

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή Διατριβή

**«Επίδραση φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίου,
απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας, στην αύξηση και
ανάπτυξη υδροπονικά παραγόμενης τομάτας»**

Παπαγιάννη Ανδρονίκη

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Κίττας Κ., Καθηγητής, Επιβλέπων
Νάνος Γ., Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος
Χα Α. Ι., Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος

Βόλος, 2005



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

Αριθ. Εισ.: 4860/1
Ημερ. Εισ.: 02-08-2006
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2005
ΠΑΠ

Στους γονείς μου

Ευχαριστίες

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 για το σχεδιασμό, την ανάθεση και την επίβλεψη αυτού του θέματος καθώς και για την εμπιστοσύνη από την αρχή αυτής της συνεργασίας.

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

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην Καθηγήτρια του ΤΕΙ Λάρισας και υποψήφια διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος κ. Παπαϊωάννου Χρυσούλα για τις χρήσιμες υποδείξεις, τις συμβουλές και την άμεση επίβλεψη της τόσο κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή και ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής διατριβής. Ακόμη για την ευχάριστη συνεργασία και την καθοδήγηση της σε όλους τους προβληματισμούς που ανέκυψαν σε αυτό το διάστημα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Dany El-Obeid για την ενθάρρυνση, τις προτάσεις και τη βοήθεια του τόσο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων όσο και σε επιστημονικό επίπεδο. Επίσης για την υπομονή, τη συμπαράσταση και για τη δημιουργία ευχάριστου κλίματος μέσα στο Εργαστήριο.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος κ. Κατσούλα Νικόλαο για τη βοήθεια του, τις χρήσιμες υποδείξεις και διορθώσεις αυτής της ερευνητικής εργασίας.

Θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω ξεχωριστά την οικογένεια μου για την αγάπη, την ηθική συμπαράσταση και την υποστήριξη της καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου ώστε να ολοκληρωθεί με τις καλύτερες συνθήκες αυτή η προσπάθεια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου και όλους όσους μου συμπαράστηκαν κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής αυτής της ερευνητικής εργασίας και με βοήθησαν ο καθένας με τον τρόπο του.

Περιεχόμενα

| | Σελ. |
|--|-----------|
| Περίληψη..... | 6 |
| Abstract..... | 8 |
| I. Εισαγωγή | 9 |
| Σκοπός της εργασίας..... | 10 |
| II. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση | 12 |
| 1 Η ηλιακή ακτινοβολία | 12 |
| 1.1 Χαρακτηριστικά της ηλιακής ακτινοβολίας | 12 |
| 1.2 Ηλιακή ακτινοβολία και φυτά | 13 |
| 1.3 Υπεριώδης ακτινοβολία | 14 |
| 1.3.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας | 15 |
| 1.3.1.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά | 15 |
| 1.3.1.2 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στους εχθρούς και τις ασθένειες των φυτών | 19 |
| 2 Το περιβάλλον του θερμοκηπίου | 20 |
| 3 Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων | 21 |
| 3.1 Τύποι υλικών κάλυψης και οι ιδιότητές τους | 21 |
| 3.2 Νέα υλικά κάλυψης | 28 |
| 3.3 Επιδράσεις του τροποποιημένου φάσματος | 30 |
| 4. Αύξηση και ανάπτυξη των φυτών | 31 |
| 4.1 Ορισμός των εννοιών της αύξησης και της ανάπτυξης | 31 |
| 4.2 Θέσεις της αύξησης στο φυτό | 32 |
| 4.3 Μέτρηση της αύξησης και περιγραφή της ανάπτυξης.. | 32 |
| 5 Η καλλιέργεια της τομάτας | 33 |
| 5.1 Γενικά | 33 |
| 5.2 Καταγωγή – Ιστορικό | 34 |
| 5.3 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας | 34 |
| 5.4 Βοτανικοί χαρακτήρες | 37 |
| 5.4.1 Η ρίζα | 38 |
| 5.4.2 Ο βλαστός | 38 |
| 5.4.3 Τα φύλλα | 38 |
| 5.4.4 Τα άνθη | 39 |
| 5.4.5 Ο καρπός | 39 |
| 5.4.6 Ο σπόρος | 40 |
| 5.5 Οικολογικές απαιτήσεις της καλλιέργειας της τομάτας | 41 |
| 5.5.1 Κλιματικές απαιτήσεις | 41 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 5.5.2 | Εδαφικές απαιτήσεις | 41 |
| 5.5.3 | Εμπλουτισμός με διοξείδιο του άνθρακα | 42 |
| 5.5.4 | Συνθήκες υγρασίας | 42 |
| 5.5.5 | Εχθροί και ασθένειες της τομάτας | 42 |
| 6 | Η καλλιέργεια σε υδροπονικά συστήματα | 43 |
| 6.1 | Γενικά | 43 |
| 6.2 | Ιστορική αναδρομή | 43 |
| 6.3 | Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου | 43 |
| 6.4 | Μέθοδοι υδροπονικής καλλιέργειας | 44 |
| III. | Υλικά και Μέθοδοι | 47 |
| 1 | Η τοποθεσία | 47 |
| 2 | Τα θερμοκήπια | 47 |
| 3 | Τα υλικά κάλυψης | 48 |
| 4 | Αερισμός | 49 |
| 5 | Θέρμανση | 49 |
| 6 | Υπόστρωμα της καλλιέργειας | 49 |
| 7 | Άρδευση – Λίπανση | 50 |
| 8 | Η καλλιέργεια | 50 |
| 8.1 | Ποικιλία - Εγκατάσταση της καλλιέργειας | 50 |
| 8.2 | Διάταξη των φυτών | 51 |
| 9 | Καλλιεργητικές τεχνικές | 51 |
| 9.1 | Στήριξη των φυτών | 51 |
| 9.2 | Βλαστολόγημα | 52 |
| 9.3 | Αποφύλλωση – Κορυφολόγημα | 52 |
| 9.4 | Επεμβάσεις με χημικά | 52 |
| 9.5 | Επικονίαση των φυτών | 52 |
| 9.6 | Έλεγχος εχθρών και ασθενειών | 52 |
| 10 | Μετρήσεις | 53 |
| 10.1 | Μέτρηση του ύψους | 53 |
| 10.2 | Μέτρηση του μήκους (L) και πλάτους (W) των φύλλων | 54 |
| 10.3 | Μέτρηση των κόμβων | 54 |
| 10.4 | Υπολογισμός της φυλλικής επιφάνειας | 54 |
| 10.5 | Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων | 54 |
| IV. | Αποτελέσματα | 55 |
| 1 | Κλιματικές συνθήκες..... | 55 |
| 2 | Ύψος φυτών | 56 |
| 3 | Αριθμός κόμβων | 58 |

| | |
|--|-----------|
| 4 Θερμομονάδες που καταναλώθηκαν για τη δημιουργία ενός κόμβου | 61 |
| 5 Μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας | 63 |
| V. Συζήτηση - Συμπεράσματα | 65 |
| Βιβλιογραφία | 68 |
| Παράρτημα | 72 |

Περίληψη

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

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

Στη συγκεκριμένη ερευνητική εργασία μελετήθηκαν τρία διαφορετικά υλικά κάλυψης σε τρία διαφορετικά θερμοκήπια, στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στην περιοχή του Βελεστίνου. Τα υλικά αυτά ήταν απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας σε διαφορετικά ποσοστά. Την πρώτη χρονιά διεξαγωγής του πειράματος στο πρώτο θερμοκήπιο (GH 1) το υλικό κάλυψης ήταν διαπερατό στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) σε ποσοστό 5%, στο δεύτερο θερμοκήπιο (GH 2) το υλικό κάλυψης ήταν διαπερατό στην υπεριώδη ακτινοβολία σε ποσοστό 3% και στο τρίτο θερμοκήπιο (GH 3) το υλικό κάλυψης ήταν αδιαπέρατο στην υπεριώδη ακτινοβολία. Η συγκεκριμένη ερευνητική εργασία αναφέρεται στο δεύτερο συνεχόμενο έτος χρήσης των πλαστικών κατά το οποίο το ποσοστό της διαπερατότητας τους είναι ελαφρώς τροποποιημένο λόγω παλαίωσης των υλικών.

Η καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας τις συνήθεις καλλιεργητικές πρακτικές.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το ύψος των φυτών, το μήκος και το πλάτος των φύλλων και τον αριθμό των κόμβων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φυτά επηρεάζονται θετικά από την έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας, καθώς τα φυτά στο GH 3 ήταν στατιστικά σημαντικά ψηλότερα από τα φυτά στα άλλα δύο θερμοκήπια. Τα διαφορετικά υλικά κάλυψης δεν είχαν σημαντική επίδραση στη φυλλική επιφάνεια και στον αριθμό των κόμβων

και δεν προκάλεσαν κάποια γενικότερη εμφανή μακροσκοπικά διαφοροποίηση στη μορφολογία των φυτών.

Abstract

Cultivation in the greenhouse environment is very popular. Among the other questions about greenhouse cultivation is the selection of the proper greenhouse covering material. Nowadays covering materials with properties that affect a variety of parameters, relative to the greenhouse climate, hence the growth and development of plant, are manufactured.

New trends in cladding materials manufacturing, suggest materials that are photoselective in different wave bands and materials that control diseases and plant enemies. These materials reduce the usage of chemicals and promote a more environment friendly agriculture.

In this report three different covering materials were investigated, in three different greenhouses, located in the experimental farm of the University of Thessaly in Velestino. These materials were UV-absorbing in different percentages, which are 5%, 3% and 0% for the first (GH 1), the second (GH 2) and the third greenhouse (GH 3), respectively. These percentages refer to the first year the materials were used. This particular experiment is referring to the second continuous year of usage and the transmittance was slightly altered because of the ageing of the materials.

Common practices for the cultivation of tomato were followed during the experiment.

Measurements regarding plant height, length and width of tomato leaves and the number of formatted nodes were taken.

The results showed that the tomato plants were positively affected by the lack of ultraviolet radiation, as the plants in GH 3 were statistically taller than the other greenhouses. Different covering materials had no significant effect on leaf area and number of formatted nodes, or any other macroscopic effect on plant morphology in general.

I. Εισαγωγή

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

Οι αλλαγές στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου έχουν σημαντικές επιδράσεις στην αύξηση, την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των καλλιεργειών (Papadopoulos and Hao, 1997). Τα διάφορα μήκη κύματος του φωτός ανακλώνται, απορροφώνται ή διέρχονται μέσω των διαφόρων υλικών κατά διαφορετικό τρόπο. Το γεγονός αυτό επιδρά στην ποιότητα του φωτισμού που εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Γενικά θα πρέπει όλα τα μήκη κύματος του φωτός, τα αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών, να μην ανακλώνται ή απορροφώνται, αλλά να διέρχονται μέσω του υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου στο μέγιστο βαθμό (<http> 1).

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

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

Τα τελευταία χρόνια ερευνάται η χρήση υλικών κάλυψης θερμοκηπίων τα οποία είναι αδιαπέρατα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) ως εναλλακτική οικολογική λύση ενάντια σε κάποιους συγκεκριμένους εχθρούς και παθογόνα των θερμοκηπιακών καλλιεργειών (Gonzalez et al., 2004).

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

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

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

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

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

Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της υπεριώδους ακτινοβολίας στην καλλιέργεια φυτών τομάτας. Πιο συγκεκριμένα θα ερευνηθεί η επίδραση τριών διαφορετικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίου, τα οποία είναι απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας σε διαφορετικό βαθμό το καθένα, στην αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών, ούτως ώστε να αξιολογηθούν αυτά τα υλικά από οικονομικής απόψεως, αλλά και κατά πόσο η επίδραση τους στην καλλιέργεια της τομάτας είναι ουσιαστική. Για το λόγο αυτό θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις σε επίπεδο της καλλιέργειας που περιλαμβάνουν:

- ✓ τις διαστάσεις των φύλλων (μήκος, πλάτος),
- ✓ το ύψος των φυτών και

- ✓ τον αριθμό των σχηματιζόμενων κόμβων.

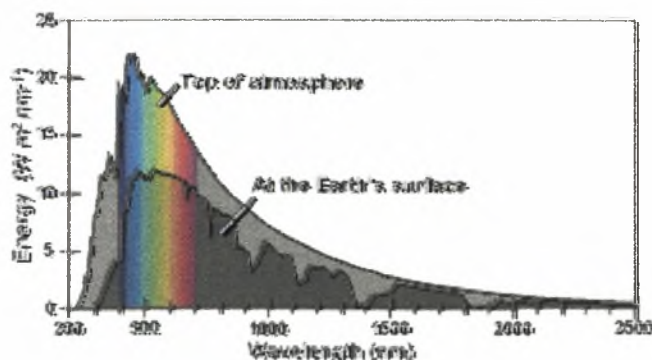
II. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

1 Η ηλιακή ακτινοβολία

1.1 Χαρακτηριστικά της ηλιακής ακτινοβολίας

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι το αποτέλεσμα της τήξης των ατόμων στο εσωτερικό του Ήλιου. Ένα τμήμα της ενέργειας που προέρχεται από αυτή τη διαδικασία της τήξεως θερμαίνει τη χρωμόσφαιρα. Η χρωμόσφαιρα είναι το εξωτερικό στρώμα του Ήλιου, είναι αρκετά πιο δροσερό από το εσωτερικό του και η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη χρωμόσφαιρα είναι η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει και στη Γη. Η ακτινοβολία που προέρχεται από τον Ήλιο αναπτύσσει ένα μεγάλο εύρος μηκών κύματος από 200 nm έως και περισσότερα από 50000 nm με μέγιστο γύρω στα 500 nm. Κατά προσέγγιση το 47 % της εξωγήινης ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται σε μήκη κύματος του ορατού φωτός (από 380 nm έως 780 nm), το 46 % σε μήκη κύματος του υπέρυθρου φωτός (από 780 nm και πάνω) και το 7 % της εξωγήινης ηλιακής ακτινοβολίας σε μήκη κύματος του υπεριώδους (από 380 nm και κάτω) ([http 2](#)).

Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την ατμόσφαιρα ένα μεγάλο μέρος της υπεριώδους απορροφάται και διασκορπίζεται. Τα μόρια του αέρα διαλύουν με μεγαλύτερη ευκολία τα μικρότερα μήκη κύματος από ότι τα μεγαλύτερα. Οι υδρατμοί και τα στερεά σωματίδια της ατμόσφαιρας μειώνουν ακόμη περισσότερο το ποσό του άμεσου ηλιακού φωτός που διαπερνά την ατμόσφαιρα. Σε μια όχι νεφελώδη ημέρα περίπου το 75 % της άμεσης φυσιολογικής εξωγήινης ακτινοβολίας διαπερνά την ατμόσφαιρα χωρίς να απορροφηθεί ή να διαλυθεί. Στην Εικόνα1 παρουσιάζεται το φάσμα εκπομπής της ηλιακής ακτινοβολίας όπως λαμβάνεται στο εξωτερικό της ατμόσφαιρας αλλά και στην επιφάνεια της Γης ([http 2](#)).



Εικόνα 1. Το φάσμα εκπομπής της ηλιακής ακτινοβολίας

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

1.2 Ηλιακή ακτινοβολία και φυτά

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

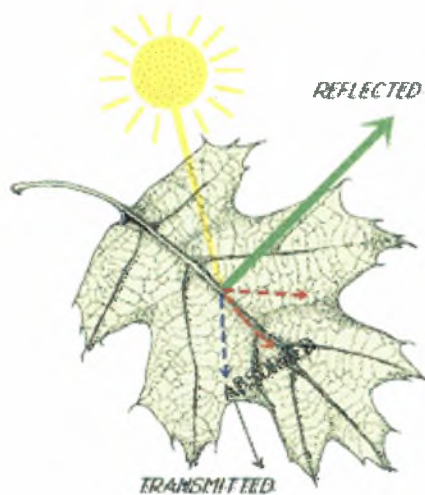
Φωτομορφογένεση είναι κάθε επίδραση του φωτός στη μορφολογία και τη φυσιολογία του φυτού με τελικό αποτέλεσμα τον καθορισμό της αύξησης-ανάπτυξης κυττάρου, ιστού, οργάνου ή ολόκληρου του φυτού (Λόλας, 2000).

