

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος**

**Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος**



«Επίδραση της σκίασης στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και την ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού»

**Πτυχιακή Διατριβή**

**Χαράλαμπος Αποστολίδης**

**Επιβλέπων**

**Νικόλαος Κατσούλας**

**Λέκτορας**

**Νέα Ιωνία, 2010**



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

Αριθ. Εισ.: 9090/1  
Ημερ. Εισ.: 11-11-2010  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2010  
ΑΠΟ

«Επίδραση της σκίασης στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και την ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού»

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Ν.Κατσούλας (Επιβλέπων) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Λέκτορας Γεωργικές Κατασκευές με έμφαση στο περιβάλλον θερμοκηπίου
Κ. Κίττας (Μέλος) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Καθηγητής Γεωργικές Κατασκευές
Χ. Λύκας (Μέλος) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Λέκτορας Ανθοκομία

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θέλω να ευχαριστήσω το Λέκτορα του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών κ. Κατσούλα Νικόλαο για την ανάθεση αυτού του θέματος, για την πολύτιμη βοήθεια που μου έδωσε κατά την διάρκεια του πειράματος μου και της πτυχιακής μου εργασίας.

Ευχαριστίες θέλω να απευθύνω στον Καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών κ Κίττα Κωνσταντίνο για τις διορθώσεις-υποδείξεις του ως μέλος της εξεταστικής επιτροπής της εργασίας αυτής. Επίσης, ευχαριστώ τον Λέκτορα κ. Χ. Λύκα, για τις διορθώσεις-υποδείξεις του ως μέλος της εξεταστικής επιτροπής της εργασίας αυτής του.

Επίσης ευχαριστώ την οικογένεια μου για την στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια φοιτήσεώς μου στο Πανεπιστήμιο, καθώς και τους συντρόφους μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι παραγωγοί είτε σε υπαίθριες καλλιέργειες, είτε σε καλλιέργειες υπό κάλυψη, είναι η αύξηση της αλατότητας του νερού άρδευσης και του εδάφους ως συνέπεια κυρίως του τρόπου άρδευσης. Οι επιπτώσεις της αλάτωσης για τους αγρότες μπορεί να είναι σημαντικές από κοινωνικής και οικονομικής άποψης. Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζει επίσης η καλλιέργεια λαχανικών στα θερμοκήπια, κυρίως στις μεσογειακές χώρες, οφείλεται στα υψηλά επίπεδα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό εφαρμόζεται σκίαση η οποία μπορεί να συμβάλλει στην γενική μείωση της θερμοκρασίας εδάφους και αέρα των θερμοκηπίων καθώς μειώνει την ποσότητα της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας εντός του θερμοκηπίου. Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη της αλληλεπίδρασης της σκίασης και της αλατότητας στην ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού.

Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν δύο επίπεδα αλατότητας (κανονικό –  $EC=2.3 \text{ ds m}^{-1}$  και εναλατωμένο θρεπτικό διάλυμα  $EC=6.3 \text{ ds m}^{-1}$ ) και τρία επίπεδα σκίασης (0%, 35%, 50%) τα οποία επιτεύχθηκαν με την τοποθέτηση διχτύων σκίασης σε δύο από τα θερμοκήπια, ενώ το τρίτο λειτούργησε ως μάρτυρας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Νοέμβριο στο αγρόκτημα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι η σκίαση επηρέασε στατιστικώς σημαντικά το ύψος, τον αριθμό των φύλλων και της φυλλικής επιφάνειας, ενώ είχε επίδραση στο χλωρό και ξηρό βάρος των φύλλων.

Αναφορικά με την επίδραση της αλατότητας παρατηρήθηκε ότι δεν είχε σημαντική επίδραση στο ύψος και τον αριθμό των φύλλων, ενώ η αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας επηρέασε αρνητικά την φυλλική επιφάνεια και το χλωρό βάρος των φύλλων.

Η αλληλεπίδραση σκίασης και αλατότητας επέφερε στατιστικές σημαντικές διαφορές στη φυλλική επιφάνεια και το ξηρό βάρος των φύλλων.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>7</b>
1.1.ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	7
1.2.ΣΚΙΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	8
1.3.ΕΚΤΑΣΕΙΣ-ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ.....	9
1.4.ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	11
1.5.ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ.....	13
1.6.ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	16
<b>2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b>	
<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....</b>	<b>17</b>
2.1.ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	17
2.2.ΥΔΡΟΝΕΦΩΣΗ.....	17
2.3.ΣΚΙΑΣΗ.....	19
2.3.1.Ηλιακή ακτινοβολία.....	19
2.3.2.Χρήση δικτύων σκίασης.....	21
2.3.3.Τεχνολογία δικτύων σκίασης.....	22
2.4.ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΟΙΩΤΗΤΑ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	25
2.5. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΚΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	26
2.6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	27
<b>3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>28</b>
3.1 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ.....	28
3.2.ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.....	28
3.3.ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	29
3.4.ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	29
3.5.ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ.....	29
3.6.ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ.....	30
3.7.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	31
3.8.ΠΑΡΟΧΗ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	32
3.9.ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	33

3.9.1.Μετρήσεις ανάπτυξης.....	33
3.9.2.Μετρήσεις μικροκλίματος.....	35
<b>4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>36</b>
4.1. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ.....	36
4.2.ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ.....	40
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>61</b>
<b>6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>62</b>

## **1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ**

Η γεωργική παραγωγή του ανοιχτού αγρού εξαρτάται από ασταθείς και αβέβαιες εξέλιξης μετεωρολογικούς παράγοντες. Για αυτό από πολλούς η γεωργία του ανοιχτού αγρού, θεωρείται μια οικονομική δραστηριότητα με σχετικά αβέβαιο οικονομικό αποτέλεσμα.

Γενικά η γεωργική παραγωγή εξαρτάται από παράγοντες που έχουν να σχέση με τα κληρονομικό δυναμικό του φυτού και από παράγοντες, όπως η ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία, το διοξείδιο του άνθρακα κ.α. που αποτελούν το περιβάλλον της κόμης ή της ρίζας του φυτού. Για να επιτευχθεί αξιόπιστος χρονικός προγραμματισμός της παραγωγής, μεγιστοποίηση της, και βελτιστοποίηση της ποιότητας των προϊόντων μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας απαιτείται η ρύθμιση των προαναφερθέντων παραγόντων προς τη σωστή κατεύθυνση.

Η τεχνολογία των θερμοκηπίων αναπτύχθηκε προκειμένου να δημιουργείται το κατάλληλο περιβάλλον για την εκάστοτε επιθυμητή καλλιέργεια. Το θερμοκήπιο παρέχει τη δυνατότητα καλλιέργειας των φυτών κατά τη διάρκεια όλου του έτους και είναι μια κατασκευή, η οποία επιτρέπει στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία να εισέρχεται και παγιδεύει τη μεγάλου μήκους κύματος θερμική ακτινοβολία προκειμένου να δημιουργηθεί το επιθυμητό μικροκλίμα για υψηλότερη παραγωγή.

Με το θερμοκήπιο περιορίζουμε το μέγεθος του ελεύθερου φυσικού χώρου, για να καταστεί δυνατό να ρυθμίσουμε, με οικονομικά αποδεκτό τρόπο, τους παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών. Η παραγωγή επομένως εξαρτάται από ρυθμιζόμενης εξέλιξης παράγοντες και γι' αυτό η γεωργική παραγωγή που γίνεται στο σύγχρονο θερμοκήπιο έχει σχεδόν όλα τα γνωστά χαρακτηριστικά της βιομηχανικής παραγωγής. Επιπλέον, η ανάπτυξη των φυτών δεν εξαρτάται πλέον από τυχαίους παράγοντες, αλλά από τους χειρισμούς του ανθρώπινου παράγοντα.

Τα προϊόντα που παράγονται στο θερμοκήπιο ανήκουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες

- Τρόφιμα (λαχανικά και φρούτα)
- Καλλωπιστικά φυτά (γλαστρικά φυτά και δρεπτά άνθη)



## 1.2 ΣΚΙΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Σκίαση είναι η δυνατότητα ψύξης ενός θερμοκηπίου με μείωση του ποσοστού ενέργειας ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο.

Έχουμε δύο κύριους τύπους σκιάσεως

1.Τη διαρκή σκίαση. Γίνεται με λεύκανση των τοιχωμάτων ή με σκίαστρο με σταθερή θέση. Η λεύκανση είναι μια πρακτική που χρησιμοποιείται αρκετά συχνά, κυρίως σε περιπτώσεις θερμοκηπίων για άνθη ή καλλωπιστικά φυτά και έχει πολύ χαμηλό κόστος. Τα τοιχώματα είναι περασμένα με ένα αρκετά παχύ στρώμα προϊόντος που έχει βάση τον ασβέστη και την κιμωλία.

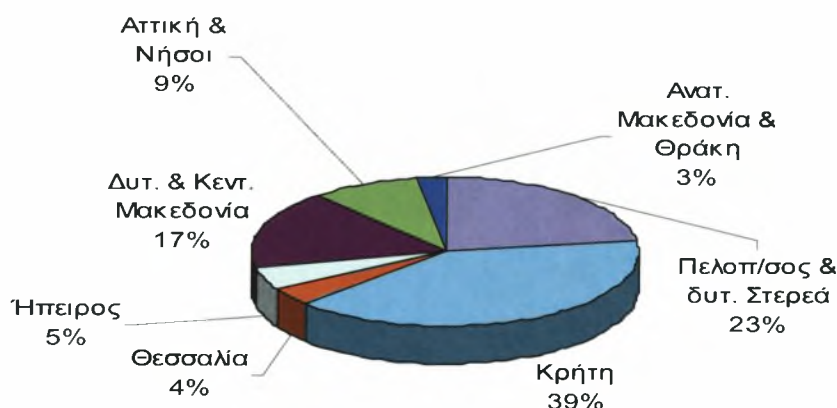
2.Την προσωρινή σκίαση. Γίνεται με ένα ύφασμα-κουρτίνα το οποίο ξεδιπλώνεται είτε με το χέρι είτε αυτόματα, όταν η ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλές. Στο εμπόριο υπάρχει μεγάλος αριθμός υφασμάτων (από ακρυλικό, πολυπροπυλένιο, πολυεστέρα, πολυαμίδιο...) που χρησιμοποιούνται ως σκίαστρα. Σήμερα υπάρχουν σκίαστρα με λεπτό στρώμα αλουμινίου, που ανακλούν μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας στο εξωτερικό περιβάλλον και τα οποία μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν ως θερμομονωτικές κουρτίνες για την μείωση της κατανάλωσης καυσίμων για θέρμανση τον χειμώνα. Πιο δαπανηρά, έχουν σημαντικές επιδόσεις τόσο στο επίπεδο της σκίασης όσο και στο επίπεδο της θερμικής μόνωσης.

### 1.3 ΕΚΤΑΣΕΙΣ – ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η ανάπτυξη των θερμοκηπίων στις μεσογειακές χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Νότια Γαλλία) εξαπλώθηκε την τελευταία εικοσαετία. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με πρόσφατα αποτελέσματα της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας του έτους 2004, η έκταση των θερμοκηπίων ανέρχεται στα 45.000 στρέμματα για την καλλιέργεια λαχανικών, ενώ για την καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών ανέρχεται στα 4.000 στρέμματα (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος).

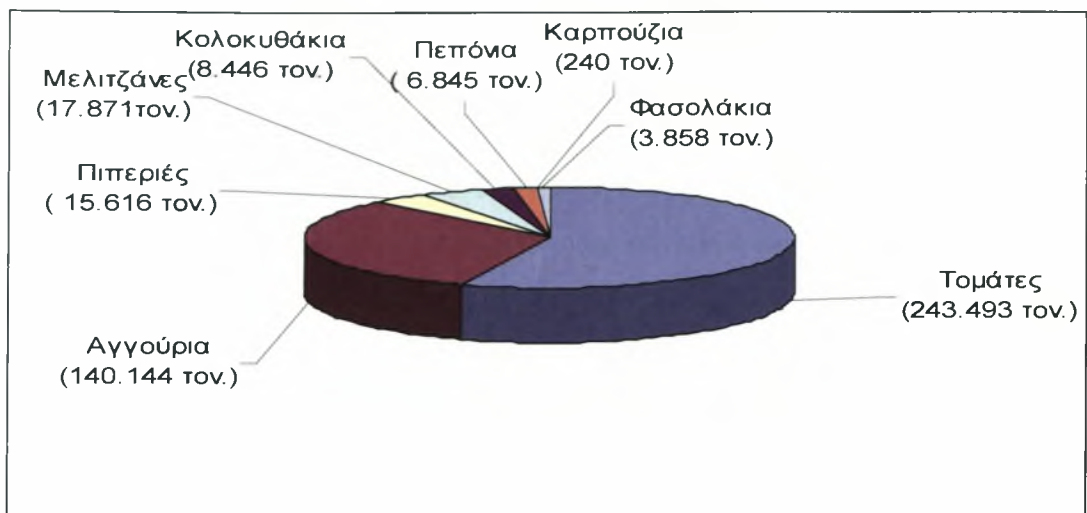
Οι περισσότερες εκτάσεις θερμοκηπίων συναντώνται στις πλέον ευνοϊκές από πλευράς κλίματος (ήπιοι χειμώνες, απουσία παγετών κλπ) περιοχές. Ύψιστης σημασίας είναι η παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων χωρίς ή με ελάχιστη ανάγκη πρόσθετης θέρμανσης.

Στην Κρήτη (Ιεράπετρα, Τυμπάκι, Παλαιόχωρα) συναντάται σχεδόν το μισό των θερμοκηπιακών εκτάσεων σε ποσοστό 39% λόγω ευνοϊκού κλίματος, έπεται η Πελοπόννησος με 23% ενώ περιοχές με σημαντική έκταση θερμοκηπίων θεωρούνται η Δυτική και κεντρική Μακεδονία με 17%

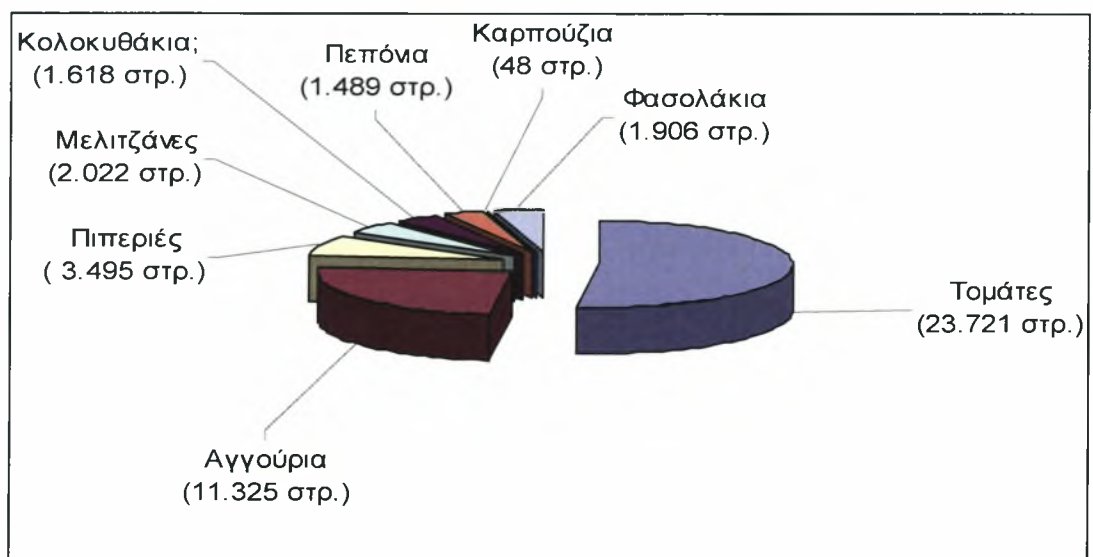


#### Καλλιεργούμενα Λαχανικά στα Θερμοκήπια

Σημαντικός αριθμός λαχανικών με απαιτήσεις σε θερμότητα καλλιεργείται στα θερμοκήπια για παραγωγή προϊόντων εκτός εποχής τους χειμερινούς μήνες. Τα πλέον καλλιεργούμενα λαχανικά είναι η τομάτα και το αγγούρι, τα οποία καταλαμβάνουν το 75% της συνολικής έκτασης θερμοκηπίων (τομάτες 50% και αγγούρι το 25%)



**Εικόνα 1.1** Παραγωγή λαχανικών στα θερμοκήπια σε τόνους στην Ελλάδα την καλλιεργητική περίοδο 1997-98



**Εικόνα 1.2.** Συνολική έκταση κηπευτικών σε στρέμματα που καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπια κατά την καλλιεργητική περίοδο 1997-98 στην Ελλάδα

Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση θερμοκηπίων εμφανίζεται μεγαλύτερη από την έκταση που καταλαμβάνουν τα θερμοκήπια. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι μερικά θερμοκήπια καλλιεργούνται με δύο συνεχόμενες καλλιέργειες την ίδια καλλιεργητική περίοδο.

Οι εκτάσεις με στρέμματα που καταλαμβάνουν τα διάφορα είδη λαχανικών που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια ως κύρια και δευτερεύουσα καλλιέργεια (μερικά

θερμοκήπια χρησιμοποιούνται για 2 καλλιέργειες την ίδια καλλιεργητική περίοδο) και η παραγωγή σε τόνους κατά το 1997-98.

#### **1.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Η επέκταση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στην Ελλάδα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ανταγωνισμό με τις υπαίθριες, πρώιμες και όψιμες καλλιέργειες λαχανοκομικών και ανθοκομικών ειδών και τις εισαγωγές αντίστοιχων προϊόντων.

Είναι γεγονός ότι οι ήπιες κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στη χώρας μας από τον Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο, επιτρέπουν την παραγωγή κηπευτικών προϊόντων στην ύπαιθρο, τα οποία ανταγωνίζονται τα αντίστοιχα θερμοκηπιακά προϊόντα κατά την ίδια περίοδο.

Σε ό,τι αφορά τις εισαγωγές, τα Ελληνικά θερμοκηπιακά προϊόντα υστερούν, κυρίως διότι παράγονται εποχιακά και δεν είναι τόσο καλής ποιότητας όσο τα εισαγόμενα, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εξασφαλίσουν εύκολη και ικανοποιητική διάθεση. Η εποχιακή παραγωγή και η κακή ποιότητα των Ελληνικών θερμοκηπιακών προϊόντων οφείλεται κυρίως:

- στην αδυναμία ικανοποιητικής ρύθμισης του μικροκλίματος στο θερμοκήπιο από το Μάιο έως το Σεπτέμβριο και
- στο υψηλό κόστος θέρμανσης και κατασκευής των θερμαινόμενων θερμοκηπίων.

Η μη ικανοποιητική ρύθμιση του μικροκλίματος κατά τη θερμή περίοδο, είναι πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα θερμοκήπια σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, ενώ το υψηλό κόστος για τη θέρμανση και κατασκευή των θερμοκηπίων είναι πρόβλημα που αντιμετωπίζουν, κυρίως, όλες οι άλλες περιοχές εκτός από την Κρήτη (Kittas, 1995).

Η ποιότητα των θερμοκηπιακών κατασκευών και ο εξοπλισμός τους παίζουν σημαντικό ρόλο για την εξασφάλιση της δυνατότητας για ικανοποιητική ρύθμιση του κλίματος. Τα περισσότερα από τα Ελληνικά θερμοκήπια είναι ξύλινες κατασκευές χωρικού τύπου με κάλυψη από πλαστικό, χωρίς τα απαραίτητα συστήματα θέρμανσης, αερισμού και δροσισμού. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα μισά περίπου από τα θερμοκήπια της χώρας μας είναι ξύλινα με κάλυψη από πλαστικό, 45% περίπου είναι μεταλλικά με κάλυψη από πλαστικό και μόνο 5% είναι γυάλινα (Κίττας, 2000). Έτσι, ο ανεπαρκής κλιματισμός των θερμοκηπίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και η

έλλειψη θέρμανσης κατά τη διάρκεια του χειμώνα περιορίζουν τις δυνατότητες συνεχούς παραγωγής θερμοκηπιακών προϊόντων ποιότητας.

