



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

*«Μελέτη της επίδρασης διαφορετικών δικτύων σκίασης και εντομοστεγανότητας
στο μικροκλίμα και την καλλιέργεια πιπεριάς σε δικτυοκήπιο»*

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΜΠΕΛΙΤΣΙΩΤΗΣ

**ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΒΟΛΟΣ 2015

*«Μελέτη της επίδρασης διαφορετικών διχτύων σκίασης και εντομοστεγανότητας στο
μικροκλίμα και την καλλιέργεια πιπεριάς σε διχτυοκήπιο»*

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΙΤΤΑΣ**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΙΤΤΑΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

ΝΙΚΟΛΑΣ ΚΑΤΣΟΥΛΑΣ (ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

ΘΩΜΑΣ ΜΠΑΡΖΤΑΝΑΣ (ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ)

Ευχαριστίες

Θα ήθελα μέσα από αυτές τις λιγοστές γραμμές να εκφράσω ευχαριστίες πρωτίστως στον καθηγητή κ. Κίττα Κωσταντίνο για την πολύτιμη βοήθειά του για να έρθει εις πέρας το πείραμα αυτό καθώς και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με τον συγκεκριμένο κλάδο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Κατσούλα Νικόλαο για το χρόνο που διέθεσε για την διόρθωση και για τις παρατηρήσεις της πτυχιακής μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μπαρτζάνα Θωμά για τις παρατηρήσεις και την βοήθεια που μου προσέφερε και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Ρηγάκη Νικόλαο για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια του πειράματος και κατά την συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την ηθική, πρακτική και οικονομική τους στήριξη που μου πρόσφεραν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

Αφιερώνεται στην οικογένεια μου

**«Μελέτη της επίδρασης διαφορετικών δικτύων σκίασης και εντομοστεγανότητας
στο μικροκλίμα και την καλλιέργεια πιπεριάς σε δικτυοκήπιο».**

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	5
1.1	Διχτυοκήπια.....	6
1.2	Δίχτυα αγροτικής χρήσης.....	7
1.3	Αντιανεμικά δίχτυα – Ανεμοφράκτες	7
1.4	Δίχτυα σκίασης.....	8
1.5	Εντομοστεγανά Δίχτυα.....	12
1.6	Αντιχαλαζικά δίχτυα	14
1.7	Ηλιακή ακτινοβολία	15
1.7.1	Συνολική Ακτινοβολία (200 - 10 ⁵ nm).....	15
1.8	Πιπεριά.....	18
1.8.1	Καταγωγή-Ιστορικό	18
1.8.2	Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	18
1.8.3	Συνθήκες στο σπορείο.....	19
1.8.4	Εδαφικό περιβάλλον	19
1.8.5	Καλλιέργεια.....	20
1.8.6	Ρυθμός φωτοσύνθεσης	22
1.8.7	Κλιματικοί παράγοντες	22
2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	23
2.1	Επίδραση σκίασης στο μικροκλίμα.....	23
2.2	Επίδραση υλικών σκίασης στην ηλιακή ακτινοβολία.....	23
2.3	Επίδραση σκίασης στις καλλιέργειες.....	24
3	Σκοπός της εργασίας.....	25
4	Υλικά και μέθοδοι	26
4.1	Ο πειραματικός αγρός	26
4.2	Υλικά κάλυψης διχτυοκηπίων.....	26
4.3	Η καλλιέργεια.....	29

4.4	Καλλιεργητική Τεχνική.....	30
4.5	Μετρήσεις Πειραματικής περιόδου	33
4.5.1	Οπτικές Ιδιότητες Διχτυών Σκίασης	33
4.5.2	Κλιματικές Μετρήσεις	35
4.5.3	Αγρονομικές Μετρήσεις	36
4.5.4	Υπολογισμοί παραμέτρων αύξησης και ανάπτυξης.....	37
4.5.5	Παραγωγικότητα	38
4.6	Το Πειραματικό Σχέδιο	39
4.7	Στατιστική Ανάλυση	39
5	Αποτελέσματα	40
5.1	Κλιματικές Συνθήκες κατά τη διάρκεια του πειράματος.....	40
5.1.1	Ηλιακή ακτινοβολία	40
5.1.2	Θερμοκρασία και έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα	41
5.2	Μη Καταστροφικές Μετρήσεις.....	44
5.2.1	Ύψος και αριθμός φύλλων φυτών.....	44
5.2.2	Αριθμός των φύλλων.....	46
5.2.3	Παραγωγικότητα	47
5.2.4	Ποιότητα παραγωγής	50
5.3	Καταστροφικές Μετρήσεις	51
5.3.1	Ύψος φυτών	51
5.3.2	Αριθμός φύλλων.....	53
5.4	Αύξηση φυτών.....	54
5.4.1	Ξηρά ουσία καρπών	57
5.4.2	Συνολική ξηρή ουσία	60
5.4.3	Περιεκτικότητα ξηράς ουσίας.....	61
5.5	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας LAI.....	65
5.6	Αποτελεσματικότητα χρήσης ακτινοβολίας (RUE).....	66

6	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	67
6.1	Επίδραση διχτυοκηπίων στο μικροκλίμα.....	67
6.2	Επίδραση των διχτυοκηπίων στις υπο κάλυψη καλλιέργειες	68
6.2.1	Αγρονομικά χαρακτηριστικά	68
6.2.2	Παραγωγικότητα καλλιεργειών εντός διχτυοκηπίων.....	70
6.2.3	Ποιότητα Παραγωγής.....	72
6.2.4	Αύξηση καλλιεργειών εντός διχτυοκηπίων	73
6.2.5	Αποτελεσματικότητα Χρήσης Νερού και Ακτινοβολίας.....	74
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	76
8	Βιβλιογραφία	77

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε πειραματικά η επίδραση τριών διαφορετικών δικτύων κάλυψης στο μικροκλίμα, στην ανάπτυξη και στην παραγωγή καλλιέργειας πιπεριάς και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με την περίπτωση καλλιέργειας στον ανοικτό αγρό. Τα δικτυοκήπια καλύφθηκαν με τα εξής δίχτυα: (α) εντομοστεγανό δίχτυ (50-mesh), διάφανο, με ποσοστό σκίασης περίπου 13% (IP-13), (β) εντομοστεγανό δίχτυ (50-mesh), λευκό, με ποσοστό σκίασης περίπου 34% (IP-34) και (γ) δίχτυ σκίασης, πράσινο, με ποσοστό σκίασης περίπου 36% (S-36). Τα δίχτυα (α) και (β) είχαν το ίδιο πορώδες αλλά διαφορετικό ποσοστό σκίασης ενώ τα δίχτυα (β) και (γ) είχαν παρόμοιο ποσοστό σκίασης αλλά διαφορετικό πορώδες. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μικροκλίματος έδειξαν μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω από τις καλλιέργειες εντός των δικτυοκηπίων ανάλογη του ποσοστού σκίασης κάθε δικτυού, ενώ η θερμοκρασία και το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα εντός των δικτυοκηπίων ήταν παρόμοια με εκείνα στον ανοικτό αγρό. Ωστόσο, βελτιώθηκε το μικροκλίμα των δικτυοκηπίων, όπως αυτό υποδεικνύεται από την μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα και του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας-αέρα. Εντός των δικτυοκηπίων παρατηρήθηκε αύξηση της συνολικής παραγωγής, σε σχέση με τον ανοικτό αγρό, κατά 56%, 30% και 5% στα δικτυοκήπια IP-13, IP-34 και S-36, αντίστοιχα. Η εμπορεύσιμη παραγωγή εντός των δικτυοκηπίων ήταν περίπου 90% επί της συνολικής έναντι 63% της αντίστοιχης στον ανοικτό αγρό. Επιπλέον, η ποιότητα της παραγωγής εντός των δικτυοκηπίων ήταν υψηλότερη σε σχέση με τον ανοικτό αγρό, καθώς συγκομίστηκαν μεγαλύτερου μεγέθους καρποί, σχεδόν εξαλείφθηκε το ηλιακό έγκαυμα των καρπών, μειώθηκε δραστικά η ξηρή σήψη κορυφής (BER), ενώ στα εντομοστεγανά δικτυοκήπια μειώθηκε και ο αριθμός των καρπών που είχαν σημάδια προσβολής από θρίπες. Τα δικτυοκήπια μέσω του βελτιωμένου μικροκλίματος επέδρασαν θετικά στην αύξηση της παραγωγής ξηράς ουσίας των καλλιεργειών τους και επιπλέον αύξησαν την αποτελεσματικότητα χρήσης της ακτινοβολίας (RUE) και του νερού (WUE) των υπο κάλυψη καλλιεργειών. Τέλος, το πράσινο δίχτυ μάλλον επιδρά αρνητικά στην παραγωγικότητα, σε σχέση με ένα παραπλήσιας σκίασης λευκό δίχτυ. Έτσι προτείνεται η χρήση πράσινων δικτύων μόνο όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα λευκά δίχτυα.

1 Εισαγωγή

Την παρασμένη δεκαετία μεγάλο μέρος της εντατικής γεωργίας μετατοπίστηκε, στο Ισραήλ, στην Ιταλία, στη νότια Ισπανία και αλλού, εντός των διχτυοκηπίων. Καθώς η τεχνική καλλιέργειας σε διχτυοκήπια είναι σχετικά νέα, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία σχετικά με τις εκτάσεις που καλλιεργούνται υπό σκίαση. Παρόλα αυτά οι εκτάσεις είναι αρκετές και μόνο στο Ισραήλ καλλιεργούνται περίπου 60.000 στρέμματα, ενώ στην Ελλάδα οι καλλιεργούμενες εκτάσεις υπό σκίαση φαίνεται να ξεπερνούν τις 10.000 στρέμματα (υπολογισμοί εκτάσεων από την «Πλαστικά Θράκης ΑΕ»). Ο σκοπός της χρησιμοποίησης των θερμοκηπίων στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι η τροποποίηση ή η ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών. Με τη χρήση των θερμοκηπίων αποφεύγονται ζημιές από τον αέρα, τη βροχή, το χιόνι και το χαλάζι. Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των κατασκευών αυτών και ιδιαίτερα αυτών που καλύπτονται με εντομοστεγανά δίχτυα, προέρχεται κυρίως από την αυξανόμενη ζήτηση για «καθαρά» προϊόντα παραγόμενα με μειωμένη χρήση φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων (Castellanoetal., 2008). Τα διχτυοκήπια αποτελούν μια τεχνική καλλιέργειας φιλική προς το περιβάλλον και την υγεία των παραγωγών και των καταναλωτών καθώς μειώνουν την ανάγκη για χρήση εντομοκτόνων. Έχει βρεθεί ότι η αποδοτικότερη επένδυση για κάθε περιοχή δεν είναι απαραίτητα και η περισσότερο ακριβή ή η τεχνολογικά περισσότερο ανεπτυγμένη (Vanthooretal., 2012). Τα διχτυοκήπια, τα οποία σε σχέση με το θερμοκήπιο αποτελούν μια χαμηλού κόστους επένδυση, προστατεύουν αποτελεσματικά την καλλιέργεια από τα υψηλά επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αυξάνοντας σημαντικά όχι μόνο την συνολική αλλά και την εμπορεύσιμη παραγωγή, εξαλείφοντας τα ηλιακά εγκαύματα των καρπών και τα προβλήματα που προκύπτουν από τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην καλλιέργεια στον ανοιχτό αγρό (Kittasetal., 2012). Παράλληλα, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση νερού καθώς σε σχέση με την καλλιέργεια στον ανοιχτό αγρό μειώνουν την κατανάλωση νερού από την καλλιέργεια (MöllerandAssouline, 2007; Katsoulasetal., 2012).

Οι σύγχρονες γεωργικές τεχνικές, αλλά και οι εμπορικές απαιτήσεις, επιβάλλουν την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας και καθαρότητας, ακόμα και κατά την καλοκαιρινή περίοδο, με μεθόδους που υποκαθιστούν τα θερμοκήπια, μιας

και αυτά δεν μπορούν να ανταποκριθούν επαρκώς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, χωρίς την χρήση κοστοβόρων και ενεργοβόρων λύσεων. Γι αυτό το λόγο έχει αρχίσει η ανάπτυξη εγκαταστάσεων με δίχτυα σκίασης.

1.1 Διχτυοκήπια

Μια τεχνολογία, η οποία είναι πολύ διαδεδομένη στο Ισραήλ, ονομάζεται "δικτυοκήπιο" και αποτελεί μια εναλλακτική οικονομική λύση για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων (λαχανικών και φρούτων) σε ένα προστατευόμενο περιβάλλον κατά την δύσκολη περίοδο του καλοκαιριού όπου πλέον, λόγω της υψηλής έντασης ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και των υψηλών θερμοκρασιών είναι πολύ δύσκολη η παραγωγή των καλλιεργειών υπό αυτές τις συνθήκες. Τα διχτυοκήπια είναι μια πολύ πρακτική, αποδοτική λύση και ταυτόχρονα πολύ οικονομική κατασκευή η οποία επιτρέπει την παραγωγή οπωροκηπευτικών προϊόντων σε περιοριστικές για την καλλιέργεια συνθήκες. Πιο αναλυτικά, είναι μια μεταλλική κατασκευή με κολώνες από γαλβανισμένους εν θερμώ σωλήνες και η σύνδεση αυτών με γαλβανισμένα συρματόσχοινα και ειδικά εξαρτήματα συνδεσμολογίας. Η φιλοσοφία βασίζεται στην εξειδικευμένη γνώση και στους ακριβείς στατικούς υπολογισμούς μιας και πρόκειται για μια ελαφριού τύπου κατασκευή. Ο σκελετός, ο οποίος αποτελείται από κολώνες και συρματόσχοινα, επιτρέπει την κατασκευή δικτυοκηπίων από 3,5 m ύψος έως και τα 8 m. Ο σκελετός μπορεί να αντισταθεί σε ανέμους μέχρι 120 kmh^{-1} καθώς και να αντέξει αναρτώμενο βάρος μέχρι 25 kgm^{-2} .

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό των κατασκευών είναι τα υλικά κάλυψης αυτών. Πρόκειται για ειδικά εντομοστεγή δίχτυα τα οποία αποτρέπουν την είσοδο των εντόμων και καλύπτουν την καλλιέργεια τόσο από τα πλαϊνά όσο και από την οροφή. Έτσι υπάρχει πλήρης στεγανοποίηση και προστασία κάτι που σημαίνει υγιή φυτά και ελάχιστη έως μηδενική χρήση των πιο επικίνδυνων φυτοφαρμάκων όπως είναι τα εντομοκτόνα. Εκτός των εντομοστεγανών δικτύων, οι κατασκευές μπορούν να καλυφθούν με δίχτυα σκίασης. Τα δίχτυα αυτά προστατεύουν τις υπό κάλυψη καλλιέργειες από τις υψηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας. Τέλος, με συγκεκριμένη τεχνική στήριξης των δικτύων οροφής επιτυγχάνεται και αντιχαλαζική προστασία της καλλιέργειας.

Έτσι η χρήση δικτύων σκίασης και εντομοστεγανότητας παρουσιάζει πλέον πολλά πλεονεκτήματα για τις ανοικτές καλλιέργειες. Τα δίχτυα σκίασης συνιστώνται

για κάθε είδους καλλιέργεια, σκεπάζοντας αυτές από επάνω ή κατασκευάζοντας διχτυοκήπιο, χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο βαθμό σκίασης ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και το αποτέλεσμα το οποίο επιθυμείται από τον παραγωγό (Kittas et al., 2009).

1.2 Δίχτυα αγροτικής χρήσης

Τα δίχτυα σκίασης διακρίνονται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά και από τις οπτικές τους ιδιότητες.

Οι οπτικές ιδιότητες των διχτυών είναι οι ακόλουθες:

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

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διχτυών είναι τα ακόλουθα:

- Το ποσοστό σκίασης (%).
- Χρώμα.
- Υλικό κατασκευής.
- Διαστάσεις οπών (mmxmm).
- Βάρος(g/m²).
- Αντοχή στη UV ακτινοβολία (έτη).
- Διαστάσεις εμπορικής διάθεσης (Μήκος Πλάτος) (mxm).

Τα δίχτυα αγροτικής χρήσης είναι τα εξής: Αντιανεμικά δίχτυα – Ανεμοφράκτες, απλά δίχτυα σκίασης, φωτοεκλεκτικά δίχτυα σκίασης, εντομοστεγή δίχτυα, αντιχαλαζικά δίχτυα, θερμοκουρτίνες.

1.3 Αντιανεμικά δίχτυα – Ανεμοφράκτες

Υπάρχουν μια σειρά από πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη εγκατάσταση των αντιανεμικών διχτυών (Ρηγάκης Ν., 2003).

- Ⓢ Αποτρέπουν τη φυσική ζημία στα φυτά που προκαλεί ο άνεμος ,όπως σπασμένα κλαδιά και ζημιές στους καρπούς και τα άνθη των φυτών.
- Ⓢ Επιβραδύνει την εξάτμιση που σημαίνει πιο αποτελεσματική χρήση του νερού.

- ⊙ Τα αντιανεμικά ανεβάζουν την θερμοκρασία εδάφους, η οποία βοηθά τις καλλιέργειες να ωριμάζουν νωρίτερα.
- ⊙ Επιβραδύνουν τη διάβρωση του εδάφους και αποτρέπουν την εξάπλωση στο έδαφος, ασθενειών που μεταδίδονται με τον αέρα
- ⊙ Βοηθούν στην επικονίαση και αυξάνουν την αποτελεσματικότητα των μικροσπρί και άλλες μορφές άρδευσης.
- ⊙ Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα αντιανεμικό μπορεί να βοηθήσει να διατηρήσει την υγρασία σε τέτοιο επίπεδο ώστε τη νύχτα να μη δημιουργηθεί παγετός.

1.4 Δίχτυα σκίασης

Τα δίχτυα, σκίασης μέσω της ιδιότητας τους να μειώνουν την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στους καρπούς, τους προστατεύει από το ηλιόκαυμα, που συμβαίνει λόγω της άμεσης και απότομης έκθεσης των καρπών στην ηλιακή ακτινοβολία καθώς αναπτύσσονται και καθιστά τους καρπούς μη εμπορεύσιμους. Συνιστώνται για κάθε είδους καλλιέργεια, σκεπάζοντας από επάνω, ή κάνοντας διχτυοκήπιο, χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο βαθμό σκίασης ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας. Στα θερμοκήπια, εκτός από την προστασία από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία, αυξάνουν τη ζωή του χρησιμοποιούμενου film PE & το προστατεύουν από το χαλάζι.

Πρόκειται για ειδικά φωτορυθμιστικά δίχτυα. Παράγονται σε διάφορους χρωματισμούς (κόκκινο, περλέ, κίτρινο, γκρι, ασημί, μπλέ, αλουμίνιο) και σε διάφορα ποσοστά σκίασης, από 30% μέχρι και 90 % . Η επιλογή γίνεται ανάλογα με την καλλιέργεια , το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, το επιθυμητό χαρακτηριστικό και την εποχή χρήσης τους (Kittasetal., 2009).

Σήμερα προσφέρονται διάφορα έγχρωμα δίχτυα, που το καθένα τροποποιεί το φάσμα της διερχόμενης από αυτά ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με το χρώμα του. Ανάλογα με την σύνθεση του χρωματισμού, με τα κατάλληλα έκδοχα στο πλαστικό κατασκευής τους, και σύμφωνα με τον τρόπο πλέξης, τα ιδιαίτερα αυτά δίχτυα προσδίδουν στην καλλιέργεια ένα μεγάλο εύρος μίξεως φυσικού και φιλτραρισμένου/τροποποιημένου φωτός, το οποίο διαχέεται σε συγκεκριμένο φάσμα.

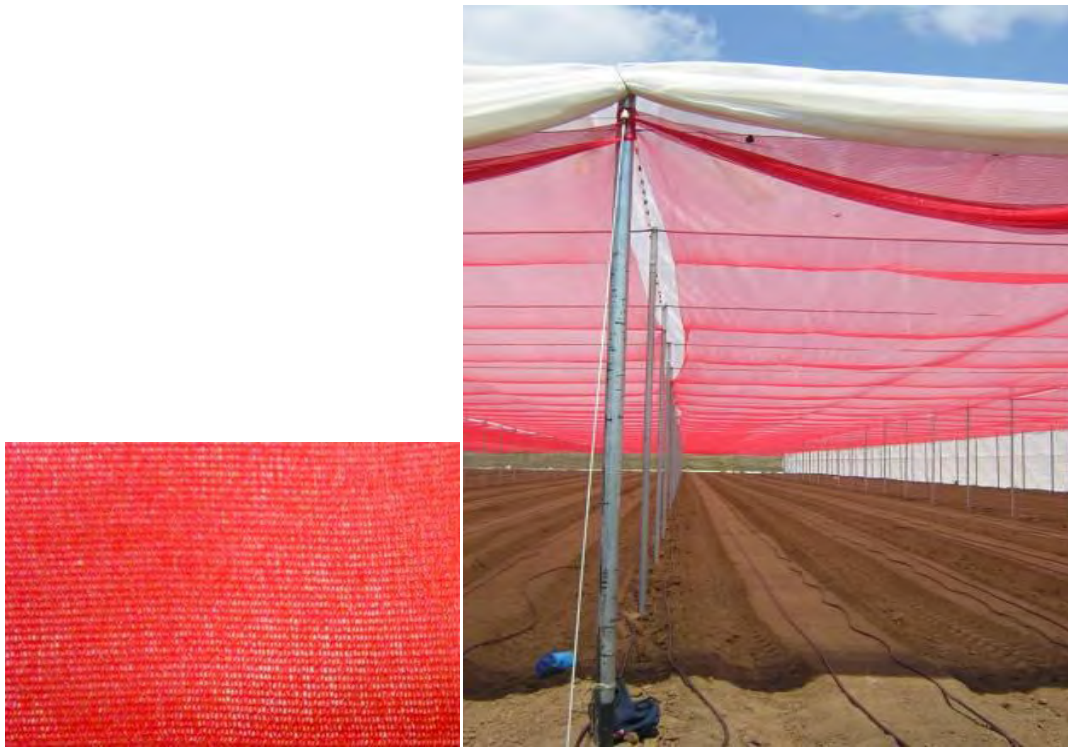
Τα δίχτυα μπορούν να κατασκευαστούν είτε με νήμα πολυαιθυλενίου (PA) είτε με νήμα πολυπροπυλενίου (PP). Συνήθως όμως προτιμώνται τα δίχτυα πολυαιθυλενίου καθώς είναι πιο ανθεκτικά στην ηλιακή ακτινοβολία και ακτινοβολία

UV, πιο οικονομικά, πιο εύκολα στη χρήση. Το πλεονέκτημα των δικτύων πολυπροπυλενίου είναι ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις.

Οι τύποι φωτοεκλεκτικών δικτύων:

Κόκκινα δίκτυα

Ελαττώνουν την ακτινοβολία που βρίσκεται στο φάσμα του μπλε, του κίτρινου και του πράσινου και αυξάνουν το φάσμα του ερυθρού και του υπέρυθρου (Εικόνα 1). Επίσης, επιτυγχάνεται η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών, αυξάνεται η φυλλική επιφάνεια, ο όγκος του φυλλώματος είναι μεγαλύτερος και σε σχέση με τα φυτά που αναπτύσσονται κάτω από το λευκό φως οι βλαστοί είναι μεγαλύτερου μήκους αλλά και διαμέτρου.



Εικόνα 1 Κόκκινο δίκτυο σκίασης σε δικτυοκήπιο υπό προετοιμασία για την έναρξη καλλιεργητικής περιόδου.

Μπλε δίκτυα

Αυξάνουν την ακτινοβολία στο φάσμα του μπλε και την ελαττώνουν στο φάσμα του ερυθρού και του υπέρυθρου (Εικόνα 2). Επιβραδύνουν την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Σε αυτά τα φυτά που παράγουν άνθη καθυστερείται η άνθηση (ο παραγωγός να προγραμματίζει το χρόνο άνθησης ανάλογα με τις εποχιακές απαιτήσεις της αγοράς). Κυρίως τέτοιου τύπου δίκτυ χρησιμοποιείται σε γλαστρικά φυτά.



Εικόνα 2 Μπλε δίκτυ σκίασης σε γλαστρικά φυτά

Κίτρινα δίκτυα

Εκπέμπουν περισσότερο φως στο φάσμα του κίτρινου, ιώδους και υπεριώδους φάσματος (Εικόνα 3). Το φως, το οποίο αντανακλάται μέσω του δικτυού, είναι μεγάλης διάχυσης. Το κίτρινο δίκτυ έχει τις ίδιες εφαρμογές με το κόκκινο, αλλά υπολείπεται του κόκκινου. Σε πάρα πολλά φυτά προκαλεί :μεγάλο βαθμό ανάπτυξης, πρόσθεση φυτικής μάζας και παραγωγή, μακρύτερα και ισχυρότερα κλαδιά- βλαστοί και μεγαλύτερους καρπούς.



Εικόνα 3Κίτρινο δίχτυ σκίασης

Λευκά δίχτυα

Διαχέουν την άμεση ακτινοβολία προσφέροντας με αυτό τον τρόπο πάνω από 80 % διάχυτη ακτινοβολία στην καλλιέργεια (προάγει την ανάπτυξη δευτερευόντων βλαστών σε πολλά φυτικά είδη και είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για φυλλώδη προϊόντα) (Εικόνα 4). Προσφέρεται μεγαλύτερη αύξηση, ανάπτυξη και βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος.



Εικόνα 4. Λευκό δίχτυ σκίασης

Επαλουμινωμένα δίχτυα

Διαχέουν μεγάλο ποσοστό (70 %) της άμεσης ακτινοβολίας αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια και διχτυοκήπια καθώς και για αντιπαγετική προστασία, αφού έχουν την ιδιότητα να αντανακλούν την ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά τους. Είναι ανθεκτικά στην UV ακτινοβολία.

Γκρι δίχτυα

Η διαφορά του εκπεμπόμενου φάσματος φωτός μεταξύ του γκρι και του μαύρου δίχτυου είναι αμελητέα (Εικόνα 5). Η διάχυση του φωτός κάτω από το γκρι

δίχτυ είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με αυτό που υπάρχει κάτω από το μαύρο. Σε πάρα πολλά φυτά προκαλεί πρόσθετη παραγωγή και αύξηση του αριθμού κεντρικών και δευτερευόντων κλαδιών.