Η ζωή πάνω στη γη εξαρτάται άμεσα από την ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο. Η φωτοσύνθεση είναι η μοναδική διεργασία βιολογικής σημασίας που μπορεί να αντλήσει αυτήν την ενέργεια. Με τον όρο φωτοσύνθεση χαρακτηρίζεται η μεταβολή της ακτινοβόλου ενέργειας σε ελεύθερη χημική ενέργεια (Τσέκος, 2003). Η μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική συνδέεται στενά με τη μετατροπή του CO₂ σε οργανικά συστατικά. Για την πραγματοποίηση αυτής της μετατροπής είναι απαραίτητη η παρουσία χρωστικών. Χρωστική είναι κάθε ουσία που απορροφάει ορατό φως και δεν μπορεί να κάνει καμία φωτοχημική αντίδραση χωρίς να απορροφήσει φως (Καράταγλης, 1999). Ο πλέον ενεργός φωτοσυνθετικός ιστός στα ανώτερα φυτά είναι το μεσόφυλλο. Τα κύτταρα του έχουν πολλούς χλωροπλάστες, οι οποίοι περιέχουν τις εξειδικευμένες φωτο-απορροφητικές πράσινες χρωστικές, τις χλωροφύλλες.

Περίπου 1.3 kW m⁻² της ακτινοβόλου ενέργειας από τον ήλιο φτάνουν στην επιφάνεια της Γης, αλλά μόνο το 5% περίπου αυτής της ενέργειας μπορεί να μετατραπεί σε υδατάνθρακες από το φύλλο που φωτοσυνθέτει. Το ποσοστό αυτό είναι τόσο μικρό εξαιτίας του γεγονότος ότι ένα μεγάλο κλάσμα του φωτός έχει μήκη κύματος είτε πολύ βραχέα ή πολύ μακρά για να απορροφηθούν από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές. Επιπλέον μεγάλο μέρος από την απορροφούμενη

φωτεινή ενέργεια χάνεται ως θερμότητα και μια αρκετά μικρότερη ποσότητα ως φθορισμός (Τσέκος, 2003).

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



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

1.3 Υπεριώδης ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία κατατάσσεται σε 3 ζώνες με βάση τα διαφορετικά μήκη κύματος του φωτός: την υπεριώδη ακτινοβολία C (UV-C) (200-280 nm), η οποία είναι εξαιρετικά επιβλαβής για τους οργανισμούς αλλά αυτό δε συμβαίνει υπό φυσιολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, την υπεριώδη ακτινοβολία B (UV-B) (280-320 nm), η οποία έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον γιατί ενώ αυτό το μήκος κύματος αντιπροσωπεύει περίπου μόνο το 1,5% του ολικού φάσματος, μπορεί να προκαλέσει πλήθος βλαβερών συνεπειών στα φυτά, και την υπεριώδη ακτινοβολία A (UV-A)

(320-400 nm), που αντιπροσωπεύει περίπου το 6,3% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και είναι το λιγότερο βλαβερό τμήμα της υπεριώδους (Hollosy, 2002). Το στρώμα του όζοντος απορροφά 97 με 99% της υπεριώδους ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον ήλιο. Το όζον που βρίσκεται στη στρατόσφαιρα απορροφά τελείως τη UV- C, ένα μέρος της UV-B και πολύ μικρό ποσό της UV-A (http 9).

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

Τα φωτόνια της υπεριώδους ακτινοβολίας έχουν αρκετή ενέργεια για να καταστρέψουν τους χημικούς δεσμούς που προκαλούν τις φωτοχημικές αντιδράσεις. Οι βιολογικές της επιδράσεις οφείλονται σε αυτές τις διεργασίες (Kovacs and Keresztes, 2002).

Το ποσό της UV που φθάνει στην επιφάνεια της Γης επηρεάζεται από το ύψος του ήλιου και από τη νέφωση (Moran et al., 2004).

1.3.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας

1.3.1.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά

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

Έχει αποδειχθεί ότι η αυξημένη υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητα κάποιων καλλιεργειών. Εντούτοις υπάρχει η πιθανότητα η ακτινοβολία αυτή να δρα ευεργετικά στην παραγωγή λαχανικών. Η γονιμοποίηση μπορεί να αυξηθεί καθώς κάποια ωφέλιμα έντομα, όπως οι μέλισσες, δελεάζονται

από την υπεριώδη ακτινοβολία που αντανακλάται από τα φυτά στον αγρό (http 9). Η αλλαγές που επιφέρει η UV και οι ρυθμιστές ανάπτυξης είναι οι πιθανοί λόγοι σε μοριακό επίπεδο για αλλαγές στην αύξηση, την ανάπτυξη και την άνθηση (Hollosoy, 2002).

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

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

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

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στα φυτά έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνητικών εργασιών. Μετά από έρευνες σε περισσότερα από 200 είδη φυτών φαίνεται ότι σχεδόν το 20% είναι ευαίσθητα σε αυτήν την ακτινοβολία, το 50% είναι μετρίως ευαίσθητα ή ανεκτικά και 30% δεν έχουν καμία ευαισθησία στην υπεριώδη ακτινοβολία B (Yuan et al., 1999). Σε περιπτώσεις που η UV-B ακτινοβολία έχει δοθεί στα ευαίσθητα φυτά, με τεχνητό ή φυσικό τρόπο, έχει παρατηρηθεί ότι αλλάζει τα χαρακτηριστικά της αύξησης. Έχει παρατηρηθεί λοιπόν σε είδη τα οποία είναι ευαίσθητα (π.χ. το σιτάρι, το ρύζι, το καλαμπόκι, ο ηλιανθος

και το αγγούρι) μειωμένη φυλλική επιφάνεια και μειωμένη αύξηση του βλαστού (Hollosoy, 2002) και σε άλλα είδη όπως το σιτάρι, το κριθάρι, η τομάτα, το αγγούρι και το μαρούλι μείωση της βιομάζας των φυτών αυτών (Nedunchezian and Kulandaivelu, 1997).

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

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

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

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

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

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

Μορφολογικές μεταβολές στην ανατομία του φύλλου έχουν καταγραφεί για πλήθος φυτών. Αυτές οι μεταβολές περιλαμβάνουν αύξηση του πάχους των φύλλων, η οποία συνοδεύεται από μείωση της φυλλικής επιφάνειας και μείωση της συχνότητας ανοιγοκλεισίματος των στοματίων. Η αύξηση στο πάχος του φύλλου έχει μεταφραστεί ως προστατευτικός μηχανισμός ενάντια στη βλάβη που προκαλείται από τη UV-B. Τα παραπάνω ισχύουν σε όλα τα είδη φυτών που έχουν εξεταστεί εκτός από το καλαμπόκι του οποίου το πάχος στα φύλλα μειώθηκε (Hollosy, 2002).

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

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

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

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

Σε ποικιλίες ζαχαρότευτλων οι οποίες μεγάλωναν κάτω από αυξημένα επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας B και ήταν μολυσμένα με τον μύκητα *Cercospora beticola*

αναφέρθηκε ότι οι δυο αυτοί παράγοντες καταπόνησης δρούσαν αθροιστικά και επιβλαβώς για τα φυτά (Kakani et al., 2003).

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

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

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

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

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

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

Έχει καταγραφεί επίσης μεγάλη μείωση στους ιούς οι οποίοι μεταδίδονται με τον αλευρώδη σε φυτά τομάτας και πεπονιού, τα οποία αναπτύσσονταν σε θερμοκήπια καλυμμένα με υλικά απορροφητικά της UV ακτινοβολίας. Η εμφάνιση του TYLCV σε τομάτα αναπτυσσόμενη κάτω από τα ανωτέρω υλικά ήταν 1% σε σύγκριση με τον μάρτυρα όπου το ποσοστό εμφάνισης κυμάνθηκε περίπου στο 80%.

Αντίστοιχα η εμφάνιση του ιού *cucurbit yellow stunting disorder virus* στο πεπόνι ήταν 70% λιγότερη στα φυτά που βρίσκονταν κάτω από τα απορροφητικά της UV ακτινοβολίας υλικά. Αυτά τα υλικά κάλυψης φαίνεται επίσης ότι είναι αποτελεσματικά εναντίον του ιού *Zucchini yellow mosaic virus* (Antignus, 2000).

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

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

2 Το περιβάλλον του θερμοκηπίου

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

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

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

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

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

3 Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

3.1 Τύποι υλικών κάλυψης και οι ιδιότητές τους

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

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

Η διέλευση του φωτός μέσω ενός υλικού μπορεί να γίνει απ' ευθείας ή με διάχυση. Όταν το φως διέρχεται απευθείας, έχει σχεδόν την ίδια διεύθυνση με εκείνη του προσπίπτοντος φωτισμού. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι σκιές από τα αντικείμενα

που εμποδίζουν την πορεία του (σκελετικά στοιχεία) θα είναι πολύ έντονες. Αντίθετα, όταν με τη διέλευση του φωτός στο θερμοκήπιο γίνεται και διάχυσή του, τότε κατευθύνεται σε ποικίλες κατευθύνσεις με αποτέλεσμα την έλλειψη έντονων σκιάσεων (http 1).

Η περατότητα ή μη στη θερμική ακτινοβολία είναι άλλη σημαντική ιδιότητα των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Η θερμική ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος), όπως είναι γνωστό, εκπέμπεται από όλα τα σώματα που έχουν συνήθεις θερμοκρασίες. Ορισμένα υλικά κάλυψης είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία, ενώ άλλα είναι λιγότερο ή καθόλου περατά. Τα υλικά κάλυψης που δεν είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία προκαλούν το καλούμενο «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Δηλαδή ενώ επιτρέπουν την είσοδο μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα στο θερμοκήπιο, δεν επιτρέπουν την έξοδο της μεγάλου μήκους κύματος θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα φυτά και το έδαφος. Το αποτέλεσμα είναι να παγιδεύεται η θερμότητα μέσα στο θερμοκήπιο. Στο φαινόμενο αυτό οφείλεται το 30% περίπου της αύξησης της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο σε σύγκριση με το εξωτερικό περιβάλλον (http 1).

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

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

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

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

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

Σε ορισμένα πλαστικά φύλλα έχουν προστεθεί ορισμένες χημικές ενώσεις οι οποίες προκαλούν αλλαγή των οπτικών χαρακτηριστικών τους (π.χ. η μείωση της περατότητας σε ορισμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός και η ενίσχυση της περατότητας σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος). Ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών, είναι δυνατή η χρήση των υλικών αυτών για την επιλεκτική είσοδο ακτινοβολίας ενός καθορισμένου μήκους κύματος στο θερμοκήπιο ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένοι καλλιεργητικοί στόχοι. Η χρήση των υλικών αυτών

προϋποθέτει σαφή γνώση των φυσιολογικών απαιτήσεων και αντιδράσεων των φυτών στα διάφορα μήκη κύματος του φωτός. Με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυαιθυλενίου, παρατηρήθηκε η απουσία εντόμων μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, η μείωση όμως του φωτοσυνθετικά ενεργού φωτός ήταν σημαντική (http 1).

1. Το φύλλο πολυαιθυλενίου (PE) είναι αδιαπέραστο στο νερό και τους υδρατμούς ενώ είναι σχετικά περατό στα αέρια και ιδιαίτερα στο CO₂ και στο O₂. Έχει καλή μηχανική αντοχή, η οποία είναι συνάρτηση του πάχους του. Φύλλο πάχους 0,10 – 0,15 mm έχει 1-2 φορές μεγαλύτερη αντοχή από αυτήν του γυαλιού, πάχους 3 mm. Επιπλέον, το PE έχει καλή περατότητα στο φως. Φύλλο πάχους 0,15 mm αφήνει να διέλθει το 87% του ορατού φωτισμού. Το PE φέρεται στο εμπόριο σε φύλλα μεγάλου πλάτους, με αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα κατασκευής στεγανών θερμοκηπίων, χωρίς μεγάλες διαρροές αέρα. Συνήθως κατασκευάζεται φύλλο πάχους από 20 έως 200 μικρά, σε διάφορα πλάτη μέχρι 11 m. η χρηματική του αξία υπολογίζεται με το βάρος. Τα φύλλα πολυαιθυλενίου έχουν υδρόφοβη επιφάνεια με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση των υδρατμών πάνω σε αυτά σε σταγόνες, οι οποίες με την παραμικρή δόνηση πέφτουν επάνω στα φυτά. Ένα άλλο μειονέκτημα των φύλλων μαλακού πολυαιθυλενίου είναι η λύση της συνέχειάς του από το κάρφωμα, η οποία τα καθιστά ευάλωτα στο σχίσσιμο από τον άνεμο. Η συγκόλληση φύλλων πολυαιθυλενίου επιτυγχάνεται μόνο με θέρμανση και ταυτόχρονη συμπίεση. Γι' αυτό το PE μπορεί να συγκολληθεί μόνο με ειδικούς μηχανισμούς θερμοσυρραφής. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι το πολυαιθυλένιο έχει μικρή διάρκεια ζωής δεδομένου ότι η έντονη ηλιακή ακτινοβολία και η υψηλή θερμοκρασία το καταστρέφουν. Η ιδιότητα αυτή αποτελεί το κυριότερο μειονέκτημά του (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 O₂ και το CO₂. Έχει μικρότερη θερμοαγωγιμότητα από το πολυαιθυλένιο, ($\lambda = 0,17 \text{ Watt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$), με άμεσο αποτέλεσμα την καλύτερη θερμομόνωση του θερμοκηπίου. Επιπλέον, το PVC είναι λιγότερο περατό στη μεγάλη ακτινοβολία από το πολυαιθυλένιο. Η περατότητα είναι περίπου 12%.

Όταν είναι καινούργιο το PVC έχει πολύ καλή περατότητα στο φως, η οποία φθάνει περίπου στο 90%. Το μαλακό PVC έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με το πολυαιθυλένιο. Δίδεται εγγύηση 4 και 5 χρόνων για επιφάνειες

πάχους 0,2 mm και 0,3 mm αντίστοιχα, όταν έχουν σύνθεση ανθεκτική στις υπεριώδεις ακτινοβολίες. Το κόστος του όμως είναι περίπου 3-4 φορές μεγαλύτερο από αυτό των φύλλων πολυαιθυλενίου πάχους 0,15 mm. Όταν ενισχυθεί με πλαστικές ίνες πολυαμιδίου, αποκτά μεγαλύτερη αντοχή. Η προσθήκη των ινών προσδίδει επίσης μεγαλύτερη μονωτική ικανότητα, αλλά το καθιστά ακριβότερο και αφαιρεί την περατότητα στο φως ([http 1](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 γιατί το θερμοκήπιο παρουσιάζει μικρότερη στεγανότητα. Το πλάτος μπορεί να αυξηθεί με κόλλημα, αλλά επιβαρύνεται με επιπλέον κόστος. Ένα άλλο μειονέκτημα του μαλακού PVC είναι ότι κρατάει ηλεκτροστατικά φορτία με αποτέλεσμα να έλκει και να συγκρατεί τη σκόνη. Αυτό με την πάροδο του χρόνου μειώνει σημαντικά την περατότητα στο φως. Για να ξεπεραστεί αυτό το μειονέκτημα απαιτείται συχνό πλύσιμο ή ψεκάσμος με αντιστατικό υγρό (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

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

Τα φύλλα σκληρού πλαστικού: Το υλικό κατασκευής των φύλλων σκληρού πλαστικού μπορεί να είναι είτε ενισχυμένος πολυεστέρας είτε πολυκαρβονικές ενώσεις, είτε ακρυλικές ενώσεις, είτε σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο ([http 1](http://1)).

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

χρησιμοποιούνται για κάλυψη αυλακωτές επιφάνειες και στα πλευρικά τοιχώματα επίπεδες (http 1).