Κατά συνέπεια, παρά τις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες της χώρας μας, το κλίμα που δημιουργείται, τελικά, μέσα στα θερμοκήπια απέχει κατά πολύ από το επιθυμητό και δεν είναι ικανοποιητικό για την ανάπτυξη των καλλιεργειών για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα του έτους.

Το πρόβλημα των χαμηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι οικονομικό και μπορεί να λυθεί με τη θέρμανση του θερμοκηπίου (Baille, 2001). Αντίθετα, η υψηλή θερμοκρασία και τα μεγάλα φορτία ακτινοβολίας που εμφανίζονται αργά την άνοιξη μέχρι νωρίς το φθινόπωρο οδηγούν σε υπερθερμάνσεις στο εσωτερικό των θερμοκηπίων και προκαλούν υδατική και θερμική καταπόνηση στις καλλιέργειες υπό κάλυψη (Κατσούλας, 2002).

Έτσι, το σημαντικότερο πρόβλημα των θερμοκηπίων στην Ελλάδα είναι ο έλεγχος των υψηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού που οφείλεται κυρίως στα υψηλά επίπεδα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Ένα μεγάλο τμήμα της ενέργειας από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται για τη διαπνοή των φυτών, ενώ το υπόλοιπο για την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα του θερμοκηπίου. Όταν τα επίπεδα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ υψηλά, η θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου αυξάνεται σε υψηλά επίπεδα. Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες αποφεύγονται με τον εξαερισμό και την σκίαση.

Ο απλούστερος και πιο φτηνός τρόπος να αντιμετωπισθούν κατά την θερινή περίοδο, οι υψηλές τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και οι αυξημένες θερμοκρασίες του αέρα είναι η σκίαση, που περιορίζει τη διαπερατότητα του διαφανούς καλύμματος, και όταν συνδυάζεται με φυσικό αερισμό του θερμοκηπίου μπορεί να οδηγήσει σε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Γενικά, η σκίαση μπορεί να συμβάλει στη γενική μείωση της θερμοκρασίας εδάφους και αέρα των θερμοκηπίων επειδή μειώνει την ποσότητα της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας εντός του χώρου του (Σουλιώτης και συνεργάτες 2001). Η μελέτη, όμως, της επίδρασης της σκίασης στις παραμέτρους που σχετίζονται με το θερμοκηπιακό μικροκλίμα (θερμοκρασία, υγρασία, ενεργειακό ισοζύγιο, διαπνοή, φωτοσύνθεση) παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον γιατί μπορεί να συμβάλει στην σωστή επιλογή του συστήματος σκίασης και στην ορθολογική του χρήση. Έχουν εφαρμοστεί διάφοροι μέθοδοι σκίασης για τη μείωση της προσπίπτουσας εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, μερικοί είναι απλοί (άσπρισμα,

εξωτερικά δίχτυα στο κάλυμμα) ενώ άλλοι που χρειάζονται ιδιαίτερους μηχανισμούς (εσωτερικές κουρτίνες, εξωτερική τοποθέτηση δικτύων για αντιχαλαζική προστασία)

Ένα άλλο πολύ μεγάλο πρόβλημα των θερμοκηπίων είναι πως σε πολλές περιοχές ιδιαίτερα της Μεσογειακής λεκάνης με θερμοκηπιακές καλλιέργειες, δεν υπάρχει διαθέσιμο νερό καλής ποιότητας και ως εκ τούτου η αυξημένη ζήτηση σε νερό για άρδευση οδηγεί τους παραγωγούς να χρησιμοποιούν υπόγεια νερά υψηλής αλατότητας που προκαλούν προοδευτική αύξηση της συγκέντρωσης Na και Cl στην περιοχή του ριζοστρώματος προκαλώντας ζημιά στην ανάπτυξη και παραγωγή της καλλιέργειας (Flowers, 1999; Sonneveld, 2000). Ιδιαίτερη, μάλιστα, ευαισθησία στην υψηλή αλατότητα στην περιοχή του ριζοστρώματος παρουσιάζει η αγγουριά (Ολύμπιος, 2001). Αν και έχουν γίνει αρκετές εργασίες σχετικά με την επίδραση της αυξημένης αλατότητας στην ανάπτυξη και την παραγωγή της καλλιέργειας σε θερμοκήπιο δεν υπάρχουν πληροφορίες για την επίδραση της στη φωτοσύνθεση και τη στοματική αγωγιμότητα, δηλαδή τη διαπνοή, ιδιαίτερα μάλιστα όταν το θερμοκήπιο είναι εξοπλισμένο με σύστημα σκίασης.

## 1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ

Στο εσωτερικό των θερμοκηπίων το καλοκαίρι η θερμοκρασία βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και του φαινομένου του κλειστού χώρου. Ένας από τους αποτελεσματικότερους τρόπους ψύξης του θερμοκηπίου είναι ο δροσισμός με εξάτμιση. Τα συστήματα δροσισμού με εξάτμιση βασίζονται στη μετατροπή της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα είτε μέσω της απευθείας παροχής νερού στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου (σύστημα τεχνητής ομίχλης, σύστημα μικροψεκαστήρων) είτε μέσω της ψύξης του αέρα με διέλευση μέσα από υγρή παρειά (συστήματα δυναμικού αερισμού και υγρής παρειάς). Η μείωση της θερμοκρασίας που προκαλούν τα συστήματα δροσισμού συνοδεύεται με αύξηση της υγρασίας ενώ μεταβολή των δύο αυτών παραγόντων του μικροκλίματος του θερμοκηπίου έχει επίδραση και στις υδατικές ανάγκες των φυτών.

Είναι γνωστό ότι η συγκέντρωση του νερού στα φυτά θα πρέπει να διατηρείται μέσα σε ένα στενό εύρος έτσι ώστε να παρέχει τις προϋποθέσεις για βέλτιστη ανάπτυξη.

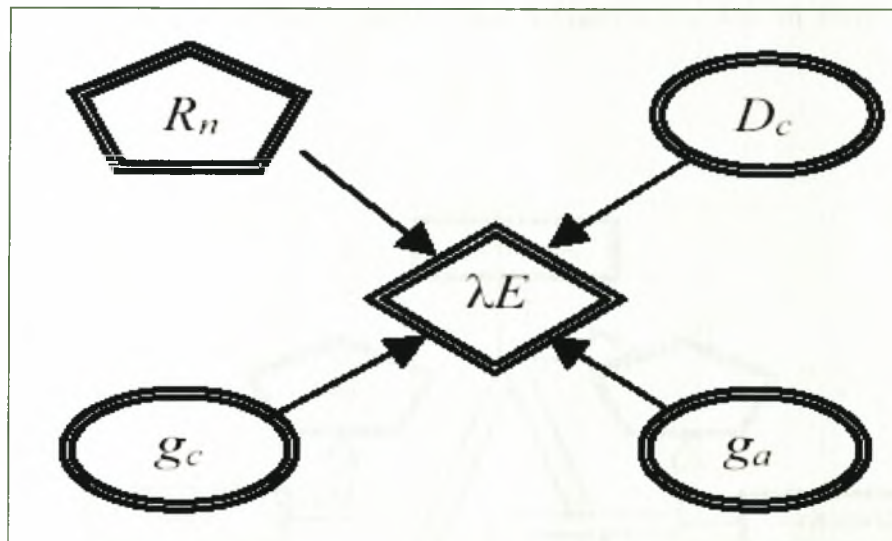
Η συγκέντρωση του νερού στα φυτά εξαρτάται από δύο κυρίους παράγοντες:

- τη διαθεσιμότητα του νερού στο υπόστρωμα,

- την απορρόφησή του από τις ρίζες και
- την εξάτμιση του νερού από τα φύλλα, δηλαδή τη διαπνοή.

Η διαπνοή επηρεάζεται από:

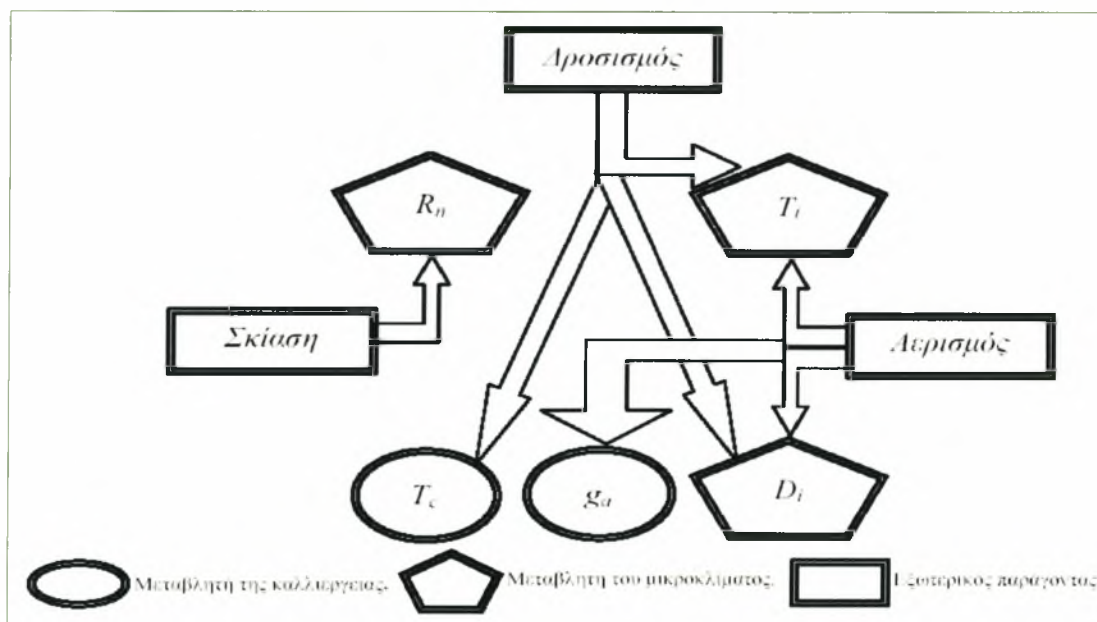
- Την ακτινοβολία,
- Τη διαφορά μεταξύ της πίεσης υδρατμών του αέρα και της πίεσης υδρατμών στον κορεσμό στη θερμοκρασία του φύλλου (έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα)
- Την αγωγιμότητα στη μεταφορά των υδρατμών από το εσωτερικό του φύλλου στην επιφάνειά του (στοματική αγωγιμότητα) και
- Την αγωγιμότητα στη μεταφορά των υδρατμών από την επιφάνεια του φύλλου στον αέρα (αεροδυναμική αγωγιμότητα).



**Εικόνα 1.3.** Διαπνοή  $\lambda E$  και μεταβλητές που την επηρεάζουν.  $R_n$  = καθαρή ακτινοβολία,  $D_c$  = έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα,  $g_c$  = στοματική αγωγιμότητα της καλλιέργειας,  $g_a$  = αεροδυναμική αγωγιμότητα της καλλιέργειας (Κατσούλας 2002).

Για μικρά χρονικά διαστήματα, όταν το έλλειμμα κορεσμού του αέρα αυξάνεται (ανταποκρινόμενο στη μείωση της σχετικής υγρασίας), τα στόματα αρχίζουν σταδιακά να κλείνουν προκειμένου να μειωθεί η υδατική καταπόνηση. Η αρνητική επίδραση είναι σημαντικά μεγαλύτερη για τιμές του ελλείμματος κορεσμού του αέρα μεγαλύτερες από 1 kPa. Αν τα φυτά φθάσουν σε μεγαλύτερα επίπεδα υδατικής καταπόνησης, οι ρίζες δεν μπορούν να τροφοδοτήσουν το υπέργειο μέρος των φυτών με αρκετό νερό, τα φυτά

χάνουν την ακαμψία και τη σπαργή τους και μη αναστρέψιμες βλάβες μπορεί να προκληθούν στα φύλλα. Υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, το περισσότερο νερό κατευθύνεται προς τα φύλλα και η ανάπτυξη των καρπών μειώνεται. Επιπρόσθετα, βλάβες μπορεί να προκληθούν με απευθείας 'κάψιμο' των φύλλων. Στην περίπτωση αυτή, η διαπνοή, μέσα από τη διαδικασία της ψύξης με εξάτμιση, είναι αυτή που παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση της υψηλής θερμοκρασίας της καλλιέργειας και θα πρέπει να γίνονται οι κατάλληλες ενέργειες προκειμένου να διατηρείται στο μέγιστο ρυθμό. Στο θερμοκήπιο υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της διαπνοής των καλλιεργειών και της ρύθμισής της στα επιθυμητά επίπεδα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως η σκίαση, ο αερισμός και ο δροσισμός, συστήματα με τα οποία ρυθμίζεται άμεσα η ακτινοβολία  $R_n$ , η θερμοκρασία  $T_i$  και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα  $D_i$  (διαφορά της πραγματικής πίεσης ατμών του αέρα με την πίεση ατμών του αέρα στον κορεσμό), παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν άμεσα ( $R_n$ ) ή έμμεσα ( $T_i$ ,  $D_i$ ) τη διαπνοή των καλλιεργειών.



**Εικόνα 1.4.** Επίδραση των συστημάτων ελέγχου στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και την καλλιέργεια.  $D_i$  = έλλειμμα κορεσμού του αέρα,  $T_i$  = θερμοκρασία αέρα,  $R_n$  = καθαρή ακτινοβολία,  $g_a$  = αεροδυναμική αγωγιμότητα της καλλιέργειας  $T_c$  = θερμοκρασία της καλλιέργειας (Κατσούλας 2002).



## 1.6.ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η διερεύνηση σε μία θερμοκηπιακή καλλιέργεια της επίδρασης της σκίασης, αυξημένης αλατότητας και ο συνδυασμός αυτών των δύο στα χαρακτηριστικά όπως το ύψος του φυτού, μήκος πλάτος φύλων.

Ως καλλιέργεια επιλέχθηκε η αγγουριά λόγω της μεγάλης σημασίας για τη χώρα μας και της ιδιαίτερης ευαισθησίας που παρουσιάζει η συγκεκριμένη καλλιέργεια στην υψηλή αλατότητα. Ως σύστημα καλλιέργειας επιλέχθηκε η υδροπονική καλλιέργεια αγγουριάς για να απομονωθεί, κυρίως, ο παράγοντας έδαφος που αποτελεί παράγοντα σημαντική παραλλακτικότητα σε πειράματα αγρού, πέραν του γεγονότος πως οι υδροπονικές καλλιέργειες αποτελούν, σήμερα, τον κανόνα για τις καλλιέργειες σε θερμοκήπια για τη Βόρεια Ευρώπη και επεκτείνονται συνεχώς στις περιοχές της Μεσογειακής λεκάνης, της Κεντρικής Αμερικής, της Αυστραλίας και της Ασίας.

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί αν οι αλληλεπιδράσεις δυο διαφορετικών επιπέδων αλατότητας (κανονική και υψηλή) και τριών επιπέδων σκίασης επηρεάζουν την αύξηση και παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού.

## **2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

### **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ**

#### **2.1 ΑΕΡΙΣΜΟΣ**

Σε χώρες με θερμό καλοκαίρι ο αποτελεσματικός αερισμός των θερμοκηπίων είναι προϋπόθεση για τον έλεγχο του μικροκλίματος εντός του θερμοκηπίου. Ο ανεπαρκής αερισμός ή / και ο ανεπαρκής χειρισμός του οδηγούν σε ακατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Συνέπεια αυτών των συνθηκών είναι ότι το κλίμα που επικρατεί τελικά στο θερμοκήπιο απέχει κατά πολύ από το επιθυμητό για την ανάπτυξη των φυτών κατά το μεγαλύτερο μέρος της θερμής περιόδου του έτους.

Η κυριότερη και πιο φθηνή μέθοδος αερισμού που χρησιμοποιείται στα θερμοκήπια, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερθέρμανση τους, είναι ο φυσικός αερισμός ο οποίος προκαλείται από τη διαφορά πίεσης στα ανοίγματα αερισμού. Οι διαφορές αυτές μπορεί να οφείλονται στην αλληλεπίδραση του ανέμου με το θερμοκήπιο (wind effect) ή στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα του θερμοκηπίου η οποία προκαλείται από τη διαφορά θερμοκρασίας (temperature effect).

Εκτός από το φυσικό, ενίοτε χρησιμοποιείται και ο δυναμικός αερισμός ο οποίος γίνεται είτε με ανεμιστήρες που οδηγούν τον αέρα προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου και τον αναγκάζουν να βγει από το αντίθετο άκρο (υπερπίεση) είτε με ανεμιστήρες που απορροφούν τον αέρα από το εσωτερικό του θερμοκηπίου (υποπίεση). Το κυριότερο μειονέκτημα του δυναμικού αερισμού, όταν συγκρίνεται με το φυσικό αερισμό, είναι το υψηλό κόστος λειτουργίας και οι διαβαθμίσεις της θερμοκρασίας και υγρασίας κατά μήκος της πορείας του αέρα από την είσοδο προς την έξοδό του από το θερμοκήπιο. Το πλεονέκτημα του δυναμικού αερισμού είναι ότι μπορεί να συνδυαστεί με συστήματα υγρής παρειάς (wet wall ή wet pad).

#### **2.2 ΥΔΡΟΝΕΦΩΣΗ**

Είναι το συνηθέστερα απαντώμενο σύστημα ψύξης του θερμοκηπίου. Στο σύστημα αυτό γίνεται ψύξη και αύξηση της υγρασίας του αέρα με εκτόξευση νερού υπό μορφή λεπτών σταγόνων, στο χώρο του θερμοκηπίου. Χρησιμοποιείται σε μικρές και μεγάλες θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις και θεωρείται το οικονομικότερο από τα συστήματα ψύξης που μπορούν να αυτοματοποιηθούν. Εφαρμόζεται συνήθως σε θερμοκήπια εξοπλισμένα με φυσικό εξαερισμό.

Στο σύστημα αυτό το νερό ψεκάζεται στον αέρα επάνω στα φυτά, με υψηλές πιέσεις και με εκτοξευτήρες συνήθως μικρής παροχής, 2-3 lit h<sup>-1</sup>, ένας για κάθε 25m<sup>2</sup> θερμοκηπίου. Δημιουργούν σταγόνες διαμέτρου της τάξεως 5 μικρών, που εξατμίζονται εύκολα, πριν φθάσουν στην επιφάνεια των φυτών. Για την πίεση χρησιμοποιούνται αντλίες ή τουρμπίνες σταθερής πίεσης.

Σε μερικά συστήματα υδρονέφωσης το σύστημα τροφοδοτείται με νερό και αέρα, ώστε να επιτυγχάνεται ταχεία εξάτμιση με τον ψεκασμό.

Το σύστημα αυτό λειτουργεί και αποδίδει, όσο υπάρχει χαμηλή σχετική υγρασία (μεγάλη διαφορά μεταξύ ξηρού και υγρού θερμομέτρου). Για αυτό τα παράθυρα του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι ανοιχτά. Το σύστημα αυτοματισμού ενεργοποιεί τον ψεκασμό, όταν η θεοκρασία του χώρου υπερβεί το επιθυμητό επίπεδο και τον διακόπτει, όταν η σχετική υγρασία υπερβεί το προσδιορισμένο όριο. Μπορεί να εξασφαλιστούν διαφορές θερμοκρασίας 5-14 0c σε σύγκριση με θερμοκήπιο που εξαερίζεται μόνο.

Η ταυτόχρονη λειτουργία του συστήματος εξαερισμού (φυσικού ή δυναμικού) είναι απαραίτητη κατά την διάρκεια του ψεκασμού.

