

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«Επίδραση διαφορετικών διχτυών σκίασης στο μικροκλίμα και
στην ανάπτυξη υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας»**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Νικόλαος Ρ. Ρηγάκης

Βόλος, 2005



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

Αριθ. Εισ.: 4925/1
Ημερ. Εισ.: 18-09-2006
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
635.982
ΡΗΓ

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Κωνσταντίνος Κίττας (Επιβλέπων)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγητής
Γεωργικές Κατασκευές

Γεώργιος Νάνος (Μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Επίκουρος Καθηγητής
Δενδροκομία

Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα (Μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Επίκουρος Καθηγητής
Κηπευτικές Καλλιέργειες

**«Επίδραση διαφορετικών δικτυών σκίασης στο μικροκλίμα και
στην ανάπτυξη υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας»**

Νικόλαος Ρ. Ρηγάκης

Περίληψη

Τους καλοκαιρινούς μήνες τα επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ υψηλά με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται ποσοτικά και ποιοτικά η παραγωγή των υπαίθριων κηπευτικών. Η χρήση μηχανισμών περιορισμού της έντασης της ακτινοβολίας είναι επιβεβλημένη. Η ανάρτηση ειδικών πλαστικών δικτύων σκίασης που είναι μια συνήθης πρακτική στις χώρες της Μεσογείου για την προστασία των υποκείμενων καλλιεργειών, εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα. Στην παρούσα διατριβή έγινε διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών δικτύων σκίασης στο μικροκλίμα και στην ανάπτυξη υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας. Για το σκοπό αυτό εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός στην περιοχή των Μικροθηβών (*Long: 22° 44' E, Lat: 39° 15' N, Alt: 50 m*) του Νομού Μαγνησίας και χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά σε περατότητα και χρώμα δίχτυα σκίασης. Οι παράγοντες του μικροκλίματος που μελετήθηκαν ώστε να αξιολογηθούν οι επιδράσεις των δικτύων σκίασης ήταν η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα και της καλλιέργειας, η σχετική υγρασία και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα και το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα. Η χρήση διαφορετικών δικτύων σκίασης δεν επηρέασε τη θερμοκρασία του αέρα, αφού αυτή δεν παρουσίασε καμία μεταβολή στο χώρο κάτω από τα δίχτυα, σε αντίθεση με τη σχετική υγρασία η οποία αυξήθηκε 5,6 % έως 6,2 % και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα που μειώθηκε 0,16 kPa έως 0,28 kPa, σε σχέση με τον μάρτυρα. Το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα των σκιασμένων μεταχειρίσεων μειώθηκε περίπου στο μισό (≈ 4 kPa), σε σχέση με τα φυτά της ασκίαστης μεταχείρισης (≈ 8 kPa), ενώ η σκίαση επέτρεπε στα φυτά να διατηρούν τη θερμοκρασία τους πλησίον αυτής του αέρα ($\Delta\theta_{\text{καλλιέργειας-αέρα}} \approx +4$ °C) σε αντίθεση με τα ασκίαστα φυτά ($\Delta\theta_{\text{καλλιέργειας-αέρα}} \approx +12$ °C). Με τον τρόπο αυτό αυξήθηκε η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων των σκιασμένων φυτών. Φαίνεται λοιπόν ότι η χρήση των δικτύων σκίασης βελτίωσε ορισμένες μικροκλιματικές παραμέτρους οι οποίες με τη σειρά τους ευνόησαν την φυσιολογική δραστηριότητα (διαπνοή, φωτοσύνθεση) των σκιασμένων φυτών. Προκειμένου να διερευνηθεί τόσο η άμεση επίδραση της σκίασης στην καλλιέργεια όσο και η έμμεση, μέσω του μικροκλίματος, μελετήθηκαν παράμετροι αύξησης και ανάπτυξης αυτής. Η σκίαση προκάλεσε αύξηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών ώστε αυτά να προσλαμβάνουν περισσότερα φωτόνια. Με τον τρόπο αυτό τα σκιασμένα φυτά μπορούσαν και να διατηρούν μεγαλύτερο ρυθμό διαπνοής σε σχέση με τον μάρτυρα, γεγονός που τα επέτρεπε να ψύχονταν αποτελεσματικότερα. Ταυτόχρονα αύξησαν την σχετική υγρασία του αέρα γύρω απ' αυτά διότι τα δίχτυα συγκρατούσαν στο περιβάλλον της καλλιέργειας σε ικανοποιητικό βαθμό την υγρασία που προσερχόταν από την διαπνοή. Δηλαδή η καλλιέργεια επηρέασε θετικά το μικροκλίμα γύρω από αυτή. Φαίνεται λοιπόν ότι υπήρχε μια αμφίδρομη τροφοδότηση μεταξύ μικροκλίματος και καλλιέργειας, η οποία βελτίωσε σημαντικά τη φυσιολογική κατάσταση των σκιασμένων φυτών. Όλες οι παράμετροι αύξησης και ανάπτυξης της καλλιέργειας που μελετήθηκαν συνηγορούν με αυτή την άποψη. Η προστασία των δικτύων σκίασης έναντι της ποσοτικής και ποιοτικής υποβάθμισης της παραγωγής καρπών ήταν θεαματική, αυξάνοντας το βάρος της συνολικής και της εμπορεύσιμης παραγωγής καρπών έως 45% και 50% αντίστοιχα, μειώνοντας ταυτόχρονα 100% τα εγκαύματα και 50% το σχίσιμο των καρπών.

Ευχαριστίες

Αρχικά, πριν και πάνω απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέποντα αυτής της εργασίας Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κίττα που ως Διευθυντής του εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών & Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μου έδωσε τη δυνατότητα και τη χαρά να διερευνήσω το ενδιαφέρον αυτό ζήτημα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία. Τον ευχαριστώ θερμά για την επιστημονική καθοδήγηση και την ηθική υποστήριξή του στην εκτέλεση του πειράματος και στη συγγραφή της εργασίας μου. Επίσης ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Γεώργιο Νάνο και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα, που μαζί με τον ανωτέρω καθηγητή μου συγκρότησαν την τριμελή συμβουλευτική επιτροπή.

Για τη γενναιόδωρη βοήθειά τους, με την παραχώρηση των διχτυών σκίασης που απαιτήθηκαν για την εκπόνηση του πειράματος της διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω τις εταιρείες 'Κ. Βελλής Ε.Π.Ε' και 'Πλαστικά Θράκης Α.Ε.'. Μέσω της εταιρίας 'Αγροτικό Εργαστήρι Ε.Π.Ε.' που εδρεύει στο Βόλο έγινε η διάθεση των διχτυών της εταιρίας 'Πλαστικά Θράκης Α.Ε.' και η προσφορά αναλώσιμων υλικών για την εγκατάστασή τους. Για τον λόγο αυτό ευχαριστώ πολύ τον Βάιο και τον Δημήτριο Αργυράκη που είναι οι ιδιοκτήτες της εν λόγω εταιρείας.

Ευχαριστώ θερμά και τον Διευθυντή κ. Χρήστο Δραγούτσο, τον προϊστάμενο γεωπόνο κ. Νικόλαο Τοκαλή και τον γεωπόνο του Α.Σ.Κ.Α Κασσαβετείας για την έμπρακτη υποστήριξη στην εκτέλεση του πειράματός μου. Η παραχώρηση μέρους του λαχανόκηπου στο αγρόκτημα του Σωφρονιστικού Καταστήματος ήταν πρωταρχικής σημασίας για την έναρξη και τη διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της διατριβής και γι αυτό οφείλω ένα θερμό ευχαριστώ στον συνάδελφο γεωπόνο και υπάλληλο του Καταστήματος κ. Δημήτριο Χριστάλη για την πρωτοβουλία του. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον λέκτορα κ. Νικόλαο Κατσούλα για τη βοήθειά του και την πίστη του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στο διδάκτορα κ. Θωμά Μπαρτζάνα για την τεχνική υποστήριξη του πειράματος με την εγκατάσταση των απαιτούμενων οργάνων και για τη συμβολή του στην αρτιότερη παρουσίαση αυτής της εργασίας. Θα ήθελα ακόμη να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο φίλο και συνάδελφο γεωπόνο El-Obeid Dany για την πολύτιμες συμβουλές του στο πειραματικό μέρος της διατριβής.

Παράλειψή μου μεγάλη θα ήταν αν δεν μνημόνευα και ευχαριστούσα την αδελφή μου Χαρίκλεια για τις γλωσσικές διορθώσεις και υποδείξεις και την Ισμήνη για την υπομονή και κατανόηση που έδειξε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου.

Τέλος θα ήθελα να αναφέρω τους εκπληκτικούς γονείς μου που έπαιξαν σημαντικό ρόλο και σε αυτή την περίοδο της ζωής μου, αφού με την αγάπη τους, τη γενναιοδωρία τους και την πίστη τους είναι πάντα οι πιο θερμοί υποστηρικτές κάθε προσπάθειάς μου.

Στους υπέροχους γονείς μου

Ρήγα & Μαίρη

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	1
1. Εισαγωγή.....	4
Μέρος 1 ^ο . Θεωρητική Προσέγγιση.....	6
2. Ηλιακή ακτινοβολία.....	7
2.1. Συνολική Ακτινοβολία (200 - 10 ⁵ nm).....	7
2.2. Μικρού Μήκους Κύματος Ακτινοβολία (200 - 3000 nm).....	7
2.3. Μεγάλου Μήκους Κύματος Ακτινοβολία –.....	9
Μακρινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία (3000 - 10 ⁵ nm).....	9
3. Υπαίθρια Καλλιέργεια Τομάτας.....	10
3.1. Κλιματικές Απαιτήσεις Τομάτας.....	10
3.1.1. Αύξηση & Ανάπτυξη Καλλιέργειας Τομάτας - Κλιματικοί Παράγοντες.....	10
3.1.1.1. Φωτοσύνθεση.....	10
3.1.1.2. Βλαστική Ανάπτυξη.....	12
3.1.1.3. Άνθηση & Ανάπτυξη Αναπαραγωγικών Οργάνων.....	12
3.2. Προβλήματα από Κλιματικές Συνθήκες του Καλοκαιριού.....	14
3.2.1. Φωτοσύνθεση & Φωτοαναστολή της Φωτοσύνθεσης.....	14
3.2.2. Ανάπτυξη Αναπαραγωγικών Οργάνων.....	16
3.2.3. Φυσιολογικές Διαταραχές Καρπών.....	16
3.3. Αντιμετώπιση των Καλοκαιρινών Συνθηκών.....	19
3.3.1. Χρήση Διχτών Σκίασης.....	19
3.3.2. Τεχνολογία Διχτών Σκίασης.....	19
3.4. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	25
3.4.1. Επίδραση της Σκίασης στην Αύξηση & Ανάπτυξη Οπωροκηπευτικών Καλλιεργειών.....	25
3.4.2. Άνθηση.....	27
3.4.3. Παραγωγή Καρπών.....	27
3.4.4. Μικροκλίμα.....	28
3.4.4.1. Θερμοκρασία.....	28
3.4.4.2. Μικρού Μήκους Ηλιακή Ακτινοβολία.....	29
3.4.4.3. Σχετική Υγρασία (RH) & Έλλειμμα Κορεσμού του Αέρα σε Υδρατμούς (VPD).....	29
3.5. Σκοπός της Διατριβής.....	30
Μέρος 2 ^ο . Πειραματική Διερεύνηση.....	31
4. Υλικά & Μέθοδοι.....	32
4.1. Εγκατάσταση του Πειράματος.....	32
4.1.1. Ο Πειραματικός Αγρός.....	32
4.1.2. Τα Δίχτυα Σκίασης.....	32
4.1.3. Το Πειραματικό Σχέδιο.....	33
4.1.4. Τα Πειραματικά Φυτά.....	35
4.1.5. Φυτικό Υλικό & Εγκατάσταση της Καλλιέργειας.....	37
4.1.6. Καλλιεργητική Τεχνική.....	37
4.1.6.1. Προετοιμασία Πειραματικού Αγρού.....	37
4.1.6.2. Στήριξη Φυτών.....	37
4.1.6.3. Άρδευση.....	37
4.1.6.4. Κλαδέματα (βλαστολογήματα & κορυφολογήματα).....	38
4.1.6.5. Προαγωγή Καρπόδεσης.....	38
4.1.6.6. Ζιζανιοκτονία.....	39
4.1.6.7. Φυτοπροστασία.....	39
4.1.7. Συγκομιδή Καρπών.....	39
4.2. Μετρήσεις Πειραματικού μέρους.....	40
4.2.1. Οπτικές Ιδιότητες Διχτών Σκίασης.....	40
4.2.1.1. Εργαστηριακές Μετρήσεις.....	40
4.2.1.2. Μετρήσεις σε Συνθήκες Αγρού.....	42

4.2.2. Κλιματικές Μετρήσεις	45
4.2.2.1. Όργανα Μέτρησης Ηλιακής Ακτινοβολίας	45
4.2.2.2. Όργανα Μέτρησης Θερμοκρασίας & Υγρασίας	45
4.2.2.3. Καταγραφή Μετρήσεων	46
4.3. Αγρονομικές Μετρήσεις	47
4.3.1. Μετρήσεις στον Αγρό (Μη Καταστροφικές Μετρήσεις)	48
4.3.2.1. Αύξησης & Ανάπτυξης (Καταστροφικές Μετρήσεις)	49
4.3.2.2. Παραγωγής Ώριμων Καρπών (Μετρήσεις Παραγωγικότητας)	49
4.3.3. Υπολογισμοί Παραμέτρων Αύξησης & Ανάπτυξης	50
4.3.3.1. Φυλλική Επιφάνεια (LA, m ²)	50
4.3.3.2. Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI, m ² m ⁻²)	50
4.3.3.3. Αριθμός φύλλων & Μέσος Όρος Διαστάσεων Φύλλων	51
4.3.3.4. Αριθμός Κόμβων κάθε Στελέχους	51
4.3.3.5. Μήκος Μεσογονατίων Διαστημάτων	51
4.3.3.6. Συνολική Ξηρά Ουσία και Κατανομή αυτής στους Φυτικούς Ιστούς	52
4.3.3.7. Λόγος Ξηράς Ουσίας Στελεχών:Φύλλων	52
4.3.3.8. Ειδική Φυλλική Επιφάνεια (SLA, m ² g ⁻¹)	52
4.4. Στατιστική Ανάλυση	52
5. Αποτελέσματα	53
5.1. Οπτικές Ιδιότητες Διχτών Σκίασης	53
5.1.1. Εργαστηριακές Μετρήσεις	53
5.1.2. Μετρήσεις σε Συνθήκες Πειραματικού Αγρού	55
5.1.2.1. Περαιτότητα Διχτών	55
5.1.2.2. Παράμετροι Ποιότητας Εισερχόμενης Ακτινοβολίας	58
5.2. Κλιματικές Συνθήκες κατά τη Διάρκεια του Πειράματος	60
5.2.1. Βροχοπτώσεις	60
5.3. Μικροκλίμα	62
5.3.1. Ηλιακή Ακτινοβολία	62
5.3.1.1. Συνολική Μικρού Μήκους Ακτινοβολία (305-2850nm)	62
5.3.1.2. Φωτοσυνθετικά Ενεργή Ακτινοβολία (PAR)	66
5.3.2. Θερμοκρασία, Σχετική Υγρασία & Έλλειμμα Κορεσμού Αέρα	69
5.3.2.1. Διάρκεια 24-ώρου	69
5.3.2.2. Διάρκεια Ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)	73
5.3.2.3. Διαφορά Θερμοκρασίας & Έλλειμμα Κορεσμού Καλλιέργειας-Αέρα	76
5.4. Μη καταστροφικές Αγρονομικές Μετρήσεις	79
5.4.1. Φυλλική Επιφάνεια	79
5.4.1.1. Συσχέτιση Διαστάσεων Φύλλων & Φυλλικής Επιφάνειας	79
5.4.1.2. Υπολογισμός Φυλλικής Επιφάνειας	81
5.4.1.3. Αριθμός Φύλλων & Μέσος Όρος Διαστάσεων Φύλλων	82
5.4.2. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης	84
5.4.2.1. Μήκος Στελεχών	85
5.4.2.2. Μεσογονάτια Διαστήματα	86
5.4.3. Αριθμός Ανθέων	89
5.4.4. Παραγωγή Καρπών	89
5.4.4.1. Συνολική Παραγωγή Καρπών	89
5.4.4.2. Εμπορεύσιμη Παραγωγή Καρπών	92
5.4.4.3. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών	94
5.4.4.4. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών	95
5.4.4.5. Φυσικά Χαρακτηριστικά Καρπών	97
5.5. Καταστροφικές Αγρονομικές Μετρήσεις	98
5.5.1. Παραγωγή & Κατανομή Ξηράς Ουσίας	98
5.5.2. Λόγος Ξηράς Ουσίας Στελεχών:Φύλλων	101
6. Συζήτηση	103

6.1. Ιδιότητες Διχτών Σκίασης.....	103
6.1.1. Εργαστηριακές Μετρήσεις.....	103
6.1.2. Μετρήσεις σε Συνθήκες Πειραματικού Αγρού.....	103
6.1.2.1. Περαιτότητες Διχτών Σκίασης.....	103
6.1.2.2. Παράμετροι ποιότητας εισερχόμενης ακτινοβολίας.....	104
6.2. Μικροκλίμα.....	105
6.2.1. Ηλιακή Ακτινοβολία.....	105
6.2.2. Μικροκλίμα 24-ώρου & Ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα).....	106
6.3. Μη Καταστροφικές Μετρήσεις.....	108
6.3.1. Φυλλική Επιφάνεια.....	108
6.3.2. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης.....	109
6.3.3. Ανθιση.....	110
6.3.4. Παραγωγή Καρπών.....	110
6.3.4.1. Συνολική & Εμπορεύσιμη Παραγωγή.....	110
6.3.4.2. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Παραγωγής.....	111
6.3.4.3. Φυσικά Χαρακτηριστικά Καρπών.....	112
6.4. Καταστροφικές Μετρήσεις.....	112
7. Συμπεράσματα.....	113
8. Μελλοντική Εργασία.....	114
9. Βιβλιογραφία.....	115

1. Εισαγωγή

Η τομάτα (*Lycopersicon esculentum*) ανήκει στην οικογένεια Solanaceae. Κατάγεται από την τροπική Αμερική (Μεξικό). Η τομάτα καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα μήκη και πλάτη του κόσμου. Το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιεργείται στην Ευρώπη, την Ασία και την Αμερική. Στην Ευρώπη άρχισε να καλλιεργείται από τα τέλη του 18^{ου} αιώνα και στην Ελλάδα από το 1918. Στην Ελλάδα η συνολική έκταση που καλλιεργείται με τομάτες έρχεται δεύτερη μετά την πατάτα, σε σχέση με τα υπόλοιπα λαχανικά. Ένα μεγάλο μέρος της έκτασης αυτής (53,8%) καλλιεργείται με τομάτες που προορίζονται για μεταποίηση, το 39,8% είναι υπαίθρια καλλιέργεια για νωπή κατανάλωση και το 6,4% της έκτασης είναι καλλιέργεια σε θερμοκήπια και χαμηλά σκέπαστρα (Πίνακας 1). Σύμφωνα με τα στοιχεία του 1998 η έκταση της τομάτας που καλλιεργήθηκε στην υπαίθρο για νωπή κατανάλωση ήταν 134.000 στρέμματα ενώ η αντίστοιχη παραγωγή ήταν 491.000 τόνοι.

Πίνακας 1. Έκταση σε στρέμματα, παραγωγή σε τόνους τομάτας που καλλιεργήθηκε στην υπαίθρο για νωπή κατανάλωση και βιομηχανική επεξεργασία και στα θερμοκήπια την χρονική περίοδο 1980-1998.

ΕΤΟΣ	ΝΩΠΗΣ									
	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ		ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ		ΥΠΑΙΘΡΙΑ		ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗΣ		ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	
	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)
1980	188.000	730.000	15.250	139.390	172.750	590.610	184.200	954.100	372.200	1.684.100
1981	185.400	726.460	13.980	115.020	171.500	611.440	218.200	1.188.900	403.600	1.915.350
1982	178.840	722.330	14.740	118.530	164.100	603.800	224.200	1.178.550	453.040	1.900.880
1983	169.620	635.470	15.040	134.820	154.580	500.650	280.930	1.265.350	450.550	1.900.820
1984	175.570	731.850	15.630	141.310	159.940	590.540	282.910	1.701.860	458.480	2.433.710
1985	171.800	707.640	16.600	149.570	155.200	558.070	291.170	1.474.650	462.970	2.182.290
1986	198.000	718.840	17.710	164.420	151.460	554.420	169.190	1.148.930	338.360	1.867.770
1987	168.190	727.940	17.230	158.040	150.960	569.900	181.240	934.040	349.430	1.661.980
1988	169.680	666.910	18.030	168.750	151.650	498.160	197.520	1.004.600	367.200	1.671.510
1989	164.690	728.080	18.080	183.200	146.610	544.880	212.050	1.277.230	376.910	2.005.310
1990	163.080	665.790	18.500	188.510	144.580	477.280	222.050	1.090.180	385.130	1.755.970
1991	166.350	710.700	18.860	183.500	174.490	527.200	223.800	1.176.540	390.150	1.887.240
1992	164.200	754.940	20.330	196.700	143.870	558.240	202.370	1.121.740	366.570	1.876.680
1993	165.870	766.550	20.280	202.070	145.590	564.480	163.530	950.360	322.900	1.716.910
1994	170.640	780.330	21.700	215.400	148.940	564.930	183.940	1.134.150	354.580	1.914.480
1995	174.400	777.970	22.130	210.720	152.270	567.250	209.140	1.198.700	383.540	1.976.670
1996	157.810	725.100	23.820	232.820	133.990	492.280	211.860	1.238.610	369.670	1.730.890
1997	155.600	687.630	21.660	205.590	133.940	482.040	181.120	1.069.370	336.720	1.757.000
1998	159.640	760.410	25.640	269.410	134.000	491.000	210.700	1.248.000	370.340	2.008.410

Πηγή: Ολύμπιος Χ.Μ., 2001, Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας

Η καλλιέργεια της υπαίθριας τομάτας αρχίζει από τα μέσα περίπου της άνοιξης και διαρκεί όλο το καλοκαίρι. Τότε οι κλιματικές συνθήκες θεωρούνται κατάλληλες για την ευδοκίμηση των λαχανόκηπων με τομάτες. Όμως, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης φτάνει σε πολύ μεγάλες τιμές. Οι επιπτώσεις στην παραγωγή είναι εμφανείς μέσω της ποιοτικής υποβάθμισης των παραγόμενων καρπών, λόγω ηλιοκαυμάτων. Ενδέχεται η πολύ υψηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία να επηρεάζει αρνητικά και την αύξηση ή/και την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Οι βιβλιογραφικές αναφορές σχετίζονται

με πειράματα που έχουν διεξαχθεί σε νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη (Αίγυπτος, Ισραήλ) από αυτό της Ελλάδας. Επίσης, μελέτες της επίδρασης μειωμένου φωτισμού επί της καλλιέργειας, αναφέρονται σε συνθήκες θερμοκηπίου και για μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, όπου ο παράγοντας «φως» είναι συνήθως περιοριστικός.

Σε νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη για την αντιμετώπιση της υπερβολικής ακτινοβολίας, οι καλλιέργειες προστατεύονται με την ανάρτηση ειδικών διχτύων σκίασης, τα οποία τοποθετούνται επάνω από αυτές, σε παράλληλη διάταξη με την επιφάνεια του εδάφους. Ένας άλλος τρόπος είναι η κατασκευή «διχτυοκηπίων», εντός των οποίων καλλιεργούνται τα φυτά. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων διχτύων είναι πολλά (υλικό κατασκευής, πυκνότητα πλέξης, % σκίασης κ.α.).

Στην Ελλάδα η χρήση των διχτύων σκίασης στις υπαίθριες καλλιέργειες έχει αρχίσει τα τελευταία χρόνια. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται βάσει πειραματικών δεδομένων περιοχών με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες από αυτές της χώρας μας. Έτσι η επιλογή του διχτυού σκίασης (ποσοστό σκίασης, χρώμα κ.α.) γίνεται εμπειρικά, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής και η καλλιέργεια. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας ή/και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

Χωρίς την προστασία από την υπερβολική ηλιακή ακτινοβολία, είναι βέβαιη η ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση της παραγωγής των υπαίθριων καλλιεργειών τομάτας. Δεδομένης δε και της οικονομικής σημασίας της καλλιέργειας αυτής για την Ελλάδα, κρίθηκε πολύ ενδιαφέρουσα η διερεύνηση του προβλήματος. Για το λόγο αυτό γίνεται προσπάθεια μελέτης των διχτύων σκίασης προκειμένου να προταθεί το καταλληλότερο δίχτυ για τη σκίαση υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας.

Μέρος 1^ο. Θεωρητική Προσέγγιση

Η παρούσα διατριβή έχει δύο αντικείμενα μελέτης, το φυσικό και το βιολογικό. Για το φυσικό, έγινε προσπάθεια να τροποποιηθεί το μικροκλίμα της καλλιέργειας τοποθετώντας δίχτυα σκίασης επάνω απ' αυτή. Επομένως, διερευνήθηκε η επίδραση των δικτύων επί της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην καλλιέργεια και η τροποποίηση του μικροκλίματος αυτής. Για το λόγο αυτό στο 1^ο μέρος γίνεται αναφορά στην ηλιακή ακτινοβολία και στα μέρη στα οποία χωρίζεται. Για το βιολογικό διερευνήθηκε η ανταπόκριση της καλλιέργειας τομάτας στην τροποποίηση του μικροκλίματος λόγω της εγκατάστασης των δικτύων σκίασης. Έτσι μετά την αναφορά στην ηλιακή ακτινοβολία, παρατίθενται οι κλιματικές απαιτήσεις της καλλιέργειας και στη συνέχεια οι επιδράσεις των κλιματικών παραγόντων επί της καλλιέργειας, με ιδιαίτερη έμφαση όπως αυτοί διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Κατόπιν έγινε αναφορά στη χρήση και στην τεχνολογία των δικτύων σκίασης. Στο τέλος του 1^{ου} μέρους γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση μελετών σχετικών με το θέμα που πραγματεύεται η παρούσα διατριβή.

2. 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:

2.1. Συνολική Ακτινοβολία (200 - 10⁵ nm)

2.2. Μικρού Μήκους Κύματος Ακτινοβολία (200 - 3000 nm)

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

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

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

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

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

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

Πίνακας 2. Μήκος κύματος και χρώμα της ίριδας.

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

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 (Πίνακας 2).

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:

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

Μέτρηση της *PAR* γίνεται με αισθητήρες φωτονίων.

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

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

**2.3. Μεγάλου Μήκους Κύματος Ακτινοβολία –
Μακρινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία (3000 - 10⁵ nm)**

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

3. Υπαίθρια Καλλιέργεια Τομάτας

Στο βιολογικό μέρος της παρούσας διατριβής διερευνήθηκε η απόκριση της καλλιέργειας τομάτας στην τροποποίηση του μικροκλίματος λόγω της εγκατάστασης των διχτυών σκίασης. Έτσι μετά την αναφορά του προηγούμενου κεφαλαίου στην ηλιακή ακτινοβολία, παραθέτονται οι κλιματικές απαιτήσεις της καλλιέργειας και στη συνέχεια οι επιδράσεις των κλιματικών παραγόντων επί της καλλιέργειας, με ιδιαίτερη έμφαση όπως αυτοί διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

3.1. Κλιματικές Απαιτήσεις Τομάτας

Η τομάτα είναι φυτό που προτιμά θερμά κλίματα, διότι σε θερμοκρασίες αέρα 10°C ή και χαμηλότερες, αναστέλλεται η βλαστική ανάπτυξη, μειώνεται η καρπόδεση και εξασθενεί η ωρίμανση των καρπών. Δεν είναι ανθεκτική στον παγετό. Το άριστο εύρος μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας για κανονική αύξηση και ανάπτυξη των φυτών και καρπόδεση κυμαίνεται μεταξύ 18,5 και 26,5°C, με άριστο εύρος μέσης θερμοκρασίας ημέρας 21-29,5°C και νύκτας 18,5-21°C. Η ανάπτυξη του φυτού επιβραδύνεται στους 35 °C και στους 38 °C αναστέλλεται (Benton Jones, 1999).

3.1.1. Αύξηση & Ανάπτυξη Καλλιέργειας Τομάτας - Κλιματικοί Παράγοντες

3.1.1.1. Φωτοσύνθεση

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

1. Θερμοκρασία του αέρα (υψηλή και χαμηλή).
2. Ένταση και ποιότητα της προσπίπτουσας στο φυτό ηλιακής ακτινοβολίας.
3. Επίπεδο του CO₂ στον αέρα που περιβάλλει το φυτό (για την υπαίθρια καλλιέργεια είναι προφανώς σταθερό).

Για την μέγιστη καθαρή φωτοσύνθεση ολόκληρου του φυτού υπάρχει ένα εύρος άριστων θερμοκρασιών αλλά η αντίδραση της μέγιστης καθαρής φωτοσύνθεσης στη θερμοκρασία είναι μικρή και η άριστη τιμή της θερμοκρασίας είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη ένταση του φωτός. Επίσης η αντίδρασή της στη θερμοκρασία εξαρτάται από το γονότυπο. Άριστες τιμές

θερμοκρασίας θεωρούνται μεταξύ 25 και 30 °C (Atherton and Rudich, 1996). Η προσομοιωμένη φωτοσύνθεση αυξήθηκε μόλις 6% όταν η θερμοκρασία αυξήθηκε από τους 20 στους 30°C, με CO₂ στα 350 μmol mol⁻¹ και PAR στα 1500 mol m⁻² s⁻¹ (Bakker et al., 1995). Το σύνολο της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας, το CO₂ του αέρα και ατμοσφαιρική υγρασία είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης (Benton Jones, 1999).

Η φωτοσύνθεση είναι μια δραστηριότητα στενά συνδεδεμένη με την δομή και την δραστηριότητα του πρωτοπλάσματος. Η δραστηριότητα του πρωτοπλάσματος όμως, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και ως εκ τούτου και η φωτοσύνθεση είναι εξαρτημένη αυτής. Για το λόγο αυτό είναι πολύ σημαντική η θερμοκρασία του φυλλώματος για τη φυσιολογία ολόκληρου του φυτού (Benton Jones, 1999).

Υψηλή στοματική αγωγιμότητα επιδρά θετικά στον ρυθμό της φωτοσύνθεσης, λόγω αυξημένης δυνατότητας πρόσληψης CO₂. Ανοίγοντας και κλείνοντας τα στομάτια τα φυτά μπορούν να ελέγχουν την πρόσληψη CO₂ και την απώλεια H₂O. Η υγρασία επηρεάζει την στοματική αγωγιμότητα. Υψηλές υγρασίες οδηγούν σε υψηλές τιμές g_s. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην στοματική αγωγιμότητα συγγέεται συνήθως με την αντίδραση στην υγρασία. Γενικώς μπορεί να διατυπωθεί η άποψη ότι η αγωγιμότητα ακολουθεί την αύξηση της θερμοκρασίας με την προϋπόθεση ότι αναφερόμαστε σε καλά ποτισμένα φυτά (Bakker et al., 1995). Η στοματική αγωγιμότητα g_s αυξάνεται αυξανόμενης της ηλιακής ακτινοβολίας μέχρις όμως ανωτάτου ορίου.

Το ύψος της ενέργειας της ακτινοβολίας που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια του φυτού είναι ο παράγοντας εκείνος που επηρεάζει την αύξησή του. Ο έλεγχος του συνολικού ποσού ενέργειας που προσλαμβάνεται από ένα φυτό, κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος και το ύψος αυτής σε οποιοδήποτε χρονική στιγμή, καθορίζει την επίδοσή του (Benton Jones, 1999).

Η *φωτοσυνθετική χωρητικότητα* (P_{nmax}) (=φωτοσύνθεση σε περιβάλλον με ατμοσφαιρικό CO₂ και κορεσμένο σε φωτεινή ενέργεια) ενός φύλου μπορεί να ποικίλει κατά την καλλιεργητική περίοδο, καθώς τα φύλλα προσαρμόζονται στις εναλλασσόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος. Έχει βρεθεί γραμμική συσχέτιση μεταξύ στοματικής αγωγιμότητας g_s και P_{nmax} . Υψηλή P_{nmax} και αντιστοίχως υψηλή g_s συναντώνται με υψηλά επίπεδα φωτισμού και θρεπτικών στοιχείων, ενώ αντίθετα χαμηλές τιμές απαντώνται σε μεγάλης ηλικίας φύλλα και σε περιπτώσεις δραστηριότητας μικρής αναλογίας.

Φωτοκορεσμός (saturation point) για την τομάτα επέρχεται μεταξύ 600 και 800 μmol m⁻² s⁻¹, τιμή που δεν διαφέρει σημαντικά από άλλα C3 φυτά. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης είναι γραμμικός για τα C3 φυτά για το εύρος 250-900 MJ m⁻². Ένα φυτό τομάτας μπορεί να μεγαλώνει πολύ καλά σε συνεχές φως μεταξύ 400 και 500 μmol m⁻² s⁻¹.

Η παραγωγή καρπών είναι άμεσα εξαρτώμενη από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, αφού οι Cockshull et al. (1992) κατέληξαν στο ότι για συνθήκες Βρετανίας, παραγωγή 2,01 kg καρπών συγκομιζόταν για κάθε 100 MJ ηλιακής ακτινοβολίας από Φεβρουάριο έως Μάιο. Η πρόσληψη της ηλιακής ακτινοβολίας από το φυτό εξαρτάται από την έκταση της φυλλικής επιφάνειας αυτού που είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία.

3.1.1.2. Βλαστική Ανάπτυξη

Όταν η ημερήσια ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη από $2MJ\ m^{-2}d^{-1}$ το ύψος φυτών, ίσου ξηρού βάρους, είναι ίδιο. Πτώση κάτω από αυτό το όριο γενικώς αυξάνει την επιμήκυνση του κυρίως βλαστού σε βάρος άλλων οργάνων του φυτού με αποτέλεσμα το σχηματισμό αδύνατου, λεπτότερου και πιο επιμήκους κυρίως στελέχους με αυξημένο ποσοστό παρεγχύματος. Σε συνθήκες πολύ χαμηλού φωτισμού το μήκος του κυρίως στελέχους μειώνεται, λόγω περιορισμού της φωτοσύνθεσης και ως εκ τούτου περιορίζεται και η αύξηση και η ανάπτυξη ολόκληρου του φυτού (Atherton and Rudich, 1996).

Αυξανομένης της θερμοκρασίας αυξάνεται και ο ρυθμός επιμήκυνσης του κυρίως βλαστού. Ο κυρίως βλαστός γίνεται λεπτότερος, με μεγαλύτερο ποσοστό παρεγχύματος και αυξημένη περιεκτικότητα νερού. Η επιμήκυνση του στελέχους νεαρών φυτών καθορίζεται από τη θερμοκρασία της ημέρας (κατά την ηλιοφάνεια). Μεγαλύτερης ηλικίας φυτά επιδεικνύουν θερμοπεριοδισμό. Η άριστη θερμοκρασία νύκτας για παραγωγικά φυτά (υψηλότερα από 40 cm) ήταν 13-18°C, ενώ για νεαρά φυτά ήταν 30°C (Atherton and Rudich, 1996).

Η ποιότητα του φωτός που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την μορφολογία των φυτών. Όταν υπάρχει περίσσεια του μπλε και πολύ λίγο κόκκινο φως τότε τα φυτά γίνονται κοντά, σκληρά και σκούρα στο χρώμα. Αντίθετα όταν το κόκκινο είναι σε περίσσεια και το μπλε είναι ελάχιστο, τότε τα φυτά έχουν τρυφερά βλαστικά μέρη και μεγαλύτερα μεσογονάτια διαστήματα, δηλαδή γίνονται «ψηλόλιγνα» (Benton Jones, 1999).

3.1.1.3. Άνθηση & Ανάπτυξη Αναπαραγωγικών Οργάνων

Χαμηλή παραγωγή γύρης παρατηρείται όταν επικρατούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες (40°C) κατά τη διάρκεια της μείωσης ή χαμηλές (10°C) μετά το στάδιο της μείωσης της μικροσπορογέννησης. Η ζωτικότητα των κόκκων της γύρης μειώνεται όταν επικρατούν ακραίες θερμοκρασίες, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη βλαστικότητα αυτών. Επιπροσθέτως, για να βλαστήσουν οι κόκκοι της γύρης πρέπει να προσκολληθούν στο στίγμα. Εάν όμως επικρατούν συνθήκες χαμηλής υγρασίας (<70%) ή/και η θερμοκρασία είναι εκτός του

εύρους 17-24°C, η προσκόλληση θα είναι μειωμένη. Η βλάστηση των κόκκων διαρκεί 1 ώρα στους 25°C, 5 ώρες στους 10°C και 20 ώρες στους 5°C. Εάν ο χρόνος βλάστησης είναι μεγάλος, τότε μπορεί η ωοθήκη να εκφυλιστεί πριν ο γυρεοσωλήνας φτάσει σ' αυτή. Το % ποσοστό των κόκκων που βλαστάνουν μειώνεται δραματικά έξω από το εύρος 5-37°C, ενώ ο ρυθμός αύξησης του γυρεοσωλήνα αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας από τους 10 έως τους 35 °C (Atherton and Rudich, 1996).

Οι συνήθεις καλλιεργούμενες ποικιλίες τομάτας είναι αυτό-γονιμοποιούμενες και δεν χρειάζονται υποβοήθηση εκτός εάν επικρατούν συνθήκες άπνοιας ή χαμηλές θερμοκρασίες. Γονιμοποίηση θα συμβεί όταν επικρατούν θερμοκρασίες νύκτας μεταξύ 13 και 24°C και θερμοκρασίες ημέρας μεταξύ 15,5 και 32°C. Εάν επικρατούν υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες, ιδιαίτερα την νύκτα, τότε τα άνθη θα πέσουν χωρίς να γονιμοποιηθούν. Υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα από 35°C μειώνουν την καρπόδεση και εμποδίζουν την ανάπτυξη καλού χρώματος στους καρπούς (Benton Jones, 1999).

Υπάρχει εξάλλου, θετική συσχέτιση μεταξύ της μέσης ημερήσιας ακτινοβολίας (400 – 700 nm) και του αριθμού των ανθέων του πρώτου σταυρού που φτάνουν στην άνθηση, με μέγιστο αριθμό ανθισμένων ανθέων να επιτυγχάνεται περίπου με 1,0 MJ m⁻² d⁻¹. Περισσότερο από 90% του νωπού βάρους ενός καρπού είναι νερό και η διαθεσιμότητά του στο φυτό μπορεί να επηρεάσει το μέγεθος των καρπών. Το μέγεθος των καρπών επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία μικραίνοντας με την μείωση της έντασής της και από την απόσταση φύτευσης μικραίνοντας με την αύξηση του πλήθους των φυτών ανά m². Ο αριθμός των καρπών ανά σταυρό βρέθηκε ότι είναι θετικά συσχετισμένος με την προσλαμβάνουσα, από το φυτό ηλιακή ακτινοβολία, ιδίως όταν αυτή είναι μικρότερη από 1,5MJ m⁻² d⁻¹. Η αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των καρπών είναι το αποτέλεσμα της θετικής επίδρασης της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας στον ρυθμό φωτοσύνθεσης και στον ρυθμό μεταφοράς των προϊόντων αυτής φωτοσύνθεσης από τα φύλλα στους καρπούς (Benton Jones, 1999).

Οι καρποί της τομάτας ωριμάζουν γρήγορα και καλύτερα με ωραίο κόκκινο χρώμα, όταν η θερμοκρασία της νύκτας είναι 18°C και της ημέρας 27°C (Αγγίδης, 2000). Σύμφωνα με τον Ολύμπιο (2001), το άριστο επίπεδο θερμοκρασίας για την μέγιστη σύνθεση χρώματος κυμαίνεται γύρω στους 21-22°C. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 24°C η σύνθεσή του περιορίζεται, ενώ κάτω από 13°C το χρώμα είναι πολύ φτωχό.

Το καλοκαίρι που η ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, το πρώτο άνθος ανοίγει 40 ημέρες μετά από την επιμήκυνση της κοτυληδόνας και ανεξάρτητα από την συνολική προσληφθείσα ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να επηρεάσει τον χρόνο άνθησης μέσω της επίδρασής στο χρόνο του σχηματισμού της ταξιανθίας σε επίπεδο μεριστώματος και στο ρυθμό ανάπτυξης των ανθέων. Τα παραπάνω οφείλονται στην αύξηση του ρυθμού

φωτοσύνθεσης και στη αύξηση της θερμοκρασίας των φυτικών ιστών που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Atherton and Rudich, 1996).

3.2. Προβλήματα από Κλιματικές Συνθήκες του Καλοκαιριού

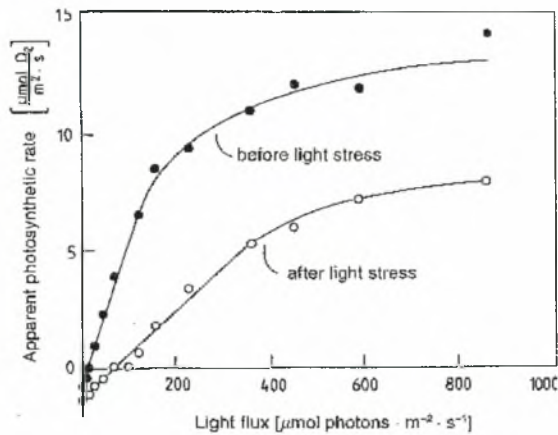
3.2.1. Φωτοσύνθεση & Φωτοαναστολή της Φωτοσύνθεσης

Είναι αποδεδειγμένο ότι πολύ υψηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία είναι περιοριστικός παράγοντας για την παραγωγή τομάτας, όπως εξάλλου είναι και η χαμηλής έντασης. Επιπλέον, υψηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των φύλλων, γεγονός που περιορίζει την φωτοσυνθετική λειτουργία του φυτού (Benton Jones, 1999).

Η υδατική κατάσταση του φυτού επιδρά σημαντικά στην αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης. Εάν ένα φυτό βρίσκεται σε συνθήκες υδατικής έλλειψης, τότε τα στομάτια των φύλλων του κλείνουν παρεμποδίζοντας την κίνηση των αερίων (CO_2), γεγονός που μειώνει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης (Benton Jones, 1999). Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρούνται υψηλής έντασης ακτινοβολίες, με αποτέλεσμα ν' αυξάνονται η θερμοκρασία του αέρα και των φύλλων, το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα και της καλλιέργειας-αέρα. Αντιθέτως, η υγρασία της ατμόσφαιρας και η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων μειώνονται. Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα στομάτια, μέσω της λειτουργίας τους ασκούν προστατευτικό ρόλο ενάντια στην αφυδάτωση των φύλλων. Εάν δεν μείωναν την αγωγιμότητά τους, τότε το φύλλο θα αφυδατωνόταν και θα παρατηρούταν υδατική διαταραχή αυτού. Έτσι τα φυτά οδηγούνται σε μείωση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης λόγω μείωσης της διάχυσης του CO_2 διαμέσω των στοματίων. Μείωση της αγωγιμότητας των στοματίων και του επιφανειακού στρώματος των φύλλων στην διάχυση του CO_2 , του αέρα προς το εσωτερικό των φύλλων, από $0,0046$ σε $0,0028 \text{ m s}^{-1}$, οδήγησε σε μείωση κατά 8% του προσομοιωμένου CO_2 που αφομοιώνεται από τη φυλλική επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας ημέρας με καθαρό ουρανό και κατά 1% μια νεφοσκεπή ημέρα (Bakker et al., 1995).

Όταν ένα φυτό εκτίθεται σε λευκό (ηλιακό) φως έντασης μεγαλύτερης της άριστης, υφίσταται καταπόνηση και ταυτόχρονα μειώνεται η πρόσληψη φωτονίων από τα *φωτοσυστήματα I & II*, η οποία μειώνει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης αυτού (Σχήμα 1). Σε σύντομο χρονικό διάστημα τα φωτοευαίσθητα φυτά παρουσιάζουν εκτεταμένες ζημιές με ξεθωριασμένα ή ακόμη και νεκρά φύλλα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *φωτοαναστολή (Photoinhibition)* (Powles, 1984; Ögren and Evans, 1992). Σε συνθήκες φυσικού φωτισμού, *φωτοαναστολή* συμβαίνει, όταν επικρατούν υψηλές (Lundlow and Björkman, 1984) ή χαμηλές (Öquist and Ögren, 1985)

θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με ανεπαρκή εφοδιασμό των φυτών με νερό (Björkman and Powles, 1984) ή άζωτο.



Σχήμα 1. Φωτοαναστολή της φωτοσύνθεσης. Φύλλα *Spinacea oleracea* εκτέθηκαν σε λευκό φως ($1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) για 4 ώρες. Ρυθμός φωτοσύνθεσης φύλλων πριν και μετά την έκθεση στις συνθήκες καταπόνησης από υπερβολική ακτινοβολία. Πηγή: Mohr and Schopfer, 1995

Το φάσμα δράσης της φωτοαναστολής δείχνει ότι είναι μια διαδικασία που οφείλεται στην απορρόφηση φωτός από την χλωροφύλλη. Όλοι οι παράγοντες καταπόνησης (κλείσιμο στοματίων σε συνθήκες ξηρασίας, απενεργοποίηση ενζύμων από το κρύο ή την ζέστη) που οδηγούν σε αναστολή βιοχημικών διαδικασιών της φωτοσύνθεσης, αυξάνουν την φωτοαναστολή.

Το φαινόμενο οφείλεται στον υπερκορεσμό του φωτοσυνθετικού μηχανισμού από φωτεινή ενέργεια. Σε συνθήκες υπερβολικά υψηλού φωτισμού η αφομοίωση CO_2 περιορίζεται από την ικανότητα βιοχημικών αντιδράσεων όπως της μεταφοράς e^- και του κύκλου του Calvin. Το φως που απορροφάται από το σύμπλεγμα χρωστικών-κεραιών (antenna pigment) υπερβαίνει την ικανότητα των ενεργειακά τροφοδοτούμενων αντιδράσεων να την χρησιμοποιήσουν και ως εκ τούτου, η περισσευόμενη ενέργεια είναι διαθέσιμη για φωτοχημικές αντιδράσεις που οδηγούν στο σχηματισμό τοξικών φωτοπροϊόντων ($\dot{\text{O}}_2^-$, $\text{H}\dot{\text{O}}$, $^1\text{O}_2$) (ανιόν υπεροξειδίου του O_2 , υδροξυλική ρίζα και singlet O_2). Αυτά έχουν την ικανότητα ν' αντιδρούν με άλλα μόρια τα οποία και οδηγούνται σε οξειδωτική αποδόμηση και το φαινόμενο ονομάζεται *οξειδωτική φωτοαποδόμηση*. Με τον τρόπο αυτό αποδομούνται λιπίδια, πρωτεΐνες, νουκλεϊνικά οξέα και χλωροφύλλες. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ότι σε σύντομο χρονικό διάστημα τα φωτοευαίσθητα φυτά παρουσιάζουν εκτεταμένες ζημιές με ξεθωριασμένα ή ακόμη και νεκρά φύλλα (Mohr and Schopfer, 1995).