Εικόνα 5 Περλέ (αριστερά) και γκρι (δεξιά) δίχτυ σκίασης

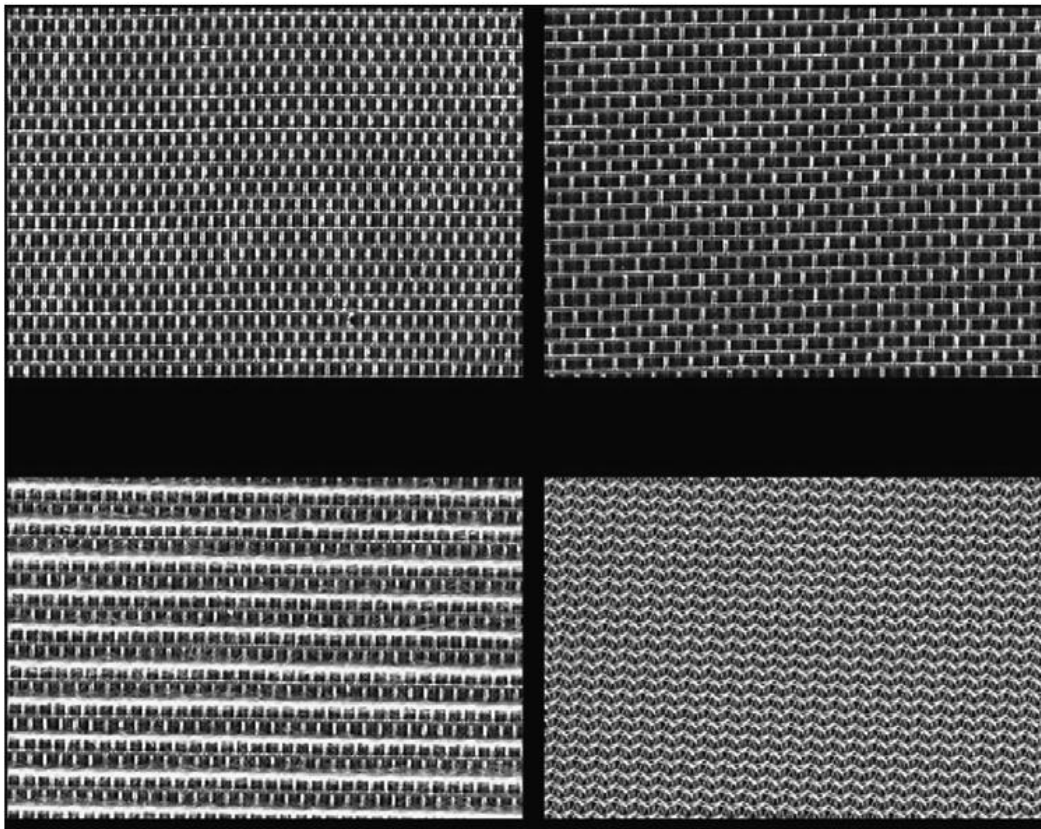
1.5 Εντομοστεγανά Δίχτυα

Τα έντομα είναι μια από τις μέγιστες απειλές στη σύγχρονη γεωργία, η οποία μπορεί σοβαρά να βλάψει τη συγκομιδή. Τα δίχτυα “anti-insect”, που χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά στα θερμοκήπια, ή στα διχτυοκήπια, αποτρέπουν στην είσοδο σε πολλά έντομα, όπως αλευρώδης, αφίδα, tuta, για να βλάψουν τη παραγωγή. Τα εντομοστεγανά δίχτυα (Εικόνα 7) μπορεί να είναι το ίδιο αποτελεσματικά στην προστασία των καλλιεργειών όπως και η χημική καταπολέμηση χωρίς όμως να επιβαρύνουν την υγεία των καταναλωτών όπως τα κατάλοιπα των εντομοκτόνων.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους είναι η πυκνότητα της πλέξης τους. Βάσει του μεγέθους του εντόμου που είναι επιθυμητό να αποκλειστεί από την υπο κάλυψη καλλιέργεια ρυθμίζονται οι διαστάσεις των οπών του διχτυού (Πίνακας 1). Όσο μικρότερο το έντομο στόχος τόσο μικρότερη η διάσταση των οπών του διχτυού και επομένως η πυκνότητα της πλέξης του. Το μέτρο χαρακτηρισμού της πυκνότητας πλέξης διεθνώς είναι το “mesh”, το οποίο εκφράζει τον αριθμό των οπών ανά ίντσα διχτυού (Εικόνα 6). Έτσι, ένα δίχτυ 17-mesh παρουσιάζει 17 οπές ανά τρέχουσα ίντσα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι διχτυών, όσον αφορά τον αριθμό των mesh τους, όπως 17, 25, 40, 50 και 75 mesh. Στην Ευρώπη συνήθως χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό της ύφανσης ενός διχτυού ο αριθμός των οπών ανά τρέχον εκατοστό κατά μήκος και πλάτος του υφιδιού του, δηλαδή, ένα δίχτυ 10 x20 έχει 10 και 20 οπές ανά τρέχον εκατοστό κατά μήκος και πλάτος του υφιδιού του, αντίστοιχα.

Πίνακας 1. Μέση τιμή μεγέθους μερικών κοινών εχθρών θερμοκηπιακών καλλιεργειών και το μέγιστο μέγεθος ανοιγμάτων (οπών) διχτύων τα οποία μπορούν να αποτρέψουν την είσοδό τους στο εσωτερικό των θερμοκηπίων (Teitel, 2007)

Επιστημονικό όνομα	Θώρακας (micrometer)	Meshsize (micrometer)
<i>Frankliniella occidentalis</i>	184.4 (♂), 245.5 (♀)	190
<i>Bemisia argentifolii</i>	239	240
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	288	290
<i>Aphis gossypii</i>	355 (♀)	340
<i>Bemisia tabaci</i>	215.8 (♂), 261.3 (♀)	462
<i>Liriomyza trifolii</i>	562.5 (♂), 653.8 (♀)	610



Εικόνα 6. Δείγματα εντομοστεγανών διχτύων. (Teitel, 2007)

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό των διχτύων είναι η διάμετρος του νήματός του. Η διάμετρος του νήματος επηρεάζει το πορώδες (λόγος εμβαδού οπών : οπών + νημάτων διχτυού) ενός διχτυού. Δύο δίχτυα με ίδιο αριθμό mesh αλλά διαφορετική διάμετρο νήματος παρουσιάζουν διαφορετικό μέγεθος οπής, άρα και διαφορετικό

πορώδες. Το πορώδες ενός δίχτυου είναι πολύ σημαντικό διότι επηρεάζει την αεροπερατότητά του, άρα και την δυνατότητα αερισμού ενός διχτυοκηπίου.



Εικόνα 7. Διχτυοκήπιο καλυμμένο με εντομοστεγανό δίχτυ.

1.6 Αντιχαλαζικά δίχτυα

Τα αντιχαλαζικά δίχτυα παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά:

- Είναι προϊόντα από ίνες πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας.
- Στην πρώτη ύλη έχει γίνει προσθήκη σταθεροποιητών, δηλαδή ουσιών που προσδίδουν στο δίχτυ μεγάλη αντοχή & προστασία από τις συνθήκες του περιβάλλοντος & ιδιαίτερα την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, που αποτελεί τη κύρια αιτία της καταστροφής των πλαστικών.
- Διατηρούν την αρχική τους κατάσταση & είναι ανθεκτικά στις φθορές
- Παρουσιάζουν αντοχή στις θερμοκρασίες από -20° έως $+50^{\circ}\text{C}$., σε χημικές οξειδώσεις, στα φυτοφάρμακα και σε άλλες συναφείς ουσίες.
- Έχουν μεγάλη αντοχή στις εξωτερικές πιέσεις και φόρτια (χαλάζι, χιόνι) (Εικόνα 8).
- Διαθέτουν ενίσχυση στην άκρη & στη μέση του πλάτους τους (στο υφάδι τους)
- Το βάρος τους πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστο στα $55+\text{g}$ και η μηχανική τους αντοχή ξεπερνά τα 500 kgm^{-2} .

- Το προϊόν είναι πλεκτό και φέρει οπή (μάτι) με διαστάσεις της τάξεως 4x7 mm.
- Ο προστιθέμενος σταθεροποιητής δίνει διάρκεια ζωής για επαρκή χρόνο, βάση αποφάσεως του ΕΛΓΑ(διάρκεια ζωής βάση αποφάσεως ΕΛΓΑ 6 (έξι) χρόνια περίπου, ανάλογα την χρήση των δικτυών).



Εικόνα 8. Αντιχαλαζικά δίχτυα

1.7 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:

1.7.1 Συνολική Ακτινοβολία (200 - 10⁵nm)

1.7.1.1 Μικρού Μήκους Κύματος Ακτινοβολία (200 - 3000 nm)

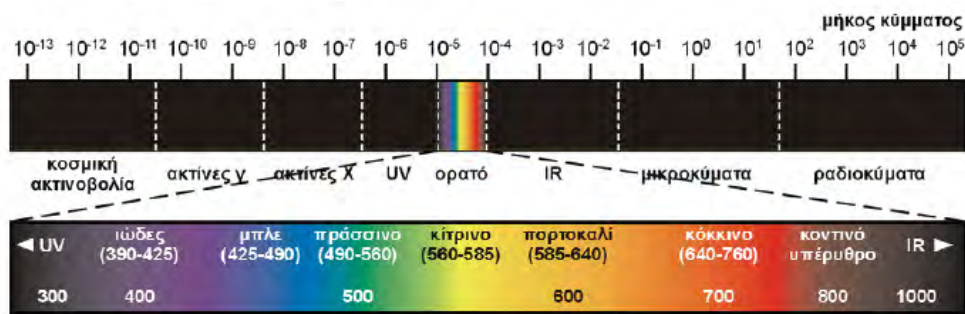
Το 98% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρού μήκους κύματος. Η προσπίπτουσα στη επιφάνεια της γης ηλιακή ακτινοβολία μεταβάλλεται ανάλογα με τηνπεριοχή, εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας και το ανάγλυφο της περιοχής. Η ακτινοβολίααυτή χωρίζεται σε:

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

- Διάχυτη (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 χωρίζεται στα εξής μέρη:

- Υπεριώδης ακτινοβολία (190 – 380 nm) (9% της ολικής)
- Ορατό φως (400 – 700 nm) (41% της ολικής)



Εικόνα 9. Φασματική ανάλυση ορατής ακτινοβολίας

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. Το μέγιστο της ευαισθησίας του ανθρώπινου ματιού είναι στην περιοχή του κίτρινου. Η ενέργεια αυτής της περιοχής είναι που απορροφάται από τους χλωροπλάστες και την μετατρέπουν σε χημική. Τα μέγιστα της απορρόφησης της χλωροφύλλης παρατηρούνται στην περιοχή του κόκκινου και του μπλε. Η περιοχή αυτή είναι η σημαντική για την φωτοσύνθεση και αναφέρεται ως «Φωτοσυνθετικά Ενεργή Ακτινοβολία» (PAR). Από εδώ και στο εξής σε οποιαδήποτε αναφορά στη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία θα χρησιμοποιείται, χάριν συντομίας, η διεθνής συντομογραφία PAR. Ο McCree (1972) έδειξε ότι η καλύτερη μονάδα μέτρησης που χαρακτηρίζει την ενέργεια που προσφέρεται από τον ήλιο για

φωτοσύνθεση είναι η *πυκνότητα ροής φωτονίων* (*Photon Flux Density, mol m⁻² s⁻¹*) για το εύρος μήκους κύματος από 400 έως 700 nm. Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί ανομοιόμορφη κατανομή της *PAR* στη φυλλική επιφάνεια ενός φυτού, υποβαθμίζοντας έτσι τον μέσο ρυθμό φωτοσύνθεσης αυτής της επιφάνειας (Bakker et al., 1995).

Αν και η διάχυτη ακτινοβολία είναι πλουσιότερη σε *PAR* από τη άμεση, αυτή είναι μικρό μέρος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας. Ο λόγος της *PPFD* προς την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αναλογικά σταθερός:

$$1\text{W συνολική ηλιακής ακτινοβολίας} = 2,02 \mu\text{mol s}^{-1} \text{ της } PAR.$$

Η μέτρηση της *PAR* γίνεται με αισθητήρες φωτονίων.

- 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* (NearInfraredRadiation).

1.7.1.2 Μεγάλου Μήκους Κύματος Ακτινοβολία

- Μακρινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία (3000 - 10⁵nm)

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.

Το χρώμα των δичτων είναι ο σημαντικότερος παράγοντας επιλογής για έναν παραγωγό ανάλογα με το αποτέλεσμα το οποίο επιθυμεί. Τα συνήθως χρώματα δичτων είναι λευκό, πράσινο, μαύρο, γκρι, μπλε, κόκκινο και κίτρινο, μπορούν όμως τα δичτα να είναι και δίχρωμα ανάλογα με το νήμα πλέξης που θα χρησιμοποιηθεί.

Όπως είναι γνωστό, η χλωροφύλλη απορροφά ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή του κόκκινου (640-760 nm), του μπλε (425-490 nm) και του πορτοκαλί (585-640 nm) ενώ στην περιοχή του πράσινου (490-560 nm) και του κίτρινου (560-640 nm) η ακτινοβολία ανακλάται από την επιφάνεια των φύλλων (Εικόνα 9).

1.8 Πιπεριά

1.8.1 Καταγωγή-Ιστορικό

Κατάγεται από την Νότια Αμερική και συγκεκριμένα από την περιοχή του Μεξικού και του Περού όπου αρχαιολογικές ανασκαφές δείχνουν ότι οι ιθαγενείς κάτοικοι της περιοχής χρησιμοποιούσαν το συγκεκριμένο φυτό πριν από χιλιάδες χρόνια. Στην Ευρώπη μεταφέρθηκε από τον 16^ο αιώνα και μετά, κυρίως με τα ταξίδια του Κολόμβου. Η Ινδία επίσης αποτελεί σημαντική χώρα παραγωγής και κατανάλωσης σε παγκόσμιακλίμακα, κυρίως όσον αφορά στην κόκκινη πιπεριά. Η πιπεριά είναι καλλιεργούμενη για τον ομώνυμο καρπό της αγγειόσπερμο, ποώδες και θαμνώδες φυτό. Η πιπεριά υπάρχει σε 50 περίπου είδη ανά τον κόσμο άλλοτε με γλυκούς και άλλοτε με καυτερούς καρπούς. Το φυτό έχει ύψος 50-75 εκατοστά, φύλλα σχετικά μικρά και λευκά άνθη. Στην Ελλάδα καλλιεργείται σε όλη σχεδόν την χώρα. Είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στη Βόρεια Ελλάδα (Βασιλακάκης, 2006).

1.8.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Φυτό ποώδες, ετήσιο ή διετές. Έχει ορθοτενή ανάπτυξη σχηματίζοντας έναν κεντρικό κορμό και πολλούς πλευρικούς βλαστούς. Το φυτό σχηματίζει αρχικά ένα κεντρικό στέλεχος (κύριο βλαστό) και στη συνέχεια διακλαδίζεται σχηματίζοντας δυο ή τρεις βλαστούς (βλαστοί πρώτης τάξης).Μεταξύ των βλαστών αυτών, στο σημείο διακλάδωσης σχηματίζεται ο πρώτος ανθοφόρος οφθαλμός, ο οποίος θα δώσει τον πρώτο καρπό. Ο κάθε βλαστός πρώτης τάξης διακλαδίζεται σχηματίζοντας δυο βλαστούς (βλαστοί δεύτερης τάξης), οι οποίοι επίσης στο σημείο διακλάδωσης φέρουν έναν ανθοφόρο οφθαλμό. Το φυτό σχηματίζει μια κεντρική ρίζα και αρκετές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια ωστόσο κατά την μεταφύτευση η κεντρική ρίζα τραυματίζεται με αποτέλεσμα το φυτό να σχηματίζει μόνο πλευρικές διακλαδιζόμενες ρίζες που φτάνουν σε βάθος 60-120 cm. Τα φύλλα είναι απλά ,λεπτά με βαθύ πράσινο χρώμα και δεν έχουν χνούδι όπως τα άλλα φυτά της οικογένειας Solanaceae (ντομάτα, πατάτα, μελιτζάνα). Τα άνθη είναι μονήρη, ερμαφρόδιτα και

εμφανίζονται στις διακλαδώσεις των βλαστών. Έχουν συνήθως λευκό ή λευκοπράσινοχρώμα και είναι αυτογονιμοποιούμενα ή μερικώς σταυρογονιμοποιούμενα. Η άνθιση της πιπεριάς γίνεται 1,5 μήνα περίπου μετά την μεταφύτευση. Ο καρπός της πιπεριάς έχει το χαρακτηριστικό ότι είναι κοίλος στο εσωτερικό του σχηματίζοντας τους σπόρους στο κενό αυτό. Το μέγεθος και το σχήμα ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία. Οι γλυκές πιπεριές είναι κατά κανόνα μεγάλου μεγέθους, ενώ οι καυτερές είναι αρκετά μικρότερες. Το σχήμα ποικίλει από σφαιρικό μέχρι επίμηκες κυλινδρικό. Το χρώμα του καρπού επηρεάζεται από το στάδιο ωρίμανσης. Συγκεκριμένα, όταν ο καρπός είναι ακόμη φυσιολογικά ανώριμος έχει πράσινο χρώμα, ενώ όταν παίρνει το χρώμα που είναι χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας και ποικίλει από κόκκινο, καστανοκόκκινο, κίτρινο, κιτρινοπράσινο, πορτοκαλί ως ιώδες. Η μέση σύσταση του καρπού είναι: νερό 93,5% , πρωτεΐνες 1% , υδατάνθρακες 4-4,5 % , λίπη 0,2 % (Βασιλακάκης., 2006).

1.8.3 Συνθήκες στο σπορείο

Η άριστη θερμοκρασία για βλάστηση του σπόρου είναι 20-26 °C την ημέρα και 14-16 °C την νύχτα. Οι Atherton και Rudich (1996) συνιστούν τις παρακάτω θερμοκρασίες, για βλάστηση των σπόρων σε 8 ημέρες η θερμοκρασία πρέπει να είναι 27-30 °C. Κάτω από 12 °C δεν βλαστάνει ο σπόρος. Ιδιαίτερη σημασία για την πιπεριά έχει η θερμοκρασία της ρίζας, γι αυτό είναι καλύτερα να παράγονται τα φυτά πάνω σε πάγκους παρά στο δάπεδο. Εξαιρετικά αποτελέσματα επιτυγχάνονται στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται πάγκοι στρωμένοι με περλίτη. Η πιπεριά είναι απαιτητικό φυτό ως προς τον φωτισμό. Εάν αυτός βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα την περίοδο της προετοιμασίας των φυτών στο σπορείο τότε αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη των φυτών.

1.8.4 Εδαφικό περιβάλλον

Προτιμά εδάφη αμμοπηλώδη, πλούσια σε οργανική ουσία με καλή στράγγιση. Παράλληλα το έδαφος πρέπει να είναι κατεργασμένο σε βάθος, προκειμένου να επιτευχθεί πλούσια ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και το pH του να κυμαίνεται από 5,5 έως 7. Οι καρποί και τα άνθη πέφτουν όταν το έδαφος είναι πολύ στεγνό ή πολύ υγρό και όταν πέφτει η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας πράγμα που σημαίνει

ότι η άρδευση και η στράγγιση πρέπει να ελέγχονται προσεχτικά και να αποφεύγονται τα αργιλώδη εδάφη.

1.8.5 Καλλιέργεια

Η σπορά γίνεται σε ζεστό στρώμα από το Νοέμβρη έως το Μάρτιο. Μεταφυτεύονται οριστικά όταν η εξωτερική θερμοκρασία ξεπερνάει τους βαθμούς που αντέχει η καλλιέργεια κατά κανόνα τον Απρίλιο-αρχές Μαΐου. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών είναι 70-80 εκατοστά και των φυτών στην ίδια γραμμή 40 εκατοστά.

Η κατάλληλη θερμοκρασία για την καλλιέργεια της πιπεριάς είναι η καλοκαιρινή που κυμαίνεται μεταξύ 15 °C και 30 °C. Στα πρώτα αναπτυξιακά στάδια, τα φυτά της πιπεριάς χρειάζονται μεγαλύτερη σχετική υγρασία απ' ότι στα μεταγενέστερα στάδια. Απαιτείται επαρκής αερισμός στη διάρκεια της ανθοφορίας και του δεσίματος του καρπού, για να μεγιστοποιηθεί η βλαστική ανάπτυξη και ν' αυξηθεί η παραγωγή. Η πιπεριά έχει ανάγκη το φως σ' όλο το βλαστικό κύκλο, ειδικά την εποχή της άνθισης. Τα άνθη είναι αδύναμα όταν το φως είναι ανεπαρκές κατά την άνθιση. Η έλλειψη φωτισμού προκαλεί ατελή ανάπτυξη του φυτού, με επιμήκυνση των ενδιάμεσων κόμβων και του μίσχου, με αποτέλεσμα τα φυτά να μην παρουσιάζουν μεγάλη παραγωγή. Η καρποφορία της πιπεριάς έχει περισσότερα προβλήματα το φθινόπωρο που η μέρα είναι μικρή, παρά την άνοιξη που η μέρα είναι μεγαλύτερη, λόγω του μήκους της φωτοπεριόδου, που επηρεάζει τη βλάστηση και την καρποφορία της πιπεριάς. Η υγρασία και η θερμοκρασία εδάφους και αέρα επηρεάζουν τα προβλήματα αυτής της καλλιέργειας στη διάρκεια του φθινοπώρου. Το φθινόπωρο οι συνθήκες αυτές αντιστρέφονται, όταν δηλ. μειώνεται η θερμοκρασία, η υγρασία αυξάνεται. Η άνθιση φαίνεται να εξαρτάται περισσότερο από τη θερμοκρασία και το φως, παρά από τη διάρκεια της φωτοπεριόδου. Το φθινόπωρο όμως, όταν η θερμοκρασία και το φως είναι ευνοϊκά, φαίνεται να πέφτουν περισσότερα άνθη απ' ότι την άνοιξη.

Το χρώμα παίζει καθοριστικό ρόλο για την εμπορική αξία των φυτικών οργάνων και μαζί με την υφή προσδιορίζουν τη φρεσκάδα των περισσότερων λαχανικών (Kader, 2002). Η αντίληψη του χρώματος οφείλεται στην ύπαρξη χρωστικών. Τα φρούτα και λαχανικά είναι πλούσια σε χρωστικές και σ' αυτές οφείλεται η προσέλκυση των αγοραστών. Οι φυτικές χρωστικές μπορούν να

χωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα με τη χημική τους σύσταση. Έτσι διακρίνουμε τη χλωροφύλλη, τα καροτινοειδή, τις ανθοκυάνες, τα φλαβονοειδή κλπ. Η χλωροφύλλη είναι η χρωστική της φωτοσύνθεσης και βρίσκεται σε όλα τα πράσινα φυτικά μέρη. Στους χλωροπλάστες των ανώτερων φυτών απαντώνται δύο είδη χλωροφυλλών, η χλωροφύλλη a (κυανοπράσινη) και η χλωροφύλλη b (κιτρινοπράσινη), οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον υποκαταστάτη του πυρολικού δακτυλίου Π. Η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης κατά την ωρίμαση, επεξεργασία ή κατά τη γήρανση των φυτικών ιστών έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή του χρώματος. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης είναι: το υδατικό stress, το φως η θερμοκρασία, το αιθυλένιο ή ο συνδυασμός αυτών. Στην περίπτωση της πιπεριάς μετά τη συγκομιδή παρατηρήθηκε καροτενογένεση που επηρεάστηκε από το φως και τη θερμοκρασία. Έτσι οι ώριμοι καρποί είναι πλούσιοι σε καροτινοειδή γεγονός που επηρεάζει το χρώμα. Η θερμοκρασία είναι από τους κυριότερους παράγοντες που προσδιορίζουν τη μετασυλλεκτική ποιότητα των πράσινων λαχανικών. Η υψηλή θερμοκρασία συντήρησης επιταχύνει τη φθορά και μειώνει το χρόνο συντήρησης ενώ η χαμηλή αυξάνει την εμπορική ζωή των περισσοτέρων φρέσκων λαχανικών καθυστερώντας την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης. Η μείωση της έντασης του πράσινου χρώματος στα λαχανικά συνδέεται με τη γήρανση, τη μείωση της θρεπτικής αξίας και γενικά την ποιότητάς τους. Η πιπεριά είναι από τα πιο γνωστά αρτύματα, χρησιμοποιείται δε διεθνώς λόγω της χαρακτηριστικής πικάντικης γεύσης της και του χαρακτηριστικού της αρώματος. Είναι μια πλούσια πηγή βιταμίνης Α και C, αντιοξειδωτικών, ζεαξανθίνης, συστατικών που παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου.

1.8.6 Ρυθμός φωτοσύνθεσης

Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από παράγοντες όπως: η θερμοκρασία του αέρα, η ένταση και η ποιότητα της προσπίπτουσας στο φυτό ηλιακής ακτινοβολίας και τέλος το επίπεδο του CO₂ που υπάρχει στο περιβάλλον χώρο του φυτού, που για τις υπαίθριες καλλιέργειες είναι σταθερό. Σύμφωνα όμως με τον Benton Jones (1999), εξίσου σημαντικούς παράγοντες για το ρυθμό φωτοσύνθεσης αποτελούν η ατμοσφαιρική υγρασία και η θερμοκρασία του φυλλώματος μαζί με το σύνολο της φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολίας και του CO₂ του αέρα. Στην ουσία το ύψος της ενέργειας της ακτινοβολίας που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια του φυτού είναι ο παράγοντας εκείνος που καθορίζει την αύξηση του. Εξίσου σημαντικό ρόλο παρουσιάζει η στοματική αγωγιμότητα για τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης, λόγω αυξημένης πρόσληψης CO₂ με το άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων των φύλλων. Η στοματική αγωγιμότητα αυξάνεται αυξανόμενης της ηλιακής ακτινοβολίας μέχρι ενός ορίου και αυξανόμενης της υγρασίας. Επιπλέον αυξανόμενης της θερμοκρασίας, αυξάνεται και η στοματική αγωγιμότητα, δηλαδή είναι ανάλογη, όπως αναφέρουν ο Bakker et al. (1995), εφόσον τα φυτά ποτίζονται επαρκώς.

1.8.7 Κλιματικοί παράγοντες

Οι παράγοντες του μικροκλίματος παίζουν καθοριστικό ρόλο την πορεία του φυτού. Ο πιο σημαντικός καθοριστικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία. Τα άριστα των θερμοκρασιών για την αύξηση του βλαστού μεταβάλλονται σε πολλά φυτά συχνά με την περιοδικότητα της ημέρας, δηλαδή αυτά τα φυτά είναι προσαρμοσμένα σε μια αλλαγή της θερμοκρασίας μεταξύ της ημέρας και της νύχτας και αναπτύσσονται κανονικά (άριστα) μόνο σε μια τέτοια κανονική εναλλαγή της θερμοκρασίας. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό θερμοπεριοδισμός. Η επιμήκυνση του στελέχους των νεαρών φυτών καθορίζεται από τη θερμοκρασία της ημέρας. Έτσι καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και ο ρυθμός επιμήκυνσης του κυρίως βλαστού. Σύμφωνα με τους Atherton & Rudich (1996) η άριστη θερμοκρασία νύχτας για νεαρά φυτά τομάτας ήταν 30 °C ενώ για παραγωγικά φυτά άνω των 40 cm το εύρος της άριστης θερμοκρασίας ήταν 13-18 °C.

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Επίδραση σκίασης στο μικροκλίμα

Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης μπορούν να μειώσουν την παραγωγή καρπών και σπόρων στην πιπεριά. (Aloni et al. 2001, Barker 1989, Erickson και Markhart, 2002. Οι Moller και Assouline (2007) σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε φυτά γλυκιάς πιπεριάς, παρατήρησαν ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του διχτυοκηπίου για το 67% των ημερών που διήρκεσε το πείραμα ήταν χαμηλότερη εν συγκρίσει με την εξωτερική θερμοκρασία. Επιπλέον η μέγιστη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας στο εσωτερικό με αυτήν του εξωτερικού αέρα δεν ξεπέρασε τον 1 °C. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση μαύρου διχτυού που παρείχε 30% σκίαση δεν επηρέασε σημαντικά τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία.