Σε πολύ μεγάλου μεγέθους θερμοκήπια το σύστημα αυτό, όταν έχει σχεδιαστεί σωστά, παρέχει καλύτερη ομοιομορφία συνθηκών στον χώρο, από αυτή που επιτυγχάνεται με το σύστημα (δυναμικός αερισμός και υγρό τοίχωμα) κατά τις θερμότερες ώρες της ημέρας.

#### *Δυναμικός εξαερισμός και υγρό τοίχωμα*

Στο σύστημα με δυναμικό εξαερισμό και υγρό τοίχωμα χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες μικρής ταχύτητας και μεγάλου όγκου, που ρουφούν τον αέρα του θερμοκηπίου και τον βγάζουν από έξω. Η υποπίεση που δημιουργείται στο χώρο του θερμοκηπίου αναγκάζει τον εξωτερικό αέρα να περάσει μέσα από ένα πορώδες και υγρό τοίχωμα, που βρίσκεται συνήθως στην απέναντι πλευρά του θερμοκηπίου. Το τοίχωμα αυτό διακρίνεται για την μεγάλη ειδική επιφάνεια που παρουσιάζει. Ο εξωτερικός αέρας, περνώντας μέσα από το υγρό τοίχωμα, εμπλουτίζεται με υγρασία και ταυτόχρονα ψύχεται από την εξάτμιση του νερού που βρίσκεται στην πορώδη επιφάνεια.

Η περιεκτικότητα του αέρα σε ενέργεια δεν αλλάζει, αλλάζει όμως η θερμοκρασία του, που γίνεται μικρότερη και η υγρασία του που γίνεται μεγαλύτερη.

Ο ψυχρός αέρας όπως διέρχεται κατά μήκος του θερμοκηπίου, αφαιρεί τη θερμότητα από την περιοχή των φυτών, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία του χώρου κατά 3-12οc (αντιστρόφως ανάλογα με τη σχετική υγρασία του εξωτερικού αέρα) συγκριτικά με το θερμοκήπιο που έχει μόνο εξαερισμό. Η θερμοκρασία του χώρου είναι βέβαια χαμηλότερη στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στη βρεχόμενη επιφάνεια και αυξάνει βαθμιαία όσο πλησιάζουμε κοντά στους εξαεριστήρες. Αυτή η διαφορά σε ένα αποτελεσματικό σύστημα κυμαίνεται μεταξύ 3-50c και ποικίλλει ανάλογα με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας έξω, τη σχετική υγρασία, την ταχύτητα του αέρα και το ποσοστό σκίασης του θερμοκηπίου. Το καλοκαίρι, για μια αποτελεσματική ψύξη σε πολύ θερμές περιοχές, απαιτείται και κάποια μικρή σκίαση του θερμοκηπίου.

Κατά την λειτουργία του συστήματος είναι αυτονόητο ότι δεν πρέπει να υπάρχει κανένα ανοικτό παράθυρο ή άνοιγμα στα τοιχώματα του θερμοκηπίου, εκτός από αυτό του υγρού τοιχώματος.

## **2.3 ΣΚΙΑΣΗ**

Η σκίαση αναφέρεται συνήθως ως η έσχατη λύση για τον έλεγχο του κλίματος του θερμοκηπίου, λόγω της επίδρασής της στην παραγωγή εξαιτίας της μείωσης της διαπερατότητας του θερμοκηπίου στην ηλιακή ακτινοβολία. Η σκίαση των θερμοκηπίων μπορεί να γίνει είτε με άσπρισμα του καλύμματός τους, είτε με κουρτίνες σκίασης τοποθετημένες στο εσωτερικό ή εξωτερικά του θερμοκηπίου. Το μειονέκτημα των κουρτινών σκίασης είναι ότι όταν τοποθετούνται εσωτερικά μειώνουν τον αερισμό και για αυτό συνιστάται οι κουρτίνες σκίασης να τοποθετούνται εξωτερικά ή η σκίαση να γίνεται με άσπρισμα της οροφής του θερμοκηπίου.

### **2.3.1. Ηλιακή ακτινοβολία**

Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει στα φυτά την απαραίτητη ενέργεια για την διαδικασία της φωτοσύνθεσης και είναι αυτή η οποία θερμαίνει τα φυτά, εξατμίζει το νερό μεταξύ της βλάστησης και επιπλέον θερμαίνει τον αέρα του περιβάλλοντος στ' οποίο αναπτύσσονται. Αυτή η διαδικασία καθορίζει το μικροκλίμα στο χώρο μεταξύ των φυτών της καλλιέργειας.

Ανάλογα με το εύρος φάσματος η ακτινοβολία χωρίζεται σε:

- *Ολική Ακτινοβολία (200 - 10<sup>5</sup> nm)*

- *Μικρού Μήκους Κύματος Ακτινοβολία (200 - 3000 nm)*

Το 98% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρού μήκους κύματος. Η προσπίπτουσα στη επιφάνεια της γης ηλιακή ακτινοβολία μεταβάλλεται ανάλογα με την περιοχή, εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας και το ανάγλυφο της περιοχής. Η ακτινοβολία αυτή χωρίζεται σε:

✓ Άμεση: Μεταδίδεται σε ευθεία γραμμή με κατεύθυνση από τον ήλιο προς την γη και σε ακτίνες παράλληλες. Αποτελεί το 62% περίπου της συνολικής ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας.

✓ Διαχεόμενη (διάχυτη ή έμμεση): Περιλαμβάνει την ανακλώμενη ακτινοβολία από τα σύννεφα, τα αιωρούμενα σωματίδια του αέρα, τα μόρια της ατμόσφαιρας και άλλες επιφάνειες. Φτάνει στην επιφάνεια της γης από διάφορες κατευθύνσεις. Αποτελεί το 38% περίπου της συνολικής ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας.

Μετρήσεις μικρού μήκους ακτινοβολίας γίνονται με πυρανόμετρα-ηλιόμετρα. Η μονάδα μέτρησης είναι  $W m^{-2}$ . Μετρώντας την ενέργεια ανά δευτερόλεπτο και αθροίζοντάς την βρίσκουμε την ακτινοβολούμενη ενέργεια για μια περίοδο χρόνου π.χ. μια ημέρα, σε  $Joule m^{-2}$ . Ανάλογα με το μήκος κύματος η μικρού μήκους ακτινοβολία διακρίνεται στα εξής μέρη

i. Υπεριώδης ακτινοβολία (190 – 380 nm) (9% της ολικής)

ii. iΟρατό φως (400 – 700 nm) (41% της ολικής)

Είναι η περιοχή της ακτινοβολίας που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι. Διάφορα μήκη κύματος αυτής της ακτινοβολίας αντιστοιχούν στο μπλε, στο πράσινο, στο κίτρινο και στο κόκκινο.

Χρώμα Φωτός	Μήκος κύματος (nm)
Ίωδες	400 - 450
Μπλε	450 - 500
Πράσινο	500 - 550
Κίτρινο	550 - 600
Πορτοκαλί	600 - 650
Κόκκινο	650 - 650

*iii. Κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία (700 – 3000 nm) (50% της ολικής)*

Αυτό το τμήμα του ηλιακού φάσματος συμμετέχει σημαντικά στη θέρμανση των φυτών. Επίσης είναι πολύ σημαντικό για την επιμήκυνση των βλαστών και για τη μορφογένεση. Η απορροφούμενη χρωστική στην περιοχή του κόκκινου είναι το φυτόχρωμα και το κρυπτόχρωμα. Το τελευταίο επηρεάζεται και από την ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε. Από εδώ και στο εξής σε οποιαδήποτε αναφορά στη Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία θα χρησιμοποιείται, χάριν συντομίας, η διεθνής συντομογραφία *NIR* (Near Infrared Radiation).

*iv. Μεγάλου Μήκους Κύματος Ακτινοβολία – Μακρινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία (3000 - 10<sup>5</sup> nm)*

Μόνο 2% της ηλιακής ακτινοβολίας είναι στο μήκος κύματος της περιοχής αυτής. Όμως, κάθε επιφάνεια πάνω στη γη που έχει τη συνήθη θερμοκρασία εκπέμπει μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Για το λόγο αυτό είναι η επικρατούσα ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της νύκτας.

### **2.3.2. Χρήση Διχτύων Σκίασης**

Τα πολύ υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να είναι περιοριστικά της φωτοσύνθεσης άρα και της αύξησης και ανάπτυξης των φυτών και κατ' επέκταση και της παραγωγής αλλά και της ποιότητας αυτής. Έτσι, η κάλυψη της καλλιέργειας είτε υπαίθριας είτε θερμοκηπίου με ειδικά δίχτυα σκίασης χρησιμοποιείται για την ελάττωση του φορτίου της υπερβολικής ακτινοβολίας που προσπίπτει σ' αυτήν. Η μείωση αυτή της διερχόμενης διαμέσου των διχτύων ακτινοβολίας οδηγεί σε αναλογική μείωση της *PAR* ακτινοβολίας. Το γεγονός αυτό *μπορεί*, να έχει αρνητική επίδραση στην φωτοσύνθεση των φυτών εάν είναι πολύ μεγάλη η μείωση της ακτινοβολίας. Υπολογίστηκε ότι σε μία ηλιόλουστη καλοκαιρινή ημέρα, όπου η μέγιστη τιμή της ενέργειας της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας φτάνει τα 900 W m<sup>-2</sup> το μεσημέρι, «κόβοντας» τα 200 W m<sup>-2</sup> επέρχεται μείωση της *PAR* κατά 9% και της υπολογισμένης ημερήσιας φωτοσύνθεσης του φυτού κατά 3,5%. Ωστόσο, άλλοι παράγοντες όπως η προσαρμοστικότητα των φυτών και η αυξημένη υγρασία κάτω από την κάλυψη, μπορούν να επιδράσουν θετικά στη επίδοση του φυτού και να κυριαρχήσουν επί της όποιας αρνητικής επίδρασης στη φωτοσύνθεση (Bakker et al., 1995).

Ο ήλιος είναι η κύρια πηγή θερμικής ενέργειας για τις καλλιέργειες. Όμως, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί ν' ανέλθει σε επιζήμια για τις καλλιέργειες επίπεδα, ιδιαίτερα στο εσωτερικό των θερμοκηπίων. Χρησιμοποιώντας τα δίχτυα σκίασης μπορεί να επιτευχθεί και μείωση της υπερβολικής θερμοκρασίας της καλλιέργειας, η οποία ευνοεί τη φωτοσυνθετική λειτουργία. Η μειωμένη θερμοκρασία φύλλων της καλλιέργειας φέρνει το ρυθμό καθαρής αφομοίωσης (*NAR*) των φύλλων πιο κοντά στο άριστο εύρος θερμοκρασιών και μειώνει το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών *καλλιέργειας-αέρα* οδηγώντας σε αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας των φύλλων τουλάχιστον κατά τις μεσημβρινές ώρες (Raveh et al., 2003).

### 2.3.3. Τεχνολογία Διχτύων Σκίασης

Η τεχνολογία προσφέρει μεγάλη ποικιλία διχτύων σκίασης με διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά και οπτικές ιδιότητες. Εκτός βέβαια από την προστασία των φυτών του θερμοκηπίου ή και των υπαίθριων καλλιεργειών από την υπερβολικά υψηλής έντασης ακτινοβολία, με την χρήση ειδικών διχτύων είναι δυνατόν να ελεγχθούν φυσιολογικές δραστηριότητες, όπως η «κυριαρχία κορυφής», η επιμήκυνση και η φωτομορφογένεση.

Τα δίχτυα σκίασης μπορεί να κατασκευαστούν από μονόκλωνα-μονόινα νήματα πολυαιθυλενίου (PE) ή πολυπροπυλενίου (PP). Τα νήματα είναι διαφόρων χρωμάτων όπως μαύρο, πράσινο, λευκό, κόκκινο, μπλε και κίτρινο. Αυτά πλέκονται μεταξύ τους, αφήνοντας ποικίλο αριθμό οπών ανά m<sup>2</sup>. Τα δίχτυα μπορεί να είναι μονόχρωμα ή δίχρωμα, ανάλογα με τα νήματα που χρησιμοποιούνται. Ο πιο συνήθης συνδυασμός νημάτων είναι πράσινου και μαύρου χρώματος. Το ποσοστό που μπλοκάρουν τον ήλιο και η επίδρασή τους στο φάσμα του φωτός που επιτρέπουν να περάσει μέσω αυτών εξαρτάται από την πυκνότητα των οπών και το χρώμα των νημάτων.

Τα δίχτυα πολυπροπυλενίου (PP) είναι πιο ανθεκτικά σε μηχανικές και χημικές καταπονήσεις και πιο σταθερά όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους (μέγεθος οπών). Είναι όμως πιο δύσκολα στην εγκατάστασή τους εξαιτίας της μικρότερης ευλυγισίας τους. Αντίθετα τα δίχτυα πολυαιθυλενίου (PE) παρουσιάζουν ευκολία στον χειρισμό κατά την ανάρτησή τους και ως εκ τούτου προτιμώνται ως δίχτυα σκίασης θερμοκηπίων. Η επίκτητη αντοχή τους στη UV ακτινοβολία τα κάνει ανθεκτικά κατά την έκθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία. Είναι πιο οικονομικά από τα δίχτυα πολυπροπυλενίου, αλλά λιγότερο ανθεκτικά. Τα δίχτυα είναι ανακυκλώσιμα.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διχτύων είναι:

- ✓ % ποσοστό σκίασης (ονομαστικό %).
- ✓ Υλικό κατασκευής.
- ✓ Χρώμα.
- ✓ Βάρος ( $\text{g m}^{-2}$ ).
- ✓ Διαστάσεις οπών ( $\text{mm} \times \text{mm}$ ).
- ✓ Αντοχή στην UV ακτινοβολία (έτη).
- ✓ Διαστάσεις εμπορικής διάθεσης (Μήκος  $\times$  Πλάτος) ( $\text{m} \times \text{m}$ ).

Οπτικές ιδιότητες των διχτύων:

- ✓ Περαιτότητα (%).
- ✓ Απορροφητικότητα (%).
- ✓ Ανακλαστικότητα (%).

Οι οπτικές τους ιδιότητες μετριοούνται με την χρήση φασματοφωτομέτρου ή φασματοραδιομέτρου (Kittas et al., 1999).

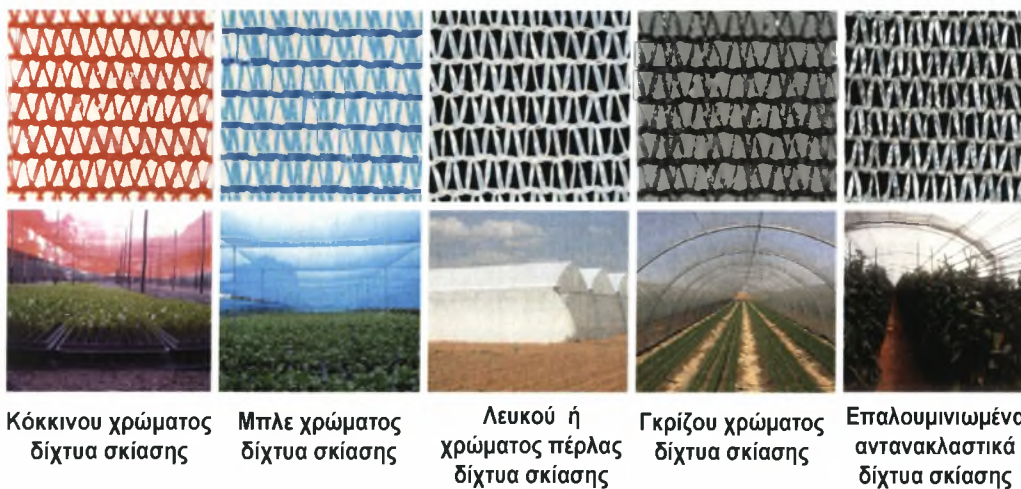
Οι οπτικές αυτές ιδιότητες των φύλλων οδήγησαν στην κατασκευή διχτύων διαφόρων χρωμάτων. Η χλωροφύλλη απορροφάει την ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε, του πορτοκαλί και του κόκκινου. Η ακτινοβολία στην περιοχή του πράσινου και του κίτρινου ακτινοβολείται ή ανακλάται από την επιφάνεια των φύλλων. Χρησιμοποιώντας άσπρα, κόκκινα, μπλε, πράσινα ή μαύρα δίχτυα μπορεί να επηρεαστεί ή όχι το φυτόχρωμα και το κρυπτόχρωμα των φυτών με άμεσες συνέπειες στην ανάπτυξή τους. Στα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται κυρίως τα δίχτυα χρώματος μαύρου, πράσινου ή άσπρου. Είναι, όμως, δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και άλλα χρωματιστά δίχτυα για ειδικές εφαρμογές σε καλλιέργειες θερμοκηπίου ή ως υλικά κάλυψης στην περίπτωση των διχτυοκηπίων. Για το λόγο αυτό θεωρούμε χρήσιμο να αναφέρουμε την εξειδικευμένη δράση των χρωματιστών διχτύων κυρίως στην φωτοσύνθεση και την αρχιτεκτονική των φυτών (φωτομορφογένεση).

Τα χρωματιστά δίχτυα μπορούν να τροποποιήσουν το λόγο του ερυθρού ( $600\text{-}700\text{nm}$ ) προς το μακρινό ερυθρό ( $700\text{-}800\text{nm}$ ) ( $R:FR$ ). Αύξηση του λόγου αυτού προάγει την έκπτυξη πλαγίων βλαστών, ενώ μειώνει το ρυθμό επιμήκυνσης αυτών. Μείωση του λόγου μειώνει τη φυλλική επιφάνεια και την τάση δημιουργίας πλάγιας βλάστησης, ενώ αυξάνει την «κυριαρχία κορυφής» και το ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών (Smith, 1982). Επίσης,



μπορούν να τροποποιήσουν το λόγο της μπλε (350-500nm) : ερυθρή (600-700nm) (B:R) και της μπλε (350-500nm) : μακρινή ερυθρή (700-800nm) ακτινοβολία (B:FR), επηρεάζοντας έτσι τη μορφογενετικά ενεργή ακτινοβολία (MAR).

Τα κόκκινα δίχτυα αλλάζουν το φάσμα του φωτός που μεταδίδεται στα υπό κάλυψη φυτά ελαττώνοντας την ακτινοβολία στο φάσμα του μπλε, του κίτρινου και του πράσινου και αυξάνοντάς την στο φάσμα του ερυθρού και του υπέρυθρου. Επειδή κάτω από συνθήκες κόκκινου φωτός επιταχύνεται η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών, η φυλλική επιφάνεια αυτών αυξάνεται, οι βλαστοί τους είναι μεγαλύτερου μήκους και διαμέτρου και ο όγκος του φυλλώματος είναι μεγαλύτερος σε σχέση με φυτά που αναπτύσσονται κάτω από λευκό φως.



**Εικόνα 2.1.** Δείγματα δικτυών σκίασης διαφόρων τύπων (επάνω σειρά φωτογραφιών) και εφαρμογές χρήσης αυτών (κάτω σειρά φωτογραφιών)

Τα μπλε χρώματος δίχτυα αλλάζουν το φάσμα του φωτός που μεταδίδεται στα υπό κάλυψη φυτά, αυξάνοντας την ακτινοβολία στο φάσμα του μπλε και ελαττώνοντάς την στο φάσμα του ερυθρού και του υπέρυθρου. Επειδή κάτω από συνθήκες μπλε φωτός επιβραδύνεται η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών, αυτά αποκτούν πιο συμπαγή ανάπτυξη και το φύλλωμά τους είναι σκούρου πράσινου χρώματος. Σε φυτά που παράγουν άνθη, το μπλε φως καθυστερεί την άνθηση, με αποτέλεσμα ο καλλιεργητής να προγραμματίζει το χρόνο άνθησης ανάλογα με τις εποχιακές απαιτήσεις της αγοράς. Είναι πολύ χρήσιμα για καλλιεργητές γλαστρικών φυτών, οι οποίοι επιθυμούν να μειώσουν τον όγκο του μεταφερόμενου προϊόντος.

