμοκήπια. Την 102<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση (DAT 102) η ξηρή ουσία κατανέμεται στους καρπούς με 54-59%, στα φύλλα με 26-33% και στους βλαστούς 13-15% στα τρία θερμοκήπια.

Κατά τον Heuvelink (1995) την περίοδο 95-101 ημέρες μετά τη μεταφύτευση τα περισσότερα πειράματα έδειξαν ότι το 54-60% της ξηρής ουσίας κατανέμεται στους καρπούς, το 28-33% στα φύλλα και το 12-13% στον βλαστό.

Από τη στατιστική ανάλυση προκύπτει σημαντική διαφορά στα θερμοκήπια UV-5% και UV-0% στην κατανομή ξηρής ουσίας στα φύλλα

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η χρήση των απορροφητικών της UV ακτινοβολίας υλικών κάλυψης, δεν είναι επιβλαβής, δεν παρουσίασε μειονεκτήματα ή προβλήματα κατά οποιοδήποτε τρόπο για τα φυτά τομάτας και δεν επηρεάζει την ξηρή ουσία ή άλλες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών αρνητικά, επομένως προτείνεται σε εμπορικές μονάδες παραγωγής η περαιτέρω χρήση τους.

## Βιβλιογραφία

**Amagai, H., Onuma, K., and Nagaki, S., (1984).** The growth of vegetable crops and establishment of insects and mite pests in a plastic greenhouse treated to exclude near UV radiation. (3) Growth of tomatoes. Bull.Ibaraki-Ken Hort.Exp.

Sta 12: 81-88 (in Japanese).

**Antignus, Y., (2000).** Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-born viruses. Virus Research 71: 213-220.

**Berlinger, M.J, Leius-Mordechi, S, and Rosenfield, J., (1996).** State of the art and the future of IPM in greenhouse vegetables in Israel .IOBC/WPRS Bull 19(1), 11-14. Proc.Working group <<Integrated Control in glasshouses>>, Vienna, Austria, 19-23 May.

**Blanco, F.F. and M.V.Folegatti, (2003).** A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. Horticulture brasileira vol 21.

**Blom T.J. and Ingratta, F.J., (1984).** The effect of high pressure sodium lighting on the production of tomatoes, cucumbers and roses. Acta Hortic. 148: 905-914.

**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 greenhouses 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.

**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. Journal of Experimental Biology 207: 1683-1688.

**Giacomelli, G.A., (1998).** Components of Radiation Defined: Definition of Units<measuring Radiation Transmission, Sensors. Greenhouse Glazing and Solar Radiation Transmission Workshop.

**Giacomelli, G.A. and Roberts, W. J., (1993).** Review: greenhouse covering systems. Hort Technology **3**: 50–58.

**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.

**Heuvelink, E., (1995).** Growth, development and yield of a tomato. Crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. Scientia Horticulturae **61**:77-99.

**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://yumasun.com/artman/publish/articles/story\\_11213.shtml](http://yumasun.com/artman/publish/articles/story_11213.shtml).

**http3:**[http://www.teilar.gr/schools/steg/agriculture/lessons/lessons\\_online/internet.papadopoulos28b.htm](http://www.teilar.gr/schools/steg/agriculture/lessons/lessons_online/internet.papadopoulos28b.htm).

**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.

- 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.
- Nigel P.,-Jones D (2003).** Ecological roles of solar UV radiation: towards an integrated approach review trends in ecology and evolution.**18**:48-55.
- 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.
- Ravin, M (1988).** The use of photosensitive cladding materials as modifiers of morphogenesis of plants and pathogens.
- 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.
- 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.
- Itzhak Secker-Esquire State.** Greenhouse Extension Specialist Ministry of Agriculture, Israel.
- Ανώνυμος, (2002).** Γεωργία - Κτηνοτροφία.
- Λόλας, Π. Χ., (2000).** Φυσιολογία Φυτού. Σημειώσεις. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ. Ν., (2001).** Θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Τσέκος, Ι. Β., (2003).** Φυσιολογία Φυτών Τόμος Ι. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε., Θεσσαλονίκη.
- Ολύμπιος Χ. Μ., (2001).** Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085695