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

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

Τέλος αναφέρεται ότι η επιφάνειες του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι υδρόφοβες με συνέπεια να συγκεντρώνονται μεγάλες σταγόνες νερού. Για την αποφυγή του προβλήματος μπορεί η επιφάνεια να ψεκάσθει με ειδικό υγρό που την καθιστά πιο υδρόφιλη. Ένα μειονέκτημα των πολυεστερικών φύλλων είναι ότι είναι εύφλεκτα με συνέπεια να υπάρχει σοβαρός κίνδυνος από πυρκαγιά (http 1).

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

3.Τα φύλλα από ακρυλικές ενώσεις διατίθενται στο εμπόριο με τα ονόματα Plexiglas, Vedril και Mouch. Έχουν καλό συντελεστή περατότητας στο φως και η

ιδιότητα αυτή διαρκεί πολύ. Παρουσιάζουν υψηλή μηχανική αντοχή, πολύ μεγαλύτερη του γυαλιού, ενώ έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Η διάρκεια αντοχής στο χρόνο είναι συγκρίσιμη με εκείνη του υαλοπίνακα, το κόστος όμως είναι υψηλότερο από αυτό του υαλοπίνακα. Όσο αφορά την δημιουργία σταγόνων στην επιφάνειά τους, κυκλοφορούν στο εμπόριο φύλλα των οποίων οι εσωτερικές επιφάνειες είναι καλυμμένες με υδρόφιλη μεμβράνη. Η χρήση σιλικόνης που περιέχει οργανικό οξύ ή άλλων οργανικών διαλυτών πρέπει να αποφεύγεται σ' αυτό το υλικό

Το ακρυλικό είναι ένα θαυμάσιο υλικό από πλευράς οπτικών ιδιοτήτων και θερμομόνωσης. Το κόστος του όμως είναι υψηλό, με συνέπεια η χρήση του στα θερμοκήπια να μην έχει διαδοθεί πολύ ([http 1](http)).

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

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

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

| Υλικό κάλυψης | Τύπος | Πλεονεκτήματα | Μειονεκτήματα |
|---------------|--------------------------|--|--|
| Α. Γυαλί | Νατράσβεστος (soda lime) | Υψηλή διαπερατότητα, αντοχή σε καιρικά φαινόμενα, μικρή διαστολή λόγω θερμοκρασίας, αντοχή στη ζέστη, στην UV και στις εκδορές | Χαμηλή μηχανική αντοχή, υψηλό κόστος, μεγάλο βάρος, απαιτεί ειδικά πλαίσια για την εγκατάσταση |
| | Tempered low iron | Ανθεκτικότητα στις ζημιές από το χαλάζι, πιθανή | |

| | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|
| | | χρήση μεγαλύτερων υαλοπινάκων | |
| | Πρότυπο (patterned) | Υψηλότερη ακτινοβολία λόγω διάχυσης | |
| | Διπλό | 30 με 40% μειωμένη μεταφορά ενέργειας | Πάρα πολύ υψηλό κόστος |
| Β. Ακρυλικά Πλαστικά (PMMA) | Άκαμπτο, δύο στρώσεων, με δομή (structured) | Υψηλή διαπερατότητα, ύψιστη αντοχή στην UV και στον καιρό, όχι κιτρίνισμα, ανάλαφρο βάρος, εύκολη κατασκευή | Δημιουργούνται εύκολα αμυχές, υψηλή διαστολή, υψηλό κόστος, εύφλεκτο, σχετικά εύθραυστο λόγω γήρανσης |
| Γ. Πολυκαρβονικά Πλαστικά (PC) | Άκαμπτο ή ημιεύκαμπτο, με δομή, δύο στρώσεων | Υψηλή μηχανική αντοχή | Μικρή αντοχή στην UV και στον καιρό, υψηλή διαστολή, γδέρνεται εύκολα |
| Δ. Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) | Μεμβράνη, αυλακωτή, άκαμπτη | Υψηλή διαπερατότητα αρχικά, διατίθεται σε πολλές μορφές | Σκουραίνει σχετικά γρήγορα, χαμηλή μηχανική αντοχή, εύθραυστο |
| Ε. Πολυαιθυλένιο (PE) | Μεμβράνη με ή χωρίς παρεμποδιστές της υπέρυθρης και αντοχή στη UV | Πολύ χαμηλό κόστος, εύκολο στην εφαρμογή, φύλλα μεγάλου μεγέθους, υψηλή μηχανική αντοχή | Μικρή διάρκεια ζωής, χαμηλή θερμική αγωγιμότητα |
| ΣΤ. Πολυεστέρας | Μεμβράνη, κατασκευή σε πολλές στρώσεις | Υψηλή διαπερατότητα, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία και στις καιρικές συνθήκες, high service temperatures | Χαμηλή μηχανική αντοχή, στενά φύλλα, αποδομείται με την επίδραση της υπεριώδους |

3.2 Νέα υλικά κάλυψης

Η τεχνολογία, όσον αφορά στα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων έχει σημειώσει σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία αρκετά σημαντική πρόοδο, δίνοντας έτσι στους παραγωγούς πρόσβαση σε υλικά, τα οποία αντέχουν χρονικά δύο φορές περισσότερο, βελτιώνουν την διέλευση του φωτός και έχουν υποστεί

μηχανικές τροποποιήσεις ώστε να βοηθούν στην αύξηση της παραγωγής (Carruthers, 2004).

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

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

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

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

αποδίδεται το 90% του διαθέσιμου φωτός στο 20% της επιφάνειας της καλλιέργειας, το φαινόμενο της διάχυσης αποδίδει 85% του διαθέσιμου φωτός στο 80% της καλλιέργειας. Έτσι μειώνεται και το φαινόμενο του φωτοτροπισμού (Carruthers, 2004).

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

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

3.3 Επιδράσεις του τροποποιημένου φάσματος

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

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

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

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

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

4 Αύξηση και ανάπτυξη των φυτών

4.1 Ορισμός των εννοιών της αύξησης και της ανάπτυξης

Οι διεργασίες που οδηγούν από το αρχικό μοναδικό κύτταρο στο διαμορφωμένο βλαστητικό σώμα, χαρακτηρίζονται ως ανάπτυξη. Με άλλα λόγια, κάθε ζωντανός οργανισμός υφίσταται ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές που διακόπτονται από ενδιάμεσα στάδια ηρεμίας. Εξάλλου, με τον όρο “αύξηση” χαρακτηρίζεται κάθε ποσοτική μεταβολή μη αναστρέψιμη, η οποία συντελείται με την αύξηση της φυτικής ουσίας ή τη μεγέθυνση των ζωντανών μερών. Αντίθετα, η ανάπτυξη αντιπροσωπεύει ποιοτική μεταβολή κατά την οποία οι υπάρχουσες μορφές ή λειτουργικές δράσεις μετατρέπονται σε άλλες (Τσέκος, 2003). Αλλιώς η ανάπτυξη μπορεί να ορισθεί ως το σύνολο των διεργασιών που οδηγούν από το αρχικό μοναδικό κύτταρο στο ολοκληρωμένο φυτό (Λόλας, 2000).

Με την αύξηση το κύτταρο, ο ιστός ή ένα όργανο του φυτού γίνεται μεγαλύτερο σε μέγεθος (μήκος ή όγκο) και / ή σε βάρος (χλωρό ή ξηρό). Η ανάπτυξη δε συνοδεύεται απαραίτητα πάντα από μεγαλύτερο μέγεθος ή βάρος όπως συμβαίνει με την αύξηση. Μπορεί να έχουμε αύξηση ενός φυτού χωρίς ανάπτυξη ή ανάπτυξη του

φυτού χωρίς αύξηση. Όμως τις περισσότερες φορές συμβαίνουν ταυτόχρονα και δύσκολα διαχωρίζονται (Λόλας, 2000).

4.2 Θέσεις της αύξησης στο φυτό

Στα αρχικά (εμβρυακά) αναπτυξιακά στάδια η παραγωγή νέων κυττάρων γίνεται σε όλη την έκταση του νεαρού φυτικού οργανισμού. Καθώς, όμως αυτός μεγαλώνει και διαφοροποιείται σε ένα ώριμο και ανεξάρτητο άτομο, η προσθήκη νέων κυττάρων περιορίζεται σταδιακά μόνο σε ορισμένα μέρη του φυτικού σώματος, τα οποία είναι επιφορτισμένα με τη διαδικασία της αύξησης. Έτσι σε συγκεκριμένες θέσεις του φυτού παραμένουν εφ' όρου ζωής του τμήματα εμβρυακού ιστού. Κατά συνέπεια το ώριμο άτομο συγκροτείται από ώριμους και από νεαρούς ιστούς. Αυτοί οι παραμένοντες διαρκώς νεαροί ιστοί που ασχολούνται βασικά με το σχηματισμό νέων κυττάρων είναι τα μεριστώματα (Δεληβόπουλος, 1994).

Τα μεριστώματα ξεχωρίζουν καταφανώς τους φυτικούς από τους ζωικούς οργανισμούς. Στους πρώτους η αύξηση γίνεται από συγκεκριμένες περιοχές τους, δηλαδή από τα μεριστώματα και είναι ανοιχτή ή αόριστη, δηλαδή μπορεί να συνεχίζεται δια βίου. Αυτό σημαίνει ότι τα φυτά δεν έχουν προκαθορισμένο μέγεθος και εφόσον οι συνθήκες είναι ευνοϊκές μπορούν να συνεχίσουν να αυξάνονται συνεχώς. Πράγματι το συγκεκριμένο μέγεθος πολλών φυτών οφείλεται κυρίως σε περιοριστικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες (Δεληβόπουλος, 1994).

4.3 Μέτρηση της αύξησης και περιγραφή της ανάπτυξης

Η αύξηση αφού είναι ποσοτική μεταβολή μπορεί να μετρηθεί. Αντίθετα από την αύξηση, η ανάπτυξη δεν μπορεί να μετρηθεί αλλά μόνο να περιγραφεί. 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

Η αύξηση 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 ή μερών του φυτού (ρίζα, βλαστό, φύλλα, ανθοταξία, καρποί), σαν όγκος, σαν διάμετρος (π.χ. κορμοί), σαν αριθμός κυττάρων, σαν περιεκτικότητα χημικών συστατικών του φυτού όπως σάκχαρα, πρωτεΐνες, ένζυμα κτλ. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να παρασταθούν γραφικά με καμπύλες (Λόλας, 2000).

5 Η Καλλιέργεια της Τομάτας

5.1 Γενικά

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

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

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

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

5.2 Καταγωγή – Ιστορικό

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

Ο τόπος καταγωγής της πιστεύεται ότι είναι η Ν. Αμερική, ιδιαίτερα το Περού, όπου και σήμερα αυτοφύονται διάφορες παραλλαγές της άγριας τομάτας. Σύμφωνα με όλα τα στοιχεία, από το Περού η άγρια τομάτα μεταφέρθηκε μάλλον ως ζιζάνιο με σπόρους καλαμποκιού, στην Κεντρική Αμερική, ιδιαίτερα στο Μεξικό, όπου άρχισε η καλλιέργεια και η χρήση της από τους Ινδιάνους και τους Αζτέκους πριν από πάρα πολλά χρόνια. Από το Μεξικό μέσω των Ισπανών εξερευνητών η τομάτα ήρθε στην Ευρώπη το 16^ο αιώνα. Για δύο περίπου αιώνες θεωρείται περίεργο και επικίνδυνο είδος και την χρησιμοποιούν μόνο στην Ισπανία, Ιταλία και Γαλλία. Οι Βορειοευρωπαίοι αντιμετωπίζουν την τομάτα με πολύ σκεπτικισμό μέχρι το 18^ο αιώνα, οπότε υπάρχουν και οι πρώτες αναφορές για εμπορία τομάτας από μεσογειακές χώρες. Παρόμοια στάση και επιφυλακτικότητα υπήρχε και στη Βόρεια Αμερική όπου η τομάτα έφτασε με τους Ευρωπαίους εποίκους στα μέσα του 17^{ου} αιώνα αλλά η καλλιέργεια και η ευρεία χρήση της αρχίζει μόλις μετά τα μέσα του 18^{ου} αιώνα (Ανώνυμος, 2002).

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

5.3 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας

Σήμερα η τομάτα καλλιεργείται στο ύπαιθρο και σε θερμοκήπια παντού στον κόσμο και καταναλώνεται όλο το χρόνο, νωπή αλλά και σε ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες ως μεταποιημένη. Συμμετέχει στην καθημερινή διαίτα του ανθρώπου, ως

απαραίτητο συστατικό σε πάρα πολλά καθιερωμένα και φημισμένα φαγητά (Ανώνυμος, 2002).

Η τομάτα καλλιεργείται σε όλα τα μήκη και τα πλάτη του κόσμου. Σύμφωνα με τις στατιστικές του FAO (1998) η παγκόσμια και κατά ηπείρους έκταση της καλλιέργειας και η παραγωγή δίδεται στον Πίνακα 3. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η εξέλιξη της καλλιέργειας στη Ελλάδα από το 1961 έως και το 2000.

Πίνακας 3 Έκταση και παραγωγή τομάτας σε παγκόσμια κλίμακα, στις κυριότερες χώρες παραγωγής και στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά το έτος 1998.

| | Έκταση ⁽¹⁾ x1000 στρ. | Παραγωγή ⁽¹⁾ x1000 MT [*] | % του συνόλου της παραγωγής |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|
| Παγκόσμια | 32.416 | 89.985 | 100 |
| Κατά Ήπειρο | | | |
| Αφρική | 4.980 | 10.716 | 11,9 |
| Β. & Κ. Αμερική | 2.962 | 13.913 | 15,5 |
| Ν. Αμερική | 1.573 | 5.707 | 6,3 |
| Ασία | 16.228 | 40.324 | 44,8 |
| Ευρώπη | 6.557 | 18.845 | 20,9 |
| Ωκεανία | 113 | 479 | 0,5 |
| Κυριότερες Χώρες Παραγωγής | | | |
| 1.Κίνα | 5.393 | 16.387 | 18,2 |
| 2.ΗΠΑ | 1.645 | 10.762 | 12,0 |
| 3. Τουρκία | 1.580 | 6.600 | 7,3 |
| 4.Αίγυπτος | 1.750 | 5.950 | 6,6 |
| 5.Ιταλία | 1.151 | 5.539 | 6,2 |
| 6.Ινδία | 3.500 | 5.300 | 5,9 |
| 7. Ιράν | 1.500 | 3.500 | 3,9 |
| 8.Ισπανία | 584 | 3.201 | 3,6 |
| 9.Βραζιλία | 592 | 2.589 | 2,9 |
| 10.Ελλάδα | 356 | 2.013 | 2,2 |
| Χώρες Ε.Ε | | | Μέση Απόδοση (τον/ στρ) |
| 1. Ιταλία | 1.151 | 5.539 | 4,8 |
| 2. Ισπανία | 584 | 3.201 | 5,5 |
| 3. Ελλάδα | 356 | 2.013 | 5,7 |
| 4.Πορτογαλία | 210 | 1.085 | 5,2 |

| | | | |
|------------------------|-----|-----|------|
| 5.Γαλλία | 92 | 800 | 8,7 |
| 6.Ολλανδία | 12 | 560 | 46,7 |
| 7.Βέλγιο& Λουξεμβούργο | 10 | 300 | 30,0 |
| 8.Ηνωμένο Βασίλειο | 4 | 115 | 28,8 |
| 9.Γερμανία | 2,7 | 49 | 18,1 |
| 10.Αυστρία | 1,8 | 14 | 7,8 |
| 11.Φινλανδία | 1,2 | 33 | 27,5 |
| 12.Ιρλανδία | 1 | 7 | 7,0 |
| 13.Σουηδία | 0,6 | 18 | 30,8 |
| 14.Δανία | 0,5 | 15 | 27,3 |