Τα δίχτυα χρώματος πέρλας έχουν τη ιδιότητα να διαχέουν την άμεση ακτινοβολία, προσφέροντας πάνω από 80% διάχυτη ακτινοβολία στην υποκείμενη καλλιέργεια. Έτσι προσφέρεται περισσότερη ενέργεια για την φωτοσύνθεση σε φυτικά μέρη που δεν φωτίζονταν από την άμεση ακτινοβολία, όπως τα χαμηλότερα φύλλα της φυλλικής επιφάνειας. Ως εκ τούτου αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης, οδηγώντας σε μεγαλύτερη αύξηση και ανάπτυξη και ως εκ τούτου σε βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Η διάχυτη ακτινοβολία προάγει την ανάπτυξη δευτερευόντων βλαστών σε πολλά φυτικά είδη και είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για φυλλώδη προϊόντα. Τα γκριζα δίχτυα χρησιμοποιούνται κυρίως σε υπαίθριες καλλιέργειες οπωροκηπευτικών, αλλά και για στη σκίαση θερμοκηπίων. Εκτός από τα «απλά» δίχτυα πολυαιθυλενίου και πολυπροπυλενίου, η τεχνολογία έχει προχωρήσει στην κατασκευή επαλουμινιωμένων δικτύων PE. Τα δίχτυα αυτά διαχέουν μεγάλο ποσοστό (70%) της άμεσης ακτινοβολίας αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης. Τα δίχτυα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εξωτερικά για την κάλυψη θερμοκηπίων αλλά και δικτυοκηπίων. Επειδή αντανακλούν την ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά τους, μπορούν και να χρησιμοποιηθούν και για εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια και δικτυοκήπια. Για τον ίδιο λόγο χρησιμοποιούνται και για αντιπαγετική προστασία θερινών λαχανικών κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε θερμότερα κλίματα απ' αυτό της Ελλάδας (Teitel et al., 1996). Είναι και αυτά ανακυκλώσιμα και ανθεκτικά στην UV ακτινοβολία.

#### **2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Οι Smith et al. (1984) παρατήρησαν ότι τα φυτά τομάτας και αγγουριού που αναπτύσσονταν υπό σκίαση, δημιούργησαν υψηλότερους βλαστούς, μεγαλύτερο αριθμό φύλλων και συνήθως παρουσίαζαν ελαφρώς μεγαλύτερο μέσο όρο μεσογονατίων διαστημάτων. Επίσης παρατήρησαν ότι η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας ήταν ανάλογη της αύξησης του ποσοστού σκίασης. Σε ανάλογα συμπεράσματα όσον αφορά την επίδραση της σκίασης στο ύψος των φυτών και στη φυλλική επιφάνεια οδηγήθηκαν ο Ρηγάκης και οι συνεργάτες του (2006) σε υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας & οι Abdel—Mawgoud et al. (1996) οι οποίοι όμως σε αντίθεση με τους Smith et al. (1984) δεν παρατήρησαν καμία επίδραση στον αριθμό των φύλλων όταν εφάρμοσαν σκίαση σε

ποσοστό 30 % 10 ημέρες μετά τη μεταφύτευση. Οι Smith et al. (1984) διαπίστωσαν επίσης ότι η ολική ξηρά ουσία των σκιασμένων φυτών αγγουριάς ήταν λιγότερη από αυτή των ασκίαστων φυτών και την εναπόθεσαν αναλογικά σε μεγαλύτερο ποσοστό στα φύλλα και στους βλαστούς και σε μικρότερο στις ρίζες και στους καρπούς. Μείωση στη συνολική ξηρά ουσία παρατηρήθηκε επίσης και από τους Abdel - Mawgoud et al. (1996).

Όσον αφορά την παραγωγή, οι El-Gizawy et al. (1992) διαπίστωσαν ότι η αυξανόμενη σκίαση των φυτών τομάτας, μέχρι του ορίου του 51 % αύξησε το βάρος της συνολικής παραγωγής. Η μέγιστη παραγωγή καρπών ανά m<sup>2</sup> προήλθε από τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε σκίαση σε ποσοστό 35%. Μεγαλύτερες παραγωγές επίσης σε φυτά τομάτας υπό συνθήκες σκίασης παρατηρήθηκαν και από τους El-Aidy et al. (1983) όπου η αύξηση της παραγωγής παρατηρήθηκε μέχρι του ποσοστού σκίασης 40 %, καθώς επίσης και από τον Ρηγάκη και τους συνεργάτες του (2005)

Ο Rylski et al. (1986) διαπίστωσε ότι η εφαρμογή σκίασης (26-47%) σε καλλιέργεια πιπεριάς μείωσε τους ηλιοκαμένους καρπούς από 36% που ήταν στην ασκίαστη μεταχείριση σε 3-4% στην μεταχείριση με δίχτυ σκίασης. Οι El-Gizawy et al. (1992) παρατήρησαν επίσης μείωση των ηλιοκαμένων καρπών με την τοποθέτηση δικτύων σκίασης.

## **2.5. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΚΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Οι Lorenzo et al. (2003) μελετώντας την αλληλεπίδραση κινητής σκίασης στο θερμοκήπιο και διαφορετικών επιπέδων αλατότητας οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η κινητή σκίαση κατά τη διάρκεια της Άνοιξης και του καλοκαιριού αύξησε την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και ακτινοβολίας και βελτίωσε την ποιότητα των καρπών της τομάτας και στα δύο επίπεδα αλατότητας. καθώς αύξηση παρατηρήθηκε και στην απόδοση κυρίως κατά την αλληλεπίδραση σκίασης και επιπέδου κανονικής αλατότητας.

Επίσης, οι Lorenzo et al. (2006) σε άλλο πείραμα που πραγματοποίησαν μελετώντας την αλληλεπίδραση κινητής σκίασης και δυο επιπέδων αλατότητας (χαμηλή και μέτρια αλατότητα) σε καλλιέργεια τομάτας και αγγουριού απέδειξαν όπως και στο προηγούμενο πείραμα ότι η κινητή σκίαση βελτίωσε την ποιότητα της τομάτας και αύξησε την απόδοση της καλλιέργειας αγγουριού.

Οι Yahya και Atherton (1995) μελέτησαν την επίδραση της σκίασης και της αλατότητας στην ανάπτυξη καλλιέργειας φράουλας που αναπτύσσονταν σε υπόστρωμα πετροβάμβακα σε γυάλινο θερμοκήπιο. Η καλλιέργεια της φράουλας εξαιτίας της σκίασης είχε ως αποτέλεσμα την ελάττωση της φυλλικής επιφάνειας και του αριθμού των φύλλων. Δεν υπήρξε σημαντική διαφορά της βλαστικής ανάπτυξης εξαιτίας της αλληλεπίδρασης της σκίασης και της αλατότητας. Η σκίαση είχε μια αρνητική επίδραση στο ξηρό βάρος των καρπών αλλά όχι και στο χλωρό, ως αποτέλεσμα των καρπών με υψηλότερη περιεχόμενη υγρασία. Επίσης, η σκίαση είχε ως συνέπεια τη μείωση του αριθμού των καρπών ενώ εξαιτίας της αλατότητας δε μειώθηκε ο αριθμός των καρπών, αλλά και το χλωρό και το ξηρό βάρος των καρπών ήταν χαμηλότερο σε συνθήκες υψηλής αλατότητας. Η αρνητική επίδραση της υψηλής αλατότητας στην απόδοση της καλλιέργειας ήταν περισσότερο έκδηλη κάτω από συνθήκες σκίασης. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό ξηρής ουσίας ήταν υψηλότερο κάτω από συνθήκες μη σκίασης και υψηλής αλατότητας.

## **2.6 ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Από τη σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση που έγινε παραπάνω παρατηρούμε ότι έχει γίνει αρκετή έρευνα όσον αφορά μεμονωμένα την επίδραση της αλατότητας ή της σκίασης στην ανάπτυξη των καλλιεργειών, στην παραγωγή τους καθώς και στα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά. Λιγότερη έρευνα όμως έχει γίνει για το πώς επιδρά η αλατότητα κάτω από διαφορετικά επίπεδα σκίασης ή για το πώς επιδρά η σκίαση στις καλλιέργειες υπό κάλυψη ανάλογα με τα επίπεδα αλατότητας που εφαρμόζονται.

Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο στην παρούσα εργασία να μελετηθεί η αλληλεπίδραση αυτών των δύο, δηλαδή της σκίασης και της αλατότητας στην ανάπτυξη καλλιέργειας αγγουριού. Παρακάτω αναφέρονται τα υλικά και μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για αυτό το σκοπό καθώς παραθέτονται επίσης και τα αποτελέσματα της όλης έρευνας

### 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 3.1 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε τρία θερμοκήπια του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο αγρόκτημα του Βελεστίου. Βρίσκεται 18 χιλιόμετρα από την πόλη του βόλου και είναι νοτιοδυτικά του νομού Μαγνησίας με γεωγραφικό πλάτος 39 44', γεωγραφικό μήκος 22 79' και υψόμετρο 85m.

#### 3.2 ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία πανομοιότυπα θερμοκήπια, τροποποιημένα τοξωτά, επιφάνειας 160m<sup>2</sup> (20 μέτρα μήκος και 8 μέτρα πλάτος) το καθένα και μέγιστου ύψους 4,1m στον κορφία, ενώ το ύψος του ορθοστάτη έφτανε τα 2,9m. Το έδαφος εντός του θερμοκηπίου ήταν πλήρως καλυμμένο με ασπρόμαυρο πλαστικό διπλής όψης.

Τα κοντινότερα εμπόδια προς αυτά ήταν από την ανατολική πλευρά δέντρα ύψους 4m, που λειτουργούσαν ως ανεμοθραύστες, τα οποία όμως δεν σκίαζαν τα θερμοκήπια καθώς βρίσκονταν σε απόσταση 15m από αυτά. Δίπλα στα θερμοκήπια υπήρχε οικίσκος στον οποίο βρίσκονταν οι δεξαμενές του υδροπονικού συστήματος καθώς και ο υπολογιστής με το οποίο γίνονταν η διαχείριση του κλίματος, θρέψης του θερμοκηπίου. Τα θερμοκήπια που έγιναν οι μετρήσεις είχαν σκελετό από γαλβανισμένο χάλυβα και κάλυψη από πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου.



Εικόνα 3.1. Τα πειραματικά θερμοκήπια

### 3.3 ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Τα θερμοκήπια διέθεταν πλαϊνά ανοίγματα κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών με διαστάσεις των ανοιγμάτων 0,9m-15m, με την βοήθεια των οποίων γινόταν ο αερισμός. Τα παράθυρα για τον αερισμό ελέγχονταν αυτόματα μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα παράθυρα ξεκινούσαν να ανοίγουν όταν η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου ξεπερνούσε τους 23c ενώ όταν η θερμοκρασία έφτανε στους 28 τα παράθυρα είχαν το μέγιστο άνοιγμα τους.

### 3.4 ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Τα θερμοκήπια ήταν εξοπλισμένα με σύστημα θέρμανσης αποτελούμενο από αερόθερμα και επιδαπέδιους πλαστικούς σωλήνες θέρμανσης, με τη θερμοκρασία του αέρα να διατηρείται στους 16°C κατά τη διάρκεια της νύχτας και τους 19°C κατά τη διάρκεια της ημέρας.

### 3.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν φυτά αγγουριού (*Cucumis sativus*) ποικιλία Stamina. Η καλλιέργεια μεταφυτεύτηκε τα τέλη Σεπτεμβρίου του 2008 και ολοκληρώθηκε περί τα τέλη Νοέμβρη του 2008. Σημειώνεται ότι η ποικιλία Stamina είναι μεγαλόκαρπη και παρθενοκαρπική

Η καλλιέργεια γινόταν σε υδροπονικό σύστημα για να επιτευχθεί ομοιομορφία συνθηκών στη ρίζα, κάτι που δεν επιτυγχάνεται στο έδαφος και την αποφυγή ασθενειών του εδάφους. Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν περλίτης σε σάκους μήκους 1m. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 136 σάκοι υποστρώματος σε κάθε θερμοκήπιο. Οι σάκοι με το υπόστρωμα βρισκόταν σε ύψος 40 Stamina cm από το έδαφος. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 2,4 φυτά/m<sup>2</sup>. Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε 4 διπλές σειρές με αποστάσεις φύτευσης 0,4m επί της γραμμής και 0,75m μεταξύ των γραμμών της διπλής σειράς. Το πλάτος του διαδρόμου ήταν 1m.

Το θρεπτικό διάλυμα παρέχονταν στο φυτό με την βοήθεια σταλακτήρων με παροχή 1Lh<sup>-1</sup>. Η άρδευση των φυτών ελέγχονταν αυτόματα με την βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Το κλάδεμα και η διαμόρφωση της καλλιέργειας γινόταν σύμφωνα με την τεχνική που ακολουθείται από τους περισσότερους παραγωγούς στην χώρα μας. (σύστημα τύπου ομπρέλα για αγγούρι και μονοστέλεχο φυτό τομάτας)



Εικόνα 3.2. Άποψη της καλλιέργειας αγγουριού.

### 3.6 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Έγινε υποστύλωση των φυτών σε οριζόντια σύρματα τα οποία τεντώθηκαν πάνω από τα κανάλια με τα φυτά (1 σύρμα πάνω από κάθε κανάλι).

Όσον αφορά το κλάδεμα αρχικά αφέθηκε να αναπτυχθεί μόνο το κεντρικό στέλεχος, ενώ όλοι οι πλάγιοι βλαστοί αφαιρέθηκαν. Μόλις ο κεντρικός βλαστός έφθασε και ξεπέρασε το οριζόντιο σύρμα (ύψος από τη βάση του φυτού 1,8 m), κορφολογήθηκε στα 2-3 φύλλα πάνω από αυτό. Προηγουμένως όμως, είχαν αφεθεί να αναπτυχθούν οι 2 – 3 ανώτεροι πλάγιοι βλαστοί, δηλαδή αυτοί που εκφύονταν από μασχάλες των αμέσως κάτω από το σημείο αποκοπής της κορυφής ευρισκομένων φύλλων. Οι πλάγιοι αυτοί βλαστοί, οι οποίοι καθώς μεγάλωναν κρέμονταν προς το έδαφος από διαφορετικές πλευρές ο καθένας προσδίδοντας στο φυτό μορφή ομπρέλας, αφήνονταν να αναπτυχθούν μέχρι ένα ύψος 30-50 cm περίπου πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια κορφολογούνταν. Πάνω στους πλάγιους βλαστούς όλα τα θηλυκά άνθη που σχηματίζονταν στα πρώτα 60 cm του κεντρικού στελέχους πάνω από το έδαφος αφαιρούνταν σχολαστικά. Πάνω από αυτό το ύψος και μέχρι το σημείο που κορφολογείται ο βλαστός αφέθηκε ένας καρπός ανά κόμβο. Στους πλάγιους βλαστούς τέλος, αφήνονταν 1 καρπός ανά κόμβο.

Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφέρουμε ότι περίπου ένα μήνα μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας άρχισαν να παρατηρούνται κάποιες απώλειες



πειραματικών φυτών εξαιτίας της προσβολής τους κυρίως από τετράνυχο ο οποίος εξαπλώθηκε παρά τις επεμβάσεις που έγιναν για την καταπολέμηση του. Το πρόβλημα ήταν εντονότερο στο θερμοκήπιο που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας και για το λόγο αυτό στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων παρατηρούνται προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου ελλείψεις μετρήσεις στο θερμοκήπιο αυτό.

### 3.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η διαφορετική σκίαση επιτεύχθηκε με κάλυψη τους με δίχτυα σκίασης με διαφορετικά επίπεδα διαπερατότητας. Παράλληλα, σε κάθε θερμοκήπιο εφαρμόστηκαν 2 επίπεδα αλατότητας-ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο θρεπτικό διάλυμα. Στην καλλιέργεια η σκίαση ήταν εξαρχής τοποθετημένη και η διαφοροποίηση του θρεπτικού διαλύματος όσον αφορά τα επίπεδα αλατότητας έγινε στις 15 Σεπτεμβρίου 2008.

Το πείραμα ήταν διπαραγοντικό (σκίαση-αλατότητα) με τρία επίπεδα σκίασης και δύο επίπεδα αλατότητας.

Επίπεδα σκίασης

-0% (Σκίαση μόνο λόγω του σκελετού και του υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου-Καμία πρόσθετη σκίαση. Διαπερατότητα θερμοκηπίου στην ηλιακή ακτινοβολία περίπου 75%)

-35% (Σκίαση δικτύου 35%. Ολική διαπερατότητα θερμοκηπίου στην ηλιακή ακτινοβολία 50%)

-50% (Σκίαση δικτύου 50%. Ολική διαπερατότητα θερμοκηπίου στην ηλιακή ακτινοβολία 37,5%)

Επίπεδα αλατότητας

-2.3 dS m<sup>-1</sup>: Κανονικό θρεπτικό διάλυμα (μη εναλατωμένο, τυπική σύνθεση για αγγούρι)

-6.3 dS m<sup>-1</sup>: Εναλατωμένο θρεπτικό διάλυμα (προσθήκη 35 mmol l<sup>-1</sup> NaCl στο κανονικό θρεπτικό διάλυμα)

Σε κάθε θερμοκήπιο τα μισά κανάλια (τέσσερα από τα οχτώ) τυχαία επιλεγμένα, τροφοδοτούνταν με θρεπτικό διάλυμα χαμηλής αλατότητας (κανονικό θρεπτικό διάλυμα για αγγούρια) ενώ τα υπόλοιπα τροφοδοτούνταν με εναλατωμένο θρεπτικό διάλυμα (υψηλή συγκέντρωση NaCl). Τα δύο επίπεδα αλατότητας θρεπτικού διαλύματος ήταν ίδια σε όλα τα τα θερμοκήπια (ίδιες συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων και NaCl σ



κάθε μεταχείριση αλατότητας). Κάτω από κάθε κανάλι τοποθετήθηκε ένα δοχείο 50 λίτρων για την συλλογή και μέτρηση του όγκου της ημερήσιας απορροής.

### 3.8 ΠΑΡΟΧΗ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Η παροχή του διαλύματος στην καλλιέργεια γινόταν με σωλήνες Φ20, με ένα Φ20 κατά μήκος κάθε διπλής γραμμής, οι οποίοι φέρουν σταλάκτες στις θέσεις των φυτών (1 σταλάκτης ανά φυτό, παροχή 1 λίτρο την ώρα). Η παρασκευή και η τροφοδότηση του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά πραγματοποιούνταν αυτόματα από την κεντρική κεφαλή MACQU. Η άρδευση της καλλιέργειας γινόταν ταυτόχρονα σε όλα τα θερμοκήπια αλλά σε ξεχωριστούς χρόνους σε κάθε επίπεδο αλατότητας. Η ενεργοποίηση κύκλων άρδευσης πραγματοποιούνταν αυτόματα με βάση τη διαπνοή των φυτών με μέτρηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και του ελλείμματος κορεσμού του αέρα. Συνεπώς, η ποσότητα του νερού που παρέχονταν καθημερινά ήταν διαφορετική σε κάθε θερμοκήπιο και ανάλογη της διαπνοής της καλλιέργειας. Η σύνθεση του κανονικού θρεπτικού διαλύματος παρατίθεται στον Πίνακα 1. Το pH του θρεπτικού διαλύματος ανέρχονταν σε 5.6 και στις δύο μεταχειρίσεις αλατότητας.