Οι Santos et al. (2006) παρατήρησαν την επίδραση της κάλυψης με δίχτυ πολυαιθυλενίου σε καλλιέργεια τομάτας για τέσσερις καλλιεργητικές περιόδους. Η θερμοκρασία εντός του διχτυοκηπίου βρέθηκε μεγαλύτερη κατά 0,5°C από την ατμοσφαιρική, ενώ η διαφορά μεταξύ τους δεν ξεπέρασε τους 1,2 °C. Η μέση τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας βρέθηκε υψηλότερη από την αντίστοιχη εξωτερική κατά 2-3 °C ενώ η μέση τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας στο διχτυοκήπιο ήταν παρόμοια με την αντίστοιχη εξωτερική.

2.2 Επίδραση υλικών σκίασης στην ηλιακή ακτινοβολία

Οι Medina et al. (2002) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι με τη χρήση επαλουμινιωμένου δίχτυου πολυπροπυλενίου με ποσοστό σκίασης 50% σε εσπεριδοειδή, το ποσό της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας μειώθηκε, καθώς επίσης και η φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία (PAR). Διαπιστώθηκε πως η μείωση αυτή ήταν 65% για τον Αύγουστο και 57% για τον Νοέμβριο. Παράλληλα παρατηρήθηκε ότι η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού αυξήθηκε στην καλλιέργεια υπό σκίαση κατά 21,7% τον Αύγουστο και κατά 13,3% τον Νοέμβριο.

Οι Raveh et al. (2003) διαπίστωσαν ότι αυξανόμενης της μείωσης της ακτινοβολίας ο καθαρός ρυθμός αφομοίωσης των φύλλων μειωνόταν λόγω έλλειψης της φωτεινής ενέργειας. Με αποτέλεσμα να μειωθεί η φωτοσυνθετική παραγωγικότητα.

Η ταχύτητα του αέρα μειώνεται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, όπου μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση θερμοκρασίας αέρα (RossandGill 1994, Desmarais

1996, Möller et al., 2003, Tanny et al., 2003). Κατά συνέπεια, οι τροποποιήσεις της ταχύτητας του αέρα και της ηλιακής ακτινοβολίας εντός των διχτυοκηπίων θα επηρεάσει την αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα. Με αποτέλεσμα οι καλλιέργειες εντός διχτυοκηπίων να απαιτούν λιγότερο νερό από ό, τι οι υπαίθριες καλλιέργειες.

2.3 Επίδραση σκίασης στις καλλιέργειες

Οι Kittas et al. (2009) σε έρευνα χρησιμοποίησαν τέσσερα διαφορετικά δίχτυα σε χρώμα και ποσοστά σκίασης σε υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας. Τα δύο δίχτυα ήταν μαύρου χρώματος και παρείχαν ποσοστό σκίασης 49% και 40%, το ένα ήταν πράσινο με σκίαση 34% και το τελευταίο είχε πράσινο και μαύρο νήμα με 40% ποσοστό σκίασης. Διαπιστώθηκε ότι η τιμή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας κάτω από τα δίχτυα ήταν παρόμοια με την εξωτερική. Αντίθετα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ καλλιέργειας και αέρα βρέθηκε σημαντικά μικρότερη κάτω από τα δίχτυα σε σχέση με τον ανοιχτό αγρό.

Οι Smith et al. (1984) σε μελέτη που πραγματοποίησαν το φθινόπωρο σε φυτά τομάτας και αγγουριάς διαπίστωσαν μείωση της θερμοκρασίας στις μεταχειρίσεις υπό σκίαση. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, τις ώρες με την υψηλότερη εξωτερική θερμοκρασία, οι μεταχειρίσεις με σκίαση 15% και 40% παρουσίαζαν μείωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 2-3 °C. Όμως την πιο ψυχρή ώρα της ημέρας το διχτυοκήπιο με σκίαση 15% παρουσίαζε μείωση 1-2 °C από την ατμοσφαιρική, σε αντίθεση με το διχτυοκήπιο με σκίαση 40% όπου η θερμοκρασία στο εσωτερικό του ήταν 1 °C υψηλότερη από την ατμοσφαιρική. Διαπιστώνεται ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας εξαρτάται από το ποσοστό σκίασης. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Zhang et al. (2004) σε μελέτη τους χρησιμοποιώντας δίχτυα που παρείχαν ποσοστά σκίασης 5%, 30% και 50% σε καλλωπιστικά φυτά.

Αν μετά την άνθηση της πιπεριάς επικρατήσουν θερμοκρασίες πάνω από 38 °C τότε παρουσιάζονται προβλήματα στην αύξηση των καρπών και μειώνεται το ξηρό βάρος των σπόρων, καθώς και η βλαστικότητα και η ζωτικότητα τους (Pagamas και Nawata, 2009).

3 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης δύο δικτύων ενομοστεγανότητας κι ενός δικτύου σκίασης στην αύξηση, στην ανάπτυξη και στην παραγωγικότητα υπαίθριας καλλιέργειας πιπεριάς και η μελέτη της αποτελεσματικότητας χρήσης της ακτινοβολίας και του νερού.

4 Υλικά και μέθοδοι

4.1 Ο πειραματικός αγρός

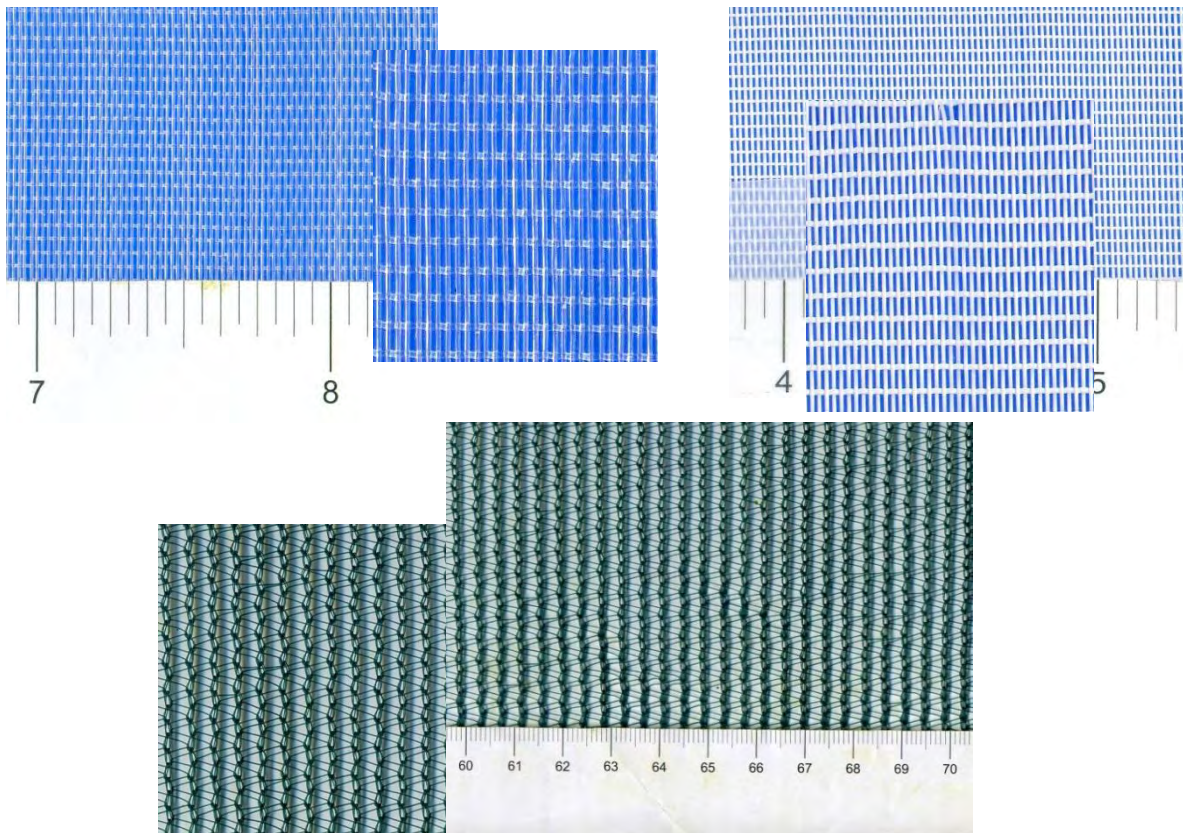
Το ΚΕΤΕΑΘ διέθεσε στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος (ΕΓΚΕΠ) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την εκτέλεση του πειραματικού μέρους της έρευνας τρία διχτυοκήπια ίδιων διαστάσεων (20m x 10m x 3,2m). Ήταν καλυμμένα με δίχτυα διαφορετικών χαρακτηριστικών και έκταση ανοικτού αγρού παρόμοιων διαστάσεων με τα διχτυοκήπια, ως μάρτυρας του πειράματος. Ο πειραματικός αγρός βρίσκεται στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου, Μαγνησίας (39°2' Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος, 22°45' Ανατολικό Γεωγραφικό Μήκος) και σε υψόμετρο 70m από την επιφάνεια της θάλασσας. Αφού έγινε εδαφολογική ανάλυση το έδαφος εντάχθηκε στην κατηγορία των αργιλωδών εδαφών, με τύπο υφής Ιλλοαργιλώδες (SiC).

4.2 Υλικά κάλυψης διχτυοκηπίων

Στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών & Ελέγχου Περιβάλλοντος, τον Μάιο του 2012, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των οπτικών ιδιοτήτων σε δείγματα διχτυών εντομοστεγανότητας (10 δείγματα από 3 εταιρείες) και σκίασης (8 δείγματα από 5 εταιρείες). Από αυτά επιλέχθηκαν για να χρησιμοποιηθούν στον πειραματικό αγρό 2 δίχτυα εντομοστεγανότητας της εταιρείας MeteorAgriculturalNetsLtd (Ισραήλ) και 1 δίχτυ σκίασης της εταιρείας Πλαστικά Θράκης ABEE.

Τα εντομοστεγανά δίχτυα που επιλέχθηκαν είχαν ίδια χαρακτηριστικά πλέξης, δηλαδή 50 mesh, αλλά διαφορετικό βαθμό σκίασης. Το ένα παρείχε 13% και το άλλο 34% ποσοστό σκίασης και τα νήματά τους ήταν διάφανα και λευκά, αντίστοιχα. Το τρίτο δίχτυ παρείχε 36% ποσοστό σκίασης και ήταν πράσινου χρώματος. Όταν γίνεται αναφορά στις μεταχειρίσεις με δίχτυ θα χρησιμοποιείται η εξής κωδικοποίηση: ο κωδικός κάθε διχτυού θα περιλαμβάνει τ' αρχικά γράμματα του είδους διχτυού (*εντομοστεγανότητας-σκίασης*), στην αγγλική όμως γλώσσα (*InsectProof-Shade*), ακολουθούμενα από τον αριθμό του ποσοστού σκίασης που παρέχουν στην καλλιέργεια. Δηλαδή: τα εντομοστεγανά δίχτυα με ποσοστό σκίασης 13% και 34% θα συμβολίζονται IP-13 και IP-34, αντίστοιχα το δίχτυ σκίασης με ποσοστό σκίασης 36% θα συμβολίζεται με S-36 (Εικόνες 10-13). Τα ποσοστά που χρησιμοποιήθηκαν για την κωδικοποίηση είναι όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις

στο εργαστήριο. Η μεταχείριση του μάρτυρα θα συμβολίζεται *Cont*, από την αγγλική λέξη *control*.



Εικόνα 10. Δίκτυα πειράματος: εντομοστεγανό IP13% (διάφανο, υποδιαίρεση σε ίντσες) (επάνω αριστερά), εντομοστεγανό IP34% (λευκού χρώματος, υποδιαίρεση σε ίντσες) (επάνω δεξιά) και σκίασης S36% (πράσινου χρώματος, υποδιαίρεση σε cm) (κάτω).



Εικόνα 11. Το εντομοστεγανό δίχτυοκήπιο με το δίχτυ IP-13.



Εικόνα 12. Το εντομοστεγανόδίχτυοκήπιο με το δίχτυ IP-34.



Εικόνα 13. Το διχτυοκήπιο με το δίχτυ σκίασης S36%.

4.3 Η καλλιέργεια

Φυτά γλυκιάς πιπεριάς *Capsicum annuum* var. *Dolmi* μεταφύτευτηκαν την 8^η Μαΐου 2012. Το κάθε πειραματικό τεμάχιο περιλαμβάνει πέντε (5) διπλές γραμμές φύτευσης οι οποίες απείχαν μεταξύ τους 1,2m. Οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών ήταν 0,5m και η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1,8 φυτά m⁻². Η καλλιεργητική περίοδος είχε διάρκεια έως τις 31 Οκτωβρίου 2012.

Από κάθε μεταχείριση επιλέχθηκαν στην αρχή του πειράματος και εντελώς τυχαία οχτώ (8) πειραματικά φυτά για την μέτρηση των αγρονομικών μετρήσεων, δηλαδή δύο φυτά από κάθε block. Κατά τον ίδιο επιλέχθηκαν και εικοσιτέσσερα (32) πειραματικά φυτά από κάθε μεταχείριση, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις καταστροφικές μετρήσεις. Σε κάθε καταστροφική μετρούνταν τέσσερα (4) φυτά ανά μεταχείριση, δηλαδή ένα από κάθε block.

Η επίδραση του περιθωρίου εξαλείφθηκε με την επιλογή φυτών από τις τρεις (3) εσωτερικές διπλές γραμμές φύτευσης και από την επιλογή φυτών μετά το πέμπτο φυτό από την αρχή και το τέλος της γραμμής. Τα φυτά που επιλέχθηκαν ήταν κατόπιν κληρώσεως αμέσως μετά την μεταφύτευση.

Πριν γίνει η μεταφύτευση προηγήθηκε η προετοιμασία του εδάφους, η κατασκευή του αρδευτικού δικτύου και η εγκατάσταση των διχτύων στους μεταλλικούς σκελετούς των διχτυοκηπίων (Εικόνα 14).



Εικόνα 14. Η μεταλλικόςκελετός του διχτυοκηπίου.

4.4 Καλλιεργητική Τεχνική

Προετοιμασία Πειραματικού Αγρού

Για την εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε κατεργασία του εδάφους. Συγκεκριμένα έγινε άροση (Εικόνα 15) στις 25 Απριλίου 2012 σε βάθος 30 cm και ακολούθησε φρεζάρισμα (Εικόνα 16) στις και 26 Απριλίου 2012. Στη συνέχεια για την αποφυγή ζιζανιοκτόνων και πολλών σκαλισμάτων το έδαφος καλύφθηκε με μαύρο ύφασμα πολυπροπυλενίου εδαφοκάλυψης. Η λίπανση που ήταν αναγκαία για τα φυτά της πιπεριάς δινόταν μέσω της άρδευσης.



Εικόνα 15: Άρση



Εικόνα 16: Φρεζάρισμα

Κλάδεμα

Όλα τα κατώτερα φύλλα αφαιρέθηκαν μέχρι την πρώτη διακλάδωση στις 6 Ιουλίου 2012.

Υποστύλωση

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η υποστύλωση (Εικόνα 17) των φυτών χρησιμοποιήθηκε σπάγκος όπου δέθηκε σε υπερκείμενα της καλλιέργειας συρματόσχοινα.



Εικόνα 17.Υποστύλωση της καλλιέργειας.

Γονιμοποίηση

Για τη γονιμοποίηση εγκαταστάθηκε στις 20 Ιουνίου 2012, μία κυψέλη του εντόμου *bombusterrestris* (βομβύνος), η οποία κάθε δύο ημέρες μετακινούταν από διχτυοκήπιο σε διχτυοκήπιο, μέχρι τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου.

Άρδευση

Η άρδευση της καλλιέργειας γινόταν με το σύστημα της στάγδην άρδευσης μέσω κεφαλής υδροπονίας με παροχή σταλακτών 2 L.h^{-1} . Η άρδευση γινόταν ξεχωριστά για την κάθε μεταχείριση, σύμφωνα με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κάθε διχτυοκηπίου.

Ζιζανιοκτονία

Γύρω από το στέλεχος των φυτών εμφανίστηκαν ζιζάνια η καταπολέμηση των οποίων πραγματοποιήθηκε αφαιρώντας τα με το χέρι.

Φυτοπροστασία

Η φυτοπροστασία έγινε για προληπτικούς λόγους και σύμφωνα με την κοινώς εφαρμοζόμενη πρακτική.

Συγκομιδή Καρπών

Όταν οι καρποί βρίσκονταν στο κατάλληλο μέγεθος και είχαν το ώριμο ανοιχτό πράσινο χρώμα γινόταν η συγκομιδή κατά μέσο όρο δύο φορές την εβδομάδα.

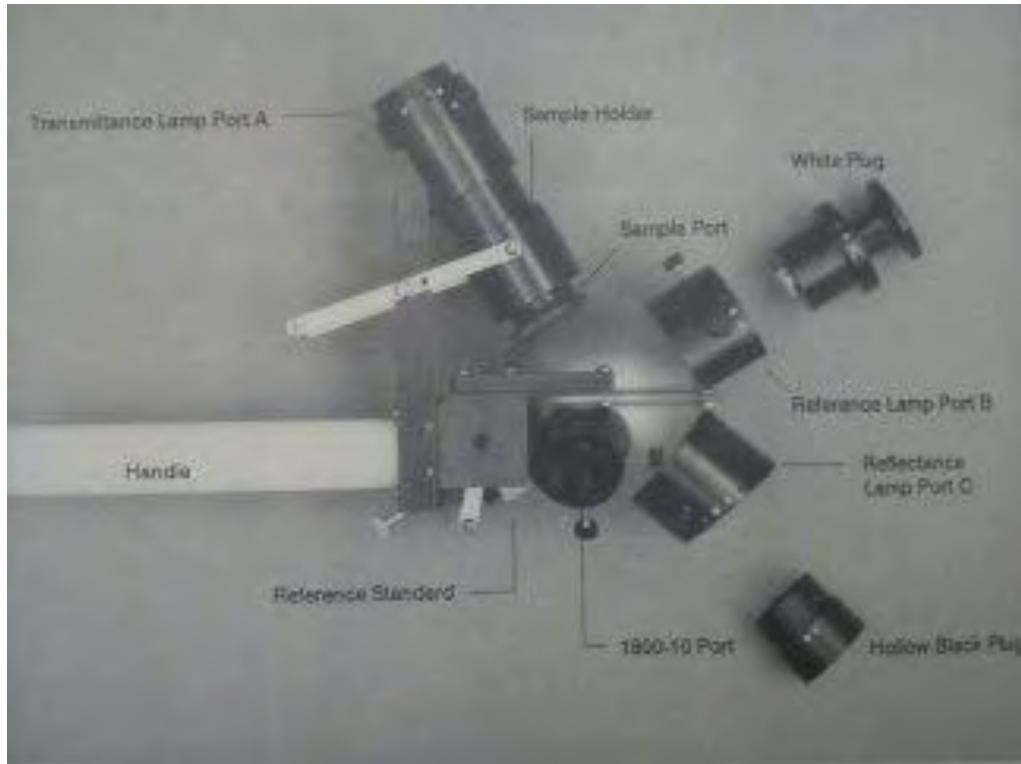
4.5 Μετρήσεις Πειραματικής περιόδου

4.5.1 Οπτικές Ιδιότητες Διχτυών Σκίασης

Στο εργαστήριο καθορίστηκαν οι οπτικές ιδιότητες των διχτυών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος:

- i. Περαιτότητα (%)
- ii. Αντανάκλαση (%)
- iii. Απορροφητικότητα (%)

Με την χρήση ενός φορητού φασματοραδιομέτρου (LICOR 1800) και της σφαίρας ολοκλήρωσης, μετρήθηκε η ακτινοβολία μιας φωτεινής πηγής, η οποία διέρχονταν διαμέσω των διχτυών. Η μέτρηση έγινε για εύρος φάσματος 400 έως 1100nm και για διαστήματα των 2 nm. Η σφαίρα ολοκλήρωσης είχε 5 (πέντε) θύρες (Εικόνα 9). Στις τρεις, A, B και C είχε τη δυνατότητα να προσαρμόζεται η λάμπα, στη τέταρτη προσαρμόζονταν μόνιμα η μονάδα αναφοράς και στην πέμπτη, επίσης μόνιμα ο αισθητήρας του οργάνου. Η μονάδα αναφοράς (reference standard) ήταν ένα κοίλο δισκίο γεμάτο με σκόνη θειικό βάριο (bariumsulfate). Κάθε φορά που γινόταν μια μέτρηση τοποθετούνταν σε ανάλογη θύρα (A, B ή C) η λάμπα. Ένα μικρό κομμάτι διχτυού προσαρμόζεται ή όχι ανάλογα με την μέτρηση πάνω στη θύρα A. Οι θύρες A, B και C είχαν στα πλάγιά τους χρωματιστές βούλες. Όταν προσαρμόζονταν κάποιο μέρος του εξοπλισμού (λάμπα, κοίλο μαύρο καπάκι, λευκή τάπα) σε μια θύρα έπρεπε να ευθυγραμμίζονται οι χρωματιστές βούλες αυτού με εκείνες της θύρας.



Η μεθοδολογία των μετρήσεων συνοψίζεται στον (Πίνακα 2). Ανάλογα με το είδος της μέτρησης έπρεπε να ταιριάζουν και του αντιστοίχου χρώματος βούλες:

- ✓ Ανακλαστικότητα αναφοράς (*Reference*) (R_r) = Λευκό
- ✓ Περαιτότητα (*Transmittance*) (T_s) = Κίτρινο
- ✓ Ανακλαστικότητα δείγματος (*Reflectance*) (R_s) = Κόκκινο

Στις μετρήσεις στο εργαστήριο υπολογίστηκε η διαπερατότητα των δίχτυων για όλες τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση και διαπιστώθηκε ότι τα ενομοστεγανά δίχτυα σκίασης IP13% και IP34%, έχουν περαιτότητα στη συνολική ηλιακή ακτινοβολία 88% και 66%, αντίστοιχα. Ενώ το δίχτυ σκίασης S36% έχει 66%, όσο δηλαδή και το IP34%. Η διαπερατότητα των δίχτυων στη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία (PAR) υπολογίστηκε στο 64% για το δίχτυ IP34%, στο 88% για το δίχτυ IP13% και στο 60% για το δίχτυ S36%. Τέλος η διαπερατότητα στο κοντινό υπέρυθρο (NIR) για τα δίχτυα IP13%, IP34% και S36% υπολογίστηκε 87%, 70% και 71%, αντίστοιχα (Πίνακας 2). Επομένως, τα IP13% και IP34% είχαν το ίδιο πορώδες αλλά διαφορετικό συντελεστή σκίασης, ενώ τα IP34% και S36% έχουν παρόμοιο συντελεστή σκίασης αλλά διαφορετικό πορώδες, διότι το S36% έχει μεγαλύτερο μέγεθος οπών από τα IP13% και IP34%.

Πίνακας 2. Η διαπερατότητα κάθε δικτυού στη total, τη PAR και τη NIR ακτινοβολία.

	IP-13	IP-34	S-36
Total(350-1100nm)	0,88	0,66	0,66
PAR (400-700nm)	0,88	0,64	0,60
NIR (700-1100nm)	0,87	0,70	0,71

4.5.2 Κλιματικές Μετρήσεις

Έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις ούτως ώστε να αποτυπωθεί το μικροκλίμα των δικτυοκηπίων και να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν έως και τις 31 Οκτωβρίου 2012 και αφορούσαν μετρήσεις κλιματικών παραμέτρων μέσα και έξω από τα δικτυοκήπια. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

Θερμοκρασίας και Υγρασίας του αέρα

Για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν σε καθεμία μεταχείριση χρησιμοποιήθηκαν όργανα:HOBOH8 ProRH/Temp.Logger εγκατεστημένα σε ύψος 1,50m από την επιφάνεια του εδάφους.

Θερμοκρασίας καλλιέργειας

Η θερμοκρασία της καλλιέργειας μετρήθηκε με θερμοζεύγηCu-Co (type T, wirediameter0.5 mm, OmegaEngineering, Manchester, U.K.) προσαρτημένα στην κάτω επιφάνεια 10 αντιπροσωπευτικών φύλλων από φυτά κάθε μεταχείρισης. Η μέση τιμή από τις μετρήσεις των 10 φύλλων θεωρήθηκε η θερμοκρασία της καλλιέργειας.

Όργανα Μέτρησης Ηλιακής Ακτινοβολίας

Για την μέτρηση της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε καθεμία από τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκε πυρανόμετροKipp&ZonenSPLite. Το ύψος τοποθέτησης του οργάνου ήταν 1,50m από την επιφάνεια του εδάφους.

Καταγραφή Δεδομένων

Για την καταγραφή των μετρήσεων που διεξάγονταν για τη θερμοκρασία των φύλλων και την ηλιακή ακτινοβολία, χρησιμοποιήθηκε σύστημα καταγραφής δεδομένων (*datalogger*) DL3000 της *Delta-TDevices*.

4.5.3 Αγρονομικές Μετρήσεις

Οι αγρονομικές μετρήσεις που έλαβαν μέρος στο πείραμα ήταν οι εξής:

- ✓ Μετρήσεις στον αγρό (μη καταστροφικές). Για την πραγματοποίηση των αγρονομικών μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν οχτώ τυχαία φυτά από κάθε μεταχείριση κι έλαβαν χώρα δέκα (10) μετρήσεις, με συχνότητα μέτρησης δύο εβδομάδων (Πίνακας 3).
- ✓ Μετρήσεις στο εργαστήριο (καταστροφικές μετρήσεις και μετρήσεις παραγωγικότητας). Για την πραγματοποίηση των καταστροφικών μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα τυχαία φυτά από κάθε μεταχείριση ανά μέτρηση κι έλαβαν χώρα έξι (6) μετρήσεις, με συχνότητα μέτρησης τριών εβδομάδων. Τα φυτικά όργανα (βλαστοί, φύλλα και καρποί) ζυγίζονταν για να μετρηθεί το νωπό βάρος τους και στην συνέχεια ξηραίνονταν (48 h στους 85°C) και κατόπιν μετριόταν το ξηρό βάρος τους (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Ημερολόγιο αγρονομικών μετρήσεων πειραματικής περιόδου 2012.