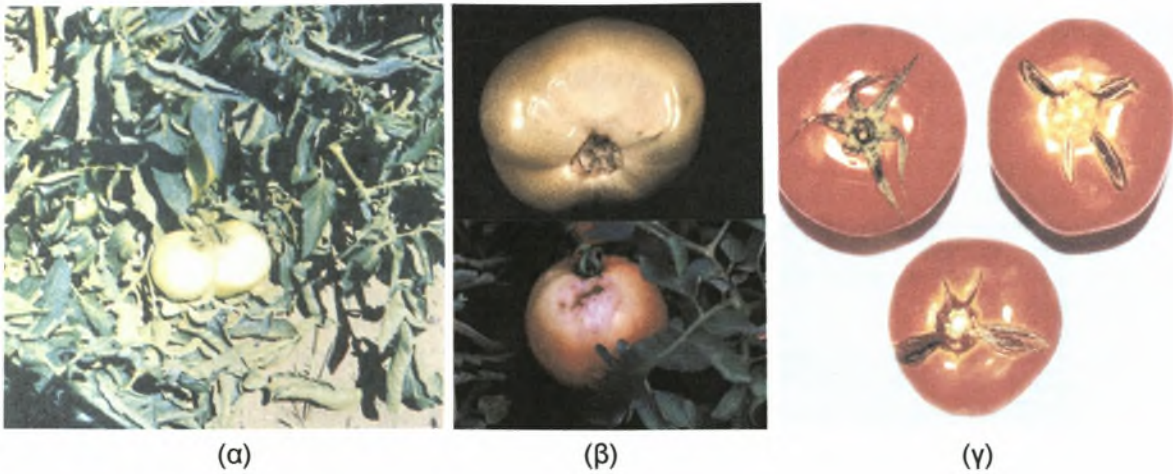
3.2.2. Ανάπτυξη Αναπαραγωγικών Οργάνων

Η υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας αρχίζει τον τρίτο μήνα της άνοιξης και τελειώνει αρχές του φθινοπώρου. Αυτή την περίοδο παρατηρούνται συχνά ακραίες θερμοκρασίες οι οποίες είναι ο πιο πιθανός καταστρεπτικός (περιοριστικός) περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει την επικονίαση και την γονιμοποίηση στην υπαίθρια καλλιέργεια. Υψηλή θερμοκρασία νύκτας, (>26°C) ή υψηλή θερμοκρασία (>40 °C) κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι πολύ καταστρεπτικές για την παραγωγή γύρης, τη ζωτικότητα, τη βλαστικότητα, τη προσκόλλησή της στο στίγμα και το ρυθμό αύξησης του γυρεοσωλήνα και ως εκ τούτου και της γονιμοποίησης του άνθους. Για το λόγο αυτό έχουν παραχθεί, γενετικώς, θερμο-ανεκτικές (heat-tolerant) ποικιλίες. Εκτός αυτού, η υπαίθρια καλλιέργεια είναι ένα λιγότερο εντατικό σύστημα και ως εκ τούτου χαμένοι καρποί και διακύμανση του μεγέθους των παραγόμενων καρπών είναι δυο γεγονότα που είναι μέσα στα ανεκτά όρια (Atherton and Rudich, 1996).

3.2.3. Φυσιολογικές Διαταραχές Καρπών

Θερμοκρασίες ημέρας μεγαλύτερες των 30°C κατά τη περίοδο ωρίμανσης των καρπών και σε συνδυασμό με έντονη ηλιοφάνεια, προκαλούν υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών που είναι εκτεθειμένοι στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Το φαινόμενο είναι εντονότερο στους καρπούς ποικιλιών, των οποίων το φύλλωμα είναι αραιό. Οι φυσιολογικές ανωμαλίες των καρπών που οφείλονται στην επίδραση υψηλής έντασης ηλιακής ακτινοβολίας ή/και σε υψηλές θερμοκρασίες περιγράφονται πιο κάτω:

1. *Σχίσσιμο ή σχάσιμο*: καθώς ο καρπός ωριμάζει, η επιδερμίδα μπορεί να σχιστεί, κυρίως μετά από μια *ξηρή* περίοδο, την οποία διαδέχεται μια *θερμή* και *υγρή* περίοδος (Benton Jones, 1999) (Εικόνα 1). Δηλαδή, σχίσσιμο του καρπού μπορεί να συμβεί όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας ή/και υγρασίας, τόσο του αέρα όσο και του εδάφους, κατά τη διάρκεια της ωρίμανσής του (Ολύμπιος, 2001). Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει μια ραγδαία εισροή νερού και διαλυτών στοιχείων την ίδια στιγμή που λόγω της ωρίμανσης ελαττώνεται η ανθεκτικότητα και η ελαστικότητα της επιδερμίδας.



Εικόνα 1. Καρποί τομάτας με εγκαύματα (α), (β) και με σχίσσιμο (γ)

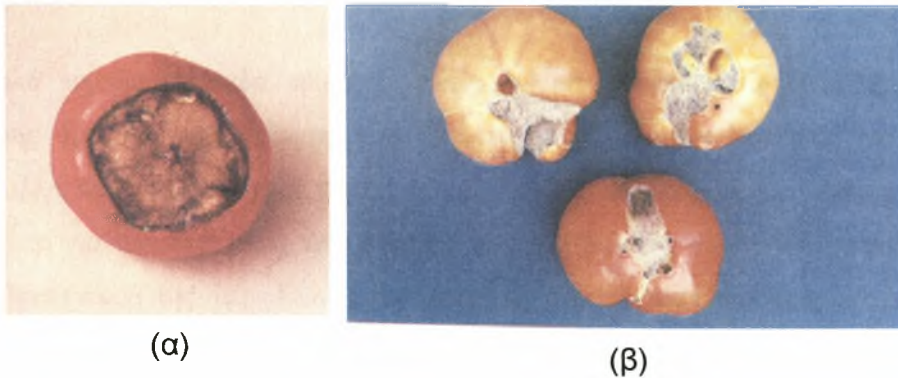
Μέτρα που προτείνονται για την αποφυγή του σχισίματος:

- α. Αποφυγή της απευθείας έκθεσης του καρπού με τον ήλιο με εφαρμογή σκίασης.
- β. Αφήνεται περισσότερο φύλλωμα στο φυτό κατά το κλάδεμα, ώστε να σκιάζονται οι καρποί.
- γ. Συχνότερα ποτίσματα με μικρότερη δόση άρδευσης.
- δ. Συγκομιδή πριν την πλήρη ωρίμανση (στάδιο εμφάνισης κόκκινου χρώματος).

2. *Ηλιακό έγκαυμα ή ηλιοόκαυμα (Sunscald / Solar Injury)*: λόγω της μακροχρόνιας έκθεσης του καρπού στην άμεση και υψηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία, εμφανίζεται στην επιφάνειά του μια αποχρωματισμένη, λαμπερή κηλίδα με λεπτά τοιχώματα (Εικόνα 1). Συμβαίνει κυρίως όταν ο καρπός είναι ακόμη πράσινος, γιατί είναι περισσότερο ευαίσθητος οπότε και η υποβάθμισή του είναι δραματική. Ωστόσο μπορεί να συμβεί και κατά την ωρίμανσή του σε μικρότερο βαθμό χωρίς να είναι ευδιάκριτο κατά την συλλογή, αλλά να εμφανιστεί μετασυσπλεκτικά με την μορφή ανομοιομόρφης ωρίμανσης (Ολύμπιος, 2001). Η άμεση έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία επιφέρει σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του καρπού, γεγονός που επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη και την ποιότητά του. Πράγματι, όταν το εκτεθειμένο στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία τμήμα ενός καρπού ξεπεράσει τους 40 °C, τότε αποκτά το χαρακτηριστικό χρωματισμό του ηλιακού εγκαύματος (Benton Jones, 1999).

3. *Ξηρή σήψη κορυφής (Blossom – end rot)(BER)*: προκαλείται στεγνή ξήρανση στο αντίθετο άκρο του ποδίσκου του καρπού, αρχικά ανοικτού καφέ και τελικώς μαύρου χρώματος (Εικόνα 2). Αναφέρεται ότι οφείλεται σε απορρόφηση από τα φύλλα νερού που περιέχεται στους καρπούς. Η συνήθης αιτία είναι η ανεπάρκεια ασβεστίου (Ca) συνδυασμένη με υδατικό στρες. Αυξημένη εμφάνιση ξηρής σήψης κορυφής συμβαίνει και σε περιπτώσεις

υψηλών επιπέδων αλατότητας (Ολύμπιος, 2001) και σε περιπτώσεις υψηλής διαθεσιμότητας αμμωνίου (NH_4) ως πηγή αζώτου (Benton Jones, 1999).



Εικόνα 2. Καρποί τομάτας με ξηρή σήψη κορυφή (α) και με παραμόρφωση (β).

Στο πειραματικό μέρος γίνεται αναφορά στην παραμόρφωση των καρπών. Αυτή η φυσιολογική ανωμαλία δεν οφείλεται στις καλοκαιρινές κλιματικές συνθήκες, αλλά αναφέρεται στο πειραματικό μέρος λόγω της μεγάλης συχνότητας εμφάνισής της:

Παραμόρφωση (Cat face): ο καρπός παραμορφώνεται στην αντίθετη από τον ποδίσκο μεριά με την εμφάνιση υπερπλασιών και ανωμαλιών (Εικόνα 2). Αυτό συμβαίνει λόγω μηχανικού τραυματισμού του καρπού σε πολύ νεαρό στάδιο (προσβολή από θρίπες), ή λόγω ατελούς γονιμοποίησης του άνθους, όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες ή συννεφιά (Ολύμπιος, 2001).

3.3. Αντιμετώπιση των Καλοκαιρινών Συνθηκών

3.3.1. Χρήση Διχτύων Σκίασης

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

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

3.3.2. Τεχνολογία Διχτύων Σκίασης

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

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



Εικόνα 3. Δείγματα δικτύων σκίασης διαφόρων χρωμάτων

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

Τεχνικά χαρακτηριστικά των δικτύων είναι:

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

Οπτικές ιδιότητες των δικτύων:

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

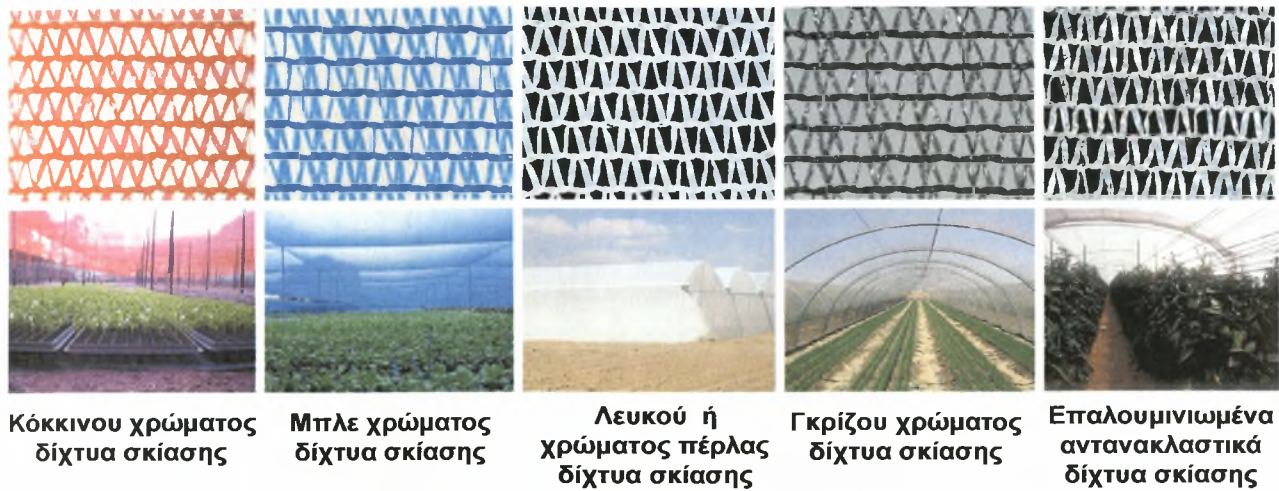
Οι οπτικές τους ιδιότητες μετριούνται με την χρήση φασματοφωτομέτρου ή φασματοραδιομέτρου (Kittas et al., 1999).

Οι οπτικές αυτές ιδιότητες των φύλλων οδήγησαν στην κατασκευή δίχτων διαφόρων χρωμάτων. Η χλωροφύλλη απορροφάει την ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε του πορτοκαλί και του κόκκινου. Η ακτινοβολία στην περιοχή του πράσινου και του κίτρινου ακτινοβολείται ή ανακλάται από την επιφάνεια των φύλλων. Χρησιμοποιώντας κόκκινα, μπλε, πράσινα ή μαύρα δίχτυα μπορεί να επηρεαστεί ή όχι το φυτόχρωμα και το κρυπτόχρωμα των φυτών με άμεσες συνέπειες στην ανάπτυξή τους.

Τα χρωματιστά δίχτυα μπορούν να τροποποιήσουν το λόγο του ερυθρού (600-700nm) : μακρινό ερυθρό (700-800nm) (R:FR). Αύξηση του λόγου αυτού προάγει την έκπτυξη πλαγίων βλαστών, ενώ μειώνει το ρυθμό επιμήκυνσης αυτών. Μείωση του λόγου μειώνει τη φυλλική επιφάνεια και την τάση δημιουργίας πλάγιας βλάστησης, ενώ αυξάνει την «κυριαρχία κορυφής» και το ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών (Smith, 1982). Επίσης, μπορούν να τροποποιήσουν το λόγο της μπλε (350-500nm) : ερυθρή (600-700nm) (B:R) και της μπλε (350-500nm) : μακρινή ερυθρή (700-800nm) ακτινοβολία (B:FR), επηρεάζοντας έτσι τη μορφογενετικά ενεργή ακτινοβολία (MAR).

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

Τα μπλε χρώματος δίχτυα αλλάζουν το φάσμα του φωτός που μεταδίδεται στα υπό κάλυψη φυτά, αυξάνοντας την ακτινοβολία στο φάσμα του μπλε και ελαττώνοντάς την στο φάσμα του ερυθρού και του υπέρυθρου. Επειδή κάτω από συνθήκες μπλε φωτός επιβραδύνεται η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών, αυτά αποκτούν πιο συμπαγή ανάπτυξη και το φύλλωμά τους είναι σκούρου πράσινου χρώματος. Σε φυτά που παράγουν άνθη, το μπλε φως καθυστερεί την άνθηση, με αποτέλεσμα ο καλλιεργητής να προγραμματίζει το χρόνο άνθησης ανάλογα με τις εποχιακές απαιτήσεις της αγοράς. Είναι πολύ χρήσιμα για καλλιεργητές γλαστρικών φυτών, οι οποίοι επιθυμούν να μειώσουν τον όγκο του μεταφερόμενου προϊόντος (Εικόνα 4).



Κόκκινου χρώματος
δίχτυα σκίασης

Μπλε χρώματος
δίχτυα σκίασης

Λευκού ή
χρώματος πέρλας
δίχτυα σκίασης

Γκριζου χρώματος
δίχτυα σκίασης

Επαλουμινιωμένα
αντανακλαστικά
δίχτυα σκίασης

Εικόνα 4. Δείγματα δικτών σκίασης διαφόρων τύπων (επάνω σειρά φωτογραφιών) και εφαρμογές χρήσης αυτών (κάτω σειρά φωτογραφιών)

Τα δίχτυα χρώματος πέρλας έχουν τη ιδιότητα να διαχέουν την άμεση ακτινοβολία, προσφέροντας πάνω από 80% διάχυτη ακτινοβολία στην υποκείμενη καλλιέργεια (Εικόνα 4). Έτσι προσφέρεται περισσότερη ενέργεια για την φωτοσύνθεση σε φυτικά μέρη που δεν φωτίζονταν από την άμεση ακτινοβολία, όπως τα χαμηλότερα φύλλα της φυλλικής επιφάνειας. Ως εκ τούτου αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης, οδηγώντας σε μεγαλύτερη αύξηση και ανάπτυξη και ως εκ τούτου σε βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Η διάχυτη ακτινοβολία προάγει την ανάπτυξη δευτερευόντων βλαστών σε πολλά φυτικά είδη και είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για φυλλώδη προϊόντα. Τα γκριζα δίχτυα χρησιμοποιούνται κυρίως σε υπαίθριες καλλιέργειες οπωροκηπευτικών, αλλά και για στη σκίαση θερμοκηπίων (Εικόνα 4).

Εκτός από τα «απλά» δίχτυα πολυαιθυλενίου και πολυπροπυλενίου, η τεχνολογία έχει προχωρήσει στην κατασκευή επαλουμινιωμένων δικτών PE. Τα δίχτυα αυτά διαχέουν μεγάλο ποσοστό (70%) της άμεσης ακτινοβολίας αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης. Τα δίχτυα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εξωτερικά για την κάλυψη θερμοκηπίων αλλά και δικτυοκηπίων (Εικόνα 4). Επειδή αντανακλούν την ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά τους, μπορούν και να χρησιμοποιηθούν και για εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια και δικτυοκήπια. Για τον ίδιο λόγο χρησιμοποιούνται και για αντιπαγετική προστασία θερινών λαχανικών κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε θερμότερα κλίματα απ' αυτό της Ελλάδας (Teitel et al., 1996). Είναι και αυτά ανακυκλώσιμα και ανθεκτικά στην UV ακτινοβολία.



Εικόνα 5. Ερευνητικά δίχτυοκήπια διαφόρων χρωμάτων στο Ισραήλ (επάνω) & εγκατάσταση δίχτυων σκίασης σε δενδροκομείο.

Τα δίχτυα σκίασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αντιπαγετική και για αντιχαλαζική προστασία όπως και για ανεμοθραύστες. Οι Teitel et al. (1996) δοκιμάζοντας διάφορα δίχτυα σκίασης σε παράλληλη ανάρτηση με το έδαφος κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση τους βοηθάει στην αποτροπή ζημιών από παγετό. Αυτό συμβαίνει γιατί μειώνουν το καθαρό ποσό της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από το έδαφος προς τον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας, διατηρώντας τη θερμοκρασία των φυτών υψηλότερη, όταν αυτά είναι κάτω από τα δίχτυα. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την μείωση της καθαρής ακτινοβολίας είναι η περατότητα του δίχτυου, οι οπτικές του ιδιότητες και η αναλογία της επιφάνειας του δίχτυου προς την επιφάνεια του εδάφους κάτω από αυτό. Όσο πιο μεγάλο είναι το % ποσοστό σκίασης του δίχτυου τόσο πιο αποτελεσματική η προστασία που προσφέρει, αλλά και μεγαλύτερη η παρεμπόδιση της φωτοσυνθετικής λειτουργίας.

Τα δίχτυα σκίασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία αρκετών ειδών καλλιεργούμενων φυτειών από την υπερβολική ηλιακή ακτινοβολία. Μπορούν να αναρτηθούν

επάνω από την καλλιέργεια και παράλληλα με την επιφάνεια του εδάφους ή να κατασκευαστούν διχτυοκήπια (Εικόνα 5). Πολλά είδη οπωροκηπευτικών, καλλωπιστικών και ανθοκομικών καλλιεργειών, μπορούν να προστατευτούν με την χρήση διχτύων διαφόρων τύπων. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται διάφορες καλλιέργειες, οι οποίες μπορούν να προστατευτούν με δίχτυα σκίασης. Οι συστάσεις είναι ενδεικτικές και δεν αφορούν κλιματικές συνθήκες Ελλάδας.

Πίνακας 3. Ενδεικτικές καλλιέργειες στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν δίχτυα σκίασης.

Πλέξη ημερών	20%	20%	30%	30%	50%	50%	50%
Χρώμα	Μαύρο	Λευκό	Μαύρο	Λευκό	Μαύρο	Λευκό	Πράσινο
Σκίαση %	20	8	30	12	50	16	42
Βάρος m ⁻²	56	56	65	65	120	120	120
Φασόλια	0	0	0	0	0	1	0
Σέλινο	0	0	1	0	0	0	0
Αγγούρι	0	0	0	0	0	1	0
Μαρούλι	0	0	3	0	0	1	0
Τομάτα	0	0	3	4	0	1	0
Διάφορα λαχανικά	0	0	2	4	0	1	0
Μήλα	2	1	0	0	0	0	0
Σταφύλια	2	1	0	0	0	0	0
Ροδάκινα	2	1	0	3	0	0	0
Δαμάσκηνα	2	1	0	3	0	0	0
Φράουλες	2	1	0	3	0	0	0
Φτέρη	0	0	0	0	0	0	4
Γλαστρικά φυτά	0	0	0	0	1	0	4
Τριαντάφυλλα	4	1	0	0	0	0	0
Γαρύφαλα	0	0	0	2	0	0	0
Χρυσάνθεμα	0	0	1	0	0	0	0

1	2	3	4
Απαιτείται η χρήση	Συνιστάται η χρήση	Αποτελεσματικό	Προαιρετική χρήση

3.4. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

3.4.1. Επίδραση της Σκίασης στην Αύξηση & Ανάπτυξη Οπωροκηπευτικών Καλλιεργειών

Ο El-Gizawy et.al. (1992a) διαπίστωσαν ότι αυξανόμενου του ποσοστού σκίασης αυξήθηκε το μήκος των στελεχών και η φυλλική επιφάνεια των φυτών, ενώ αντίθετα επήλθε μείωση στο ξηρό βάρος αυτών.

Οι Smith et al. (1984) παρατήρησαν ότι τα φυτά τομάτας και αγγουριού που αναπτύσσονταν υπό σκίαση, δημιούργησαν υψηλότερους βλαστούς, μεγαλύτερο αριθμό φύλλων και συνήθως παρουσίαζαν ελαφρώς μεγαλύτερο μέσο όρο μεσογονατίων διαστημάτων. Επίσης, προσαρμόστηκαν στα περιβάλλοντα αυτά δημιουργώντας μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια, αλλά μικρότερο ριζικό σύστημα. Η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας ήταν ανάλογη της αύξησης του ποσοστού σκίασης, ήτοι τα φυτά του διχτυοκηπίου με ποσοστό σκίασης 40% παρουσίασαν την μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια σε σχέση με τα ασκίαστα φυτά, ακολουθούμενα από εκείνα του διχτυοκηπίου με ποσοστό σκίασης 15%. Η ολική ξηρά ουσία των σκιασμένων φυτών αγγουριάς ήταν λιγότερη από αυτή των ασκίαστων φυτών και την εναπόθεσαν αναλογικά σε μεγαλύτερο ποσοστό στα φύλλα και στους βλαστούς και σε μικρότερο στις ρίζες και στους καρπούς. Η ειδική φυλλική επιφάνεια ($SLA \text{ m}^2/\text{g}(\text{ΞηρόΒάροςΦύλλων})$) βρέθηκε μεγαλύτερη στα σκιασμένα φυτά αγγουριάς συγκριτικά με τα ασκίαστα. Σημειώνεται ότι η εποχή διεξαγωγής του πειράματος ήταν το φθινόπωρο.

Οι Charles-Edwards και Ludwig (1975) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όταν ένα φύλλο μεγαλώνει κάτω από συνθήκες υψηλού ημερήσιου φωτισμού κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του, σε επίπεδο μεριστώματος και κατά την πρόωμη επέκτασή του, είναι συνήθως παχύτερο με μικρότερη επιφάνεια και ως εκ τούτου μικρότερης ειδικής φυλλικής επιφάνειας. Τα φύλλα από φυτά που μεγαλώνουν σε περιβάλλοντα με διαφορετική ακτινοβολία έχουν διαφορετικές καμπύλες αντίδρασης στο φως. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φωτοπροσαρμογή (*light adaptation*). Φύλλα προσαρμοσμένα σε συνθήκες χαμηλού ημερήσιου φωτισμού έχουν χαμηλή μέγιστη καθαρή φωτοσύνθεση και το αντίθετο. Η πρόσληψη CO_2 από τα φύλλα, ανά μονάδα νωπού βάρους, σε φυτά προσαρμοσμένα σε υψηλής έντασης φωτισμό, μειώθηκε κατά τρεις φορές σε σχέση με εκείνη φυτών που ήταν προσαρμοσμένα σε χαμηλής έντασης φωτισμό. Όμως η πρόσληψη CO_2 από τα φύλλα, ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας δεν επηρεάστηκε σημαντικά για τα πιο πάνω περιβάλλοντα ανάπτυξης. Επομένως, το πάχος και η δομή των φύλλων που οφείλονται στις συνθήκες φωτισμού, εξηγούν ένα μόνο μέρος την προσαρμοστικότητα των φύλλων, διότι τα χαμηλού φωτισμού προσαρμοσμένα φύλλα εντός 8 ημερών προσαρμόζονται σε

συνθήκες υψηλού φωτισμού. Το αντίθετο όμως καθυστερεί περισσότερο (Charles-Edwards και Ludwig, 1975).

Οι ρυθμοί καθαρής αφομοίωσης (NAR $g_{(ΕηρόΒάροςΦύλλων)}m^{-2}d^{-1}$) ήταν υψηλότεροι και συνεχώς αυξανόμενοι στα ασκίαστα φυτά αγγουριάς, στα πρώτα στάδια της αύξησής τους και μέχρι την συγκομιδή του πρώτου καρπού. Στην συνέχεια ο ρυθμός σταθεροποιήθηκε στα $7.5 g_{(ΕηρόΒάροςΦύλλων)}m^{-2}d^{-1}$ και $5 g_{(ΕηρόΒάροςΦύλλων)}m^{-2}d^{-1}$ για τα σκιασμένα και τα ασκίαστα φυτά αντίστοιχα. Οι χαμηλότερες μέσες τιμές του ρυθμού καθαρής αφομοίωσης των σκιασμένων φυτών δείχνουν ότι αυτά λειτούργησαν λιγότερο αποτελεσματικά σε συνθήκες μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας και προσπάθησαν να αντισταθμίσουν αυτό το αρνητικό γεγονός αυξάνοντας τη φυλλική τους επιφάνεια σε βάρος του ριζικού τους συστήματος.

Οι Raveh et al. (2003), σε πείραμα σκίασης νεαρών δένδρων *Murcott tangor* (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.)), προσπάθησαν να αποδείξουν ότι η κύρια επίδραση της σκίασης ήταν η αύξηση του ρυθμού καθαρής αφομοίωσης CO_2 μέσω της αύξησης της στοματικής αγωγιμότητας των φύλλων τουλάχιστον κατά τις μεσημβρινές ώρες, που συνεπάγεται μείωση της «μεσημβρινής κατάθλιψης» των φυτών. Πράγματι, με την σκίαση των δενδρυλλίων επιτεύχθηκαν υψηλότεροι ρυθμοί καθαρής αφομοίωσης CO_2 και επομένως υψηλότεροι ρυθμοί αύξησης. Η υψηλότερη αύξηση παρατηρήθηκε στα σκιασμένα φυτά στα φύλλα, των οποίων η ξηρά ουσία ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη των ασκίαστων φυτών, ενώ το ριζικό σύστημά τους είχε την ίδια αύξηση με αυτό των φυτών του μάρτυρα.

Οι Abdel-Mawgoud et al. (1996) διαπίστωσαν ότι η εφαρμογή σκίασης 30% δέκα μέρες μετά την μεταφύτευση επηρέασε σημαντικά το μήκος του στελέχους και τη φυλλική επιφάνεια, ενώ δεν επέφερε καμία επίδραση στον αριθμό των φύλλων και στην παρεμπόδιση της PAR . Η σκίαση μείωσε σημαντικά την συνολική ξηρά ουσία.

Σε πιο φωτεινά περιβάλλοντα, τα φυτά είχαν αυξημένη δυνατότητα φωτοσύνθεσης άρα και ένταση της ζήτησης (*source strength*) προϊόντων της φωτοσύνθεσης από τα γρήγορα αναπτυσσόμενα όργανα του φυτού. Με την πυκνότητα φύτευσης επηρεαζόταν η πρόσληψη φωτός ανά φυτό και ως εκ τούτου η ένταση της ζήτησης. Μεγάλη πυκνότητα φύτευσης σημαίνει λιγότερος διαθέσιμος χώρος για ανάπτυξη ανά φυτό. Αυτό συνεπάγεται και περιορισμός της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας προς τα φυτά, και ως εκ τούτου μεγάλη μείωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανά φυτό, η οποία οδηγεί σε μικρότερη φυλλική επιφάνεια ανά φυτό. Η αύξηση του φυτού επηρεαζόταν ισχυρά από την πυκνότητα φύτευσης, με τέτοιο τρόπο ώστε οι μεγαλύτεροι ρυθμοί αύξησης ενός φυτού να παρατηρηθούν σε μικρότερες πυκνότητες. Η συνολική ξηρά ουσία ανά φυτό ήταν μεγαλύτερη στις μικρότερες πυκνότητες φύτευσης, ενώ η συνολική ξηρά ουσία ανά μονάδα επιφανείας εδάφους παρουσίασε αντίστροφη

τάση χωρίς όμως να έχουν μεγάλες διαφορές. Αυτό οφείλεται στον μεγαλύτερο δείκτη φυλλικής επιφάνειας που είχαν τα πιο πυκνοφυτεμένα φυτά (Heuvelink, 1995a).

Η κατανομή (*partitioning*) της ξηράς ουσίας προς τους καρπούς δεν επηρεάζεται άμεσα από την πυκνότητα φύτευσης, αλλά έμμεσα από τον αριθμό των καρπών που μεγαλώνουν ταυτόχρονα στο φυτό, ο οποίος είναι μεγαλύτερος σε περιβάλλοντα υψηλότερου φωτισμού, άρα σε μικρότερες πυκνότητες φύτευσης (Heuvelink, 1995a). Στο ίδιο συμπέρασμα για την ξηρά ουσία προς τους καρπούς κατέληξαν και οι Cockshull et al. (1992) όταν εφάρμοσαν σκίαση 23% σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας. Ταυτόχρονα παρατήρησαν μείωση του αριθμού των καρπών ανά ταξιανθία κατά τη διάρκεια του χειμώνα και τη άνοιξης, όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι περιοριστικός παράγοντας. Μόνο σε συνθήκες *πολύ έντονης σκίασης* (80%) η διανομή της ξηράς ουσίας προς τους καρπούς ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με ασκίαστα φυτά μάρτυρες. Τα σκιασμένα σταμάτησαν σχεδόν ολοκληρωτικά την αύξησή τους και παρατηρήθηκε μείωση της ξηράς ουσίας των βλαστικών ιστών αυτών (Benton Jones, 1999).

3.4.2. Άνθηση

Ο El-Gizawy et.al. (1992) διαπίστωσαν ότι σε φυτά τομάτας ο αριθμός ημερών από την σπορά έως την εμφάνιση ανθέων αυξανόταν, όσο αυξανόταν το ποσοστό της εφαρμοζόμενης σκίασης. Για παράδειγμα, όταν η εφαρμοζόμενη σκίαση ήταν σε ποσοστό 63%, τότε η εμφάνιση του 1^{ου} άνθους καθυστερούσε 4-6 ημέρες. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν οι Jeon και Chung (1982) για την πιπεριά.

Ο αριθμός των ανθέων ανά φυτό ήταν αναλογικά μικρότερος με την αύξηση του ποσοστού σκίασης σε όλες τις μεταχειρίσεις σε σχέση με την ακάλυπτη μεταχείριση σε φυτά τομάτας (El-Gizawy et.al.1992) και σε πιπεριά (Quagliotti et al., 1974).

3.4.3. Παραγωγή Καρπών

Ο El-Gizawy et.al. (1992) διαπίστωσαν ότι η αυξανόμενη σκίαση των φυτών τομάτας, μέχρι του ορίου του 51%, αύξησε τον αριθμό των καρπών ανά φυτό και την συνολική παραγωγή. Η μέγιστη παραγωγή καρπών ανά m² προήλθε από τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε σκίαση σε ποσοστό 35%. Επίσης, οι παραπάνω ερευνητές αναφέρουν θετική επίδραση και στα φυσικά χαρακτηριστικά των καρπών. Καρποί μεγαλύτερου βάρους, διαμέτρου και όγκου προήλθαν από φυτά, τα οποία σκιάζονταν σε ποσοστό 35%, ενώ σε ποσοστά σκίασης μεγαλύτερα του 51% τα μεγέθη αυτών των χαρακτηριστικών μειώθηκαν.

Η σκίαση μείωσε έως και 100% το ποσοστό των καρπών με ηλιακά εγκαύματα. Οι καρποί με έγκαυμα ήταν το 17,67% της συνολικής παραγωγής του μάρτυρα, 4,67% στη μεταχείριση με 35% σκίαση και 0% στις μεταχειρίσεις με 51 και 63% σκίαση για την πρώτη χρονιά του πειράματος (1988). Την επόμενη χρονιά τα ποσοστά ήταν 9,5%, 1,67% και 0% αντίστοιχα. Όσο αυξανόταν το ποσοστό σκίασης, μειώνονταν η αρνητική επίδραση της υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας επί των καρπών. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε ο Rylski (1986) για την πιπεριά, στην οποία η εφαρμογή σκίασης 26-47% μείωσε τους ηλιοκαμένους καρπούς από 36% που ήταν στην ασκίαστη μεταχείριση σε 3-4% στην μεταχείριση με δίχτυ σκίασης.

Οι Smith et al. (1984) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συνολική παραγωγή τομάτας σε διχτυοκήπιο με ποσοστό σκίασης 15% για την άνοιξη ήταν η καλύτερη σε σχέση με την παραγωγή ενός διχτυοκηπίου με ποσοστό σκίασης 40% και της υπαίθριας καλλιέργειας που ήταν και η μικρότερη. Σημειώνεται ότι η εποχή διεξαγωγής του πειράματος ήταν το φθινόπωρο.

Ο El-Aidy (1983) έδειξε ότι τα φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες σκιάς, έτειναν να δώσουν μεγαλύτερες παραγωγές από εκείνα που ήταν εκτεθειμένα άμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία. Η τάση αυτή μειωνόταν με την αύξηση του ποσοστού σκίασης από το 40%, όπου παρατηρήθηκε η μέγιστη παραγωγή, στο 55% και στο 63%, οι οποίες δύο τελευταίες δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τον μάρτυρα.

3.4.4. Μικροκλίμα

3.4.4.1. Θερμοκρασία

Οι Smith et al. (1984) παρατήρησαν ότι η θερμοκρασία κάτω από τα δίχτυα σκίασης ήταν πάντοτε μικρότερη από την εξωτερική και η τιμή της εξαρτάται από το ποσοστό σκίασης. Κατά τη διάρκεια της ημέρας στα διχτυοκήπια με ποσοστό σκίασης 15% και 40% η θερμοκρασία του αέρα ήταν 2-3 °C χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική. Κατά την πιο ψυχρή ώρα του 24-ώρου στο διχτυοκήπιο με ποσοστό σκίασης 15% η θερμοκρασία του αέρα ήταν 1-2 °C χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική, ενώ στο διχτυοκήπιο με ποσοστό σκίασης 40% ήταν 1 °C υψηλότερη.

Η μειωμένη θερμοκρασία φύλλων της καλλιέργειας έφερε το *ρυθμό καθαρής αφομοίωσης* των φύλλων πιο κοντά στο άριστο εύρος θερμοκρασιών και μείωσε έλλειμμα κορεσμού υδρατμών *καλλιέργειας-αέρα* οδηγώντας σε αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας των φύλλων *τουλάχιστον κατά τις μεσημβρινές ώρες*. Όταν η μείωση της ακτινοβολίας ήταν πολύ μεγάλη, τότε ο ρυθμός καθαρής αφομοίωσης μειωνόταν λόγω έλλειψης φωτεινής ενέργειας, με αποτέλεσμα να μειωθεί και η φωτοσυνθετική παραγωγικότητα των φυτών (Raveh et al., 2003).

Οι Medina et al. (2002) και οι Cohen et al. (1997) παρατήρησαν τις επιδράσεις της κάλυψης με επαλουμινιωμένα δίχτυα πολυπροπυλενίου τόσο θερμοκηπιακής όσο και υπαίθριας

καλλιέργειας *Citrus sinensis* κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Χαμηλότερες θερμοκρασίες φύλλων και περιβάλλοντος οδήγησαν σε μείωση του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών καλλιέργειας-αέρα, η οποία αύξησε τη στοματική αγωγιμότητα και την αφομοίωση CO₂ και στις δύο περιπτώσεις. Ιδιαίτερα κατά τις μεσημεριανές ώρες, οπότε λόγω της αυξημένης διαπνοής, η οποία προάγεται από τις υψηλές θερμοκρασίες του αέρα και των φύλλων, παρατηρείται πάντα μείωση της στοματικής αγωγιμότητας. Η μείωση αυτή δεν παρατηρήθηκε στα φυτά που ήταν κάτω από τα δίχτυα σκίασης, πιθανότατα λόγω των χαμηλότερων διαφορών της θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα.

3.4.4.2. Μικρού Μήκους Ηλιακή Ακτινοβολία

Μετρήσεις στο φάσμα της ακτινοβολίας έδειξαν ότι στην περιοχή του μπλε και του πράσινου υπήρξε μείωση από τα 0,60 $Wm^{-2}nm^{-1}$ που καταγράφηκαν στην υπαίθρια μεταχείριση σε 0,45 $Wm^{-2}nm^{-1}$ στο δίχτυο σκίασης των 15% και σε 0,22 $Wm^{-2}nm^{-1}$ στο δίχτυο σκίασης των 40%. Αναλογικώς χαμηλότερα ήταν και τα ποσά της ακτινοβολίας στην περιοχή του κόκκινου, όπου καταγράφηκαν 0,29 $Wm^{-2}nm^{-1}$, 0,20 $Wm^{-2}nm^{-1}$ και 0,09 $Wm^{-2}nm^{-1}$ αντίστοιχα για τα παραπάνω περιβάλλοντα. Η μείωση της ακτινοβολίας που παρείχαν τα δίχτυα με ποσοστό σκίασης 15% και 40% ήταν σχεδόν σταθερή για όλα τα μήκη κύματος από 400-760nm (Smith et al., 1984).

Οι μετρήσεις με το φασματοραδιόμετρο (spectroradiometer) έδειξαν ότι η διαπερατότητα των επαλουμινωμένων ανακλαστικών δικτύων (*reflective aluminized nets*) ήταν ανεξάρτητη του μήκους κύματος της ακτινοβολίας (Raveh et al., 2003).

3.4.4.3. Σχετική Υγρασία (RH) & Έλλειμμα Κορεσμού του Αέρα σε Υδρατμούς (VPD)

Μείωση 30% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε καλλιέργεια *Citrus sinensis* προκάλεσε μεγάλη αύξηση στη στοματική αγωγιμότητα των φύλλων (Cohen et al., 1997). Η αυξημένη αγωγιμότητα των φύλλων που εμφανίζονταν στα σκιασμένα φυτά ήταν θετικά συσχετισμένη με τη σημαντική μείωση του ελλείμματος κορεσμού καλλιέργειας-αέρα καθώς και αέρα που παρατηρήθηκε κάτω από τα δίχτυα. Αυτές οι επιδράσεις στο μικροκλίμα είχαν ως επακόλουθο την αύξηση του ρυθμού καθαρής αφομοίωσης CO₂.

Οι Raveh et al. (2003) σε πείραμα σκίασης νεαρών δένδρων *Murcott tangor* (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.)) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι χρησιμοποιώντας τα δίχτυα ως μέσο δροσισμού των φύλλων και μείωσης του ελλείμματος κορεσμού του αέρα σε υδρατμούς (VPD), τότε επιτυγχάνεται ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα με την μετακίνηση των φυτών σε ελεγχόμενο περιβάλλον (π.χ. θερμοκήπιο) με χαμηλότερο έλλειμμα κορεσμού αέρα.

3.5. Σκοπός της Διατριβής

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν:

- ✓ η μελέτη της επίδρασης επιλεγμένων διχτυών σκίασης στο μικροκλίμα υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας και
- ✓ η μελέτη της επίδρασης αυτού στην ανάπτυξη και στην παραγωγικότητα της καλλιέργειας.

Μέρος 2^ο. Πειραματική Διερεύνηση

4. Υλικά & Μέθοδοι

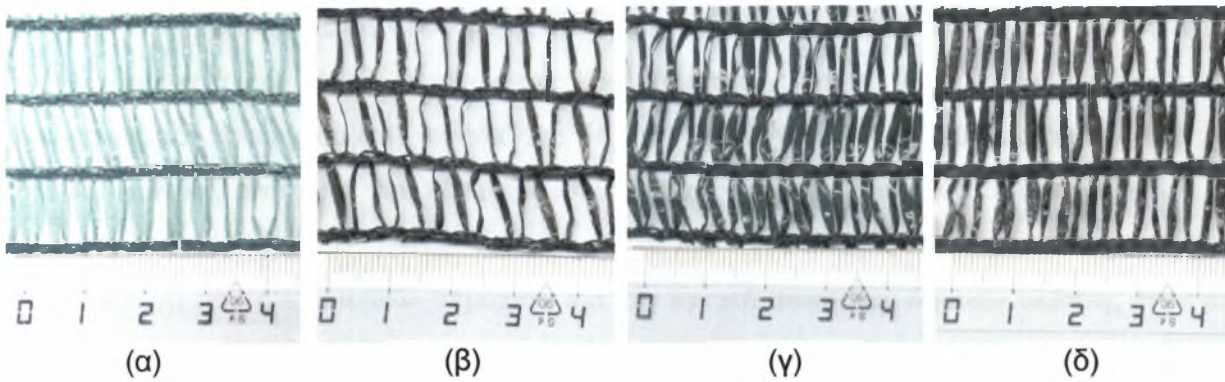
4.1. Εγκατάσταση του Πειράματος

4.1.1. Ο Πειραματικός Αγρός

Ο πειραματικός αγρός εγκαταστάθηκε στο αγρόκτημα του Σωφρονιστικού Καταστήματος Κασσαβετίας Βόλου, που βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή των Μικροθηβών (Long: 22° 44' 59" E, Lat: 39° 15' 43" N, Alt: 50m) του Νομού Μαγνησίας. Ο προσανατολισμός του ήταν Βορράς-Νότος και χωρίστηκε σε τρία ίσα τμήματα μήκους 70m και πλάτους 10,2m τα οποία απείχαν μεταξύ τους 3m. Καθένα από τα τρία τμήματα του πειραματικού αγρού χωρίστηκε σε 5 πειραματικά τεμάχια μήκους 8,0 m και πλάτους 10,2 m, τα οποία απείχαν μεταξύ τους 5 m. Σε καθένα απ' αυτά περιλαμβάνονταν έξι (6) διπλές γραμμές φύτευσης οι οποίες απείχαν μεταξύ τους 1,2m. Εκατέρωθεν του πειραματικού αγρού καλλιεργήθηκαν με τομάτα και άλλες δύο επιφάνειες εδάφους, ίδιων διαστάσεων με τα τρία τμήματα του πειραματικού αγρού.

4.1.2. Τα Δίχτυα Σκίασης

Τα δίχτυα σκίασης ήταν κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά δίχτυα, σε χρώμα ή σε ποσοστό (%) σκίασης. Δύο μαύρου χρώματος, το ένα 49% και το άλλο 40%, ένα πράσινο 34% και ένα με πράσινο και μαύρο νήμα με 40% ποσοστό σκίασης (Εικόνα 6). Απ' εδώ και στο εξής και για λόγους συντομίας και διευκόλυνσης του αναγνώστη, όταν γίνεται αναφορά στις μεταχειρίσεις με δίχτυ θα χρησιμοποιείται η εξής κωδικοποίηση: ο κωδικός κάθε δικτυού θα περιλαμβάνει τ' αρχικά γράμματα του χρώματος στην αγγλική γλώσσα ακολουθούμενα από τον αριθμό του ποσοστού σκίασης που παρέχουν στην καλλιέργεια. Δηλαδή: τα μαύρα δίχτυα με ποσοστό σκίασης 40% και 49% θα συμβολίζονται (B 40) και (B 49), αντίστοιχα, το πράσινο με ποσοστό σκίασης 34% (Gr 34) και το δίχτυ με το μαύρο και το πράσινο νήμα με ποσοστό σκίασης 40% (B&Gr 40). Η μεταχείριση του μάρτυρα θα συμβολίζεται (Cont), από την αγγλική λέξη control.



Εικόνα 6. Τα δίχτυα του πειράματος: (α)=(Gr 34), (β)= (B 40), (γ)= (B&Gr 40), (δ)=(B 49)

Η τοποθέτησή τους έγινε πάνω στα καλάμια που υποστήριζαν τα φυτά, δηλαδή σε ύψος 2,50m περίπου από την επιφάνεια του εδάφους (Εικόνα 7). Τα δίχτυα εκτεινόταν σε όλο το πλάτος (10,2m) κάθε πειραματικού τεμαχίου και αφέθηκαν να πέσουν στο πλάι των καλάμιων των ακραίων σειρών. Με τον τρόπο αυτό προστατεύθηκαν τα φυτά και κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες (10-11 π.μ. & 5-6μ.μ.), τότε δηλαδή που ο ήλιος δεν είναι στο ζενίθ, αλλά η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την καλλιέργεια (Σχήμα 2).



Εικόνα 7. Αποψη των δικτύων σκίασης όπως τοποθετήθηκαν επάνω στα καλάμια στήριξης των φυτών. (α) κάτω από τα δίχτυα & (β) επάνω από τα δίχτυα.