**Πίνακας 1.** Σύνθεση βασικού θρεπτικού διαλύματος για αγγούρι.

<b>Θρεπτικό στοιχείο</b>	<b>Θ. Δ. τροφοδοσίας (mmol Γ<sup>-1</sup>)</b>	<b>Συγκεντρώσεις - στόχος στη ρίζα (mmol Γ<sup>-1</sup>)</b>
EC, dS/m	2.30	2.80
Ca	3.75	6.50
Mg	1.50	3.00
K	7.50	8.00
NH <sub>4</sub>	1.25	0.2
SO <sub>4</sub>	1.50	3.5
NO <sub>3</sub>	14.50	18.00
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.25	0.90
<b>Θρεπτικό στοιχείο</b>	<b>Θ. Δ. τροφοδοσίας (μmol Γ<sup>-1</sup>)</b>	<b>Συγκεντρώσεις - στόχος στη ρίζα (μmol Γ<sup>-1</sup>)</b>
Fe	15.00	25.00
Mn	10.00	7.00

Zn	4.00	7.00
Cu	0.75	1.50
B	25.00	50.0
Mo	0.50	0.50

### 3.9 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

#### 3.9.1 Μετρήσεις ανάπτυξης

Για τη μελέτη της ανάπτυξης των φυτών επιλέχθηκαν από κάθε θερμοκήπιο με τη βοήθεια πλήρους τυχαιοποιημένου σχεδίου 24 φυτά (8 από κάθε θερμοκήπιο, από τα οποία τα 4 ήταν τα φυτά ποτίζονταν με διάλυμα χωρίς αλατότητα και τα 4 με αλατότητα). 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.

Η λήψη μετρήσεων ξεκίνησε στις 16 Σεπτεμβρίου και συνεχιστικέ μέχρι της 5 Νοεμβρίου

#### *Μέτρηση του ύψους*

Το ύψος μετρήθηκε κατά την δεκατηπέμπτη μέρα μετά την μεταφύτευση. Η μέτρηση του μήκους πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια απλού μέτρου και η ακρίβεια της μέτρησης ήταν της τάξεως του 0,5cm. Ως ύψος του φυτού είχε οριστεί το μήκος του κεντρικού βλαστού από το λαιμό του φυτού μέχρι το σημείο του φύλλου στην κορυφή με μήκος μικρότερο από 10cm.

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

Το μήκος και το πλάτος των φύλλων μετρήθηκαν κατά την δεκατηπέμπτη μέρα μετά τη μεταφύτευση. Η μέτρηση γινόταν ανά 7 μέρες. Ως μήκος του φύλλου είχε οριστεί η απόσταση από τη βάση του μίσχου έως την άκρη του ελάσματος και ως πλάτος του φύλλου η μεγαλύτερη απόσταση ανάμεσα στις άκρες του ελάσματος, κάθετη στο μήκος του φύλλου. Μετρήθηκαν όλα τα φύλλα κάθε φυτού.

Για τη μελέτη της ξηρής ουσίας των φυτών επιλέχθηκαν από κάθε θερμοκήπιο 8 φυτά(4 από κάθε επίπεδο αλατότητας) τυχαία φυτά, συνολικά 24 φυτά και από τα τρία θερμοκήπια. Η λήψη των μετρήσεων γινόταν κάθε δεκαπέντε μέρες. Επιλέχθηκαν φυτά

μη προσβεβλημένα από ασθένειες και έντομα, με κορυφή και γενικά σε φυσιολογικό επίπεδο ανάπτυξης.

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

Οι μετρήσεις αφορούσαν

A) Σε επίπεδο φυτού

- Νωπό βάρος σε g
- Ξηρή ουσία σε g

B) Σε επίπεδο φύλλου

- Νωπό βάρος φύλλου σε g
- Ξηρή ουσία φύλλου σε g

Γ) Σε επίπεδο καρπών

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

*Υπολογισμός νωπού βάρους*

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

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

*Υπολογισμός ξηρής ουσίας*

Τα όργανα των φυτών μεταφέρονταν μέσα στα κουτιά από αλουμίνιο στον ξηραντήρα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, πίεση και χρόνο (24 ώρες στους 1050c). Μετρούνταν η ξηρή ουσία κάθε στελέχους με τον ίδιο ζυγό.

### 3.9.2. Μετρήσεις μικροκλίματος

Οι κλιματικές μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια του πειράματος αφορούσαν κυρίως τους κλιματικούς παράγοντες μέσα και έξω από το θερμοκήπιο.

Αναλυτικότερα έξω από τα θερμοκήπια καταγράφονταν:

- η θερμοκρασία και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα με αισθητήρες HOBO.
- η ηλιακή ακτινοβολία με πυρανόμετρο,
- η ταχύτητα του ανέμου με ανεμόμετρο κυπέλλων και διεύθυνση του ανέμου με ανεμοδείκτη.

Στο εσωτερικό του θερμοκηπίου καταγράφονταν:

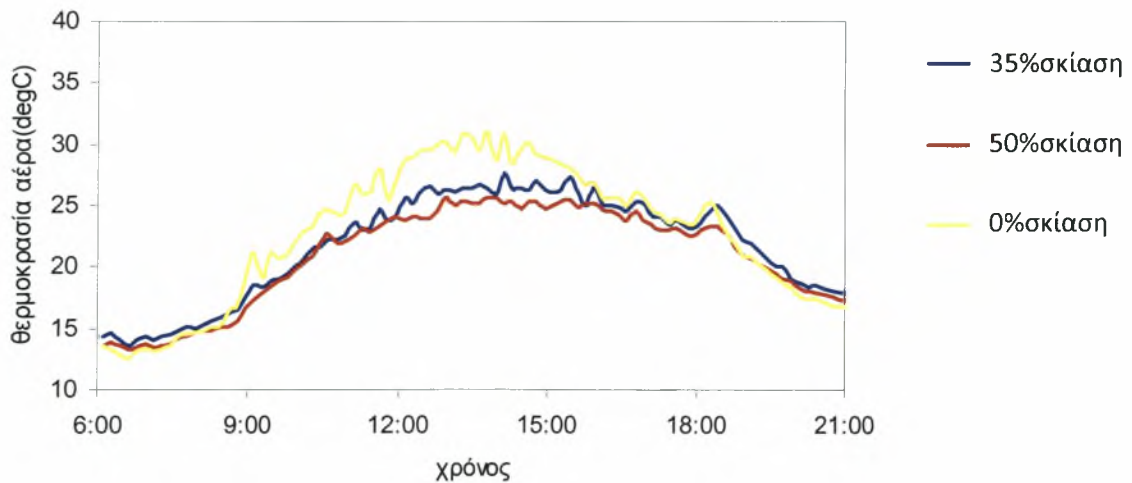
- Η θερμοκρασία και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα στο επίπεδο πάνω από τα φυτά.
- Η ηλιακή και καθαρή ακτινοβολία πάνω και κάτω από την καλλιέργεια με πυρανόμετρα και με ραδιόμετρα. Από τη διαφορά των δύο ραδιομέτρων, πάνω και κάτω από την καλλιέργεια θα υπολογίζεται η απορροφούμενη καθαρή ενέργεια από την καλλιέργεια.

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1. Μετρήσεις Μικροκλίματος

Η φθινοπωρινή καλλιέργεια αγγουριάς έγινε στα ίδια τρία θερμοκήπια με την ίδια σκίαση και τον ίδιο εξοπλισμό προκειμένου να γίνουν μετρήσεις φωτοσύνθεσης φύλλων αγγουριάς με τη συσκευή μέτρησης φωτοσύνθεσης, διαπνοής και στοματικής αγωγιμότητας φύλλου LCpro+ της ADC. Παράλληλα με τις μετρήσεις φωτοσύνθεσης τα αποτελέσματα των οποίων θα παρουσιασθούν στη συνέχεια έγιναν και ορισμένες συμπληρωματικές ενδεικτικές μετρήσεις μικροκλίματος αντίστοιχες αυτών που παρουσιάσθηκαν παραπάνω. Θα παρουσιασθούν ορισμένα χαρακτηριστικά αποτελέσματα της φθινοπωρινής περιόδου.

Στο παρακάτω Σχήμα 4.1.1. φαίνεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου μάρτυρα, αυτού με σκίαση 35% και του θερμοκηπίου με σκίαση 50%.

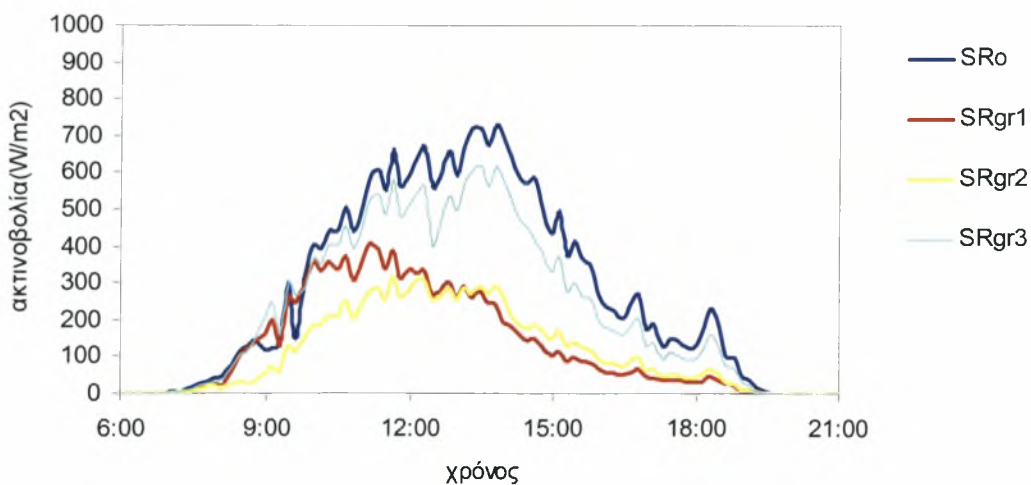


**Σχήμα 4.1.1.** Ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα στο θερμοκήπιο μάρτυρας κατά το φθινόπωρο, στο θερμοκήπιο με σκίαση 35% και στο θερμοκήπιο με σκίαση 50% την 19<sup>η</sup>/9/ 2008.

Φαίνεται πως οι θερμοκρασίες δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των τριών θερμοκηπίων. Η μέση θερμοκρασία είναι για το μάρτυρα 22.6 °C, για το θερμοκήπιο με σκίαση 35% 21,7°C και για το θερμοκήπιο με σκίαση 50% 20.8 °C. Οι διαφορές αυτές

δικαιολογούνται από τις διαφορές στις τιμές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1.2. Φαίνεται, επίσης, πως οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό των θερμοκηπίων είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες της θερινής περιόδου κάτι που οφείλεται στις χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες του φθινοπώρου και τις χαμηλότερες τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

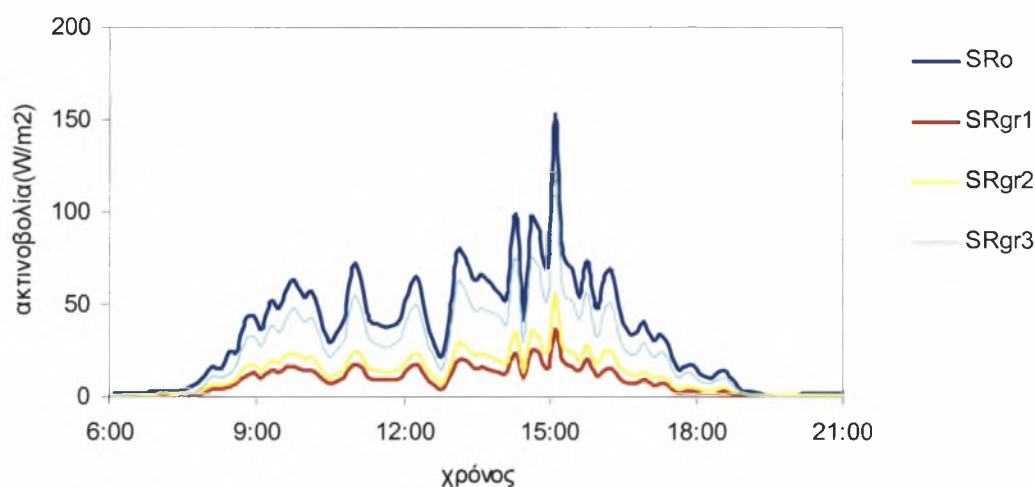
Στο Σχήμα 4.1.2 φαίνεται η ημερήσια πορεία την 19<sup>η</sup>.9.2008 της προσπίπτουσας και της εισερχόμενης στα τρία θερμοκήπια ηλιακής ακτινοβολίας. Η μέση τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας είναι  $275 \text{ W m}^{-2}$ ,  $231 \text{ W m}^{-2}$ ,  $129 \text{ W m}^{-2}$  και  $111 \text{ W m}^{-2}$  για το εξωτερικό περιβάλλον, το θερμοκήπιο μάρτυρας, το θερμοκήπιο 35% και το θερμοκήπιο 50% αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές είναι σαφώς μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές της εαρινής περιόδου.



**Σχήμα 4.1.2.** Ημερήσια πορεία της ηλιακής ακτινοβολίας στο εξωτερικό των θερμοκηπίων, στο θερμοκήπιο μάρτυρας (**gr<sub>3</sub>**), στο θερμοκήπιο με σκίαση 35% (**gr<sub>1</sub>**) και στο θερμοκήπιο με σκίαση 50% (**gr<sub>2</sub>**), κατά το φθινόπωρο την 19<sup>η</sup>/9/ 2008.

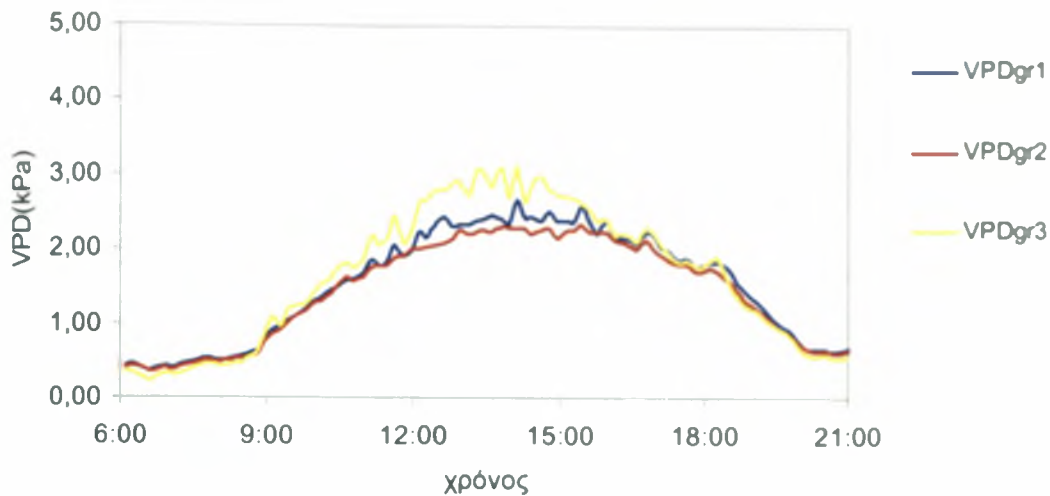
Φαίνεται, επίσης, πως στο θερμοκήπιο με σκίαση 35% η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται από το μεσημέρι και μετά στα επίπεδα του θερμοκηπίου με σκίαση 50%. Η μείωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από κακή οριζοντίωση του αισθητήρα καταγραφής της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου με σκίαση 35%. Αυτό μειώνει την προσπίπτουσα άμεση ακτινοβολία στον αισθητήρα με

αποτέλεσμα τη μείωση της ολικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον αισθητήρα. Όταν, όμως, υπάρχει συννεφιά και η εισερχόμενη στα θερμοκήπια ηλιακή ακτινοβολία είναι κυρίως διάχυτη, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο με σκίαση 35% είναι καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας μεγαλύτερη από την αντίστοιχη που εισέρχεται στο θερμοκήπιο με σκίαση 50%, όπως φαίνεται και από το παρακάτω Σχήμα 4.1.3 που δείχνει την ημερήσια πορεία την ηλιακής ακτινοβολία έξω και μέσα στα θερμοκήπια στις 25. Σεπτεμβρίου 2008, μία φθινοπωρινή ημέρα με συννεφιά.



**Σχήμα 4.1.3.** Ημερήσια πορεία της ηλιακής ακτινοβολίας στο εξωτερικό των θερμοκηπίων SRo, στο θερμοκήπιο μάρτυρας (**SRgr<sub>3</sub>**), στο θερμοκήπιο με σκίαση 35% (**SRgr<sub>1</sub>**) και στο θερμοκήπιο με σκίαση 50% (**SRgr<sub>2</sub>**), κατά τη διάρκεια φθινοπωρινής ημέρας με συννεφιά, την 25<sup>η</sup>/9/ 2008.

Στο παρακάτω Σχήμα 4.1.4 παρουσιάζεται η πορεία του ελλείμματος κορεσμού του αέρα VPD την 19<sup>η</sup>.9.2008 στο εσωτερικό των τριών θερμοκηπίων.



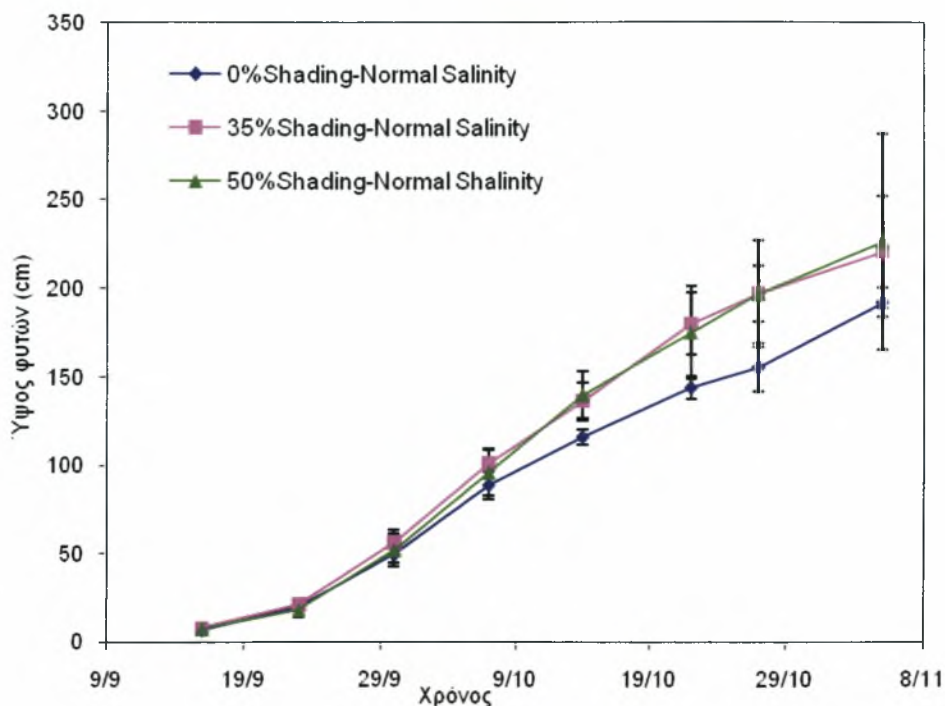
**Σχήμα 4.1.4.** Ημερήσια πορεία του ελλείμματος κορεσμού του αέρα στο θερμοκήπιο μάρτυρας (**gr<sub>3</sub>**), στο θερμοκήπιο με σκίαση 35% (**gr<sub>1</sub>**) και στο θερμοκήπιο με σκίαση 50% (**gr<sub>2</sub>**), κατά το φθινόπωρο, την 19<sup>η</sup>/9/ 2008.