Πηγή: *FAO Production Yearbook (1998)*

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

ΜΤ: Μετρικοί Τόνοι

Πίνακας 4 Η εξέλιξη της καλλιέργειας της τομάτας στην Ελλάδα

| ΕΤΟΣ | ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα) | ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι) | ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/στρεμ.) | ΤΙΜΗ (δρχ./κιλό) | ΑΚΑΘ. ΑΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλ. δρχ.) |
|------|-----------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|---|
| 1961 | 290.443 | 549.877 | 1.893 | 1,34 | 736.835 |
| 1962 | 244.347 | 422.637 | 1.730 | 2,13 | 900.217 |
| 1963 | 269.245 | 526.889 | 1.957 | 1,92 | 1.011.627 |
| 1964 | 270.620 | 532.490 | 1.968 | 1,91 | 1.017.056 |
| 1965 | 261.885 | 548.294 | 2.094 | 2,12 | 1.162.383 |
| 1966 | 263.161 | 610.551 | 2.320 | 2,23 | 1.361.529 |
| 1967 | 275.875 | 678.222 | 2.458 | 2,20 | 1.492.088 |
| 1968 | 287.870 | 747.154 | 2.595 | 2,25 | 1.681.097 |
| 1969 | 288.230 | 826.833 | 2.869 | 1,87 | 1.546.178 |
| 1970 | 306.515 | 1.021.493 | 3.333 | 1,91 | 1.951.052 |
| 1971 | 331.710 | 1.168.507 | 3.523 | 1,59 | 1.857.926 |
| 1972 | 315.529 | 1.046.230 | 3.316 | 2,40 | 2.510.952 |
| 1973 | 338.000 | 1.300.000 | 3.846 | 2,43 | 3.159.000 |
| 1974 | 382.000 | 1.590.000 | 4.162 | 3,60 | 5.724.000 |
| 1975 | 401.000 | 1.647.000 | 4.107 | 3,17 | 5.220.990 |
| 1976 | 306.000 | 1.109.000 | 3.624 | 5,00 | 5.545.000 |
| 1977 | 360.000 | 1.393.000 | 3.869 | 5,75 | 8.009.750 |
| 1978 | 396.000 | 1.718.000 | 4.338 | 4,89 | 8.401.020 |
| 1979 | 390.200 | 1.749.860 | 4.485 | 6,18 | 10.814.135 |
| 1980 | 372.200 | 1.684.100 | 4.525 | 6,39 | 10.761.399 |
| 1981 | 403.597 | 1.915.360 | 4.746 | 8,08 | 15.476.109 |
| 1982 | 402.640 | 1.894.910 | 4.706 | 10,10 | 19.138.591 |
| 1983 | 449.952 | 1.892.965 | 4.207 | 11,71 | 22.166.620 |
| 1984 | 458.468 | 2.423.637 | 5.286 | 13,11 | 31.773.881 |
| 1985 | 463.044 | 2.187.457 | 4.724 | 16,85 | 36.858.650 |

| | | | | | |
|------|---------|-----------|-------|--------|-------------|
| 1986 | 338.210 | 1.647.594 | 4.872 | 23,72 | 39.080.930 |
| 1987 | 349.440 | 1.661.982 | 4.756 | 22,42 | 37.261.636 |
| 1988 | 374.969 | 1.699.831 | 4.533 | 33,54 | 57.012.332 |
| 1989 | 376.917 | 2.005.384 | 5.320 | 30,91 | 61.986.419 |
| 1990 | 384.793 | 1.755.382 | 4.562 | 49,66 | 87.172.270 |
| 1991 | 390.158 | 1.887.236 | 4.837 | 56,00 | 105.685.216 |
| 1992 | 365.530 | 1.873.845 | 5.126 | 68,72 | 128.770.628 |
| 1993 | 331.103 | 1.735.207 | 5.241 | 74,66 | 129.550.555 |
| 1994 | 374.850 | 2.030.530 | 5.417 | 67,49 | 137.040.470 |
| 1995 | 383.530 | 1.976.660 | 5.154 | 71,00 | 140.342.860 |
| 1996 | 373.100 | 1.932.824 | 5.180 | 81,89 | 158.278.957 |
| 1997 | 375.224 | 1.990.477 | 5.305 | 103,87 | 206.750.846 |
| 1998 | 369.710 | 1.956.331 | 5.292 | 95,17 | 186.184.021 |
| 1999 | 353.060 | 1.831.890 | 5.189 | 90,47 | 165.731.088 |
| 2000 | 374.232 | 1.863.687 | 4.980 | 95,90 | 178.727.583 |

Πηγή : Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων

5.4 Βοτανικοί χαρακτήρες

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

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

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

5.4.1 Η ρίζα

Το φυτό της τομάτας αναπτύσσει ευδιάκριτη κεντρική ρίζα, αρκετές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια όταν ο σπόρος φυτεύεται απ' ευθείας στη μόνιμη θέση. Επειδή όμως, κατά κανόνα τουλάχιστο, στην καλλιέργεια στο θερμοκήπιο η τομάτα μεταφυτεύεται μία ή περισσότερες φορές, η κεντρική ρίζα κόβεται, καταστρέφεται και το φυτό αρχίζει να παράγει με ευκολία πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες ακόμη και από το λαιμό του φυτού, γεγονός που θεωρείται πλεονέκτημα, γιατί διευκολύνει τη μεταφύτευση του φυτού ακόμη και με γυμνή ρίζα (Ολύμπιος, 2001).

5.4.2 Ο βλαστός

Ο κεντρικός βλαστός φέρει τα πραγματικά φύλλα, στις μασχάλες των οποίων υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν πλευρικούς βλαστούς. Πολλές φορές, οι πλευρικοί βλαστοί που βρίσκονται κοντά στην κορυφή του φυτού είναι τόσο ζωηροί, που με δυσκολία μπορεί κανείς να ξεχωρίσει ποιος είναι ο κεντρικός βλαστός και ποιος είναι ο πλευρικός. Είναι σημαντικό κατά το κλάδεμα να μπορεί να ξεχωρίσει ο κλαδευτής τον κεντρικό από τον πλευρικό βλαστό. Το σχήμα του βλαστού είναι κυλινδρικό και εσωτερικά είναι πλήρης (Ολύμπιος, 2001).

5.4.3 Τα φύλλα

Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα (Εικόνα 3). Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παράφυλλων με ένα μόνο φυλλάριο στην κορυφή. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία και με τη θέση του φύλλου στο βλαστό. Είναι δυνατόν να συναντηθούν ποικιλίες με 3, 4 ή 5 ζεύγη φυλλαρίων (<http> 3).



Εικόνα 3. Το φύλλο της τομάτας

5.4.4 Τα άνθη

Τα άνθη της τομάτας (Εικόνα 4) είναι ερμαφρόδιτα, κατά κανόνα αυτογονιμοποιούμενα και είναι τοποθετημένα σε ταξιανθία που έχει 4-12 άνθη, από τα οποία, συνήθως, προκύπτουν 2 - 8 καρποί. Η πρώτη ταξιανθία σχηματίζεται μετά τον 3^ο ως τον 5^ο κόμβο και οι επόμενες ακολουθούν κάθε 2-3 κόμβους. Οι ταξιανθίες εκφύονται στο χώρο των μεσογονατίων διαστημάτων (<http> 3).



Εικόνα 4. Το άνθος της τομάτας

5.4.5 Ο καρπός

Ο καρπός (Εικόνα 5) είναι ράγα με 2-25 καρπόφυλλα. Έχει χονδρό περικάρπιο, με λεπτή επιδερμίδα χωρίς στομάτια και με κηρώδη εφυμενίδα. Στα καρπόφυλλα υπάρχει ζελατινώδης πλακούντας που περιβάλλει τους σπόρους. Το σχήμα του καρπού είναι συνήθως, στρογγυλό ή επίμηκες ή απιοειδές. Το χρώμα του καρπού

είναι συνήθως κόκκινο, υπάρχουν όμως και ποικιλίες που έχουν χρώμα πορτοκαλί, κίτρινο, ροζ ή λευκό. Το κόκκινο χρώμα οφείλεται στο λυκοπένιο (είναι η κύρια χρωστική ουσία της τομάτας) ενώ το πορτοκαλί στο β-καροτένιο (προβιταμίνη Α). Σε μικρότερες ποσότητες υπάρχουν επίσης άλλα καροτενοειδή και ξανθοφύλλες. Το λυκοπένιο δε χρειάζεται φως για να σχηματισθεί. Οι καρποί μετά τη συγκομιδή κοκκινίζουν και στο σκοτάδι. Θερμοκρασίες άνω των 32° εμποδίζουν τη σύνθεση λυκοπενίου, όχι όμως του β-καροτενίου, για αυτό και όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες οι καρποί δεν έχουν βαθύ κόκκινο χρώμα αλλά πορτοκαλί (http 3).



Εικόνα 5. Ο καρπός της τομάτας

5.4.6 Ο σπόρος

Είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, με χρώμα κίτρινο-καφέ-χρυσάφενιο και η επιφάνειά του καλύπτεται με τριχοειδείς αποφύσεις που του δίδουν μεταξένια επιφάνεια. Το μέγεθος των σπόρων είναι μικρό, διαμέτρου 3-5 χιλιοστών. Εσωτερικά ο σπόρος φέρει κυρτό έμβρυο που περιβάλλεται από ένα μικρό ενδοσπέρμιο. Ο σπόρος της τομάτας διατηρεί υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης, τη βλαστικότητα του για 4 τουλάχιστον χρόνια μετά τη συγκομιδή του, εάν όμως αποθηκευτεί σε χαμηλή θερμοκρασία και με χαμηλή περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία, εύκολα διατηρεί τη βλαστικότητά του για πάνω από 10 χρόνια. Ένα γραμμάριο σπόρου έχει 450 περίπου σπέρματα (Ολύμπιος, 2001).

5.5 Οικολογικές απαιτήσεις της καλλιέργειας της τομάτας

5.5.1 Κλιματικές απαιτήσεις

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

Η καρπόδεση, στις περισσότερες ποικιλίες, γίνεται καλύτερα στους 16-22°C, ενώ δεν μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες άνω των 30-35°C και επίσης κάτω των 10-15°C λόγω σχηματισμού ατελούς άνθους ή γιατί η χαμηλή θερμοκρασία επιδρά δυσμενώς στη γονιμοποίηση. Εφόσον δε γίνει γονιμοποίηση, παρατηρείται πτώση του άνθους (ανθόρροια). Ανθόρροια επίσης συμβαίνει και όταν η υγρασία του αέρα και η ένταση του φωτός είναι μικρή. Η τομάτα παρουσιάζει ποσοτική, φωτοπεριοδική αντίδραση. Αυτό σημαίνει ότι ανθίζει σε οποιαδήποτε φωτοπερίοδο, αλλά όταν η φωτοπερίοδος είναι μικρή (κάτω από 12 ώρες) τότε ανθίζει νωρίτερα. Το optimum της ανάπτυξης και καρπόδεσης της τομάτας συμβαίνει σε σχετικά μεγάλες εντάσεις φωτός (50.000 lux) (http 4).

5.5.2 Εδαφικές απαιτήσεις

Η τομάτα μπορεί να καλλιεργηθεί σε όλες σχεδόν τις κατηγορίες εδαφών (οργανικά, ελαφρά, μέσης συστάσεως, ακόμη και βαριά) αρκεί να στραγγίζουν καλά. Σε όλες τις περιπτώσεις είναι επιθυμητή η μεγάλη περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, καθώς και σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Η ανεκτή τιμή pH είναι 5,5 -7,0 (optimum pH 6,0-6,5). Πρέπει να αποφεύγονται τα αλατούχα εδάφη (http 4).

5.5.3 Εμπλουτισμός με διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται στην ατμόσφαιρα σε συγκέντρωση 300ppm. Τα επίπεδα του CO₂ στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου μπορούν να μειωθούν σε βαθμό περιοριστικό για την ανάπτυξη του φυτού, ιδιαίτερα σε ερμητικά κλειστά θερμοκήπια και σε θερμοκήπια όπου ο αερισμός είναι περιορισμένος κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η προσθήκη CO₂ στα θερμοκήπια έχει επιφέρει αύξηση της παραγωγής. Τα καλύτερα αποτελέσματα έχουν παρουσιαστεί με συγκεντρώσεις 1000ppm ή και περισσότερο. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες έχουν αναφερθεί αυξήσεις στην παραγωγή μέχρι και 20% ([http5](#)).

5.5.4 Συνθήκες υγρασίας

Η βέλτιστη σχετική υγρασία για τομάτες θερμοκηπίου είναι γύρω στο 60 με 70% ([http 10](#)).

5.5.5 Εχθροί και ασθένειες της τομάτας

Οι κυριότερες ασθένειες που προσβάλλουν την τομάτα είναι:

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

Οι κυριότεροι ζωικοί εχθροί είναι:

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

Οι κυριότερες ιολογικές ασθένειες που προσβάλλουν την τομάτα είναι:

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

6 Καλλιέργεια σε υδροπονικά συστήματα

6.1 Γενικά

Υδροπονία είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ανάπτυξη φυτών χωρίς χώμα. Υδροπονία ονομάζεται η τεχνική σύμφωνα με την οποία η καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιείται σε θρεπτικά διαλύματα με ή χωρίς την χρήση ενός τεχνητού μέσου, όπως η άμμος, το χαλίκι, ο βερμικουλίτης, ο περλίτης, ο πετροβάμβακας, η τύρφη, ο κοκκοφοίνικας ή το πριονίδι, για την παροχή μηχανικής υποστήριξης στη ρίζα ([http 7](http://7)).

6.2 Ιστορική αναδρομή

Η υδροπονική καλλιέργεια δεν είναι κάτι νέο. Ένα από τα πρώτα πειράματα στην καλλιέργεια σε νερό έγινε από τον Woodward στην Αγγλία το 1699. Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα οι Sachs και Knop, οι πραγματικοί πρωτοπόροι σε αυτόν τον τομέα, είχαν αναπτύξει τεχνολογία για να μεγαλώνουν φυτά χωρίς έδαφος.

Ο όρος «υδροπονία» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Dr.W. F. Gericks γύρω στο 1930 για να περιγράψει μια μέθοδο ανάπτυξης φυτών των οποίων οι ρίζες ήταν βυθισμένες σε ένα οξυγονωμένο, αραιό διάλυμα θρεπτικών συστατικών. Σήμερα η υδροπονία χρησιμοποιείται για εμπορική παραγωγή λαχανικών σε όλο τον κόσμο (Marr C. W., 1994).

6.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου

Τα πλεονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι πολλά και διαφορετικά. Κάποια προβλήματα τα οποία υπάρχουν σε μια συμβατική καλλιέργεια στο έδαφος, όπως η φτωχή δομή του εδάφους, η κακή στράγγιση και η μη ενιαία υφή καθώς επίσης τα ζιζάνια και τα παθογόνα του εδάφους, εξαλείφονται. Στην αυτοματοποιημένη υδροπονική καλλιέργεια η προσθήκη των λιπασμάτων και η

άρδευση μπορούν να γίνονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, μειώνοντας έτσι τις εισροές λόγω εργατικών (Matt C. W., 1994). Επιπροσθέτως δίδεται έτσι στον παραγωγό ο πλήρης έλεγχος σχετικά με τις θρεπτικές ανάγκες της καλλιέργειας επιτρέποντας του να μεγιστοποιήσει την ανάπτυξη και την παραγωγή (http6).

Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου έγκειται στο γεγονός ότι απαιτείται ο υπολογισμός και η ακριβής μέτρηση των ποσοτήτων των λιπασμάτων. Λάθη στον υπολογισμό των ποσοτήτων εμφανίζονται στην καλλιέργεια σαν τοξικότητες ή σαν τροφopenίες (http 6). Ο παραγωγός είναι υπεύθυνος εκτός από τη διατήρηση των θρεπτικών στοιχείων σε ικανοποιητικό επίπεδο και για την παροχή του κατάλληλου βιολογικού περιβάλλοντος στα φυτά. Σε μια συμβατική καλλιέργεια το έδαφος και η οργανική ουσία συνδέονται σε μόρια και σταδιακά απελευθερώνουν τα θρεπτικά συστατικά τα οποία είναι απαραίτητα στο φυτό. Αυτά τα μόρια μπορούν να απορροφήσουν και κάποια υποτιθέμενα τοξικά στοιχεία, προστατεύοντας έτσι τα φυτά από τοξικότητες. Στο υδροπονικό σύστημα θα πρέπει να παρέχεται διαρκώς νερό στις ρίζες των φυτών. Μια δυσλειτουργία στο σύστημα άρδευσης, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια μιας ζεστής μέρας, θα έχει σαν αποτέλεσμα ταχύτατη ξήρανση, καταπόνηση του φυτού και τελικά θανάτωση του. Επίσης αν και οι καλλιέργειες σε υδροπονικά συστήματα αρχικά είναι απαλλαγμένες από ασθένειες μπορούν εύκολα να προσβληθούν καθώς σε αυτά τα συστήματα απουσιάζουν οι μικροοργανισμοί που υπό κανονικές συνθήκες δρουν σαν ανταγωνιστές των παθογόνων του εδάφους. Τέλος, τα υδροπονικά συστήματα είναι πιο δαπανηρά από τα συμβατικά συστήματα καλλιέργειας στο έδαφος (Matt C. W., 1994).