Μέτρηση	Μη καταστροφικές		Καταστροφικές	
	Ημερομηνία	Ε.Μ.Μ.*	Ημερομηνία	Ε.Μ.Μ.*
1	13-Ιουν	5	13-Ιουν	5
2	26-Ιουν	7	3-Ιουλ	7
3	11-Ιουλ	9	24-Ιουλ	10
4	24-Ιουλ	11	13-Αυγ	13
5	6-Αυγ	13	3-Σεπ	16
6	23-Αυγ	15	25-Σεπ	19
7	19-Σεπ	19	30-Οκτ	24
8	19-Οκτ	23		

* Ε.Μ.Μ.= Εβδομάδα Μετά την Μεταφύτευση

Αύξηση και ανάπτυξη (καταστροφικές μετρήσεις)

Τις ημέρες όπου γίνονταν καταστροφικές μετρήσεις καταγράφονταν:

i) Όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιούνταν και στα φυτά των μη καταστροφικών μετρήσεων, δηλαδή ύψος, αριθμός φύλλων, ανθέων κ.α., καθώς επίσης και το μήκος του βλαστού ως την πρώτη διακλάδωση.

ii) Νωπό βάρος στελεχών, φύλλων, καρπών, κορυφών, λαίμαργων και δεμένων καρπών.

iii) Ξηρό βάρος στελεχών, φύλλων, καρπών, κορυφών, λαίμαργων και δεμένων καρπών.

iv) Από δείγμα αρκετών φύλλων μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος σε cm.

v) Μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας σε mm² των καταστροφικών φυτών. Από τα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά για τις καταστροφικές μετρήσεις μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος με τη χρήση χάρτινης μετροταινίας. Έπειτα μετρήθηκε η φυλλική επιφάνειά τους. Εν συνεχεία, εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση και προσδιορίστηκε η σχέση που συνδέει το *Πλάτος*, το γινόμενο *Μήκος x Πλάτος* κάθε φύλλου, καθώς και ο *Αριθμός των φύλλων* με τη φυλλική επιφάνεια. Για κάθε μεταχείριση υπολογίστηκε διαφορετική σχέση. Όλες οι σχέσεις ήταν της μορφής: $y = ax + b$.

4.5.4 Υπολογισμοί παραμέτρων αύξησης και ανάπτυξης

i) Φυλλική Επιφάνεια: Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας υπολογίστηκε από την σχέση:

$$L.A.I. (m^2 m^{-2}) = L.A. (m^2 \text{ φυτό}^{-1}) * 1,8 (\text{φυτά} m^{-2}),$$

όπου: L.A. η φυλλική επιφάνεια και 1,8 η πυκνότητα φύτευσης.

Η επιφάνεια των φύλλων των φυτών μετρήθηκε με τη χρήση συσκευής σάρωσης (scanner) και ειδικού λογισμικού (Delta- T-Scan) Scanner για κάθε φυτό των καταστροφικών μετρήσεων. Το άθροισμα όλων των σαρώσεων των φύλλων κάθε φυτού αντιπροσώπευε την φυλλική του επιφάνεια (L.A).

ii) Συνολική Ξηρά Ουσία και Κατανομή αυτής στους Φυτικούς Ιστούς

Από τα ξηρά βάρη των φυτικών μερών που μετρήθηκαν κατά τη διενέργεια των καταστροφικών μετρήσεων άλλα και από τα ξηρά βάρη των συγκομισθέντων καρπών στα καταστροφικά φυτά, υπολογίστηκε η συνολική παραγωγή ξηράς ουσίας από τα φυτά όλων των μεταχειρίσεων και η κατανομή της στους φυτικούς ιστούς, εκφρασμένη ως ξηρό βάρος (g) και ως ποσοστό % της συνολικά παραχθείσας ξηράς ουσίας.

iii) Λόγος Ξηράς Ουσίας Στελεχών / Φύλλων

Από τα ξηρά βάρη των στελεχών και των φύλλων των καταστροφικών φυτών όλων των μεταχειρίσεων, υπολογίστηκε ο λόγος της ξηράς ουσίας στελεχών/φύλλα.

iv) Λόγος Ξηρού Βάρους / Συνολικής Ξηράς Ουσίας

Από τα ξηρά βάρη των στελεχών, των φύλλων και των καρπών των καταστροφικών φυτών όλων των μεταχειρίσεων, υπολογίστηκε ο λόγος του ξηρού βάρους στελεχών/συνολική ξηρά ουσία, του ξηρού βάρους φύλλων/συνολική ξηρά ουσία και του ξηρού βάρους καρπών/συνολική ξηρά ουσία.

v) Λόγος Νωπού Βάρους / Ξηρού Βάρους

Από τα νωπά και ξηρά βάρη των στελεχών, των φύλλων και των καρπών των καταστροφικών φυτών όλων των μεταχειρίσεων, υπολογίστηκε ο λόγος του νωπού βάρους στελεχών/ξηρού βάρους στελεχών, του νωπού βάρους φύλλων/ξηρού βάρους φύλλων και του νωπού βάρους καρπών/ξηρού βάρους καρπών.

4.5.5 Παραγωγικότητα

- ✓ Νωπό βάρος ώριμων καρπών (g) για φυτά μη καταστροφικών και καταστροφικών μετρήσεων.
- ✓ Νωπό και ξηρό βάρος ώριμων καρπών (g) για φυτά καταστροφικών μετρήσεων.
- ✓ Αριθμός καρπών (καταστροφικές και μη καταστροφικές μετρήσεις)
- ✓ Παρατηρήσεις φυσιολογικών ανωμαλιών όπως: ηλιακό έγκαυμα, ξηρή σήψη κορυφής (BER).

- ✓ Παρατηρήσεις εντομολογικών προσβολών όπως: θρίπας και πράσινο σκουλήκι.

Η παραγωγή χωρίστηκε σε εμπορεύσιμη και μη εμπορεύσιμη, βάσει παρουσίας φυσιολογικών ανωμαλιών (ηλιακά εγκαύματα και ξηρή σήψη κορυφής (BER)) και βλαβών από θρίπες και πράσινο σκουλήκι.

4.6 Το Πειραματικό Σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν «Πλήρως Τυχαιοποιημένο Σχέδιο». Υπήρχαν τέσσερις μεταχειρίσεις με μια επανάληψη η καθεμία στο χώρο. Η κάθε μεταχείριση αποτελούνταν από τέσσερα blocks. Παράγοντας ήταν η περατότητα (ή σκίαση) στην ηλιακή ακτινοβολία και οι μεταχειρίσεις του ήταν τέσσερις. Τρεις με δίχτυα και μία χωρίς, η οποία αποτέλεσε τον μάρτυρα.

4.7 Στατιστική Ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο S.P.S.S. 10.0. και για τη σύγκριση των μέσων όρων εφαρμόστηκε UnivariateAnova χρησιμοποιώντας το κριτήριοDuncan. Για την πρόβλεψη των σχέσεων που συνδέουν τη φυλλική επιφάνεια με το γινόμενο Μήκος x Πλάτος των φύλλων κάθε μεταχείρισης έγινε με την εφαρμογή γραμμικής ανάλυσης παλινδρόμησης (LinearRegressionAnalysis). Σε όλες τις περιπτώσεις η στατιστική ανάλυση έγινε σε επίπεδοσημαντικότητας $P=0.05$.

5 Αποτελέσματα

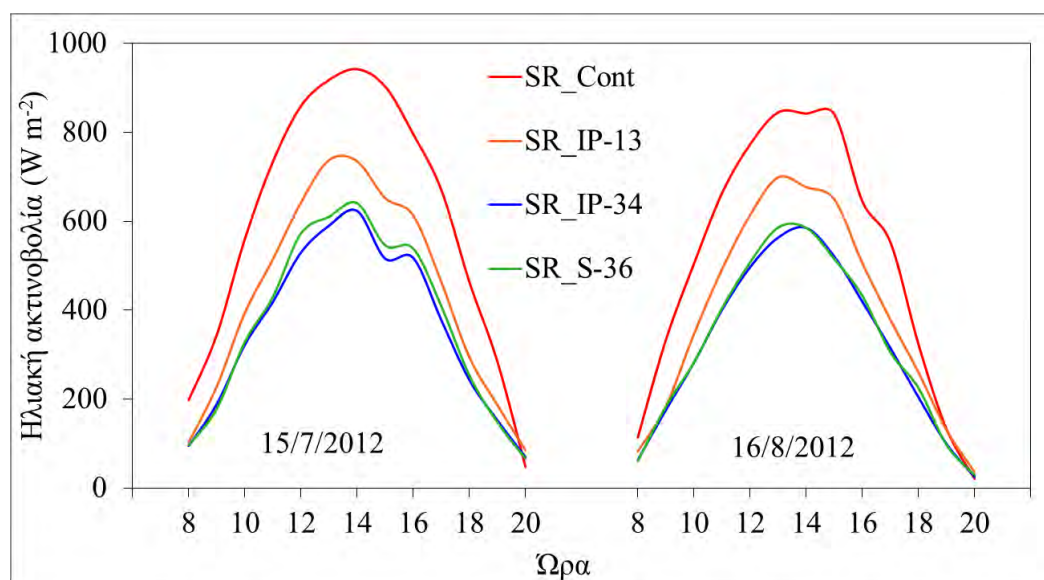
5.1 Κλιματικές Συνθήκες κατά τη διάρκεια του πειράματος

5.1.1 Ηλιακή ακτινοβολία

Τα διχτυοκήπια IP-34 και S-36 είχαν παρόμοιες τιμές εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (Πίνακας 4). Η περατότητα των διχτυοκηπίων υπολογίστηκε από τον λόγο του μέσου ημερήσιου αθροίσματος ανά μήνα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας εντός των διχτυοκηπίων προς το μέσο ημερήσιο άθροισμα ανά μήνα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στον ανοικτό αγρό. Έτσι, οι περατότητες των διχτυοκηπίων ήταν 0.74, 0.62 και 0.62 για τα IP-13, IP-34 και S-36 διχτυοκήπια, αντίστοιχα (Σχήμα1).

Πίνακας 4. Μέση τιμή ανά μήνα του ημερήσιου αθροίσματος της ηλιακής ακτινοβολίας (R_s , MJm^{-2}) που προσπίπτει στην καλλιέργεια κάθε διχτυοκηπίου και σε εκείνη του ανοικτού αγρού.

	R_s ($MJ m^{-2}$)			
	Cont	IP-13	IP-34	S-36
Ιούλιος	24,64	17,76	15,34	15,41
Αύγουστος	22,08	16,45	13,63	13,75
Σεπτέμβριος	16,52	12,24	10,27	9,94



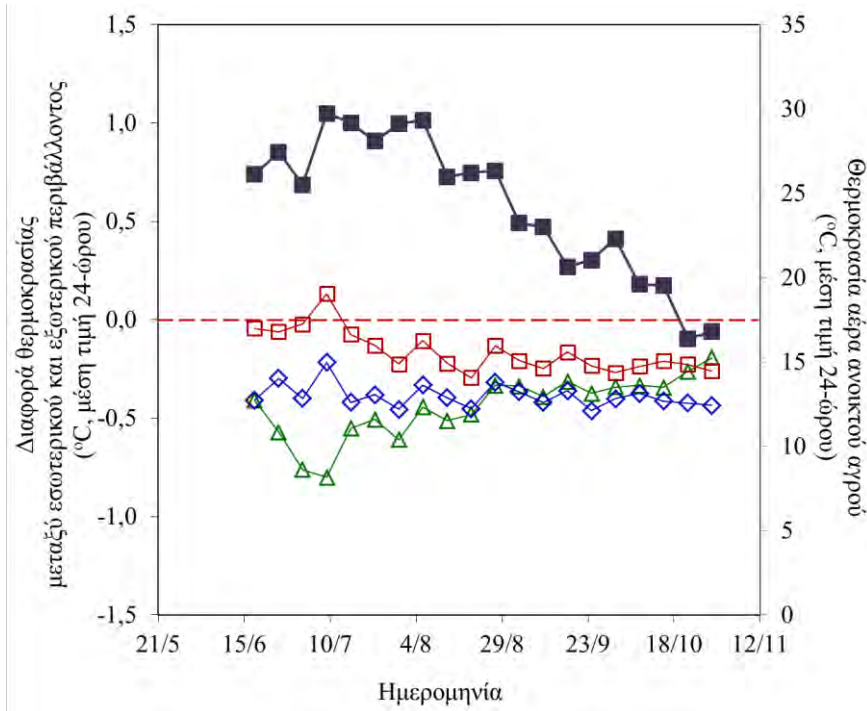
Σχήμα 1 Η εξέλιξη της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια 2 τυπικών ημερών της πειραματικής περιόδου εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: πορτοκαλί γραμμή, IP-34: μπλέ γραμμή και S-36: πράσινη γραμμή) και στον ανοικτό αγρό (Cont:κόκκινη γραμμή).

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η εξέλιξη της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια 2 τυπικών ημερών της πειραματικής περιόδου εντός των διχτυοκηπίων (IP-13, IP-34 και S-36) και στον ανοικτό αγρό (Cont). Στις 15/7/2012, οι μέγιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας ήταν 950 W m^{-2} , εντός του IP-13 ήταν 740 W m^{-2} και εντός του IP-34 και S-36 610 W m^{-2} .

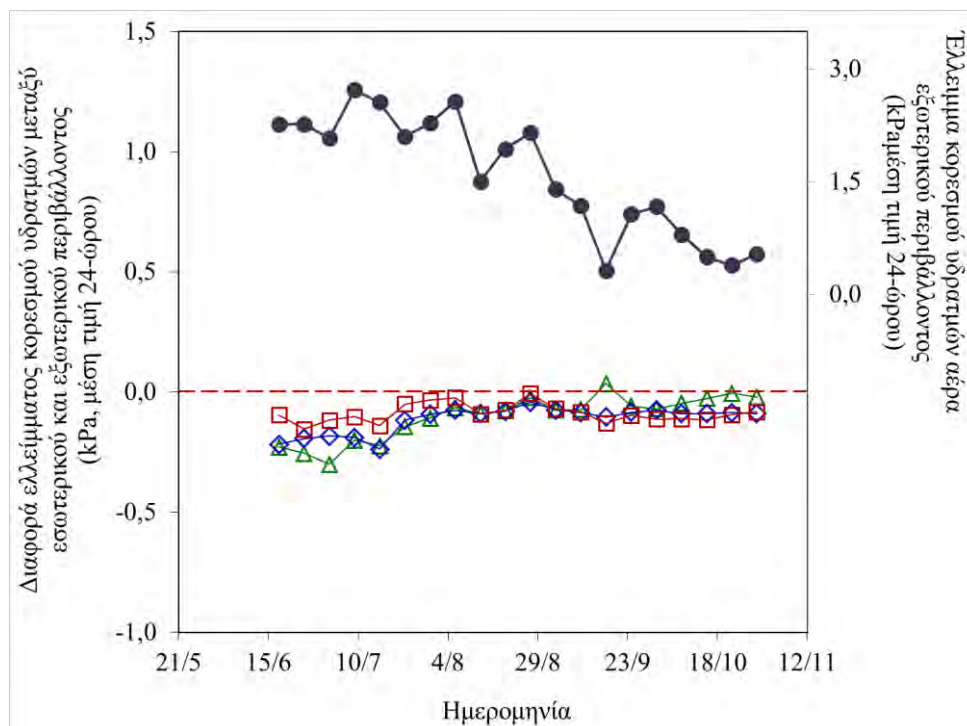
5.1.2 Θερμοκρασία και έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η εξέλιξη της θερμοκρασίας του αέρα (μέση εβδομαδιαία τιμή της μέσης ημερήσιας (24h) θερμοκρασίας αέρα.) εντός των διχτυοκηπίων και στον ανοικτό αγρό. Από τα μέσα Αυγούστου οι μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα εντός των IP-34 και S-36 είναι μικρότερη κατά $0,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ενώ του IP-13 κατά $0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ σε σχέση με του ανοικτού αγρού. Στο προηγούμενο διάστημα (αρχή πειράματος έως μέσα Αυγούστου) παρατηρείται μια απόκλιση των τιμών της διαφοράς μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα ανάμεσα στα διχτυοκήπια. Καμία ουσιαστική διαφορά δεν παρατηρείται τόσο στην θερμοκρασία όσο και στο έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα.

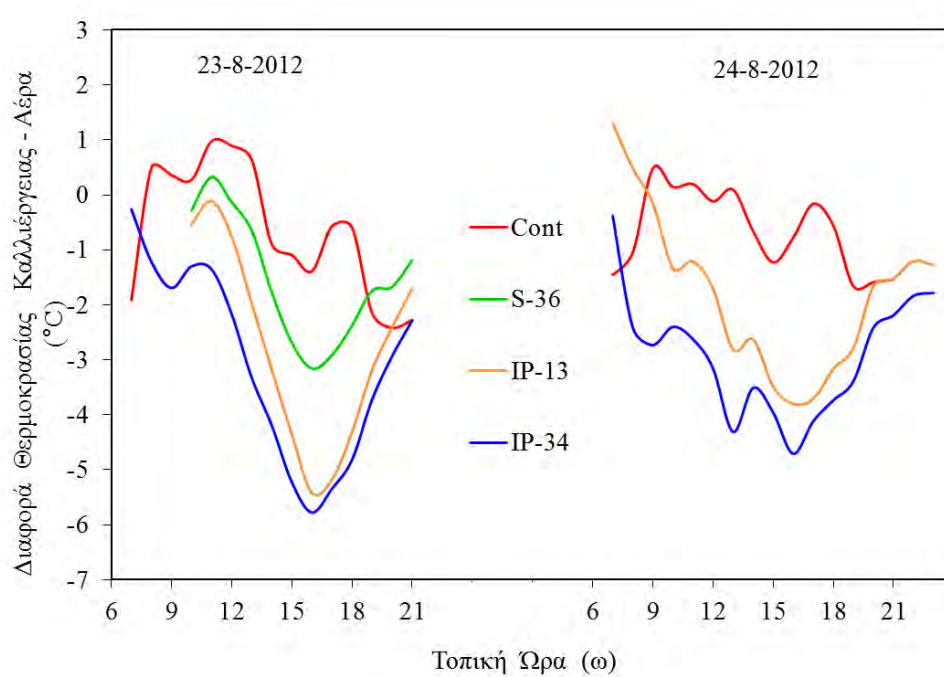
Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται η διακύμανση της διαφοράς της θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα (δT_c) και στο σχήμα 5 εκείνη του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας-αέρα (D_c), σε όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος, κατά τη διάρκεια δυο χαρακτηριστικών ημερών της πειραματικής περιόδου 2012. Εντός των εντομοστεγανών διχτυοκηπίων και του S-36 οι καλλιέργειες ήταν δροσερότερες από τον αέρα μέχρι και 5°C και 3°C , αντίστοιχα. Επιπλέον το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας-αέρα ήταν υψηλότερο στον ανοικτό αγρό και μικρότερο εντός των εντομοστεγανών διχτυοκηπίων. Οι μέγιστες τιμές του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας-αέρα ήταν περίπου $5,0 \text{ kPa}$, $3,8 \text{ kPa}$ και $3,2 \text{ kPa}$, στον ανοικτό, στο διχτυοκήπιο S-36 και στα εντομοστεγανά (IP-13 και IP-34), αντίστοιχα.



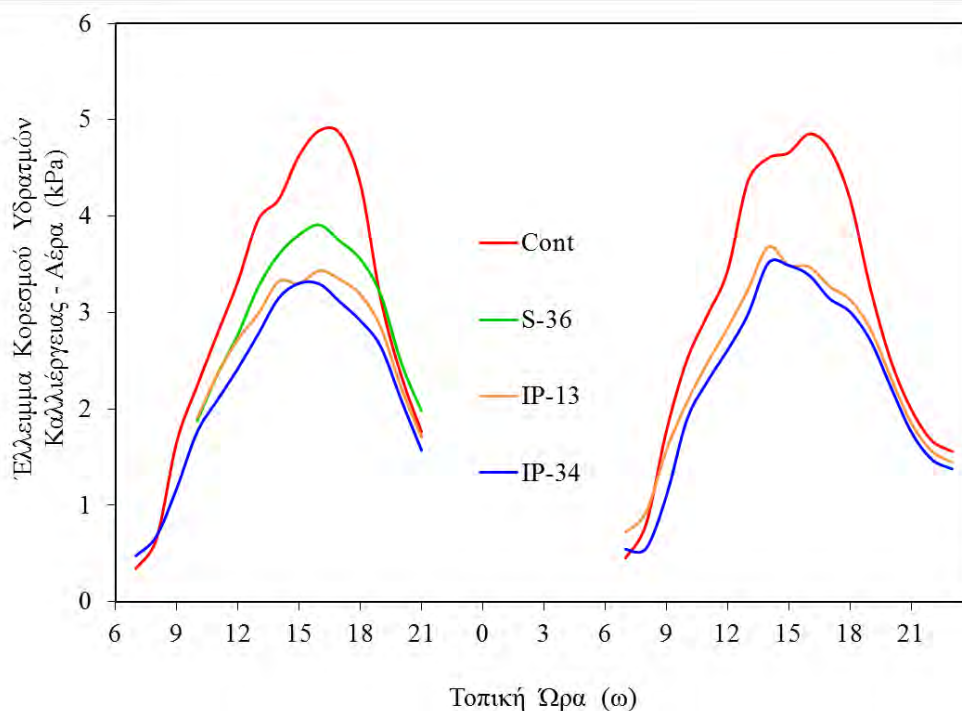
Σχήμα 2 Η εξέλιξη της θερμοκρασίας του αέρα εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: πορτοκαλί γραμμή, IP-34: μπλέ γραμμή και S-36: πράσινη γραμμή) και στον ανοικτό αγρό (Cont:κόκκινη γραμμή). Κάθε σημείο αντιπροσωπεύει την μέση εβδομαδιαία τιμή της μέσης ημερήσιας (24h) θερμοκρασίας αέρα.



Σχήμα 3 Η εξέλιξη του έλλειμματος κορεσμού υδρατμών του αέρα εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: πορτοκαλί γραμμή, IP-34: μπλέ γραμμή και S-36: πράσινη γραμμή) και στον ανοικτό αγρό (Cont:κόκκινη γραμμή).



Σχήμα 4 Η διακύμανση της διαφοράς της θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: πορτοκαλί γραμμή, IP-34: μπλέ γραμμή και S-36: πράσινη γραμμή) και στον ανοικτό αγρό (Cont:κόκκινη γραμμή).



Σχήμα 5 Η διακύμανση του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας – αέρα εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: πορτοκαλί γραμμή, IP-34: μπλέ γραμμή και S-36: πράσινη γραμμή) και στον ανοικτό αγρό (Cont:κόκκινη γραμμή).

5.2 Μη Καταστροφικές Μετρήσεις

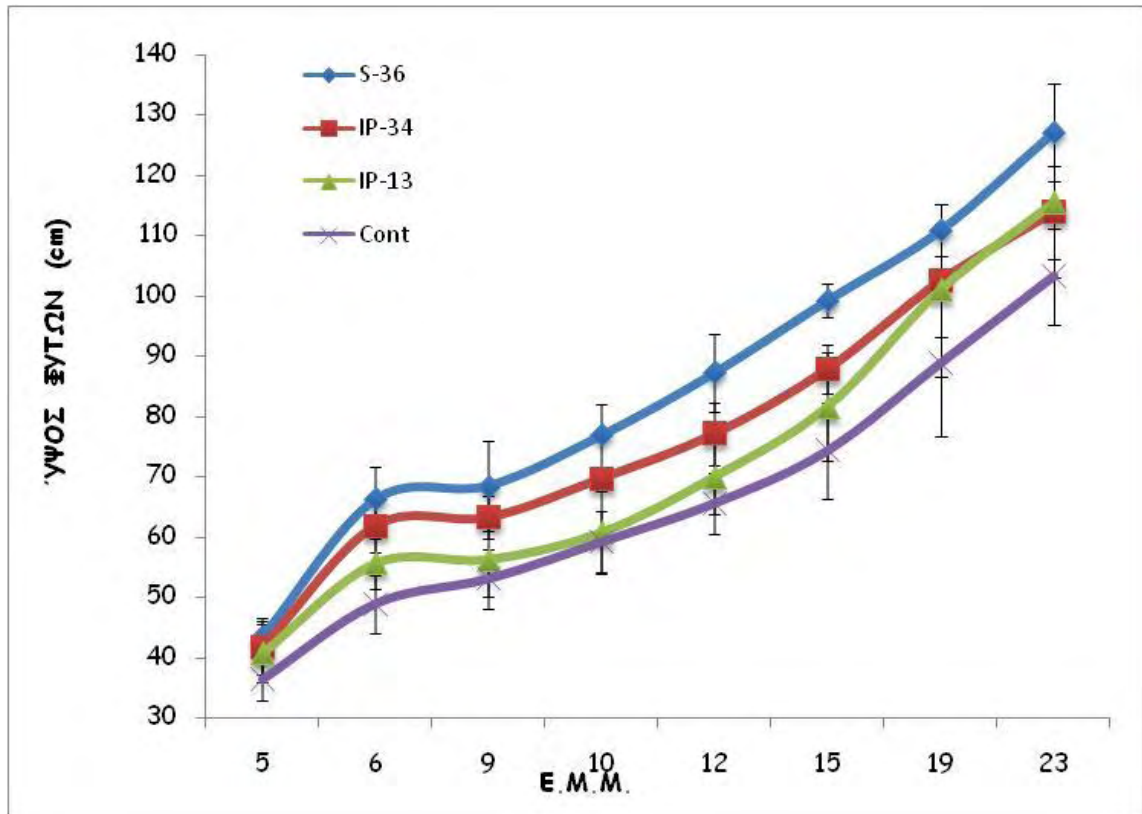
5.2.1 Ύψος και αριθμός φύλλων φυτών

Στο σχήμα 6 παρουσιάζεται οι τιμές του ύψους των φυτών (cm) ανά μεταχείριση. Παρατηρείται ότι τα φυτά με το μεγαλύτερο ύψος εντοπίστηκαν στην μεταχείριση S-36, ακολουθεί IP-13 και IP-34 (οι τιμές βρίσκονται αρκετά κοντά), ενώ το μικρότερο ύψος φυτών παρατηρήθηκε στην μεταχείριση Cont. Τα φυτά εντός του διχτυοκηπίου S-36 είχαν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο ύψος (Πίνακας 2) από εκείνα των IP-13, IP-34, κατά την διάρκεια της πειραματικής περιόδου, ενώ τα φυτά του ανοικτού αγρού είχαν στατιστικώς σημαντικά μικρότερο ύψος από εκείνα των διχτυοκηπίων (Σχήμα 6, Πίνακας 2). Εντός του S-36 η καλλιέργεια έφτασε σε ύψος 127,13 cm, ενώ το ύψος του IP-13 και IP-34 ήταν 0,90 και 0,91 εκείνης του S-36 αντίστοιχα. Το ύψος των φυτών στην μεταχείριση Cont ήταν 0,81 της αντίστοιχης τιμής του S-36. Τα φύλλα των φυτών εντός των διχτυοκηπίων ήταν σημαντικά περισσότερα από εκείνα του ανοικτού αγρού.

Πίνακας 5. Ύψος και αριθμός φύλλων των φυτών εντός των διχτυοκηπίων και στον ανοικτό αγρό.