Φαίνεται πως το έλλειμμα κορεσμού του αέρα παρουσιάζει ημερήσια πορεία ανάλογη με την αντίστοιχη πορεία στο εσωτερικό των θερμοκηπίων κατά το καλοκαίρι. Φυσικά, οι τιμές είναι σαφώς μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές του καλοκαιριού κάτι, όμως, αναμενόμενο λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών του φθινοπώρου σε σχέση με το καλοκαίρι. Η μέγιστη τιμή του VPD είναι στο θερμοκήπιο μάρτυρας ήταν 3.11 kPa, στο θερμοκήπιο με σκίαση 35% 2.70 kPa και στο θερμοκήπιο 50% 2.31 kPa. Φαίνεται, επομένως, πως η σκίαση βελτιώνει το έλλειμμα κορεσμού αλλά, όπως φαίνεται από το Σχήμα 4.1.4 από τις 11:00 μέχρι τις 17:00 οι επικρατούσες συνθήκες VPD στο εσωτερικό και των τριών των θερμοκηπίων είναι συνθήκες stress αφού για το διάστημα αυτό το έλλειμμα κορεσμού είναι μεγαλύτερο των 2 kPa ((Katsoulas and Kittas 2008).

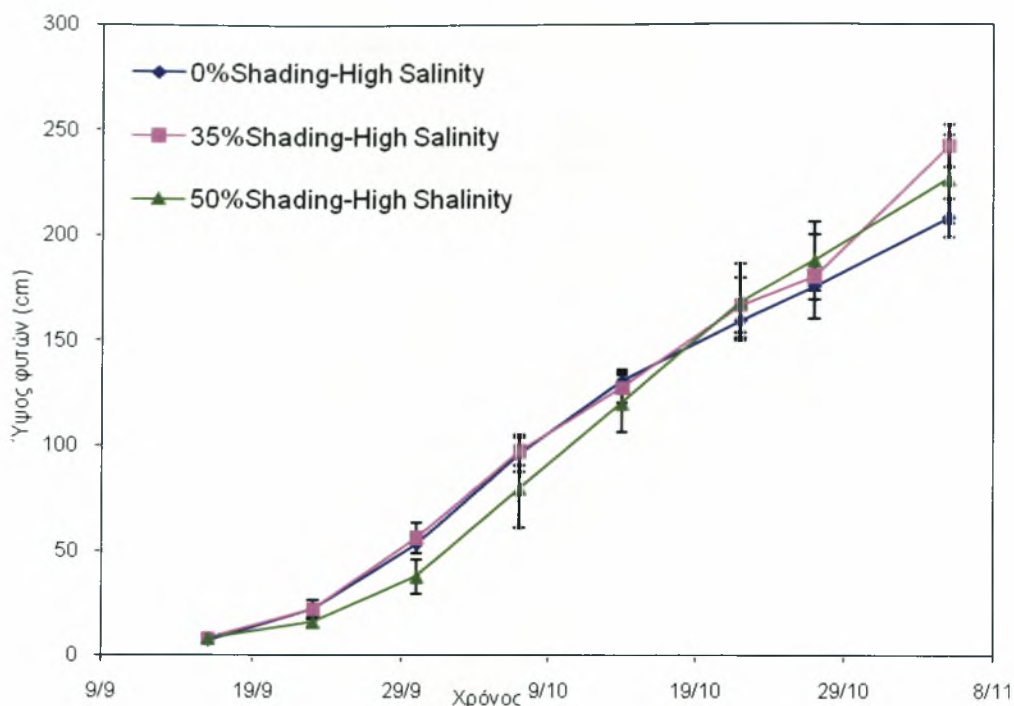


## 4.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ

Στο σχήμα 4.2.1α παρουσιάζεται η πορεία των τιμών του ύψους των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας - αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.2.1 β παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές του ύψους για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα.



**Σχήμα 4.2.1α.** Μέσο ύψος φυτών αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 8 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της κανονικής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.



**Σχήμα 4.2.1β.** Μέσο ύψος φυτών αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 8 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της υψηλής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.

Βρέθηκε ότι τα φυτά αγγουριού δεν παρουσίασαν παρόμοιο ύψος στα τρία θερμοκήπια. Με βάση τη στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι ο παράγοντας που επιδρά στο μέσο ύψος του φυτού είναι η σκίαση (Πίνακας 4.2.1.γ) και ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά του ύψους που παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο με 0% σκίαση σε σχέση με το θερμοκήπιο με 35% σκίαση (Πίνακας 4.2.1.δ), ενώ παράλληλα δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ του ύψους των φυτών των θερμοκηπίων με 0% και 50% και μεταξύ των θερμοκηπίων με 50% και 35% σκίαση. Παρομοίως, οι Smith et al. (1984) παρατήρησαν ότι τα φυτά τομάτας και αγγουριού που αναπτύσσονταν υπό σκίαση, δημιούργησαν ψηλότερους βλαστούς. Σημαντική επίδραση στο μήκος του στελέχους των φυτών παρατήρησαν και οι Abdel-Mawgoud et al. (1996) όταν η σκίαση εφαρμόστηκε 10 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

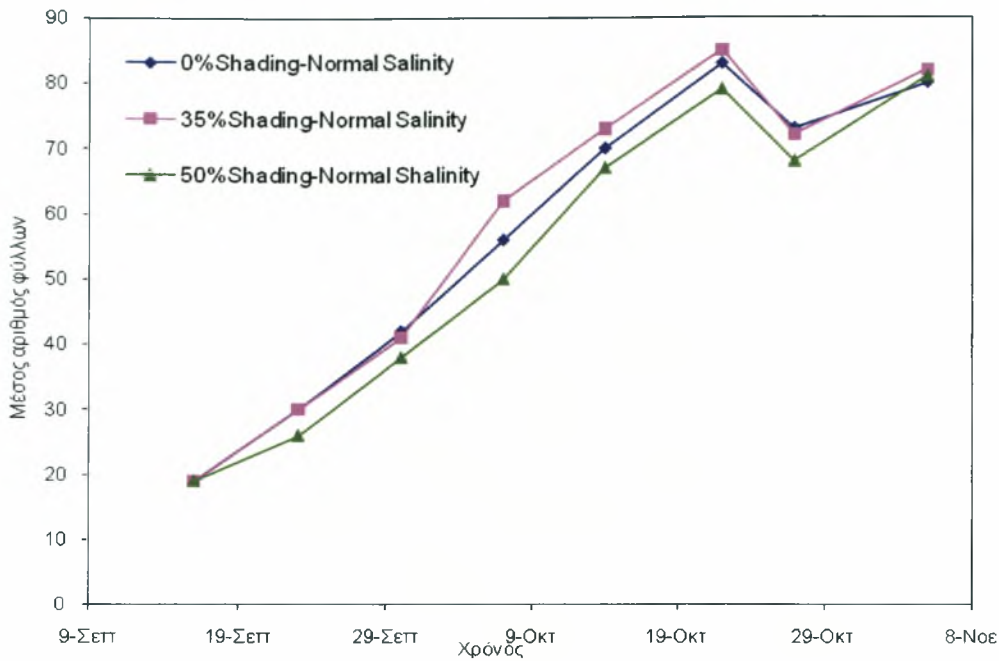
Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	2140693,623	1	2140693,623	3480,912	,000
Σκίαση	5795,717	2	2897,859	4,712	,024
Αλατότητα	1,857	1	1,857	,003	,957
Σκίαση * Αλατότητα	2410,292	2	1205,146	1,960	,171
Σφάλμα	10454,672	17	614,981		

**Πίνακας 4.2.1.γ**

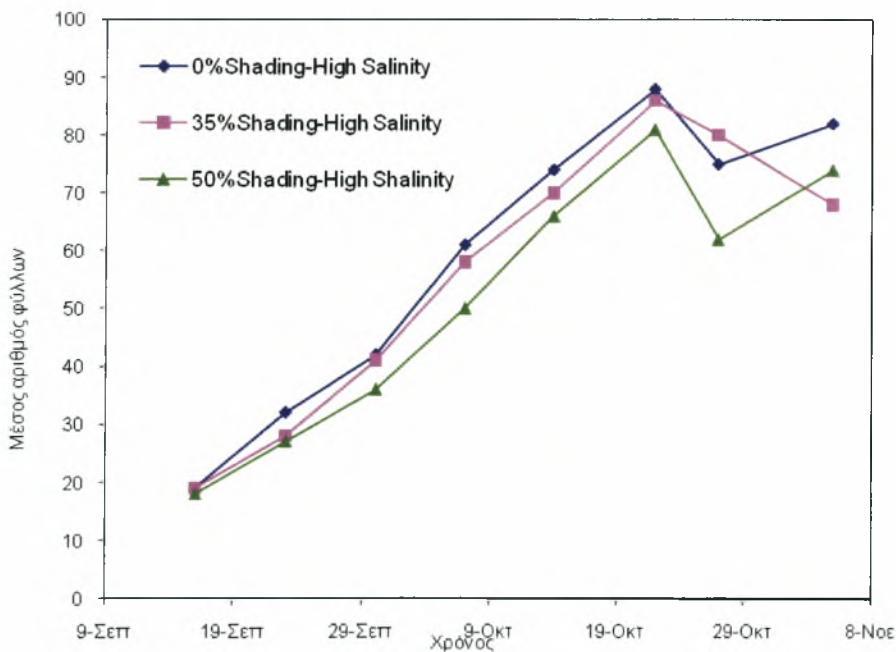
GR	N	Subset	
		1	2
Duncan <sup>a,,b,,c</sup> 0%Σκίαση	8	100,905	
35%Σκίαση	8	110,063	110,063
50%Σκίαση	7		114,623
Sig.		,057	,324

**Πίνακας 4.2.1.δ**

Στο σχήμα 4.2.2α που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία του αριθμού των φύλλων των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας - αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.2,2β παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές του αριθμού των φύλλων για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα.



**Σχήμα 4.2.2α.** Μέσος αριθμός φύλλων ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 8 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της κανονικής αλατότητας.



**Σχήμα 4.2.2β.** Μέσο αριθμός φύλλων ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 8 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της υψηλής αλατότητας.

Βρέθηκε ότι τα φυτά αγγουριού και στα τρία θερμοκήπια δεν παρουσίασαν παρόμοιο αριθμό φύλλων. Η απόκλιση που παρουσιάζεται όπως παρατηρήθηκε με βάση την στατιστική ανάλυση οφείλεται στην σκίαση των θερμοκηπίων και όχι στην αλλατότητα. Έτσι ο μεγαλύτερος αριθμός φύλων υπάρχουν στο θερμοκήπιο με 0% σκίαση.

Με βάση τη στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι ο παράγοντας που επιδρά στον αριθμό των φύλλων είναι η σκίαση (Πίνακας 4.2.2.γ), και ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στο θερμοκήπιο με 50%σκίαση από ότι στο θερμοκήπιο με 0% σκίαση και 35% σκίαση (Πίνακας 4.2.2.δ). Σε διαφορετικό συμπέρασμα με βάση τη βιβλιογραφία κατέληξαν οι Smith et al. (1984) οι οποίοι παρατήρησαν ότι η ανάπτυξη φυτών τομάτας και αγγουριού υπό σκίαση έδωσε μεγαλύτερο αριθμό φύλλων, ενώ οι Abdel - Mawgoud et al. (1996) κατέληξαν ότι η εφαρμογή σκίασης στα φυτά 10 ημέρες μετά τη μεταφύτευση δεν επέφερε καμία επίδραση στον αριθμό των φύλλων.

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
intercept	42620,334	1	42620,334	2,258E4	,000
Σκίαση	70,779	2	35,389	18,746	,000
Αλατότητα	4,150	1	4,150	2,198	,156
Σκίαση* Αλατότητα	5,166	2	2,583	1,368	,281
Error	32,094	17	1,888		

**Πίνακας 4.2.2.γ**

GR	N	Subset	
		1	2
0%Σκίαση	7	14,39	
35%Σκίαση	8		15,69
50%Σκίαση	8		15,83
Sig		1,000	,579

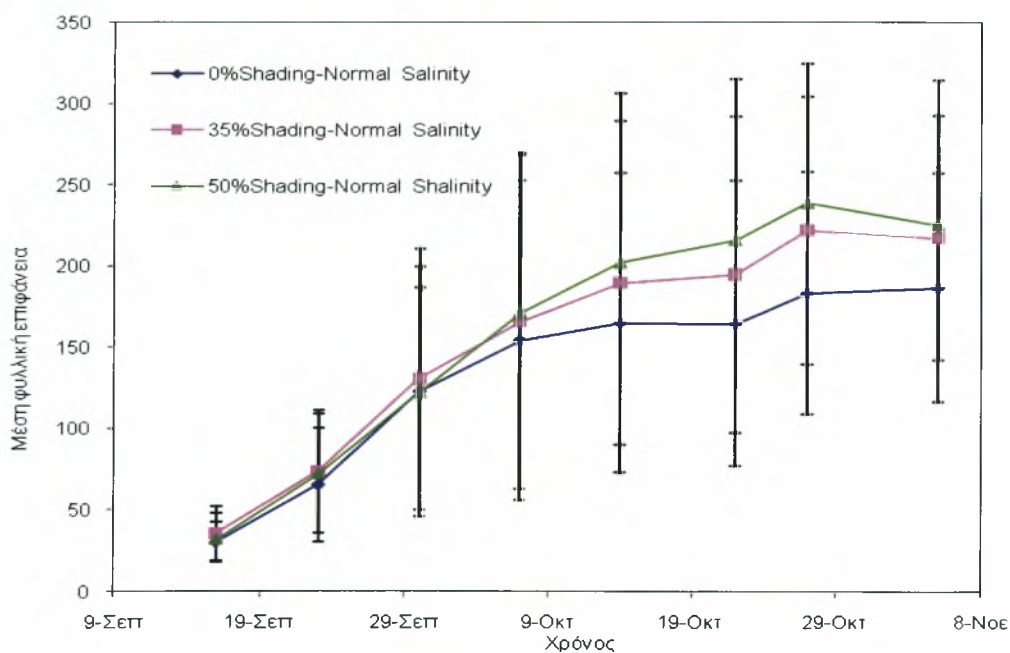
**Πίνακας 4.2.2.δ**

Στο σχήμα 4.2.3.α που ακολουθεί παρουσιάζεται η φυλλική επιφάνεια των φύλλων των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας - αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.2.3.β παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές φυλλικής επιφάνειας για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα.

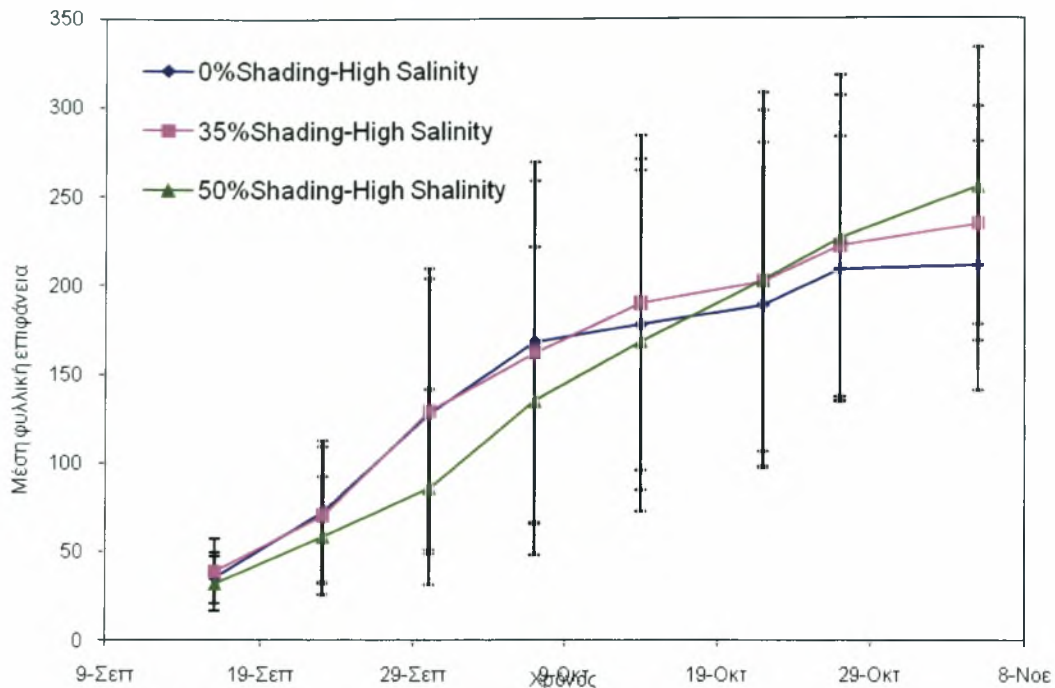
Οι μετρήσεις έγιναν στο θερμοκήπιο με χρήση μέτρου, στα οποία μετρήθηκαν το μήκος (L), το πλάτος (W) και η φυλλική επιφάνεια (LA).

Προκειμένου να υπολογισθεί η φυλλική επιφάνεια της καλλιέργειας στα τρία θερμοκήπια χρησιμοποιήθηκε η σχέση (Μανωλαράκη 2007).

$$LA = 26 * L - 182$$



**Σχήμα 4.2.3.α,** Μέση φυλλική επιφάνεια (LA) ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 8 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της κανονικής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.



**Σχήμα 4.2.3.β,** Μέση φυλλική επιφάνεια (LA) ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 8 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της υψηλής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.

Συγκεκριμένα για σταθερό επίπεδο αλατότητας 6.3 ds/m παρατηρείται ότι μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια παρουσιάζει το θερμοκήπιο στο οποίο το επίπεδο σκίασης ήταν σε ποσοστό 50% και ακολουθεί αυτό στο οποίο εφαρμόστηκε σκίαση 35% και τέλος ο μάρτυρας, ενώ υπό σταθερό επίπεδο αλατότητας 2.3 ds/m ο μάρτυρας παρουσιάζει επίσης τη μικρότερη φυλλική επιφάνεια, αλλά το θερμοκήπιο με ποσοστό σκίασης 50% δείχνει μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια συγκριτικά με αυτό με 35 % σκίαση.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι το θερμοκήπιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας παρουσίασε στατιστικά μικρότερη φυλλική επιφάνεια συγκριτικά με τα άλλα θερμοκήπια που σκιαζόταν και τα οποία παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. (Πίνακας 4.2.3.γ) (Πίνακας 4.2.3.δ). Συνεπώς, παρατηρούμε από τα παραπάνω ότι η σκίαση είχε ευνοϊκή επίδραση στην φυλλική επιφάνεια των φυτών αγγουριού. Στα ίδια ακριβώς συμπεράσματα κατέληξαν και οι Smith et al. (1984) καθώς και ο Ρηγάκης και οι συνεργάτες του (2005), οι μεν πρώτοι σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας και αγγουριού και οι δεύτεροι σε υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας.