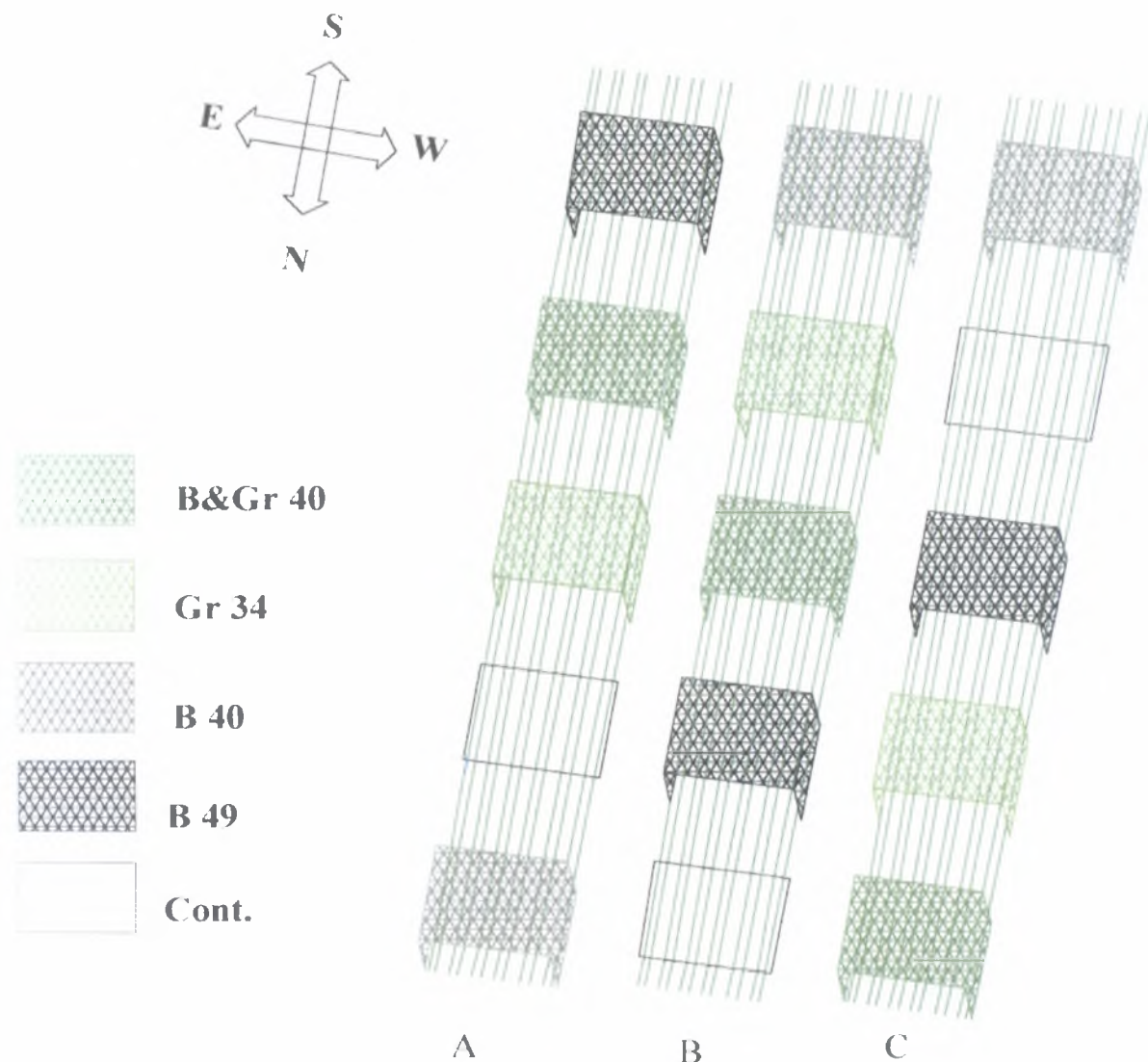
Η εγκατάσταση των δικτύων σκίασης έγινε στις 10 / 06 / 2003, ήτοι 52^η ημέρα μετά την μεταφύτευση (D. A. T.).

4.1.3. Το Πειραματικό Σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν «Τυχαιοποιημένες Πλήρεις Ομάδες» (RCB), με τρεις επαναλήψεις στο χώρο. Το καθένα από τα τρία τμήματα του πειραματικού αγρού ήταν μια πλήρης ομάδα (complete block) πέντε μεταχειρίσεων και αποτελούσε μια επανάληψη (Σχήμα 3).

Παράγοντας ήταν η περατότητα (ή «σκίαση») στην ηλιακή ακτινοβολία και οι μεταχειρίσεις του ήταν πέντε. Τέσσερις με δίχτυα και μία χωρίς η οποία αποτέλεσε τον μάρτυρα. Τα πειραματικά τεμάχια κάθε μεταχείρισης είχαν διαστάσεις 8m x 10,2m (μήκος x πλάτος) και απείχαν μεταξύ τους, μέσα στην ομάδα, 5m. Η πρώτη μεταχείριση κάθε ομάδας ξεκινούσε μετά από 5m φυτείας, ενώ μετά την τελευταία συνεχιζόταν η φυτεία για απόσταση μήκους 5m. Η φυτεία ήταν συνεχόμενη στα ενδιάμεσα τμήματα των μεταχειρίσεων.

Η επιλογή των πειραματικών τεμαχίων για την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης έγινε με την διαδικασία της κλήρωσης.



Σχήμα 2. Απεικόνιση του πειραματικού αγρού μετά την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης. Διακρίνεται η χρησιμοποιηθείσα τεχνική, σύμφωνα με την οποία τα δίχτυα τοποθετήθηκαν επάνω στο καλάμια στήριξης των φυτών και αφήθηκαν να πέσουν στο πλάι των ακραίων σειρών κάθε μεταχειρίσεις για προστασία της καλλιέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία και κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες. A, B, C: Πλήρεις ομάδες (Complete blocks)

4.1.4. Τα Πειραματικά Φυτά

Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο περιλαμβάνονταν έξι (6) διπλές γραμμές φύτευσης οι οποίες απείχαν μεταξύ τους 1,2m. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν στον πειραματικό αγρό σε αποστάσεις 0,5m μεταξύ και 0,45m επί των απλών γραμμών φύτευσης της κάθε διπλής γραμμής. Έτσι ο πληθυσμός των φυτών ήταν 2,6 φυτά m^{-2} . Εκατέρωθεν του πειραματικού αγρού καλλιεργήθηκαν με τομάτα και αλλά δύο τεμάχια, ίδιων διαστάσεων με αυτές κάθε πλήρους ομάδας.

Από κάθε πειραματικό τεμάχιο επιλέχθηκαν στην αρχή του πειράματος και εντελώς τυχαία 3 (τρία) πειραματικά φυτά, εκ των οποίων μετρήθηκαν επιλεγμένες παράμετροι ανάπτυξης (Σχήμα 3). Η επίδραση του περιθωρίου εξαλείφθηκε με την επιλογή φυτών από τις 4 (τέσσερις) εσωτερικές διπλές γραμμές φύτευσης, εξαιρουμένων των ακραίων πυραμίδων στήριξης από το βορινό και νότιο άκρο αυτών, (3+3 φυτά ανά μονή γραμμή φύτευσης, αντίστοιχα). Κάθε πειραματικό φυτό έφερε ατομικό καρτελάκι με το γράμμα της πλήρους ομάδας στην οποία ανήκε, τον αύξοντα αριθμό πειραματικού τεμαχίου στο οποίο ανήκε και τον αύξοντα αριθμό του (π.χ. A1 1).

Με τον ίδιο τρόπο επιλέχθηκαν και 6 (έξι) πειραματικά φυτά από κάθε μεταχείριση, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις καταστροφικές μετρήσεις. Και αυτά επισημάνθηκαν με ατομικά καρτελάκια, όπου αναγραφόταν όλα τα παραπάνω στοιχεία, αλλά με το διακριτικό *K* (=Καταστροφική μέτρηση) μπροστά από τον κωδικό (π.χ. K A1 1).



Σχήμα 3. Απεικόνιση του πειραματικού αγρού με τα φυτά των καταστροφικών και μη καταστροφικών μετρήσεων.

4.1.5. Φυτικό Υλικό & Εγκατάσταση της Καλλιέργειας

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας, *Lycopersicon esculentum*, var. *bella dona*. Η ποικιλία είναι αυτογονιμοποιούμενη, απεριόριστης ανάπτυξης βλαστών (*indeterminate*) με καρπό μεγάλης διάρκειας μετασυλλεκτικής ζωής (*long-life*). Τα φύλλα της είναι μεγάλων διαστάσεων δημιουργώντας μεγάλη φυλλική επιφάνεια. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν στον πειραματικό αγρό σε όλο το μήκος των διπλών γραμμών στις 20 Απριλίου του 2003 και όταν είχαν έξι φύλλα. Η καλλιεργητική περίοδος είχε διάρκεια έως τις 5 Σεπτεμβρίου του ίδιου έτους.

4.1.6. Καλλιεργητική Τεχνική

4.1.6.1. Προετοιμασία Πειραματικού Αγρού

Ως βασική λίπανση χρησιμοποιήθηκαν 3ton αγελαδινής κοπριάς ανά στρέμμα, η οποία εφαρμόστηκε στον πειραματικό αγρό τον προηγούμενο χειμώνα και αφέθηκε να «χωνευτεί» πάνω στην επιφάνειά του. Επιφανειακές λιπάνσεις με νιτρική αμμωνία και θειικό κάλιο έγιναν κατά την καλλιεργητική περίοδο με διασκορπισμό του λιπάσματος με το χέρι στο διάστημα μεταξύ των απλών γραμμών κάθε διπλής γραμμής. Συνολικά εφαρμόστηκαν 3,85kg νιτρικής αμμωνίας ανά στρέμμα στις 21/5 & 16/6/2003 και 6kg θειικού καλίου ανά στρέμμα στις 4 & 16/6/2003.

Άρση πραγματοποιήθηκε στις 10/03/2003, κατεργασία με βαρύ και με περιστροφικό καλλιεργητή στις 06/04/2003, ενώ δισκοσβανίσματα προς τις δύο κατευθύνσεις στις 18/04/2003.

4.1.6.2. Στήριξη Φυτών

Για την υποστήριξη των φυτών χρησιμοποιήθηκαν καλάμια τα οποία δένονταν ανά 6, σε ύψος 2 m περίπου σχηματίζοντας πυραμίδες στήριξης.

4.1.6.3. Άρδευση

Η άρδευση της καλλιέργειας γινόταν με σταγόνες νερού που αντλούταν από βάθος 80m με υποβρύχια αντλία. Από 20 Απριλίου έως 31 Μαΐου η συχνότητα άρδευσης ήταν 1 (μία) φορά την εβδομάδα, ενώ από 1 Ιουνίου έως 30 Αυγούστου ήταν 1 (μία) φορά ανά 3-4 ημέρες, εξαιρουμένων των ημερών με βροχόπτωση.

4.1.6.4. Κλαδέματα (βλαστολογήματα & κορυφολογήματα)

Τα φυτά μορφώθηκαν στο διστέλεχο σύστημα (Εικόνα 8). Το δευτερεύον στέλεχος προέκυπτε από την έκπτυξη του οφθαλμού του υποκειμένου της πρώτης ταξιανθίας φύλλου. Τα δύο στελέχη δέχθηκαν τις ίδιες καλλιεργητικές φροντίδες. Για τη διατήρηση του διστέλεχου συστήματος και την εξισορρόπηση της βλάστησης και της καρποφορίας επαναλαμβανόταν μια φορά την εβδομάδα αφαίρεση των πλαγίων βλαστών που αναπτυσσόταν από τους οφθαλμούς που βρισκόταν στις μασχάλες των φύλλων.



Εικόνα 8. Διστέλεχο σύστημα μόρφωσης φυτών τομάτας (Πηγή: Ολύμπιος, 2001)

Οι ταξιανθίες δεν αραιώθηκαν. Αφαίρεση φύλλων δεν πραγματοποιήθηκε.

Τα φυτά κορυφολογήθηκαν την 112^η ημέρα μετά την μεταφύτευση, αφήνοντας τουλάχιστον και το 2^ο φύλλο πάνω από την τελευταία ταξιανθία. Τότε τα φυτά των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης είχαν σχηματίσει και την 9^η ταξιανθία, ενώ τα φυτά του μάρτυρα την 7^η και κάποια απ' αυτά και την 8^η.

4.1.6.5. Προαγωγή Καρπόδεσης

Για την υποβοήθηση της γονιμοποίησης των ανθέων πραγματοποιήθηκαν ψεκασμοί με ορμονικό σκεύασμα (PCPA, 5% β/ο).

4.1.6.6. Ζιζανιοκτονία

Η καταπολέμηση των ζιζανίων γινόταν με σκαλίσματα με το χέρι μεταξύ των διπλών γραμμών φύτευσης, ενώ στο ενδιάμεσο διάστημα της κάθε διπλής γραμμής φύτευσης γινόταν αφαίρεση των ζιζανίων με το χέρι. Στα δύο ενδιάμεσα διαστήματα των τριών τμημάτων του πειραματικού αγρού η καταπολέμηση έγινε με χρήση περιστροφικού καλλιεργητή.

4.1.6.7. Φυτοπροστασία

Η φυτοπροστασία γινόταν προληπτικά και σύμφωνα με την κοινώς εφαρμοζόμενη πρακτική.

4.1.7. Συγκομιδή Καρπών

Η συγκομιδή των καρπών γινόταν δύο φορές την εβδομάδα, όταν οι καρποί βρίσκονταν στο ελαφρά κόκκινο στάδιο ωρίμανσης (Ολύμπιος, 2001).

4.2. Μετρήσεις Πειραματικού μέρους

4.2.1. Οπτικές Ιδιότητες Διχτυών Σκίασης

Για τον καθορισμό των ιδιοτήτων των διχτυών σκίασης που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν δύο είδη μετρήσεων. Ένα μέσα στο εργαστήριο και ένα στον πειραματικό αγρό.

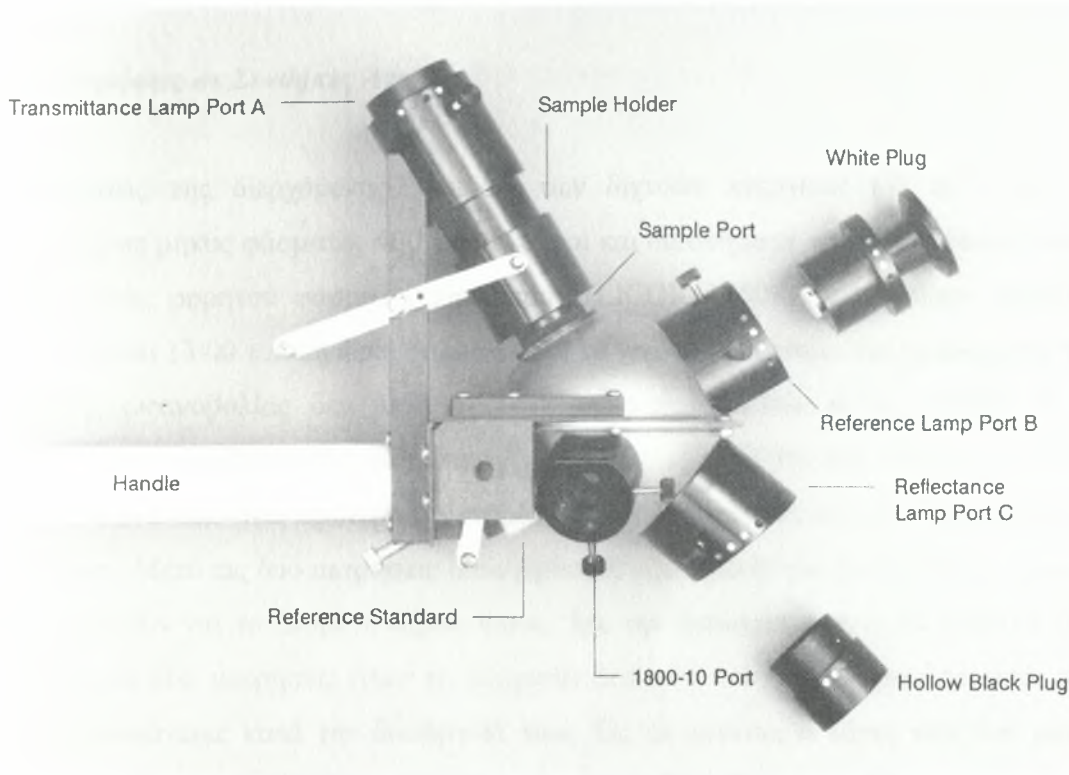
4.2.1.1. Εργαστηριακές Μετρήσεις

Στο εργαστήριο καθορίστηκαν οι οπτικές ιδιότητες των διχτυών σκίασης:

1. Περαιτότητα (%)
2. Αντανάκλαση (%)
3. Απορρόφηση (%)

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 (barium sulfate). 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 πλάγια 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.



Εικόνα 9. Σφαίρα ολοκλήρωσης

Η μεθοδολογία των μετρήσεων συνοψίζεται στον (Πίνακα 4). 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)

Πίνακας 4. Μεθοδολογία μετρήσεων οπτικών ιδιοτήτων των διχτυών σκίασης με την χρήση της σφαίρας ολοκλήρωσης.

Μετρούμενη Ποσότητα	Reflectance Measurements			Transmittance Measurements	
	Reference	Dark Reading	Sample	Reference	Sample
	I_r	I_d	I_s	I_r^*	I_t
Θύρα Δείγματος	Δείγμα	Χωρίς Δείγμα	Δείγμα	Δείγμα	Δείγμα
Θύρα Λάμπας A	Κοίλο Μαύρο Καπάκι	Κοίλο Μαύρο Καπάκι	Κοίλο Μαύρο Καπάκι	Κοίλο Μαύρο Καπάκι	Λάμπα
Θύρα Λάμπας B	Λάμπα	Λευκή Τάπα	Λευκή Τάπα	Λάμπα	Κοίλο Μαύρο Καπάκι
Θύρα Λάμπας C	Λευκή Τάπα	Λάμπα	Λάμπα	Λευκή Τάπα	Λευκή Τάπα
Χρώμα Βούλας	Λευκό	Κόκκινο	Κόκκινο	Λευκό	Κίτρινο

Οι υπολογισμοί των οπτικών ιδιοτήτων έγιναν σύμφωνα με τις ακόλουθες σχέσεις:

$$R_s = \frac{(I_s - I_d) \cdot R_r}{(I_r - I_d)}, \quad T_s = \frac{I_t \cdot R_r}{I_r} \quad \& \quad F = 1 - T_s - R_s, \quad \text{όπου } F \text{ είναι η απορροφητικότητα του}$$

υλικού. Η ανακλαστικότητα αναφοράς θεωρείται ίση με 1 ($R_r=1$).

4.2.1.2. Μετρήσεις σε Συνθήκες Αγρού

Μετρήσεις της διερχόμενης διαμέσω των δικτυών ενέργειας ($W m^{-2}$) της ηλιακής ακτινοβολίας σε μήκος φάσματος 400 έως 1100nm και διαστήματα των 2 nm διενεργήθηκαν με την χρήση ενός φορητού φασματοραδιομέτρου (LICOR 1800). Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα μεταξύ 11:00 και 13:00 τοπική ώρα, δηλαδή κατά το χρονικό διάστημα της ημέρας που η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν μεταβάλλεται σημαντικά (Kittas et al., 1999). Η μέγιστη αβεβαιότητα των μετρήσεων της φασματικής ακτινοβολίας ήταν 4% στα 300 nm και 2% από τα 500 έως τα 1100 nm. Μια εξωτερική μέτρηση ακολουθούταν πάντοτε από μια μέτρηση κάτω από ένα δίχτυ. Μετά τις δυο μετρήσεις (εσωτερική & εξωτερική) για το ένα δίχτυ, η διαδικασία επαναλαμβανόταν για το επόμενο δίχτυ, κ.ο.κ.. Με την διαδικασία αυτή το χρονικό διάστημα που απείχαν οι δυο μετρήσεις ήταν το ελάχιστο δυνατόν και έτσι εξασφαλίστηκαν σταθερές συνθήκες ηλιοφάνειας κατά την διενέργειά τους. Ως εκ τούτου, ο λόγος των δυο μετρήσεων (εσωτερικής : εξωτερικής) για το κάθε δίχτυ ήταν ακριβής. Επίσης, οι λόγοι ήταν συγκρίσιμοι διότι χρονικά τα ζεύγη των μετρήσεων για τον υπολογισμό του κάθε λόγου απείχαν χρονικά το ελάχιστο δυνατό (2-3 min). Όλες οι εσωτερικές μετρήσεις γίνονταν στο κέντρο της επιφάνειας που σκέπαζε το κάθε δίχτυ. Δύο ειδών εσωτερικές μετρήσεις έγιναν. Μια περίπου 10cm κάτω από το δίχτυ, σε ύψος περίπου 2,40m και μια στο μέσο επίπεδο της καλλιέργειας, σε ύψος δηλαδή περίπου 1,20m. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις έγιναν μετά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και *απόουσης* της καλλιέργειας.

4.2.1.2.1. Περαιτότητες δικτυών σκίασης

Από τις καμπύλες μέτρησης της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας, στον εσωτερικό (δείκτης: *i*) χώρο των δικτυών και εξωτερικά (δείκτης: *o*) αυτών και για μήκη κύματος (λ) στην περιοχή της PAR (400 έως 700 nm) (*P*), στην περιοχή της NIR (700 έως 1100 nm) (*N*) και σε συνολικά από 400 έως 1100 nm (TOTAL) (*T*) υπολογίστηκαν τα παρακάτω ολοκληρώματα (Kittas et al., 1999):

$$P_o = \int_{400}^{700} E_o(\lambda) d\lambda, \quad P_i = \int_{400}^{700} E_i(\lambda) d\lambda$$

$$N_o = \int_{700}^{1100} E_o(\lambda) d\lambda, \quad N_i = \int_{700}^{1100} E_i(\lambda) d\lambda$$

$$T_o = \int_{400}^{1100} E_o(\lambda) d\lambda, \quad T_i = \int_{400}^{1100} E_i(\lambda) d\lambda$$

Η περατότητα του κάθε διχτυού στο σύνολο του εύρους φάσματος (400-1100nm) (*TOTAL*) (τ_T) στην περιοχή της *PAR* (τ_P), του *NIR* (τ_N) και της μικρού μήκους ακτινοβολίας υπολογίστηκε από τους παρακάτω λόγους:

$$\tau_T = \frac{T_i}{T_o}, \quad \tau_P = \frac{P_i}{P_o}, \quad \tau_N = \frac{N_i}{N_o}$$

4.2.1.2.2. Παράμετροι ποιότητας εισερχόμενης ακτινοβολίας

Οι συντελεστές περατότητας δείχνουν το ποσοστό των φωτονίων της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχονται διαμέσω των διχτυών για τις διάφορες περιοχές του φάσματος της μικρού μήκους ακτινοβολίας. Όμως δεν δίνουν πληροφορίες για την ποιότητα του φωτός, η οποία επιδρά στην *φωτομορφογένεση*.

4.2.1.2.2.α. Παράμετροι σχετιζόμενοι με το Φυτόχρωμα

Για την επίδραση των διχτυών σκίασης στην ποιότητα του μεταδιδόμενου φωτός υπολογίστηκαν οι λόγοι (ζ) της ερυθρής : μακρινή ερυθρή ακτινοβολία (*R:FR*). Το φυτόχρωμα είναι παρόν στους φυτικούς ιστούς με την μορφή δύο ισομερών πρωτεϊνών, οι οποίες παρουσιάζουν μέγιστο απορρόφησης ακτινοβολίας σε διαφορετικά μήκη κύματος. Η μια πρωτεΐνη, η (P_R) παρουσιάζει αυτό το μέγιστο στα 660 nm περίπου και η άλλη (P_{FR}) στα 730 nm περίπου. Οι δυο αυτές μορφές βρίσκονται σε ένα ισοζύγιο, το οποίο μπορεί να μεταβληθεί εάν μεταβληθεί η αναλογία *R:FR* του φωτός που διέρχεται διαμέσω των διχτυών σκίασης. Ο λόγος (ζ) μπορεί να υπολογιστεί τόσο για το στενό εύρος από 655 έως 665 nm (*Narrow band*), όσο και για το πιο ευρύ από 700 έως 800 nm (*Broad band*). Επομένως, για την ποιότητα της διερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίστηκαν:

$$\zeta_o = \frac{\int_{655}^{665} E_o(\lambda) d\lambda}{\int_{725}^{735} E_o(\lambda) d\lambda}, \quad \zeta_i = \frac{\int_{655}^{665} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{725}^{735} E_i(\lambda) d\lambda}$$

$$\zeta_o^* = \frac{\int_{500}^{700} E_o(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{800} E_o(\lambda) d\lambda}, \quad \zeta_i^* = \frac{\int_{500}^{700} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{800} E_i(\lambda) d\lambda}$$

Η αύξηση του λόγου (ζ) προάγει την έκπτυξη πλάγιων βλαστών, ενώ μειώνει το ρυθμό επιμήκυνσης αυτών και μείωση του λόγου μειώνει τη φυλλική επιφάνεια και την τάση δημιουργίας πλάγιας βλάστησης ενώ αυξάνει την «κυριαρχία κορυφής» και το ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών (Smith, 1982).

4.2.1.2.2.β. Παράμετροι σχετιζόμενοι με το Κρυπτόχρωμα

Η φύση του κρυπτοχρώματος δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί, αλλά είναι πιθανό να είναι κάποια φλαβόνη της οποίας το μέγιστο της απορρόφησης είναι στην περιοχή από την υπεριώδη (UV-A, 350-400 nm) έως και την περιοχή του μπλε, δηλαδή συνολικά από τα 350 έως τα 500 nm (Smith, 1982). Στην παρούσα διατριβή υπολογίστηκαν οι παρακάτω λόγοι για τον καθορισμό της μορφογενετικά ενεργής ακτινοβολίας (MAR) (Varlet-Grancher et al., 1993):

$$B : R_o = \frac{\int_{400}^{500} E_o(\lambda) d\lambda}{\int_{500}^{700} E_o(\lambda) d\lambda}, \quad B : R_i = \frac{\int_{400}^{500} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{500}^{700} E_i(\lambda) d\lambda}$$

$$B : FR_o = \frac{\int_{400}^{500} E_o(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{800} E_o(\lambda) d\lambda}, \quad B : FR_i = \frac{\int_{400}^{500} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{800} E_i(\lambda) d\lambda}$$

4.2.1.2.2.γ. Παράμετροι σχετιζόμενοι με τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία.

Υπολογίστηκαν τα σχετικά ποσά της PAR (400-700 nm) σε σχέση με την συνολική μικρού μήκους ακτινοβολία (TOTAL) (400-1100 nm) και σε σχέση με την NIR (700-1100nm):

$$P : T_o = \frac{\int_{400}^{700} E_o(\lambda) d\lambda}{\int_{400}^{1100} E_o(\lambda) d\lambda}, \quad P : T_i = \frac{\int_{400}^{700} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{400}^{1100} E_i(\lambda) d\lambda}$$

$$P : N_o = \frac{\int_{400}^{700} E_o(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{1100} E_o(\lambda) d\lambda}, \quad P : N_i = \frac{\int_{400}^{700} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{1100} E_i(\lambda) d\lambda}$$

4.2.2. Κλιματικές Μετρήσεις

4.2.2.1. Όργανα Μέτρησης Ηλιακής Ακτινοβολίας

4.2.2.1.1. Μικρού μήκους ακτινοβολία (300-3000nm)

Για την μέτρηση της μικρού μήκους ακτινοβολίας σε όλες τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκαν τα πυρανόμετρα:

- i.* Kipp & Zonen CM6B first class pyranometer
- ii.* Middleton EP08-E first class pyranometer

4.2.2.1.2. Φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (400-700nm).

Για την μέτρηση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες φωτονίων QS2 της εταιρίας Delta-T Devices, μόνο για τις μεταχειρίσεις (*Cont*), (*Gr34*) και (*B49*).

4.2.2.2. Όργανα Μέτρησης Θερμοκρασίας & Υγρασίας

4.2.2.2.1. Μέτρηση θερμοκρασίας & υγρασίας περιβάλλοντος

Για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν σε καθεμία μεταχείριση, χρησιμοποιήθηκαν 5 συσκευές HOBO RH/Temp της εταιρείας Onset Computer Corporation. Για να προστατευθούν από την ηλιακή ακτινοβολία και τη βροχή, οι συσκευές τοποθετήθηκαν μέσα σε ειδικούς προστατευτικούς κλωβούς και αναρτήθηκαν στο κέντρο κάθε μεταχείρισης πάνω σε πασσάλους και σε ύψος 2m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

4.2.2.2.2. Μέτρηση θερμοκρασίας φύλλων.

Για την καταγραφή της θερμοκρασίας των φύλλων αντιπροσωπευτικών φυτών των μεταχειρίσεων (*Cont*) και (*B49*) χρησιμοποιήθηκαν θερμοζεύγη διαμέτρου 0.25mm ή 0,10'', ένα για κάθε μεταχείριση. Τα θερμοζεύγη ήταν της εταιρείας Omega Engineering Inc., τύπου T (*Copper/Constantan*) (*blue/red*).

4.2.2.2.3. Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας και ελλείμματος κορεσμού καλλιέργειας-αέρα.

Από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας αέρα και φύλλων της καλλιέργειας υπολογίστηκε η διαφορά της θερμοκρασίας της καλλιέργειας από εκείνη του αέρα:

$$\Delta\Theta_{\text{καλλιέργειας-αέρα}} = \Theta_{\text{φύλλων}} - \Theta_{\text{αέρα}}$$

Από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας αέρα και φύλλων και της σχετικής υγρασίας του αέρα υπολογίστηκε η διαφορά μεταξύ πίεσης ατμών στην επιφάνεια του φύλλου, όταν αυτός ήταν στον κορεσμό $e_{\text{φύλλων}}^*$ (kPa), με την πραγματική πίεση του αέρα $e_{\text{αέρα}}$ (kPa), ήτοι το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα ($VPD_{\text{καλλιέργειας-αέρα}}$).

$$e_{\text{φύλλων}}^* = 0.611 * e^{\frac{(17.27 * (T_{\text{φύλλων}} + 273) - 273)}{(T_{\text{φύλλων}} + 273) - 36}}$$

$$e_{\text{αέρα}} = 0.611 * e^{\frac{(17.27 * (T_{\text{αέρα}} + 273) - 273)}{((T_{\text{αέρα}} + 273) - 36) - (RH/100)}}$$

$$VPD_{\text{καλλιέργειας-αέρα}} = e_{\text{φύλλων}}^* - e_{\text{αέρα}}$$

4.2.2.3. Καταγραφή Μετρήσεων

Για την καταγραφή των μετρήσεων που διεξάγονταν για την μικρού μήκους ακτινοβολία, τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία των φύλλων, χρησιμοποιήθηκε σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων (*data logger*) DL3000 της Delta-T Devices.

4.3. Αγρονομικές Μετρήσεις

Αύξηση ενός φυτού ορίζεται η αύξηση της βιομάζας του ή των διαστάσεών του. Είναι δηλαδή ποσοτικός όρος. Ανάπτυξη ορίζεται η εξέλιξη ενός φυτού προς μια πιο σύνθετη κατάσταση. Δεν είναι όμως μόνο η μετάβασή του από τη νεότητα στην ωριμότητα, αλλά και ο σχηματισμός και η εξέλιξη νέων οργάνων, η ωρίμανση αυτών κ.τ.λ. Είναι δηλαδή περισσότερο ποιοτικός παρά ποσοτικός όρος.

Οι αγρονομικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν δυο ειδών. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον αγρό (μη καταστροφικές μετρήσεις) και μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο (καταστροφικές μετρήσεις & μετρήσεις παραγωγικότητας). Σε κάθε είδος καταγράφονταν μια σειρά από μεγέθη, μέσω των οποίων περιγράφηκε η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις αφορούσαν:

- I. Την αύξηση & την ανάπτυξη ολόκληρων φυτών, τα οποία απομακρύνονταν από τον πειραματικό αγρό σε προγραμματισμένες ημερομηνίες (καταστροφικές μετρήσεις) και
- II. Την συγκομισθείσα παραγωγή ώριμων καρπών (μετρήσεις παραγωγικότητας) τόσο από φυτά των καταστροφικών όσο και από τα φυτά μη καταστροφικών μετρήσεων.

Όλες οι μετρήσεις έγιναν ξεχωριστά για κάθε στέλεχος κάθε φυτού και θα αναφερθούν αναλυτικά και ανάλογα με τον τόπο διενέργειας των μετρήσεων στη συνέχεια.

Οι μετρήσεις αύξησης & ανάπτυξης πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το παρακάτω πρόγραμμα του Πίνακα 5:

Πίνακας 5. Πρόγραμμα μετρήσεων αύξησης & ανάπτυξης.

Μη καταστροφικές		Καταστροφικές	
Ημερομηνία	D. A. T.	Ημερομηνία	D. A. T.
23/05/03	34	11/06/03	53
07/06/03	49	03/07/03	75
28/06/03	70	16/07/03	88
12/07/03	84	06/08/03	109
19/07/03	91		
09/08/03	112		

D.A.T.: Ημέρες μετά την μεταφύτευση.

Στις μη καταστροφικές μετρήσεις αναλύθηκε η εξέλιξη οκτώ φυτών των μεταχειρίσεων του (Cont), επτά φυτών από τις μεταχειρίσεις των (Gr 34), (B 40) και (B 49) και εννέα φυτών από τις μεταχειρίσεις του (B&Gr 40), λόγω απώλειας, οφειλόμενες σε διάφορες αιτίες, μερικών πειραματικών φυτών. Επιπλέον και μόνο για τ' αποτελέσματα των αγρονομικών χαρακτηριστικών εξαιρέθηκε και ένα επιπλέον φυτό από τη μεταχείριση του *μάρτυρα*, λόγω ελλειψουσών τιμών.

Οι μετρήσεις για την παραγωγικότητα των φυτών γινόταν αμέσως μετά το πέρας της συγκομιδής των ώριμων καρπών και σύμφωνα με το πρόγραμμα του Πίνακα 6:

Πίνακας 6. Πρόγραμμα συγκομιδής ώριμων καρπών.

Ημέρα	Ημερομηνία		Εβδομάδα Συγκομιδής
	Συγκομιδής	D. A. T.	
Τετάρτη	02/07/03	74	1
Δευτέρα	07/07/03	79	2
Πέμπτη	10/07/03	82	
Δευτέρα	14/07/03	86	3
Σάββατο	19/07/03	91	
Δευτέρα	21/07/03	93	4
Παρασκευή	25/07/03	97	
Σάββατο	01/08/03	104	5
Τρίτη	12/08/03	115	6
Τετάρτη	20/08/03	123	7
Τετάρτη	27/08/03	130	8
Τετάρτη	03/09/03	137	9

D.A.T.: Ημέρες μετά την μεταφύτευση.

4.3.1. Μετρήσεις στον Αγρό (Μη Καταστροφικές Μετρήσεις)

Τις ημέρες που γίνονταν μη καταστροφικές μετρήσεις (Πίνακας 6) καταγράφονταν:

- i. Μήκος στελέχους (κυρίως & δευτερεύοντος) (cm).
- ii. Αριθμός εμφανών φύλλων.
- iii. Μήκος & πλάτος φύλλων (cm).
- iv. Αριθμός εμφανών ταξιανθιών.
- v. Αριθμός ανοικτών ανθέων κάθε ταξιανθίας.
- vi. Αριθμός υπαρχόντων (ωρίμων & μη) καρπών ανά ταξιανθία.

4.3.2. Μετρήσεις στο Εργαστήριο (Μετρήσεις Καταστροφικές & Παραγωγικότητας)

4.3.2.1. Αύξησης & Ανάπτυξης (Καταστροφικές Μετρήσεις)

Τις ημέρες που γίνονταν καταστροφικές μετρήσεις (Πίνακας 6) καταγράφονταν:

- i. Όλες οι μετρήσεις που διενεργούνταν και στα φυτά στον πειραματικό αγρό (φυτά μη καταστροφικών μετρήσεων).
- ii. Νωπό βάρος στελεχών, φύλλων, ταξιανθιών και μη ωρίμων καρπών.
- iii. Ξηρό βάρος στελεχών, φύλλων, ταξιανθιών και μη ωρίμων καρπών (24h στους 105 °C) (Heuvelink, 1995b).
- iv. Από δείγμα αρκετών φύλλων από αυτά τα φυτά:
 - ✓ Μήκος & πλάτος φύλλων (cm).
 - ✓ Φυλλική επιφάνεια (m²).

Από τα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά για τις καταστροφικές μετρήσεις μετρήθηκε το μήκος, το πλάτος του καθενός ξεχωριστά με τη χρήση υποδεκάμετρου. Κατόπιν και με τη χρήση συσκευής σάρωσης (scanner) και ειδικού λογισμικού (Delta-T-Scan) μετρήθηκε η φυλλική επιφάνειά τους. Εν συνεχεία, εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση και υπολογίστηκε η σχέση που συνδέει το γινόμενο *ΜήκοςxΠλάτος* κάθε φύλλου με τη φυλλική του επιφάνεια. Υπολογίστηκε διαφορετική σχέση για κάθε μεταχείριση. Όλες οι σχέσεις ήταν της μορφής: $y = a + b \cdot x$.

4.3.2.2. Παραγωγής Ωριμων Καρπών (Μετρήσεις Παραγωγικότητας)

- i. Νωπό βάρος ώριμων καρπών (g) (για φυτά μη καταστροφικών μετρήσεων).
- ii. Νωπό & ξηρό βάρος ώριμων καρπών (g) (για φυτά καταστροφικών μετρήσεων).
- iii. Ισημερινή (μέγιστη & ελάχιστη) & κατακόρυφη διάμετρος (mm).
- iv. Παρατηρήσεις φυσιολογικών ανωμαλιών:
 - ✓ Ηλιακό έγκαυμα.
 - ✓ Σχίσσιμο.
 - ✓ Παραμόρφωση (*Cat face*)
 - ✓ Ξηρή σήψη κορυφής (*BER*).

4.3.3. Υπολογισμοί Παραμέτρων Αύξησης & Ανάπτυξης

4.3.3.1. Φυλλική Επιφάνεια (LA , m^2)

Εφαρμόζοντας τις παραπάνω σχέσεις σε δεδομένα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στον αγρό (μη καταστροφικές μετρήσεις) αλλά και στο εργαστήριο (καταστροφικές μετρήσεις), υπολογίστηκε η φυλλική επιφάνεια κάθε φυτού, για τις ημερομηνίες στις οποίες διεξήχθησαν οι μετρήσεις (καταστροφικές & μη). Για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν πριν εγκατασταθούν τα δίχτυα στον αγρό και για όλες τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκε η σχέση που «περιγράφει» τα φύλλα του (*Cont*). Μετά την εγκατάσταση των δικτύων στον πειραματικό αγρό, οι προαναφερθείσες σχέσεις εφαρμόστηκαν μόνο σε φύλλα που δεν υπήρχαν κατά την προηγούμενη ημερομηνία μετρήσεων αύξησης και ανάπτυξης. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής βασίστηκε στη διαπίστωση των Charles-Edwards και Ludwig (1975) ότι: «ένα φύλλο κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του, σε επίπεδο μεριστώματος αλλά και κατά την πρώιμη επέκτασή του μεγαλώνοντας κάτω από συνθήκες υψηλού ημερήσιου φωτισμού είναι συνήθως παχύτερο, με μικρότερη επιφάνεια και ως εκ τούτου μικρότερης ειδικής φυλλικής επιφάνειας.

Θεωρήθηκε ότι τα εμφανή φύλλα που συνεισέφεραν στην φωτοσύνθεση είχαν μήκος τουλάχιστον 20 cm. Αυτό γιατί γνωρίζουμε ότι τα νεοσχηματιζόμενα φύλλα κυρίως είναι καταναλωτές φωτοσυνθετικών προϊόντων μέχρι να αποκτήσουν ένα καλό μέγεθος, οπότε γίνονται καθαροί παραγωγοί (Atherton and Rudich, 1996). Επομένως η εφαρμογή των μοντέλων που συσχετίζουν τη φυλλική επιφάνεια με το γινόμενο *Μήκος x Πλάτος* έγινε σε όσα φύλλα είχαν μήκος μεγαλύτερο από 20 cm. Η εύρεση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών έγινε προσθέτοντας τη φυλλική επιφάνεια όλων των φύλλων αυτού.

4.3.3.2. Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI , $m^2 m^{-2}$)

Η εύρεση δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών έγινε πολλαπλασιάζοντας τη φυλλική επιφάνεια επί την πυκνότητα φύτευσης ($1/A_{ground}$) (2,6 φυτά m^{-2}) $LAI = LA / A_{ground}$.

4.3.3.3. Αριθμός φύλλων & Μέσος Όρος Διαστάσεων Φύλλων

Μετρήθηκε ο αριθμός των φύλλων που χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό της φυλλικής επιφάνειας των φυτών. Για τη διερεύνηση της επίδρασης της σκίασης στις διαστάσεις των φύλλων απαιτήθηκε ο διαχωρισμός των φύλλων που υπήρχαν πριν από την εγκατάσταση των διχτύων, απ' εκείνα που εμφανίστηκαν μετά (*Νέα Φύλλα*). Έτσι προέκυψε ο αριθμός των νέων φύλλων και ο συνολικός αριθμός. Κατόπιν, βρέθηκε ο μέσος όρος των διαστάσεων (*μήκος, πλάτος*) των νέων φύλλων για κάθε μεταχείριση. Ο μέσος όρος της φυλλικής επιφάνειας ανά νέο φύλλο υπολογίστηκε εφαρμόζοντας στη σχέση εύρεσης της φυλλικής επιφάνειας το μέσο μήκος και το μέσο πλάτος των νέων φύλλων κάθε μεταχείρισης. Τα φύλλα προέρχονται και από τα δύο στελέχη χωρίς διαχωρισμό στην επεξεργασία.

4.3.3.4. Αριθμός Κόμβων κάθε Στελέχους

Είναι το άθροισμα των φύλλων και των ταξιανθιών του κάθε στελέχους (*κυρίως & δευτερεύοντος*). Αριθμός φύλλων θεωρήθηκε εκείνος των εμφανών φύλλων και όχι το πλήθος εκείνων με μήκος μεγαλύτερο από 20 cm, όπως στην περίπτωση του υπολογισμού της φυλλικής επιφάνειας.

Η εξέλιξη του μήκους του κυρίως στελέχους καταγράφηκε όλες τις ημέρες μετρήσεων αύξησης και ανάπτυξης, ενώ του δευτερεύοντος μόνο τις δύο τελευταίες (*91^η και 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση*).

4.3.3.5. Μήκος Μεσογονατίων Διαστημάτων

Υπολογίστηκε το μήκος μεσογονατίων διαστημάτων για κάθε στέλεχος χωριστά αλλά και συνολικά για κάθε φυτό.

Ο λόγος του μήκους προς τον αριθμό των κόμβων του κάθε στελέχους ορίζεται ως το μήκος μεσογονατίων διαστημάτων κάθε στελέχους. Αναλύθηκε η εξέλιξη του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων του κυρίως στελέχους για όλες τις ημέρες μετρήσεων, ενώ για το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων του δευτερογενούς στελέχους, αξιολογήθηκαν τ' αποτελέσματα της *91^{ης} και 112^{ης} ημέρας* μετά τη μεταφύτευση. Συνολικά και για τα δύο στελέχη το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων υπολογίστηκε από το λόγο του αθροίσματος του μήκους των δύο στελεχών προς το συνολικό αριθμό των κόμβων και των δυο στελεχών.

4.3.3.6. Συνολική Ξηρά Ουσία και Κατανομή αυτής στους Φυτικούς Ιστούς

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

4.3.3.7. Λόγος Ξηράς Ουσίας Στελεχών:Φύλλων

Από τα ξηρά βάρη των στελεχών και των φύλλων των φυτών όλων των μεταχειρίσεων που ζυγίστηκαν κατά τη διενέργεια των καταστροφικών μετρήσεων υπολογίστηκε ο λόγος της ξηράς ουσίας στελεχών:φύλλων.

4.3.3.8. Ειδική Φυλλική Επιφάνεια (SLA , $m^2 g^{-1}$)

Είναι ο λόγος της φυλλικής επιφάνειας (A_l) προς το ξηρό βάρος ($W_{l,i}$) των αντίστοιχων φύλλων $SLA_l = A_l / W_{l,i}$.

4.4. Στατιστική Ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο S.P.S.S. 10.0. Στο φυσικό μέρος συγκρίθηκαν οι μέσοι όροι κάθε μεταχείρισης ανά δύο μεταξύ τους, μέσω του “Paired-Samples T- test”. Στο βιολογικό μέρος για τη σύγκριση των μέσων όρων εφαρμόστηκε Univariate Anova χρησιμοποιώντας το κριτηρίου Duncan. Για την πρόβλεψη των σχέσεων που συνδέουν τη φυλλική επιφάνεια με το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος των φύλλων κάθε μεταχείρισης έγινε με την εφαρμογή γραμμικής ανάλυσης παλινδρόμησης (Linear Regression Analysis). Σε όλες τις περιπτώσεις η στατιστική ανάλυση έγινε σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0.05$.

5. Αποτελέσματα

Φυσικό Μέρος

5.1. Οπτικές Ιδιότητες Διχτυών Σκίασης

5.1.1. Εργαστηριακές Μετρήσεις

Οι οπτικές ιδιότητες των διχτυών που καθορίστηκαν στο εργαστήριο ήταν: η περατότητα (transmittance), η απορροφητικότητα (absorptance) και η ανακλαστικότητα (reflectance) (Πίνακας 7). Η σκίαση (shade) που παρέχεται από κάθε δίχτυ υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{Shade} = 1 - \text{Transmittance}$$

Πίνακας 7. Οπτικές ιδιότητες των διχτυών σκίασης. Όλοι οι παράγοντες είναι αδιάστατοι και εκφράζονται ως % ποσοστό της ολικής ενέργειας που εκπέμπεται από την πηγή φωτός του LICOR 1800.