Μεταχείριση	Ύψος φυτών (cm)	# φύλλων (# φυτό ⁻¹)
Cont	88,9 ^b	133,6 ^b
IP-13	101,0 ^a	155,1 ^{ab}
IP-34	102,5 ^a	167,1 ^a
S-36	110,9 ^a	159,3 ^{ab}

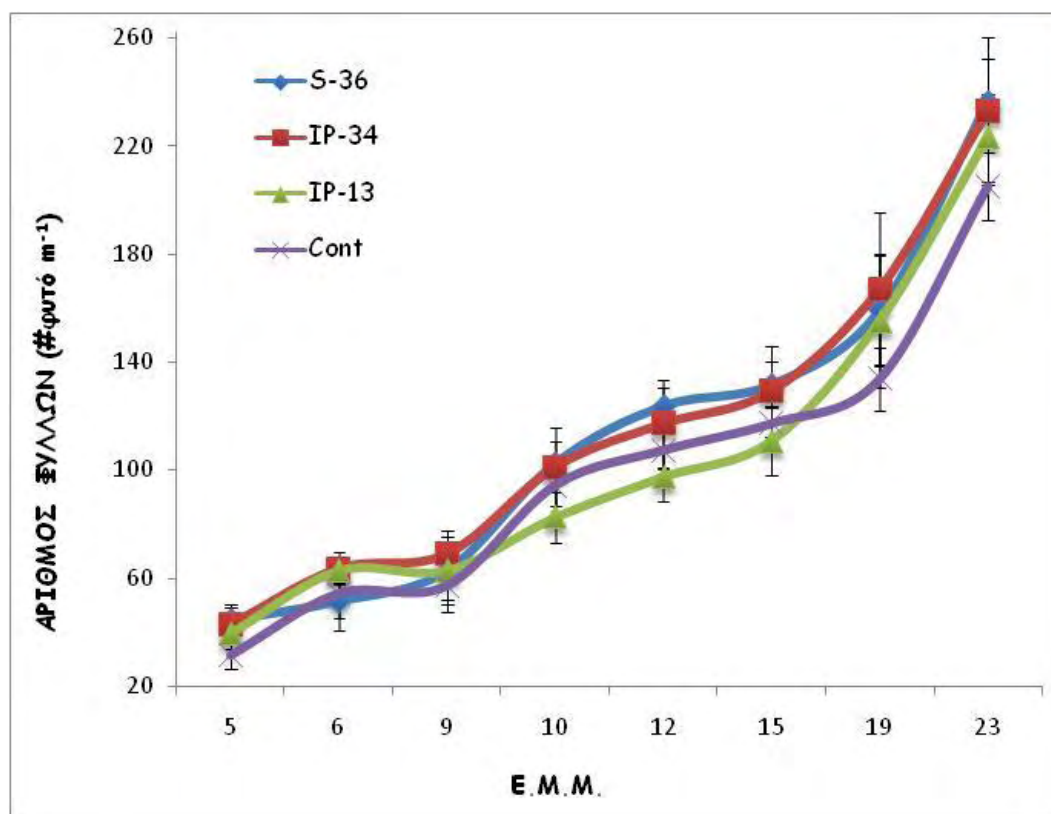
a, b, c : Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επίπεδο σημαντικότητας ($\alpha=0.05$)



Σχήμα 6 Εξέλιξη του ύψους των φυτών εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοιχτό αγρό (Cont: ×).

5.2.2 Αριθμός των φύλλων

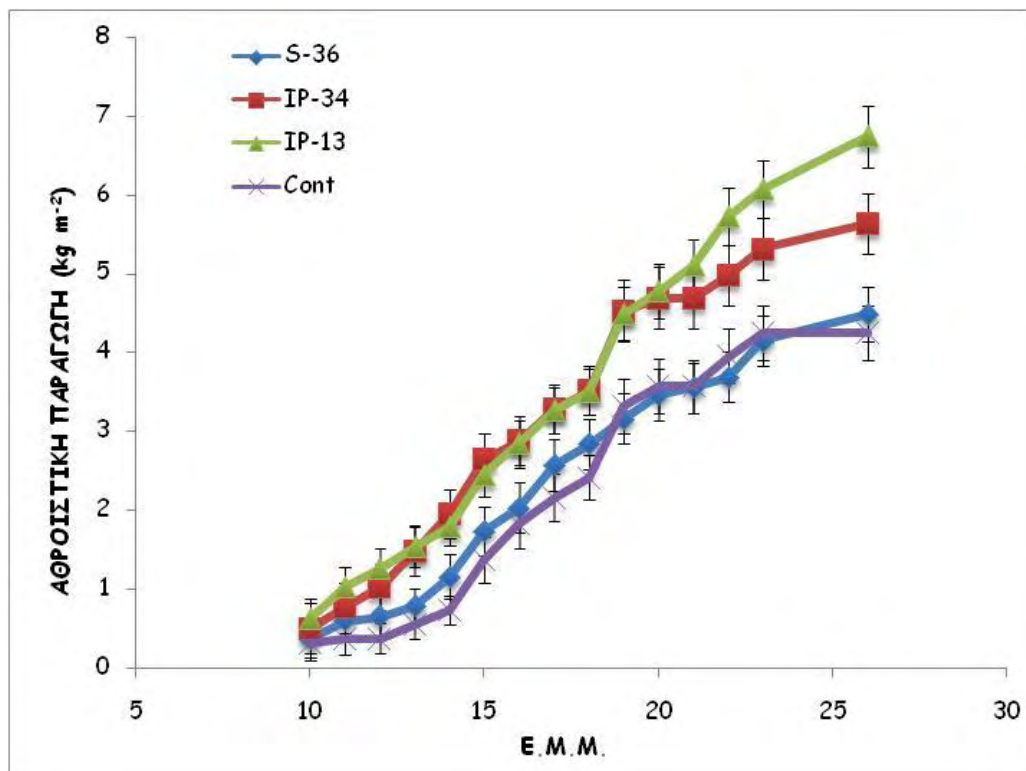
Το Σχήμα 7 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη στον αριθμό των φύλλων των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Φαίνεται από το σχήμα ότι τα φυτά με τα περισσότερα φύλλα εντοπίστηκαν στην μεταχείριση S-36, ακολουθεί IP-34 και IP-13, ενώ τα λιγότερα σε αριθμό φύλλα παρατηρήθηκε στην μεταχείριση Cont. Εντός του S-36 η καλλιέργεια έφτασε σε αριθμό φύλλων 236, ενώ οι μεταχειρίσεις IP-34 και IP-13 ήταν 0,99 και 0,94 εκείνης του S-36 αντίστοιχα. Ο αριθμός των φύλλων των φυτών στην μεταχείριση Contήταν 0,87της αντίστοιχης τιμής του S-36.



Σχήμα 7 Η εξέλιξη του αριθμού φύλλων ανά φυτό εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

5.2.3 Παραγωγικότητα

Στα Σχήματα 8 και 9 που ακολουθούν παρουσιάζεται η παραγωγικότητα των καλλιεργειών κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

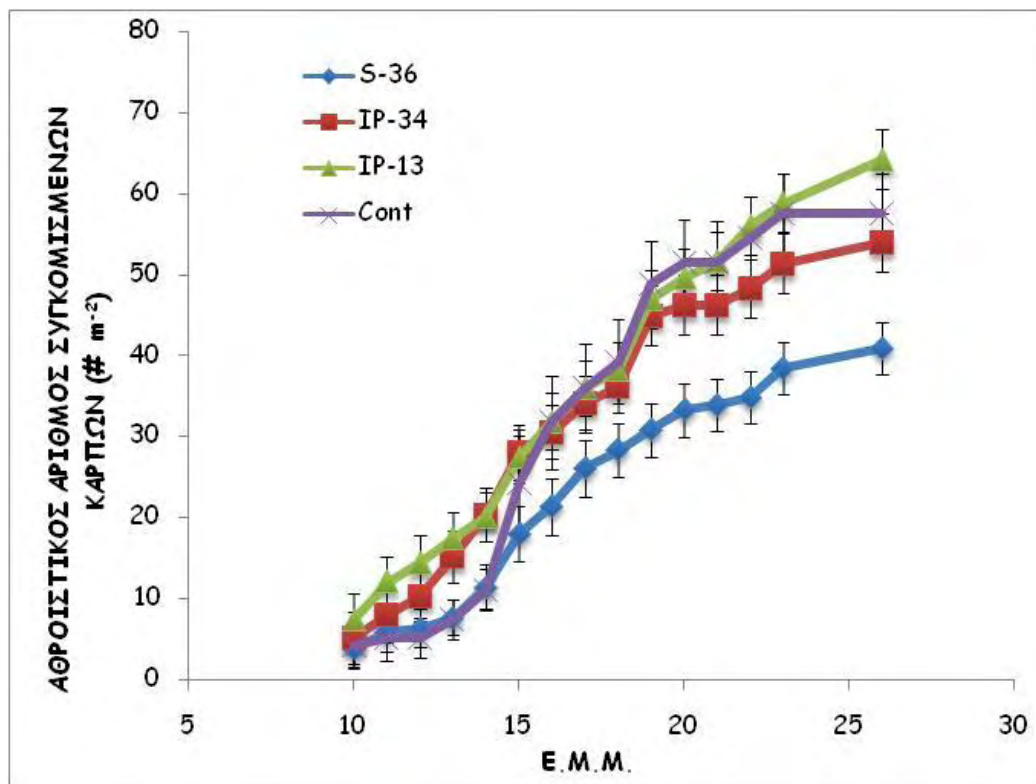


Σχήμα 8 Η εξέλιξη της συνολικής παραγωγής καρπών (χλωρό βάρος, kg/m²) εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοιχτό αγρό (Cont: ×).

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται η αθροιστική παραγωγή χλωρού βάρους καρπών (kg m⁻²) ανά μεταχείριση. Φαίνεται ότι στο IP-13 η παραγωγή ήταν υψηλότερη, ακολουθεί εκείνη του IP-34 και του S-36, ενώ τη μικρότερη παραγωγή παρατηρήθηκε στον Cont. Εντός του IP-13 η καλλιέργεια παρήγαγε 6,7 kg m⁻², ενώ η παραγωγή εντός του IP-34 και του S-36 ήταν 0,83 και 0,66 εκείνης του IP-13, αντίστοιχα. Η IP-13 διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από το Cont και την S-36. Η αθροιστική παραγωγή στην μεταχείριση Cont ήταν 0,63 της αντίστοιχης τιμής του IP-13.

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών πιπεριάς ανά φυτό σε κάθε συγκομιδή ανά μεταχείριση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Φαίνεται ότι στο IP-13 η παραγωγή ήταν υψηλότερη, ακολουθεί εκείνη του Cont και του IP-34, ενώ τη μικρότερη παραγωγή παρατηρήθηκε στον S-36. Εντός του IP-13 η καλλιέργεια συγκόμισε 64,3 καρποί m⁻², ενώ η συγκομιδή εντός του Cont και του IP-

34ήταν 0,89 και 0,84 εκείνης του IP-13, αντίστοιχα. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του IP-13 και S-36. Ο αθροιστικός αριθμός συγκομισμένων καρπών στην μεταχείριση S-36 ήταν 0,63της αντίστοιχης τιμής του IP-13.



Σχήμα 9Η εξέλιξη του αθροιστικού αριθμού των συγκομισμένων καρπών εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι τελικές τιμές της παραγωγής (χλωρό βάρος καρπών), του αριθμού και του μέσου βάρους των καρπών που συγκομίστηκαν απ' όλες τις μεταχειρίσεις μέχρι τη λήξη του πειράματος. Η παραγωγή του IP-13 και του IP-34 ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες κατά 56% και 30% σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ εκείνη του διχτυοκήπιου S-36 δεν διέφερε από του ανοικτού αγρού. Επιπλέον, εντός του IP-34 συγκομίστηκαν 12% περισσότεροι καρποί, ενώ στο S-36 29% λιγότεροι σε σχέση με τον ανοικτό αγρό. Τέλος, οι καρποί εντός όλων των διχτυοκηπίων ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτεροι κατά 39% σε σχέση με εκείνους του ανοικτού αγρού.

Πίνακας 6. τελικές τιμές της παραγωγής (χλωρό βάρος καρπών), του αριθμού και του μέσου βάρους των καρπών που συγκομίστηκαν απ' όλες τις μεταχειρίσεις μέχρι τη λήξη του πειράματος

Μεταχείριση	Χλωρό βάρος		Μέσο βάρος
	καρπών	# καρπών	καρπού
	kg m ⁻²	# m ⁻²	g fruit ⁻¹
Cont	4,3 ^b	57,6 ^a	78,1 ^b
IP-13	6,7 ^a	64,3 ^a	107,1 ^a
IP-34	5,6 ^{ab}	54,0 ^{ab}	105,9 ^a
S-36	4,5 ^b	41,0 ^b	112,1 ^a

a, b, c : Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επίπεδο σημαντικότητας ($\alpha=0.05$)

5.2.4 Ποιότητα παραγωγής

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται τα Ελατώματα συγκομισμένων καρπών από ηλιακό έγκαυμα, ξηρά σήψη κορυφής και προσβολές από έντομα (θρίπες και πράσινο σκουλίκι) όλων των μεταχειρίσεων στο τέλος του πειράματος. Τα δίχτυα σχεδόν εκμηδένισαν το ηλιακό έγκαυμα, ενώ μείωσαν στατιστικά σημαντικά κατά 50% την εμφάνιση BER. Οι προσβολές από θρίπες μειώθηκαν σημαντικά στα εντομοστεγανά διχτυοκήπια, όπως ήταν αναμενόμενο, αλλά και στο S-36. Τέλος οι προσβολές από πράσινο σκουλίκι εκμηδενίστηκαν εντός των διχτυοκηπίων.

Πίνακας 7. Ελατώματα συγκομισμένων καρπών από ηλιακό έγκαυμα, ξηρά σήψη κορυφής και προσβολές από έντομα (θρίπες και πράσινο σκουλίκι) όλων των μεταχειρίσεων στο τέλος του πειράματος.

Μεταχείριση	Ηλιακό έγκαυμα		Πράσινο σκουλίκι	
	BER	Θρίπες	BER	Θρίπες
	# m ⁻²	# m ⁻²	# m ⁻²	# m ⁻²
Cont	8,1 ^a	7,8 ^a	8,1 ^a	1,5 ^a
IP-13	0,5 ^b	5,1 ^{ab}	3,3 ^b	0,0 ^b
IP-34	1,0 ^b	3,6 ^b	1,3 ^b	0,0 ^b
S-36	0,0 ^b	3,2 ^b	2,0 ^b	0,0 ^b

a, b, c : Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επίπεδο σημαντικότητας ($\alpha=0.05$)

Από την συνολική παραγωγή αφαιρέθηκε εκείνο το ποσοστό των καρπών που παρουσίασαν ελαττώματα. Η εμπορεύσιμη παραγωγή η οποία ήταν περίπου 90% επί της συνολικής παραγωγής για όλα τα διχτυοκήπια έναντι 63% του μάρτυρα.

Πίνακας 8. Ποιότητα παραγωγής. Βάρος ανά καρπό (g) και εμπορεύσιμη παραγωγή εκφρασμένη ως ποσοστό % της συνολικής παραγωγής.

	Cont	IP-13	IP-34	S-36
Βάρος ανά καρπό (g)	84,3	94,5	104,4	100,6
Εμπορεύσιμη Παραγωγή (%)	63	92	87	88

5.3 Καταστροφικές Μετρήσεις

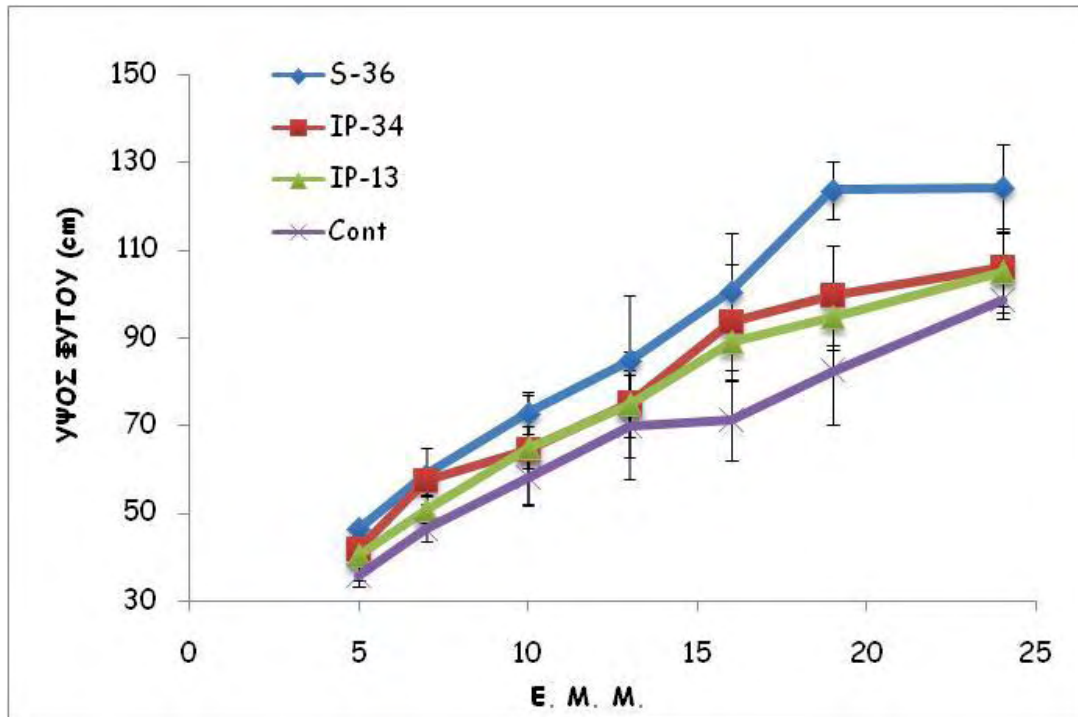
5.3.1 Ύψος φυτών

Στο Σχήμα 10 που ακολουθεί παρουσιάζεται το ύψος του φυτού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Παρατηρείται ότι τα φυτά με το μεγαλύτερο ύψος εντοπίστηκαν στην μεταχείριση S-36 όπου διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις (Πίνακας 9), ακολουθεί εκείνη του IP-34 και του IP-13, ενώ το μικρότερο ύψος φυτών παρατηρήθηκε στην μεταχείριση Cont. Εντός του S-36 η καλλιέργεια έφτασε σε ύψος 124 cm, ενώ το ύψος IP-34 και του IP-13 ήταν 0,85 και 0,84 εκείνης του S-36, αντίστοιχα. Το ύψος των φυτών στην μεταχείριση Cont ήταν 0,79 της αντίστοιχης του S-36.

Πίνακας 9. Ύψος φυτών και αριθμός φύλλων ανά φυτό κάθε μεταχείρισης στο τέλος του πειράματος.

Μεταχείριση	Ύψος φυτών (cm)	# φύλλων (# φυτό ⁻¹)
Cont	98,8 ^c	288,5 ^a
IP-13	105,0 ^{bc}	298,0 ^a
IP-34	106,0 ^{bc}	317,8 ^a
S-36	124,0 ^a	360,3 ^a

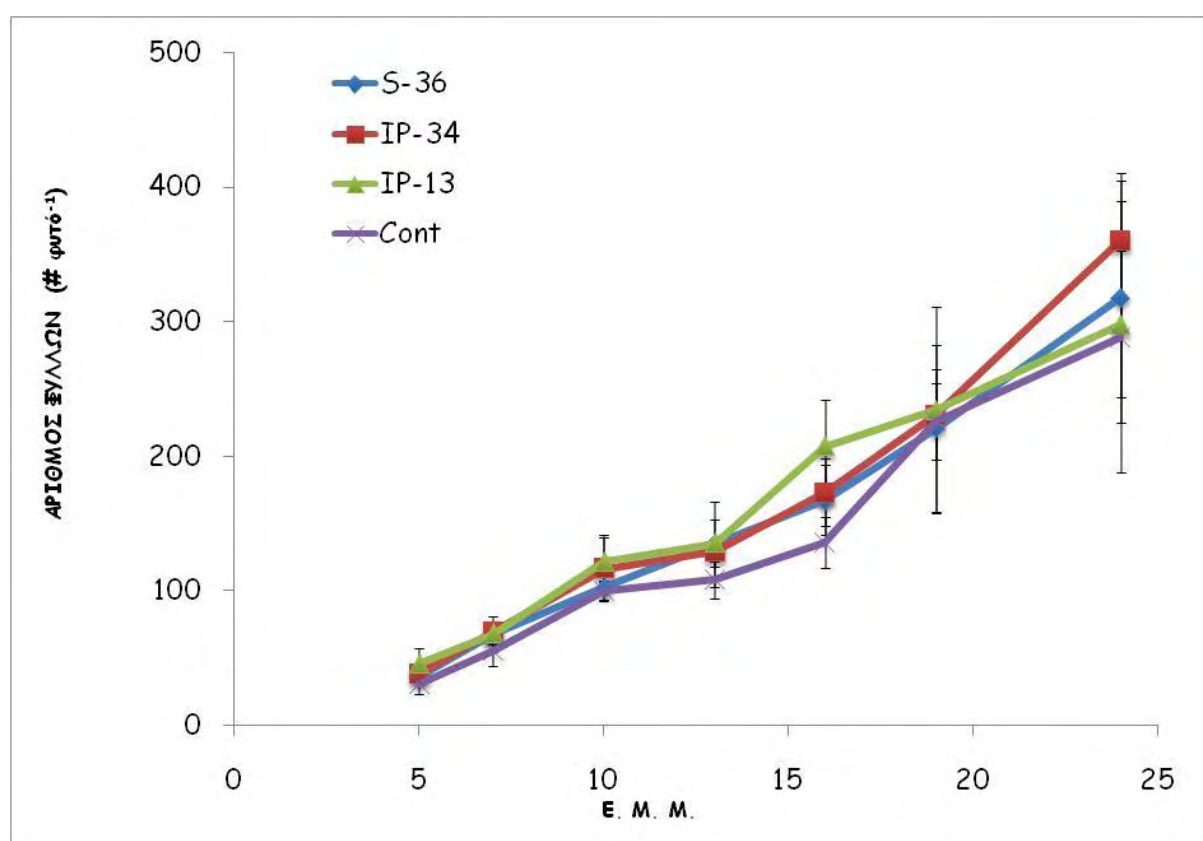
a, b, c : Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επίπεδο σημαντικότητας ($\alpha=0.05$)



Σχήμα 10 Η εξέλιξη του ύψους των φυτών εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

5.3.2 Αριθμός φύλλων

Στο Σχήμα 11 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία των φύλλων ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Φαίνεται από το σχήμα ότι τα φυτά με τα περισσότερα φύλλα εντοπίστηκαν στην μεταχείριση IP-34, ακολουθεί S-36 και IP-13, ενώ τα λιγότερα σε αριθμό φύλλα παρατηρήθηκε στην μεταχείριση Cont. Εντός του IP-34 η καλλιέργεια έφτασε σε αριθμό φύλλων 360,25, ενώ οι μεταχειρίσεις S-36 και IP-13 ήταν 0,88 και 0,82 εκείνης του IP-34 αντίστοιχα. Δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Ο αριθμός των φύλλων των φυτών στην μεταχείριση Cont ήταν 0,80 της αντίστοιχης τιμής του IP-34.



Σχήμα 11 Η εξέλιξη των φύλλων ανά φυτό εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

5.4 Αύξηση φυτών

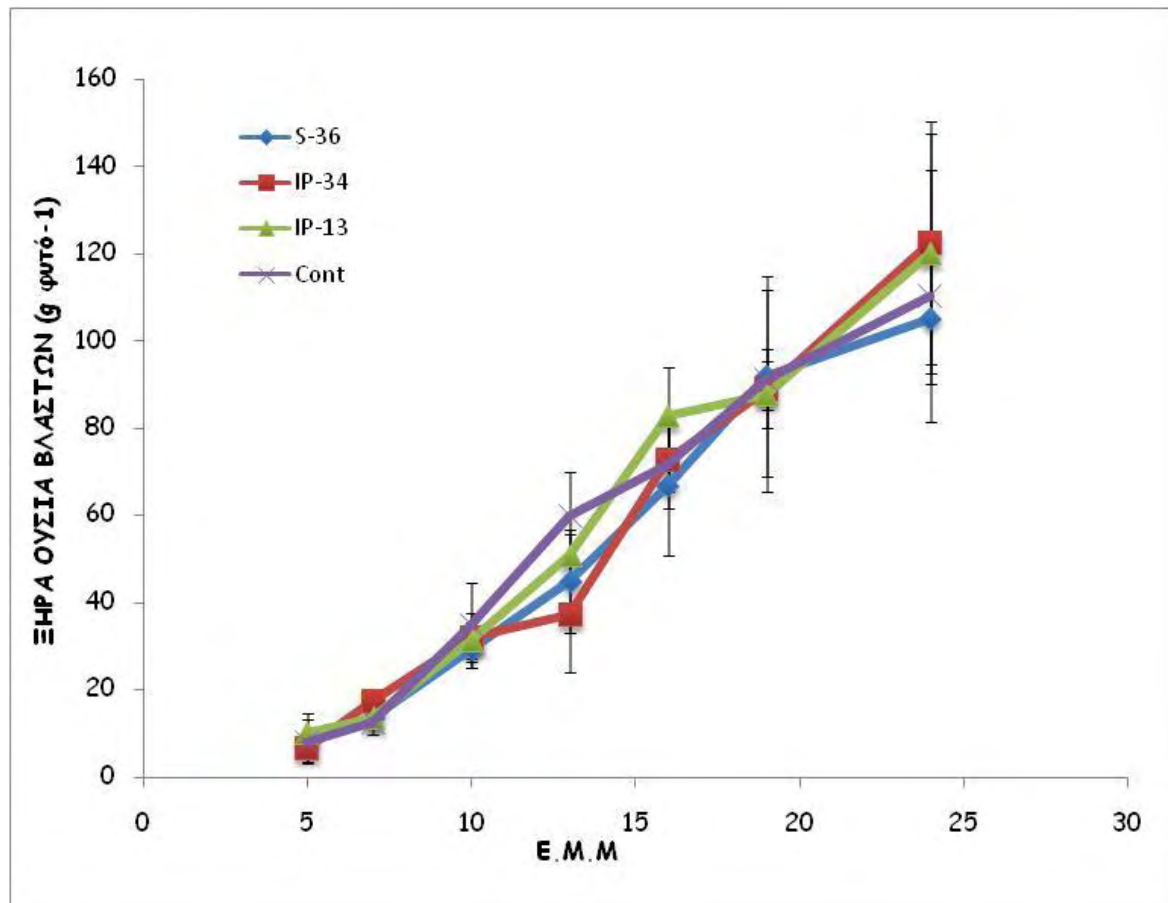
Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται η τελικές τιμές της ξηράς ουσίας των επιμέρους φυτικών οργάνων (στελέχη, φύλλα και καρποί) ανά φυτό, μαζί με την συνολική ξηρά ουσία ανά φυτό για όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρουσιάστηκε στην ξηρά ουσία στα φύλλα και στους βλαστούς των φυτών μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων. Οι καρποί των φυτών εντός του IP-13 είχαν 27% περισσότερη ξηρά ουσία, ενώ αθροί εντός του S-36 23% λιγότερη, από την αντίστοιχη των καρπών του ανοικτού αγρού.

Πίνακας 10. Ξηράς ουσία επιμέρους φυτικών οργάνων (στελέχη, φύλλα και καρποί) ανά φυτό, μαζί με την συνολική ξηρά ουσία ανά φυτό για όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος.