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
intercept	1,129E9	1	1,129E9	3,881E3	,000
Σκίαση	2861042,182	2	1430521,091	4,919	,020
Αλατότητα	554800,874	1	554800,874	1,908	,184
Σκίαση *	2646390,871	2	1323195,436	4,550	,025
Αλατότητα					
Error	5234216,055	18	290789,781		

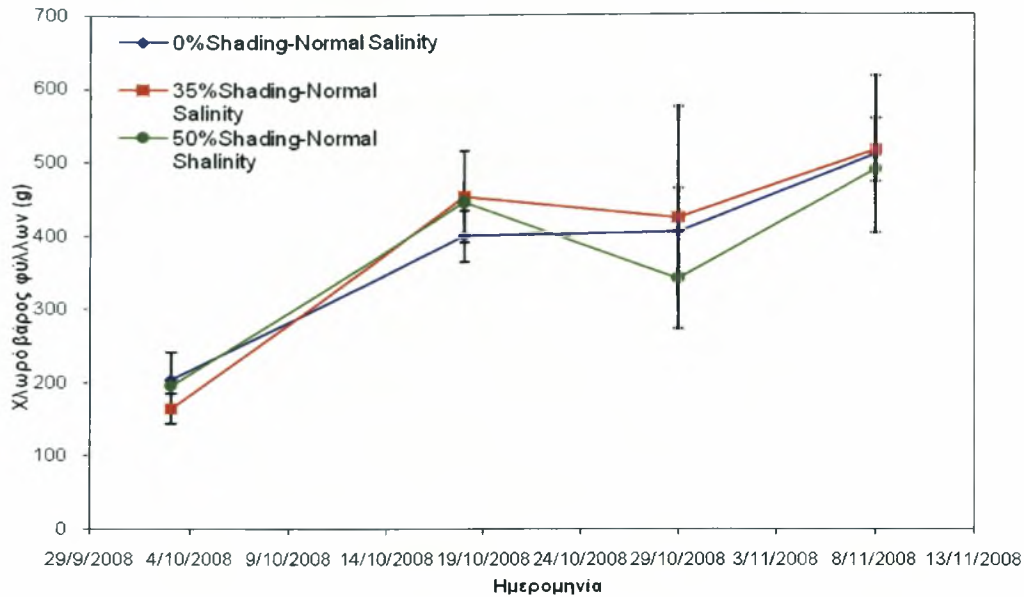
**Πίνακας 4.2.3.γ**

GR	N	Subset	
		1	2
0%Σκίαση	8	2,305E3	
35%Σκίαση	8	2,377E3	
50%Σκίαση	8		2,592E3
Sig		,459	1,000

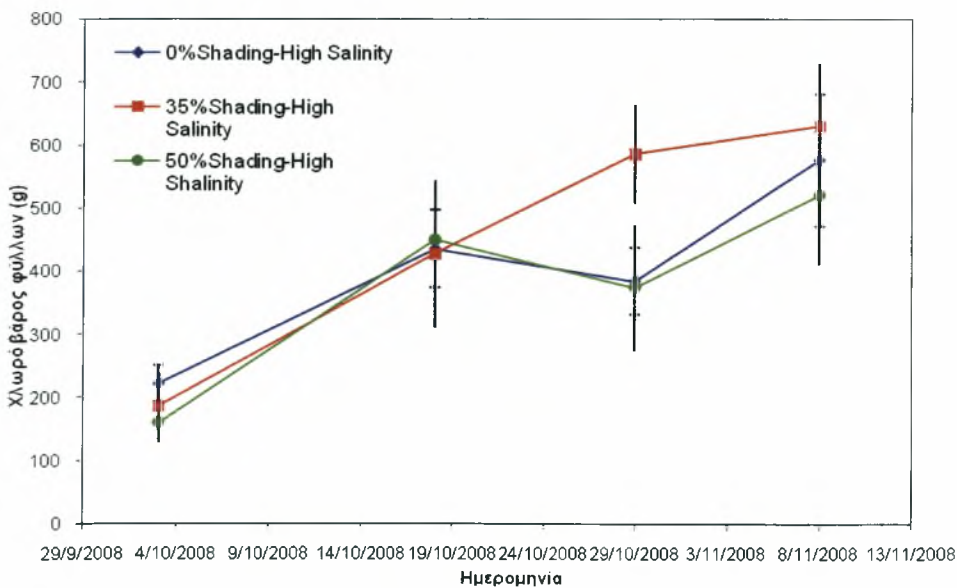
**Πίνακας 4.2.3.δ**

Στο σχήμα 4.2.4α παρουσιάζεται η πορεία του χλωρού βάρους των φύλλων των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας - αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.1.4β παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές του χλωρού βάρους των φύλλων για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα.





**Σχήμα 4.2.4α,** Μέσο χλωρό βάρος φύλλων ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της κανονικής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.



**Σχήμα 4.2.4β.** Μέσο χλωρό βάρος φύλλων ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της υψηλής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.

Βρέθηκε ότι τα φυτά αγγουριού και στα τρία θερμοκήπια δεν παρουσίασαν παρόμοιο χλωρό βάρος φύλλων. Η απόκλιση που παρουσιάζεται όπως παρατηρήθηκε με βάση την στατιστική ανάλυση οφείλεται στην σκίαση των θερμοκηπίων και όχι στην αλατότητα. Έτσι το μικρότερο βάρος φύλλων παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο με 50% σκίαση.

Με βάση τη στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι ο παράγοντας που επιδρά στο μέσο χλωρό βάρος των φύλλων του φυτού είναι η σκίαση (Πίνακας 4.2.4.γ) και ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά του χλωρού βάρους που παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο με 35% σκίαση σε σχέση με το θερμοκήπιο με 50% σκίαση (Πίνακας 4.2.4.δ), ενώ παράλληλα δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ του ύψους των φυτών των θερμοκηπίων με 0% και 35% και μεταξύ των θερμοκηπίων με 0% και 50% σκίαση.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1,119E7	1	1,119E7	2843,773	,000
Σκίαση	35347,007	2	17673,503	4,490	,031
Αλατότητα	15886,531	1	15886,531	4,036	,064
Σκίαση* Αλατότητα	17050,751	2	8525,375	2,166	,152
Error	55109,730	14	3936,409		

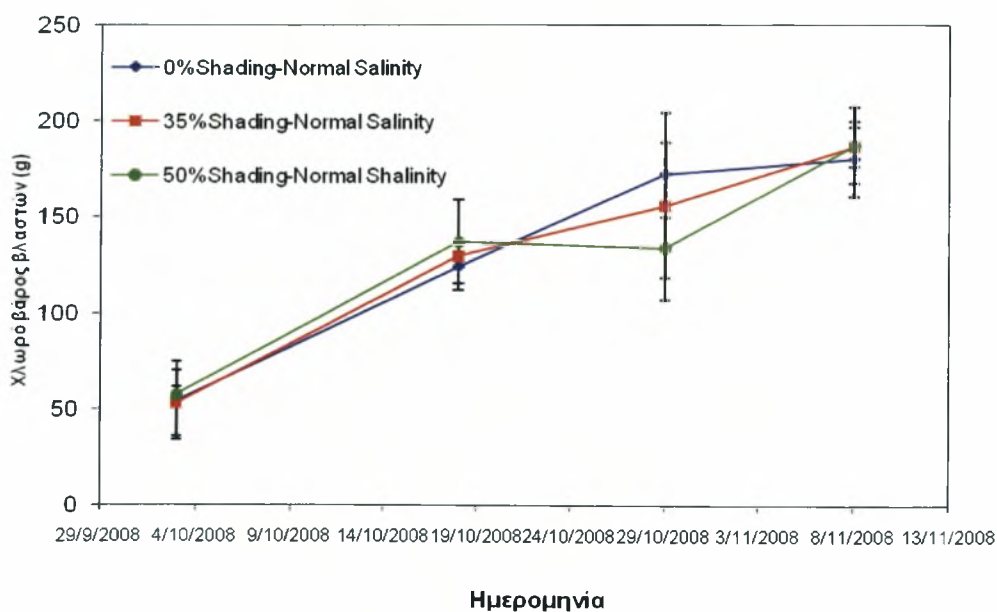
Πίνακας 4.2.4.γ

GR	N	Subset	
		1	2
Duncan <sup>a,b</sup> 0%Σκίαση	4	370,125	

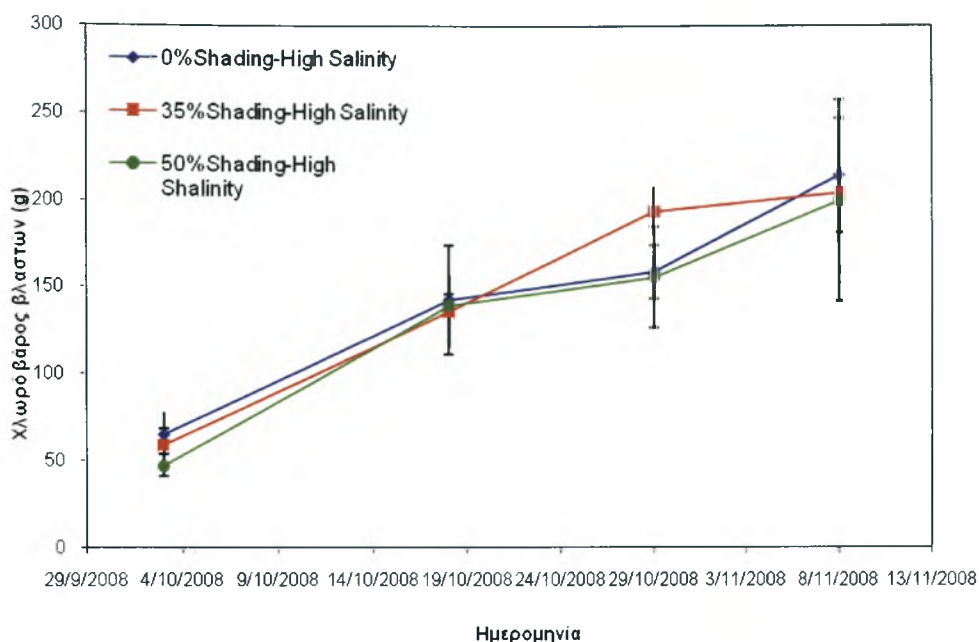
35%Σκίαση	8	389,388	389,388
50%Σκίαση	8		423,400
Sig		,306	,081

Πίνακας 4.2.4.δ

Στο σχήμα 4.2.5α παρουσιάζεται η πορεία του χλωρού βάρους του βλαστού των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας - αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.2.5β παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές του χλωρού βάρους του βλαστού για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα.



**Σχήμα 4.1.5α.** Μέσο χλωρό βάρος βλαστού ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της κανονικής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.



**Σχήμα 4.2.5β** Μέσο χλωρό βάρος βλαστού ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της υψηλής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.

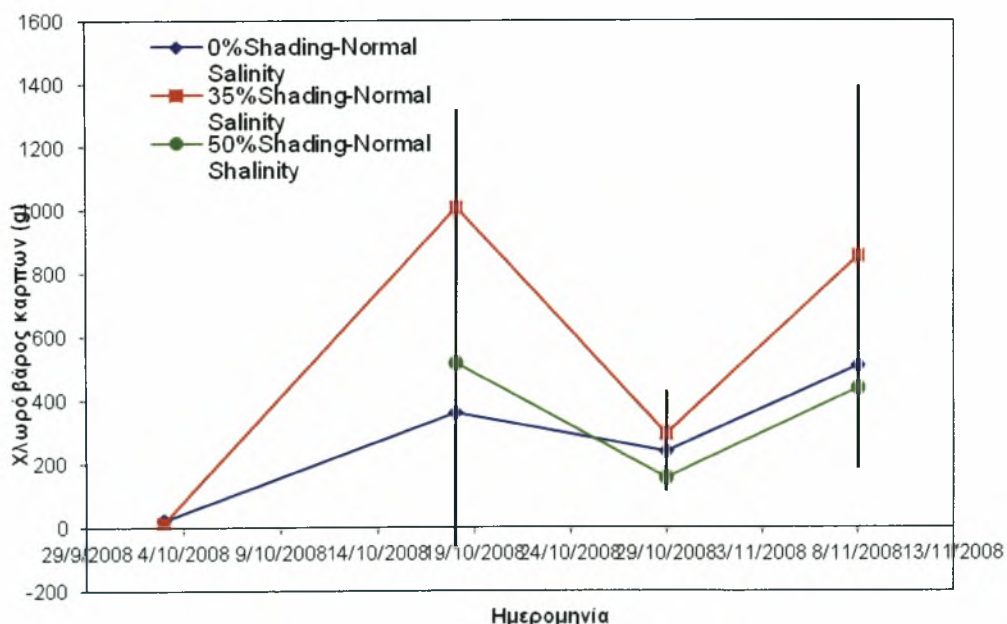
Βρέθηκε ότι τα φυτά αγγουριού και στα τρία θερμοκήπια παρουσίασαν παρόμοιο χλωρό βάρος βλαστών όπως δείχνει και η στατιστική ανάλυση (Πίνακας 4.2.5.γ)

Όπως φαίνεται από τα προαναφερθέντα σχήματα πριν την εφαρμογή της σκίασης δεν παρουσιάζεται καμία διαφοροποίηση στο χλωρό βάρος του βλαστού. Μετά την εφαρμογή της σκίασης διαφοροποίηση έχουμε στις δυο τελευταίες μετρήσεις στις οποίες στο θερμοκήπιο στο οποίο εφαρμόστηκε σκίαση σε ποσοστό 0% παρουσίασε μεγαλύτερο χλωρό βάρος βλαστού σε σχέση με αυτό που σκιαζόταν σε ποσοστό 35 % και 50%.

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1328653,758	1	1328653,758	2864,692	,000
Σκίαση	1436,321	2	718,160	1,548	,247
Αλατότητα	966,900	1	966,900	2,085	,171
Σκίαση * Αλατότητα	1539,232	2	769,616	1,659	,226
Error	6493,248	14	463,803		

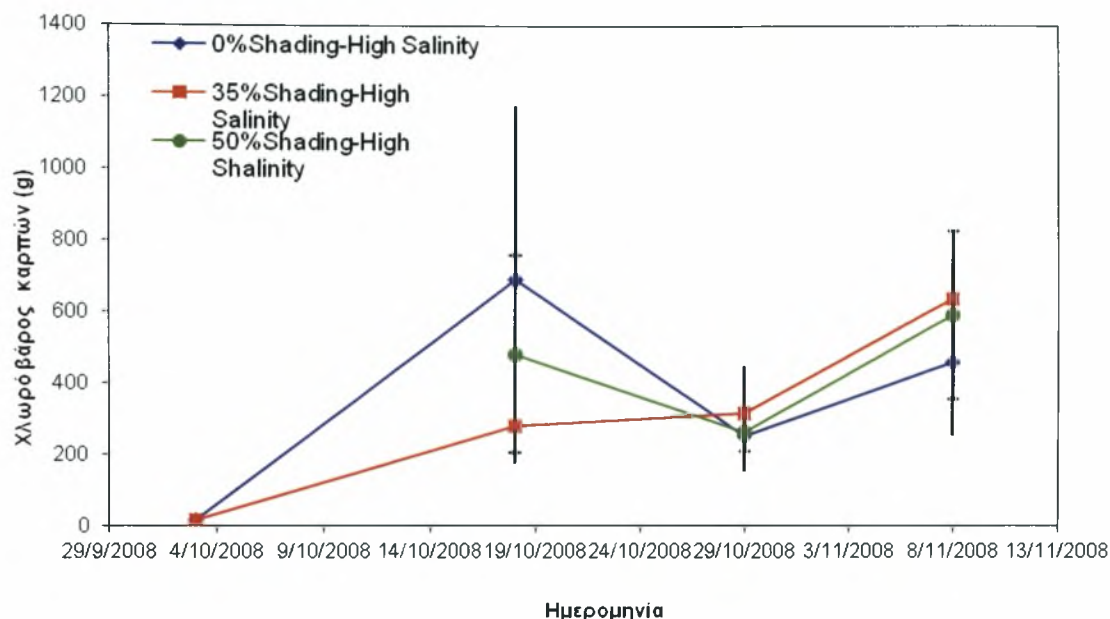
Πίνακας 4.2.5.γ

Στο σχήμα 4.2.6α παρουσιάζεται η πορεία του χλωρού βάρους των καρπών των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας - αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.2.6β παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές του χλωρού βάρους των καρπών για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα.



Σχήμα 4.2.6α. Μέσο χλωρό βάρος καρπών ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την

περίπτωση της κανονικής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις



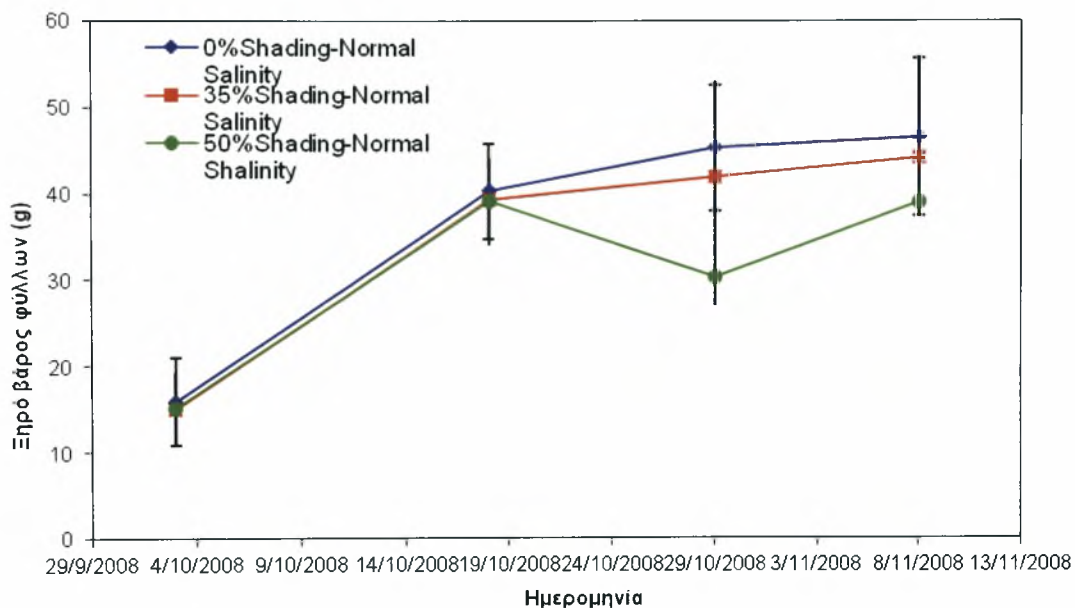
**Σχήμα 4.2.6β** Μέσο χλωρό βάρος καρπών ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της υψηλής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.

Βρέθηκε ότι τα φυτά αγγουριού και στα τρία θερμοκήπια παρουσίασαν παρόμοιο χλωρό βάρος καρπών. Με βάση τη στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι δεν επιδρά παράγοντας στο μέσο χλωρό βάρος των καρπών του φυτού. (Πίνακας 4.2.6.γ)

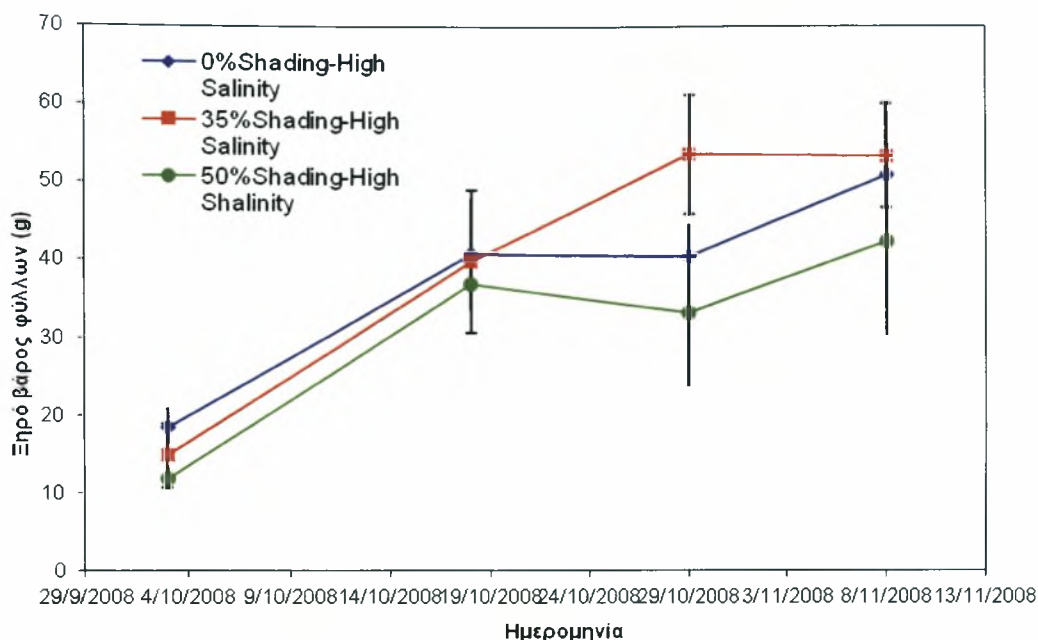
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	7347192,643	1	7347192,643	153,291	,000
Σκίαση	157376,427	1	157376,427	3,283	,108
Αλατότητα	132697,363	1	132697,363	2,769	,135
Σκίαση* Αλατότητα	181606,899	1	181606,899	3,789	,087
Error	383436,671	8	47929,584		

Πίνακας 4.2.6.γ

Στο σχήμα 4.3.1α παρουσιάζεται η πορεία του ξηρού βάρους των φύλλων, των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας - αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.3.1β παρουσιάζονται οι τιμές του ξηρού βάρους των φύλλων για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα.