	Περατότητα (%)	Απορροφητικότητα (%)	Ανακλαστικότητα (%)	Σκίαση (%)
(B 49)	50,68	47,35	1,97	49,32
(B&Gr 40)	60,36	38,18	1,46	39,64
(B 40)	59,11	39,36	1,53	40,89
(Gr 34)	66,00	33,81	0,19	34,00

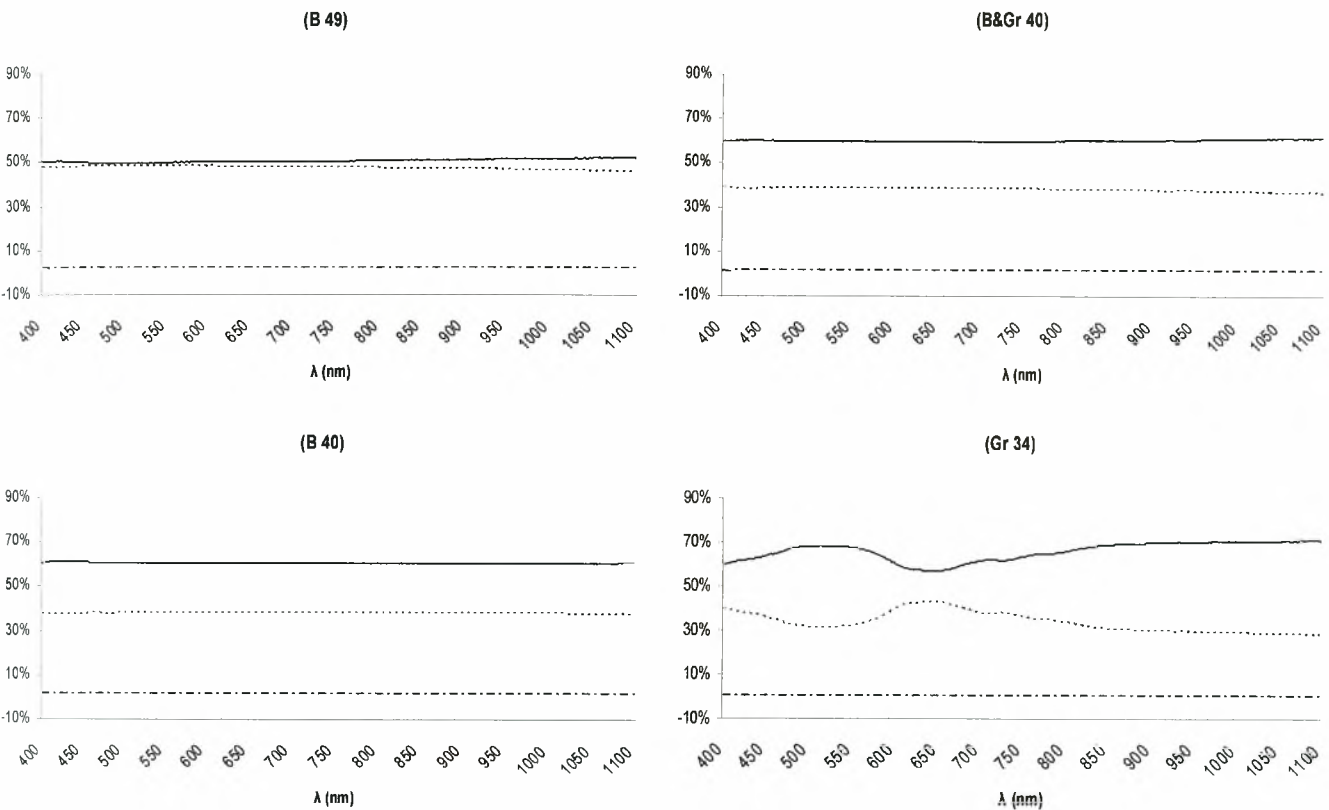
Από τον Πίνακα 1 των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σκίασης μπορούσε να το παρέχει το (B 49) ($\approx 49\%$) και το μικρότερο το (Gr 34) ($=34\%$). Για τα (B 40) και (B&Gr 40) μπορεί να ειπωθεί ότι είχαν τη δυνατότητα να παρέχουν το ίδιο ποσοστό σκίασης, περίπου 40%, αφού το λάθος του οργάνου είναι 2% (για το εύρος 500-1100nm).

Επομένως η σειρά κατάταξης των διχτυών ανάλογα με το % ποσοστό σκίασης που μπορούσαν να παρέχουν στην καλλιέργεια ήταν:

$$(Gr\ 34) < (B\ 40) \ \& \ (B\&Gr\ 40) < (B\ 49)$$

Οι οπτικές ιδιότητες των διχτυών σε όλο το φάσμα (400 έως 1100 nm) του μονοχρωματικού φωτός που διέρχεται από αυτά περιγράφονται στο Σχήμα 4. Όλα τα δίχτυα, εκτός του (Gr 34), παρουσίασαν σχεδόν σταθερές καμπύλες οπτικών ιδιοτήτων, με ελάχιστη διαφορά μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης τιμής της εκάστοτε ιδιότητας. Η διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής της περατότητας των διχτυών για όλο το εύρος φάσματος του φωτός ήταν 14,24%, 1,68%, 2,11% και 2,72% αντίστοιχα για κάθε δίχτυ, σύμφωνα με την παραπάνω σειρά κατάταξης.

Το (Gr 34) παρουσίασε μια ενδιαφέρουσας μορφής καμπύλη περατότητας και απορροφητικότητας (Σχήμα 4). Η περατότητα είχε αυξητική τάση μέχρι τα 514 nm φτάνοντας το 68,38 %, στη συνέχεια και μέχρι τα 664 nm έπεφτε στο 57,13 % και τελικώς ακολούθησε πάλι αυξητική πορεία φτάνοντας στη μέγιστη τιμή της, 71,37 % στα 1098. Η καμπύλη της απορροφητικότητας ακολουθεί ακριβώς την αντίστροφη πορεία. Η καμπύλη της περατότητας ήταν 5^{ου} βαθμού (Σχήμα 5).

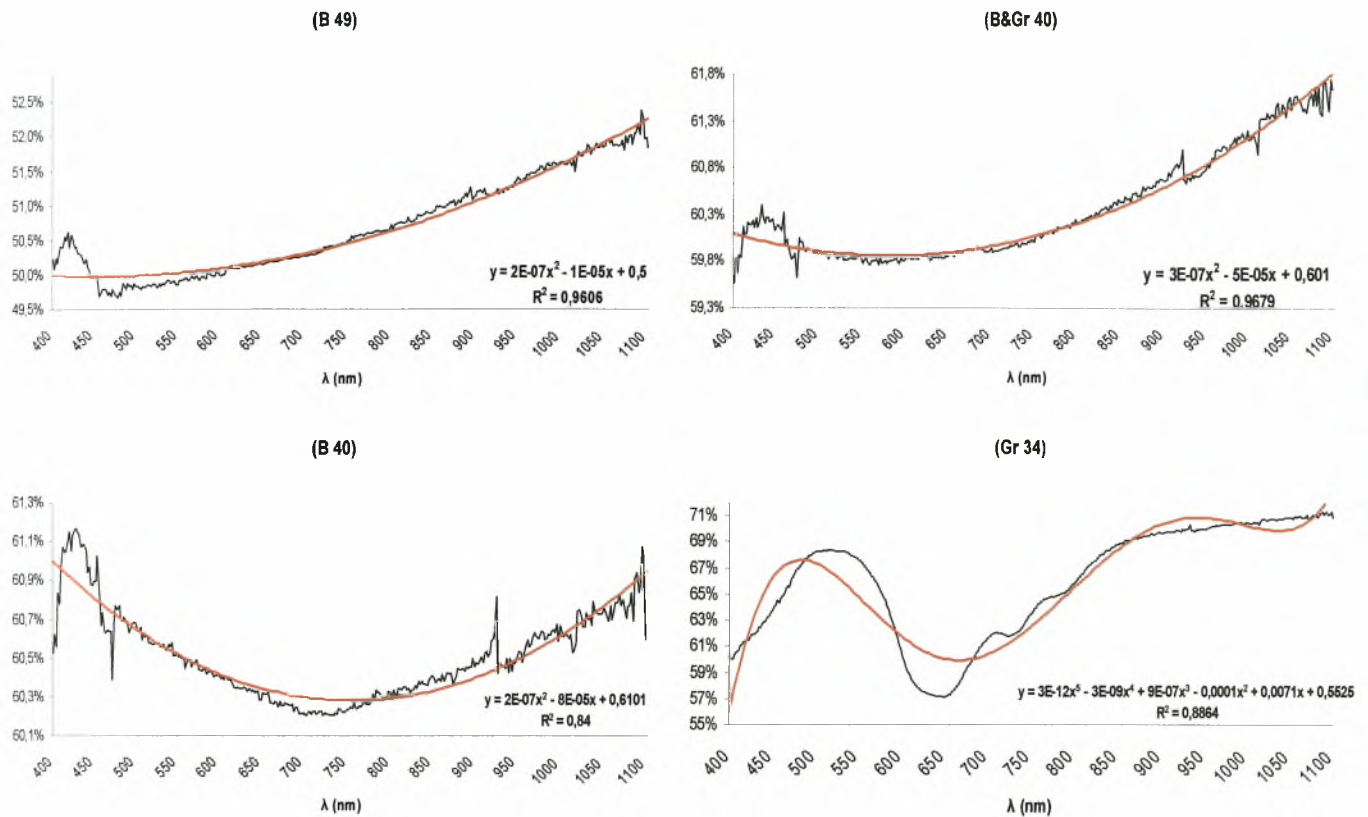


Σχήμα 4 Οπτικές ιδιοότητες διχτυών σκίασης του πειράματος για εύρος φάσματος 400-1100 nm:

— περατότητα, - - - απορροφητικότητα, · · · · ανακλαστικότητα

Οι καμπύλες περατότητας των διχτυών (B 49) και το (B&Gr 40) ήταν 2^{ου} βαθμού και ποιοτικά παρόμοιες (Σχήματα 4,5). Αρχικά, παρουσιάστηκε μια περιοχή αυξομείωσης της περατότητας, από τα 400 έως περίπου τα 500 nm, στη συνέχεια όμως ακολούθησαν αυξητική τάση μέχρι τα 1100 nm. Το (B 40) και αυτό 2^{ου} βαθμού καμπύλη περατότητας, διαφορετικής μορφής όμως από τις καμπύλες των δυο προηγούμενων διχτυών. Παρουσίασε μια περιοχή αυξομείωσης από τα 400 έως περίπου τα 500 nm περίπου. Μετά από αυτό το διάστημα η περατότητα παρουσίασε αρχικά μια ελαφρώς πτωτική τάση με την αύξηση του μήκους κύματος (500 nm έως τα 732 nm) και στη συνέχεια αυξήθηκε πάλι έως τα 1100 nm. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι η περατότητα μετά τα 930 nm παρουσίασε απότομες αυξομειώσεις, πάντα

όμως εντός της προαναφερθείσας διαφοράς μεταξύ του μεγίστου και του ελαχίστου αυτής (από 59,63 % στα 474 nm έως 61,74 % στα 1098 nm).



Σχήμα 5. Λεπτομερής απεικόνιση της περατότητας (transmittance) των διχτών σκίασης του πειράματος για εύρος φάσματος 400-1100 nm:
 — περατότητα — γραμμή τάσης.

5.1.2. Μετρήσεις σε Συνθήκες Πειραματικού Αγρού

5.1.2.1. Περατότητα Διχτών

Στον Πίνακα 8 παραθέτονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τον καθορισμό της περατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία των διχτών σκίασης, σε συνθήκες πειραματικού αγρού. Οι περατότητες υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$\tau_T = \frac{T_i}{T_o}, \quad \tau_P = \frac{P_i}{P_o}, \quad \tau_N = \frac{N_i}{N_o}$$

Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο ύψη (2,40m & 1,20m) από την επιφάνεια του εδάφους. Το % ποσοστό σκίασης που παρείχε κάθε δίχτυ υπολογίστηκε από την σχέση: $Shade = 1 - Transmittance$.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της περατότητας των δικτύων (Πίνακας 8), για την % συνολική (400 – 1100 nm) σκίαση είναι σε αντιστοιχία μ' εκείνα του Πίνακα 1. Οι μικρές μειώσεις του ποσοστού σκίασης οφείλονται πιθανότατα στην διάχυτη ακτινοβολία που εισέρχεται κάτω από το δίχτυ από τ' ανοικτά βορινά και νότια άκρα των κατασκευών σκίασης. Για τα δίκτυα (B 40) και (B&Gr 40) μπορεί πάλι να ειπωθεί ότι παρέχουν το ίδιο ποσοστό σκίασης, περίπου 40%, καθώς η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων που αφορούν τα δύο ύψη ($\tau_{2,40} - \tau_{1,20}$) από την επιφάνεια του εδάφους παρατηρούμε ότι το ποσοστό της συνολικής εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (TOTAL: 400–1100 nm) αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά (sig.=0,034) κατά 5,3% μόνο κάτω από το δίχτυ (Gr 34) (Πίνακας 9). Στην περιοχή της PAR, παρατηρήθηκε μια αύξηση του ποσοστού της εισερχόμενης ακτινοβολίας κατά 4,5% και 6,6%, κάτω από το (B 49) και το (Gr 34) αντίστοιχα χωρίς όμως οι διαφορές να είναι στατιστικά σημαντικές (sig.>0,05). Στην περιοχή του NIR παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της ακτινοβολίας κατά 4,4% (sig.= 0,016) και 3,3 % (sig.= 0,007) κάτω από το (B 49) και το (Gr 34) αντίστοιχα. Για τα (B&Gr 40) και (B 40) το ποσοστό παρέμεινε αμετάβλητο στις τρεις φασματικές περιοχές (sig.>0,05).

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο ύψος των 2,40 m από την επιφάνεια του εδάφους παρατηρούμε ότι η περατότητα στο σύνολο του φάσματος (400–1100 nm), στην περιοχή της PAR και της NIR δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά (sig.>0,05) (Πίνακας 9). Εξαιρέση αποτέλεσαν οι διαφορές των περατοτήτων $d\tau_{TOTAL-NIR(1,20m)}$ και $d\tau_{PAR-NIR(1,20m)}$ μόνο για το δίχτυ (Gr 34). Πράγματι, η περατότητα στη NIR σε σχέση με την περατότητα στην TOTAL ήταν στατιστικά σημαντικά (sig.= 0,009) μεγαλύτερη κατά 4,7 %, ενώ η περατότητα στην NIR σε σχέση με την περατότητα στην PAR ήταν στατιστικά σημαντικά (sig.= 0,006) μεγαλύτερη κατά 7,9 %.

Στο ύψος 1,20 m από την επιφάνεια του εδάφους παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο για το δίχτυ (Gr 34). Πράγματι, η περατότητα στη NIR σε σχέση με την περατότητα στην TOTAL ήταν στατιστικά σημαντικά (sig.= 0,015) μεγαλύτερη κατά 2,7 %, ενώ η περατότητα στην NIR σε σχέση με την περατότητα στην PAR ήταν στατιστικά σημαντικά (sig.= 0,000) μεγαλύτερη κατά 4,6 %.

Πίνακας 8. Επίδραση των διχτών σκίασης στην προσπίπτουσα, στην καλλιέργεια, γλυκιά ακτινοβολία. Παρατόπιες & Σκιάσεις για τα εύρη φάσματος TOTAL, PAR, & NIR. Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο επίπεδα από την επιφάνεια του εδάφους (2,40 & 1,20 m).

ΔΙΧΤΥ	TOTAL (400 - 1100 nm)		PAR (400 - 700 nm)		NIR (700- 1100 nm)	
	10 cm ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΥΧΤΙ (2,40 m)	ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΥΤΕΙΑΣ (1,20 m)	10 cm ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΥΧΤΙ (2,40 m)	ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΥΤΕΙΑΣ (1,20 m)	10 cm ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΥΧΤΙ (2,40 m)	ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΥΤΕΙΑΣ (1,20 m)
(B 49)	52,2 a	55,7 a	51,3 a	55,8 a	53,4 a	57,8 a
(B & Gr 40)	58,8 b	59,2 b	57,4 b	59,2 b	60,7 b	59,1 a
(B 40)	60,7 b	61,4 b	60,8 bc	60,5 b	60,5 b	62,5 b
(Gr 34)	66,6 c	71,9 c	63,4 c	70,0 c	71,3 c	74,6 c
Περσότητα (%)	47,8 a	43,3 a	48,7 a	44,1 a	46,6 a	42,2 a
(B & Gr 40)	41,2 b	40,8 b	42,6 b	40,8 b	39,3 b	40,8 a
(B 40)	39,3 b	38,6 b	39,2 bc	39,5 b	39,5 b	37,5 b
(Gr 34)	33,4 c	28,1 c	36,6 c	30,0 c	28,7 c	25,4 c

α,β,γ Ίδια γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επίπεδο σημαντικότητας P=0,05. Οι συγκρίσεις των μέσων όρων έγιναν για το ίδιο επίπεδο από την επιφάνεια της γης και για το ίδιο εύρος φάσματος, για την περατότητα και τη σκίαση χωριστά. Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 6 μετρήσεων.

Πίνακας 9. Διαφορές μετρήσεων ανάμεσα: (i) στα ύψη 1,20 & 2,40 m από την επιφάνεια του εδάφους & (ii) στα εύρη φάσματος TOTAL, PAR, & NIR ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΞΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΔΥΟ ΥΨΗ: & ΠΑ ΤΑ ΔΥΟ ΥΨΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

ΔΙΧΤΥ	TOTAL (400 - 1100 nm)		PAR (400 - 700 nm)		NIR (700- 1100 nm)		TOTAL - PAR (2,40m - 1,20m)		TOTAL - NIR (2,40m)		TOTAL - PAR (1,20m)		PAR - NIR (1,20m)			
	ΔΙΑΦΟΡΑ	Sig.	ΔΙΑΦΟΡΑ	Sig.	ΔΙΑΦΟΡΑ	Sig.	ΔΙΑΦΟΡΑ	Sig.	ΔΙΑΦΟΡΑ	Sig.	ΔΙΑΦΟΡΑ	Sig.	ΔΙΑΦΟΡΑ	Sig.		
(B 49)	-3,5	>0,05	-4,5	>0,05	-4,4	0,016	0,9	>0,05	-1,2	>0,05	-2,1	>0,05	-0,1	>0,05	-2,1	>0,05
(B & Gr 40)	-0,4	>0,05	-1,8	>0,05	1,6	>0,05	1,4	>0,05	-1,9	>0,05	-3,3	>0,05	0,0	>0,05	0,1	>0,05
(B 40)	-0,7	>0,05	0,3	>0,05	-2,1	>0,05	-0,1	>0,05	0,2	>0,05	0,3	>0,05	0,8	>0,05	-1,2	>0,05
(Gr 34)	-5,3	0,034	-6,6	>0,05	-3,3	0,007	3,3	>0,05	-4,7	0,009	-7,9	0,006	1,9	0,015	-2,7	0,003

P=0,05

Για τη σκίαση ισχύουν τ' ανάλογα

5.1.2.2. Παράμετροι Ποιότητας Εισερχόμενης Ακτινοβολίας

Στον Πίνακα 10 παραθέτονται τ' αποτελέσματα των μετρήσεων που αφορούν ποιοτικές παραμέτρους του φωτός που διέρχεται από τα δίχτυα σκίασης. Το % ποσοστό είναι η σχετική διαφορά της μέτρησης στον εσωτερικό (δείκτης: i) χώρο των δικτυών και εξωτερικά (δείκτης: o) αυτών: $\frac{i - o}{o} \%$. Απόλυτες μεταβολές μεγαλύτερες από 5% μπορούν να θεωρηθούν αξιόλογες.

5.1.2.2.1. Παράμετροι σχετιζόμενοι με το Φυτόχρωμα.

Σημαντική μείωση των λόγων ζ_i και ζ_i^* , κατά 6,5 και 8,94 % αντίστοιχα, παρατηρήθηκε μόνο στο (*Gr 34*) και μόνο για τη μέτρηση στο ύψος 2,40 m. Όμως στο μέσο επίπεδο της φυτείας (1,20 m) βρέθηκε ότι οι ίδιοι λόγοι μειώθηκαν μόλις κατά 3,33 και 4,40 % αντίστοιχα. Επομένως φαίνεται ότι όλα τα δίχτυα ήταν ουδέτερα ως προς την τροποποίηση του λόγου $R:FR$ της ακτινοβολίας που διέρχεται διαμέσω αυτών και στα δυο ύψη από την επιφάνεια του εδάφους, εκτός του (*Gr 34*) και μόνο για το ύψος 2,40 m.

5.1.2.2.2. Παράμετροι σχετιζόμενοι με το Κρυπτόχρωμα

Όλα τα δίχτυα ήταν ουδέτερα ως προς την τροποποίηση του λόγου $B:R_i$ του φωτός που διέρχεται διαμέσω αυτών και στα δυο ύψη από την επιφάνεια του εδάφους, εκτός του (*Gr 34*) και μόνο για το ύψος 2,40 m, όπου παρατηρήθηκε αύξησή του κατά 8,68 %. Επίσης, ο λόγος $B:FR_i$ τροποποιήθηκε μόνο από το (*B 49*) και μόνο για την μέτρηση στο ύψος 1,20 m, όπου μειώθηκε κατά 5,23 %, ελάχιστα επάνω από το όριο του 5%.

5.1.2.2.3. Παράμετροι σχετιζόμενοι με τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία

Ο λόγος $P:T_i$ δεν βρέθηκε σημαντικά μειωμένος για κανένα δίχτυ και σε κανένα ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Θα μπορούσε κανείς να επισημάνει μόνο την περίπτωση του (*Gr 34*) και για την μέτρηση σε ύψος 2,40 m, όπου ο λόγος μειώθηκε κατά 4,89 % \approx 5 %.

Σημαντική επίδραση στο λόγο $P:N_i$ φαίνεται να έχουν κάποια από τα χρησιμοποιηθέντα δίχτυα. Πράγματι, στο ύψος των 2,40 m ο λόγος τροποποιήθηκε σημαντικά κάτω από το (*B&Gr 40*) και από το (*Gr 34*), όπου μειώθηκε κατά 5,41 και 10,02 % αντίστοιχα. Στο ύψος των 1,20 m ο λόγος τροποποιήθηκε σημαντικά κάτω από το (*B 49*) και από το (*Gr 34*), όπου μειώθηκε κατά 5,68 και 5,56 % αντίστοιχα.

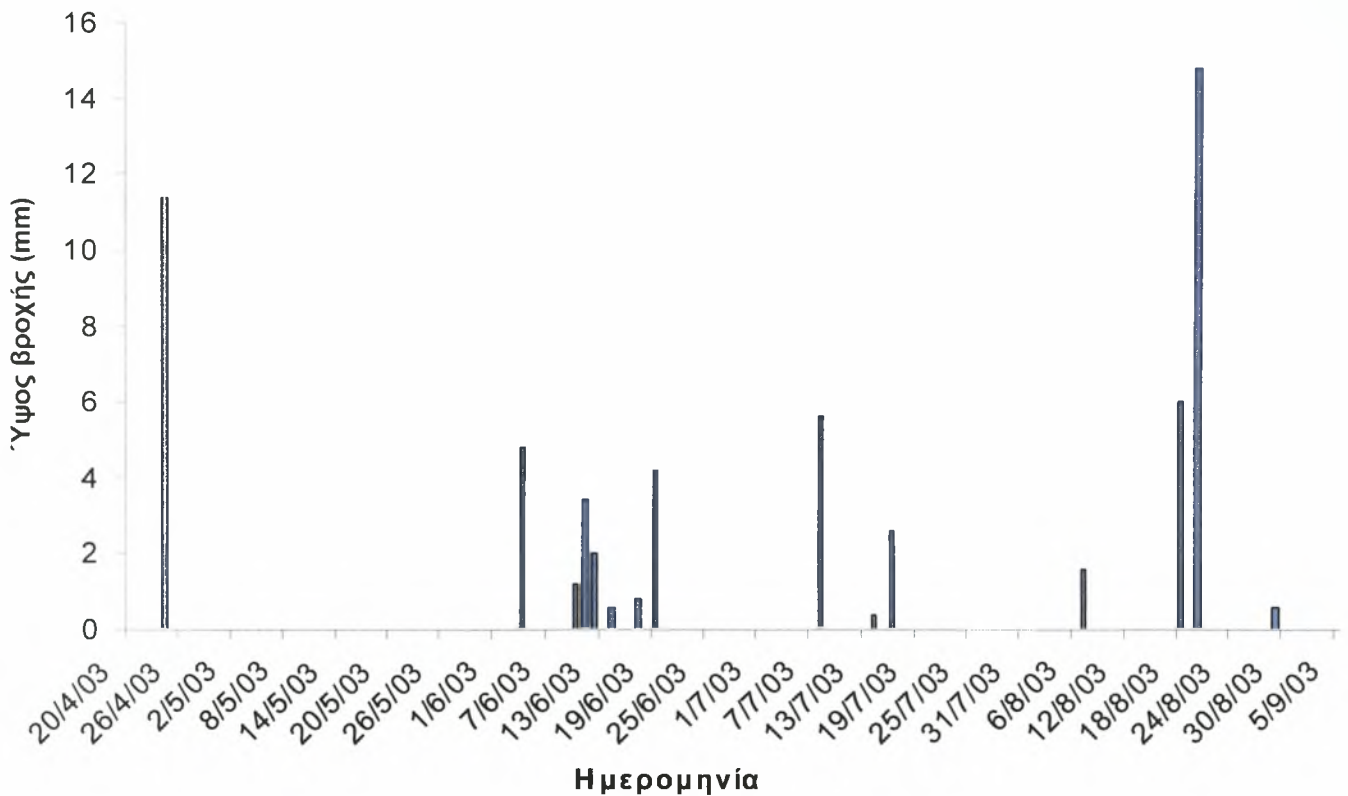
Πίνακας 10. Παράμετροι ποιότητας διερχόμενου, διαμέσω των διχτυών, φωτός. Οι δείκτες (σ) και (ι) χαρακτηρίζουν μετρήσεις έξω από το περιβάλλον του διχτυού και κάτω από αυτό αντίστοιχα. Το (%) ποσοστό είναι σχετική διαφορά της εσωτερικής από την εξωτερική μέτρηση. Απόλυτες σχετικές διαφορές > 5% θα θεωρούνται σημαντικές.

ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΔΙΧΤΥ	Red / Far Red (Narrow Band)		Red / Far Red (Broad Band)		Blue / Red		Blue / Far Red		Par : Total		Par : Near Infrared							
		(ζ _σ) (ζ _ι) (%)	(ζ _σ) (ζ _ι) (%)	(ζ _σ) (ζ _ι) (%)	(ζ _σ) (ζ _ι) (%)	B : R _σ B : R _ι (%)	B : R _σ B : R _ι (%)	B : FR _σ B : FR _ι (%)	B : FR _σ B : FR _ι (%)	P : T _σ P : T _ι (%)	P : T _σ P : T _ι (%)	P : N _σ P : N _ι (%)	P : N _σ P : N _ι (%)						
10cm Κάτω από το Δίχτυ (2,40 m)	(B 49)	1,30	1,27	-2,09	1,27	1,25	-1,18	1,06	1,04	-2,01	1,34	1,29	-3,17	0,59	0,58	-1,63	1,41	1,35	-3,86
	(B&Gr 40)	1,31	1,26	-3,97	1,26	1,20	-4,74	1,03	1,04	1,32	1,30	1,25	-3,48	0,58	0,57	-2,33	1,39	1,31	-5,41
	(B 40)	1,30	1,28	-1,32	1,26	1,26	0,51	1,04	1,02	-2,26	1,31	1,28	-1,76	0,58	0,58	0,14	1,38	1,39	0,32
	(Gr 34)	1,30	1,22	-6,50	1,27	1,16	-8,94	1,04	1,13	8,68	1,32	1,30	-1,04	0,59	0,56	-4,89	1,37	1,23	-10,02
Μέσο Φυτείας (1,20 m)	(B 49)	1,29	1,27	-0,88	1,26	1,23	-2,05	1,03	1,00	-3,25	1,29	1,23	-5,23	0,58	0,57	-2,47	1,38	1,30	-5,68
	(B&Gr 40)	1,28	1,30	1,57	1,23	1,24	0,28	1,03	1,04	1,31	1,26	1,28	1,59	0,58	0,58	0,03	1,35	1,35	0,10
	(B 40)	1,28	1,26	-1,69	1,25	1,23	-1,72	1,04	1,02	-1,51	1,30	1,26	-3,20	0,58	0,57	-1,38	1,38	1,34	-3,23
	(Gr 34)	1,26	1,22	-3,33	1,22	1,17	-4,40	1,03	1,04	0,72	1,25	1,21	-3,71	0,57	0,56	-2,73	1,28	1,21	-5,56

5.2. Κλιματικές Συνθήκες κατά τη Διάρκεια του Πειράματος

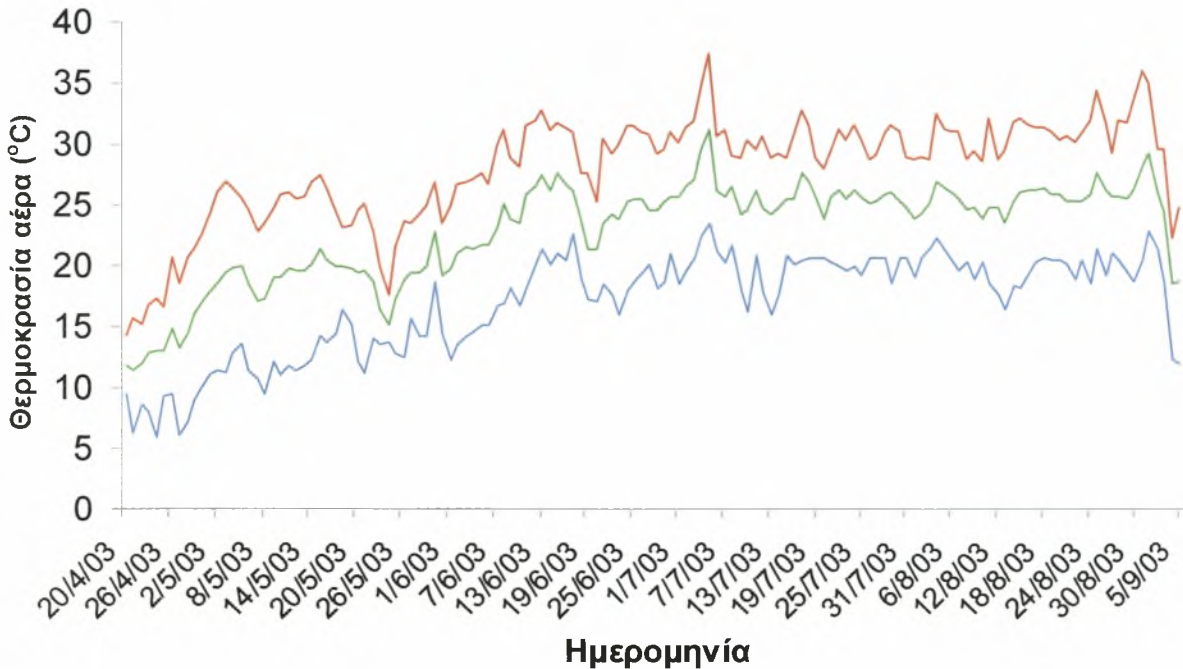
Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της επίδρασης των δικτυών σε επιλεγμένες μικροκλιματικές και αγρονομικές παραμέτρους κρίθηκε σκόπιμο να παρατεθούν τα κλιματικά δεδομένα που καταγράφηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό πλησίον του πειραματικού αγρού (N. Αγχιάλος). Έτσι ο αναγνώστης μπορεί να σχηματίσει σαφή εικόνα των κλιματικών συνθηκών που επικρατούσαν κατά το χρονικό διάστημα της διεξαγωγής του πειράματος. Τα κλιματικά δεδομένα που παρουσιάζονται είναι οι βροχοπτώσεις (Σχήμα 6), η θερμοκρασία αέρα ($^{\circ}\text{C}$) (μέση, μέγιστη & ελάχιστη τιμή) (Σχήμα 7) και η σχετική υγρασία αέρα (%) (μέση, μέγιστη & ελάχιστη τιμή) (Σχήμα 8) κάθε ημέρας από την έναρξη (20/04/2003) έως τη λήξη (05/09/2003) του πειράματος.

5.2.1. Βροχοπτώσεις



Σχήμα 6. Βροχοπτώσεις ανά ημέρα από 20 Απριλίου 2003 έως 05 Σεπτεμβρίου 2003.

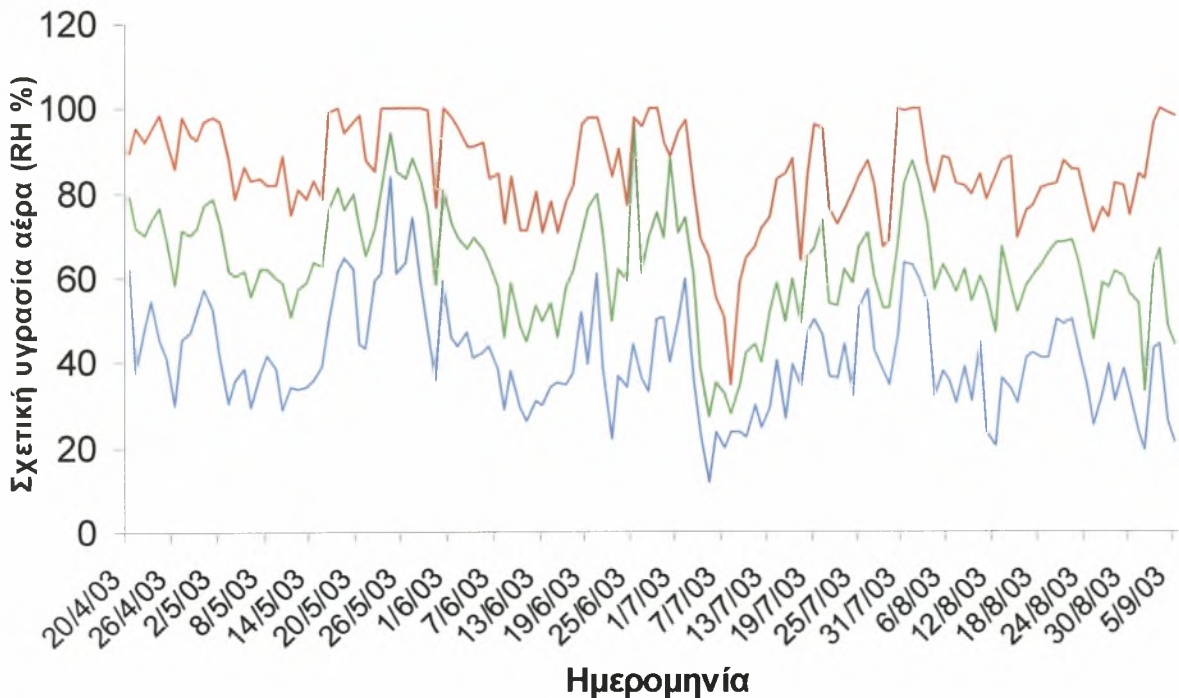
5.2.2. Μέση - Μέγιστη & Ελάχιστη Θερμοκρασία Αέρα



Σχήμα 7. Μέση, μέγιστη και ελάχιστη τιμή ανά ημέρα της θερμοκρασίας αέρα από 20 Απριλίου 2003 έως 05 Σεπτεμβρίου 2003:

— Μέγιστη — Μέση — Ελάχιστη

5.2.3. Μέση - Μέγιστη & Ελάχιστη Σχετική Υγρασία Αέρα



Σχήμα 8. Μέση, μέγιστη και ελάχιστη τιμή ανά ημέρα της σχετικής υγρασίας αέρα από 20 Απριλίου 2003 έως 05 Σεπτεμβρίου 2003:

— Μέγιστη — Μέση — Ελάχιστη

5.3. Μικροκλίμα

5.3.1. Ηλιακή Ακτινοβολία

Τα δεδομένα όλων των μεταχειρίσεων, τα οποία καταγράφονταν από τις 07:30 - 20:00 τοπική ώρα συγκρίθηκαν ανά δύο μεταξύ τους, μέσω του “Paired-Samples T- test”, ώστε να μειωθεί ο χρονικός (εποχιακός) παράγοντας. Τα δεδομένα αυτά αφορούσαν την συνολική μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία και φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία που προσέπιπταν στην καλλιέργεια κάθε μεταχείρισης.

5.3.1.1. Συνολική Μικρού Μήκους Ακτινοβολία (305-2850nm)

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας ($W m^{-2}$), κάθε μεταχείρισης και στον Πίνακα 12 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Από αυτούς τους Πίνακες προκύπτει ότι οι τιμές της ενέργειας της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ήταν στατιστικά σημαντικά διαφορετικές μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων και ότι οι διαφορές τους διατηρούνταν καθόλη τη διάρκεια της περιόδου των μετρήσεων.

Πίνακας 11. Επίδραση των διχτών σκίασης στην μέση ημερήσια εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ($W m^{-2}$)

		Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1	(Cont)	531,13	17	45,43	1,10E+01
	(B 49)	266,59	17	18,49	4,49E+00
Ζεύγος 2	(Cont)	531,13	17	45,43	1,10E+01
	(B&Gr 40)	313,24	17	22,16	5,37E+00
Ζεύγος 3	(Cont)	531,13	17	45,43	1,10E+01
	(Gr 34)	363,50	17	24,82	6,02E+00
Ζεύγος 4	(Cont)	531,13	17	45,43	1,10E+01
	(B 40)	326,64	17	23,67	5,74E+00
Ζεύγος 5	(B 49)	266,59	17	18,49	4,49E+00
	(B&Gr 40)	313,24	17	22,16	5,37E+00
Ζεύγος 6	(B 49)	266,59	17	18,49	4,49E+00
	(Gr 34)	363,50	17	24,82	6,02E+00
Ζεύγος 7	(B 49)	266,59	17	18,49	4,49E+00
	(B 40)	326,64	17	23,67	5,74E+00
Ζεύγος 8	(B&Gr 40)	313,24	17	22,16	5,37E+00
	(Gr 34)	363,50	17	24,82	6,02E+00
Ζεύγος 9	(B&Gr 40)	313,24	17	22,16	5,37E+00
	(B 40)	326,64	17	23,67	5,74E+00
Ζεύγος 10	(Gr 34)	363,50	17	24,82	6,02E+00
	(B 40)	326,64	17	23,67	5,74E+00

Πίνακας 12. Σύγκριση της μέσης ημερήσιας εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ($W m^{-2}$) κάθε μεταχείρισης.

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις		Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων							
		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα		t	B. E.	Sig. (2-tailed)
					Εμπιστοσύνης 95% της Διαφοράς				
					Κάτω όριο	Ανω όριο			
Ζεύγος 1	(Cont) - (B 49)	264,54	30,62	7,43	248,80	280,28	35,622	16	.000
Ζεύγος 2	(Cont) - (B&Gr 40)	217,89	27,59	6,69	203,70	232,07	32,562	16	.000
Ζεύγος 3	(Cont) - (Gr 34)	167,63	25,38	6,16	154,58	180,68	27,229	16	.000
Ζεύγος 4	(Cont) - (B 40)	204,49	25,83	6,27	191,20	217,77	32,636	16	.000
Ζεύγος 5	(B 49) - (B&Gr 40)	-46,65	6,85	1,66	-50,17	-43,13	-28,08	16	.000
Ζεύγος 6	(B 49) - (Gr 34)	-96,91	8,14	1,98	-101,10	-92,73	-49,06	16	.000
Ζεύγος 7	(B 49) - (B 40)	-60,05	7,26	1,76	-63,78	-56,32	-34,11	16	.000
Ζεύγος 8	(B&Gr 40) - (Gr 34)	-50,26	7,48	1,81	-54,11	-46,41	-27,7	16	.000
Ζεύγος 9	(B&Gr 40) - (B 40)	-13,40	6,78	1,64	-16,89	-9,92	-8,153	16	.000
Ζεύγος 10	(Gr 34) - (B 40)	36,86	2,95	0,72	35,34	38,38	51,529	16	.000

Στον Πίνακα 13 παραθέτονται οι περατότητες στην ηλιακή ακτινοβολία και τα % ποσοστά σκίασης που παρέχουν τα χρησιμοποιούμενα δίχτυα του πειράματος και στον Πίνακα 14 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Οι τιμές των αποτελεσμάτων αυτών ήταν σε απόλυτη συμφωνία με τις εργαστηριακές μετρήσεις των οπτικών ιδιοτήτων των δικτύων σκίασης, καθώς και με τις μετρήσεις που έγιναν στον πειραματικό αγρό για την περατότητα ανά μονάδα μήκους κύματος (nm).

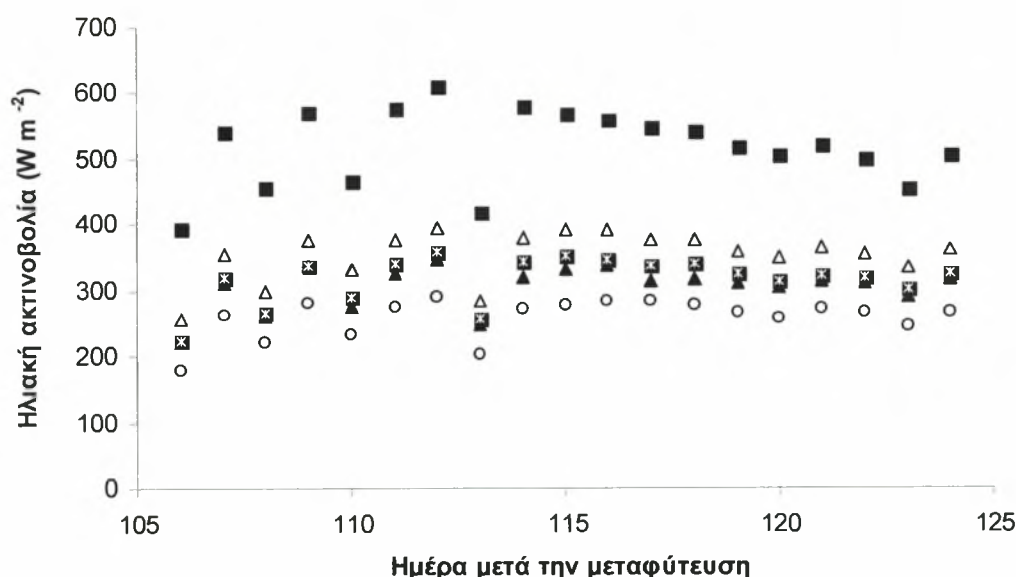
Πίνακας 13. Περατότητες στην ηλιακή ακτινοβολία και % ποσοστό σκίασης των δικτύων του πειράματος

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις	Περατότητα				Σκίαση			
	Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1 (B 49)	50,29%	17	2,12%	0,51%	49,71%	17	2,12%	0,51%
(B&Gr 40)	59,08%	17	2,38%	0,58%	40,92%	17	2,38%	0,58%
Ζεύγος 2 (B 49)	50,29%	17	2,12%	0,51%	49,71%	17	2,12%	0,51%
(B 40)	61,59%	17	2,28%	0,55%	38,41%	17	2,28%	0,55%
Ζεύγος 3 (B 49)	50,29%	17	2,12%	0,51%	49,71%	17	2,12%	0,51%
(Gr 34)	68,57%	17	2,64%	0,64%	31,43%	17	2,64%	0,64%
Ζεύγος 4 (B&Gr 40)	59,08%	17	2,38%	0,58%	40,92%	17	2,38%	0,58%
(B 40)	61,59%	17	2,28%	0,55%	38,41%	17	2,28%	0,55%
Ζεύγος 5 (B&Gr 40)	59,08%	17	2,38%	0,58%	40,92%	17	2,38%	0,58%
(Gr 34)	68,57%	17	2,64%	0,64%	31,43%	17	2,64%	0,64%
Ζεύγος 6 (B 40)	61,59%	17	2,28%	0,55%	38,41%	17	2,28%	0,55%
(Gr 34)	68,57%	17	2,64%	0,64%	31,43%	17	2,64%	0,64%

Πίνακας 14. Σύγκριση των περατοτήτων και σκιάσεων των δίχτων σκίασης

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις		Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων							Sig. (2-tailed)
		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα Εμπιστοσύνης 95% της Διαφοράς		t	B. E.	
					Κάτω όριο	Άνω όριο			
Περατότητα	Ζεύγος 1 (B 49) - (B&Gr 40)	-8,79%	1,08%	0,26%	-9,35%	-8,24%	-33,469	16	.000
	Ζεύγος 2 (B 49) - (B 40)	-11,30%	0,90%	0,22%	-11,77%	-10,84%	-51,835	16	.000
	Ζεύγος 3 (B 49) - (Gr 34)	-18,28%	1,08%	0,26%	-18,84%	-17,72%	-69,694	16	.000
	Ζεύγος 4 (B&Gr 40) - (B 40)	-2,51%	1,18%	0,29%	-3,12%	-1,90%	-8,756	16	.000
	Ζεύγος 5 (B&Gr 40) - (Gr 34)	-9,49%	1,32%	0,32%	-10,17%	-8,81%	-29,576	16	.000
	Ζεύγος 6 (B 40) - (Gr 34)	-6,98%	0,69%	0,17%	-7,33%	-6,62%	-41,508	16	.000
Σκίαση	Ζεύγος 1 (B 49) - (B&Gr 40)	8,79%	1,08%	0,26%	8,24%	9,35%	33,469	16	.000
	Ζεύγος 2 (B 49) - (B 40)	11,30%	0,90%	0,22%	10,84%	11,77%	51,835	16	.000
	Ζεύγος 3 (B 49) - (Gr 34)	18,28%	1,08%	0,26%	17,72%	18,84%	69,694	16	.000
	Ζεύγος 4 (B&Gr 40) - (B 40)	2,51%	1,18%	0,29%	1,90%	3,12%	8,756	16	.000
	Ζεύγος 5 (B&Gr 40) - (Gr 34)	9,49%	1,32%	0,32%	8,81%	10,17%	29,576	16	.000
	Ζεύγος 6 (B 40) - (Gr 34)	6,98%	0,69%	0,17%	6,62%	7,33%	41,508	16	.000

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται η επίδραση των δίχτων σκίασης στη μέση ημερήσια εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ($W m^{-2}$) για χρονικό διάστημα 19 ημερών. Η ηλιακή ακτινοβολία κάτω από τα δίχτυα σκίασης ήταν μικρότερη από την μεταχείριση χωρίς δίχτυ, σε ποσοστά ανάλογα των οπτικών ιδιοτήτων του κάθε δίχτυου:

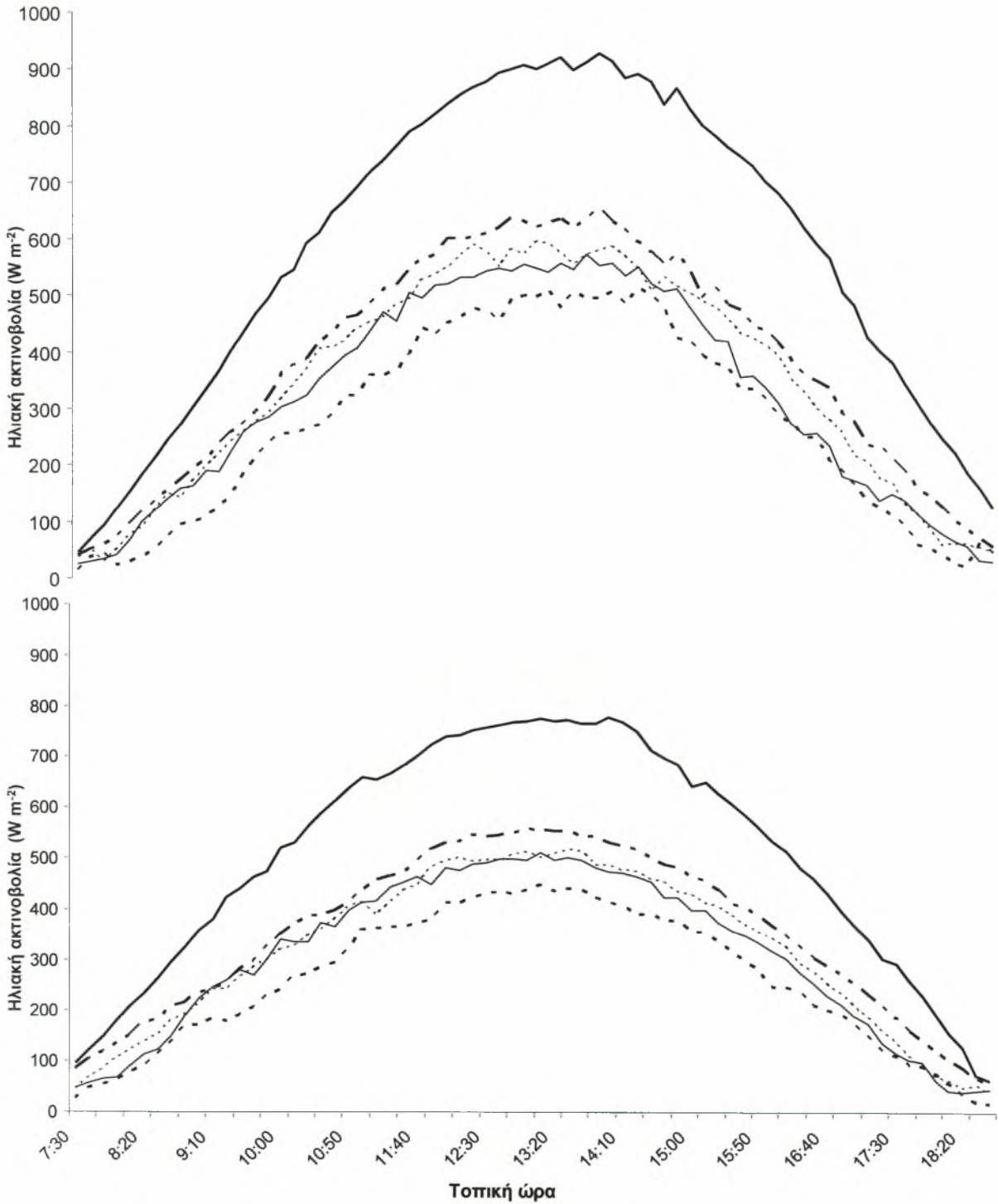
Σχήμα 9. Επίδραση των δίχτων σκίασης στη μέση ημερήσια εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ($W m^{-2}$):

■ (Cont) △ (Gr 34) ▲ (B&Gr 40) ▣ (B 40) ○ (B 49)

Στο Σχήμα 10 απεικονίζεται η επίδραση των δίχτων σκίασης στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία (305-2850nm) στο χώρο κάτω από τα δίχτυα, κατά τη διάρκεια δύο τυπικών ημερών με καθαρό ουρανό (11 & 17 Αυγούστου 2003). Και στα δύο Σχήματα φαίνεται καθαρά

πως η μείωση ηλιακής ακτινοβολίας ήταν ανάλογη της περατότητας των διχτυών, όπως αυτή υπολογίστηκε με το φασματοραδιόμετρο. Η σειρά κατάταξης των καμπυλών έχει ως εξής:

μάρτυρας > (Gr 34) > (B 40) > (B&Gr 40) > (B 49).