	Συνολική	Σύνολο καρπών	Φύλλα	Στελέχη
Μεταχείριση	g φυτό ⁻¹	g φυτό ⁻¹	g φυτό ⁻¹	g φυτό ⁻¹
Cont	370,5 ^{ab}	209,9 ^{ab}	50,2 ^a	110,4 ^a
IP-13	445,6 ^a	266,5 ^a	59,1 ^a	120,1 ^a
IP-34	403,0 ^{ab}	214,6 ^{ab}	66,1 ^a	122,4 ^a
S-36	326,4 ^b	162,5 ^b	58,7 ^a	105,2 ^a

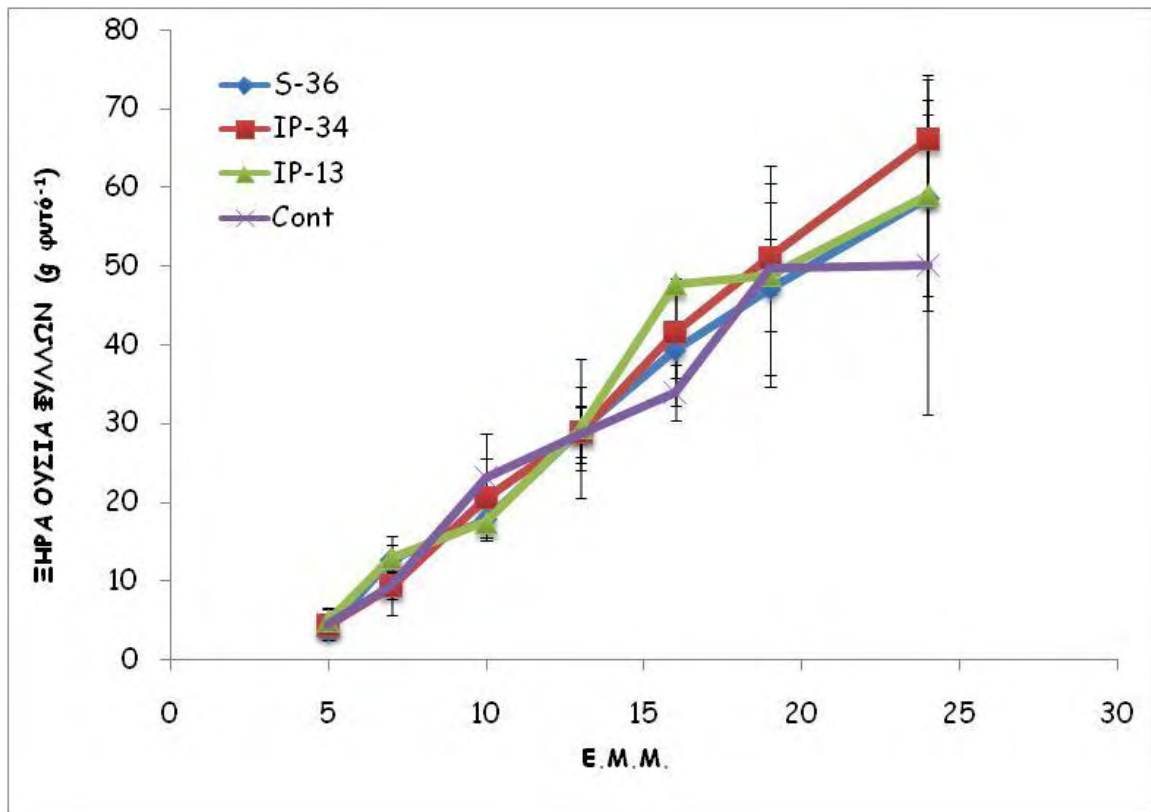
^{a, b, c} : Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επίπεδο σημαντικότητας ($\alpha=0.05$)

Στο Σχήμα 12 που ακολουθεί φαίνεται η ξηρά ουσία των βλαστών ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Φαίνεται από το σχήμα ότι η περισσότερη ξηρά ουσία βλαστών εντοπίστηκε στην μεταχείριση IP-34, ακολουθεί IP-13 και Cont, ενώ τα φυτά με την λιγότερη ξηρά ουσία παρατηρήθηκε στην μεταχείριση S-36. Εντός του IP-34 η καλλιέργεια έφτασε σε ξηρά ουσία βλαστών 122,38, ενώ οι μεταχειρίσεις IP-13 και Cont ήταν 0,98 και 0,90 εκείνης του IP-34 αντίστοιχα. Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η ξηρά ουσία βλαστών στην μεταχείριση S-36 ήταν 0,85 της αντίστοιχης τιμής του IP-34.



Σχήμα 12 Η εξέλιξη της ξηράς ουσίας των βλαστών εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

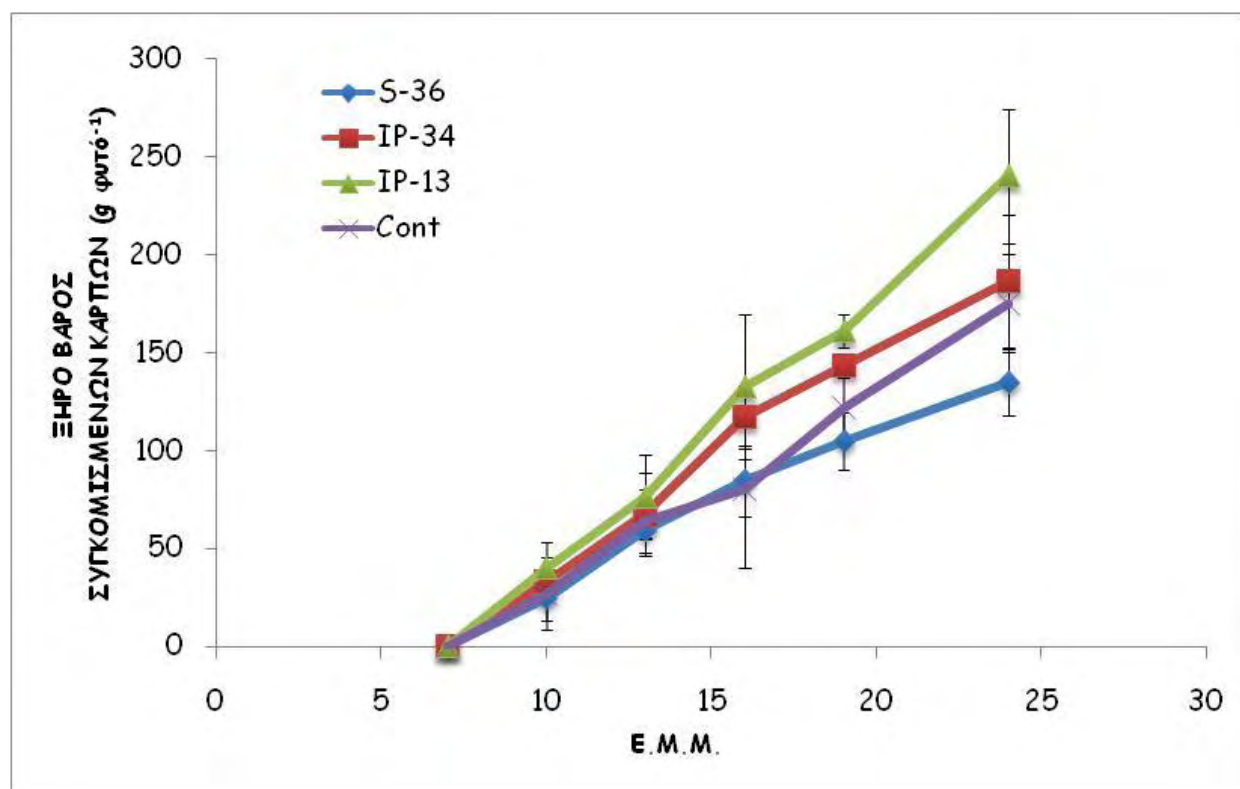
Στο Σχήμα 13 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία της ξηράς ουσίας των φύλλων ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι η περισσότερη ξηρά ουσία φύλλων εντοπίστηκε στην μεταχείριση IP-34, ακολουθεί IP-13 και S-36, ενώ τα φυτά με την λιγότερη ξηρά ουσία παρατηρήθηκε στην μεταχείριση Cont. Εντός του IP-34 η καλλιέργεια έφτασε σε ξηρά ουσία στα φύλλα 66,08, ενώ οι μεταχειρίσεις IP-13 και S-36 ήταν 0,89 και 0,88 εκείνης του IP-34 αντίστοιχα. Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η ξηρά ουσία φύλλων στην μεταχείριση Cont ήταν 0,75 της αντίστοιχης τιμής του IP-34.



Σχήμα 13 Η εξέλιξη του ξηρού βάρους των φύλλων ανά φυτό εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

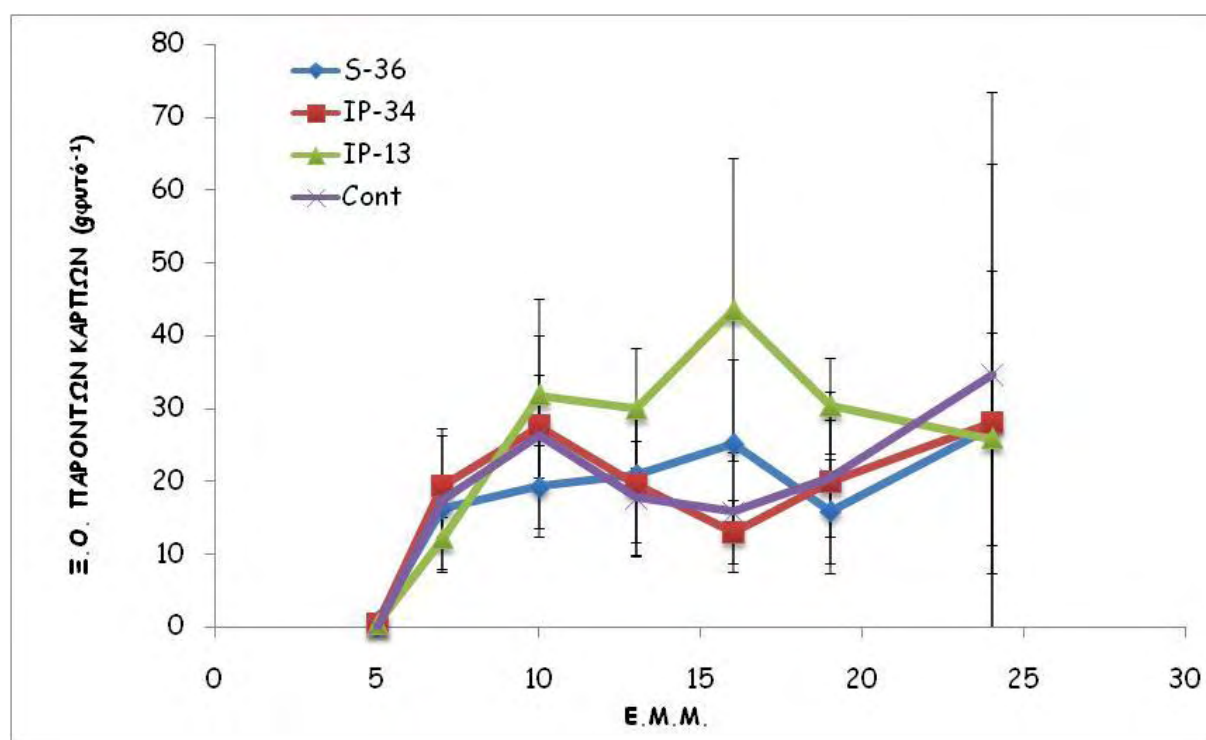
5.4.1 Ξηρά ουσία καρπών

Στο Σχήμα 14 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία της ξηράς ουσίας των συγκομισμένων καρπών ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι το περισσότερο ξηρό βάρος συγκομισμένων καρπών εντοπίστηκε στην μεταχείριση IP-13, ακολουθεί IP-34 και Cont, ενώ τα φυτά με το λιγότερο ξηρό βάρος παρατηρήθηκε στην μεταχείριση S-36. Εντός του IP-13 η καλλιέργεια έφτασε το ξηρό βάρος 240,58, ενώ οι μεταχειρίσεις IP-34 και Cont ήταν 0,77 και 0,72 εκείνης του IP-13 αντίστοιχα. Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ξηρό βάρος συγκομισμένων καρπών στην μεταχείριση S-36 ήταν 0,56 της αντίστοιχης τιμής του IP-13.



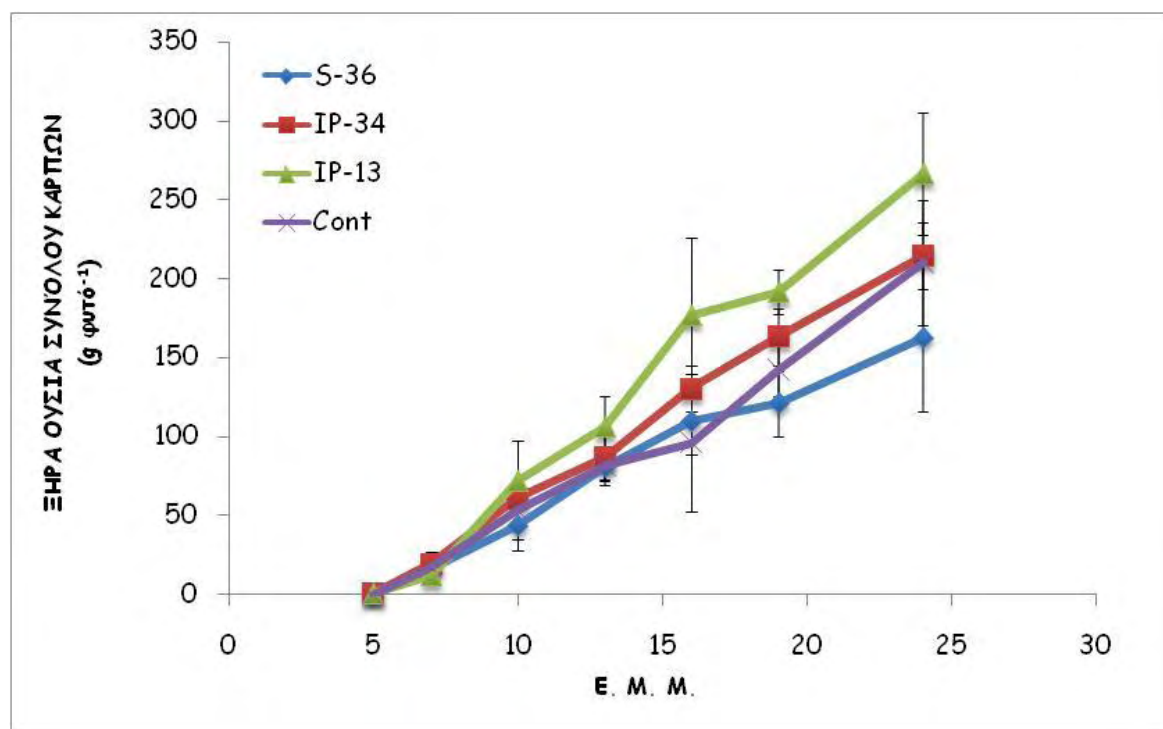
Σχήμα 14 Η εξέλιξη της ξηράς ουσίας των φύλλων ανά φυτό εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

Στο Σχήμα 15 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία παρόντων των καρπών ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι η περισσότερη ξηρά ουσία παρόντων καρπών εντοπίστηκε στην μεταχείριση Cont, ακολουθεί IP-34 και S-36, ενώ τα φυτά με τη λιγότερη ξηρά ουσία παρατηρήθηκε στην μεταχείριση IP-13. Εντός του Cont η καλλιέργεια έφτασε το ξηρό βάρος 34,55, ενώ οι μεταχειρίσεις IP-34 και S-36 ήταν 0,81 και 0,79 εκείνης του Cont αντίστοιχα. Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ξηρό βάρος συγκομισμένων καρπών στην μεταχείριση IP-13 ήταν 0,74 της αντίστοιχης τιμής του Cont.



Σχήμα 15 Η εξέλιξη ξηράς ουσίας των παρόντων καρπών ανά φυτό εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

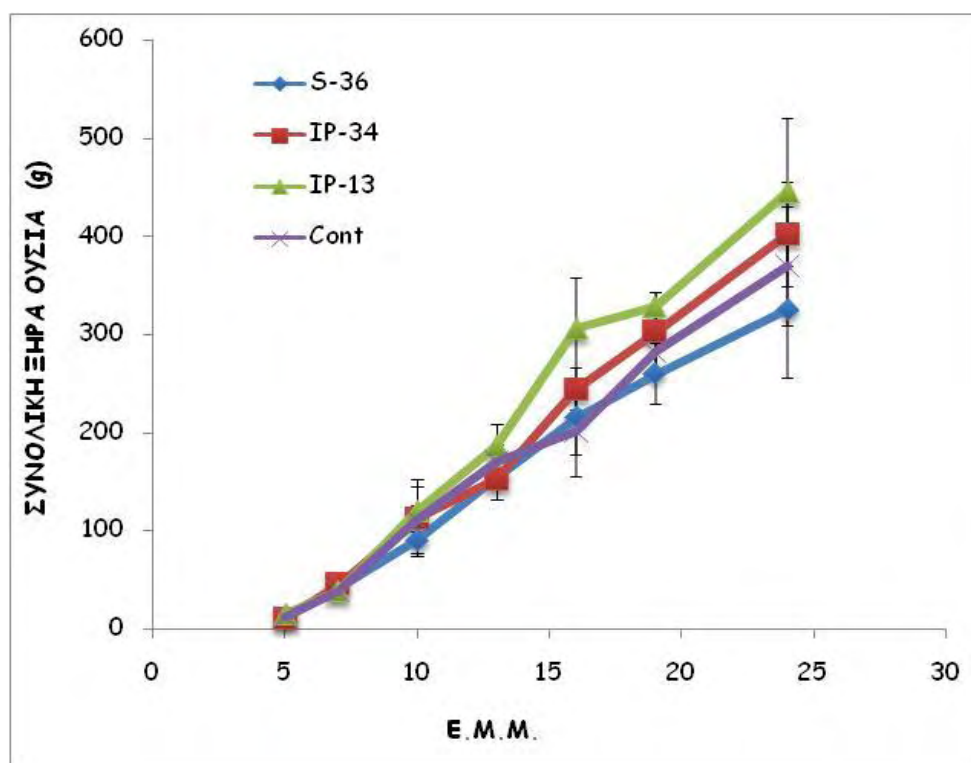
Στο Σχήμα 16 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του ξηρού βάρους του συνόλου των καρπών (παρόντες & συγκομισμένοι) ανά φυτό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι η περισσότερη ξηρά ουσία συνόλου των καρπών εντοπίστηκε στην μεταχείριση IP-13, ακολουθεί IP-34 και Cont, ενώ τα φυτά με τη λιγότερη ξηρά ουσία παρατηρήθηκε στην μεταχείριση S-36. Εντός του IP-13 η καλλιέργεια έφτασε σε ξηρά ουσία 266,48, ενώ οι μεταχειρίσεις IP-34 και Cont ήταν 0,8 και 0,78 εκείνης του IP-13 αντίστοιχα. Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η ξηρά ουσία του συνόλου καρπών ανά φυτό στην μεταχείριση S-36 ήταν 0,6 της αντίστοιχης τιμής του IP-13.



Σχήμα 16 Η εξέλιξη του ξηρού βάρους του συνόλου των καρπών ανά φυτό εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

5.4.2 Συνολική ξηρή ουσία

Στο Σχήμα 17 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία της συνολικής ξηράς ουσίας των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Η συνολική ξηρά ουσία προέκυψε από το άθροισμα των ξηρών βαρών των βλαστών των φύλλων και των παρόντων, κατά την ημέρα της καταστροφικής μέτρησης, καρπών.



Σχήμα 17 Η εξέλιξη της συνολικής ξηράς ουσίας των φυτών εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

Παρατηρείται από το σχήμα ότι η περισσότερη ξηρά ουσία των φυτών εντοπίστηκε στην μεταχείριση IP-13, ακολουθεί IP-34 και Cont, ενώ τα φυτά με την λιγότερη συνολική ξηρά ουσία παρατηρήθηκαν στην μεταχείριση S-36. Εντός του IP-13 η καλλιέργεια έφτασε σε συνολική ξηρά ουσία φυτών 445,58, ενώ οι μεταχειρίσεις IP-34 και Cont ήταν 0,90 και 0,83 εκείνης του IP-13 αντίστοιχα. Η συνολική ξηρά ουσία των φυτών στην μεταχείριση S-36 ήταν 0,73 της αντίστοιχης τιμής του IP-13.

Η συνολική ξηρά ουσία δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος. Παρόμοιες πορείες παρουσίασαν οι εξελίξεις των ξηρών βαρών των επιμέρους οργάνων των φυτών (φύλλα, βλαστοί και καρποί), εκτός από την εξέλιξη του ξηρού βάρους των καρπών των φυτών εντός του IP13%, που ήταν ιδιαίτερα αυξημένο κατά την EMM 16, το οποίο θα μπορούσε

να αποδοθεί στον αυξημένο αριθμό, σχεδόν ώριμων για συγκομιδή, καρπών που είχαν τα φυτά την συγκεκριμένη ημέρα της καταστροφικής μέτρησης.

5.4.3 Περιεκτικότητα ξηράς ουσίας

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των οργάνων (στελέχη, φύλλα, ακροί συγκομισμένοι και παρόντες) των φυτών εντός των διχτυοκηπίων και στον ανοικτό αγρό, στο τέλος του πειράματος. Εντός των διχτυοκηπίων οι συγκομισμένοι καρποί είχαν στατιστικά σημαντικά λιγότερο % ποσοστό ξηράς ουσίας έναντι των καρπών του ανοικτού αγρού. Στα υπόλοιπα φυτικά όργανα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

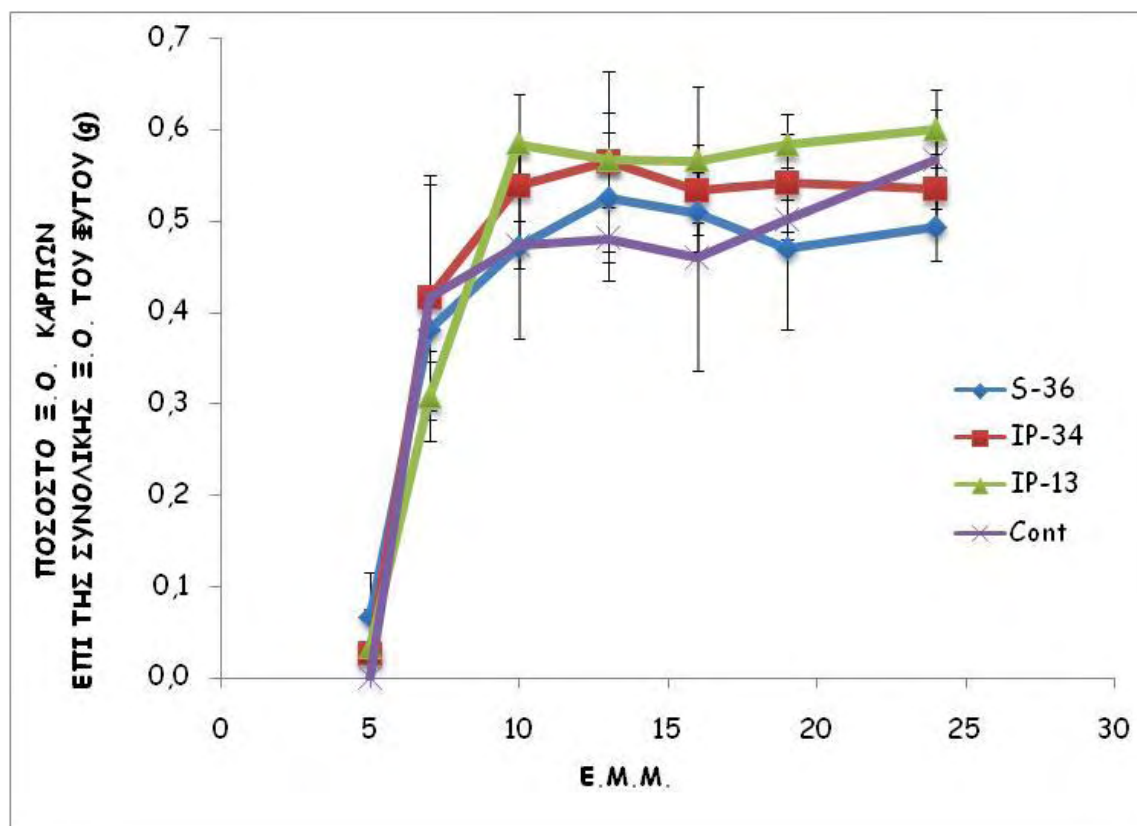
Πίνακας 11. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των οργάνων (στελέχη, φύλλα, ακροί συγκομισμένοι και παρόντες) των φυτών εντός των διχτυοκηπίων και στον ανοικτό αγρό, στο τέλος του πειράματος.

Μεταχείριση	Στελέχη	Φύλλα	Παρόντες καρποί	Συγκομισμένοι καρποί
	(%)	(%)	(%)	(%)
Cont	24,5 ^a	21,3 ^a	5,8 ^a	6,6 ^a
IP-13	23,7 ^a	17,1 ^a	11,6 ^a	6,0 ^b
IP-34	23,5 ^a	16,8 ^a	8,1 ^a	5,6 ^b
S-36	23,5 ^a	18,0 ^a	7,0 ^a	5,8 ^b

^{a, b, c} : Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επίπεδο σημαντικότητας ($\alpha=0.05$)

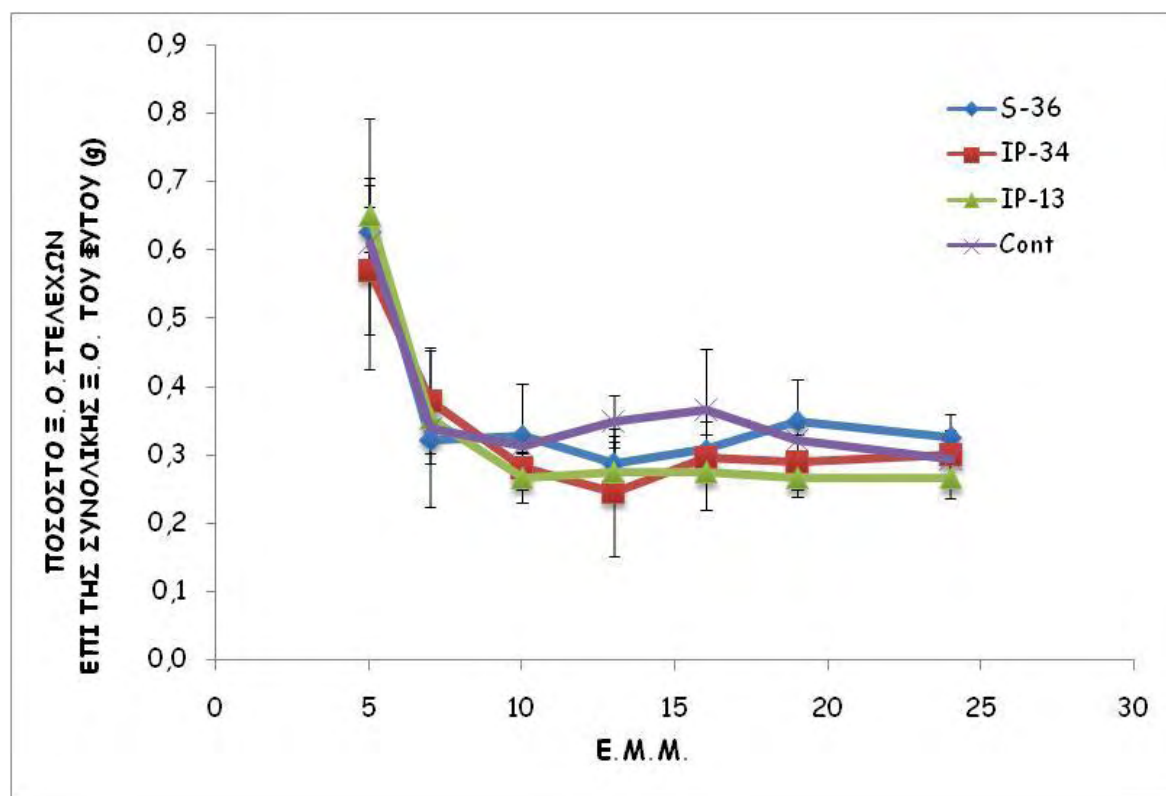
Στο σχήμα 18 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του ποσοστού της συνολικής ξηράς ουσίας των καρπών επί της συνολικής ξηράς ουσίας του φυτού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι η μεγαλύτερη κατανομή της ξηράς ουσίας εντοπίστηκε στην μεταχείριση IP-13, ακολουθεί Cont και IP-34, ενώ τα φυτά με την λιγότερη κατανομή ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στην μεταχείριση S-36. Εντός του IP-13 η καλλιέργεια έφτασε σε ποσοστό ξηράς ουσίας καρπών επί την συνολική ξηρά ουσία φυτού 0,60 ενώ οι μεταχειρίσεις Cont και IP-34 ήταν 0,94 και 0,89 εκείνης του IP-13 αντίστοιχα. Το συνολικό ποσοστό της

κατανομής της ξηράς ουσίας των φυτών στην μεταχείριση S-36 ήταν 0,82 της αντίστοιχης τιμής του IP-13.