6.4 Μέθοδοι υδροπονικής καλλιέργειας

Τα υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες σύμφωνα με τη φύση του μέσου στο οποίο πραγματοποιείται η καλλιέργεια. Έτσι χωρίζονται σε συστήματα στα οποία η καλλιέργεια γίνεται σε κάποιο ρευστό και σε συστήματα στα οποία η καλλιέργεια γίνεται σε αδρανές δομικό υλικό.

Τα συστήματα καλλιέργειας σε ρευστό είναι από τη φύση τους κλειστά. Αυτό σημαίνει ότι οι ρίζες του φυτού είναι εκτεθειμένες στο θρεπτικό διάλυμα χωρίς να υπάρχει κανενός είδους μέσο στήριξης και το διάλυμα αυτό ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται (Matt C. W., 1994). Όταν η καλλιέργεια πραγματοποιείται σε αδρανή μέσα, χρησιμοποιείται κάποιο υλικό για να περιβάλλει και να στηρίξει τις

ρίζες των φυτών. Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται συνηθέστερα είναι ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, η τύρφη, η άμμος, το χαλίκι και ο κοκκοφοίνικας. Τα μέσα αυτά παρέχουν στήριξη στο φυτό, επιτρέπουν τον καλό αερισμό των ριζών και την κάλυψη τους με ένα λεπτό στρώμα θρεπτικών στοιχείων ([http 8](#)).

Οι κυριότεροι μέθοδοι υδροπονικής καλλιέργειας είναι :

- Η μέθοδος NFT (Nutrient Film Technique). Η τεχνική αυτή βασίζεται στη χρήση ενός σωλήνα, σε ρόλο περιέκτη, τον οποίο διαρρέει ένα σταθερό θρεπτικό διάλυμα. Τα φυτά αιωρούνται σε ανοίγματα στην πάνω όψη του σωλήνα αυτού. Ο σωλήνας έχει μια ελαφριά κλίση ούτως ώστε το διάλυμα να επιστρέφει με τη βοήθεια της βαρύτητας στη δεξαμενή ([http 8](#)).
- Η μέθοδος SAT (Static Aerated Technique). Στη μέθοδο αυτή όλο το ριζικό σύστημα των φυτών έρχεται σε επαφή με το θρεπτικό διάλυμα το οποίο παραμένει στάσιμο. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται χωρίς τη χρήση υποστρώματος .
- Η μέθοδος EFT (Ebb and Flow Technique). Η μέθοδος αυτή είναι ίδια με την SAT, το θρεπτικό όμως διάλυμα απομακρύνεται 3-4 φορές ημερησίως από το ριζικό περιβάλλον των φυτών με αποστράγγιση, επιτρέποντας την αναπνοή του ριζικού συστήματος.
- Η μέθοδος DFT (Deep Flow Technique). Στη μέθοδο αυτή η καλλιέργεια τροφοδοτείται συνεχώς με θρεπτικό διάλυμα μέσω αντλίας. Η συνεχής απομάκρυνση του θρεπτικού διαλύματος από το ριζικό σύστημα των φυτών γίνεται με τη βαρύτητα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται χωρίς τη χρήση υποστρώματος. Απαραίτητη είναι η πρόβλεψη σωστής κλίσης (2-3%) του δαπέδου που έχει εγκατασταθεί η υδροπονική καλλιέργεια, ώστε να γίνεται η απορροή του πλεονάζοντος θρεπτικού διαλύματος.
- Η μέθοδος AFT (Aerated Flow Technique). Η μέθοδος αυτή είναι παρόμοια με την προηγούμενη. Σε αυτή τη μέθοδο γίνεται ταυτόχρονα και προσθήκη οξυγόνου στο θρεπτικό διάλυμα μέσω μιας αντλίας αέρος.
- Η μέθοδος DIP (Drip Irrigation Technique). Στη μέθοδο αυτή είναι απαραίτητη η χρήση υποστρώματος. Η τροφοδοσία της καλλιέργειας με θρεπτικό διάλυμα γίνεται από σταλάκτες. Η συχνότητα των αρδεύσεων εξαρτάται από το ρυθμό διαπνοής των φυτών και από το στάδιο ανάπτυξης

της καλλιέργειας. Ο χρόνος που διαρκεί η άρδευση είναι συνήθως 1-2 min ανά κύκλο άρδευσης. Η απορροή του θρεπτικού διαλύματος γίνεται με τη βαρύτητα.

- Η μέθοδος RMT (Room Mist Technique). Στη μέθοδο αυτή το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται συνεχώς στο ριζικό σύστημα των φυτών έτσι ώστε να σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα θρεπτικού διαλύματος στην επιφάνεια της ρίζας. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται και ως “αεροπονία”.
- Η μέθοδος FFT (Fog Feed Technique). Είναι μια μέθοδος παρόμοια με την αεροπονία που αναφέρθηκε προηγουμένως. Το μέγεθος όμως των σταγονιδίων του θρεπτικού διαλύματος είναι τόσο μικρό ώστε να σχηματίζεται ομίχλη στο χώρο του ριζικού συστήματος των φυτών (Κίττας, 2002).

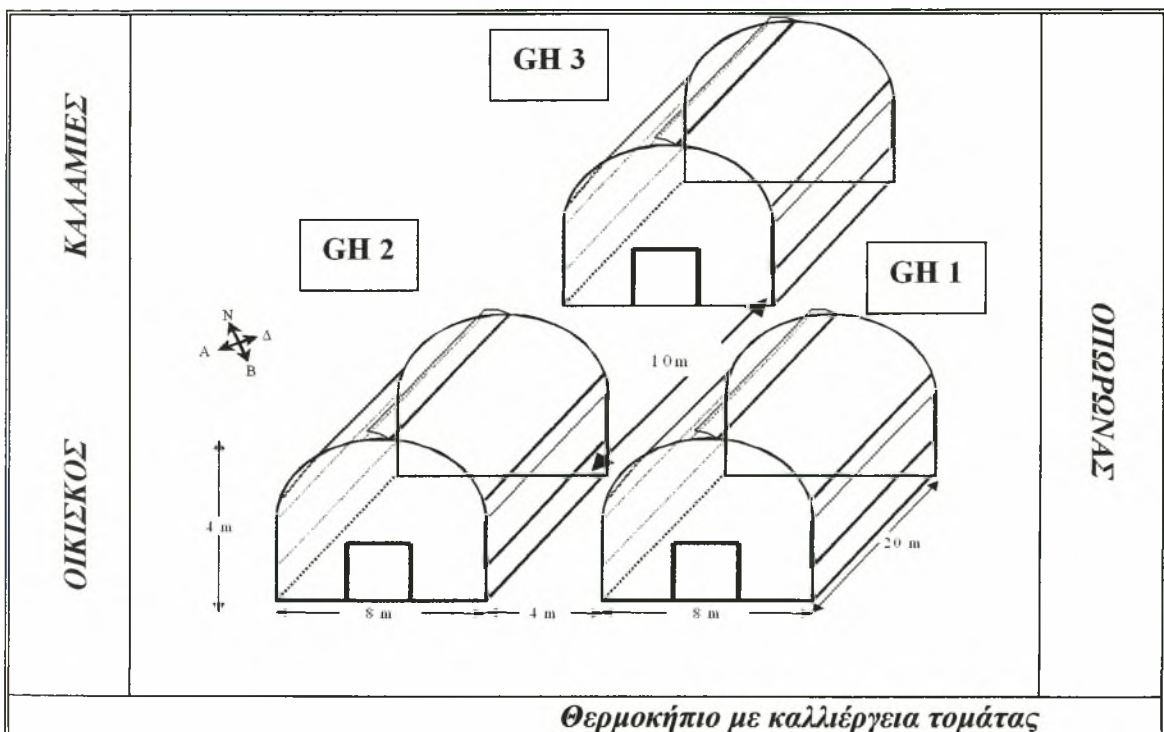
III. Υλικά και Μέθοδοι

1 Η τοποθεσία

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

2 Τα θερμοκήπια

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία πανομοιότυπα θερμοκήπια, τροποποιημένα τοξωτά, επιφανείας 160m^2 (20 μέτρα μήκος και 8 μέτρα πλάτος) το καθένα και μεγίστου ύψους 4,1m στον κορφιά, ενώ το ύψος του ορθοστάτη έφτανε τα 2,9 μέτρα. Το έδαφος των θερμοκηπίων ήταν πλήρως καλυμμένο με αδιαφανές, διπλής όψεως ασπρόμαυρο πλαστικό. Η διάταξη των θερμοκηπίων παρουσιάζεται ενδεικτικά στην Εικόνα 6.



Εικόνα 6. 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 καθόλου τα θερμοκήπια καθώς βρίσκονταν σε απόσταση 15 μέτρων από αυτά. Αριστερά του GH2 υπήρχε ένας οικίσκος στον οποίο βρίσκονταν οι δεξαμενές του υδροπονικού συστήματος καθώς και ο υπολογιστής με τον οποίο γινόταν η διαχείριση του συστήματος αυτού. Δεξιά του θερμοκηπίου GH1, υπήρχε οπωρώνας, ενώ στην μπροστινή του πλευρά, βρισκόταν άλλο θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας. Το θερμοκήπιο GH3 απείχε από τον οπωρώνα διπλάσια απόσταση από ότι το GH1.

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

3 Τα υλικά κάλυψης

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

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

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

Πίνακας 5. Διαπερατότητα των τριών υλικών κάλυψης στην UV ακτινοβολία

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

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

4 Αερισμός

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

5 Θέρμανση

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

6 Υπόστρωμα της καλλιέργειας

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

7 Άρδευση- Λίπανση

Η δόση άρδευσης, ο χρόνος και η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος, γίνονταν αυτόματα με το πρόγραμμα MACQU (Management and Control for Quality in Greenhouse). Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια ήταν $2,1 \text{ mScm}^{-1}$ και το pH ήταν 5,6. Η άρδευση γινόταν αρχικά 4 φορές την ημέρα και είχε διάρκεια 4 λεπτά. Βαθμιαία γίνονταν πιο συχνά κι έτσι στα τέλη Απριλίου έφτασε τις 8 φορές ημερησίως με διάρκεια 10 λεπτά κάθε φορά. Η σύσταση του αρχικού θρεπτικού διαλύματος φαίνεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος

| | |
|------------------------------------|----------------|
| K⁺ | 280 ppm |
| Ca²⁺ | 164 ppm |
| Mg²⁺ | 46 ppm |
| SO₄²⁻ | 40 ppm |
| PO₄²⁻ | 40 ppm |
| NO₃⁻ | 233 ppm |

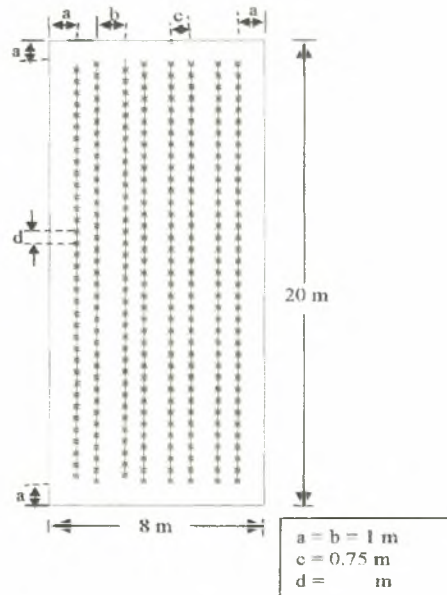
8 Η καλλιέργεια

8.1 Ποικιλία-Εγκατάσταση της καλλιέργειας

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας, ποικιλίας Belladonna, η οποία είναι ποικιλία αυτογονιμοποιούμενη, με χαρακτηριστικό τη μεγάλη διάρκεια ζωής στον καρπό. Η μεταφύτευση των φυτών πραγματοποιήθηκε στις 23/2/03 και η καλλιέργεια ολοκληρώθηκε στις 10/7/03. Τα φυτά μεταφυτεύθηκαν όταν βρίσκονταν στο στάδιο των οκτώ φύλλων. Η παραγωγή τους και η ανάπτυξη τους μέχρι αυτό το στάδιο είχε πραγματοποιηθεί σε επαγγελματικό φυτώριο.

8.2 Διάταξη των φυτών

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



Εικόνα 7. Διάταξη και αποστάσεις των φυτών τομάτας στα θερμοκήπια

9 Καλλιεργητικές τεχνικές

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

9.1 Στήριξη των φυτών

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

9.2 Βλαστολόγημα

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

9.3 Αποφύλλωση- Κορυφολόγημα

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

9.4 Επεμβάσεις με χημικά

Εξαιτίας της προσβολής που υπήρχε από ωίδιο και κλαδοσπόριο πραγματοποιήθηκαν δύο φορές επεμβάσεις με χημικά κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο πρώτος ψεκασμός πραγματοποιήθηκε στις 22/5 και εφαρμόστηκαν τα μυκητοκτόνα με εμπορικές ονομασίες Daconil και SaproI. Το Daconil (clorothalonil 75%) χρησιμοποιήθηκε για την καταπολέμηση του κλαδοσπορίου και εφαρμόστηκε σε δόση 37g σε 15 λίτρα νερό και το SaproI (triflorine) για την καταπολέμηση του ωιδίου και η δόση που εφαρμόστηκε ήταν 22cc σε 15 λίτρα νερό. Λόγω της εκτεταμένης προσβολής της καλλιέργειας ο ψεκασμός κρίθηκε αναγκαίο να εφαρμοστεί με τις ίδιες αναλογίες και στις 30/5.

9.5 Επικονίαση των φυτών

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

9.6 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών

Στα θερμοκήπια γινόταν συστηματικός έλεγχος των εντόμων και των ασθενειών. Τοποθετήθηκαν μπλε και κίτρινες παγίδες για τον έλεγχο του θρίπα και του αλευρώδη αντίστοιχα. Επίσης σε επιλεγμένες θέσεις μέσα αλλά και έξω από τα

πλαϊνά ανοίγματα των θερμοκηπίων υπήρχαν εντομολογικές παγίδες για την αντιμετώπιση των αφίδων.

10 Μετρήσεις

Για τη μελέτη της αύξησης και ανάπτυξης των φυτών επιλέχθηκαν από κάθε θερμοκήπιο με τη βοήθεια πλήρως τυχαιοποιημένου σχεδίου 30 φυτά. Στα φυτά αυτά έγινε ειδική σήμανση με έγχρωμες κορδέλες οι οποίες δέθηκαν πάνω στο σπάγκο υποστήριξης του κάθε επιλεγμένου φυτού. Τα φυτά που επιλέχθηκαν δεν βρίσκονταν σε καμία από τις δύο σειρές οι οποίες έρχονταν σε άμεση επαφή με τα πλαϊνά ανοίγματα αερισμού. Από τις έξι υπολειπόμενες σειρές επιλέχθηκαν πέντε φυτά σε κάθε σειρά τα οποία βρίσκονταν σε τυχαία θέση πάνω στη σειρά αυτή.

Η λήψη των μετρήσεων ξεκίνησε στις 11/4/2003 (48^η ημέρα από τη μεταφύτευση και συνεχίστηκε μέχρι τις 2/7/2003 (130^η ημέρα από τη μεταφύτευση).