Σχήμα 10. Επίδραση των διχτυών σκίασης στην ένταση ($W m^{-2}$) της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (305-2850nm) κατά τη διάρκεια δύο τυπικών ημερών με καθαρό ουρανό (11 & 17 Αυγούστου 2003) :

— (Cont) - - - (Gr 34) — (B&Gr 40) ····· (B 40) - · - · (B 49)

5.3.1.2. Φωτοσυνθετικά Ενεργή Ακτινοβολία (PAR)

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της μέσης ημερήσιας εισερχόμενης φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολία ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), τριών μεταχειρίσεων μάρτυρας, (Gr 34) & (B 49) και στον Πίνακα 16 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Από τους πίνακες αυτούς προκύπτει ότι οι τιμές της εισερχόμενης φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας ήταν στατιστικά σημαντικά διαφορετικές για όλες τις μεταχειρίσεις και ότι οι διαφορές τους διατηρούνταν καθόλη τη διάρκεια της περιόδου των μετρήσεων.

Πίνακας 15. Επίδραση των δικτύων σκίασης (Gr 34) & (B 49) στη μέση ημερήσια εισερχόμενη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

		PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
		Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1	(Cont)	960,06	17	255,63	62,00
	(B 49)	434,91	17	105,23	25,52
Ζεύγος 2	(Cont)	960,06	17	255,63	62,00
	(Gr 34)	631,27	17	154,65	37,51
Ζεύγος 3	(B 49)	434,91	17	105,23	25,52
	(Gr 34)	631,27	17	154,65	37,51

Πίνακας 16. Σύγκριση της μέσης ημερήσιας εισερχόμενης φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

		Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων							
				Διάστημα Εμπιστοσύνης		t	B. E.	Sig. (2-tailed)	
Ζευγαρωτές Συγκρίσεις		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	95% της Διαφοράς				
					Κάτω όριο	Άνω όριο			
Ζεύγος 1	(Cont) - (B 49)	525,16	160,76	38,99	442,50	607,81	13,47	16	.000
Ζεύγος 2	(Cont) - (Gr 34)	328,79	102,99	24,98	275,84	381,75	13,16	16	.000
Ζεύγος 3	(B 49) - (Gr 34)	-196,36	66,87	16,22	-230,75	-161,98	-12,11	16	.000

Στον Πίνακα 17 παραθέτονται οι περατότητες και τα % ποσοστά σκίασης που παρέχουν τα χρησιμοποιούμενα δίκτυα του πειράματος στην περιοχή της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας και στον Πίνακα 18 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισής τους. Η περατότητα του (Gr 34) στην PAR ήταν 61,3%, δηλαδή 2,1% μικρότερη σε σχέση μ' εκείνη που μετρήθηκε 10cm κάτω από το δίκτυ με το φασματοραδιόμετρο. Η αντίστοιχη περατότητα του (B 49) ήταν 47,69%, ήτοι 4,6% μικρότερη από εκείνη που μετρήθηκε 10cm κάτω από το δίκτυ με το φασματοραδιόμετρο.

Πίνακας 17. Περατότητες (%) και ποσοστό σκίασης, στην περιοχή της PAR των διχτών σκίασης (Gr 34) & (B 49).

		Περατότητα				Σκίαση			
		Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1	(Gr 34)	61,31%	17	4,13%	1,00%	38,69%	17	4,13%	1,00%
	(B 49)	47,69%	17	12,12%	2,94%	52,31%	17	12,12%	2,94%

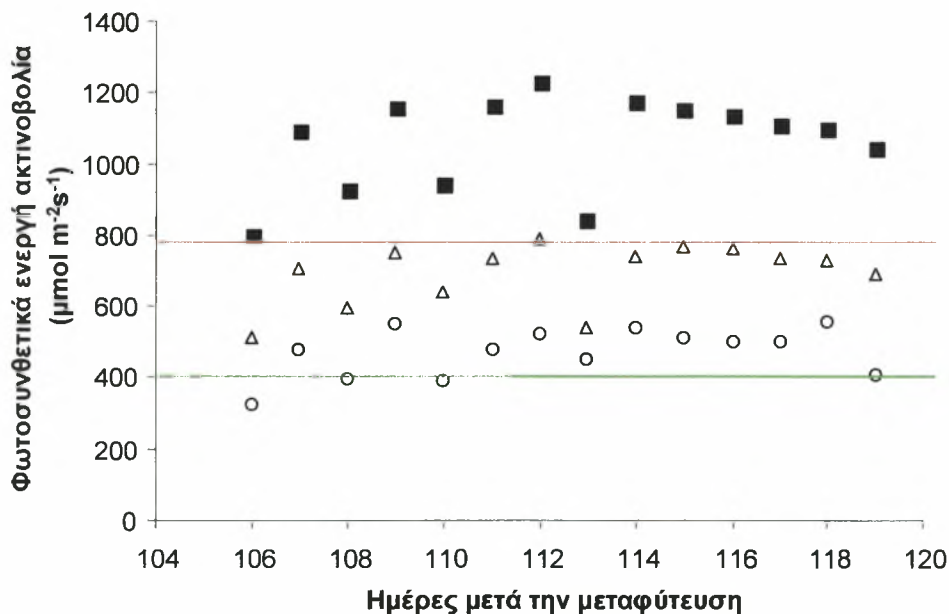
Πίνακας 18. Σύγκριση των περατοτήτων και σκιάσεων, στην περιοχή της PAR των διχτών σκίασης (Gr 34) & (B 49).

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις	Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων							Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα Εμπιστοσύνης 95% της Διαφοράς		t	B. E.	
				Κάτω όριο	Άνω όριο			
Ζεύγος 1 * (Gr 34) - (B 49)	13,63%	15,92%	3,86%	5,44%	21,81%	3,53	16	.003
Ζεύγος 2 ** (Gr 34) - (B 49)	-13,63%	15,92%	3,86%	-21,81%	-5,44%	-3,53	16	.003

* Περατότητα (%)

** Σκίαση (%)

Στο Σχήμα 11 παρουσιάζεται η επίδραση των διχτών σκίασης στη μέση ημερήσια εισερχόμενη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) για χρονικό διάστημα 14 ημερών. Οι μετρήσεις της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας για τα δύο δίχτυα βρίσκονται εντός της ζώνης που ορίζουν το άνω όριο φωτοσυνθετικού κορεσμού (—) και το κάτω όριο εξασφάλισης καλής αύξησης και ανάπτυξης (—) για φυτά τομάτας (Benton Jones, 1999):



Σχήμα 11. Επίδραση δύο διχτών σκίασης στη μέση ημερήσια εισερχόμενη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$):

(—) ελάχιστο όριο για εξασφάλιση καλής αύξησης & ανάπτυξης

(—) μέγιστο όριο φωτοσυνθετικού κορεσμού

■ (Cont)

Δ (Gr 34)

○ (B 49)

Στο Σχήμα 12 απεικονίζεται η επίδραση δυο δικτύων σκίασης στην ενέργεια της εισερχόμενης φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας σε σχέση με τον μάρτυρα κατά τη διάρκεια μιας τυπικής ημέρας με καθαρό ουρανό (11 Αυγούστου 2003). Και στα δύο Σχήματα (11&12) φαίνεται καθαρά πως η μείωση της εισερχόμενης φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας ήταν ανάλογη της περατότητας των δικτύων σ' αυτή, όπως αυτή υπολογίστηκε με το φασματοραδιόμετρο. Η σειρά κατάταξης των καμπυλών έχει ως εξής:

$$\text{μάρτυρας} > (\text{Gr } 34) > (\text{B } 49).$$



Σχήμα 12. Επίδραση δύο δικτύων σκίασης στην φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) κατά τη διάρκεια μιας τυπικής ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα) με καθαρό ουρανό (11 Αυγούστου 2003):

— (Cont)

- - - (Gr 34)

. . . . (B 49)

5.3.2. Θερμοκρασία, Σχετική Υγρασία & Έλλειμμα Κορεσμού Αέρα

Τα κλιματικά δεδομένα όλων των μεταχειρίσεων, τα οποία καταγράφονταν καθόλη τη διάρκεια του 24-ώρου, συγκρίθηκαν ανά δύο μεταξύ τους, μέσω του “Paired-Samples T- test”, ώστε να μειωθεί ο χρονικός (εποχιακός) παράγοντας. Τα δεδομένα αυτά αφορούσαν τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τ’ αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων για όλη τη διάρκεια του 24-ώρου και κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα). Επίσης, καταγράφηκε και η θερμοκρασία τυπικών φύλλων, από την μέση του μήκους του στελέχους φυτών του *μάρτυρα* και της μεταχείρισης με δίχτυ σκίασης (*B 49*). Έτσι έγινε μια εκτίμηση της επίδρασης της σκίασης στη θερμοκρασία του φυλλώματος καθώς και στο έλλειμμα κορεσμού μεταξύ καλλιέργειας-αέρα κατά τη διάρκεια του 24-ώρου αλλά και κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας (11:00 έως 17:00).

5.3.2.1. Διάρκεια 24-ώρου

5.3.2.1.1. Θερμοκρασία αέρα 24-ώρου

Στον *Πίνακα 19* παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της θερμοκρασίας του αέρα κάθε μεταχείρισης καθ’ όλη τη διάρκεια του 24-ώρου και στον *Πίνακα 20* τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Από τον *Πίνακα 20* παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία αέρα του *μάρτυρα* ήταν πάντοτε στατιστικά μεγαλύτερη από όλες τις μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης από 0,19°C έως 0,40°C, αναλόγως του δικτύου που χρησιμοποιήθηκε. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι όσο αυξάνονταν το ποσοστό σκίασης τόσο μικρότερη θερμοκρασία αέρα καταγραφόταν. Αυτό καταδεικνύεται και από τις ζευγαρωτές συγκρίσεις των μεταξύ των δικτύων θερμοκρασιών. Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία αέρα 24-ώρου αντιστοιχούσε στον *μάρτυρα* (26,06°C) και η χαμηλότερη στο (*B 49*) (25,65°C). Οι θερμοκρασίες της μεταχείρισης του *μάρτυρα* συμφωνούσαν και με τα επίσημα κλιματικά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της περιοχής (*Σχήμα 7*).

Ωστόσο, οι παραπάνω στατιστικά χαμηλότερες θερμοκρασίες των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης ήταν ελάχιστα μικρότερες από εκείνες του *μάρτυρα* (0,19°C έως 0,40°C) και ως εκ τούτου θεωρείται ότι δεν μπορούν να έχουν κάποια επίδραση επί των σκιασμένων φυτών. Σημειώνεται επίσης ότι η ευαισθησία των οργάνων για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ήταν $\pm 0,7$ °C. Αυτό σημαίνει ότι αξιόπιστες μπορούν να θεωρούνται μόνο διαφορές καταγραφόμενων θερμοκρασιών έξω από το εύρος αυτό.

Πίνακας 19. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του αέρα κάθε μεταχείρισης, καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου

	Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1 (Cont) Temp	26,06	10574	4,57	4,45E-02
(B 49) Temp	25,65	10574	4,73	4,60E-02
Ζεύγος 2 (Cont) Temp	26,06	10574	4,57	4,45E-02
(B&Gr 40) Temp	25,83	10574	4,74	4,61E-02
Ζεύγος 3 (Cont) Temp	26,06	10574	4,57	4,45E-02
(Gr 34) Temp	25,86	10574	4,86	4,73E-02
Ζεύγος 4 (Cont) Temp	26,06	10574	4,57	4,45E-02
(B 40) Temp	25,85	10574	4,72	4,59E-02
Ζεύγος 5 (B 49) Temp	25,65	10574	4,73	4,60E-02
(B&Gr 40) Temp	25,83	10574	4,74	4,61E-02
Ζεύγος 6 (B 49) Temp	25,65	10574	4,73	4,60E-02
(Gr 34) Temp	25,86	10574	4,86	4,73E-02
Ζεύγος 7 (B 49) Temp	25,65	10574	4,73	4,60E-02
(B 40) Temp	25,85	10574	4,72	4,59E-02
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) Temp	25,83	10574	4,74	4,61E-02
(Gr 34) Temp	25,86	10574	4,86	4,73E-02
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) Temp	25,83	10574	4,74	4,61E-02
(B 40) Temp	25,85	10574	4,72	4,59E-02
Ζεύγος 10 (Gr 34) Temp	25,86	10574	4,86	4,73E-02
(B 40) Temp	25,85	10574	4,72	4,59E-02

Πίνακας 20. Σύγκριση θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του αέρα κάθε μεταχείρισης, καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις	Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων						t	B. E.	Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα Εμπιστοσύνης					
				95% της Διαφοράς Κάτω όριο	Άνω όριο				
Ζεύγος 1 (Cont) Temp - (B 49) Temp	0,41	0,36	0,0035	0,40	0,41	116,787	10573	.000	
Ζεύγος 2 (Cont) Temp - (B&Gr 40) Temp	0,23	0,38	0,0037	0,22	0,24	62,611	10573	.000	
Ζεύγος 3 (Cont) Temp - (Gr 34) Temp	0,19	0,51	0,0049	0,18	0,20	39,137	10573	.000	
Ζεύγος 4 (Cont) Temp - (B 40) Temp	0,21	0,40	0,0039	0,20	0,22	53,639	10573	.000	
Ζεύγος 5 (B 49) Temp - (B&Gr 40) Temp	-0,18	0,35	0,0034	-0,18	-0,17	-52,193	10573	.000	
Ζεύγος 6 (B 49) Temp - (Gr 34) Temp	-0,21	0,43	0,0042	-0,22	-0,20	-50,423	10573	.000	
Ζεύγος 7 (B 49) Temp - (B 40) Temp	-0,20	0,42	0,0041	-0,20	-0,19	-48,429	10573	.000	
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) Temp - (Gr 34) Temp	-0,04	0,29	0,0028	-0,04	-0,03	-13,054	10573	.000	
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) Temp - (B 40) Temp	-0,02	0,27	0,0027	-0,03	-0,02	-7,605	10573	.000	
Ζεύγος 10 (Gr 34) Temp - (B 40) Temp	0,02	0,28	0,0027	0,01	0,02	5,941	10573	.000	

5.3.2.1.2. Σχετική υγρασία αέρα 24-ώρου

Στον Πίνακα 21 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της σχετικής υγρασίας (RH %) κάθε μεταχείρισης καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου και στον Πίνακα 22 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Από τον Πίνακα 22 παρατηρούμε ότι η σχετική υγρασία του μάρτυρα ήταν πάντοτε στατιστικά μικρότερη από όλες τις μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης από 3,42% έως 6,37%, αναλόγως του δικτύου που χρησιμοποιείται. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι όσο αυξάνονταν το ποσοστό σκίασης τόσο μεγαλύτερη σχετική υγρασία καταγραφόταν, εκτός του (B 49) που ήταν 3,42% μεγαλύτερη από του μάρτυρα. Αυτό καταδεικνύεται και από τις ζευγαρωτές συγκρίσεις των σχετικών υγρασιών, μεταξύ των δικτύων σκίασης. Η υψηλότερη μέση σχετική

υγρασία 24-ώρου αντιστοιχούσε στα (B 40) και (Gr 34) (54,40%) και η χαμηλότερη στον μάρτυρα (48,03%). Σημειώνεται ότι η ευαισθησία των οργάνων για την μέτρηση της σχετικής υγρασίας του αέρα ήταν $\pm 5\%$. Αυτό σημαίνει ότι αξιόπιστες μπορούν να θεωρούνται μόνο διαφορές καταγραφόμενων σχετικών υγρασιών έξω από το εύρος αυτό. Επομένως μπορεί να ειπωθεί ότι παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στη σχετική υγρασία του αέρα μόνο στις μεταχειρίσεις (B&Gr 40), (B 40) και (Gr 34). Σ' αυτές η σχετική υγρασία του αέρα ήταν 5,54% για το (B&Gr 40) και 6,37%, για τα (B 40) και (Gr 34), μεγαλύτερη από του μάρτυρα. Για την μεταχείριση με το δίχτυ (B 49) δεν μπορούμε να πούμε με ασφάλεια αν διαφέρει από τον μάρτυρα.

Πίνακας 21. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα σχετικής υγρασίας (RH, %) του αέρα κάθε μεταχείρισης, καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου

		Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1	(Cont) RH	48,03	10574	16,87	1,64E-01
	(B 49) RH	51,46	10574	17,53	1,71E-01
Ζεύγος 2	(Cont) RH	48,03	10574	16,87	1,64E-01
	(B&Gr 40) RH	53,57	10574	16,40	1,60E-01
Ζεύγος 3	(Cont) RH	48,03	10574	16,87	1,64E-01
	(Gr 34) RH	54,40	10574	16,73	1,63E-01
Ζεύγος 4	(Cont) RH	48,03	10574	16,87	1,64E-01
	(B 40) RH	54,40	10574	16,73	1,63E-01
Ζεύγος 5	(B 49) RH	51,46	10574	17,53	1,71E-01
	(B&Gr 40) RH	53,57	10574	16,40	1,60E-01
Ζεύγος 6	(B 49) RH	51,46	10574	17,53	1,71E-01
	(Gr 34) RH	54,40	10574	16,73	1,63E-01
Ζεύγος 7	(B 49) RH	51,46	10574	17,53	1,71E-01
	(B 40) RH	54,40	10574	16,73	1,63E-01
Ζεύγος 8	(B&Gr 40) RH	53,57	10574	16,40	1,60E-01
	(Gr 34) RH	54,40	10574	16,73	1,63E-01
Ζεύγος 9	(B&Gr 40) RH	53,57	10574	16,40	1,60E-01
	(B 40) RH	54,40	10574	16,73	1,63E-01
Ζεύγος 10 ^a	(Gr 34) RH	54,40	10574	16,73	1,63E-01
	(B 40) RH	54,40	10574	16,73	1,63E-01

^a Η σύγκριση των μέσων όρων δεν έγινε διότι είναι ίσοι.

Πίνακας 22. Σύγκριση Σχετικής Υγρασίας (RH (%)) του αέρα κάθε μεταχείρισης, καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις	Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων							Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα Εμπιστοσύνης 95% της Διαφοράς		t	B. E.	
				Κάτω όριο	Άνω όριο			
Ζεύγος 1 (Cont) RH - (B 49) RH	-3,43	1,69	0,0164	-3,46	-3,40	-209,022	10573	.000
Ζεύγος 2 (Cont) RH - (B&Gr 40) RH	-5,54	2,01	0,0196	-5,58	-5,50	-282,777	10573	.000
Ζεύγος 3 (Cont) RH - (Gr 34) RH	-6,37	2,15	0,0210	-6,41	-6,33	-304,14	10573	.000
Ζεύγος 4 (Cont) RH - (B 40) RH	-6,37	2,15	0,0210	-6,41	-6,33	-304,14	10573	.000
Ζεύγος 5 (B 49) RH - (B&Gr 40) RH	-2,11	2,26	0,0220	-2,16	-2,07	-96,052	10573	.000
Ζεύγος 6 (B 49) RH - (Gr 34) RH	-2,94	2,33	0,0226	-2,99	-2,90	-130,122	10573	.000
Ζεύγος 7 (B 49) RH - (B 40) RH	-2,94	2,33	0,0226	-2,99	-2,90	-130,122	10573	.000
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) RH - (Gr 34) RH	-0,83	1,29	0,0125	-0,86	-0,81	-66,267	10573	.000
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) RH - (B 40) RH	-0,83	1,29	0,0125	-0,86	-0,81	-66,267	10573	.000

5.3.2.1.3. Έλλειμμα κορεσμού υδρατμών αέρα 24-ώρου

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα του ελλείμματος κορεσμού του αέρα (*VPD* (kPa)) κάθε μεταχείρισης καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου και στον Πίνακα 16 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Από τον Πίνακα 16 παρατηρούμε ότι το έλλειμμα κορεσμού του αέρα του μάρτυρα ήταν πάντοτε στατιστικά μεγαλύτερο από όλες τις μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης από 0,14kPa έως 0,26kPa αναλόγως του δικτύου που χρησιμοποιήθηκε. Αυτό καταδεικνύεται και από τις ζευγαρωτές συγκρίσεις του ελλείμματος κορεσμού, μεταξύ των δικτύων σκίασης. Το υψηλότερο μέσο έλλειμμα κορεσμού αέρα κατά τη διάρκεια του 24-ώρου αντιστοιχούσε στο μάρτυρα (1,93kPa) και το χαμηλότερο στο (B 40) (1,67kPa). Η σειρά κατάταξης ήταν:

$$\text{μάρτυρας} > (B\ 49) > (B\&Gr\ 40) > (Gr\ 34) > (B\ 40).$$

Πίνακας 23. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα ελλείμματος κορεσμού (*VPD* (kPa)) του αέρα κάθε μεταχείρισης, καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου

		Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1	(Cont) <i>VPD</i>	1,93	10574	1,00	9,77E-03
	(B 49) <i>VPD</i>	1,78	10574	1,00	9,73E-03
Ζεύγος 2	(Cont) <i>VPD</i>	1,93	10574	1,00	9,77E-03
	(B&Gr 40) <i>VPD</i>	1,72	10574	0,96	9,35E-03
Ζεύγος 3	(Cont) <i>VPD</i>	1,93	10574	1,00	9,77E-03
	(Gr 34) <i>VPD</i>	1,71	10574	0,98	9,57E-03
Ζεύγος 4	(Cont) <i>VPD</i>	1,93	10574	1,00	9,77E-03
	(B 40) <i>VPD</i>	1,67	10574	0,97	9,48E-03
Ζεύγος 5	(B 49) <i>VPD</i>	1,78	10574	1,00	9,73E-03
	(B&Gr 40) <i>VPD</i>	1,72	10574	0,96	9,35E-03
Ζεύγος 6	(B 49) <i>VPD</i>	1,78	10574	1,00	9,73E-03
	(Gr 34) <i>VPD</i>	1,71	10574	0,98	9,57E-03
Ζεύγος 7	(B 49) <i>VPD</i>	1,78	10574	1,00	9,73E-03
	(B 40) <i>VPD</i>	1,67	10574	0,97	9,48E-03
Ζεύγος 8	(B&Gr 40) <i>VPD</i>	1,72	10574	0,96	9,35E-03
	(Gr 34) <i>VPD</i>	1,71	10574	0,98	9,57E-03
Ζεύγος 9	(B&Gr 40) <i>VPD</i>	1,72	10574	0,96	9,35E-03
	(B 40) <i>VPD</i>	1,67	10574	0,97	9,48E-03
Ζεύγος 10	(Gr 34) <i>VPD</i>	1,71	10574	0,98	9,57E-03
	(B 40) <i>VPD</i>	1,67	10574	0,97	9,48E-03

Πίνακας 24. Σύγκριση ελλείμματος κορεσμού (*VPD* (kPa)) του αέρα κάθε μεταχείρισης, καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις	Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων							
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα Εμπιστοσύνης 95% της Διαφοράς		t	B. E.	Sig. (2-tailed)
				Κάτω όριο	Άνω όριο			
Ζεύγος 1 (Cont) <i>VPD</i> - (B 49) <i>VPD</i>	0,15	0,07	0,0007	0,15	0,15	205,116	10573	.000
Ζεύγος 2 (Cont) <i>VPD</i> - (B&Gr 40) <i>VPD</i>	0,21	0,10	0,0010	0,21	0,21	213,517	10573	.000
Ζεύγος 3 (Cont) <i>VPD</i> - (Gr 34) <i>VPD</i>	0,23	0,11	0,0011	0,22	0,23	213,567	10573	.000
Ζεύγος 4 (Cont) <i>VPD</i> - (B 40) <i>VPD</i>	0,26	0,11	0,0010	0,26	0,26	252,818	10573	.000
Ζεύγος 5 (B 49) <i>VPD</i> - (B&Gr 40) <i>VPD</i>	0,06	0,10	0,0009	0,06	0,06	66,936	10573	.000
Ζεύγος 6 (B 49) <i>VPD</i> - (Gr 34) <i>VPD</i>	0,08	0,10	0,0010	0,08	0,08	79,935	10573	.000
Ζεύγος 7 (B 49) <i>VPD</i> - (B 40) <i>VPD</i>	0,11	0,11	0,0010	0,11	0,11	110,587	10573	.000
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) <i>VPD</i> - (Gr 34) <i>VPD</i>	0,02	0,07	0,0006	0,01	0,02	24,695	10573	.000
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) <i>VPD</i> - (B 40) <i>VPD</i>	0,05	0,06	0,0006	0,05	0,05	80,373	10573	.000
Ζεύγος 10 (Gr 34) <i>VPD</i> - (B 40) <i>VPD</i>	0,03	0,06	0,0006	0,03	0,04	59,57	10573	.000

5.3.2.2. Διάρκεια Ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

5.3.2.2.1. Θερμοκρασία ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

Στον Πίνακα 25 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του αέρα κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα) και στον Πίνακα 26 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Από τον Πίνακα 26 παρατηρούμε ότι οι διαφορές των καταγεγραμμένων θερμοκρασιών του μάρτυρα από τις αντίστοιχες των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης ήταν πολύ μικρές (-0,08 έως 0,31). Ως εκ τούτου μπορεί με ασφάλεια να διατυπωθεί το συμπέρασμα ότι τα δίχτυα σκίασης δεν έχουν καμία επίδραση επί της θερμοκρασίας του αέρα.

Πίνακας 25. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του αέρα κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

	Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1 (Cont) Temp	29,62	5487	2,80	3,78E-02
(B 49) Temp	29,31	5487	2,97	4,01E-02
Ζεύγος 2 (Cont) Temp	29,62	5487	2,80	3,78E-02
(B&Gr 40) Temp	29,56	5487	2,89	3,90E-02
Ζεύγος 3 (Cont) Temp	29,62	5487	2,80	3,78E-02
(Gr 34) Temp	29,70	5487	3,02	4,08E-02
Ζεύγος 4 (Cont) Temp	29,62	5487	2,80	3,78E-02
(B 40) Temp	29,57	5487	2,91	3,92E-02
Ζεύγος 5 (B 49) Temp	29,31	5487	2,97	4,01E-02
(B&Gr 40) Temp	29,56	5487	2,89	3,90E-02
Ζεύγος 6 (B 49) Temp	29,31	5487	2,97	4,01E-02
(Gr 34) Temp	29,70	5487	3,02	4,08E-02
Ζεύγος 7 (B 49) Temp	29,31	5487	2,97	4,01E-02
(B 40) Temp	29,57	5487	2,91	3,92E-02
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) Temp	29,56	5487	2,89	3,90E-02
(Gr 34) Temp	29,70	5487	3,02	4,08E-02
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) Temp	29,56	5487	2,89	3,90E-02
(B 40) Temp	29,57	5487	2,91	3,92E-02
Ζεύγος 10 (Gr 34) Temp	29,70	5487	3,02	4,08E-02
(B 40) Temp	29,57	5487	2,91	3,92E-02

Πίνακας 26. Σύγκριση θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του αέρα κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις	Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων							Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα		t	B. E.	
				Εμπιστοσύνης 95% της Διαφοράς				
				Κάτω όριο	Άνω όριο			
Ζεύγος 1 (Cont) Temp - (B 49) Temp	0,31	0,37	0,0050	0,30	0,32	61,293	5486	.000
Ζεύγος 2 (Cont) Temp - (B&Gr 40) Temp	0,06	0,38	0,0051	0,05	0,07	12,569	5486	.000
Ζεύγος 3 (Cont) Temp - (Gr 34) Temp	-0,08	0,50	0,0068	-0,09	-0,06	-11,182	5486	.000
Ζεύγος 4 (Cont) Temp - (B 40) Temp	0,05	0,39	0,0053	0,04	0,06	10,22	5486	.000
Ζεύγος 5 (B 49) Temp - (B&Gr 40) Temp	-0,24	0,36	0,0049	-0,25	-0,23	-49,7	5486	.000
Ζεύγος 6 (B 49) Temp - (Gr 34) Temp	-0,38	0,41	0,0055	-0,39	-0,37	-69,628	5486	.000
Ζεύγος 7 (B 49) Temp - (B 40) Temp	-0,25	0,39	0,0053	-0,26	-0,24	-47,941	5486	.000
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) Temp - (Gr 34) Temp	-0,14	0,29	0,0039	-0,15	-0,13	-35,947	5486	.000
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) Temp - (B 40) Temp	-0,01	0,25	0,0033	-0,02	0,00	-3,077	5486	.002
Ζεύγος 10 (Gr 34) Temp - (B 40) Temp	0,13	0,28	0,0038	0,12	0,14	34,309	5486	.000

5.3.2.2.2. Σχετική υγρασία ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

Στον Πίνακα 27 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της σχετικής υγρασίας (RH, %) κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα) και στον Πίνακα 28 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Από τον Πίνακα 28 παρατηρούμε ότι οι διαφορές των καταγεγραμμένων σχετικών υγρασιών του μάρτυρα ήταν από τις αντίστοιχες των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης μικρότερες από 3,10% έως 6,22%. Δεδομένου ότι η ευαισθησία των οργάνων για την μέτρηση της σχετικής υγρασίας του αέρα ήταν $\pm 5\%$, μπορεί να ειπωθεί ότι τα δίχτυα σκίασης (Gr 34), (B&Gr 40), και (B 40) αύξησαν τη σχετική υγρασία του αέρα κατά 5,69%, 6,22% και 6,22% αντίστοιχα. Για το δίχτυ (B 49) (+3,10%) δεν μπορούμε με ασφάλεια να καταλήξουμε για την επίδρασή του επί της σχετικής υγρασίας του αέρα.

Πίνακας 27. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα σχετικής υγρασίας (RH, %) του αέρα κάθε μεταχείρισης, κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

		Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1	(Cont) RH	38,02	5487	11,45	1,55E-01
	(B 49) RH	41,12	5487	12,47	1,68E-01
Ζεύγος 2	(Cont) RH	38,02	5487	11,45	1,55E-01
	(B&Gr 40) RH	43,71	5487	11,85	1,60E-01
Ζεύγος 3	(Cont) RH	38,02	5487	11,45	1,55E-01
	(Gr 34) RH	44,24	5487	12,07	1,63E-01
Ζεύγος 4	(Cont) RH	38,02	5487	11,45	1,55E-01
	(B 40) RH	44,24	5487	12,07	1,63E-01
Ζεύγος 5	(B 49) RH	41,12	5487	12,47	1,68E-01
	(B&Gr 40) RH	43,71	5487	11,85	1,60E-01
Ζεύγος 6	(B 49) RH	41,12	5487	12,47	1,68E-01
	(Gr 34) RH	44,24	5487	12,07	1,63E-01
Ζεύγος 7	(B 49) RH	41,12	5487	12,47	1,68E-01
	(B 40) RH	44,24	5487	12,07	1,63E-01
Ζεύγος 8	(B&Gr 40) RH	43,71	5487	11,85	1,60E-01
	(Gr 34) RH	44,24	5487	12,07	1,63E-01
Ζεύγος 9	(B&Gr 40) RH	43,71	5487	11,85	1,60E-01
	(B 40) RH	44,24	5487	12,07	1,63E-01
Ζεύγος 10 ^a	(Gr 34) RH	44,24	5487	12,07	1,63E-01
	(B 40) RH	44,24	5487	12,07	1,63E-01

^a Η σύγκριση των μέσων όρων δεν έγινε διότι είναι ίσοι.

Πίνακας 28. Σύγκριση Σχετικής Υγρασίας (RH (%)) του αέρα κάθε μεταχείρισης, κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

Ζευγαρωτές Συγκρίσεις	Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων						t	B. E.	Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα Εμπιστοσύνης					
				95% της Διαφοράς Κάτω όριο	Άνω όριο				
Ζεύγος 1 (Cont) RH - (B 49) RH	-3,10	1,82	0,0246	-3,14	-3,05	-126,04	5486	.000	
Ζεύγος 2 (Cont) RH - (B&Gr 40) RH	-5,69	1,96	0,0265	-5,74	-5,64	-214,672	5486	.000	
Ζεύγος 3 (Cont) RH - (Gr 34) RH	-6,22	2,13	0,0288	-6,27	-6,16	-215,791	5486	.000	
Ζεύγος 4 (Cont) RH - (B 40) RH	-6,22	2,13	0,0288	-6,27	-6,16	-215,791	5486	.000	
Ζεύγος 5 (B 49) RH - (B&Gr 40) RH	-2,59	2,20	0,0297	-2,65	-2,53	-87,341	5486	.000	
Ζεύγος 6 (B 49) RH - (Gr 34) RH	-3,12	2,16	0,0292	-3,18	-3,06	-106,915	5486	.000	
Ζεύγος 7 (B 49) RH - (B 40) RH	-3,12	2,16	0,0292	-3,18	-3,06	-106,915	5486	.000	
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) RH - (Gr 34) RH	-0,53	1,42	0,0192	-0,57	-0,49	-27,554	5486	.000	
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) RH - (B 40) RH	-0,53	1,42	0,0192	-0,57	-0,49	-27,554	5486	.000	

5.3.2.2.3. Έλλειμμα κορεσμού υδρατμών ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

Στον Πίνακα 29 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα του ελλείμματος κορεσμού (VPD (kPa)) κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα) και στον Πίνακα 30 τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης ανά ζεύγος των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης. Από τον Πίνακα 30 παρατηρούμε ότι το έλλειμμα κορεσμού του μάρτυρα ήταν πάντοτε στατιστικά μεγαλύτερο από όλες τις μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης από 0,16 kPa έως 0,28 kPa αναλόγως του διχτυού που χρησιμοποιήθηκε. Το υψηλότερο μέσο έλλειμμα κορεσμού της ημέρας αντιστοιχούσε στον μάρτυρα (2,66 kPa) και το χαμηλότερο στο (B 40) (2,37 kPa). Η σειρά κατάταξης ήταν :

$$\text{μάρτυρας} > (B\ 49) > (Gr\ 34) > (B\&Gr\ 40) > (B\ 40)$$

Πίνακας 29. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα ελλείμματος κορεσμού (VPD (kPa)) του αέρα κάθε μεταχείρισης, κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

	Μέσος Όρος	N	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Ζεύγος 1 (Cont) VPD	2,66	5487	0,76	1,03E-02
(B 49) VPD	2,49	5487	0,79	1,07E-02
Ζεύγος 2 (Cont) VPD	2,66	5487	0,76	1,03E-02
(B&Gr 40) VPD	2,41	5487	0,76	1,02E-02
Ζεύγος 3 (Cont) VPD	2,66	5487	0,76	1,03E-02
(Gr 34) VPD	2,42	5487	0,78	1,05E-02
Ζεύγος 4 (Cont) VPD	2,66	5487	0,76	1,03E-02
(B 40) VPD	2,37	5487	0,77	1,05E-02
Ζεύγος 5 (B 49) VPD	2,49	5487	0,79	1,07E-02
(B&Gr 40) VPD	2,41	5487	0,76	1,02E-02
Ζεύγος 6 (B 49) VPD	2,49	5487	0,79	1,07E-02
(Gr 34) VPD	2,42	5487	0,78	1,05E-02
Ζεύγος 7 (B 49) VPD	2,49	5487	0,79	1,07E-02
(B 40) VPD	2,37	5487	0,77	1,05E-02
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) VPD	2,41	5487	0,76	1,02E-02
(Gr 34) VPD	2,42	5487	0,78	1,05E-02
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) VPD	2,41	5487	0,76	1,02E-02
(B 40) VPD	2,37	5487	0,77	1,05E-02
Ζεύγος 10 (Gr 34) VPD	2,42	5487	0,78	1,05E-02
(B 40) VPD	2,37	5487	0,77	1,05E-02

Πίνακας 30. Σύγκριση ελλείμματος κορεσμού (VPD (kPa)) του αέρα κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

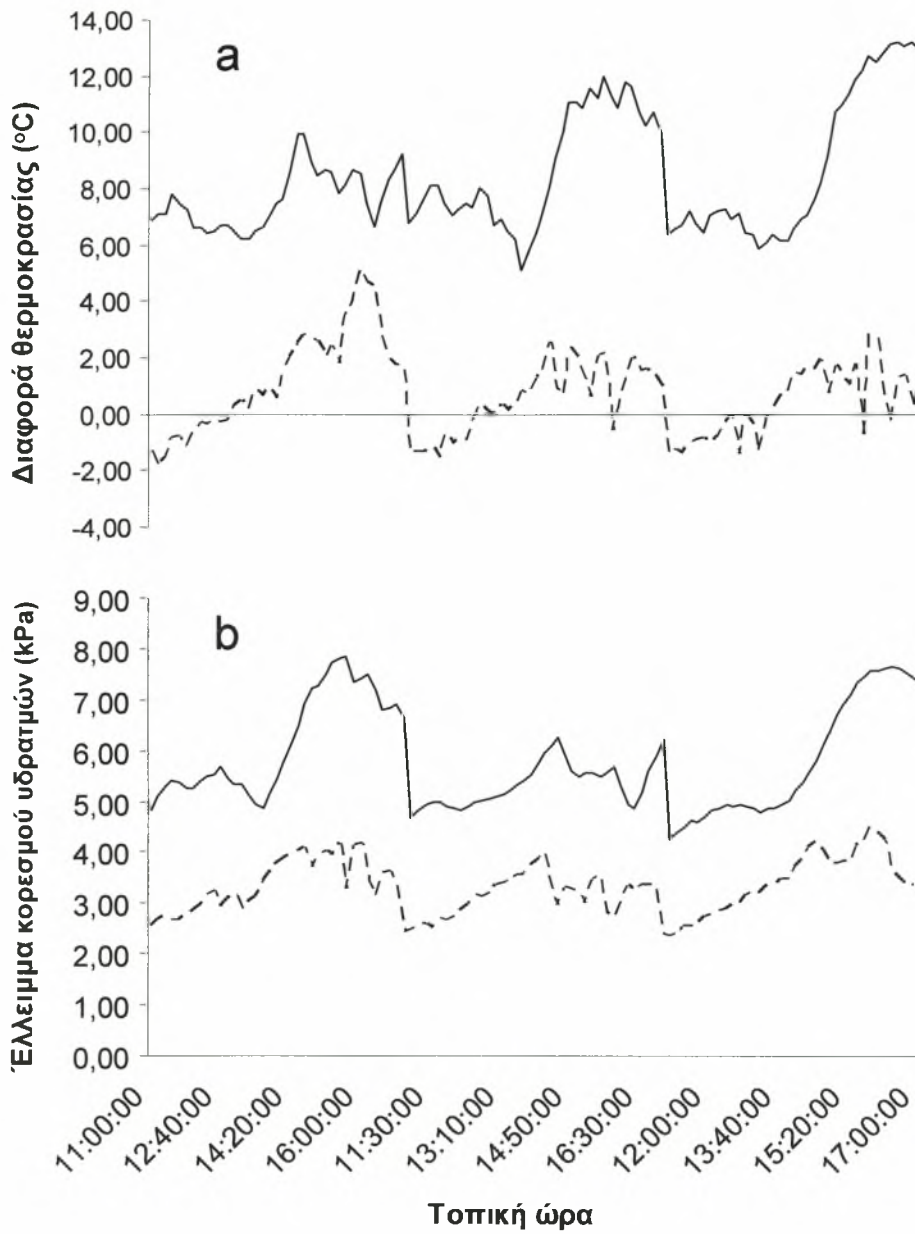
Ζευγαρωτές Συγκρίσεις	Διαφορές Ζευγαρωτών Συγκρίσεων							Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Διάστημα Εμπιστοσύνης 95% της Διαφοράς		t	B. E.	
				Κάτω όριο	Άνω όριο			
Ζεύγος 1 (Cont) VPD - (B 49) VPD	0,16	0,09	0,0012	0,16	0,16	137,291	5486	.000
Ζεύγος 2 (Cont) VPD - (B&Gr 40) VPD	0,24	0,11	0,0014	0,24	0,25	169,972	5486	.000
Ζεύγος 3 (Cont) VPD - (Gr 34) VPD	0,24	0,12	0,0016	0,24	0,24	148,176	5486	.000
Ζεύγος 4 (Cont) VPD - (B 40) VPD	0,29	0,11	0,0015	0,28	0,29	191,301	5486	.000
Ζεύγος 5 (B 49) VPD - (B&Gr 40) VPD	0,08	0,11	0,0015	0,08	0,08	55,099	5486	.000
Ζεύγος 6 (B 49) VPD - (Gr 34) VPD	0,08	0,11	0,0015	0,08	0,08	52,847	5486	.000
Ζεύγος 7 (B 49) VPD - (B 40) VPD	0,12	0,11	0,0015	0,12	0,13	81,649	5486	.000
Ζεύγος 8 (B&Gr 40) VPD - (Gr 34) VPD	0,00	0,08	0,0011	0,00	0,00	-2,528	5486	.012
Ζεύγος 9 (B&Gr 40) VPD - (B 40) VPD	0,04	0,07	0,0010	0,04	0,05	43,83	5486	.000
Ζεύγος 10 (Gr 34) VPD - (B 40) VPD	0,05	0,08	0,0010	0,04	0,05	45,256	5486	.000

5.3.2.3. Διαφορά Θερμοκρασίας & Έλλειμμα Κορεσμού Καλλιέργειας-Αέρα

Η διαφορά θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα και το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα και είναι πολύ σημαντικές παράμετροι, διότι αυτές ρυθμίζουν τις φυσιολογικές λειτουργίες (διαπνοή, φωτοσύνθεση) της καλλιέργειας, καθορίζοντας σε μεγάλο βαθμό τις ανταλλαγές ενέργειας και μάζας μεταξύ της καλλιέργειας και του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό έγινε ο υπολογισμός αυτών των δύο μεταβλητών.

Στο *Σχήμα 9* παρουσιάζεται η επίδραση ενός διχτυού σκίασης (*B 49*) στη διαφορά θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα (a) και στο έλλειμμα κορεσμού μεταξύ καλλιέργειας-αέρα (b) κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών (11:00 έως 17:00) τριών τυπικών ημερών (7-8&9 / Ιουλίου 2003). Από το *Σχήμα 9a* συμπεραίνεται ότι η σκίαση επιτρέπει την διατήρηση μικρών διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ φύλλου και αέρα (μέχρι +4°C στη χειρότερη περίπτωση). Αντίθετα, η θερμοκρασία του φυλλώματος των φυτών του *μάρτυρα* μπορεί ν' ανέβει μέχρι και 12 °C πάνω από τη θερμοκρασία αέρα. Στο *Σχήμα 9b* απεικονίζεται το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα. Στα φυτά κάτω από το δίχτυ σκίασης το έλλειμμα ήταν περίπου το μισό ($\approx 4kPa$), σε σχέση με τα φυτά του *μάρτυρα* ($\approx 8kPa$).