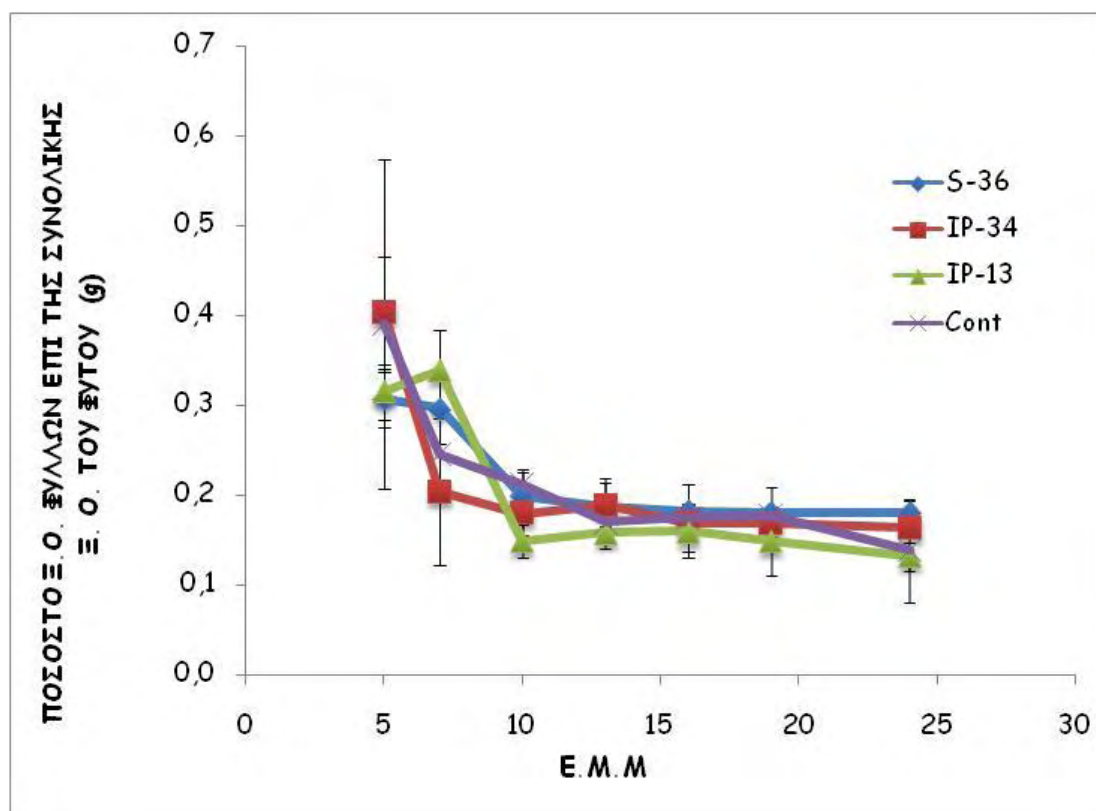
Σχήμα 18 Η εξέλιξη του Ποσοστού Ξ.Ο. των καρπών επί της συνολικής Ξ.Ο. του φυτού, εντός των δικτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

Στο σχήμα 19 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του ποσοστού της συνολικής ξηράς ουσίας των στελεχών επί της συνολικής ξηράς ουσίας του φυτού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι η μεγαλύτερη κατανομή της ξηράς ουσίας των στελεχών εντοπίστηκε στην μεταχείριση S-36, ακολουθεί IP-34 και Cont, ενώ τα φυτά με την λιγότερη κατανομή ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στην μεταχείριση IP-13. Εντός του S-36 η καλλιέργεια έφτασε σε ποσοστό ξηράς ουσίας στελεχών επί την συνολική ξηρά ουσία του φυτού 0,33 ενώ οι μεταχειρίσεις IP-34 και Cont ήταν 0,92 και 0,90 εκείνης του S-36 αντίστοιχα. Το συνολικό ποσοστό της κατανομής της ξηράς ουσίας των στελεχών στην μεταχείριση IP-13 ήταν 0,82 της αντίστοιχης τιμής του S-36.



Σχήμα 19 Η εξέλιξη του Ποσοστού Ξ.Ο. των στελεχών επί της συνολικής Ξ.Ο. του φυτού, εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

Στο σχήμα 20 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του ποσοστού της συνολικής ξηράς ουσίας των φυτών που κατανεμήθηκε στα φύλλα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι η μεγαλύτερη κατανομή της ξηράς ουσίας των φύλλων εντοπίστηκε στην μεταχείριση S-36, ακολουθεί IP-34 και Cont, ενώ τα φυτά με την λιγότερη κατανομή ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στην μεταχείριση IP-13. Εντός του S-36 η καλλιέργεια έφτασε σε ποσοστό ξηράς ουσίας φύλλων επί την συνολική ξηρά ουσία του φυτού 0,18 ενώ οι μεταχειρίσεις IP-34 και Cont ήταν 0,91 και 0,76 εκείνης του S-36 αντίστοιχα. Το συνολικό ποσοστό της κατανομής της ξηράς ουσίας των φύλλων στην μεταχείριση IP-13 ήταν 0,72 της αντίστοιχης τιμής του S-36.



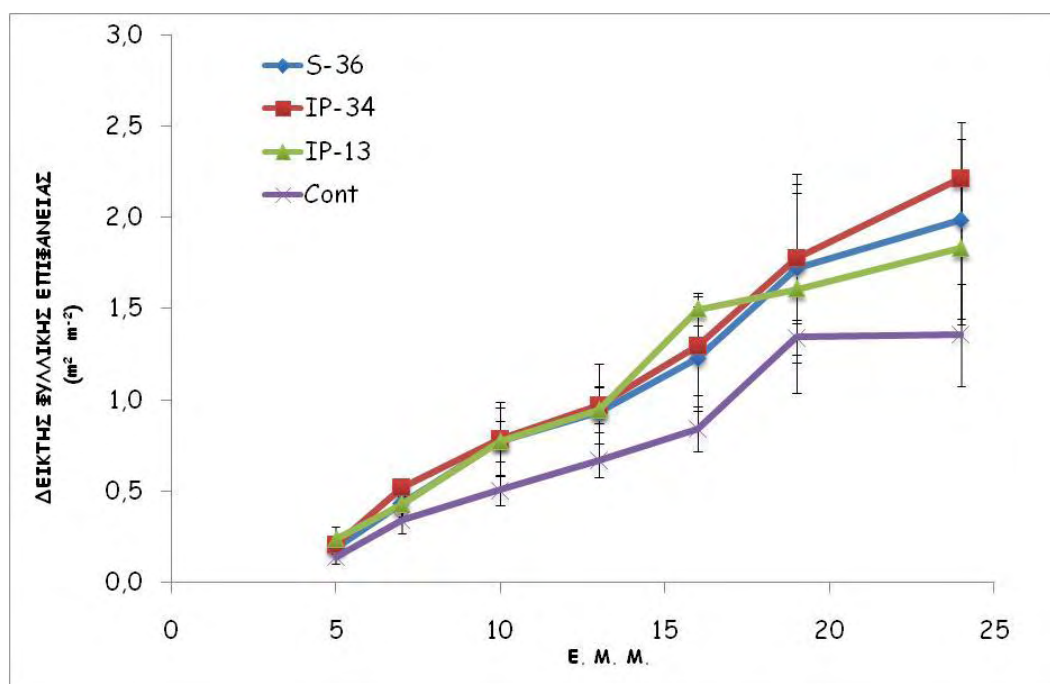
Σχήμα 20 Η εξέλιξη του Ποσοστού Ξ.Ο. των φύλλων επί της συνολικής Ξ.Ο. του φυτού, εντός των δικτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

5.5 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας LAI

Το σχήμα 21 απεικονίζει την εξέλιξη τον δείκτη της φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) για κάθε μεταχείριση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο δείκτης της φυλλικής επιφάνειας προέκυψε από τον τύπο:

$$L.A.I. = L.A. * 1,8 \text{ (όπου } 1,8 = \text{πυκνότητα φυτών/m}^2\text{)}$$

Στο σχήμα 21 παρουσιάζεται η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητική περιόδου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι ο μεγαλύτερος δείκτης φυλλικής επιφάνειας εντοπίστηκε στην μεταχείριση IP-34, ακολουθεί S-36 και IP-13, ενώ με τον μικρότερη δείκτη παρατηρήθηκε στην μεταχείριση Cont. Εντός του IP-34 ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας έφτασε 2,22 ενώ οι μεταχειρίσεις S-36 και IP-13 ήταν 0,90 και 0,83 εκείνης του IP-34 αντίστοιχα. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας στην μεταχείριση Cont ήταν 0,61 της αντίστοιχης τιμής του IP-34.

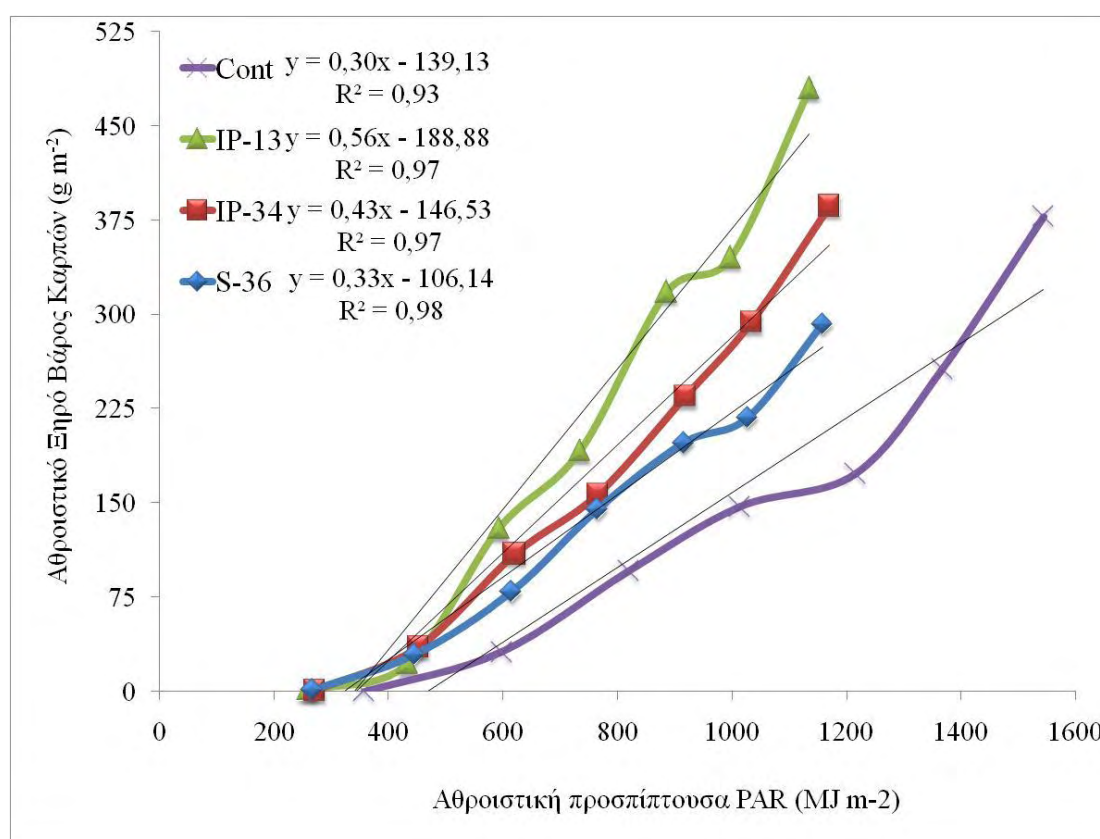


Σχήμα 21 Η εξέλιξη του δείκτη της φυλλικής επιφάνειας εντός των διχτυοκηπίων (IP-13: τρίγωνα, IP-34: τετράγωνα και S-36: ρόμβοι) και στον ανοικτό αγρό (Cont: ×).

5.6 Αποτελεσματικότητα χρήσης ακτινοβολίας (RUE)

Στο σχήμα 22 παρουσιάζεται η εξέλιξη του αθροιστικού ξηρού βάρους συγκομισμένων καρπών (g m^{-2}) σε σχέση με την αθροιστική προσπίπτουσα PAR ακτινοβολία (MJ m^{-2}) μέσα σε κάθε διχτυοκήπιο και στον ανοικτό αγρό. Η κλίση των γραμμών $y=ax+b$ αντιστοιχεί στην αποτελεσματικότητα χρήσης της ακτινοβολίας (RUE) από τις αντίστοιχες καλλιέργειες. Η σειρά κατάταξης από την μεγαλύτερη RUE προς την μικρότερη ήταν:

$$\text{IP-13 (0,56)} > \text{IP-34 (0,43)} > \text{S-36 (0,33)} > \text{Cont (0,30)}$$



Σχήμα 22. Εξέλιξη του αθροιστικού ξηρού βάρους συγκομισμένων καρπών (g m^{-2}) σε σχέση με την αθροιστική προσπίπτουσα PAR ακτινοβολία (MJ m^{-2}).

6 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Επίδραση διχτυοκηπίων στο μικροκλίμα

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ηλιακής ακτινοβολίας δείχνουν ότι τα δίχτυα μείωσαν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ποσοστά ίδια μ' εκείνα που υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις στον εργαστήριο με το φασματοραδιόμετρο. Η μείωση της περατότητας στον πειραματικό αγρό σε σχέση με εκείνη που μετρήθηκε στο εργαστήριο θα μπορούσε να αποδοθεί (α) στο ότι οι εργαστηριακές μετρήσεις περιλαμβάνουν κάθετη πρόσπτωση της ακτινοβολίας από την λάμπα αλογόνου, ενώ στον αγρό η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται υπό γωνία (κλίση του ηλίου) (β) στον αγρό παρατηρείται συσσώρευση σκόνης στην επιφάνεια των διχτυών και (γ) στην επίδραση των δομικών στοιχείων του σκελετού των διχτυοκηπίων.

Τα διχτυοκήπια μείωσαν την προσπίπτουσα ακτινοβολία στην καλλιέργεια. Με τον τρόπο αυτό ελαττώνονταν η διαθέσιμη ενέργεια στην καλλιέργεια και ως εκ τούτου το θερμικό φορτίο αυτής. Έτσι, «έκοβαν» την πλεονάζουσα ακτινοβολία η οποία πιθανότατα δημιουργούσε φωτοαναστολή της φωτοσύνθεσης των φυτών, επιτρέποντας την πρόσπτωση στην καλλιέργεια τόσης ενέργειας όση ήταν απαραίτητη για την καλή φυσιολογική λειτουργία της καλλιέργειας (φωτοσύνθεση). Όταν η άμεση ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε κάποια επιφάνεια υφίσταται σκέδαση και ένα μέρος της μετατρέπεται σε διάχυτη (Shahak et al., 2004). Ως εκ τούτου, η χρήση των διχτυοκηπίων αύξησε σημαντικά το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας και ως εκ τούτου την αποτελεσματικότητα της χρήσης της ακτινοβολίας από την καλλιέργεια (Möller et al., 2010, Kitta et al., 2014). Επομένως, τα διχτυοκήπια προστάτευαν τις υπο κάλυψη καλλιέργειες από φωτοαναστολή της φωτοσύνθεσης λόγω των υπερβολικά υψηλών τιμών της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, αυξάνοντας επιπλέον το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας η οποία αυξάνει τον ρυθμό φωτοσύνθεσης των καλλιεργειών.

Οι θερμοκρασία αέρα εντός των διχτυοκηπίων δεν ήταν σημαντικά μικρότερη από εκείνη του ανοικτού αγρού. Αυτό δείχνει ότι ο χώρος των διχτυοκηπίων αερίζονταν αποτελεσματικά και μάλιστα περισσότερο στο S-36 διχτυοκήπιο, σε σχέση με τα εντομοστεγανά, λόγω του μεγαλύτερου πορώδους του διχτυού του τελευταίου σε σύγκριση με εκείνο των εντομοστεγανών διχτυών. Από τα μέσα Αυγούστου η μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα εντός των IP-34 και S-36 είναι μικρότερη κατά 0,4 °C ενώ του IP-13 κατά 0,3 °C σε σχέση με του ανοικτού αγρού.

Στο προηγούμενο διάστημα (αρχή πειράματος έως μέσα Αυγούστου) παρατηρείται μια απόκλιση των τιμών της διαφοράς μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα ανάμεσα στα διχτυοκήπια. Η διαφοράς μεταξύ των δύο περιόδων (πρίν και μετά τα μέσα Αυγούστου) μπορεί να αποδοθούν στην διαφορετική απόδοση του δροσισμού του εσωτερικού αέρα από την διαπνοή των υποκάλυψη καλλιέργειών. Με το πέρασμα του χρόνου, η φυλλική επιφάνεια μεγαλώνει, μεγαλώνοντας την διαθέσιμη επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ καλλιέργειας αέρα αλλά και την εξαμιζόμενη ποσότητα νερού μέσω της διαπνοής. Έτσι, μπορεί να υποθεθεί με ασφάλεια ότι οι φυλλικές επιφάνειες των υπο κάλυψη καλλιέργειών δροσίζουν αποδοτικότερα τον αέρα μετά τα μέσα Αυγούστου σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο. Οι διαφορές της πρώτης περιόδου μεταξύ των εντομοστεγανών διχτυοκηπίων οφείλονται στα διαφορετικά ποσά της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (IP-13>IP34). Ενώ, οι διαφορές των ίδιας σκίασης διχτυοκηπίων μπορούν να αποδοθούν στο διαφορετικό πορώδες. Το μεγαλύτερο πορώδες του S-36 διχτυού επέτρεπε τον καλύτερο αερισμό στο εσωτερικό του διχτυοκηπίου, σε σχέση με το μικρότερο πορώδους δίχτυ του IP-34 (Rigakis et al., 2015). Καμία σημαντική διαφορά δεν παρατηρείται τόσο στην θερμοκρασία όσο και στο έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα.

Ωστόσο, σημαντικές διαφορές διαπιστώθηκαν στην θερμοκρασία των υπο κάλυψη καλλιέργειών, η οποία ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με εκείνη του ανοικτού αγρού. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα και επομένως και του ελλείματος κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας αέρα. Η βελτίωση αυτών των παραμέτρων του μικροκλίματος των διχτυοκηπίων είναι πολύ σημαντική διότι επιδρούν θετικά: (i) στην μείωση της διαπνοής (εξοικονομώντας νερό άρδευσης, (Katsoulas et al., 2012 και 2014)) και (ii) στην αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας και επομένως του ρυθμού φωτοσύνθεσης (Cohen and Moreshet, 1997, Medina et al., 2002) των υπο κάλυψη καλλιέργειών.

6.2 Επίδραση των διχτυοκηπίων στις υπο κάλυψη καλλιέργειες

6.2.1 Αγρονομικά χαρακτηριστικά

Το ύψος των φυτών εντός των διχτυοκηπίων ήταν αυξημένο εντός των διχτυοκηπίων, αυξανόμενο με την αύξηση του συντελεστή σκίασης. Η επιμήκυνση των στελεχών είναι μία τυπική αντίδραση των φυτών σε συνθήκες σκίασης και ονομάζεται σύνδρομο αποφυγής σκιάς (*shade avoidance syndrome*) (Mullen et al.,

2006, Zhang et al., 2011). Καλιέργεια τομάτας κάτω από τέσσερα διαφορετικά δίχτυα βρέθηκε να είναι υψηλότερη από την ασκίαστη καλλιέργεια (Kittas et al., 2012), ενώ το ύψος αυξανόταν με την αύξηση του ποσοστού σκίασης. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Rylski and Spigelman (1986) σε μελέτη για την επίδραση της σκίασης σε φυτά γλυκιάς πιπεριάς, όπως και οι Abdel-Mawgoud et al. (1996) όπου εφάρμοσαν σκίαση 30% σε φυτά τομάτας και οι El-Gizawy και El-Habbasha (1992) σε έρευνα σε φυτά τομάτας με ποσοστό σκίασης 35, 51 και 63%.

Συγκρίνοντας τα φυτά των διχτυοκηπίων IP-34 και S-36 θα ανέμενε κανείς ότι θα παρουσίαζαν παρόμοιο ύψος, λόγω του παρόμοιου συντελεστή σκίασης (35%). Η παρατηρούμενη διαφορά θα μπορούσε να αποδοθεί στην ποιότητα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας εντός των διχτυοκηπίων, λόγω διαφορετικού χρώματος των δίχτυών τους, διότι το πράσινο χρώμα εντίνει το σύνδρομο αποφυγής της σκίασης (Zhang et al., 2011)

Τα φυτά εντός των διχτυοκηπίων παρουσίασαν μεγαλύτερο αριθμό φύλλων από εκείνα του ανοικτού αγρού, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στις βελτιωμένες μοκροκλιματικές συνθήκες εντός των διχτυοκηπίων. Επομένως τα φυτά των διχτυοκηπίων παρουσίασαν μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με τα ασκίαστα φυτά, αποτέλεσμα που συμφωνεί με εκείνα που παρουσίασαν οι Smith et al. (1984) σε πειράματα σε φυτά τομάτας και αγγουριάς υπό σκίαση 15% και 40%, καθώς και οι Atherton και Rudich (1996) σε καλλιέργεια τομάτας.

Η φυλλική επιφάνεια των φυτών όλων των μεταχειρίσεων ήταν μεγαλύτερη από τα φυτά του μάρτυρα σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας αποτελεί τυπικό χαρακτηριστικό εγκλιματισμού των φυτών σε συνθήκες σκίασης. Η φυλλική επιφάνεια αυξανόταν με την αύξηση του ποσοστού σκίασης. Η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια των σκιασμένων φυτών οφειλόταν τόσο στον μεγαλύτερο αριθμό φύλλων που σχημάτισαν αυτά τα φυτά όσο και στην μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο των φυτών αυτών. Επιπλέον, η υψηλότερη φυλλική επιφάνεια στο S36% σε σχέση με το IP-34 θα μπορούσε πιθανόν να αποδοθεί στο χρώμα του δίχτυου σκίασης, καθώς η ακτινοβολία πράσινου χρώματος αυξάνει την φυλλική επιφάνεια των φυτών (Mullen et al., 2006, Zhang et al., 2011).

Τα αποτελέσματα της φυλλικής επιφάνειας συμφωνούν μ' εκείνα της βιβλιογραφίας (Abdel-Mawgoud et al. (1996) όπου εφάρμοσαν σκίαση 30% σε φυτά τομάτας, Smith et al. (1984) σε έρευνα σε φυτά τομάτας και αγγουριάς υπό σκίαση

15% και 40%, El-Gizawy και El-Habbasha (1992) σε φυτά τομάτας με ποσοστό σκίασης 35, 51 και 63%.

Η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγαλύτερης επιφάνειας για διαπνοή, άρα και για μετατροπή της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα.. Με αυτό τον τρόπο μπορούσαν τα σκιαζόμενα φυτά να διατηρήσουν καλύτερο ρυθμό διαπνοής, με αποτέλεσμα τα φυτά με μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια να ψύχονται περισσότερο κι επομένως να παρατηρείται θετική επίδραση στη φυσιολογική λειτουργία των φύλλων. Τα δίχτυα σκίασης αυξάνουν το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας στο χώρο κάτω από αυτά αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την αποτελεσματικότητα χρήσης της ακτινοβολίας από τα φυτά. Στην ουσία όμως το ύψος της ενέργειας της ακτινοβολίας που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια του φυτού είναι ο παράγοντας εκείνος που καθορίζει την αύξηση του.

Λόγω του μεγαλύτερου δείκτη φυλλικής επιφάνειας θα μπορεί να υποθεθεί ότι η αλληλοσκίαση των φύλλων θα ήταν αυξημένη περιορίζοντας την πρόσληψη φωτονίων από την κόμη των φυτών και ως εκ τούτου και το ρυθμό φωτοσύνθεσης. Όμως, τα δίχτυα αύξησαν το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας στο χώρο κάτω από αυτά αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της χρήσης της ακτινοβολίας από τα φυτά, γεγονός που αντιστάθμιζε σε αρκετό βαθμό το αρνητικό γεγονός της αλληλοσκίασης των φύλλων.

6.2.2 Παραγωγικότητα καλλιεργειών εντός δίχτυοκηπίων

Οι καλλιέργειες εντός των εντομοστεγανών δίχτυοκηπίων IP-13 και IP-34 παρουσίασαν υψηλότερη συνολική παραγωγή κατά 55% και 30%, αντίστοιχα σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ η παραγωγή στο S-36 ήταν ίδια με εκείνη του ανοικτού αγρού. Συγκριτικά με τον μάρτυρα ο συνολικός αριθμός καρπών ήταν αυξημένος κατά 12% στο δίχτυοκηπίο με μέτρια σκίαση (IP-13) ενώ μειώθηκε κατά 7% και 29% στα IP-34 και S-36. Τα αποτελέσματα δείχνουν την θετική επίδραση των δίχτυοκηπίων στην παραγωγικότητα των υποκάλυψη καλλιεργειών, με εξαίρεση τη περίπτωση του πράσινου δίχτυοκηπίου.