Συνολικά μετρήθηκαν

- ❖ το ύψος των φυτών,
- ❖ ο αριθμός των κόμβων
- ❖ το μήκος (L) και πλάτος (W) των φύλλων
- ❖ η φυλλική επιφάνεια

10.1 Μέτρηση του ύψους

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

10.2 Μέτρηση του μήκους (L) και πλάτους (W) των φύλλων

Το μήκος (L) και το πλάτος (W) των φύλλων μετρήθηκαν κατά την 48^η, 73^η, 88^η, 103^η, 116^η και 130^η ημέρα από τη μεταφύτευση. Η μέτρηση γινόταν ανά δεκαπέντε ημέρες και για την πραγματοποίηση της χρησιμοποιήθηκε απλό μέτρο. Η ακρίβεια και σε αυτήν τη μέτρηση ήταν της τάξεως του 0,5 cm. Ως μήκος (L) του φύλλου είχε οριστεί η απόσταση από τη βάση του μίσχου έως την άκρη του ελάσματος και ως πλάτος (W) του φύλλου η μεγαλύτερη απόσταση ανάμεσα στις άκρες του ελάσματος, κάθετη στο μήκος του φύλλου. Μετρήθηκαν όλα τα φύλλα κάθε φυτού.

10.3 Μέτρηση των κόμβων

Ο αριθμός των κόμβων μετρήθηκε κατά την 48^η, 73^η, 88^η, 103^η, 116^η και 130^η ημέρα από τη μεταφύτευση, ταυτόχρονα με τη μέτρηση του μήκους και του πλάτους των φύλλων.

10.4 Υπολογισμός της φυλλικής επιφάνειας

Για τον υπολογισμό της φυλλικής επιφάνειας χρησιμοποιήθηκαν κάποια τυχαία επιλεγμένα φύλλα. Σε αυτά τα φύλλα μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος τους και το εμβαδόν τους με τη βοήθεια scanner και ειδικού προγράμματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

10.5 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 (One Way ANOVA). Σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των μεταχειρίσεων καθορίστηκαν με το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Ως επανάληψη του πειραματικού σχεδίου θεωρήθηκαν τα 30 φυτά (το κάθε φυτό ήταν μια επανάληψη).

IV. Αποτελέσματα

1 Κλιματικές συνθήκες

Οι μέσοι όροι των θερμοκρασιών για τα πέντε χρονικά διαστήματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1 και οι αριθμητικές τιμές των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών για τις ημερομηνίες από DAT 48 έως DAT 130 στον Πίνακα 1 του Παραρτήματος. Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στο εσωτερικό των τριών θερμοκηπίων αναλύθηκαν και τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι τα τρία θερμοκήπια δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά τη θερμοκρασία για κανένα χρονικό διάστημα εκτός από την χρονική περίοδο από DAT 48 έως DAT 73 (DAT : Days After Transplanting) όπου εντοπίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο GH 2 και το GH 3 και ανάμεσα στο GH 1 και το GH 3.

Πίνακας 1.1 Οι τιμές των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών για τα τρία θερμοκήπια

| | DAT | 48-73 | 74-88 | 89-103 | 104-116 | 117-130 |
|---------|------|-------|-------|--------|---------|---------|
| Average | GH 1 | 19,20 | 22,96 | 21,56 | 26,08 | 25,82 |
| | GH 2 | 19,75 | 23,11 | 21,79 | 26,33 | 25,84 |
| | GH 3 | 16,91 | 22,93 | 20,90 | 26,19 | 25,86 |

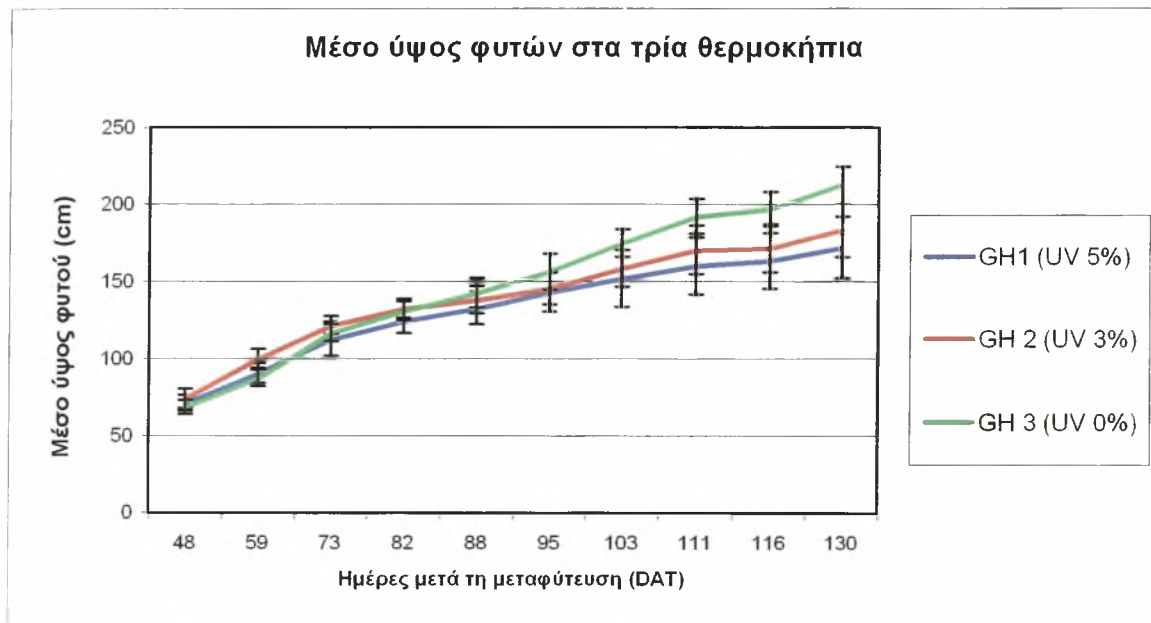
Πίνακας 1.2 Στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα συγκρινόμενα θερμοκήπια

| DAT _i -DAT _{ii} | 48-73 | 73-88 | 88-103 | 103-116 | 116-130 |
|-------------------------------------|-------|-------|--------|---------|---------|
| GH1- GH2 | | | | | |
| GH2-GH3 | * | | | | |
| GH1-GH3 | * | | | | |

(*): τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

2 Ύψος φυτών

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



Σχήμα 2.1. Η εξέλιξη στο ύψος των φυτών και στα τρία θερμοκήπια.

Από το Σχήμα 2.1 φαίνεται ότι το ύψος και στα τρία θερμοκήπια αυξάνεται σταδιακά. Από την 48^η ημέρα μετά την μεταφύτευση μέχρι την 130^η ημέρα, που λήφθηκε η τελευταία μέτρηση, το ύψος των φυτών στο GH1 κυμάνθηκε από 71cm, με τυπική απόκλιση 4,93cm, μέχρι 172,33 cm με τυπική απόκλιση 19,89 cm. Στο GH2 κυμάνθηκε από 73,33 cm με τυπική απόκλιση 6,22 cm μέχρι 183,79 cm με τυπική απόκλιση 17,5 cm, και στο GH3 τα φυτά είχαν αρχικό μέσο ύψος 68,36 cm με τυπική απόκλιση 4,61cm και τελικό μέσο ύψος 213,07 cm με τυπική απόκλιση 11,6 cm. Προκύπτει ότι τα φυτά στο GH3 με 0% διαπερατότητα στην UV ήταν ψηλότερα από ότι τα φυτά στα άλλα δύο θερμοκήπια.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1.

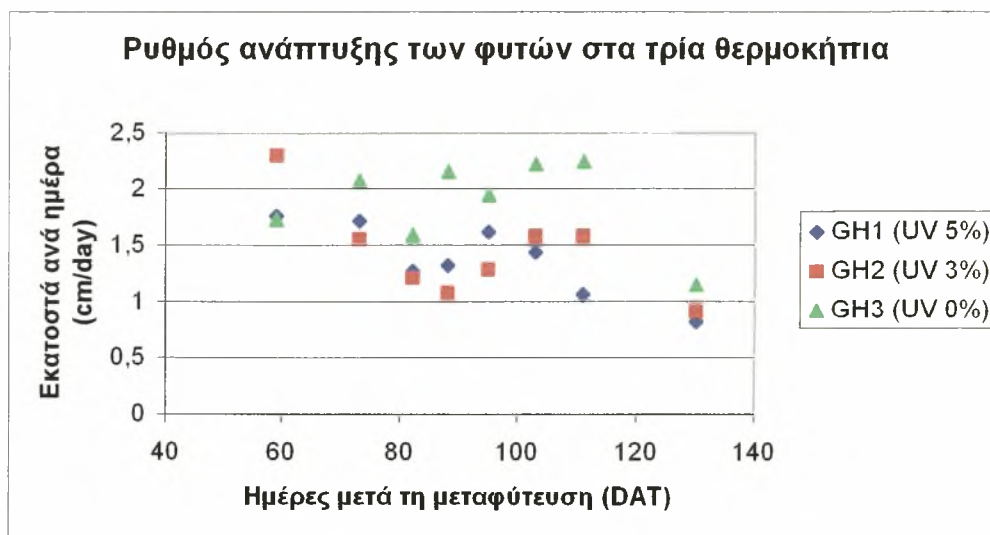
Πίνακας 2.1. Στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος των φυτών στα τρία θερμοκήπια.

| DAT | 48 | 59 | 73 | 82 | 88 | 95 | 103 | 111 | 116 | 130 |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| GH1- GH2 | * | * | * | * | * | | | * | | * |
| GH2- GH3 | * | * | * | | | * | * | * | * | * |
| GH1- GH3 | | * | | * | * | * | * | * | * | * |

(*) : τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά κατά τη συγκεκριμένη ημέρα στην οποία πάρθηκε η μέτρηση.

Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια εντοπίζονται κυρίως από την DAT 95 (28/5/03) και έπειτα, ανάμεσα στο θερμοκήπιο που η είσοδος της υπερϊόδου ακτινοβολίας εμποδίζεται και τα άλλα δύο θερμοκήπια.

Ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών στα τρία θερμοκήπια παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2. Ρυθμός ανάπτυξης των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Το GH3 είχε μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης από τα άλλα δυο καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου εκτός από το διάστημα από την 48^η έως την

59^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση όπου μόνο το GH 2 παρουσιάζει μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης. Παρατηρούμε δηλαδή ότι η έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας επέδρασε θετικά στο ύψος των φυτών και στην αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης τους.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3. Στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ρυθμό ανάπτυξης και στα τρία θερμοκήπια για συγκεκριμένα διαστήματα.

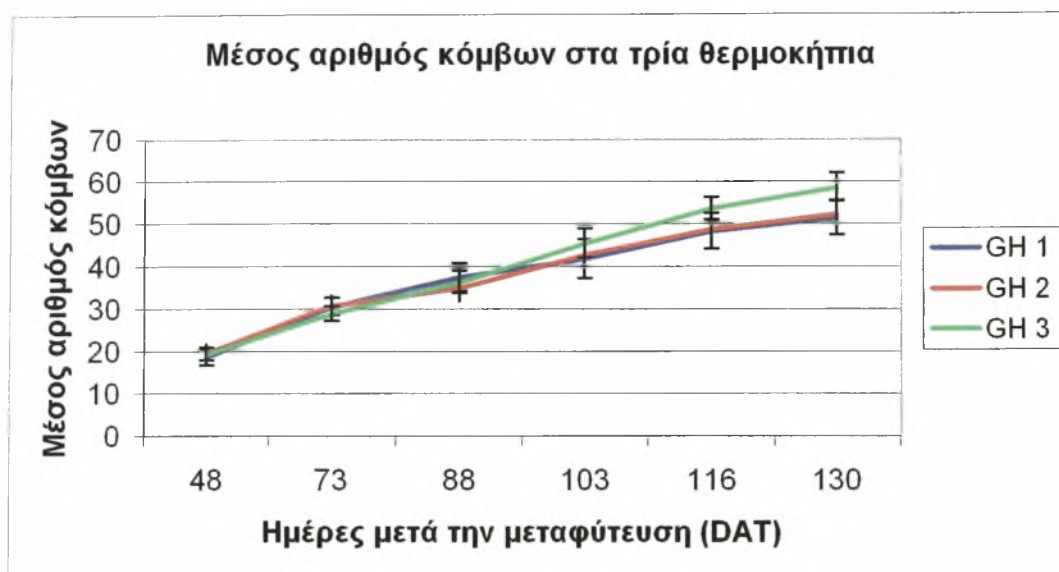
| DAT _i -DAT _{ii} | 48-59 | 59-73 | 73-82 | 82-88 | 88-95 | 95-103 | 103-111 | 116-130 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| GH1- GH2 | * | | | | | | * | |
| GH2-GH3 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| GH1-GH3 | | * | * | * | | * | * | * |

(*) : τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Προκύπτει ότι τα θερμοκήπια με περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία 3% και 0% διαφέρουν στατιστικά σημαντικά καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όπως είναι αναμενόμενο υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και ανάμεσα στα θερμοκήπια με περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία 5% (μάρτυρας) και 0% εκτός από το διάστημα από την DAT 48 έως την DAT 59 και το διάστημα από την DAT 88 έως τη DAT 95. Τα GH 1 και GH 2 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά εκτός από δύο περιπτώσεις, στο διάστημα από DAT 48 έως DAT 59 και στο διάστημα από DAT 103 έως DAT 111.

3 Αριθμός κόμβων

Ο αριθμός των κόμβων ανά φυτό μετρήθηκε κατά την 48^η, 73^η, 88^η, 103^η, 116^η και 130^η ημέρα μετά από τη μεταφύτευση. Η πορεία του μέσου αριθμού των κόμβων ανά θερμοκήπιο στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1 Μέσος αριθμός κόμβων στα τρία θερμοκήπια κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Όπως φαίνεται ο αριθμός των κόμβων και στα τρία θερμοκήπια αυξάνεται σταδιακά. Στο GH1 ο μέσος αριθμός των κόμβων ανά φυτό στην πρώτη μέτρηση ήταν 18,66 κόμβου/φυτό με τυπική απόκλιση 1,97 και στην τελευταία 51,5 κόμβου/φυτό με τυπική απόκλιση 4,09. Στο δεύτερο θερμοκήπιο (GH2) ο μέσος αριθμός των κόμβων ανά φυτό ξεκινάει από 19,7 κόμβου/φυτό με τυπική απόκλιση 1,97 και καταλήγει σε 52,39 κόμβου/φυτό με τυπική απόκλιση 4,09. Στο GH3 ο μέσος αριθμός κόμβων ανά φυτό είναι αρχικά 19,37 κόμβου/φυτό με τυπική απόκλιση 1,47 και στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου είναι 58,71 κόμβου/φυτό με τυπική απόκλιση 3,35. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για την εύρεση στατιστικά σημαντικών διαφορών έδωσε τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.1.

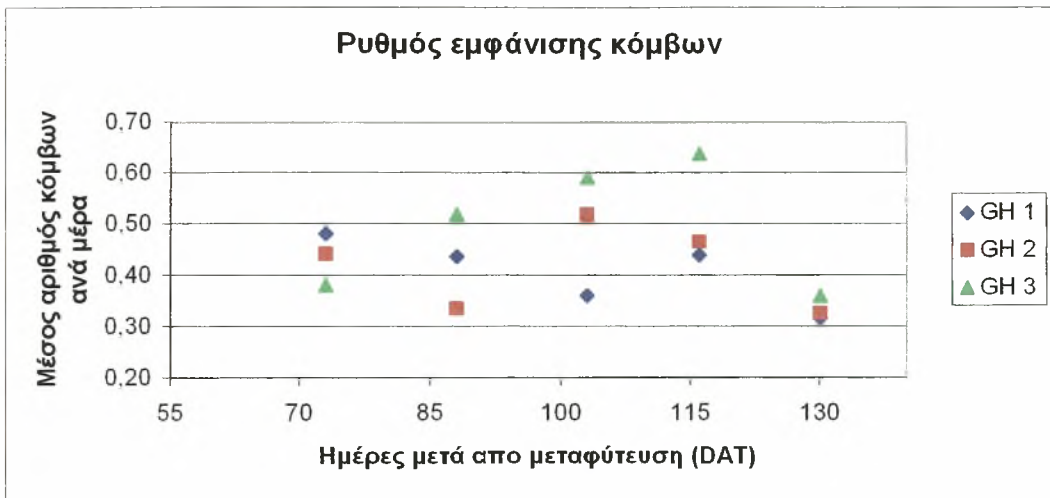
Πίνακας 3.1 Στατιστικά σημαντικές διαφορές στον αριθμό των κόμβων ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια.

| DAT | 48 | 73 | 88 | 103 | 116 | 130 |
|-----------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| GH1- GH2 | * | | * | | | |
| GH2-GH3 | | * | | * | * | * |
| GH1-GH3 | | * | | * | * | * |

(*) : τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά κατά τη συγκεκριμένη ημέρα στην οποία πάρθηκε η μέτρηση.