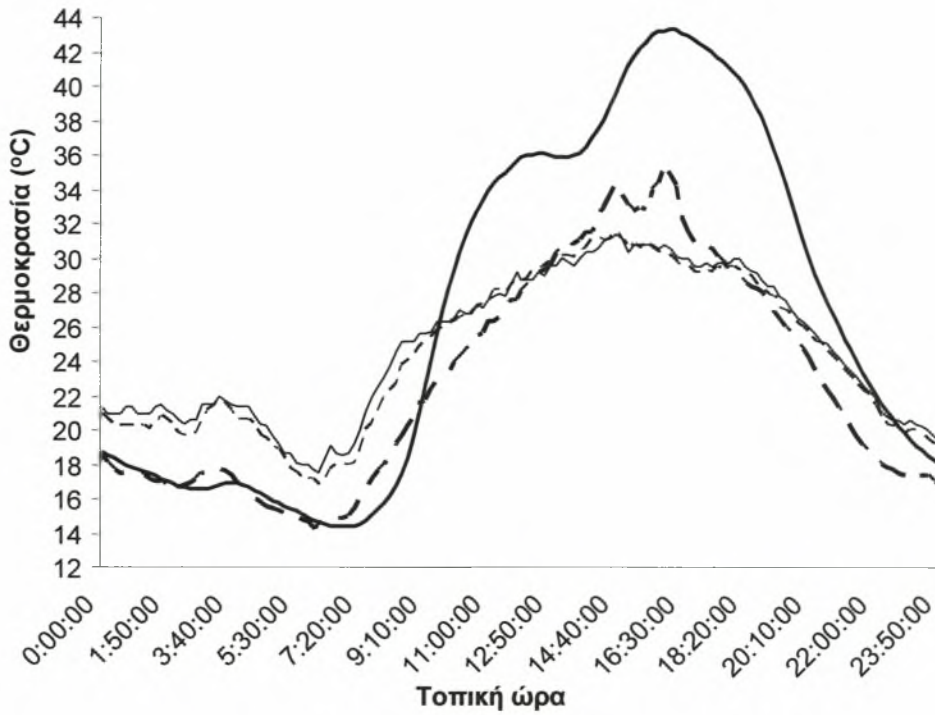
Στο *Σχήμα 10* παρουσιάζεται η επίδραση του ίδιου διχτυού σκίασης (*B 49*) στη θερμοκρασία αέρα και στη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια όλου του 24-ώρου μιας τυπικής ημέρας (9 / 07 / 2003). Επιλέχθηκε αυτή η ημέρα γιατί κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας (11:00 έως 17:00) η διαφορά θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα έφτασε τους 12 °C. Στο *Σχήμα* αυτό παρατηρείται ότι η θερμοκρασία αέρα έφτασε σε μια μέγιστη τιμή των 31 °C και για τις δύο μεταχειρίσεις, ενώ η θερμοκρασία φυλλώματος έφτασε τους 43 °C και τους 34 °C, για τα φυτά του *μάρτυρα* και του (*B 49*) αντίστοιχα. Από τη θερμοκρασία του αέρα γίνεται αντιληπτό ότι τη συγκεκριμένη ημέρα δεν επικρατούσαν ακραίες συνθήκες. Ωστόσο, η μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία ήταν αρκετή ν' ανεβάσει τη θερμοκρασία του φυλλώματος σε επικίνδυνα για τη φυσιολογία του φυτού επίπεδα ($>35^{\circ}C$).



Σχήμα 13. Επίδραση του διχτού σκίασης στη διαφορά θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα (a) και στο έλλειμμα κορεσμού (b) μεταξύ καλλιέργειας-αέρα κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών (11:00 έως 17:00), τριών τοπικών ημερών (7-8-9 / 07 / 2003):

— (Cont)

---- (B 49)



Σχήμα 14. Επίδραση του δικτυού σκίασης στη θερμοκρασία αέρα και στη θερμοκρασία φύλλου κατά τη διάρκεια του 24-ώρου μιας τυπικής ημέρας (09/07/2003):

— (Cont) Θερμοκρασία αέρα - - - - (B 49) Θερμοκρασία αέρα
 — (Cont) Θερμοκρασία καλλιέργειας - - (B 49) Θερμοκρασία καλλιέργειας

Βιολογικό μέρος

5.4. Μη καταστροφικές Αγρονομικές Μετρήσεις**5.4.1. Φυλλική Επιφάνεια****5.4.1.1. Συσχέτιση Διαστάσεων Φύλλων & Φυλλικής Επιφάνειας**

Στα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά για τις καταστροφικές μετρήσεις εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση και υπολογίστηκε η σχέση που συνδέει το γινόμενο *ΜήκοςxΠλάτος* κάθε φύλλου με τη φυλλική του επιφάνεια. Η σχέση ήταν διαφορετική για κάθε είδος μεταχείρισης και ήταν της μορφής: $y = a + b \cdot x$. Έγινε έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης για τα a, b ($H_0: a=0; b=0$) κάθε σχέσης και αναλόγως της σημαντικότητας (sig.) απορρίπτονταν (sig. < 0.05) ή γινόταν δεκτή (sig. \geq 0.05) η H_0 τόσο για το συντελεστή b του x όσο και για τη σταθερά a της σχέσης.

1. Μάρτυρας:

Για τα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά του *μάρτυρα*, η σχέση που περιγράφει τη φυλλική επιφάνεια συναρτήσει του γινομένου *ΜήκοςxΠλάτος* του φύλλου ήταν: $y = -1.7 \cdot 10^{-3} + 0.3304 \cdot x$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.948$. Η σημαντικότητα του b ήταν sig.=0.00 < 0.05 επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το a sig.=0.134 > 0.05 και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης.

2. Μεταχείριση με δίχτυ σκίασης (B 49):

Για τα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά του (B 49), η σχέση που περιγράφει τη φυλλική επιφάνεια συναρτήσει του γινομένου *ΜήκοςxΠλάτος* του φύλλου ήταν: $y = -8.22 \cdot 10^{-3} + 0.4117 \cdot x$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.885$. Η σημαντικότητα του b ήταν sig.=0.00 < 0.05 επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το a sig.=0.986 > 0.05 και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης.

3. Μεταχείριση με δίχτυ σκίασης (B&Gr 40):

Για τα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά του (B&Gr 40), η σχέση που περιγράφει τη φυλλική επιφάνεια συναρτήσει του γινομένου *ΜήκοςxΠλάτος* του φύλλου ήταν: $y = -1.09 \cdot 10^{-2} + 0.3919 \cdot x$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.860$. Η σημαντικότητα του b ήταν sig.=0.00 < 0.05 επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το a sig.=0.513 > 0.05 και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης.

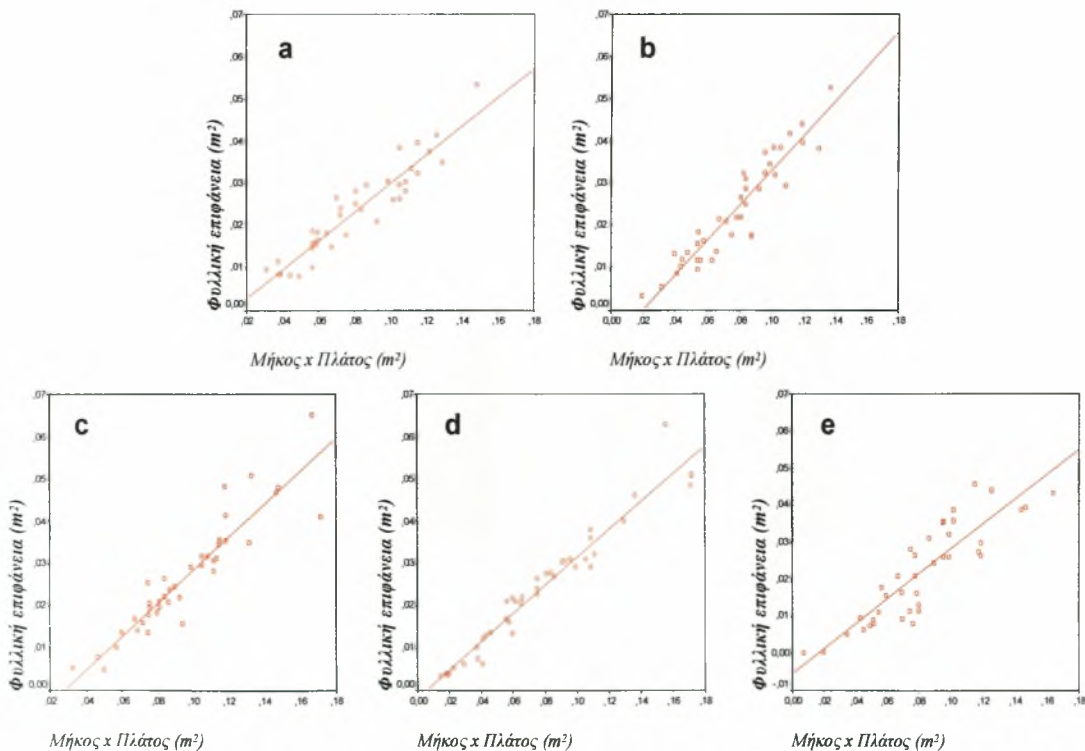
4. Μεταχείριση με δίχτυ σκίασης (B 40):

Για τα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά του (B 40), η σχέση που περιγράφει τη φυλλική επιφάνεια συναρτήσεϊ του γινομένου *ΜήκοςxΠλάτος* του φύλλου ήταν: $y = -3.94 \cdot 10^{-3} + 0.339 \cdot x$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.885$. Η σημαντικότητα του b ήταν $\text{sig.} = 0.00 < 0.05$ επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το a $\text{sig.} = 0.095 > 0.05$ και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης.

5. Μεταχείριση με δίχτυ σκίασης (Gr 34):

Για τα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα φυτά του (Gr 34), η σχέση που περιγράφει τη φυλλική επιφάνεια συναρτήσεϊ του γινομένου *ΜήκοςxΠλάτος* του φύλλου ήταν: $y = -5.63 \cdot 10^{-2} + 0.337 \cdot x$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.758$. Η σημαντικότητα του b ήταν $\text{sig.} = 0.00 < 0.05$ επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το a $\text{sig.} = 0.839 > 0.05$ και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης.

Στο Σχήμα 15 παρουσιάζονται τα διαγράμματα της γραμμικής παλινδρόμησης γινομένου *ΜήκοςxΠλάτος* με τη φυλλική επιφάνεια κάθε φύλλου, για όλες τις μεταχειρίσεις.

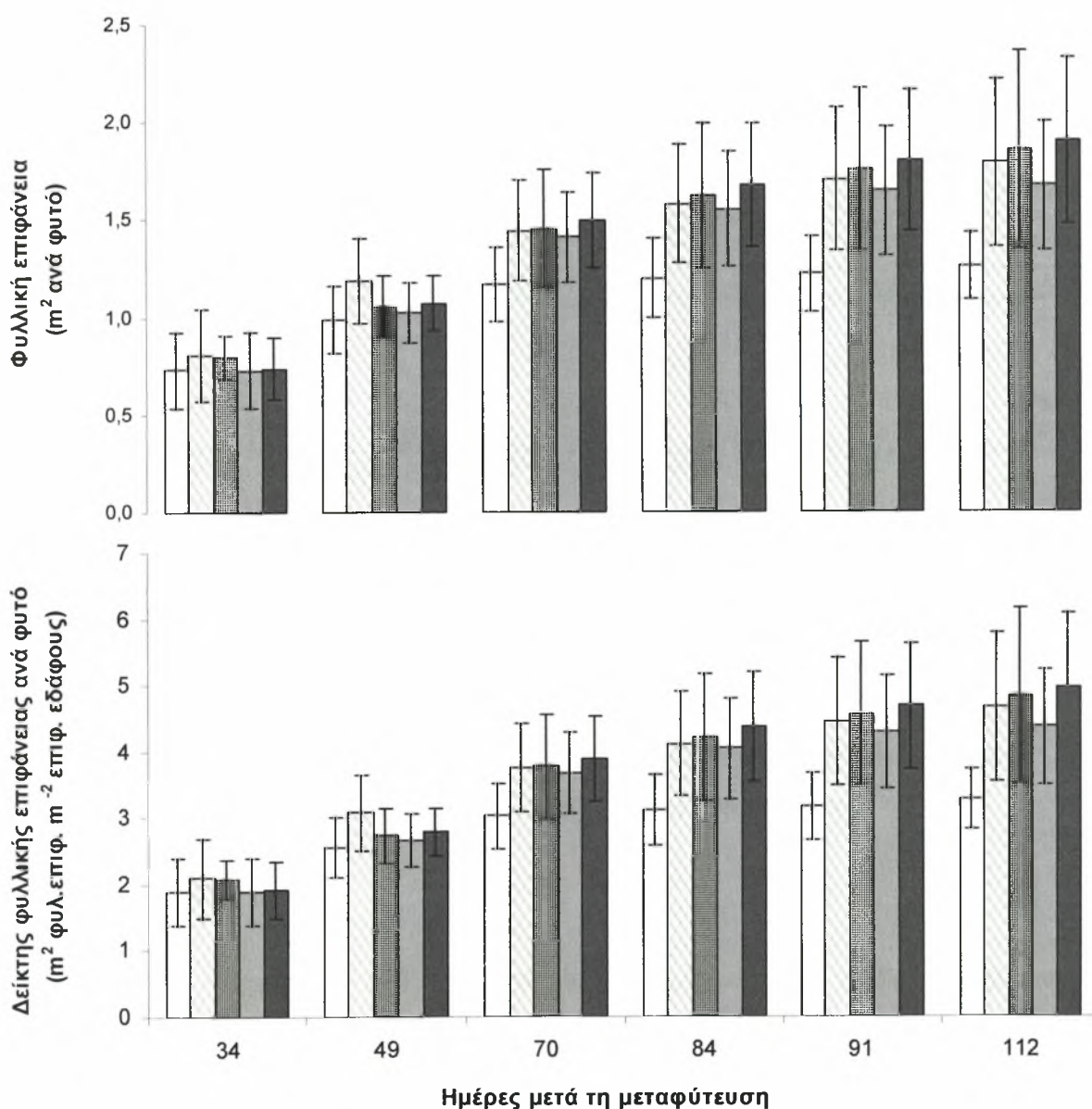


Σχήμα 15. Γραμμική παλινδρόμηση γινομένου *ΜήκοςxΠλάτος* με τη φυλλική επιφάνεια κάθε φύλλου, όλες τις μεταχειρίσεις: $a = (B\ 40)$, $b = (B\ 49)$, $c = (B\ \&\ Gr\ 40)$, $d = \text{μάρτυρας}$, $e = (Gr\ 34)$.

για

5.4.1.2. Υπολογισμός Φυλλικής Επιφάνειας

Μετά την εφαρμογή των μοντέλων, που προαναφέρθηκαν, στις μετρήσεις των διαστάσεων των φύλλων κάθε φυτού και για κάθε ημερομηνία μετρήσεων αύξησης και ανάπτυξης αυτών, υπολογίστηκε ο μέσος όρος ανά φυτό της φυλλικής επιφάνειας ($L. A. m^2$ ανά φυτό) και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας ($L. A. I. m^2 m^{-2}$ ανά φυτό), για κάθε μεταχείριση. Υπενθυμίζεται ότι η πυκνότητα φύτευσης ήταν $2,6$ φυτά m^{-2} . Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται η επίδραση της σκίασης στην εξέλιξη με το χρόνο των παραπάνω παραμέτρων:



Σχήμα 16. Επίδραση της σκίασης στην εξέλιξη με το χρόνο της φυλλικής επιφάνειας (επάνω σειρά) και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (κάτω σειρά) ανά φυτό για την κάθε μεταχείριση:

□ (Cont)

□ (Gr 34)

■ (B&Gr 40)

■ (B 40)

■ (B 49)

Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.) και του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.) των πειραματικών φυτών, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων στις 84, 91 και 112 ημέρες μετά τη μεταφύτευση (Days After Transplanting (D.A.T.)). Η σύγκριση με το κριτήριο Duncan έδειξε ότι οι μέσοι όροι της φυλλικής επιφάνειας και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας πειραματικών φυτών που αναπτύσσονταν κάτω από τα τέσσερα δίχτυα σκίασης, διέφεραν στατιστικά σημαντικά σε σχέση με το μέσο όρο των φυτών του μάρτυρα και τις τρεις ημέρες μετά τη μεταφύτευση, κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις (84, 91 και 112 D.A.T.). Στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους των φυτών που βρίσκονταν κάτω από δίχτυ σκίασης δεν παρατηρήθηκαν (Πίνακας 31).

Πίνακας 31. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων φυλλικής επιφάνειας (L.A.) και δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) για κάθε μεταχείριση και για τις ημέρες μετά την μεταφύτευση (D.A.T.) 84, 91 και 112.

Μεταχείριση N	L. A.			L. A. I.			
	D. A. T. 84	D. A. T. 91	D. A. T. 112	D. A. T. 84	D. A. T. 91	D. A. T. 112	
(Cont)	8	1,20 ^a	1,22 ^a	1,26 ^a	3,12 ^a	3,18 ^a	3,26 ^a
(Gr 34)	7	1,58 ^b	1,71 ^b	1,79 ^b	4,10 ^b	4,44 ^b	4,66 ^b
(B & Gr 40)	9	1,62 ^b	1,75 ^b	1,86 ^b	4,21 ^b	4,56 ^b	4,82 ^b
(B 40)	7	1,55 ^b	1,65 ^b	1,67 ^b	4,04 ^b	4,28 ^b	4,35 ^b
(B 49)	7	1,68 ^b	1,80 ^b	1,90 ^b	4,36 ^b	4,68 ^b	4,95 ^b

a, b Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

5.4.1.3. Αριθμός Φύλλων & Μέσος Όρος Διαστάσεων Φύλλων

Κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί κατά πόσο η αυξημένη φυλλική επιφάνεια των φυτών των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης οφείλεται σε μεγαλύτερο αριθμό φύλλων (μήκους >20cm) ή σε μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο κατά την ημέρα μέτρησης.

5.4.1.3.1. Αριθμός φύλλων

Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του αριθμού φύλλων των πειραματικών φυτών, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων στις 84, 91 και 112 ημέρες μετά την μεταφύτευση (Πίνακας 32). Η σύγκριση με το κριτήριο Duncan έδειξε ότι την 84^η ημέρα μετά την μεταφύτευση ο μέσος όρος του αριθμού των φύλλων των φυτών του μάρτυρα διέφερε στατιστικά σημαντικά από τους μέσους όρους των (B 40), (B&Gr 40) και (B 49), ενώ ο μέσος όρος των φυτών του (Gr 34) δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά με καμία από τις μεταχειρίσεις. Στις 91 και 112 ημέρες μετά την μεταφύτευση οι μέσοι

όροι των φυτών που αναπτύσσονταν κάτω και από τα τέσσερα δίχτυα σκίασης διέφεραν στατιστικά σημαντικά σε σχέση με το μέσο όρο των φυτών του μάρτυρα. Διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους των φυτών που βρίσκονταν κάτω από δίχτυ σκίασης δεν παρατηρήθηκαν.

Πίνακας 32. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων Αριθμού Φύλλων για κάθε μεταχείριση και για την 84^η 91^η και 112^η ημέρα μετά την μεταφύτευση (D.A.T.).

Μεταχείριση	N	Αριθμός Φύλλων ανά Φυτό		
		D. A. T. 84	D. A. T. 91	D. A. T. 112
(Cont)	8	39,25 ^a	41,38 ^a	44,88 ^a
(Gr 34)	7	45,86 ^{ab}	51,86 ^b	57,14 ^b
(B & Gr 40)	9	49,44 ^b	54,43 ^b	60,89 ^b
(B 40)	7	49,86 ^b	55,56 ^b	56,71 ^b
(B 49)	7	49,29 ^b	53,43 ^b	58,43 ^b

^{a,b} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

$P = 0,05$

5.4.1.3.2. Μέσος όρος διαστάσεων φύλλων

Τα φυτά μια ημέρα πριν από την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης βρίσκονταν στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης, διότι η στατιστική ανάλυση για την 49^η ημέρα μετά την μεταφύτευση έδειξε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο για τον αριθμό των φύλλων όσο και για τη φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο. Επομένως, ό,τι διαφορές μπορεί να παρατηρήθηκαν μετά από την ημερομηνία εγκατάστασης των δικτύων σκίασης σίγουρα δεν θα οφειλόταν σε διαφορές ανάπτυξης πριν απ' αυτήν. Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του αριθμού φύλλων των πειραματικών φυτών, για την 112^η ημέρα μετά την μεταφύτευση προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Ο μέσος όρος του συνολικού αριθμού των φύλλων όλων των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης που σχηματίστηκαν μέχρι και την 112^η ημέρα μετά την μεταφύτευση, διέφερε στατιστικά σημαντικά από τον αντίστοιχο μέσο όρο των φυτών του μάρτυρα.

Στη συνέχεια εξετάστηκε ο αριθμός των φύλλων που σχηματίστηκαν μετά την ημερομηνία εγκατάστασης των δικτύων σκίασης (Νέα Φύλλα). Από τη σύγκριση αυτών των μέσων όρων ανά φυτό κάθε μεταχείρισης με το κριτήριο Duncan προέκυψαν τρεις κατηγορίες μέσων όρων που διέφεραν στατιστικά σημαντικά (Πίνακας 33). Οι μέσοι όροι των φυτών που αναπτύσσονταν κάτω από το (Gr 34) και το (B 40) ήταν στατιστικά μικρότεροι από εκείνους των φυτών που αναπτύσσονταν κάτω από το (B&Gr 40) και το (B 49) και στατιστικά μεγαλύτεροι από εκείνον των φυτών του μάρτυρα. Όσον αφορά τη μέση φυλλική επιφάνεια των νέων φύλλων παρατηρήθηκαν δύο στατιστικά διαφορετικές ομάδες μέσων όρων. Οι μέσοι όροι των φυτών του μάρτυρα και εκείνων που αναπτύσσονταν κάτω από το (Gr 34) διέφεραν στατιστικά σημαντικά από εκείνους των φυτών του (B&Gr 40), του (B 40) και του (B 49) (Πίνακας 33).

Στον Πίνακα 33 παρουσιάζεται και η επίδραση της σκίασης επί των διαστάσεων (Μήκος & Πλάτος) και του σχήματος (Μήκος : Πλάτος) των φύλλων που σχηματίστηκαν μετά την ημερομηνία εγκατάστασης των δικτύων σκίασης (Νέα Φύλλα). Από τη σύγκριση των μέσων όρων ανά φύλλο ανά φυτό κάθε μεταχείρισης με το κριτήριο Duncan δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Επομένως τα δίχτυα σκίασης προκάλεσαν αύξηση της φυλλικής επιφάνειας ανά φύλλο χωρίς όμως να επηρεάζουν τις διαστάσεις και το σχήμα αυτών.

Πίνακας 33. Συνολικός αριθμός φύλλων ανά φυτό. Αριθμός σχηματισθέντων φύλλων μετά την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης (Νέα Φύλλα). Φυλλική επιφάνεια (L.A.) ανά φύλλο νέων φύλλων. Διαστάσεις νέων φύλλων Ημέρα μέτρησης: 112^η ημέρα μετά την μεταφύτευση.

Μεταχείριση	N	Αριθμός Φύλλων		L.A. ²
		Συνολικός	Νέων Φύλλων ¹	Νέων Φύλλων ¹
(Cont)	8	44,88 ^a	18,38 ^a	138,96 ^a
(Gr 34)	7	57,14 ^b	25,86 ^b	177,60 ^{ab}
(B & Gr 40)	9	60,89 ^b	32,11 ^c	203,22 ^b
(B 40)	7	56,71 ^b	25,29 ^b	193,12 ^b
(B 49)	7	58,43 ^b	29,57 ^c	227,15 ^b

Μεταχείριση	N	Διαστάσεις Νέων Φύλλων ¹		
		Μήκος (cm)	Πλάτος (cm)	Μήκος : Πλάτος
(Cont)	8	26,28 ^a	19,49 ^a	1,31 ^a
(Gr 34)	7	26,53 ^a	19,80 ^a	1,36 ^a
(B & Gr 40)	9	26,63 ^a	20,14 ^a	1,36 ^a
(B 40)	7	26,89 ^a	21,57 ^a	1,37 ^a
(B 49)	7	26,18 ^a	19,27 ^a	1,26 ^a

^{a,b,c} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

¹ Μέσος όρος φύλλων που σχηματίστηκαν μετά την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης

² Μέσος όρος φυλλικής επιφάνειας (cm²) φύλλων που σχηματίστηκαν μετά την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης

5.4.2. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης

Στον Πίνακα 34 περιγράφεται η επίδραση της σκίασης σε διάφορα μορφολογικά χαρακτηριστικά κατά την τελευταία ημέρα μη καταστροφικών μετρήσεων (112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση). Αυτός ο πίνακας παρουσιάζεται για να αποκτήσει ο αναγνώστης πλήρη εικόνα της μορφολογίας των φυτών όλων των μεταχειρίσεων την τελευταία ημέρα μη καταστροφικών μετρήσεων. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στον αριθμό των ταξιανθιών του δευτερεύοντος στελέχους, όπου τα φυτά των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης υπερέχουν από 1,86 έως 2,71 ταξιανθίες έναντι των φυτών του μάρτυρα. Φαίνεται να υπάρχει μια υπεροχή των πιο αραιών έναντι των πυκνότερα πλεγμένων δικτύων, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική.

Πίνακας 34. Επίδραση της σκίασης σε μορφολογικές παραμέτρους των φυτών την 112^η ημέρα μετά την μεταφύτευση.

Μεταχείριση	L. A. I. ¹	Αριθμός Φύλλων ¹	Αριθμός Φύλλων ²	Αριθμός Ταξιανθιών ²	Αριθμός Κόμβων ²	Μήκος Στελέχους (cm) ²	Μήκος	
							Μεσογονατίων Διαστημάτων (cm) ²	
Κυρίως Στελέχος	(Cont)	1,86 ^a	26,00 ^a	30,86 ^a	7,86 ^a	38,71 ^a	144,28 ^a	3,73 ^a
	(Gr 34)	2,59 ^b	31,14 ^b	33,86 ^a	9,00 ^a	42,86 ^a	179,14 ^b	4,18 ^a
	(B & Gr 40)	2,76 ^b	34,11 ^b	35,00 ^a	9,22 ^a	44,22 ^a	189,78 ^b	4,29 ^a
	(B 40)	2,52 ^b	32,14 ^b	34,71 ^a	9,29 ^a	44,00 ^a	184,14 ^b	4,19 ^a
	(B 49)	2,77 ^b	33,00 ^b	36,86 ^a	10,00 ^a	46,86 ^a	198,71 ^b	4,24 ^a
Δευτερεύον Στελέχος	(Cont)	1,45 ^a	18,88 ^a	25,00 ^a	4,86 ^a	29,86 ^a	115,43 ^a	3,87 ^a
	(Gr 34)	2,06 ^b	26,29 ^b	28,71 ^a	7,57 ^b	36,29 ^a	154,43 ^b	4,26 ^a
	(B & Gr 40)	2,06 ^b	26,78 ^b	26,78 ^a	6,89 ^b	33,67 ^a	159,22 ^b	4,73 ^a
	(B 40)	1,84 ^b	24,57 ^b	27,57 ^a	7,00 ^b	34,57 ^a	158,00 ^b	4,57 ^a
	(B 49)	2,18 ^b	25,43 ^b	29,57 ^a	6,71 ^b	36,29 ^a	159,14 ^b	4,39 ^a
Κυρίως & Δευτερεύον Στελέχος	(Cont)	3,30 ^a	44,88 ^a	55,86 ^a	12,71 ^a	68,57 ^a		3,79 ^a
	(Gr 34)	4,66 ^b	57,14 ^b	62,57 ^a	16,57 ^a	79,14 ^a		4,21 ^a
	(B & Gr 40)	4,82 ^b	60,89 ^b	61,78 ^a	16,11 ^a	77,89 ^a		4,48 ^a
	(B 40)	4,35 ^b	56,71 ^b	62,29 ^a	16,29 ^a	78,57 ^a		4,35 ^a
	(B 49)	4,95 ^b	58,43 ^b	66,43 ^a	16,71 ^a	83,14 ^a		4,30 ^a

¹ Στον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν μόνο όσα φύλλα έχουν μήκος > 20 cm

² Στον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν όλα τα παρόντα φύλλα και όλες οι παρούσες ταξιανθίες.

^{a,b} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

P = 0,05

Όλα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που καταγράφηκαν όλες τις ημέρες μη καταστροφικών μετρήσεων υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση για κάθε ημέρα μέτρησης ξεχωριστά.. Όμως, λόγω του πλήθους των αποτελεσμάτων στα αμέσως επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζεται η εξέλιξη με το χρόνο μόνο εκείνων των χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και μόνο την ημέρα μετρήσεων κατά την οποία καταγράφηκαν αυτές οι διαφορές.

5.4.2.1. Μήκος Στελεχών

Από την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων του μήκους του κυρίως στελέχους των φυτών όλων των μεταχειρίσεων προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές την 70^η, 84^η, 91^η και 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Η σύγκριση με το κριτήριο Duncan έδειξε ότι την 70^η και την 84^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση ο μέσος όρος του μήκους των φυτών του μάρτυρα δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από εκείνων που σκιαζόταν από το (Gr 34), ενώ διέφερε στατιστικά σημαντικά από εκείνων που σκιαζόταν από τα (B&Gr 40), (B 40) και (B 49) (Πίνακας 35). Την 91^η και την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση οι μέσοι όροι των φυτών που αναπτύσσονταν κάτω από όλα τα δίχτυα σκίασης διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τον μέσο όρο των φυτών του μάρτυρα.

Πίνακας 35. Επίδραση της σκίασης στο μήκος του κυρίως στελέχους σε ημέρες μετά την μεταφύτευση (D.A.T.) κατά τις οποίες παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Μεταχείριση	N	Μήκος κυρίως στελέχους (cm)			
		D. A. T. 70	D. A. T. 84	D. A. T. 91	D. A. T. 112
(Cont)	7	126,29 ^a	131,86 ^a	138,29 ^a	144,28 ^a
(Gr 34)	7	138,29 ^{ab}	152,43 ^{ab}	163,00 ^b	179,14 ^b
(B&Gr 40)	9	148,50 ^b	166,67 ^b	176,33 ^b	189,78 ^b
(B 40)	7	149,86 ^b	169,14 ^b	177,14 ^b	184,14 ^b
(B 49)	7	152,14 ^b	172,57 ^b	184,57 ^b	198,71 ^b

^{a,b} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

Όσον αφορά το μήκος του δευτερεύοντος στελέχους, στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν μόνο την 91^η και την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση (Πίνακας 36). Πράγματι οι μέσοι όροι των φυτών που αναπτύσσονταν κάτω από όλα τα δίχτυα σκίασης διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τον μέσο όρο των φυτών του μάρτυρα. Οι μέσοι όροι των φυτών των μεταχειρίσεων με δίχτυ δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Το μήκος του δευτερεύοντος στελέχους των φυτών που αναπτύσσονταν κάτω από τα δίχτυα κυμαινόταν την 91^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση από 136,22 έως 143,38cm έναντι 105cm των φυτών του μάρτυρα. Την 112^η το μήκος του δευτερεύοντος στελέχους των σκιασμένων φυτών κυμαινόταν την από 149,33 έως 161,29cm έναντι 124,50cm των φυτών του μάρτυρα.

Πίνακας 36. Επίδραση της σκίασης στο μήκος του δευτερεύοντος στελέχους την 91^η & 112^η ημέρα μετά την μεταφύτευση (D.A.T.).

Μεταχείριση	N	Μήκος δευτερεύοντος στελέχους (cm)	
		D. A. T. 91	D. A. T. 112
(Cont)	7	105,00 ^a	124,50 ^a
(Gr 34)	7	136,22 ^b	149,33 ^b
(B&Gr 40)	9	136,75 ^b	151,11 ^b
(B 40)	7	143,38 ^b	159,22 ^b
(B 49)	7	142,33 ^b	161,29 ^b

^{a,b} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

5.4.2.2. Μεσογονάτια Διαστήματα

Για το μήκος των μεσογονατίων μόνο για την 91 ημέρα μετά τη μεταφύτευση προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Μετά την σύγκριση των μέσων όρων με το κριτήριο Duncan, προέκυψαν τρεις κατηγορίες μέσων όρων που διέφεραν στατιστικά σημαντικά (Πίνακας 37). Οι μέσοι όροι των φυτών που αναπτύσσονταν κάτω από το (Gr 34) (4,23cm) ήταν στατιστικά μικρότεροι από εκείνους των φυτών που αναπτύσσονταν

κάτω από τα υπόλοιπα δίχτυα (4,42 - 4,54cm) και στατιστικά μεγαλύτεροι από εκείνους των φυτών του μάρτυρα (3,96cm).

Πίνακας 37. Μεσογονάτια διαστήματα την ημέρα μετά την μεταφύτευση (D.A.T.) κατά την οποία παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Μεταχείριση	N	Μεσογονάτια διαστήματα (cm)	
		D. A. T. 91	
(Cont)	7	3,96 ^a	
(Gr 34)	7	4,23 ^b	
(B & Gr 40)	9	4,54 ^c	
(B 40)	7	4,42 ^c	
(B 49)	7	4,47 ^c	

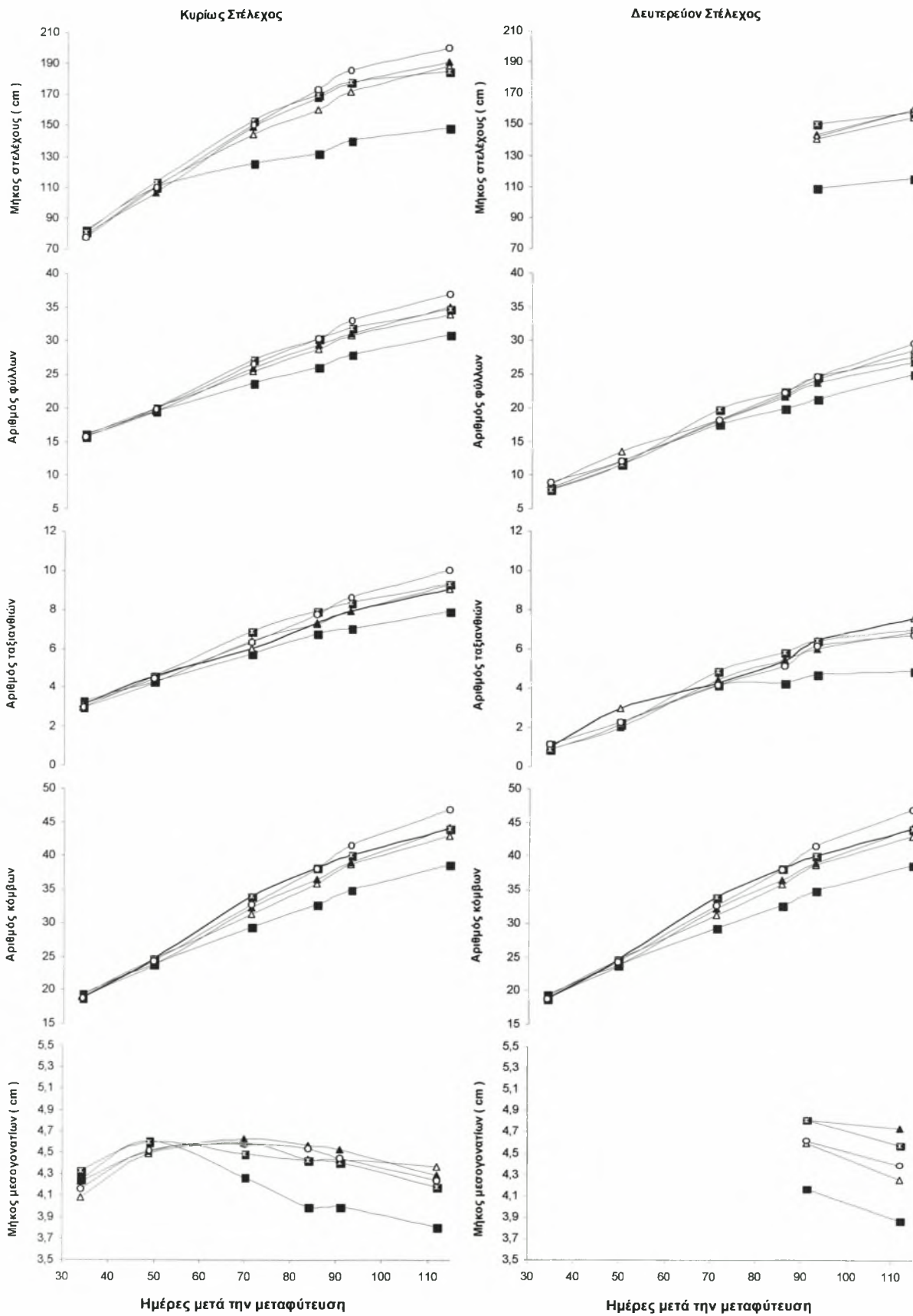
^{a,b,c} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

$P = 0,05$

Πέρα όμως από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων για τον αριθμό των αναπαραγωγικών και βλαστικών οργάνων, τα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 17) καταγράφουν μια σαφή τάση υστέρησης του αριθμού αυτού για τα φυτά του μάρτυρα, έναντι εκείνων που αναπτύσσονταν σε συνθήκες μερικής σκίασης. Συγκεκριμένα, καταγράφεται μία ελαφρά υπεροχή την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση κατά τρία περίπου φύλλα και κατά μία περίπου ταξιανθία των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από το (B 49) έναντι εκείνων των υπολοίπων δικτύων. Η αντίστοιχη υπεροχή των φυτών κάτω από το (B 49) έναντι των φυτών του μάρτυρα ήταν κατά έξι και δυο περίπου φύλλα και ταξιανθίες αντίστοιχα. Επιπλέον, τα μεσογονάτια διαστήματα των φυτών όλων των μεταχειρίσεων με δίχτυ ήταν πάντα ελαφρώς μεγαλύτερα από εκείνα των φυτών του μάρτυρα μετά την ημερομηνία εγκατάστασης των δικτύων σκίασης.

Οι παραπάνω επιστημάνσεις αφορούσαν χαρακτηριστικά του κυρίως στελέχους. Για το δευτερογενές στέλεχος ο αριθμός των φύλλων ακολούθησε την ίδια περίπου τάση με εκείνη του κυρίως, ενώ το ίδιο ισχύει για τον αριθμό των ταξιανθιών και των κόμβων, με την διαφορά ότι την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση υπερείχαν τα φυτά που αναπτύσσονταν κάτω από το (Gr 34), ακολουθώντας τα φυτά των υπόλοιπων δικτύων και τελευταία τα φυτά του μάρτυρα. Όσον αφορά το μήκος και τα μεσογονάτια διαστήματα του δευτερογενούς στελέχους, ισχύουν τα ίδια με του κυρίως, όμως μόνο για την 91^η και την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στον αριθμό των εμφανών φύλλων, τα σκιασμένα φυτά είχαν ένα ρυθμό ανάπτυξης 0,55 έως 0,59 φύλλα ανά ημέρα, έναντι 0,49 φύλλα ανά ημέρα των φυτών του μάρτυρα.



Σχήμα 17. Εξέλιξη με το χρόνο του: μήκους στελεχών, αριθμού φύλλων, αριθμού ταξιανθιών, αριθμού κόμβων και μήκους μεσογονατίων διαστημάτων όλων των μεταχειρίσεων:

■ (Cont) △ (Gr 34) ▲ (B&Gr 40) ▣ (B 40) ○ (B 49)

5.4.3. Αριθμός Ανθέων

Στον Πίνακα 38 απεικονίζεται η επίδραση των διχτυών σκίασης στη συνολική ανθοφορία των φυτών. Η εφαρμογή των διχτυών σκίασης φαίνεται να έχει μικρή θετική επίδραση στον συνολικό αριθμό ανθέων, του κυρίως στελέχους, του δευτερεύοντος στελέχους και συνολικά, ανά φυτό, χωρίς ωστόσο να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος.

Πίνακας 38. Επίδραση των διχτυών σκίασης στη συνολική ανθοφορία των φυτών

Μεταχείριση	N	Αριθμός Ανθέων		
		Κυρίως Στέλεχος	Δευτερεύον Στέλεχος	Συνολικός
(Cont)	8	44,13 ^a	35,38 ^a	79,50 ^a
(Gr 34)	7	46,00 ^a	37,00 ^a	83,00 ^a
(B&Gr 40)	9	47,78 ^a	38,22 ^a	86,00 ^a
(B 40)	7	47,57 ^a	37,29 ^a	84,86 ^a
(B 49)	7	47,14 ^a	36,29 ^a	83,43 ^a

^{a,b,c} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

$P = 0,05$

5.4.4. Παραγωγή Καρπών

5.4.4.1. Συνολική Παραγωγή Καρπών

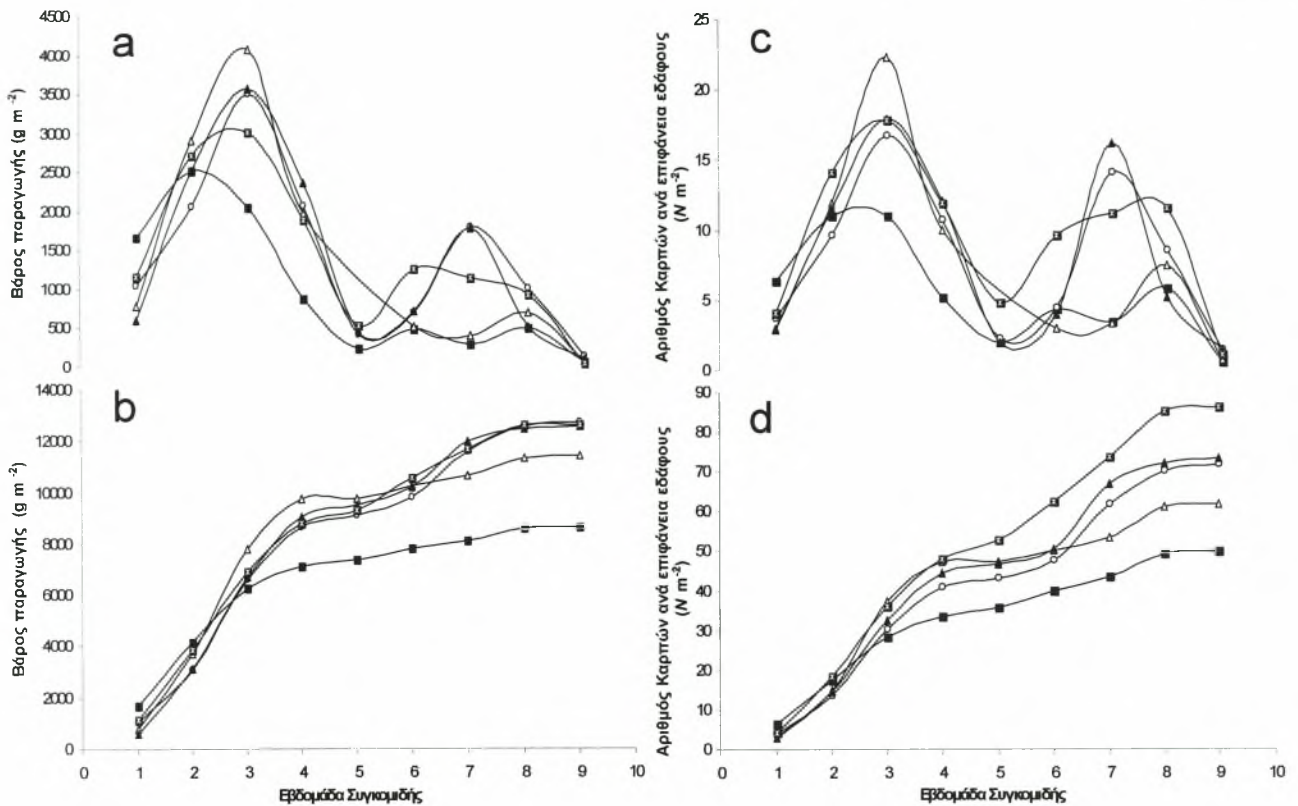
Στο Σχήμα 18 παρουσιάζεται η επίδραση των διχτυών σκίασης στην παραγωγή ($g\ m^{-2}$) και στον αριθμό των συγκομιζόμενων καρπών ($N\ m^{-2}$). Από το σχήμα, στ' οποίο παρουσιάζεται τόσο η διακύμανση της παραγωγής, όσο και η αθροιστική παραγωγή κατά τη διάρκεια των εβδομάδων συγκομιδής, διαπιστώνεται μικρή οψίμιση της παραγωγής με την αύξηση του ποσοστού σκίασης. Από το Σχήμα 18α προκύπτει ότι το μέγιστο της εβδομαδιαίας συγκομιδής για τον μάρτυρα καταγράφηκε την δεύτερη εβδομάδα, ενώ για τα δίχτυα την τρίτη εβδομάδα. Από τα δίχτυα το (Gr 34) κατέγραψε το μεγαλύτερο μέγιστο ακολουθούμενο από το (B&Gr 40) και το (B 49), ενώ το μικρότερο μέγιστο σημειώθηκε από το (B 40). Στη συνέχεια των εβδομάδων καταγράφηκε φθίνουσα πορεία της συγκομιδής με ελάχιστο την 5^η εβδομάδα για τον μάρτυρα και όλα τα δίχτυα, εκτός από του (Gr 34) που κατέγραψε ελάχιστο την 7^η εβδομάδα. Μετά την 5^η εβδομάδα το (B 49) και το (B&Gr 40) ακολούθησαν την ίδια αυξητική πορεία καταγράφοντας ένα δεύτερο μέγιστο, μικρότερο του πρώτου, την 7^η εβδομάδα, και στη συνέχεια η παραγωγή είχε φθίνουσα πορεία μέχρι την 9^η εβδομάδα. Ο μάρτυρας παρουσίαζε από την 6^η

εβδομάδα μέχρι την 9^η μία ελαφρώς αυξομειούμενη παραγωγή με τιμές πάντως μικρότερες από όλων των διχτύων. Το (B 40) εμφάνισε δεύτερο μέγιστο την 6^η εβδομάδα και στην συνέχεια έφθινε με αργό ρυθμό μέχρι την 8^η εβδομάδα και στην συνέχεια απότομα στην 9^η εβδομάδα. Το (Gr 34) μετά την 7^η εβδομάδα κατέγραψε ένα μέγιστο την 8^η και στη συνέχεια έφθινε στην 9^η εβδομάδα. Το μέγιστο αυτό πάντως ήταν μεγαλύτερο από του μάρτυρα και μικρότερο των άλλων διχτύων. Από το Σχήμα 18b φαίνεται ότι η εβδομαδιαία αθροιστική παραγωγή των (B 49) και (B&Gr 40) ήταν μικρότερη από εκείνη των (B 40) και (Gr 34), ενώ από την 3^η εβδομάδα και μετά ακολούθησαν την ίδια πορεία. Την 1^η και 2^η εβδομάδα τη μεγαλύτερη αθροιστική παραγωγή την κατέγραψε ο μάρτυρας, η αύξηση της οποίας στη συνέχεια έχει πολύ βραδύτερο ρυθμό από τις μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης. Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής (9^η εβδομάδα) η σειρά κατάταξης της συνολικής αθροιστικής παραγωγής ήταν:

$$\text{μάρτυρας} < (\text{Gr 34}) < (\text{B\&Gr 40}) < (\text{B 40}) < (\text{B 49})$$

Όσον αφορά τον αριθμό των καρπών όλες οι μεταχειρίσεις εκτός εκείνης με το (B 40) ακολούθησαν τις αντίστοιχες πορείες των παραγωγών, τόσο εβδομαδιαίως, όσο και αθροιστικά (Σχήμα 18c,d). Το (B 40) ακολούθησε την ίδια πορεία με εκείνη της παραγωγής μέχρι την 6^η εβδομάδα, μετά την οποία συνέχισε μία αυξητική πορεία μέχρι την 8^η εβδομάδα και στη συνέχεια έφθινε στην 9^η (Σχήμα 18c). Από το Σχήμα 18d φαίνεται ότι τα (B 49) και (B&Gr 40) ακολούθησαν την ίδια πορεία με το πρώτο να υπολείπεται ελαφρώς του δευτέρου. Το (Gr 34) ακολούθησε μέχρι την 4^η εβδομάδα την ίδια πορεία με το (B 40), ενώ στη συνέχεια ο ρυθμός αύξησης του αριθμού των συγκομιζόμενων καρπών του πρώτου ήταν πολύ μικρότερος από εκείνον του δευτέρου του (B 40). Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής (9^η εβδομάδα) η σειρά κατάταξης του συνολικού αθροιστικού αριθμού συγκομισμένων καρπών ήταν:

$$\text{μάρτυρας} < (\text{Gr 34}) < (\text{B 49}) < (\text{B\&Gr 40}) < (\text{B 40})$$



Σχήμα 18. Επίδραση των δικτύων σκίασης στην παραγωγή ($g\ m^{-2}$) (αριστερά) και στον αριθμό των συγκομιζόμενων καρπών ($N\ m^{-2}$) (δεξιά), εβδομαδιαία διακύμανση (επάνω σειρά) και αθροιστικά (κάτω σειρά):

■ (Cont) △ (Gr 34) ▲ (B&Gr 40) ▣ (B 40) ○ (B 49)

Η παραγωγή του μάρτυρα διέφερε στατιστικά σημαντικά από εκείνη όλων των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης, χωρίς όμως μεταξύ των τελευταίων να παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Επίσης ο αριθμός καρπών του μάρτυρα ήταν στατιστικά μικρότερος από εκείνο του (B&Gr 40) και του (B 49). Ο αριθμός καρπών του (B 40) ήταν στατιστικά μεγαλύτερος από εκείνον όλων των μεταχειρίσεων (Πίνακας 39).