**Σχήμα 4.3.1α.** Μέσο ξηρό βάρος φύλλων ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της κανονικής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.



**Σχήμα 4.3.1β.** Μέσο ξηρό βάρος φύλλων ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της υψηλής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.

Βρέθηκε ότι τα φυτά αγγουριού και στα τρία θερμοκήπια δεν παρουσίασαν παρόμοιο ξηρό βάρος φύλλων. Η απόκλιση που παρουσιάζεται όπως παρατηρήθηκε με βάση την στατιστική ανάλυση οφείλεται στην σκίαση των θερμοκηπίων και στην αλατότητα. Έτσι το μικρότερο ξηρό βάρος φύλλων παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο με 50% σκίαση.

Με βάση τη στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι ο παράγοντας που επιδρά στο μέσο ξηρό βάρος των φύλλων του φυτού είναι η σκίαση και η αλληλεπίδραση σκίασης-αλατότητας (Πίνακας 4.3.1.γ) και ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά του ύψους που παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο με 0% και 35% σκίαση σε σχέση με το θερμοκήπιο με 50% σκίαση (Πίνακας 4.3.1.δ), ενώ παράλληλα δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ του ξηρού βάρους των φύλλων του θερμοκηπίων με 0% και 35%.



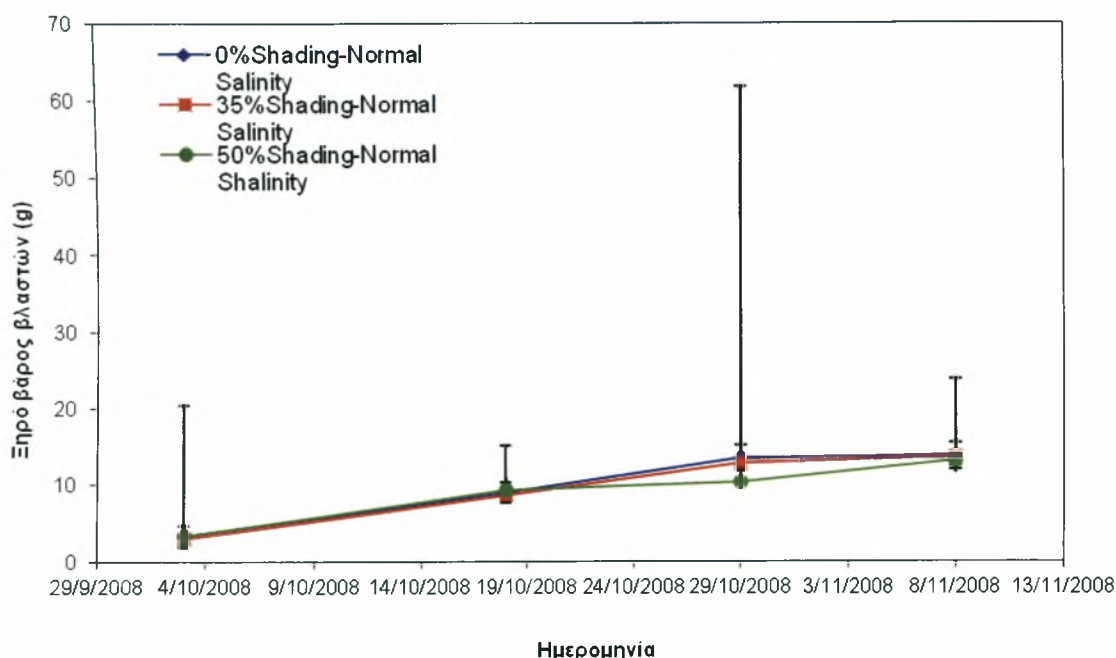
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
intercept	88116,020	1	88116,020	5365,333	,000
Σκίαση	745,177	2	372,588	22,687	,000
Αλατότητα	41,633	1	41,633	2,535	,134
Σκίαση * Αλατότητα	151,650	2	75,825	4,617	,029
Error	229,925	14	16,423		

**Πίνακας 4.3.1.γ**

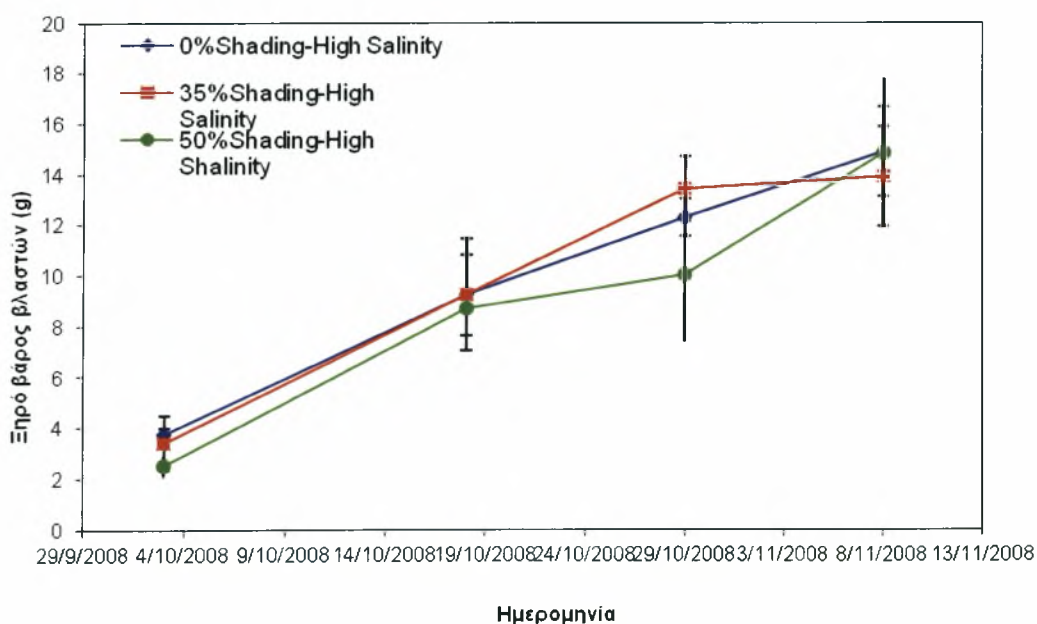
GR	N	Subset	
		1	2
Duncan <sup>a,b</sup> 0%Σκίαση	4	29,906	
35%Σκίαση	8		37,313
50%Σκίαση	8		37,731
Sig		1,000	,726

**Πίνακας 4.3.1.δ**

Στο σχήμα 4.3.2α παρουσιάζεται η πορεία του ξηρού βάρους του βλαστού, των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.3.2β παρουσιάζονται οι τιμές του ξηρού βάρους του βλαστού για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα.



**Σχήμα 4.1.7α.** Μέσο ξηρό βάρος βλαστού ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της κανονικής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.



**Σχήμα 4.1.7β.** Μέσο ξηρό βάρος βλαστού ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την

περίπτωση της υψηλής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.

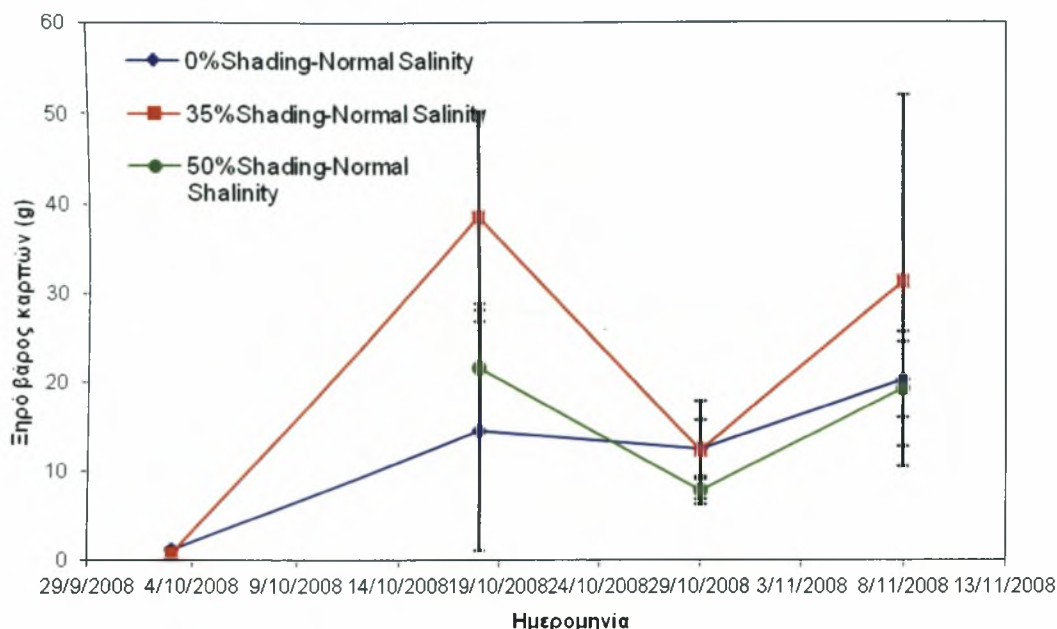
Βρέθηκε ότι τα φυτά αγγουριού και στα τρία θερμοκήπια παρουσίασαν παρόμοιο ξηρό βάρος βλαστών.

Με βάση τη στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι δεν επιδρά παράγοντας στο μέσο ξηρό βάρος των βλαστών του φυτού (Πίνακας 4.3.1.γ)

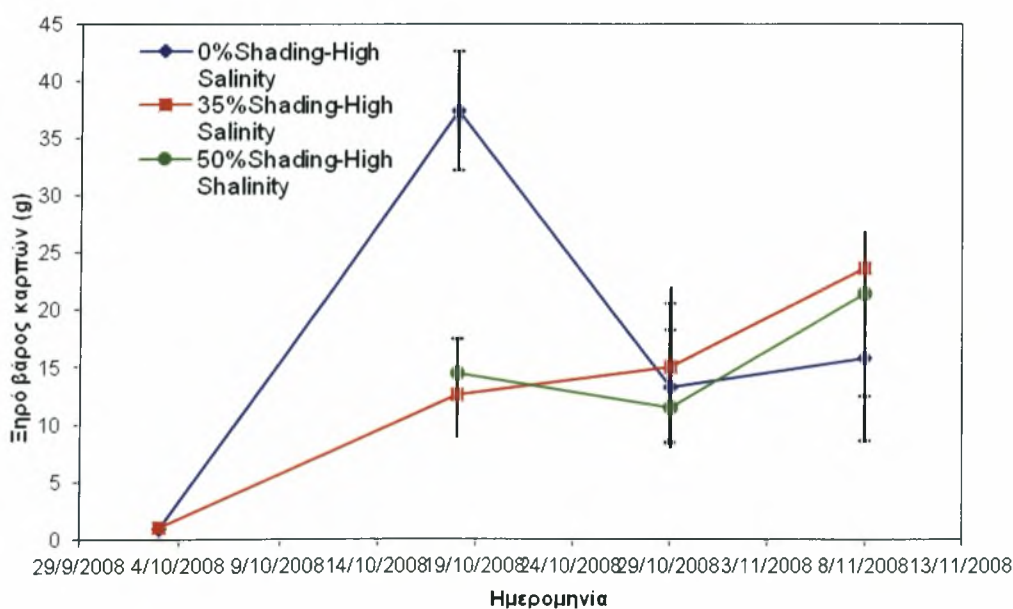
Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
intercept	6515,111	1	6515,111	3498,046	,000
Σκίαση	13,004	2	6,502	3,491	,059
Αλατότητα	,015	1	,015	,008	,929
Σκίαση * Αλατότητα	3,325	2	1,662	,892	,432
Error	26,075	14	1,863		

**Πίνακας 4.3.1.γ**

Στο σχήμα 4.3.3α παρουσιάζεται η πορεία του ξηρού βάρους των καρπών, των φυτών αγγουριού στα τρία θερμοκήπια με διαφορετικά επίπεδα σκίασης, για την περίπτωση της κανονικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος, ενώ στο σχήμα 4.3.3β παρουσιάζονται οι τιμές του ξηρού βάρους των καρπών για την περίπτωση του θρεπτικού διαλύματος με την υψηλή αλατότητα



**Σχήμα 4.3.3α.** Μέσο ξηρό βάρος καρπών ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της κανονικής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.



**Σχήμα 4.3.3β.** Μέσο ξηρό βάρος καρπών ανά φυτό αγγουριού κατά την περίοδο από 16 Σεπτεμβρίου έως 13 Νοεμβρίου του 2008 στα τρία θερμοκήπια, για την περίπτωση της υψηλής αλατότητας. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις.

Βρέθηκε ότι τα φυτά αγγουριού και στα τρία θερμοκήπια δεν παρουσίασαν παρόμοιο ξηρό βάρος καρπών. Η απόκλιση που παρουσιάζεται όπως παρατηρήθηκε με βάση την στατιστική ανάλυση οφείλεται στην σκίαση σε συνδιασμό με την αλατότητα των θερμοκηπίων (Πίνακας 4.3.3.γ). Έτσι το μικρότερο ξηρό βάρος καρπών παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο με 0% σκίαση.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
intercept	13065,602	1	13065,602	249,297	,000
Σκίαση	72,007	1	72,007	1,374	,275
Αλατότητα	116,557	1	116,557	2,224	,174
Σκίαση * αλατότητα	329,336	1	329,336	6,284	,037
Error	419,279	8	52,410		

**Πίνακας 4.3.3.γ**

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα ερευνητική εργασία, μελετήθηκε η αλληλεπίδραση της σκίασης και της αλατότητας σε παραμέτρους αύξησης και ανάπτυξης του φυτού. Στην όλη ανάλυση, μελετήθηκαν και μεμονωμένα οι παραπάνω παράγοντες, αλλά και σε συνδυασμό.

Παρατηρήθηκε, λοιπόν, ότι όσον αφορά την επίδραση της σκίασης επηρέασε το ύψος, τον αριθμό των φύλλων και την φυλλική επιφάνεια των φυτών. Επίσης, το θερμοκήπιο, στο οποίο εφαρμόστηκε σκίαση σε ποσοστό 35% συγκριτικά με αυτό στο οποίο το επίπεδο σκίασης ήταν 50%, παρουσίασε μεγαλύτερο χλωρό βάρος φύλλων, καρπών. Το ίδιο ισχύει και για τα ξηρά βάρη αυτών.

Αναφορικά με την επίδραση της αλατότητας, παρατηρήθηκε ότι αυτή δεν είχε σημαντική επίδραση στο ύψος, των αριθμό των φύλλων και τη φυλλική επιφάνεια, ενώ τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα κανονικής αλατότητας παρουσίασαν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια σε σύγκριση με αυτά που δεχόταν εναλλατωμένο θρεπτικό διάλυμα. Το διάλυμα κανονικής αλατότητας είχε επίσης πιο θετική επίδραση στο χλωρό βάρος των φύλλων και του βλαστού καθώς και στα ξηρά βάρη αυτών αλλά χωρίς οι διαφορές να είναι στατιστικώς σημαντικές για το μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ το χλωρό και το ξηρό βάρος των καρπών παρουσιάστηκε κάπως μεγαλύτερο για το θρεπτικό διάλυμα υψηλής αγωγιμότητας.

Τέλος όσον αφορά το πώς επηρεάστηκαν τα φυτά από την αλληλεπίδραση σκίασης και αλατότητας, η στατιστική επεξεργασία για επίπεδο σημαντικότητας  $P=0.05$  έδειξε ότι δεν επηρέασε στατιστικώς σημαντικά τις παραμέτρους που μελετήθηκαν με εξαίρεση τη φυλλική επιφάνεια, ξηρό βάρος φύλλων και ξυρό βάρος καρπών, προς το τέλος κυρίως της καλλιεργητικής περιόδου.

## 6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bakker J.C., Bot G.P.A., Challa H. and Van de Braak N.J. (Editors), 1995. Greenhouse climate control. An integrated approach. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, 279 pp., ISBN 90-74134-17-3.
- Baile A., 2001. Trends in greenhouse technology for improved climate control in mild winter climates. *Acta Horticulturae* 559: 161-168.
- Bakker J.C., Bot G.P.A., Challa H. and Van de Braak N.J. (Editors), 1995. Greenhouse climate control. An integrated approach. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, 279 pp., ISBN 90-74134-17-3.
- El- Gizawy A.M., Abdallah M.M.F., Gomaa H.M., Mohamed S.S., 1992. Effect of different shading levels on tomato plants 2. Yield and fruit quality. *Acta Horticulturae* 323: 349-354.
- Lorenzo M, Sánchez-Guerrero C.M, Medrano E., García L.M, Caparrós I., Giménez M., (2003). External greenhouse mobile shading: effect on microclimate, water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity levels of the nutrient solution. *Acta Horticulturae* 609:181-186.
- Lorenzo P, Garcia L.M, Sanchez-Guerro C.M, Medrano E, Caparros I., Giménez M., (2006). Influence of mobile shading on yield, crop transpiration and water use efficiency. *Acta Horticulturae* 719: 471-478
- Raveh E, Cohen S, Raz T, Grava A, Goldschmidt EE (2003) Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. *Journal Experimental Botany* 54, 365-373.
- Kittas C., 1995. A simple climagraph for characterizing regional suitability for greenhouse cropping in Greece. *Agricultural and Forest Meteorology*, 78: 133-141.
- N. Katsoulas, C. Kittas, 2008. Impact of Greenhouse Microclimate on Plant Growth and Development with Special Reference to the Solanaceae. *European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2 (1): 45- 61.
- Smith, I. E., Savage, M. J., Mills, P. 1984. Shading effects on greenhouse tomatoes and cucumbers. *Acta Horticulturae*, 148: 491-500
- Teitel, M., Tanny, J., 1999. Natural ventilation of greenhouses: experiments and model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 96: 59-70.

- Yahya A., Atherton J. (1995). Growth and fruiting responses of strawberry plants grown on rockwool to shading and salinity. *Scientia Hort.* 62: 25-31
- El-Aidy F. and El-Afry, M., 1983. Influence of shade on growth and yield of toan cultivated during the summer season in Egypt. *Plasticulture* 47:2-6
- Rylski, I., Spigelman, M., 1986. Effect of shading on plant development, yield a fruit quality of sweet pepper grown under conditions of high temperature a radiation. *Scientia Horticulturae.* 29 (1-2): 31-35.
- Κίττας Κ., 2000. Θερμοκήπια, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 150.
- Κατσούλας, Ν., 2002. Επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος στη διαπνοή τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 216 σελίδες
- Ολύμπιος Χ.Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα. Σελ : 27-29.
- Σουλιώτης Μ., Καυγά Α., Τρυπαναγνωστόπουλος Ι., 2001. «Εφαρμογή φακών Fresnel για τον έλεγχο του φωτισμού και της θερμοκρασίας των θερμοκηπίων». Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών- Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας, ΤΕΙ Μεσολογγίου
- Ρηγάκης Ν., Μπανάκα Φ., Μπαρτζάνας Θ., Κίττας Κ., 2005. Επίδραση διαφορετικών διχτύων σκίασης στο μικροκλίμα και στην ανάπτυξη υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας. Πρακτικά 22<sup>ου</sup> πανελλήνιου επιστημονικού συνεδρίου επιστήμης οπωροκηπευτικών. Πάτρα 2005. Τεύχος Α, Τόμος 12





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000104281