Το GH 3 διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τα άλλα δύο θερμοκήπια σε όλο το χρονικό διάστημα πραγματοποίησης της έρευνας εκτός από δυο περιπτώσεις (DAT 48 και DAT 88). Τα άλλα δύο θερμοκήπια (GH 1 και GH 2) δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά στο μεγαλύτερο μέρος των μετρήσεων.

Ο ρυθμός εμφάνισης κόμβων στα τρία θερμοκήπια κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2 Ο ρυθμός εμφάνισης κόμβων στα τρία θερμοκήπια

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει ο Πίνακας 3.2.

Πίνακας 3.2 Στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ρυθμό εμφάνισης των κόμβων ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια.

| DAT | 48-73 | 73-88 | 88-103 | 103-116 | 116-130 |
|-----------------|-------|-------|--------|---------|---------|
| GH1- GH2 | | * | * | | |
| GH2-GH3 | * | * | | * | |
| GH1-GH3 | * | | * | * | |

(*) : τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Σχετικά με το ρυθμό εμφάνισης νέων κόμβων στα φυτά δεν προκύπτει ομοιομορφία όσον αφορά τις στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα τρία

θερμοκήπια. Ειδικότερα στο τελευταίο διάστημα των μετρήσεων από DAT 116 έως DAT 130 τα τρία θερμοκήπια δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

4 Θερμομονάδες που καταναλώθηκαν για τη δημιουργία ενός κόμβου

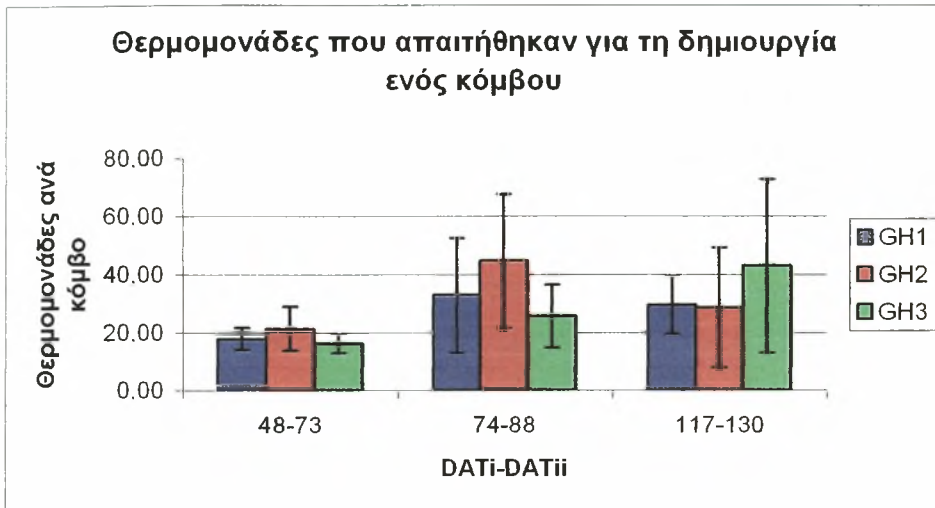
Τα φυτά για να συμπληρώσουν τα επιμέρους στάδια και το σύνολο του βιολογικού τους κύκλου έχουν ανάγκη από ορισμένο άθροισμα θερμοκρασιών που είναι διαφορετικό για το κάθε φυτό (Γαλανοπούλου-Σενδουκά, 1999).

Ο αριθμός των μονάδων θερμότητας (θερμοημέρες) από την πλήρη άνθιση μέχρι τη συγκομιδή χρησιμοποιείται για την πρόγνωση του χρόνου συγκομιδής. Ως μονάδα θερμότητας θεωρείται ένας βαθμός °C (ή °F) για κάθε ημέρα πάνω από μια βασική θερμοκρασία. Οι μονάδες θερμότητας υπολογίζονται από τα θερμομετρικά δεδομένα, (μέση τιμή, ελάχιστο, μέγιστο θερμοκρασίας, ενδείξεις θερμογράφου) (Σφακιωτάκης, 1995).

Για την εύρεση των θερμομονάδων που καταναλώθηκαν για τη δημιουργία ενός κόμβου διαιρέθηκε το άθροισμα των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών ανάμεσα σε δύο μετρήσεις με τον αριθμό των κόμβων που δημιουργήθηκαν στο ίδιο χρονικό διάστημα. Το άθροισμα των θερμοκρασιών προκύπτει με αφαίρεση 11°C (basic temperature) για θερμοκρασίες που δεν ξεπερνούν τους 28 °C (άνω όριο). Οι αριθμητικές τιμές παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1 και τα αποτελέσματα στο Σχήμα 4.1. Οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται στο Παράρτημα.

Πίνακας 4.1 Θερμομονάδες που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός κόμβου στα τρία θερμοκήπια.

| | DAT_i-DAT_{ii} | 48-73 | 74-88 | 117-130 |
|-------------|---|--------------|--------------|----------------|
| GH 1 | AVERAGE | 17,80 | 32,78 | 29,26 |
| | STDEV | 3,81 | 19,77 | 9,87 |
| GH 2 | AVERAGE | 21,29 | 44,62 | 28,48 |
| | STDEV | 7,58 | 23,09 | 20,82 |
| GH 3 | AVERAGE | 16,16 | 25,57 | 42,91 |
| | STDEV | 3,24 | 10,86 | 30,08 |



Σχήμα 4.1. Απαιτούμενες θερμομονάδες για το σχηματισμό ενός κόμβου

Από τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα GH 1 και GH 3 όσον αφορά τις θερμομονάδες που καταναλώθηκαν από DAT 48 έως DAT 73, από DAT 73 έως DAT 88 αλλά ούτε και από DAT 116 έως DAT 130. Ανάμεσα στα GH 2 και GH 3 υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλες τις χρονικές περιόδους στις οποίες πραγματοποιήθηκε η σύγκριση. Τέλος τα GH 1 και GH 2 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά για το διάστημα από DAT 116 έως DAT 130, αλλά υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά τα άλλα δύο χρονικά διαστήματα (DAT 48-DAT 73 και DAT 73- DAT 88). Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2 Στατιστικά σημαντικές διαφορές στις θερμομονάδες που καταναλώθηκαν για το σχηματισμό ενός κόμβου στα τρία θερμοκήπια.

| DAT _i - DAT _{ii} | 48-73 | 73-88 | 116-130 |
|---|-------|-------|---------|
| GH1-GH2 | * | * | |
| GH2-GH3 | * | * | * |
| GH3-GH1 | | | |

(*) : τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Τα τρία θερμοκήπια δεν παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά όσον αφορά τις απαιτούμενες θερμομονάδες για την εμφάνιση ενός νέου κόμβου. Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες τα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά όμως δεν υπάρχει η απαιτούμενη ομοιομορφία για να καταλήξουμε σε ένα ασφαλές συμπέρασμα. Στο ίδιο διάστημα των μετρήσεων κάποιο θερμοκήπιο μπορεί να παρουσίαζε αύξηση στο μέγεθος των απαιτούμενων θερμομονάδων, ενώ ένα άλλο μείωση, έτσι ώστε να μην υπάρχει ούτε κατά αυτήν την έννοια συμφωνία στη συμπεριφορά τους.

5 Μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας

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). Η μέτρηση της τιμής της πραγματικής φυλλικής επιφάνειας πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια scanner αφού επιλέχθηκαν τυχαία φύλλα και από τα τρία θερμοκήπια. Στα συγκεκριμένα φύλλα μετρήθηκε τόσο το μήκος τους όσο και το πλάτος τους και οι μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή εξίσωσης, από την οποία προκύπτει η υπολογισμένη φυλλική επιφάνεια σε συνάρτηση με το μήκος και το πλάτος. Οι εξισώσεις που προέκυψαν για τα τρία θερμοκήπια είναι οι εξής :

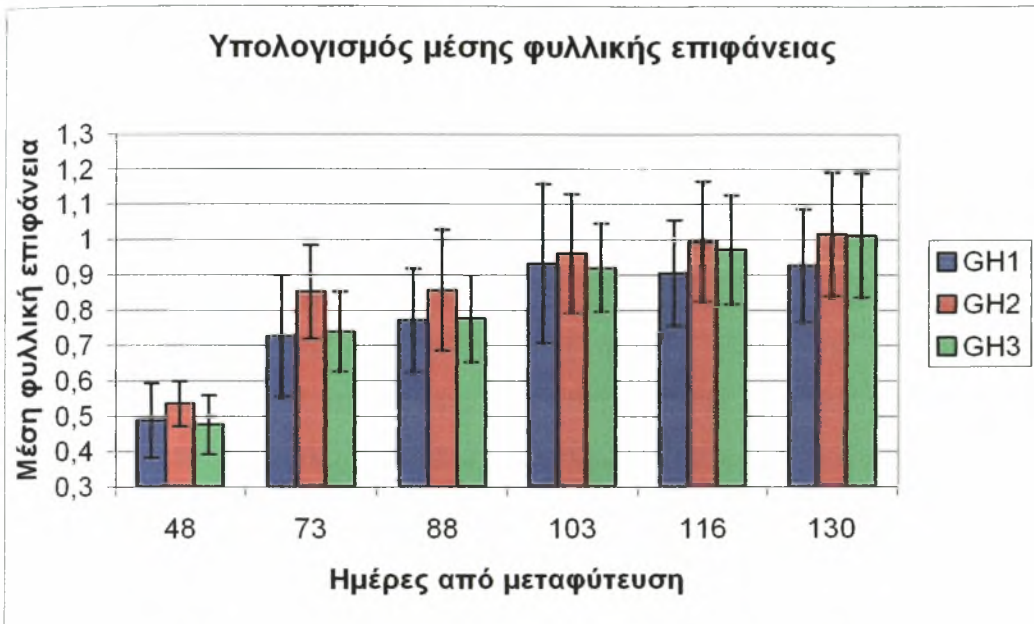
➤ GH 1 Area (m²) = 0.400*(L*W) -0.003

➤ GH 2 Area (m²) = 0.372*(L*W)-0.001

➤ GH 3 Area (m²) = 0.358*(L*W)-0.003

Όπου L: το μήκος του φύλλου και W: το πλάτος του φύλλου

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 Μέση φυλλική επιφάνεια στα τρία θερμοκήπια.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε και τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1 υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα GH1 και GH 2 καθώς και ανάμεσα στα GH2 και GH3 μέχρι και την 88^η ημέρα από την μεταφύτευση. Από εκεί και έπειτα δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια. Το θερμοκήπιο με περατότητα 0% στην υπεριώδη ακτινοβολία δεν διέφερε σε κανένα χρονικό σημείο με το θερμοκήπιο του οποίου το υλικό κάλυψης ήταν περατό στην υπεριώδη κατά 5% και αποτελούσε το μάρτυρα του πειράματος.

Πίνακας 5.1 Στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση φυλλική επιφάνεια των τριών θερμοκηπίων.

| DAT | 48 | 73 | 88 | 103 | 116 | 130 |
|----------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| GH1-GH2 | * | * | * | | | |
| GH2-GH3 | * | * | * | | | |
| GH1-GH3 | | | | | | |

(*) : τα συγκρινόμενα θερμοκήπια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά κατά τη συγκεκριμένη ημέρα στην οποία πάρθηκε η μέτρηση.

V. Συζήτηση-Συμπεράσματα

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

Μελετήθηκαν η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών, καθώς παίζουν πρωταρχικό ρόλο στα καλλιεργητικά συστήματα παραγωγής, ελέγχοντας την ταχύτητα παραγωγής νέων φύλλων, τη διάρκεια της ανάπτυξης της φυλλικής επιφάνειας του κάθε φύλλου, το συνολικό παραγόμενο αριθμό φύλλων και ταξιανθιών και την αύξηση του ύψους των φυτών (Reddy et al., 2003). Ως αύξηση ορίζεται η επέκταση σε μήκος, επιφάνεια ή βάρος ολόκληρου του φυτού ή ανεξάρτητων οργάνων του. Το ύψος του φυτού και η φυλλική επιφάνεια θεωρούνται τα βασικά φαινόμενα μορφογένεσης και αύξησης του βλαστού (Reddy et al., 2003) για αυτό το λόγο οι πειραματικές μετρήσεις επικεντρώθηκαν κυρίως σε αυτά.

Οι μετρήσεις άρχισαν την DAT 48 και προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του ύψους των φυτών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα φυτά που μεγάλωσαν σε περιβάλλον απαλλαγμένο από την υπεριώδη ακτινοβολία διαφέρουν στατιστικά σημαντικά και είναι ψηλότερα από τα φυτά στα άλλα δύο θερμοκήπια με υπεριώδη ακτινοβολία 3% και 5%. Η μείωση της υπεριώδους ακτινοβολίας οδήγησε σε αύξηση του ύψους των φυτών. Αυτό είναι εμφανές και από το μέσο τελικό ύψος στα τρία θερμοκήπια που είναι 172,33 cm, 183,79 cm και 213,07 cm για το GH1, GH2 και GH3 αντίστοιχα. Δηλαδή συγκρινόμενα τα GH2 (3%) και GH3 (0%) με το μάρτυρα GH1 (5%) προκύπτει ότι στο GH2 αναπτύχθηκαν φυτά υψηλότερα κατά 6,7% περίπου και στο GH3 φυτά υψηλότερα κατά 23,6% από ότι στο GH1.

Παρόμοια αποτελέσματα δίνονται και από τους Reddy et al. (2003) για φυτά βαμβακιού που καλλιεργήθηκαν σε περιβάλλον με 0% υπεριώδη ακτινοβολία και τα οποία ήταν ψηλότερα από τα φυτά που καλλιεργήθηκαν εκτεθειμένα σε ακτινοβολία UV, σε ποσότητες 4, 8 και 12 kJ m⁻² ημερησίως.

Έχει αναφερθεί στο παρελθόν ότι η υπεριώδης ακτινοβολία B επιδρά άμεσα στο μεταβολισμό των ρυθμιστών αύξησης του φυτού, όπως η αυξίνη (IAA) και μεταβάλλει την ανάπτυξη του (Reddy et al., 2003). Σύμφωνα με τους Tezuka et al. (1993) η ηλιακή ακτινοβολία κοντά στο φάσμα της υπεριώδους μπορεί να αυξήσει τις

μεταβολικές δραστηριότητες που έχουν σχέση με την αύξηση των φυτών, τα οποία βρίσκονται σε μεταγενέστερο στάδιο.

Στην παρούσα εργασία τα φυτά διαφέρουν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά στον αριθμό των σχηματιζόμενων κόμβων. Ειδικότερα, οι διαφορές εντοπίζονται ανάμεσα στο GH3 και τα άλλα δύο θερμοκήπια για όλες τις ημέρες στις οποίες πάρθηκαν μετρήσεις εκτός από την DAT 48 και την DAT 88.