Πίνακας 39. Επίδραση της σκίασης στη συνολική ανά φυτό και ανά επιφάνεια εδάφους παραγωγή και στο συνολικό αριθμό καρπών ανά φυτό.

Μεταχείριση	N	Παραγωγή	Παραγωγή	Αριθμός Καρπών	Αριθμός Καρπών
		kg ανά φυτό	kg m^{-2}	N ανά φυτό	N m^{-2}
(Cont)	8	3,31 ^a	8,62 ^a	21,50 ^a	55,90 ^a
(Gr 34)	7	4,38 ^b	11,38 ^b	24,14 ^{ab}	62,77 ^{ab}
(B&Gr 40)	9	4,83 ^b	12,56 ^b	28,22 ^b	73,38 ^b
(B 40)	7	4,86 ^b	12,63 ^b	33,14 ^c	86,17 ^c
(B 49)	7	4,88 ^b	12,69 ^b	27,57 ^b	71,69 ^b

^{a,b,c} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

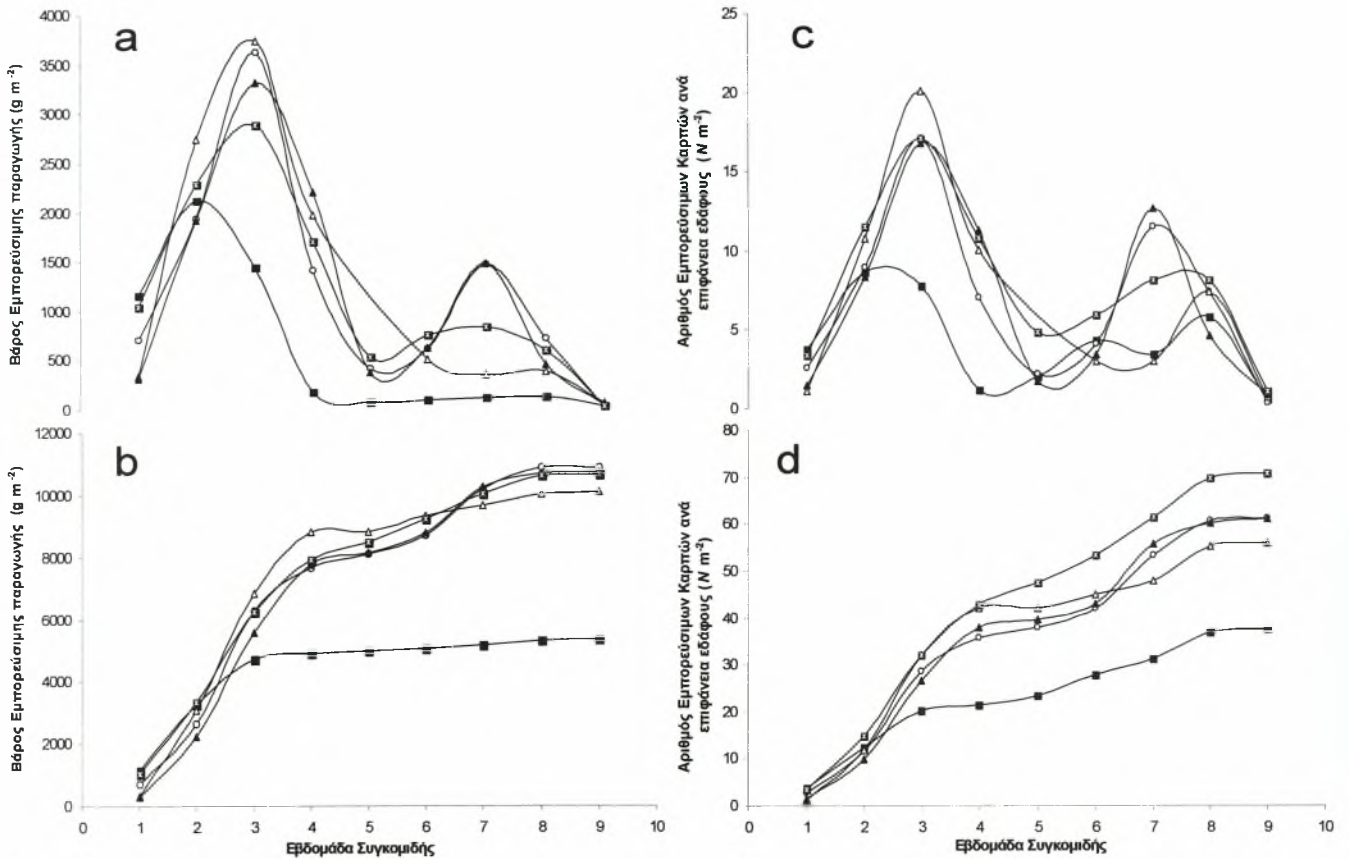
5.4.4.2. Εμπορεύσιμη Παραγωγή Καρπών

Όσον αφορά την εμπορεύσιμη παραγωγή (Σχήμα 19), διαπιστώνεται και πάλι η οψίμιση της παραγωγής με την αύξηση του ποσοστού σκίασης. Η καμπύλη των εβδομαδιαίων συγκομιδών ακολούθησε την ίδια πορεία με την αντίστοιχη της συνολικής παραγωγής, εκτός από εκείνη του *μάρτυρα*, όπου μετά την 5^η εβδομάδα η εμπορεύσιμη παραγωγή κυμαινόταν σε σταθερά πολύ χαμηλές τιμές, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις (Σχήμα 19a). Η πολύ μικρή εβδομαδιαία εμπορεύσιμη παραγωγή των φυτών του *μάρτυρα* από την 5^η εβδομάδα και μετά απεικονίζεται χαρακτηριστικά στο διάγραμμα της αθροιστικής εμπορεύσιμης παραγωγής, η οποία από την 5^η εβδομάδα και μετά ήταν σχεδόν σταθερή στο ποσό των 5 kg m⁻² περίπου (Σχήμα 19b). Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής (9^η εβδομάδα) η σειρά κατάταξης ήταν:

$$\text{μάρτυρας} < (Gr\ 34) < (B\ 40) < (B\&Gr\ 40) < (B\ 49)$$

Όσον αφορά τον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών όλες οι μεταχειρίσεις ακολουθούν την ίδια εβδομαδιαία διακύμανση με την αντίστοιχη του συνόλου των καρπών, με μόνη διαφορά ότι ο *μάρτυρας* εμφανίζει ελάχιστο την 4^η εβδομάδα, και όχι την 5^η (Σχήμα 19c). Η καμπύλη του αθροιστικού αριθμού εμπορεύσιμων καρπών του (B 40) και (Gr 34) έχει την ίδια ακριβώς μορφή με εκείνη του συνολικού αριθμού καρπών, με ελαφρώς μικρότερη βέβαια διαφορά στις τελικές τιμές (Σχήμα 19d). Το (B 49) υπολείπεται ελαφρώς του (B&Gr 40), εκτός της 3^{ης} εβδομάδας, όπου ελαφρώς υπερέχει, καταλήγοντας πάντως στον ίδιο τελικό αριθμό εμπορεύσιμων καρπών. Η τελική κατάταξη των μεταχειρίσεων σε σχέση με τον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών ήταν:

$$\text{μάρτυρας} < (Gr\ 34) < (B\&Gr\ 40) < (B\ 49) < (B\ 40)$$



Σχήμα 19. Επίδραση των δικτύων σκίασης στην εμπορεύσιμη παραγωγή ($g\ m^{-2}$) (αριστερά) και στον αριθμό των συγκομιζόμενων εμπορεύσιμων καρπών ($N\ m^{-2}$) (δεξιά), εβδομαδιαία διακύμανση (επάνω σειρά) και αθροιστικά (κάτω σειρά):

■ (Cont) ▲ (Gr 34) ▲ (B&Gr 40) ■ (B 40) ○ (B 49)

Η συνολική εμπορεύσιμη παραγωγή των φυτών του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερη από εκείνη των φυτών όλων των μεταχειρίσεων με δίχτυα. Ο συνολικός αριθμός των εμπορεύσιμων καρπών του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερος από τον αντίστοιχο όλων των μεταχειρίσεων. Ο συνολικός αριθμός των εμπορεύσιμων καρπών των φυτών κάτω από το (B 40) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις με δίχτυα (Πίνακας 40).

Πίνακας 40. Επίδραση της σκίασης στη συνολική ανά φυτό και ανά επιφάνεια εδάφους εμπορεύσιμη παραγωγή και στο συνολικό αριθμό καρπών ανά φυτό.

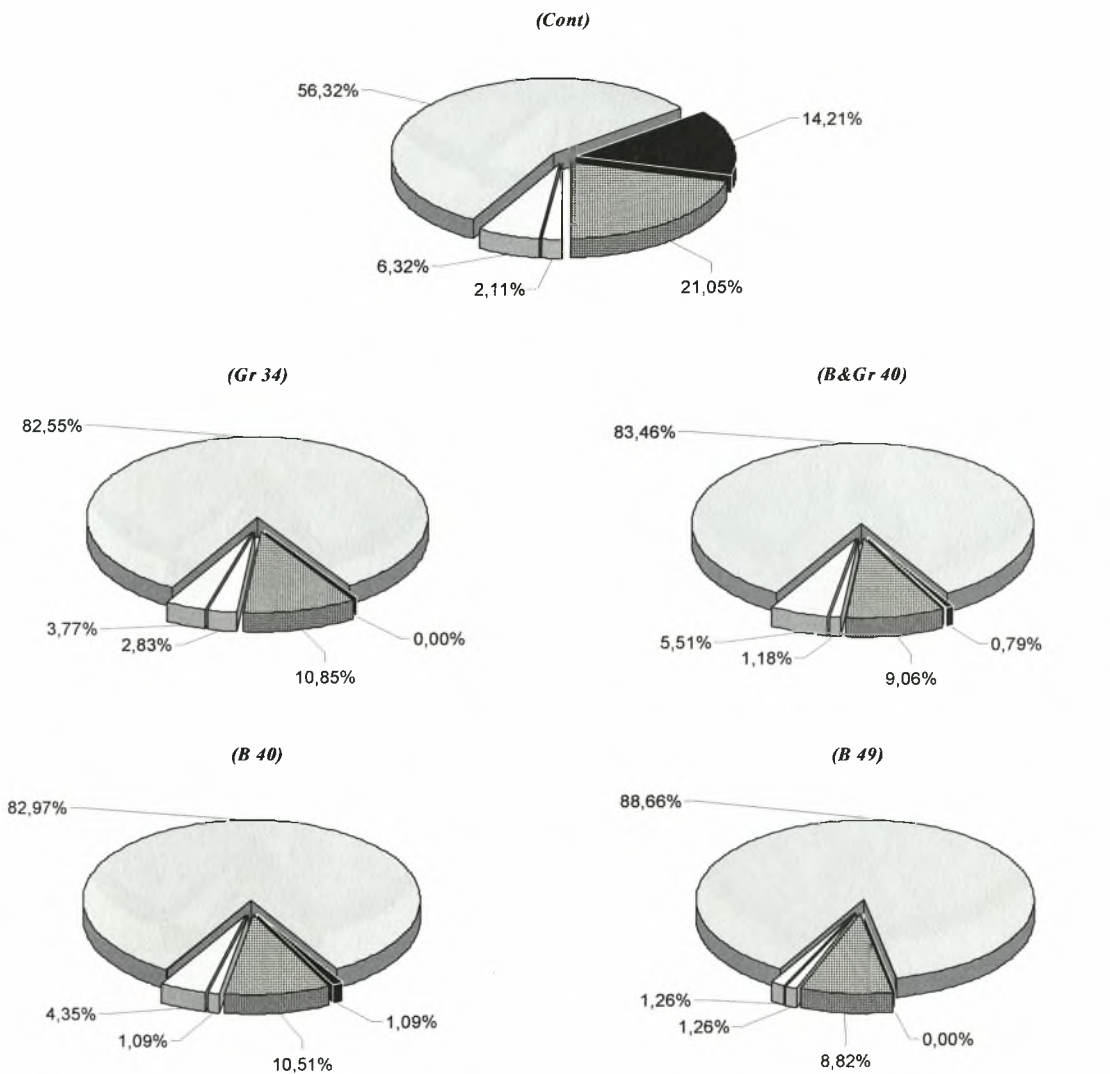
Μεταχείριση	N	Παραγωγή	Παραγωγή	Αριθμός Καρπών	Αριθμός Καρπών
		kg ανά φυτό	kg m^{-2}	N ανά φυτό	N m^{-2}
(Cont)	8	2,05 ^a	5,34 ^a	11,38 ^a	29,58 ^a
(Gr 34)	7	3,89 ^b	10,11 ^b	20,86 ^b	54,23 ^b
(B&Gr 40)	9	4,13 ^b	10,74 ^b	23,56 ^{bc}	61,24 ^{bc}
(B 40)	7	4,10 ^b	10,66 ^b	27,29 ^c	70,94 ^c
(B 49)	7	4,19 ^b	10,90 ^b	23,57 ^{bc}	61,29 ^{bc}

^{a,b,c} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

5.4.4.3. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών

Ο συνολικός αριθμός των συγκομισθέντων καρπών κάθε μεταχείρισης χωρίστηκε σε ποσοστιαίες μερίδες ανάλογα με τις φυσιολογικές ανωμαλίες που παρουσίαζαν οι καρποί τους (Σχήμα 20). Το 14,21% του αριθμού των συγκομισθέντων καρπών των φυτών του *μάρτυρα* παρουσίασε ηλιόκαυμα, έναντι μόλις 0,79% και 1,09% της παραγωγής των φυτών του (*B&Gr 40*) και του (*B 40*) αντίστοιχα. Επίσης, σημαντική ήταν και η προστασία έναντι του σχισίματος των καρπών. Οι σχισμένοι καρποί του *μάρτυρα* ήταν το 21,05% του συνολικού αριθμού των συγκομισμένων καρπών έναντι 10,85% του (*Gr 34*), 10,51% περίπου του (*B 40*), 9,06% του (*B&Gr 40*) και 8,82% του (*B 49*). Συνολικά, το ποσοστό των ελαττωματικών καρπών από ηλιόκαυμα και σχίσσιμο ήταν 35,26% για το *μάρτυρα*, 10,85% για το (*Gr 34*), 9,85% για το (*B&Gr 40*), 11,6% για το (*B 40*) και 8,82% για το (*B 49*).

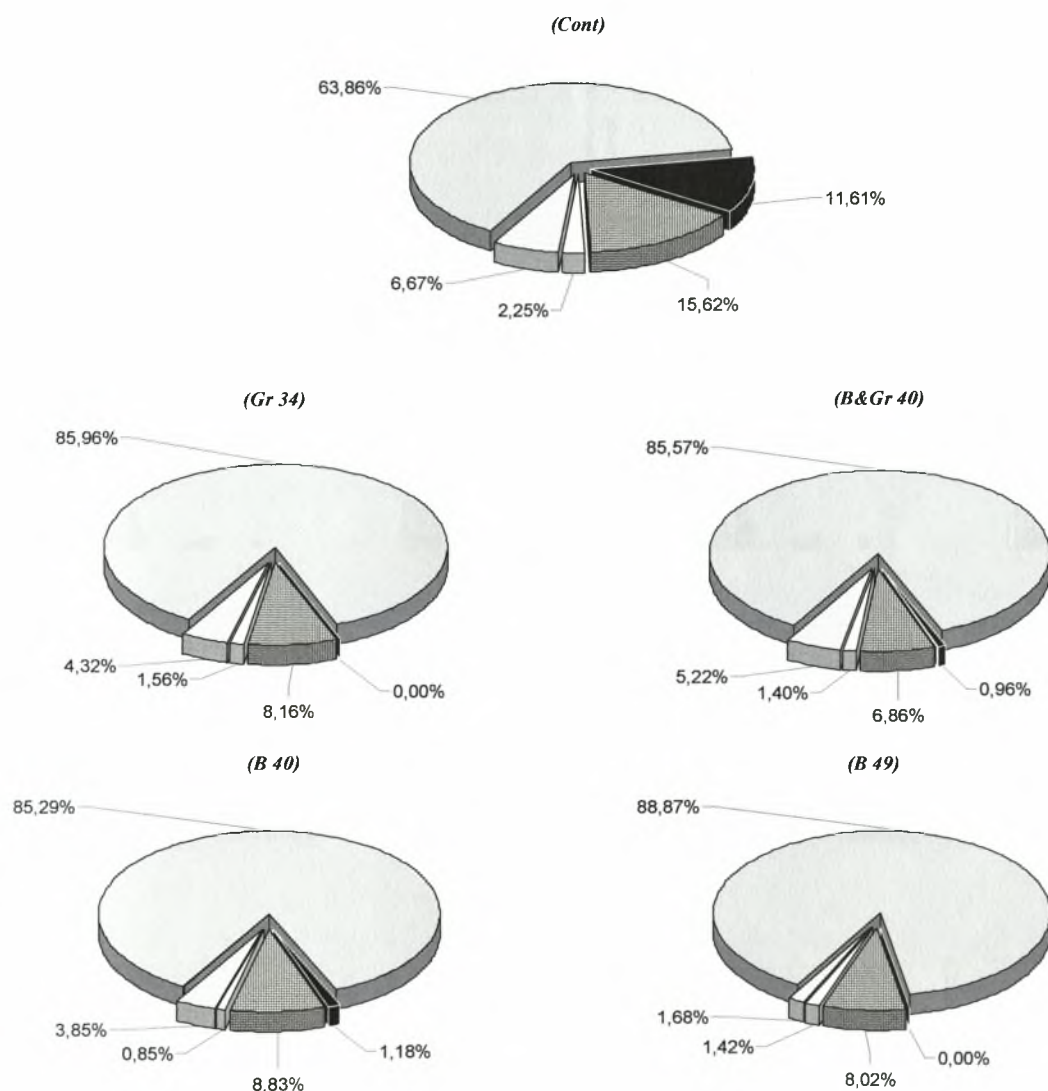


Σχήμα 20. Επίδραση της σκίασης στο % ποσοστό του αριθμού των καρπών, κάθε μεταχείρισης, με φυσιολογική ανωμαλία:

□ Χωρίς μειονέκτημα ■ Ηλιόκαυμα ▨ Σχίσσιμο □ BER □ Cat Face

5.4.4.4. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών

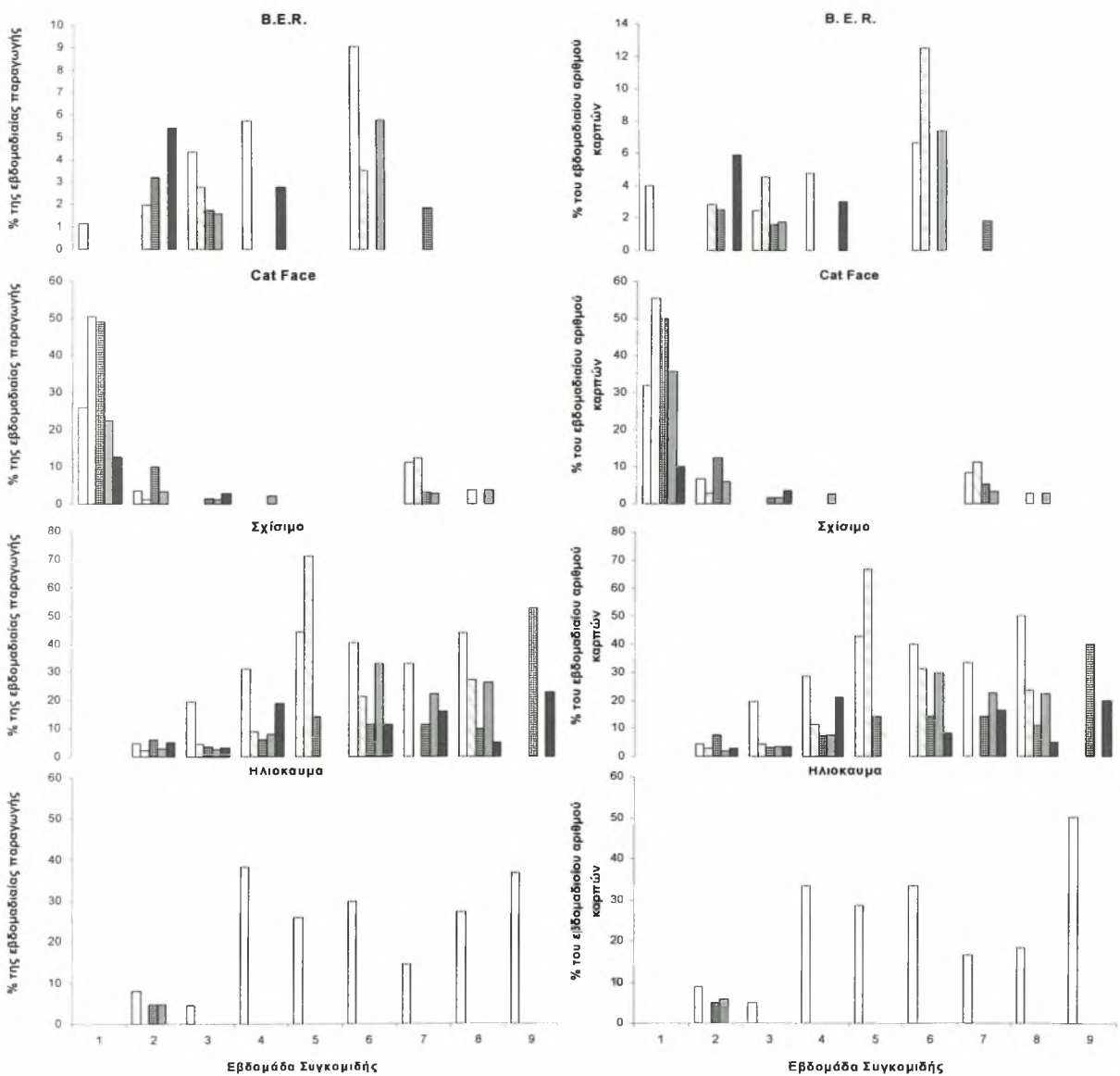
Ο ποσοστιαίος διαχωρισμός της παραγωγής έγινε και για το βάρος της παραγωγής (Σχήμα 21). Είναι εμφανής η σημαντική προστασία που προσφέρουν τα δίχτυα σκίασης κατά των εγκαυμάτων από τα πολύ υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας. Το 11,61% του βάρους της παραγωγής των φυτών του *μάρτυρα* παρουσίασε ηλιόκαυμα, έναντι μόλις 0,96% και 1,18% της παραγωγής των φυτών του (B&Gr 40) και του (B 40) αντίστοιχα. Επίσης, σημαντική ήταν και η προστασία έναντι του σχισίματος των καρπών. Οι σχισμένοι καρποί του *μάρτυρα* ήταν το 15,62% της συνολικής παραγωγής έναντι 9% περίπου του (B 40), 8% περίπου του (B 49) και του (Gr 34), και 7% περίπου του (B&Gr 40).



Σχήμα 21. Επίδραση της σκίασης στο % ποσοστό της παραγωγής ($kg\ m^{-2}$ ανά φυτό) κάθε μεταχείρισης με φυσιολογική ανωμαλία:

□ Χωρίς μειονέκτημα ■ Ηλιόκαυμα ▨ Σχίσσιμο □ BER □ Cat Face

Πρέπει όμως να διερευνηθεί η αιτία για το, έστω και μικρό ποσοστό των ηλιοκαυμένων καρπών που συγκομίστηκαν από φυτά που σκιάζονταν από το (B&Gr 40) και το (B 40). Στο Σχήμα 22 παρουσιάζεται η χρονική κατανομή του % ποσοστού της παραγωγής (αριστερά) και του % ποσοστού του αριθμού των καρπών (δεξιά), κάθε μεταχείρισης, με φυσιολογική ανωμαλία. Από τα διαγράμματα που αφορούν τους καρπούς με ηλιόκαυμα παρατηρούμε ότι οι καρποί με ηλιόκαυμα από τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα, συγκομίστηκαν την 2^η εβδομάδα συγκομιδής. Επομένως, είναι πολύ πιθανό οι καρποί αυτοί να υπέστησαν έγκαυμα κατά τα πρώτα στάδια δημιουργίας τους, τα οποία χρονολογούνται στις αρχές Ιουνίου, όπου δεν είχαν εγκατασταθεί τα δίχτυα. Πράγματι, οι καρποί ανήκαν στην πρώτη ταξιανθία. (Ημερομηνία εγκατάστασης δικτύων 10/6/2003, ήτοι 52^η ημέρα μετά την μεταφύτευση).



Σχήμα 22. Επίδραση της σκίασης στο % ποσοστό της παραγωγής (αριστερά) και στον αριθμό των καρπών (δεξιά), κάθε μεταχείρισης, με φυσιολογική ανωμαλία:

□ (Cont) □ (Gr 34) ▨ (B&Gr 40) ▤ (B 40) ■ (B 49)

Σημειώνεται ότι στις 30 Ιουλίου, στις 31 Ιουλίου και στις 1 Αυγούστου 2003 σημειώθηκαν βροχοπτώσεις με ύψος βροχής 6, 5 και 14,8 mm αντίστοιχα (Σχήμα 6). Το γεγονός αυτό συνδυασμένο με τις συνθήκες ξηρασίας που επικράτησαν όλο τον Ιούλιο του 2003 (μόλις 1,6 mm βροχής μέχρι τις 30 Ιουλίου 2003), και με τις υψηλές θερμοκρασίες αέρα, δημιούργησαν τις κατάλληλες συνθήκες για το σχίσμο των καρπών. Αυτό απεικονίζεται χαρακτηριστικά στο Σχήμα 19 όπου και παρατηρείται αναλογική για κάθε μεταχείριση, αύξηση των σχισμένων καρπών. Το μεγαλύτερο πλήθος των παραμορφωμένων καρπών (cat face) συγκομίστηκε την 1^η εβδομάδα συγκομιδής, ήταν επομένως καρποί, οι οποίοι στο πολύ νεαρό στάδιό τους αναπτύσσονταν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (Μάιος 2003 $T_{\min} = 13^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 24.5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{avg}} = 19.2^{\circ}\text{C}$), γεγονός που προάγει τη δημιουργία της ανωμαλίας αυτής.

Εν κατακλείδι, αναφέρεται ότι τα δίχτυα σκίασης δεν φάνηκε να είχαν καμία επίδραση επί του ποσοστού των παραμορφωμένων καρπών και των καρπών με B.E.R.

5.4.4.5. Φυσικά Χαρακτηριστικά Καρπών

Στον Πίνακα 41 παρουσιάζεται η επίδραση σκίασης σε φυσικά χαρακτηριστικά των καρπών κάθε μεταχείρισης. Η σκίαση επέδρασε θετικά στην αύξηση του μεγέθους των καρπών (g καρπό^{-1}). Οι καρποί των μεταχειρίσεων (Gr 34), και (B 49) είχαν μέγεθος περίπου 175 g καρπό^{-1} ενώ της (B&Gr 40) περίπου 171 g καρπό^{-1} . Εξαίρεση απετέλεσαν οι καρποί της μεταχείρισης με το δίχτυ (B 40), όπου οι καρποί είχαν το μικρότερο μέγεθος (145,82 g καρπό^{-1}) από όλες τις μεταχειρίσεις. Αυτό ήταν αναμενόμενο λόγω του μεγαλύτερου αριθμού καρπών ανά φυτό και ανά μονάδα επιφάνειας που συγκομίστηκαν από την μεταχείριση αυτή. Οι καρποί του μάρτυρα είχαν μέγεθος 156,61 g καρπό^{-1} . Δεν φαίνεται ότι το % ποσοστό των διχτυών σκίασης έχει κάποια επίδραση επί του μεγέθους των καρπών.

Από το λόγο μέγιστης προς ελάχιστη ισημερινής διαμέτρου συμπεραίνεται ότι το ισημερινό επίπεδο όλων των καρπών ήταν ελαφρώς ελλειψοειδές, χωρίς να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίνακας 41). Από το λόγο της πολικής προς την ισημερινή διάμετρο συμπεραίνεται ότι το κάθετο επίπεδο των καρπών όλων των μεταχειρίσεων ήταν ελαφρώς ελλειψοειδές, με αποτέλεσμα οι καρποί να είναι ελαφρώς πεπλατυσμένοι με στατιστικά περισσότερο εκείνους του (B 49) και λιγότερο εκείνους του (B 40).

Πίνακας 41. Επίδραση σκίασης σε φυσικά χαρακτηριστικά των καρπών κάθε μεταχείρισης.

Μεταχείριση	Βάρος Καρπών		Ισημερινή Διάμετρος				Πολική Διάμετρος		Πολική / Ισημερινή			
	N	g ανά καρπό	N	min	N	max	N	max / min	N	N		
(Cont)	168	156,61 ^{ab}	32	56,74 ^{ab}	91	69,73 ^b	32	1,052 ^a	91	60,73 ^c	91	0,882 ^{ab}
(Gr 34)	167	175,90 ^c	60	61,56 ^c	109	68,34 ^{ab}	60	1,048 ^a	109	59,36 ^{bc}	109	0,874 ^{ab}
(B&Gr 40)	253	170,92 ^{bc}	90	60,45 ^{bc}	147	68,00 ^{ab}	90	1,042 ^a	147	58,55 ^{abc}	147	0,872 ^{ab}
(B 40)	228	145,82 ^a	83	55,48 ^a	155	64,89 ^a	83	1,046 ^a	155	57,20 ^{ab}	155	0,892 ^b
(B 49)	183	175,05 ^c	67	57,06 ^{ab}	116	65,69 ^a	67	1,058 ^a	116	56,29 ^a	116	0,862 ^a

^{a,b,c} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

P = 0,05

5.5. Καταστροφικές Αγρονομικές Μετρήσεις

5.5.1. Παραγωγή & Κατανομή Ξηράς Ουσίας

Στον Πίνακα 42 παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή ξηράς ουσίας και η κατανομή αυτής στους φυτικούς ιστούς (στελέχη, φύλλα & καρπούς). Από τ' αποτελέσματα φαίνεται ότι η συνολικά παραχθείσα ξηρά ουσία ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τον μάρτυρα (322,36g) μόνο την 109^η ημέρα μετά την μεταφύτευση στα φυτά που αναπτυσσόταν κάτω από το (Gr 34) (392,71g) και το (B&Gr 40) (413,61g). Τα φυτά του (B 49) και του (B 40) παρήγαγαν συνολικά 345,33 και 347,47g ξηράς ουσίας, ποσότητες όμως που δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά από την παραχθείσα ξηρά ουσία των φυτών του μάρτυρα.

Πίνακας 42. Επίδραση της σκίασης στην κατανομή της ξηράς ουσίας στους φυτικούς ιστούς, εκφρασμένη ως ξηρό βάρος (g). Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών φυτών από την κάθε μεταχείριση.

		Παραχθείσα Ξηρά Ουσία (g)				
	D.A.T.	(Cont)	(Gr 34)	(B&Gr 40)	(B 40)	(B 49)
Στελέχη	53	29,33 ^a	29,14 ^{ab}	31,94 ^a	30,95 ^a	30,63 ^a
	75	37,80 ^a	44,21 ^{ab}	50,58 ^b	47,87 ^b	46,17 ^b
	88	40,24 ^a	53,62 ^b	58,01 ^b	52,35 ^b	58,43 ^b
	109	46,86 ^a	66,15 ^{bc}	69,94 ^c	59,37 ^b	65,79 ^{bc}
Φύλλα	53	71,51 ^a	69,79 ^a	75,01 ^a	73,66 ^a	70,85 ^a
	75	92,91 ^a	94,45 ^a	105,73 ^a	101,35 ^a	101,67 ^a
	88	94,35 ^a	111,57 ^{bc}	119,20 ^c	104,96 ^{ab}	118,73 ^c
	109	107,32 ^a	132,70 ^c	137,49 ^c	118,29 ^{ab}	130,87 ^{bc}
Καρποί	53	65,03 ^a	66,93 ^a	70,90 ^a	84,13 ^a	88,13 ^a
	75	132,09 ^a	127,78 ^a	158,39 ^a	130,46 ^a	127,50 ^a
	88	166,30 ^a	149,36 ^a	162,14 ^a	160,93 ^a	142,99 ^a
	109	168,19 ^{ab}	193,86 ^b	206,18 ^b	169,80 ^{ab}	148,67 ^a
Σύνολο	53	165,87 ^a	165,86 ^a	177,86 ^a	188,74 ^a	189,60 ^a
	75	262,80 ^a	266,44 ^a	314,71 ^a	279,68 ^a	275,34 ^a
	88	300,89 ^a	314,55 ^a	339,34 ^a	318,23 ^a	320,15 ^a
	109	322,36 ^a	392,71 ^b	413,61 ^b	347,47 ^a	345,33 ^a

^{a,b,c} Διαφορετικά γράμματα δείχνουν μέσους όρους, εντός της ίδιας γραμμής, που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

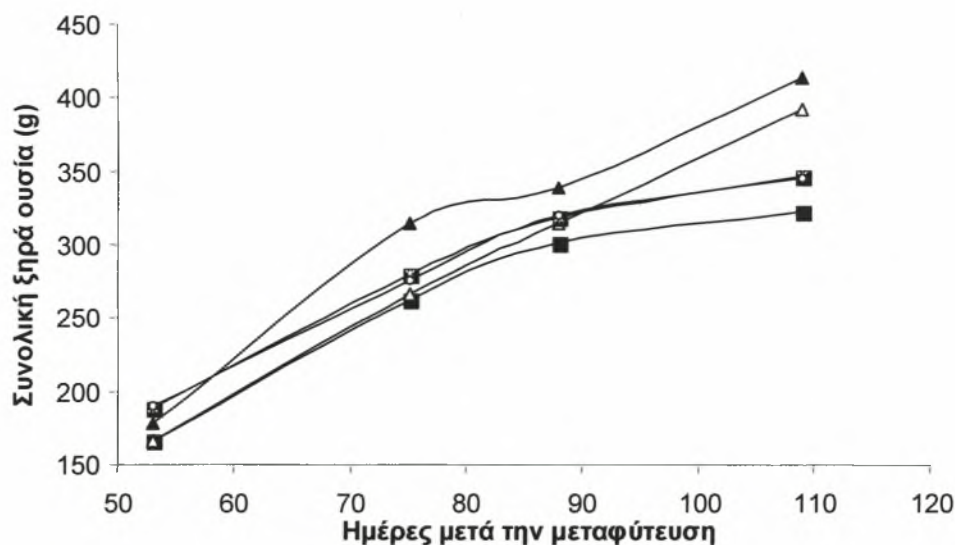
Στον Πίνακα 43 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή της ξηράς ουσίας στους φυτικούς ιστούς (στελέχη, φύλλα & καρπούς). Το ποσοστό της ξηράς ουσίας των στελεχών των φυτών των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης κυμαινόταν από 16,84 έως 19,05%, έναντι 14,54% των στελεχών των φυτών του μάρτυρα. Το αντίστοιχο ποσοστό για τα φύλλα κυμαινόταν από 33,24 έως 37,90% για τα φυτά κάτω από τα δίχτυα, έναντι 33,29% των φύλλων των φυτών του μάρτυρα. Την 109^η ημέρα μετά την μεταφύτευση το ποσοστό της συνολικής ξηράς ουσίας που κατανεμήθηκε στα φύλλα των φυτών των μεταχειρίσεων με δίχτυα σκίασης ήταν από 0,5 έως 0,75% μεγαλύτερο από το ποσοστό των φυτών του μάρτυρα. Το αντίστοιχο ποσοστό για τα στελέχη των σκιασμένων φυτών ήταν 2,3 έως 4,5% μεγαλύτερο από το ποσοστό των φυτών του μάρτυρα. Το ποσοστό της συνολικής ξηράς ουσίας που κατανεμήθηκε στους καρπούς ήταν περίπου 49% για τα φυτά κάτω από τα δίχτυα σκίασης, μ' εξαίρεση τα φυτά του (B 40)(43,05%). Το αντίστοιχο ποσοστό για τα φυτά του μάρτυρα ήταν 52,17%.

Πίνακας 43. Επίδραση της σκίασης στην κατανομή της ξηράς ουσίας στους φυτικούς ιστούς, εκφρασμένη ως ποσοστό % του συνόλου της παραχθείσας ξηράς ουσίας. Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών φυτών από την κάθε μεταχείριση.

Ποσοστό % της Συνολικής Παραχθείσας Ξηράς Ουσίας						
	D.A.T.	(Cont)	(Gr 34)	(B&Gr 40)	(B 40)	(B 49)
Στελέχη	53	17,68	17,57	17,96	16,40	16,15
	75	14,38	16,59	16,07	17,12	16,77
	88	13,37	17,05	17,09	16,45	18,25
	109	14,54	16,84	16,91	17,09	19,05
Φύλλα	53	43,11	42,08	42,17	37,37	39,03
	75	35,35	35,45	33,60	36,93	36,24
	88	31,36	35,47	35,13	37,08	32,98
	109	33,29	33,79	33,24	37,90	34,04
Καρποί	53	39,20	40,35	39,87	46,48	44,58
	75	50,26	47,96	50,33	46,31	46,65
	88	55,27	47,48	47,78	44,66	50,57
	109	52,17	49,37	49,85	43,05	48,87

Στο Σχήμα 23 περιγράφεται η επίδραση της σκίασης επί της συνολικά παραχθείσας ξηράς ουσίας ανά φυτό σε σχέση με το χρόνο. Ο ρυθμός αύξησης της συνολικής ξηράς ουσίας του μάρτυρα παρουσίασε μετά την 75^η ημέρα μετά την μεταφύτευση μείωση με αποτέλεσμα την 109^η ημέρα να καταγράψει την μικρότερη τιμή απ' όλες τις μεταχειρίσεις. Ο αντίστοιχος ρυθμός των φυτών του (B 40) και του (B 49) ακολούθησαν την ίδια ακριβώς πορεία με τα φυτά του μάρτυρα, καταγράφοντας όμως μεγαλύτερα ποσά ξηρού βάρους στις αντίστοιχες ημέρες μετά την μεταφύτευση σε σχέση με τον μάρτυρα. Δηλαδή παρατηρείται μια χρονική υστέρηση των φυτών του μάρτυρα έναντι εκείνων του (B 40) και του (B 49) ως προς την συνολικά παραγόμενη

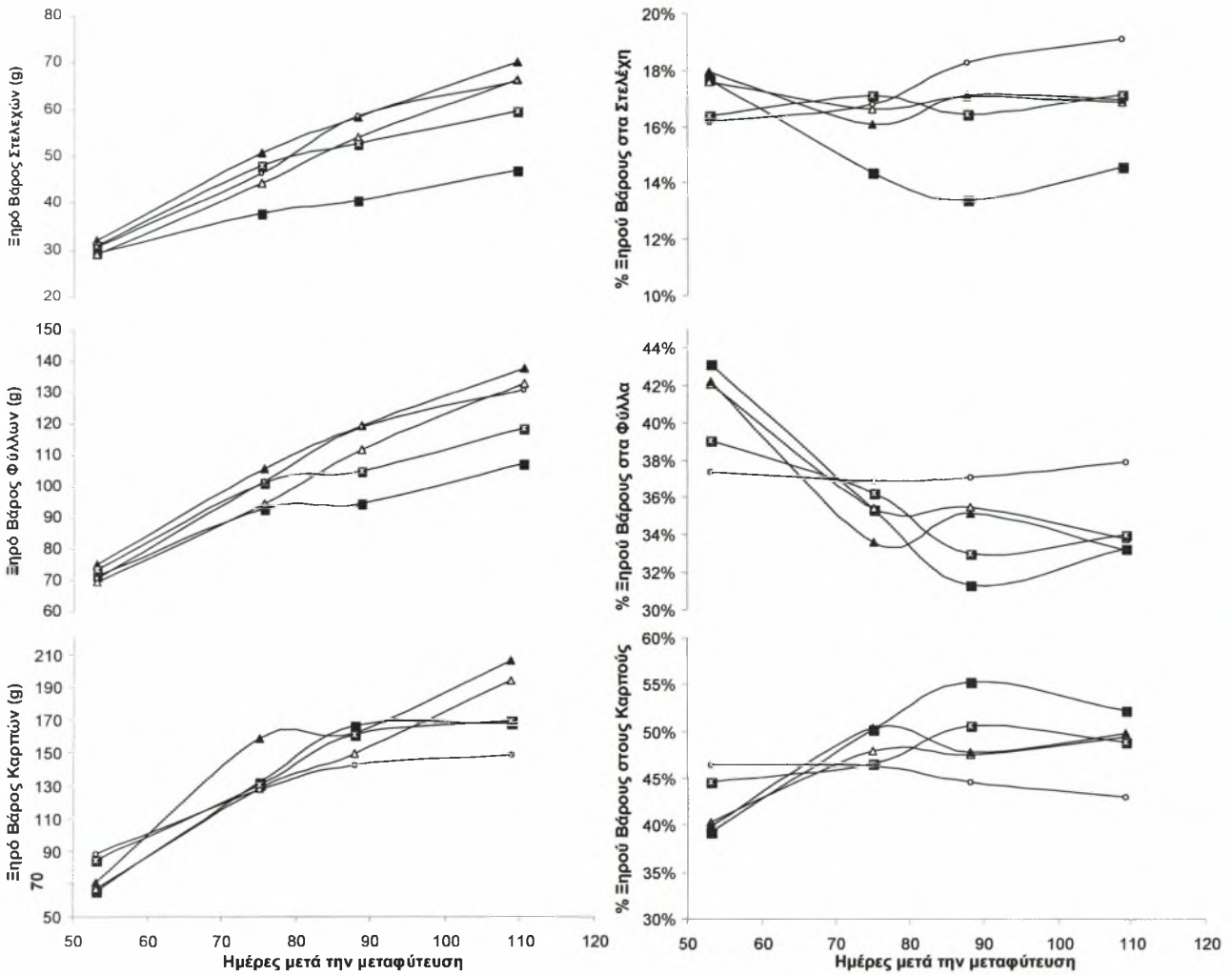
ξηρά ουσία. Ο ρυθμός αύξησης της ξηράς ουσίας ανά φυτό του (*Gr 34*) ήταν σταθερά αυξανόμενος μέχρι και την 109^η ημέρα. Τα φυτά του (*B&Gr 40*) αύξησαν με τον μεγαλύτερο ρυθμό, απ' όλες τις μεταχειρίσεις, την ξηρά τους ουσία μεταξύ 57^{ης} και 75^{ης} ημέρας, στην συνέχεια και μεταξύ 75^{ης} και 88^{ης} ημέρας καταγράφηκε μια μικρή ανάσχεση του ρυθμού, ενώ μεταξύ 88^{ης} και 109^{ης} ημέρας καταγράφηκε ο ίδιος ρυθμός με εκείνο των φυτών του (*Gr 34*).



Σχήμα 23. Επίδραση της σκίασης στην εξέλιξη με το χρόνο της συνολικής παραχθείσας ξηράς ουσίας ανά φυτό εκφρασμένη ως ξηρό βάρος (g). Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών φυτών φυτά από την κάθε μεταχείριση:

■ (Cont) △ (Gr 34) ▲ (B&Gr 40) ▣ (B 40) ○ (B 49)

Στο Σχήμα 24 περιγράφεται η επίδρασή της σκίασης στην κατανομή της ξηράς ουσίας στους φυτικούς ιστούς σε σχέση με το χρόνο εκφρασμένη ως ξηρό βάρος (g) και ως ποσοστό % του συνόλου της παραχθείσας ξηράς ουσίας.



Σχήμα 24. Επίδραση της σκίασης στην κατανομή της ξηράς ουσίας στους φυτικούς ιστούς, εκφρασμένη ως ξηρό βάρος (g) (αριστερά) και ως ποσοστό % του συνόλου της παραχθείσας ξηράς ουσίας (δεξιά). Απεικονίζεται η ξηρά ουσία των εξής φυτικών ιστών, ξεκινώντας από την επάνω σειρά των διαγραμμάτων προς την κάτω: στελέχη, φύλλα και καρποί. Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών φυτών από την κάθε μεταχείριση:

■ (Cont) △ (Gr 34) ▲ (B&Gr 40) ✕ (B 40) ○ (B 49)

5.5.2. Λόγος Ξηράς Ουσίας Στελεχών:Φύλλων

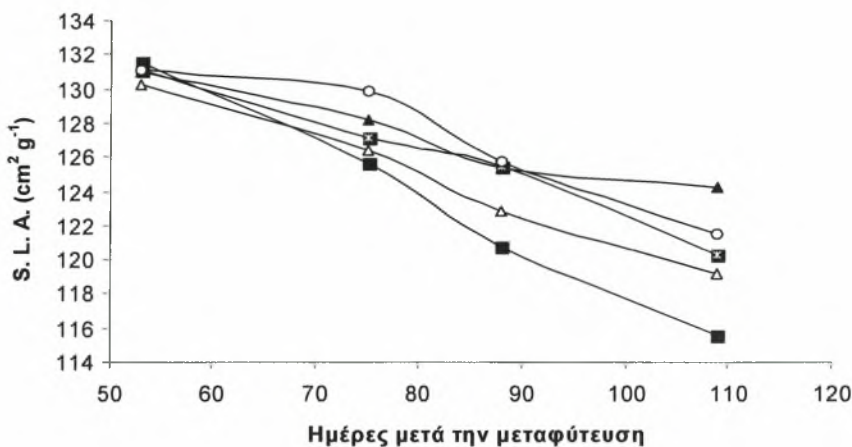
Στον Πίνακα 44 παρουσιάζονται τ' αποτελέσματα του λόγου της ξηράς ουσίας των στελεχών προς την ξηρά ουσία των φύλλων για κάθε μεταχείριση. Ο λόγος άρχιζε ν' αυξάνει για τα φυτά που αναπτύσσονταν κάτω από τα δίχτυα από την 75^η ημέρα μετά την μεταφύτευση και φτάνοντας την 109^η είχε τιμή περίπου 0,5 έναντι 0,43 των φυτών του μάρτυρα. Επομένως η σκίαση προκάλεσε αύξηση αυτού του λόγου, με την αύξηση του ποσοστού σκίασης, με μικρές όμως διαφορές μεταξύ των αντίστοιχων μεταχειρίσεων.