Η αυξημένη παραγωγή μπορεί να σχετιστεί με το βελτιωμένο μικροκλίμα εντός των δίχτυοκηπίων. Η μείωση της εισερχόμενης φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας πιθανόν να αύξησε την φωτοσυνθετική ικανότητα των υποκάλυψη καλλιεργειών λόγω μείωσης της φωτοαναστολής της φωτοσύνθεσης (Cohen and

Moreshet, 1997, Medina et al., 2002), ενώ η αύξηση της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας αύξησε το ρυθμό φωτοσύνθεσης λόγω της βελτιωμένης κατανομής της ακτινοβολίας σε ολόκληρη την φυλλική επιφάνεια των υπο κάλυψη καλλιεργειών (Gu, 2002, Hemming et al., 2008, Shahak et al., 2008). Επιπλέον, αφού δεν διέφερε σημαντικά η ξηρά ουσία των καρπών του IP-34 από εκείνη του ανοικτού αγρού, τότε η διαφορά στην παραγωγή νοπών καρπών πρέπει να οφείλεται στην μεγαλύτερη συσώρευση νερού στους ιστούς των καρπών του IP-34, πιθανόν λόγω της χαμηλότερης τιμής του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας-αέρα. Αναλογα αποτελέσματα παρουσίασαν οι Kittas et al, (2012) σε πείραμα σκίασης τομάτας και απέδωσαν αυτές τις διαφορές στην βελτιωμένη υδατική κατάσταση των φυτικών και στην αυξημένη ροή νερού προς τους καρπούς (Bertin et al., 2000).

Οι Kittas et al. (2012) μελέτησαν την επίδραση τριών διαφορετικών επιπέδων σκίασης (34%, 40% και 49%) στην παραγωγή καλλιέργεια τομάτας στη Θεσσαλία και βρήκαν ότι η σκίαση αύξησε, σε σχέση με τον ανοικτό αγρό, την συνολική παραγωγή κατά 43%, χωρίς όμως να παρατηρηθούν διαφορές ανάμεσα στα διαφορετικά επίπεδα σκίασης. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συμφωνούν με εκείνα που παρουσιάστηκαν από άλλους ερευνητές σε ανάλογα πειράματα σκίασης διαφόρων καλλιεργειών (El-Aidy and El-Afry, 1983, El-Gizawy et al., 1992 και Shahak et al., 2008, 2004).

Η χρήση των διχτυών σκίασης φαίνεται να επηρέασε και τον αριθμό των ανθέων που κατάφεραν και έγιναν καρποί που συγκομίστηκαν, δηλαδή επηρέασε τον αριθμό των αναπτυσσόμενων ανθέων που απορρίφθηκαν από τα φυτά.. Πιθανόν, η απόρριψη των αναπτυσσόμενων ανθέων να οφείλεται στην αδυναμία εφοδιασμού με τα προϊόντα αφομοίωσης, καθώς υπήρχε ανάπτυξη πολλών νέων οργάνων (φύλλα, άνθη, δευτερεύοντες βλαστοί) και τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης ήταν αναγκαίο να καταναλωθούν εκεί. Συγκριτικά με τον ανοικτό αγρό, στη μεταχείριση IP-13 ο αριθμός των συγκομισμένων καρπών αυξήθηκε και στην IP-34 μειώθηκε, αλλά όχι στατιστικά σημαντικά, ενώ στην μεταχείριση S-36 μειώθηκε. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν οι El-Gizawy και El-Habbasha (1992) όπου κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε φυτά τομάτας με ποσοστό σκίασης 35, 51 και 63% και οι Quagliotti et al. (1974) σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε φυτά πιπεριάς.

Η σκίαση επέδρασε θετικά και στην αύξηση του μεγέθους (g καρπό^{-1}) των καρπών. Οι καρποί των φυτών εντός των διχτυοκηπίων ήταν μεγαλύτερου μεγέθους σε σχέση με εκείνους των φυτών του μάρτυρα, δείκτης που υποδηλώνει ποιοτική υπεροχή των καρπών των φυτών υπό κάλυψη. Το μεγαλύτερο μέσο βάρος καρπού παρουσιάστηκε στη μεταχείριση S-36, ακολουθεί το IP-34 κι έπειτα το IP-13. Διαπιστώνεται ότι αυξανόμενης της σκίασης αυξάνεται το μέσο βάρος καρπού αλλά μειώνεται ο αριθμός των καρπών. Η αύξηση του μεγέθους των καρπών οφείλεται στη βελτίωση των μικροκλιματικών παραγόντων, οι οποίοι επηρεάζουν θετικά τον φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Αυτό ευνόησε τον μεγαλύτερο εφοδιασμό των καρπών με απαραίτητα για την ανάπτυξή τους φωτοσυνθετικά προϊόντα. Δεν φαίνεται ότι το διαφορετικό ποσοστό σκίασης που παρείχαν τα υλικά κάλυψης είχε κάποια επίδραση επί του μεγέθους των καρπών. Αντίθετα, το χρώμα των διχτυών, επέδρασε σημαντικά επί του μεγέθους των καρπών, όπου το πράσινο μείωσε τον αριθμό των συγκομισμένων καρπών αυξάνοντας σημαντικά το μέσο βάρος καρπού, σε σχέση με το λευκό δίχτυ σκίασης 34%.

Συμπερασματικά, η σκίαση είχε θετικά αποτελέσματα για την παραγωγή σε σχέση με τον μάρτυρα, παρότι ο αριθμός των καρπών μειώθηκε για τις μεταχειρίσεις IP34% και S36%, καθώς αυξήθηκε το μέσο βάρος καρπού με αποτέλεσμα να υπήρχε αυξημένη παραγωγή με λιγότερους όμως καρπούς,

6.2.3 Ποιότητα Παραγωγής

Τα δίχτυα σκίασης προσέφεραν απόλυτη προστασία στους καρπούς από τα ηλιακά εγκαύματα δεδομένου ότι τα φυτά δεν ήταν σε άμεση επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία. Το ποσοστό των καρπών με ηλιακό έγκαυμα μειώθηκε στο 0% για τα S36% και IP34% και μόλις στο 1% για το IP13%. Το ποσοστό σκίασης είναι αρκετά μικρό στη μεταχείριση IP13% και γι' αυτό το λόγο παρατηρείται αυτό το ελάχιστο ποσοστό με ηλιόκαυμα στους καρπούς. Παράλληλα παρατηρήθηκε μείωση των καρπών με ξηρά κορυφή στα φυτά που αναπτύχθηκαν εντός των διχτυοκηπίων.

Η μείωση του φαινομένου της ξηράς σήψης κορυφής (BER) των καρπών στα διχτυοκήπια πιθανόν να οφείλεται στη μείωση του ρυθμού διαπνοής των υπο κάλυψη φυτών σε σχέση με εκείνα του ανοικτού αγρού (Katsoulas et al., 2012 και 2014). Η εμφάνιση συμπτωμάτων BER σχετίζεται με την έλλειψη ασβεστίου στους καρπούς. Το ασβέστιο μεταφέρεται στα διάφορα φυτικά όργανα με το νερό. Όμως, ως

βραδυκίνητο στοιχείο το ασβεστίο, όταν ο ρυθμός διαπνοής είναι γρήγορος, λιγότερες ποσότητες του μπορούν να μετακινηθούν προς τα ανώτερα φυτικά μέρη, άρα και στους καρπούς. Ο μειωμένος ρυθμός διαπνοής των υποκάλυψη καλλιεργειών, σε σχέση με εκείνον των καλλιεργειών του ανοικτού αγρού πιθανόν να ευνόησε την μεταφορά μεγαλύτερων ποσοτήτων ασβεστίου στους καρπούς εντός των διχτυοκηπίων, ελλοτώνοντας σημαντικά την εμφάνιση BER (Guichard et al., 2001; Lorenzo et al., 2004). Η θετική επίδραση της σκίασης επί της μείωσης εμφάνισης BER, έχει επιβεβαιωθεί από πολλούς ερευνητές Kittas et al., (2012)

Από την συνολική παραγωγή αφαιρέθηκε εκείνο το ποσοστό των καρπών που παρουσίασαν ελαττώματα. Το σύνολο της παραγωγής που ήταν καθαρό από φυσιολογικές ανωμαλίες (ηλιακά εγκαύματα και BER) και από προσβολές από θρίπες αποτελεί την εμπορεύσιμη παραγωγή η οποία ήταν περίπου 90% επί της συνολικής παραγωγής για όλα τα διχτυοκήπια έναντι 63% του μάρτυρα. Ανάλογες παρατηρήσεις σχετικά με την ποιότητα των καρπών έκαναν και οι Kittas et al. (2012).

Οι El-Gizawy και Mohamed (1992) κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα σε πείραμα σε φυτά τομάτας υπό σκίαση 35%, 51% και 63%, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.

6.2.4 Αύξηση καλλιεργειών εντός διχτυοκηπίων

Η σκίαση ευνόησε την παραγωγή ξηράς ουσίας, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο, καθώς τα φυτά που αναπτύσσονταν υπό σκίαση βρίσκονταν σε καλύτερη φυσιολογική κατάσταση από τα φυτά που αναπτύσσονταν χωρίς σκίαση.

Διαπιστώθηκε ότι το ξηρό βάρος των βλαστών και των φύλλων ήταν υψηλότερα σε όλες τις μεταχειρίσεις έναντι του μάρτυρα. Αντίθετα, το ξηρό βάρος των καρπών στο διχτυοκήπιο S-36 ήταν μικρότερο σε σχέση με όλες τις μεταχειρίσεις. Συγκρινόμενη με εκείνη των καρπών του ανοικτού αγρού, η παραγωγή ξηράς ουσίας ευνοήθηκε σημαντικά από την μέτρια σκίαση (IP-13) αλλά και από την εντονότερη σκίαση του IP-34 σε μικρότερο ωστόσο βαθμό, σε σχέση με το προηγούμενο διχτυοκήπιο.

Η αύξηση του συνολικού ξηρού βάρους των φυτών εντός των εντομοστεγανών διχτυοκηπίων οφείλεται στον αυξημένο ρυθμό φωτοσύνθεσης που πιθανόν να είχαν τα αντίστοιχα φυτά, σε σχέση με τον μάρτυρα. Η αύξηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης σχετίζεται με την αυξημένη διάχυτη ακτινοβολία εντός των

διχτυοκηπίων IP-13 ακι IP-34, σε σχέση με τον ανοικτό αγρό (Gu, 2002, Hemming et al., 2008, Shahak et al., 2008). Επιπλέον, το βελτιωμένο μικροκλίμα εντός των διχτυοκηπίων, επέτρεπε την αποτελεσματικότερη λειτουργία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού μειώνοντας την φωτοαναστολή της φωτοσύνθεσης (Cohen and Moreshet, 1997, Medina et al., 2002), με αποτέλεσμα η «αναπνοή για συντήρηση» να καταναλώνει λιγότερα προϊόντα, ενώ η «αναπνοή για αύξηση» περισσότερα, σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές για τα φυτά του ανοικτού αγρού. Τα αποτελέσματα των καταστροφικών μετρήσεων δείχνουν την καλύτερη φυσιολογική λειτουργία των φυτών υπό σκίαση σε συνδυασμό με τη χαμηλότερης εντάσεως εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και την αύξηση της φυλλικής επιφάνειας. Οι παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των δυο διχτυοκηπίων με ίδιο συντελεστή σκίασης θα μπορούσαν να αποδοθούν στο μικρότερο ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας εντός του S-36 σε σχέση με εκείνη του IP-34 (Gu, 2002, Hemming et al., 2008 και Shahak et al., 2008), λόγω της πιο αραιής πλέξης του πρώτου έναντι του δεύτερου (Möller et al., 2010). Επιπλέον, οι διαφορές να μπορούν εν μέρη να μπορούν να αποδοθούν στα διαφορετικά χρώματα των διχτυών. Όπως αναλύθηκε παραπάνω, το πράσινο χρώμα του διχτυού S-36 φαίνεται να επέδρασε αρνητικά στο πλήθος των ανθέων που έγιναν καρποί και συγκομίστηκαν, επομένως και στην ποσότητα της ξηράς ουσίας των συγκομισμένων καρπών, άρα και στην συνολική ξηρά ουσία των φυτών εντός του S-36.

6.2.5 Αποτελεσματικότητα Χρήσης Νερού και Ακτινοβολίας

Η σκίαση επέδρασε θετικά τόσο στην αποτελεσματικότητα χρήσης της ακτινοβολίας (RUE). Υψηλότερη RUE παρατηρήθηκε στο διχτυοκήπιο IP-13, ακολούθησε το IP-34 και το S-36. Θα μπορούσε να ήταν αναμενόμενο ότι η RUE στα διχτυοκήπια με μεγαλύτερη σκίαση (IP-34 και S-36) να ήταν και μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη του IP-13. Όμως, η πολύ μεγαλύτερη ξηρά ουσία των καρπών στο IP-13 ως αριθμητής του λόγου RUE, επέδρασε περισσότερο στην αύξηση της RUE απ' ό,τι η μικρότερες αθροιστικές ακτινοβολίες των IP-34 και S-36 ως μικρότερος παρονομαστής του λόγου. Είναι φυσικό η χαμηλότερη αποτελεσματικότητα χρήσης της ακτινοβολίας να παρατηρείται στον μάρτυρα, καθώς υπάρχει άμεση επαφή των φυτών με την ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα να επιδρά αρνητικά στη

φυσιολογική κατάσταση του φυτού, μειώνοντας την συνολική παραγωγή ξηράς ουσίας για την οποία χρησιμοποιήθηκαν μεγάλα ποσά προσπίπτουσας PAR.

Η αποτελεσματικότητα χρήσης ακτινοβολίας είναι αυξημένη κάτω από τις μεταχειρίσεις υπό σκίαση καθώς κάτω από τα δίχτυα η διάχυτη ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη (Gu, 2002; Hemming et al., 2008 και Shahak et al., 2008), γεγονός που επιτρέπει η ηλιακή ακτινοβολία να φτάνει στα χαμηλότερα επίπεδα της φυλλικής επιφάνειας. Η αύξηση της RUE υπο σκιά αναφέρθηκε και από τους Healey et al. (1998) σε πείραμα σκίασης σε αγροστώδεις καλλιέργειες.

Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (WUE), θεωρητικά, αυξήθηκε για όλες τις μεταχειρίσεις έναντι του μάρτυρα, λόγω της εξοικονόμησης νερού των υπο κάλυψη καλλιεργειών σε σχέση με εκείνη του ανοικτού αγρού (Möller και Assouline 2007, Katsoulas et al., 2012 και 2014)). Η βελτίωση των παραμέτρων του μικροκλίματος των διχτυοκηπίων είχε ως αποτέλεσμα την πιο αποδοτική χρήση νερού, καθώς η φυσιολογική κατάσταση των φυτών ήταν καλύτερη από τα ασκίαστα φυτά που ήταν σε άμεση επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία. Επομένως, ο συνδιασμός της υψηλότερης παραγωγικότητας χρησιμοποιώντας μικρότερες ποσότητες αρδευτικού νερού διαμόρφωσε τις αυξημένες τιμές της WUE των καλλιεργειών εντός των διχτυοκηπίων. Αντίστοιχα αποτελέσματα σε σκιασμένες καλλιέργειες αναφέρουν και άλλοι ερευνητές (Medina et al., 2002, Lorenzo et al., 2003, 2004, Möller και Assouline, 2007). Σε αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού κατέληξαν και οι σε έρευνα σε οπωρώνα εσπεριδοειδών.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα δίχτυα μείωσαν τα επίπεδα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο των διχτυοκηπίων, χωρίς όμως να επέλθει μεταβολή στην θερμοκρασία και το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα εντός των κατασκευών. Ωστόσο, η παρουσία των διχτύων επέδρασε θετικά τόσο στην διαφορά θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα, όσο και στο έλλειμμα κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας-αέρα, γεγονός που υποδεικνύει βελτιωμένο μικροκλίμα εντός των διχτυοκηπίων.

Η συνολική, αλλά και η εμπορεύσιμη παραγωγή ήταν σημαντικά αυξημένες για τις καλλιέργειες εντός των διχτυοκηπίων. Επιπλέον, βελτιώθηκε σημαντικά η ποιότητα των παραγόμενων καρπών, τόσο σε σχέση με το μέγεθός τους όσο και με την απουσία φυσιολογικών ανωμαλιών και προσβολών από έντομα.

Φαίνεται ότι το πράσινο δίχτυ μάλλον επιδρά αρνητικά στην παραγωγικότητα, σε σχέση με ένα παραπλήσιας σκίασης λευκό δίχτυ. Έτσι προτείνεται η χρήση πράσινων διχτύων μόνο όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα λευκά δίχτυα.

Τα διχτυοκήπια μέσω του βελτιωμένου μικροκλίματος (μείωση της υπερβολικής ηλιακής ακτινοβολίας, αύξηση της διάχυτης, μείωση έλλειμμα κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας-αέρα) επέδρασαν θετικά στην αύξηση της παραγωγής ξηράς ουσίας των καλλιεργειών τους.

Επιπλέον, αύξησαν την RUE και την WUE των υπο κάλυψη καλλιεργειών.

8 Βιβλιογραφία

- Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Abd, S.O., Singer, S.M., Abou-Hadid, A.F., Hsiao, T.C., 1996. Effect of shade on the growth and yield of tomato plants. *Acta Hort.* 434.
- Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Abd, S.O., Singer, S.M., Abouhadid, A.F., Hsiao, T.C., 1996. Effect of shade on the growth and yield of tomato plants. *Acta Horticulturae* 434, 313–320.
- Aloni, B., Peet, M., Phart, M., Karni, L., 2001. The effect of high temperature and highatmospheric CO₂ on carbohydrate change in bell pepper (*Capsicum annuum*) pollen in relation to its germination. *Physiol. Plant.* 112, 505–512.
- Atherton J.G. and Rudich J.,1996. *The Tomato Corp: A scientific Basic for Improvement.* Chapman and Hall, New York. Pp. 137-144, 146-147, 171,175,179,202-205,218-219.
- Bakker J.C., Bot G.P.A., Chala H, and Van de Braak N.J., 1995. Greenhouse climate control. *Wagenigen Pers. Wagenigen.*
- Barker, J.C., 1989. The effect of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum L.*). *J. Hortic.Sci.* 64, 313–320.
- Benton Jones, J., Jr., 1999. *Tomato plant culture.* CRC Press. Boca, Raton, London, New York, Washington, D.C. pp. 18-19, 41, 43-44.
- Bertin, N., Guichard, S., Leonardi, C., Longuenesse, J.J., Langlois, D., Navez, B., 2000. Seasonal evolution of the quality of fresh glasshouse tomatoes under Mediterranean conditions, as affected by air vapour pressure deficit and plant fruit load. *Annals of Botany* 85, 741–750.
- Castellano, S., G.M. Scarascia, G. Russo, D. Briassoulis, A. Mistriotis, S. Hemming, and D. Waaijenberg. 2008. Plastic nets in agriculture: general review of types and applications. *Appl. Eng. Agric.* 24:799-808
- Cohen, S., Moreshet, S., 1997. Response of citrus trees to modified radiation regime in semi-arid conditions. *Journal of Experimental Botany* 48, 35–44.
- Desmarais, G. 1996. Thermal characteristics of screenhouse configurations in a West-African tropical climate. Ph.D. Thesis. McGill University, Quebec, pp. 172-177.
- El-Aidy, F., El-Afry, M., 1983. Influence of shade on growth and yield of tomatoes cultivated during the summer season in Egypt. *Plasticulture* 47, 2 – 6.

- 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.
- Erickson, A.N., Markhart, A.H., 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum L.*) to elevated temperature. *Plant Cell Environ.* 25, 123–130.
- Gu, L., 2002. Advantages of diffuse radiation for terrestrial ecosystem productivity. *Journal of Geophysical Research* 107.
- Guichard, S., Bertin, N., Leonardi, C., Gary, C., 2001. Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. *Agronomie* 21, 385–392.
- Healey, K.D., Hammer, G.L., Rickert, K.G., Bange, M.P., 1998. Radiation use efficiency increases when the diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. *Australian Journal of Agricultural Research* 49, 665.
- Hemming, S., Dueck, T., Janse, J., Van Noort, F., 2008. The effect of diffuse light on crops. *Acta Horticulturae* 801 part 2, 1293–1300.
- Katsoulas N., Rigakis N., Kitta E., and Baille A. 2012. Transpiration of α Sweet Pepper Crop Under Screenhouse Conditions. *Acta Hort.* 957:91-97
- Katsoulas, N., Rigakis, N., Kitta, E. and Baille, A. 2014. Transpiration and canopy conductance of a pepper crop under screens with different porosity and shading intensity. *Acta Hort.* (ISHS) 1037:547-553
- Katsoulas, N., Rigakis, N., Kitta, E. and Baille, A. 2012. Transpiration of a sweet pepper crop under screenhouse conditions. *Acta Hort.* (ISHS) 957:91-97
- Khandaker L. et al., 2009. Biomass yield and accumulations of bioactive compounds in red amaranth (*Amaranthus tricolor L.*) grown under different colored shade polyethylene in spring season. *Scientia Horticulturae* 123 (2010) 289–294
- Kitta, E., Baille, A., Katsoulas, N., Rigakis, N., González-Real, M. M., 2014. Effects of cover optical properties on screenhouse radiative environment and sweet pepper productivity. *Biosystems Engineering*, 122, 115-126.
- Kittas, C., Katsoulas, N., Rigakis, N., Bartzanas, T., Kitta, E. 2012. Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. *J. Hortic. Sci. Biot.* 87(1): 7-12.

- Kittas, C., Katsoulas, N., Rigakis, N., Bartzanas, T., Kitta, E., 2012. Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 87, 7–12.
- Kittas, C., Rigakis, N., Katsoulas, N., and Bartzanas, T., 2009. Influence of shading screens on microclimate, growth and productivity of tomato. *Acta Hort.* 807, 97-102.
- Lorenzo, P., Sánchez-Guerrero, M.C., Medrano, E., García, M.L., Caparrós, I., Coelho, G., Giménez, M., 2004. Climate control in the summer season: a comparative study of external mobile shading and fog system. *Acta Hort.* 659, 189–194.
- Lorenzo, P., Sánchez-Guerrero, M.C., Medrano, E., García, M.L., 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 Hort.* 609, 181–186.
- Lugassi-Ben-Hamo M, et al., 2009. Effect of shade regime on flower development, yield and quality in lisianthus. *Scientia Horticulturae* 124 (2010), 248-253.
- McCree. K.J., 1972. The action of spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agriculture Meteorology* 13, 349-357.
- Medina, C.L., Souza, R.P., Machado, E.C., Ribeiro, R. V, Silva, J. a. ., 2002. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. *Scientia Horticulturae* 96, 115–125.
- Moller, M., and Assouline S., 2007. Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. *Irrig. Sci.* 25, 171-181.
- Möller, M., Assouline, S., 2007. Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. *Irrigation Science* 25, 171–181.
- Möller, M., Cohen, S., Pirkner, M., Israeli, Y., Tanny, J., 2010. Transmission of short-wave radiation by agricultural screens. *Biosystems Engineering* 107, 317–327.
- Möller, M., Tanny, J., Cohen, S. and Teitel, M., 2003. Micrometeorological characterizations in a screenhouse. *Acta Hort.* 614: 445-451.
- Möller, M., Tanny, J., Li, Y., Cohen, S., 2004. Measuring and predicting evapotranspiration in an insect-proof screenhouse. *Agr. For. Meteorol.* 127, 35-51.
- Mullen, J.L., Weinig, C., Hangarter, R.P., 2006. Shade avoidance and the regulation of leaf inclination in *Arabidopsis*. *Plant, Cell and Environment* 29, 1099–1106.

- Pagamas P. and Nawata E., 2009. Sensitive stages of fruit and seed development of chili peppers (*Capsicum annum L. var. Shishito*) exposed to high temperature stress. *Scientia Horticulturae* 117 (2008) 21-25.
- Quagliotti, L., Lepori, G. and Bigotti, P.G. 1974. Responses to solar radiation by two varieties of peppers (*Capsicum annum L.*) *Korean J. Breeding* (6): 29-33.
- Raveh, E., Cohen, S., Raz, T., Yakir, D., Grava, A., Goldschmidt, E.E., 2003. Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. *Jour. Of Exper. Bot.* 54 381, 365-373.
- Rigakis, N., Katsoulas, N., Teitel, M., Bartzanas, T., Kittas, C., 2015. A simple model for ventilation rate determination in screenhouses. *Energy and Buildings*, 87, 293-301.
- Ross, D.S. and Gill, S.A. 1994. Insect screening for greenhouses. *Agricult. Engin. Information Facts. FACTS* 186. University of Maryland, College Park.
- Rylski, I. and Spigelman M., 1986. Effect of shading in plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under condition of high temperature and radiation. *Scientia Horticulturae* 29, 31-35.
- Rylski, I., Spigelman, M., 1986b. Effect of shading on plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under conditions of high temperature and radiation. *Scientia Horticulturae* 29, 31-35.
- Santos, B., Rios, D., and Nazco, R., 2006. Climatic conditions in tomato screenhouses in Tenerife (Canary Islands). *Acta Hort.* 719, 215-221.
- Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R., Kfir, S., Naor, A., Atzmon, I., Doron, I., Greenblat-Avron, Y., 2004. ColorNets: A new approach for light manipulation in fruit trees. *Acta Hort.* 636, 609-616.
- Shahak, Y., Ratner, K., Giller, Y.E., Zur, N., Or, E., Gussakovsky, E.E., Stern, R., Sarig, P., Raban, E., Harcavi, E., Doron, I., Greenblat-Avron, Y., 2008. Improving solar energy utilization, productivity and fruit quality in orchards and vineyards by photosensitive netting. *Acta Hort.* 772, 65-72.
- Smith I.E et al., (1984). Shading effects on greenhouse tomatoes and cucumbers. *Acta Horticulturae* 148. 491-500.
- Smith I.E et al., 1984. Shading effects on greenhouse tomatoes and cucumbers. *Acta Horticulturae* 148. 491-500.

- Smith I.E et al., 1984. Shading effects on greenhouse tomatoes and cucumbers. *Acta Horticulturae* 148. 491-500.
- Tanny, J., Cohen, S. and Teitel, M. 2003. Screenhouse Microclimate and Ventilation: an Experimental Study, *Biosyst. Engin.* 84: 331-341.
- Tanny, J., Cohen, S., Grava, A., Naor, A., and Lukyanov, V., 2009a. The effect of shading screens on microclimate of apple orchards. *Acta Hort.* 807, 103-108.
- Teitel M., 2007. The effect of screened openings on greenhouse microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology* 143, 159 – 175.
- Vanthoor B.H.E., Stanghellini C., van Henten E.J., Visser P.H.B. 2011. A methodology for modelbased greenhouse design: Part 1, a greenhouse climate model for a broad range of designs and climates, *Biosyst. Engin.*, 110(4): 363-377.
- Zhang, J.Z., Shi, L., Shi, A.P., and Zhang, Q.X., 2004. Photosynthetic responses of four *Hosta* cultivars to shade treatments. *Photosynthetica.* 42, 213-218.
- Zhang, T., Maruhnich, S.A., Folta, K.M., 2011. Green light induces shade avoidance symptoms. *Plant Physiology* 157, 1528–1536.

- Βασιλακάκης Δ. Μ., 2006. Μετασυλλεκτική φυσιολογία, Μεταχείριση οπωροκηπευτικών και τεχνολογία , Διαιτητική αξία οπωροκηπευτικών. Εκδόσεις Άγιος Σάββας Δ. Γαρταγάνης.
- Ολυμπίου Χ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε. Αθήνα.
- Παναγόπουλος Γ. Χ., 2000. Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών. Δεύτερη Έκδοση. Εκδόσεις: Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.
- Ρηγάκης Ν., 2003. Επίδραση σκίασης σε υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας. (Μεταπτυχιακή Διατριβή) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.