Από το Σχήμα 3.2 διαπιστώνεται ότι στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου (DAT 48) το θερμοκήπιο με UV 5% έχει μεγαλύτερο ρυθμό εμφάνισης κόμβων (0,48κόμβοι/ ημέρα) και ακολουθούν το θερμοκήπιο με UV 3% (0,44 κόμβοι/ ημέρα) και τέλος το θερμοκήπιο με UV 0% (0,38 κόμβοι/ ημέρα). Αυτό σημαίνει ότι στο GH1 δημιουργείται ένας κόμβος περίπου κάθε 2 ημέρες, στο GH2 ένας κόμβος κάθε 2,27 ημέρες και στο GH3 ένας κόμβος κάθε 2,63 ημέρες. Αυτή η συμπεριφορά όμως δεν διατηρείται μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Συγκεκριμένα μέχρι την DAT 116 τα φυτά που βρίσκονται στο GH3 αναπτύσσονται με μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι τα φυτά στα άλλα δύο θερμοκήπια φτάνοντας να παράγουν 1 κόμβο κάθε 1,5 ημέρα.

Εφόσον το θερμοκήπιο με υλικό κάλυψης αδιαπέρατο στην υπεριώδη ακτινοβολία έχει μεγαλύτερο μέσο ύψος και μεγαλύτερο μέσο αριθμό κόμβων αυτό σημαίνει ότι η διαφορά του στην αύξηση δεν έχει σχέση με αύξηση του μέσου μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων, αλλά με αύξηση του πλήθους τους. Παρόλα αυτά οι διαφορές που παρατηρούνται στον αριθμό των κόμβων δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Η έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν είχε επιδράσεις στην αρχιτεκτονική του φυτού καθώς αναπτύχθηκαν και σε αυτά τα φυτά (με UV 0%) 7-9 φύλλα πριν από την πρώτη ταξιανθία και μετά την πρώτη σχηματίζονται τρία φύλλα μέχρι τη δεύτερη ταξιανθία κ.ο.κ. Κάτι που συμφωνεί με τον Ολύμπιο (2001). Η δομή δηλαδή των φύλλων και των ταξιανθιών είναι, στην πλειοψηφία των φυτών, αυτή μιας συνηθισμένης καλλιέργειας τομάτας του συγκεκριμένου υβριδίου.

Τα φυτά ήταν από μορφολογική άποψη καθ' όλα φυσιολογικά καθώς δεν παρουσιάστηκαν αποχρωματισμοί, δυσμορφίες ή άλλα συμπτώματα πέραν εκείνων που οφείλονταν σε φυτοπαθολογικούς μύκητες.

Σύμφωνα με τους Reddy et al. (2003) τα βαμβακόφυτα στα οποία παρεχόταν υπεριώδης ακτινοβολία Β είχαν μειωμένη φυλλική επιφάνεια σε σχέση με τα φυτά που μεγάλωναν σε περιβάλλον με 0% ακτινοβολία UV-B.

Στο συγκεκριμένο πείραμα η διαφορετική διαπερατότητα (5%, 3% και 0%) των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων επηρέασε στατιστικά σημαντικά τη μέση φυλλική επιφάνεια των φυτών μόνο στα αρχικά στάδια της καλλιέργειας. Μετά την 103^η ημέρα από τη μεταφύτευση δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια. Παρόλα αυτά από τις αριθμητικές τιμές και το Σχήμα 5.1 παρατηρούμε ότι το GH2 έχει μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια από τα άλλα δύο θερμοκήπια, όχι όμως τόσο μεγαλύτερη ώστε οι στατιστικά σημαντικές διαφορές να διατηρηθούν μέχρι το τέλος (DAT 130).

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

Βιβλιογραφία

- 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.
- Aphalo, P., J.**, 2001. Light signals and the growth and development of plants- a gentle introduction. *The Plant Photobiology Notes 1*. University of Joensuu. Finland.
- Baytorun, N., Abak, K., Tokgoz, H., Altuntas, O.**, 1994. Effect of different greenhouse covering materials on inside climate and on the development of tomato plants. *Acta Horticulturae* **366**: 125-132.
- Blanco, F. F. and M. V. Folegatti**, 2003. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Horticultura Brasileira* vol 21.
- Bornman J. F. and T.C. Vogelmann**, 1990. Effect of UV-B radiation on leaf optical properties measured with fibre optics. *Journal of Experimental Botany* **42**: 547-554.
- Carruthers, S.**, 2004. Comparing smart films. *Practical Hydroponics and Greenhouses*. Issue 79.
- Costa, H. S. and K. L. Robb**, 1999. Effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on flight behaviour of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology* **92**: 557-562.
- Costa, H. S., Robb, K. L., Wilen, C. A.**, 2002. Field trials measuring the effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on insect populations. *Journal of Economic Entomology* **95**: 113-120.
- Deckmyn, G. and I. Impens**, 1999. Seasonal responses of six Poaceae to different levels of solar UV-B radiation. *Environmental and Experimental Botany* **41**: 177-184.
- Del Corso, G. and B. Lercari**, 1997. Use of UV radiation for control of height and conditioning of tomato transplants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Scientia Horticulturae* **71**: 27-34.
- Diffey, B. L.**, 1991. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. Review in *Physics in Medicine and Biology* **36** (3): 299-328.
- Dyer, A. G. and L. Chittka**, 2004. Bumblebee search time without ultraviolet light. *The Journal of Experimental Biology* **207**: 1683-1688.

- Elad, Y.**, 1997. Effect of filtration of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse-grown vegetables. *Crop Protection* **16**: 635-642.
- Geoola, F., Kashti, Y., Levi, A., Brickman, R.**, 2003. Influence of agrochemicals on greenhouse cladding materials. *Polymer Degradation and Stability* **80**: 575–578.
- Giacomelli, G. A. and W. J. Roberts**, 1993. Greenhouse covering systems. *HortTechnology Journal*.
- Gonzalez, A., Garcia-Alonso, Y., Espi, E., Fontecha, A., Salmeron, A.**, 2004. Viral diseases control with UV-blocking films in greenhouses of southern Spain. International Symposium on protected culture in a mild-winter climate. Article presented at the “International Symposium on Protected Culture in a Mild-Winter Climate” Kissimmee, Florida, USA.
- Goto, E., Kurata, K., Hayashi, M., Sase, S.**, 1997. Plant production in closed ecosystems. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Hanan, J. J.** 1998. Greenhouses. Advanced technology for protected horticulture. CRC Press. United States of America.
- Hao, X. and A. P. Papadopoulos**, 1999. Effects of supplemental lighting and cover materials on growth, photosynthesis, biomass partitioning, early yield and quality of greenhouse cucumber. *Scientia Horticulturae* **80**: 1-18.
- Hollosy, F.**, 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron* **33**: 179-197.
- http1:** <http://daedalus.math.uoi.gr/agrotica/anthokomia/anth/kef/4/424.htm>
- http2:** <http://solardat.uoregon.edu/SolarRadiationBasics.html>
- http3:** www.teilar.gr/schools/steg/agriculture/lessons/lessons_online/internet%20papadopoulos/28b.htm
- http4:** http://www.teilar.gr/schools/steg/agriculture/lessons/lessons_online/internet%20papadopoulos/28c.htm
- http5:** <http://oregonstate.edu/Dept/NWREC/tomatogh.html>
- http6:** <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/B1182.htm>
- http7:** <http://ag.arizona.edu/ceac/research/archive/hydroponics.htm>
- http8:** <http://www.ext.vt.edu/pubs/envirohort/426-084/426-084.html>
- http9:** http://yumasun.com/artman/publish/articles/story_11213.shtml
- http10 :** <http://www.msucare.com/pubs/publications/pub1828.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.

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

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

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

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

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

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

Papadopoulos, A. P. and X. Hao, 1997. Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity, and energy use. *Scientia Horticulturae* **70**: 165-178.

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

Παράρτημα

Πίνακας 1. Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στα τρία θερμοκήπια

| Ημερομηνία | DAT | Εξωτερική T | GH1 | GH2 | GH3 |
|------------|-----|-------------|-------|-------|-------|
| 11/4 | 48 | | | | |
| 12/4 | 49 | 13,46 | 18,63 | 20,78 | 13,42 |
| 13/4 | 50 | 14,56 | 18,66 | 20,52 | 14,54 |
| 14/4 | 51 | 13,55 | 17,76 | 18,69 | 13,54 |
| 15/4 | 52 | 10,76 | 15,72 | 18,57 | 15,99 |
| 16/4 | 53 | 12,82 | 18,19 | 19,40 | 17,92 |
| 17/4 | 54 | 13,04 | 19,15 | 19,78 | 15,00 |
| 18/4 | 55 | 11,84 | 16,86 | 19,80 | 13,80 |
| 19/4 | 56 | 9,19 | 15,45 | 17,00 | 11,15 |
| 20/4 | 57 | 11,32 | 16,46 | 19,23 | 13,29 |
| 21/4 | 58 | 11,14 | 17,27 | 19,64 | 13,10 |
| 22/4 | 59 | 11,60 | 18,83 | 19,97 | 13,56 |
| 23/4 | 60 | 12,10 | 18,79 | 18,76 | 14,06 |
| 24/4 | 61 | 12,96 | 18,48 | 17,22 | 14,92 |
| 25/4 | 62 | 13,78 | 11,26 | 17,50 | 15,74 |
| 26/4 | 63 | 11,56 | 19,61 | 15,87 | 13,52 |
| 27/4 | 64 | 14,22 | 20,44 | 17,12 | 16,18 |
| 28/4 | 65 | 14,59 | 19,98 | 17,50 | 16,55 |
| 29/4 | 66 | 16,78 | 19,69 | 19,07 | 18,75 |
| 30/4 | 67 | 18,52 | 20,66 | 20,31 | 20,49 |
| 1/5 | 68 | 20,81 | 22,64 | 22,44 | 22,79 |
| 2/5 | 69 | 21,21 | 22,99 | 22,91 | 23,18 |
| 3/5 | 70 | 21,52 | 23,20 | 23,04 | 23,49 |
| 4/5 | 71 | 22,15 | 23,57 | 23,30 | 24,12 |
| 5/5 | 72 | 20,53 | 23,29 | 23,15 | 22,50 |
| 6/5 | 73 | 19,06 | 22,44 | 22,28 | 21,03 |
| 7/5 | 74 | 19,24 | 22,38 | 21,68 | 21,21 |
| 8/5 | 75 | 19,61 | 22,63 | 22,17 | 21,59 |
| 9/5 | 76 | 20,40 | 22,90 | 22,17 | 22,37 |
| 10/5 | 77 | 20,57 | 23,45 | 22,85 | 22,55 |
| 11/5 | 78 | 20,48 | 23,78 | 23,36 | 22,45 |
| 12/5 | 79 | 19,67 | 22,41 | 22,05 | 21,64 |
| 13/5 | 80 | 21,76 | 24,42 | 24,96 | 23,74 |
| 14/5 | 81 | 21,29 | 23,38 | 24,09 | 22,72 |
| 15/5 | 82 | 22,32 | 23,45 | 24,43 | 24,53 |
| 16/5 | 83 | 21,88 | 23,44 | 24,12 | 24,21 |
| 17/5 | 84 | 21,16 | 22,71 | 23,37 | 24,02 |
| 18/5 | 85 | 21,14 | 23,07 | 23,56 | 23,95 |
| 19/5 | 86 | 19,66 | 21,22 | 21,65 | 22,35 |
| 20/5 | 87 | 19,85 | 21,73 | 22,46 | 22,82 |
| 21/5 | 88 | 21,55 | 23,39 | 23,73 | 23,86 |
| 22/5 | 89 | 18,49 | 20,48 | 20,80 | 20,44 |
| 23/5 | 90 | 15,48 | 18,51 | 18,50 | 17,58 |

| | | | | | |
|------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 24/5 | 91 | 14,98 | 18,32 | 18,31 | 17,46 |
| 25/5 | 92 | 17,34 | 20,00 | 20,00 | 18,94 |
| 26/5 | 93 | 20,03 | 22,10 | 22,11 | 21,15 |
| 27/5 | 94 | 19,49 | 21,30 | 21,30 | 20,45 |
| 28/5 | 95 | 19,79 | 21,75 | 22,06 | 20,87 |
| 29/5 | 96 | 20,87 | 22,21 | 22,39 | 21,53 |
| 30/5 | 97 | 20,79 | 22,45 | 22,61 | 21,56 |
| 31/5 | 98 | 21,87 | 22,91 | 23,14 | 22,49 |
| 1/6 | 99 | 20,71 | 22,70 | 22,84 | 21,58 |
| 2/6 | 100 | 22,94 | 23,36 | 23,66 | 23,42 |
| 3/6 | 101 | 23,82 | 24,26 | 24,81 | 23,77 |
| 4/6 | 102 | 23,67 | 24,11 | 24,84 | 23,65 |
| 5/6 | 103 | 18,61 | 18,95 | 19,44 | 18,57 |
| 6/6 | 104 | 21,88 | 22,29 | 22,49 | 21,81 |
| 7/6 | 105 | 25,30 | 25,62 | 25,55 | 25,04 |
| 8/6 | 106 | 25,17 | 26,39 | 26,38 | 25,77 |
| 9/6 | 107 | 24,97 | 26,36 | 26,36 | 25,70 |
| 10/6 | 108 | 25,16 | 26,57 | 26,52 | 25,83 |
| 11/6 | 109 | 26,52 | 27,80 | 27,61 | 26,88 |
| 12/6 | 110 | 27,02 | 28,09 | 27,93 | 27,31 |
| 13/6 | 111 | 27,71 | 28,70 | 28,70 | 27,92 |
| 14/6 | 112 | 27,44 | 28,68 | 28,55 | 27,91 |
| 15/6 | 113 | 27,85 | 28,77 | 28,74 | 28,05 |
| 16/6 | 114 | 27,69 | 28,58 | 28,57 | 27,68 |
| 17/6 | 115 | 26,50 | 27,47 | 27,60 | 26,84 |
| 18/6 | 116 | 25,44 | 26,16 | 26,57 | 25,56 |
| 19/6 | 117 | 22,06 | 24,31 | 24,42 | 23,37 |
| 20/6 | 118 | 22,07 | 23,26 | 23,65 | 22,74 |
| 21/6 | 119 | 23,76 | 24,59 | 24,69 | 24,00 |
| 22/6 | 120 | 24,78 | 25,95 | 26,08 | 25,14 |
| 23/6 | 121 | 27,23 | 28,69 | 28,90 | 27,64 |
| 24/6 | 122 | 28,81 | 29,95 | 30,19 | 29,10 |
| 25/6 | 123 | 26,53 | 28,51 | 28,77 | 27,82 |
| 26/6 | 124 | 26,31 | 27,62 | 27,84 | 26,88 |
| 27/6 | 125 | 24,80 | 26,01 | 26,76 | 25,88 |
| 28/6 | 126 | 25,18 | 27,11 | 27,43 | 26,29 |
| 29/6 | 127 | 26,60 | 28,35 | 28,61 | 27,50 |
| 30/6 | 128 | 25,96 | 27,74 | 28,07 | 27,23 |
| 1/7 | 129 | 27,60 | 29,73 | 29,93 | 28,81 |
| 2/7 | 130 | 28,73 | 31,14 | 31,47 | 30,43 |
| 3/7 | 131 | 29,50 | 31,89 | 32,08 | 30,82 |
| 4/7 | 132 | 31,02 | 32,49 | 32,66 | 31,56 |
| 5/7 | 133 | 31,14 | 32,20 | 32,58 | 31,31 |
| 6/7 | 134 | 26,04 | 28,41 | 28,84 | 27,59 |
| 7/7 | 135 | 25,98 | 28,04 | 28,27 | 27,25 |
| 8/7 | 136 | 25,68 | 27,46 | 27,60 | 26,74 |
| 9/7 | 137 | 24,23 | 26,74 | 27,43 | 26,14 |
| 10/7 | 138 | 25,58 | 28,37 | 28,74 | 27,56 |
| 11/7 | 139 | 26,41 | 28,87 | 29,56 | 27,92 |
| 12/7 | 140 | 24,50 | 27,23 | 27,70 | 26,91 |
| 13/7 | 141 | 25,33 | 28,96 | 29,18 | 27,69 |
| 14/7 | 142 | 25,41 | 28,11 | 28,97 | 27,71 |



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074915