Πίνακας 44. Επίδραση της σκίασης στο λόγο της Ξηράς Ουσίας των Στελεχών: Φύλλων

Λόγος Ξηράς Ουσίας (Στελεχών : Φύλλων)					
D.A.T.	(Cont)	(Gr 34)	(B&Gr 40)	(B 40)	(B 49)
53	0,4101	0,4175	0,4259	0,4201	0,4323
75	0,4068	0,4681	0,4784	0,4724	0,4541
88	0,4265	0,4806	0,4866	0,4987	0,4921
109	0,4366	0,4984	0,5087	0,5019	0,5027

5.5.4. Ειδική Φυλλική Επιφάνεια

Στο Σχήμα 25 περιγράφεται η επίδραση της σκίασης επί της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$), σε σχέση με το χρόνο. Ο ρυθμός μείωσης της ειδικής φυλλικής επιφάνειας ήταν μεγαλύτερος για τα φυτά του μάρτυρα, ακολουθούμενος από το ρυθμό των φυτών του (Gr 34). Ο μικρότερος ρυθμός μείωσης της φυλλικής επιφάνειας καταγράφηκε από τα φυτά του (B&Gr 40). Μετά την 57^η ημέρα μετά την μεταφύτευση και για κάθε ημέρα πραγματοποίησης καταστροφικών μετρήσεων, η ειδική φυλλική επιφάνεια των φυτών των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης ήταν πάντα μεγαλύτερη από εκείνη των φυτών του μάρτυρα.



Σχήμα 25. Επίδραση της σκίασης στην Ειδική Φυλλική Επιφάνεια (S.L.A. ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)) φυτών της κάθε μεταχείρισης. Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών φυτών από την κάθε μεταχείριση

■ (Cont) △ (Gr 34) ▲ (B&Gr 40) ▣ (B 40) ○ (B 49)

Στον Πίνακα 45 παρουσιάζεται η επίδραση της σκίασης στην ειδική φυλλική επιφάνεια (S.L.A. ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)) των φυτών της κάθε μεταχείρισης. Η ειδική φυλλική επιφάνεια των φυτών κάτω από τα δίχτυα κυμάνθηκε από 119,12 έως 124,26 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ έναντι 115,64 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ των φυτών του μάρτυρα.

Πίνακας 45. Επίδραση της σκίασης στην Ειδική Φυλλική Επιφάνεια (S.L.A. ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)) των φυτών της κάθε μεταχείρισης. Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών φυτών από την κάθε μεταχείριση.

Ειδική Φυλλική Επιφάνεια (S.L.A. ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$))					
D.A.T.	(Cont)	(Gr 34)	(B&Gr 40)	(B 40)	(B 49)
53	131,59	130,28	130,97	131,13	131,09
75	125,63	126,37	128,20	127,18	129,82
88	120,76	122,79	125,40	125,43	125,76
109	115,64	119,12	124,26	120,30	121,47

6. Συζήτηση

Φυσικό μέρος

6.1. Ιδιότητες Διχτών Σκίασης

6.1.1. Εργαστηριακές Μετρήσεις

Η σειρά κατάταξης των διχτών σε σχέση με το % ποσοστό σκίασης που μπορούν να παρέχουν στην καλλιέργεια ήταν:

$$(Gr\ 34) < (B\ 40) \ \& \ (B\&Gr\ 40) < (B\ 49)$$

$$34\% \quad < \quad 40\% \quad < \quad 49\%$$

Όλα τα δίχτυα σκίασης, εκτός του (*Gr 34*) παρουσίασαν σχεδόν σταθερές καμπύλες οπτικών ιδιοτήτων.

6.1.2. Μετρήσεις σε Συνθήκες Πειραματικού Αγρού

6.1.2.1. Περατότητες Διχτών Σκίασης

Οι περατότητες για το σύνολο του φάσματος ($400-1100nm$) ήταν παραπλήσιες μ' εκείνες που υπολογίστηκαν με τις εργαστηριακές μετρήσεις. Οι μικρές αυξήσεις οφείλονταν πιθανότατα στην διάχυτη ακτινοβολία που εισέρχονταν κάτω από το δίχτυ από τ' ανοικτά βορινά και νότια άκρα των κατασκευών σκίασης. Η σειρά κατάταξης σύμφωνα με τις περατότητες στην περιοχή της *PAR* και της *NIR* είναι ίδιες με την σειρά κατάταξης που ισχύει για την *TOTAL* ($400-1100nm$).

Οι μετρήσεις στο επίπεδο των 1,20 m ίσως να παρέχουν πιο σημαντικές πληροφορίες για την διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία στα φυτά απ' ότι εκείνες στο επίπεδο των 2,40 m. Αυτό διότι η ακτινοβολία στο ύψος των 1,20 m προσπίπτει απευθείας στα φυτά, ενώ η ακτινοβολία στο ύψος των 2,40 m μπορεί να συναντά εμπόδια (λόγω στήριξης της φυτείας) πριν την πρόσπτωση της στην καλλιέργεια.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων που αφορούν τα δύο ύψη ($\tau_{2,40} - \tau_{1,20}$) από την επιφάνεια του εδάφους παρατηρούμε ότι το ποσοστό της συνολικής εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (*TOTAL*) και της *NIR* αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά μόνο κάτω από το δίχτυ (*Gr 34*) (Πίνακας 9). Αυτό δείχνει ότι στο χώρο κάτω από αυτό το δίχτυ η επίδραση της

εισερχόμενης ακτινοβολίας από τ' ανοιχτά άκρα των κατασκευών σκίασης στην ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας που προσέπιπτε τα σκιασμένα φυτά ήταν μεγαλύτερη απ' ότι στα υπόλοιπα δίχτυα. Επίσης, διαπιστώνεται και στα δύο επίπεδα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους το δίχτυ (*Gr 34*) έχει την τάση να κόβει περισσότερο την *PAR* από την *NIR* ακτινοβολία. Επιτρέπει δηλαδή περισσότερο την θέρμανση της καλλιέργειας από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε σχέση βέβαια με τα υπόλοιπα δίχτυα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τ' αποτελέσματα της ποιότητας της εισερχόμενης ακτινοβολίας (*Πίνακας 10*) αλλά και από τις εργαστηριακές μετρήσεις (*Σχήμα 5*).

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις έγιναν μετά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου απουσία της καλλιέργειας. Πιθανόν, εάν υπήρχε καλλιέργεια, από τις μετρήσεις στο χαμηλότερο ύψος θα προέκυπτε μικρότερη περατότητα για κάθε μεταχείριση με δίχτυ, λόγω της κατάληψης του χώρου από τον όγκο των φυτών, τα οποία θα εμπόδιζαν την ελεύθερη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολία.

6.1.2.2. Παράμετροι ποιότητας εισερχόμενης ακτινοβολίας

Από τ' αποτελέσματα φαίνεται ότι όλα τα δίχτυα ήταν ουδέτερα ως προς την τροποποίηση των λόγων $R:FR$, $B:R_i$ και $B:FR_i$ της ηλιακής ακτινοβολίας που διήρχετο διαμέσω αυτών. Οι όποιες εξαιρέσεις δεν θα μπορούσαν να έχουν σημαντικές επιδράσεις στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών. Ένας λόγος είναι γιατί παρατηρήθηκαν μόνο στο επίπεδο των 2,4m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ στο επίπεδο των 1,2m οι όποιες τροποποιήσεις αναιρέθηκαν πιθανότατα λόγω της εισερχόμενης ακτινοβολίας από τα ανοιχτά άκρα των μεταχειρίσεων. Ένας άλλος λόγος είναι ότι η απόλυτη τιμή της μεταβολής (*(B 49) - R:FR*) ήταν ελάχιστα μεγαλύτερη (0,23%) από το ελάχιστο όριο του 5%, που θεωρείται το ελάχιστο για να είναι μια μεταβολή σημαντική.

Ο λόγος $P:T_i$ δεν βρέθηκε σημαντικά μειωμένος για κανένα δίχτυ και σε κανένα ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Αντίθετα, σημαντική επίδραση στο λόγο $P:N_i$ είχαν τα (*B&Gr 40*) και (*Gr 34*) στο επίπεδο των 2,4m και τα (*B 49*) και (*Gr 34*) στο επίπεδο των 1,2m. Επομένως, μπορεί να διατυπωθεί ότι κάποια δίχτυα παρουσιάζουν την τάση να μειώνουν περισσότερο (5,56 έως 5,68%) την *PAR* από την *NIR* ακτινοβολία. Το επιθυμητό θα ήταν να μειώναν περισσότερο την *NIR* σε σχέση με την *PAR*, έτσι ώστε η διαθέσιμη ακτινοβολία για φωτοσύνθεση να ήταν όσο το δυνατόν περισσότερη, ενώ αντίθετα η υπεύθυνη για τη θέρμανση της φυτείας ακτινοβολία (*NIR*) να ήταν όσο το δυνατόν λιγότερη.

6.2. Μικροκλίμα

6.2.1. Ηλιακή Ακτινοβολία

Τα αποτελέσματα (305-2850nm) δείχνουν ότι τα δίχτυα μείωσαν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ποσοστά ίδια μ' εκείνα που υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις στον πειραματικό αγρό με το φασματοραδιόμετρο. Επομένως, η χρήση των δικτύων σκίασης πράγματι μείωσε αποτελεσματικά την προσπίπτουσα στην καλλιέργεια ακτινοβολία. Με τον τρόπο αυτό ελαττώνονταν η διαθέσιμη ενέργεια στην καλλιέργεια και ως εκ τούτου το θερμικό φορτίο αυτής.

Όσον αφορά τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία μετρήσεις υπήρξαν μόνο για τις μεταχειρίσεις (B 49) και (Gr 34). Επομένως, μπορούν με ασφάλεια να εξαχθούν συμπεράσματα και για τις άλλες δύο μεταχειρίσεις, από τη στιγμή που οι περατότητες των αντίστοιχων δικτύων τους είναι ενδιάμεσες των (B 49) και (Gr 34) και αφού δεν υπάρχει διαφοροποίηση στον λόγο $P:T_i$ κανενός δικτύου.

Η μέση ημερήσια τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας για τον *μάρτυρα* ήταν πολύ μεγαλύτερη ($960,06 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) από το άνω όριο του φωτοσυνθετικού κορεσμού ($600-800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Benton Jones, 1999). Η αντίστοιχη τιμή των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης βρέθηκε $631,27$ και $434,91 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ για το (Gr 34) και το (B 49) αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές βρίσκονται επάνω από το κατώτερο όριο που απαιτείται για καλή αύξηση και ανάπτυξη φυτών τομάτας ($400-500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) και ελάχιστα επάνω από το κάτω όριο ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) του φωτοσυνθετικού κορεσμού. Δηλαδή, τα δίχτυα σκίασης «έκοβαν» την πλεονάζουσα ακτινοβολία η οποία μπορούσε να δημιουργήσει φωτοαναστολή της φωτοσύνθεσης των φυτών, επιτρέποντας την πρόσπτωση στην καλλιέργεια ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας όσης ήταν απαραίτητη για την καλή φυσιολογική λειτουργία της καλλιέργειας.

Όταν η άμεση ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε κάποια επιφάνεια υφίσταται σκέδαση και ένα μέρος της μετατρέπεται σε διάχυτη. Επομένως, η χρήση των δικτύων αύξησε σημαντικά το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας και ως εκ τούτου την αποτελεσματικότητα της χρήσης της ακτινοβολίας από την καλλιέργειας.

Επομένως τα δίχτυα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα προστάτευσαν την καλλιέργεια από τις υπερβολικά υψηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, εξασφαλίζοντας όμως ταυτόχρονα τις ελάχιστες απαιτήσεις σε φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία για καλή αύξηση και ανάπτυξη. Επιπλέον αύξησαν το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας.

6.2.2. Μικροκλίμα 24-ώρου & Ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα)

Τα χρησιμοποιηθέντα δίχτυα σκίασης δεν είχαν καμία επίδραση στη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος ανάπτυξης της καλλιέργειας, τόσο καθ' όλο το 24-ωρο όσο και κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα). Τ' αποτελέσματα δεν συμφωνούν με εκείνα των Smith et al. (1984), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας (ανατολή έως δύση ηλίου) η θερμοκρασία του αέρα στα δικτυοκήπια με ποσοστό σκίασης 15 & 40% ήταν 2-3°C χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί όμως από το γεγονός ότι το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου. Εκείνη την εποχή η μέγιστη θερμοκρασία για την τυπική ημέρα που παρουσιάζει στ' αποτελέσματά του ήταν περίπου 26 °C, έναντι 31 °C μιας τυπικής ημέρας της παρούσας εργασίας. Επιπλέον, η μέγιστη ενέργεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας την ίδια ημέρα άγγιζε τα 750 W m⁻², έναντι 1010 W m⁻² μιας τυπικής ημέρας της παρούσας εργασίας.

Μέσω της μείωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην καλλιέργεια ελαττώθηκε η προσφερόμενη προς αυτήν ενέργεια, γεγονός που οδήγησε στη μείωση της θερμοκρασίας της και στη αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας των φύλλων της. Η μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην καλλιέργεια των σκιασμένων μεταχειρίσεων μείωσε τη θερμική καταπόνηση της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας (11:00 - 17:00 τοπική ώρα), σε σχέση με το μάρτυρα. Στη μεταχείριση με το δίχτυ (B 49) η θερμοκρασία των φύλλων δεν ανέβηκε πάνω από τους 34°C, ενώ η διαφορά θερμοκρασίας καλλιέργειας-αέρα δεν ξεπέρασε τους +4°C, όταν για τα φυτά του τον μάρτυρα οι αντίστοιχες τιμές ήταν 42°C και +12°C. Επίσης, με τη σκίαση μειώθηκε το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα των σκιασμένων φυτών περίπου στο μισό ($\approx 4kPa$ για το (B 49)), σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα ($\approx 8kPa$), γεγονός που συνέβαλε θετικά στη μείωση της υδατικής καταπόνησης της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας (11:00 - 17:00 τοπική ώρα). Πολύ πιθανόν είναι η σκίαση να οδήγησε και σε μικρή αύξηση του ρυθμού της διαπνοής των φυτών κάτω από τα δίχτυα σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα (Baille et al., 2001). Έτσι αυξήθηκε η πρόσληψη του εδαφικού νερού και βελτιώθηκε η υδατική κατάσταση των φυτών, μειώνοντας έτσι τη μεσημβρινή κατάθλιψη.

Η σκίαση αύξησε τη φυλλική επιφάνεια των φυτών, δηλαδή αύξησε την επιφάνεια ανταλλαγής ενέργειας και μάζας. Με τον τρόπο αυτό προσφέρθηκε μεγαλύτερη επιφάνεια για διαπνοή άρα και για μετατροπή της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα. Μέσω της μεγαλύτερης φυλλικής επιφάνειας μπορούσαν τα σκιασμένα φυτά να διατηρούν μεγαλύτερο ρυθμό διαπνοής σε σχέση με τον μάρτυρα. Έτσι, μέσω της διαπνοής τα φυτά με μεγαλύτερη

φυλλική επιφάνεια ψύχονταν αποτελεσματικότερα, ενώ ταυτόχρονα αύξησαν τη σχετική υγρασία του αέρα γύρω απ' αυτά. Τα αποτελέσματα για το δίχτυ (B 49) δείχνουν ότι η σκίαση επέτρεπε την διατήρηση μικρών διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ φύλλου και αέρα (μέχρι +4°C στη χειρότερη περίπτωση). Αντίθετα η θερμοκρασία του φυλλώματος των φυτών του μάρτυρα ανέβηκε μέχρι και 12 °C πάνω από τη θερμοκρασία αέρα. Με τη χρήση των διχτύων σκίασης αποτρέπονταν η άνοδος της θερμοκρασίας της καλλιέργειας σε επικίνδυνα για την φυσιολογία του φυτού επίπεδα (>35°C). Εάν μάλιστα συνδυάζονταν οι υψηλές θερμοκρασίες φυλλώματος με υδατική έλλειψη τότε θα αναστέλλονταν η λειτουργία της φωτοσύνθεσης και ως εκ τούτου η αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.

Οι μετρήσεις των κλιματικών παραμέτρων δείχνουν ότι ο αέρας κάτω από τα δίχτυα είχε αυξημένη σχετική υγρασία κατά μέσο όρο 5,7-6,2% κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα), σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτό αποδεικνύει ότι τα δίχτυα συγκρατούσαν σε ικανοποιητικό βαθμό την υγρασία που προσερχόταν από την διαπνοή των φυτών καθώς και από την εξάτμιση του εδαφικού νερού στο περιβάλλον της καλλιέργειας. Η αύξηση της σχετικής υγρασίας προκάλεσε μείωση του ελλείμματος κορεσμού του αέρα (0,16-0,28kPa) η οποία με τη σειρά της προκάλεσε αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας με προφανείς θετικές επιπτώσεις στη διαπνοή και τη φωτοσύνθεση. Σε ανάλογα αποτελέσματα και συμπεράσματα για την επίδραση της μείωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στο μικροκλίμα της καλλιέργειας κατέληξαν και οι Medina et al. (2002) και Cohen et al. (1997), αλλά για καλλιέργεια *Citrus sinensis* αναπτυσσόμενη κάτω από επαλουμινιωμένα δίχτυα σκίασης και οι Baille et al. (2001), για καλλιέργεια τριανταφυλλιάς σε ασπρισμένο θερμοκήπιο.

Φαίνεται δηλαδή ότι υπήρχε μια αμφίδρομη τροφοδότηση μεταξύ μικροκλίματος και καλλιέργειας, ανάλογης εκείνης των θερμοκηπίων, η οποία βελτίωσε σημαντικά τη φυσιολογική κατάσταση των σκιασμένων φυτών. Ωστόσο, αυτή η αμφίδρομη τροφοδότηση ήταν λιγότερο αποτελεσματική απ' εκείνη των θερμοκηπίων. Αυτό αποδείχθηκε από την αδυναμία ελάττωσης της θερμοκρασίας του αέρα κάτω από τα δίχτυα. Τα θερμοκήπια είναι μια κλειστή κατασκευή, με την οποία γίνεται προσπάθεια απομόνωσης του χώρου που περικλείουν από το εξωτερικό περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό η υγρασία εγκλωβίζεται μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου. Στην περίπτωση των διχτύων σκίασης η υγρασία ήταν αδύνατον να εγκλωβιστεί στο χώρο κάτω απ' αυτά, διότι διαφεύγει από τις οπές και από τ' ανοικτά άκρα των κατασκευών σκίασης. Ωστόσο, τα δίχτυα περιορίζουν σε ένα βαθμό το ρυθμό διαφυγής της υγρασίας, γεγονός που καταδεικνύεται από την αυξημένη σχετική υγρασία (5,7-6,2%), που είχαν κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:30 - 20:00 τοπική ώρα), σε σχέση με τον μάρτυρα.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι τα δίχτυα συνέβαλλαν ως ένα βαθμό στη ρύθμιση του μικροκλίματος από την καλλιέργεια μέσω της μείωσης της προσπίπτουσας ηλιακής

ακτινοβολίας. Σε κάθε περίπτωση, αυτή η μερική ρύθμιση επέδρασε θετικά στη φυσιολογική κατάσταση της υπό σκίαση καλλιέργειας διότι μειώθηκε η *μεσημβρινή κατάθλιψη* (θερμική & υδατική καταπόνηση) της καλλιέργειας. Με τον τρόπο αυτό αυξήθηκε η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων των σκιασμένων φυτών, η οποία με τη σειρά της αύξησε το ρυθμό φωτοσύνθεσης και πολύ πιθανόν αύξησε και το ρυθμό διαπνοής αυτών.

Βιολογικό μέρος

6.3. Μη Καταστροφικές Μετρήσεις

6.3.1. Φυλλική Επιφάνεια

Η φυλλική επιφάνεια των φυτών όλων των μεταχειρίσεων με δίχτυ ήταν μεγαλύτερη από αυτή των φυτών του μάρτυρα μετά την 84^η ημέρα μετά την μεταφύτευση. Το γεγονός της αύξησης της φυλλικής επιφάνειας των φύλλων είναι τυπικό χαρακτηριστικό εγκλιματισμού των φυτών σε συνθήκες σκίασης. Τα φύλλα αυτών των φυτών εκτείνονται σε μεγαλύτερη επιφάνεια, ώστε να προσλαμβάνουν όσο το δυνατόν περισσότερα φωτόνια διατηρώντας τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα στα επιθυμητά επίπεδα. Η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια των σκιασμένων φυτών οφειλόταν τόσο στον μεγαλύτερο αριθμό ικανών να συμμετέχουν στην φωτοσύνθεση φύλλων που σχημάτισαν αυτά τα φυτά όσο και στην μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο των φυτών αυτών. Τα αποτελέσματα της φυλλικής επιφάνειας συμφωνούν μ' εκείνα της βιβλιογραφίας (Smith et al., 1984; El-Gizawy et.al., 1992; Abdel-Mawgoud et al. 1996; Heuvelink, 1995a). Τα δίχτυα σκίασης προκάλεσαν αύξηση της φυλλικής επιφάνειας ανά φύλλο χωρίς όμως να επηρεάζουν τις διαστάσεις και το σχήμα αυτών. Ο συνολικός αριθμός των σχηματισμένων φύλλων ήταν στατιστικά ίδιος για όλες τις μεταχειρίσεις. Επομένως από τον μεγαλύτερο αριθμό «ικανών» φύλλων καταδεικνύεται ότι τα φυτά των σκιασμένων μεταχειρίσεων ήταν σε καλύτερη φυσιολογική κατάσταση, διότι είχαν γρηγορότερο ρυθμό βλαστικής αύξησης και ανάπτυξης σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα.

Η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών δημιούργησε μεγαλύτερη επιφάνεια για διαπνοή άρα και για μετατροπή της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα. Μέσω της μεγαλύτερης φυλλικής επιφάνειας τα σκιασμένα φυτά μπορούσαν να διατηρούν μεγαλύτερο ρυθμό διαπνοής σε σχέση με τον μάρτυρα, δεδομένου ότι το πρόγραμμα άρδευσης ήταν το ίδιο για όλες τις μεταχειρίσεις. Έτσι, μέσω της διαπνοής τα φυτά με μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ψύχονταν αποτελεσματικότερα, γεγονός που συνέβαλε θετικά στη φυσιολογική λειτουργία των φύλλων.

Οι τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας την τελευταία ημέρα μετρήσεων ήταν ιδιαίτερα υψηλές (4,6 έως 4,9 $m^2 m^{-2}$). Υπενθυμίζεται ότι αυτή την ημέρα ο αριθμός των φύλλων που μπορούσαν (λόγω μεγέθους) να συνεισφέρουν στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης ήταν 56,71 έως 60,89 για τα φυτά κάτω από τα δίχτυα και μόλις 44,88 για τα φυτά του μάρτυρα. Επίσης, τονίζεται ότι δεν γινόταν αφαίρεση των κατώτερων, γηρασμένων φύλλων, διότι η υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας δεν έχει απαιτήσεις καλών συνθηκών αερισμού όπως η καλλιέργειες στο θερμοκήπιο. Ένας άλλος λόγος είναι ότι η υπαίθρια καλλιέργεια δεν είναι ένα πολύ εντατικό σύστημα καλλιέργειας που να δικαιολογεί αυτή την καλλιεργητική φροντίδα. Επομένως δικαιολογείται η εύρεση τόσο μεγάλων δεικτών φυλλικής επιφάνειας. Είναι βέβαιο ότι στην τιμή του δείκτη συμμετείχαν και γηρασμένα φύλλα που δεν συνεισφέρουν σημαντικά στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Ο διαχωρισμός τους όμως έκρυβε τον κίνδυνο εξαγωγής εσφαλμένων αποτελεσμάτων και γι αυτό δεν έγινε. Η ίδια πρακτική όμως χρησιμοποιήθηκε για όλες τις μεταχειρίσεις, επομένως δεν υπήρχε κάποιο συστηματικό σφάλμα που ν' αλλοίωνε τ' αποτελέσματα. Λόγω του μεγάλου δείκτη φυλλικής επιφάνειας μπορεί να ειπωθεί 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 σκίασης 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. Από τ' αποτελέσματα δεν προκύπτει ένδειξη φυσιολογικής υπολειτουργίας των σκιασμένων φυτών η οποία να οφειλόταν στον περιορισμό πρόσληψης ηλιακής ακτινοβολίας από αυτά. Αντιθέτως, είναι φανερή η θετική επίδραση των δικτυών σκίασης επί των φυσιολογικών λειτουργιών των σκιασμένων φυτών.

6.3.2. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης

Το μήκος του κυρίως στελέχους των φυτών των μεταχειρίσεων (*B&Gr 40*), (*B 40*) και (*B 49*) ήταν μεγαλύτερο από των φυτών του μάρτυρα από την 70^η κιόλας ημέρα μετά τη μεταφύτευση και η διαφορά αυτή έβαινε αυξητικά μέχρι την 112^η. Το αντίστοιχο μέγεθος για τα φυτά του (*Gr 34*) ήταν μεγαλύτερο από του μάρτυρα την 91^η και την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Το μήκος του δευτερεύοντος στελέχους των φυτών που αναπτύσσονταν κάτω από τα δίχτυα (136,22 έως 160,13cm) ήταν στατιστικά μεγαλύτερο από αυτό των φυτών του μάρτυρα (105cm) την 91^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Η επιμήκυνση των στελεχών είναι μια τυπική αντίδραση των φυτών σε συνθήκες μερικής σκίασης. Τα αποτελέσματα συμφωνούν μ' εκείνα της βιβλιογραφίας (Smith et al., 1984; El-Gizawy et.al., 1992; Abdel-Mawgoud et al., 1996; Heuvelink, 1995a).

Η εφαρμογή σκίασης επέτρεψε στα φυτά να διατηρήσουν μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης (0,55 έως 0,59 φύλλα ανά ημέρα) έναντι των φυτών του *μάρτυρα* (0,49 φύλλα ανά ημέρα). Φαίνεται δηλαδή ότι η σκίαση ευνοούσε την ανάπτυξη των αντίστοιχων φυτών. Αντίθετα, η απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία είχε ως αποτέλεσμα μια μικρή μείωση του ρυθμού ανάπτυξης σε σχέση με το ρυθμό που ανακοινώνεται από τη βιβλιογραφία (0,5 φύλλα ανά ημέρα) (Atherton and Rudich, 1996). Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο μετά και από την προηγηθείσα συζήτηση για τα υπόλοιπα αποτελέσματα. Ήτοι, τα σκιασμένα φυτά διατηρούνταν σε καλύτερη φυσιολογική κατάσταση από εκείνα που ήταν εκτεθειμένα στην υψηλή ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα να καταγράφουν μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης.

Πιθανόν λόγω της μη ύπαρξης (ή της απουσίας) στατιστικά σημαντικών διαφορών όσον αφορά στον αριθμό των φύλλων, των ταξιανθιών και ως εκ τούτου και των κόμβων, τα μεσογονάτια διαστήματα των σκιασμένων φυτών ήταν ελαφρώς μεγαλύτερα σε σχέση με το *μάρτυρα* μόνο την 91^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση.

6.3.3. Άνθηση

Η χρήση των δικτύων σκίασης φαίνεται να μην είχε επίδραση στον συνολικό αριθμό των ανθέων του κυρίως στελέχους, του δευτερεύοντος στελέχους και συνολικά ανά φυτό για όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος. Όμως, επηρέασε το σύνολο των σχηματισμένων καρπών όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα της παραγωγής.

6.3.4. Παραγωγή Καρπών

6.3.4.1. Συνολική & Εμπορεύσιμη Παραγωγή

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής τα φυτά των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης είχαν μεγαλύτερο βάρος συνολικής συγκομισθείσας παραγωγής (11,38 έως 12,69 kg m⁻²) και μεγαλύτερο συνολικό αριθμό συγκομισθέντων καρπών (62,77 έως 86,17 καρποί m⁻²) σε σχέση με τον *μάρτυρα* (8,62 kg m⁻² & 55,9 καρποί m⁻²). Δηλαδή, με τη σκίαση της καλλιέργειας επιτεύχθηκε μια σχετική αύξηση της παραγωγής κατά 45% περίπου. Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής (9^η εβδομάδα) η σειρά κατάταξης του συνολικού αθροιστικού αριθμού συγκομισθέντων καρπών ήταν:

$$\text{μάρτυρας} < (Gr\ 34) < (B\ 49) < (B\&Gr\ 40) < (B\ 40)$$

Είναι προφανές το όφελος από την χρήση των δίχτων και σε σχέση με την εμπορεύσιμη συγκομισθείσα παραγωγή. Το βάρος της εμπορεύσιμης παραγωγής ($10,11$ έως $10,90 \text{ kg m}^{-2}$) και ο αριθμός των εμπορεύσιμων καρπών ($54,23$ έως $70,94 \text{ καρποί m}^{-2}$) των μεταχειρίσεων που προστατεύονται από τα δίχτυα σκίασης ήταν σχεδόν διπλάσια σε σχέση με του μάρτυρα ($5,34 \text{ kg m}^{-2}$ & $29,58 \text{ καρποί m}^{-2}$). Η ποσοτική αύξηση της παραγωγής υποδηλώνει την καλύτερη φυσιολογική κατάσταση των σκιασμένων φυτών, η οποία εξασφαλίζει τις απαραίτητες ποσότητες φωτοσυνθετικών προϊόντων για την αύξηση των καρπών.

Δεδομένου του ίσου αριθμού εμφανισθέντων ανθέων, σε όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος αλλά και του μεγαλύτερου αριθμού συγκομισθέντων καρπών των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης συμπεραίνεται ότι από ένα ποσοστό ανθέων δεν προέκυψαν καρποί. Η απόρριψη αυτή των αναπτυσσόμενων ανθέων οφείλονταν στην αδυναμία εφοδιασμού τους με προϊόντα της αφομοίωσης. Αυτό συνέβη, διότι η ζήτηση φωτοσυνθετικών προϊόντων ήταν μεγάλη λόγω της ταυτόχρονης αύξησης πολλών νέων οργάνων (φύλλα, ταξιανθίες & άνθη κυρίως & δευτερεύοντος στελέχους). Επιπλέον, οι κλιματικές συνθήκες δεν επέτρεπαν την άριστη λειτουργία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού (φωτοαναστολή) με αποτέλεσμα η «αναπνοή για συντήρηση» να καταναλώνει τα περισσότερα προϊόντα, η «αναπνοή για αύξηση» λιγότερα και η «αναπνοή για ανάπτυξη» ελάχιστα. Η μερική σκίαση της καλλιέργειας είχε θετικά αποτελέσματα μειώνοντας την απόρριψη ανθέων για τα φυτά των μεταχειρίσεων με δίχτυ σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα.

6.3.4.2. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Παραγωγής

Η προστασία που προσέφεραν τα δίχτυα ενάντια στα ηλιακά εγκαύματα ήταν απόλυτη, δεδομένου ότι το ποσοστό των καρπών με ηλιακό έγκαυμα μειώθηκε στο 0%. Οι ηλιοκαυμένοι καρποί των μεταχειρίσεων (*B&Gr 40*) και (*B 40*) ανήκαν στην πρώτη ταξιανθία, συγκομίστηκαν τη δεύτερη εβδομάδα συγκομιδής και πιθανότατα να υπέστησαν έγκαυμα κατά τα πρώτα στάδια δημιουργίας και αύξησής τους, τα οποία χρονολογούνται στις αρχές Ιουνίου, πριν δηλαδή από την εγκατάσταση των δίχτων. Υπενθυμίζεται ότι η ημερομηνία εγκατάστασης των δίχτων ήταν η 10^η Ιουνίου 2003. Το ποσοστό 0,79 και 1,09% του αριθμού των ηλιοκαυμένων καρπών των μεταχειρίσεων (*B&Gr 40*) και (*B 40*) είναι πάρα πολύ μικρό και ως εκ τούτου η ημερομηνία εγκατάστασης των δίχτων του πειράματος κρίνεται ικανοποιητική.

Η μερική σκίαση της φυτείας ευνόησε και τη μείωση του ποσοστού των σχισμένων καρπών κατά 50% περίπου, κυρίως λόγω της αποφυγής της απευθείας έκθεσης των καρπών στον ήλιο και δευτερευόντως λόγω της ελαφρώς μεγαλύτερης σχετικής υγρασίας που διατηρούταν κάτω από τα δίχτυα.

6.3.4.3. Φυσικά Χαρακτηριστικά Καρπών

Η σκίαση επέδρασε θετικά και στην αύξηση του μεγέθους (g καρπό^{-1}) 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. Εξαιρέση απετέλεσαν οι καρποί της μεταχείρισης με το δίχτυ (*B 40*), όπου οι καρποί είχαν το μικρότερο μέγεθος από όλες τις μεταχειρίσεις, οφειλόμενο στον σχηματισμό μεγαλύτερου αριθμού καρπών ανά φυτό και ανά μονάδα επιφάνειας αυτής της μεταχείρισης. Δεν φαίνεται ότι το διαφορετικό ποσοστό σκίασης που παρείχαν τα δίχτυα είχε κάποια επίδραση επί του μεγέθους των καρπών.

6.4. Καταστροφικές Μετρήσεις

Η μερική σκίαση της καλλιέργειας ευνόησε την παραγωγή ξηράς ουσίας από τα σκιασμένα φυτά και αυτό ήταν αναμενόμενο από τη στιγμή που η φυσιολογική τους κατάσταση ήταν καλύτερη σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Το ποσοστό της ξηράς ουσίας των στελεχών των φυτών των μεταχειρίσεων με δίχτυ αυξήθηκε (2,3 έως 4,5%) σε σχέση με το αντίστοιχο ποσοστό των φυτών του μάρτυρα, με την αύξηση του ποσοστού σκίασης. Μικρότερη αύξηση (0,5 έως 0,75%) παρατηρήθηκε στο ποσοστό των φύλλων, με εξαίρεση εκείνη των φυτών του (*B 40*) (4,6%). Αντιθέτως, η σκίαση μείωσε το ποσοστό της συνολικής ξηράς ουσίας που κατανεμήθηκε στους καρπούς περίπου κατά 3%. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με τη βιβλιογραφία (Smith et al., 1984). Εξαιρέση ήταν τα φυτά του (*B 40*), στα οποία παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μείωση (9,1%).

Η ειδική φυλλική επιφάνεια των φυτών κάτω από τα δίχτυα μειωνόταν με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με το ρυθμό των φυτών του μάρτυρα, καταγράφοντας σε κάθε ημέρα καταστροφικών μετρήσεων τιμές μεγαλύτερες από εκείνες των φυτών του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα των καταστροφικών μετρήσεων τα οποία και συμφωνούν με τη βιβλιογραφία ((Smith, 1981; Marcelis, 1994; Bakker et al., 1995), δείχνουν την καλύτερη φυσιολογική λειτουργία των σκιασμένων φυτών σε συνδυασμό με την αύξηση της φυλλικής τους επιφάνειας με τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας.

7. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση τεσσάρων διαφορετικών δίχτων σκίασης στο μικροκλίμα, στην ανάπτυξη και στην παραγωγικότητα υπαίθριας καλοκαιρινής καλλιέργειας τομάτας. Οι παράγοντες του μικροκλίματος που μελετήθηκαν ώστε να αξιολογηθεί η επίδραση των δίχτων σκίασης ήταν η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα και της καλλιέργειας, η σχετική υγρασία και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα και το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα. Στο βιολογικό μέρος της μελέτης καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν επιλεγμένες παράμετροι αύξησης και ανάπτυξης των φυτών της καλλιέργειας.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας είναι:

1. Τα δίχτυα σκίασης προστάτευσαν την καλλιέργεια από τις υπερβολικά υψηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, εξασφαλίζοντας όμως ταυτόχρονα τις ελάχιστες απαιτήσεις σε φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία για καλή αύξηση και ανάπτυξη. Επιπλέον, αύξησαν το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας.
2. Τα δίχτυα σκίασης συνέβαλλαν ως ένα βαθμό στη ρύθμιση του μικροκλίματος από την καλλιέργεια, ελαττώνοντας την προσφερόμενη ενέργεια στην καλλιέργεια και αυξάνοντας τη φυλλική επιφάνεια αυτής (=αύξηση ανταλλαγής ενέργειας και μάζας). Σε κάθε περίπτωση, αυτή η ρύθμιση επέδρασε θετικά στη φυσιολογική κατάσταση (διαπνοή, φωτοσύνθεση) της υπό σκίαση καλλιέργειας.
3. Η σκίαση της καλλιέργειας είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής κατά 45% περίπου. Από 8,62 kg m⁻² στο μάρτυρα (Cont) σε 12,5 kg m⁻² στις μεταχειρίσεις με δίχτυα.
4. Η εμπορεύσιμη παραγωγή (βάρος και αριθμός) των μεταχειρίσεων που προστατεύονταν από τα δίχτυα σκίασης ήταν σχεδόν διπλάσια σε σχέση με το μάρτυρα.
5. Τα ηλιακά εγκαύματα μειώθηκαν 100%.
6. Το σχίσσιμο των καρπών μειώθηκε κατά 50%.
7. Το μέγεθος των καρπών αυξήθηκε.
8. Η σκίαση επέτρεψε στα φυτά που αναπτύσσονταν κάτω από αυτή να παράγουν περισσότερη ξηρά ουσία, την οποία εναπόθεσαν αναλογικά σε μεγαλύτερο ποσοστό στα φύλλα και στους βλαστούς και σε μικρότερο στους καρπούς σε σχέση με τα φυτά που ήταν άμεσα εκτεθειμένα στον ήλιο.

8. Μελλοντική Εργασία

Ένας προβληματισμός κατά την εκτέλεση του πειράματος ήταν ο χρόνος εγκατάστασης των δίχτων σκίασης. Το κριτήριο ήταν η έναρξη υψηλής έντασης ηλιακής ακτινοβολίας. Θα μπορούσε να προσδιοριστεί ο κατάλληλος χρόνος έναρξης της σκίασης σε σχέση τόσο με το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας όσο και με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται πως έχει και η τεχνική της εγκατάστασης. Εάν τα δίχτυα τοποθετούταν σε μεγαλύτερο ύψος, υποστηριζόμενα από κάποια κατασκευή, θα πραγματοποιούνταν τροποποίηση του μικροκλίματος και αν ναι με ποιο τρόπο θα επηρεαζόταν η καλλιέργεια; Μια άλλη τεχνική καλλιέργειας οπωροκηπευτικών είναι αυτή εντός δίχτυοκηπίων, χρησιμοποιώντας δίχτυα διαφόρων χρωματισμών. Θα ήταν ενδιαφέρον ο καθορισμός των καλλιεργειών που θα μπορούσαν ν' αναπτυχθούν με εμπορική επιτυχία εντός τέτοιων κατασκευών καθώς και η διερεύνηση της καταλληλότητας τέτοιων κατασκευών για τις ελληνικές κλιματικές συνθήκες.

Επίσης, σε μελλοντικά πειράματα θα μπορούσε να διερευνηθεί η πρωιμότητα σε σχέση με το ποσοστό σκίασης που παρέχουν τα δίχτυα. Η πρωιμότητα συνδυασμένη με την ποσοτικά και ποιοτικά αυξημένη παραγωγή καρπών είναι απολύτως επιθυμητή διότι αποφέρει υψηλότερο εισόδημα στον παραγωγό.

9. 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.
- Atherton J.G. and Rudich J., 1996. *The Tomato Crop: A scientific Basis for Improvement*. Chapman & Hall, New York. pp. 137-144, 146-147, 171, 175, 179, 202-205, 218-219.
- Baille, A., Kittas, C., Katsoulas, N., 2001. Influence of whitening on greenhouse microclimate and crop energy partitioning. *Agric. and For. Meteor.* 107 4, 293-306.
- Β Bakker J.C., Bot G.P.A., Challa H. and Van de Braak N.J., 1995. *Greenhouse climate control*. Wagenigen Pers. Wagenigen..
- Benton Jones, J., Jr., 1999. *Tomato plant culture*. CRC Press. Boca, Raton, London, New York, Washington, D.C. pp. 18-19, 41, 43-44
- Björkman, O. and Powels, S.B., 1984. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: interaction with light level. *Planta* 161, 490-504.
- Charles-Edwards, D.A. and Ludwig, L.J., 1975. The basis of expansion of leaf photosynthetic activities. (*Environmental and Biological Control of Photosynthesis* (ed. R. Marcelle) Dr W. Junk, The Hague, pp. 37-44). *Tomato Crop*, pp. 144.
- Cockshull, K.E., Graves, C.J., and C.R.J. Cave, 1992. Regulation The influence of shading on yield of glasshouse tomato.. *J. Hortic. Sci.* 67, 11-24.
- Cohen, S., Fuchs, M., 1999. Measuring and predicting radiometric properties of reflective shade nets and thermal screens. *J. Agric. Engng Res.* 73, 245-255.
- El-Aidy F. and 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., 1992b. Effect of different shading levels on tomato plants. 2. Yield and fruit quality. *Acta Hort.* 323, 349-354.
- El-Gizawy, A.M., Gomaa, H.M., El-Habbasha, K.M., Mohamed, S.S., 1992a. Effect of different shading levels on tomato plants. 1. Growth, flowering and chemical composition. *Acta Hort.* 323, 341-347.
- Farouk, E.A., Kafr, E.S., 1984. Research on the use of plastics and shade nets on the production of some vegetable crops in Egypt. *Acta Hort.* 154, 109-111.
- Fernandez-Rodriguez, E.J., Perez, D., Camacho-Ferre, F., Fernandez Vadillos, J., Kenig, A., 2001. Effects of aluminized shading screens vs whitewash on tomato photochemical efficiency under a non heated greenhouse. *Acta Hort.* 559, 279-284.
- Heuvelink ¹, E., 1995. Effect of plant density on biomass allocation to the fruits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Hort.* 64, 193-201.
- Heuvelink ², E., 1995. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. *Scientia Hort.* 61, 77-99.
- Hideg, E., Murata, N., 1997. The irreversible photoinhibition of the photosystem II complex in leaves of *Vicia faba* under strong light. *Plant Science* 130, 151-158.
- Jeon, H.J. and Chung, H.D., (1982). Effect of shade on the flowering, yield and fruit composition of different red pepper, *Capsicum annum*, L. Cultivars. *J. Korean. Soc. Hort. Sci.* 23 4: 253-260.
- Kittas, C., Baille, A., Giaglaras, P., 1999. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. *J. Agric. Engng Res.* 73, 341-351.
- Ludlow, M.M. and Björkman, O., 1984. Paraheliotropic leaf movement in *Siratro* as protective mechanism against drought-induced damage to primary photosynthetic reaction: damage by excessive light and heat. *Planta* 161, 505-518.

- 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.B., 2002. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. *Scientia Hort.* 96, 115-125.
- Mohr H. and Schopfer P., 1995. *Plant physiology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995. pp. 551-553.
- Ögren, E., 1988. Photoinhibition of photosynthesis in willow leaves under field conditions. *Planta* 175, 229-236.
- Ögren, E., Evans, J.R., 1992. Photoinhibition of photosynthesis *in situ* in six species of *Eucalyptus*. *Austral. J. Pl. Physiol.* 19, 223-232.
- Ögren, E., Rosenquist, E., 1992. On the significance of photoinhibition of photosynthesis in the field and its generality among species. *Photosyn. Res.* 33, 63-71.
- Öquist, G. and Ögren, E., 1985. Effectw of winter stress on photosynthetic electron transport and energy distribution between the two photosystems of pine as assayed by chlorophyll fluorescence kinetics. *Photosynth. Res.* 7, 19-30.
- Papadakis, G., Briassoulis, D., Scarascia Mugnozza, G., Vox, G., Feuilloley, P., Stoffers, J.A., 2000. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. *J. Agric. Engng Res.* 77, 7-38.
- Powles, S.B., 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annual Rev. Pl. Physiol.* 35, 15-44.
- Quagliotti, L., Lepori, G. and Bigotti, P.G., 1974. Response to solar radiation by two varieties of peppers, *Capsicum annum*, 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.
- Rylski, I., Spigelman, M., 1986. Effect of shading on plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under conditions of high temperature and radiation. *Scientia Hort.* 29 1-2, 31-35.
- Smith H., 1982. Light quality, photoperception and plant strategy, *Annual Review of Plant Physiology* 33, 481-518.
- Smith, I.E., Savage, M.J., Mills, P., 1984. Shading effects on greenhouse tomatoes and cucumbers. *Acta Hort.* 148, 229-237.
- Teitel M., Peiper U.M., Zvieli Y., 1996. Shading screens for frost protection. *Agricultural and Forest Meteorology* 81 (1996) 273-286.
- Teitel, M., Peiper, U.M., Zvieli, Y., 1996. Shading screens for frost protection. *Agric. and For. Meteor.* 81, 273-286.
- Varlet-Grancher C., Moulia B., Sinoquet H., Russel G., 1993. Spectral modification of light within plant canopies: How to quantify its effects on the architecture of plant stand. In: *Crop Structure and Light Microclimate. Characterization and Applications*. Varlet-Grancher C., Bonhomme R., Sinoquet H. eds. Paris, INRA. pp. 427-451.
- Willits, D.H., 2001. The effect of cloth characteristics on the cooling performance of external shade cloths for greenhouses. *J. Agric. Res.* 79 (3), 331-340.
- Αγγίδης Α.Θ., 2000. Τομάτα υπαίθρια: Επιτραπέζια-Βιομηχανική, Καλλιέργεια-Αξιοποίηση. Εκδόσεις Μ. Τριανταφύλλου & Σια Ο.Ε.. Θεσσαλονίκη 1995. σελ. 14.
- Ολύμπιος, Χ.Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης. σελ. 166.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074956

