

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



**«Επίδραση του βαθμού σκίασης με χρήση τεσσάρων (4)
διαφορετικών τύπων σκιάστρων στη συμπεριφορά υπαίθριας
καλλιέργειας τομάτας»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΜΠΑΝΑΚΑ ΦΩΤΕΙΝΗ

ΒΟΛΟΣ 2005



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

Αριθ. Εισ.: 4861/1
Ημερ. Εισ.: 02-08-2006
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιδετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2005
ΜΠΑ

Τριμελής επιτροπή

Καθηγητής

Επίκουρος Καθηγητής

Επίκουρος Καθηγητής

Κωνσταντίνος Κίττας (Επιβλέπων)

Γεώργιος Νάνος (Μέλος)

Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα (Μέλος)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υψηλή ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει διάφορες βλάβες στην καλλιέργεια υπαίθριας τομάτας (παρεμπόδιση της ανάπτυξης, μείωση της απόδοσης, υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών, μέχρι και θάνατο του φυτού). Η σκίαση αποτελεί πρακτική πολλών παραγωγών για προστασία των φυτών από την ηλιακή ακτινοβολία, κατά τη διάρκεια των ζεστών ημερών της καλλιεργητικής περιόδου.

Σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη της επίδρασης του βαθμού σκίασης στη συμπεριφορά υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας, με χρήση διαφορετικών τύπων δίχτων σκίασης. Το πειραματικό μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Αλμυρού στον Νομό Μαγνησίας. Τα δίχτυα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής: Gr 34 (πράσινο με ποσοστό σκίασης 34%), B&Gr 40 (πράσινο και μαύρο με ποσοστό σκίασης 40%), B 40 (μαύρο με ποσοστό σκίασης 40%) και B 49 (μαύρο με ποσοστό σκίασης 49%). Οι παράμετροι που μετρήθηκαν είναι οι οπτικές ιδιότητες των δίχτων σκίασης (περατότητα, απορροφητικότητα, ανακλαστικότητα), οι παράγοντες του κλίματος (μικρού μήκους, φωτοσυνθετικά ενεργή και υπέρυθη ακτινοβολία, θερμοκρασία και υγρασία του περιβάλλοντος, θερμοκρασία φύλλου), η αύξηση-ανάπτυξη και η απόδοση -ποιότητα των φυτών.

Τα δίχτυα μείωσαν την ηλιακή ακτινοβολία (305-2850nm) που έφτανε στα φυτά, σε σχέση με τον μάρτυρα, και τα προστάτευσαν από την υψηλή έντασή της. Η επίδρασή τους στην ποιότητα της ακτινοβολίας δεν ήταν ιδιαίτερα σημαντική, όμως παρουσίασαν τάση μείωσης της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας, γεγονός που δεν είναι επιθυμητό. Μεταξύ των δίχτων η μείωση της ακτινοβολίας ήταν ανάλογη του ποσοστού περατότητας, δηλαδή ακολούθησε τη σειρά: Gr 34 < B 40 < B&Gr 40 < B 49. Η θερμοκρασία του αέρα δεν επηρεάστηκε από την σκίαση, ενώ η θερμοκρασία του φυλλώματος του μάρτυρα παρουσιάστηκε αυξημένη σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα κατά τις θερμές ώρες της ημέρας. Τα δίχτυα σκίασης αύξησαν την σχετική υγρασία του αέρα (κατά 5,7-6,2%), προστατεύοντας τα φυτά από την υπερθέρμανση.

Η σκίαση αύξησε την φυλλική επιφάνεια, τον αριθμό των φύλλων και το μήκος των στελεχών (άρα και το ύψος των φυτών), ενώ δεν επηρέασε τις διαστάσεις και το σχήμα των φύλλων, τον αριθμό των κόμβων και των ταξιανθιών ανά φυτό και τον αριθμό των ανθέων. Επίσης, η σκίαση αύξησε την συνολική ξηρά ουσία, καθώς επίσης και την ξηρά ουσία των στελεχών και των φύλλων, ενώ δεν επηρέασε την ξηρά ουσία των καρπών. Στα φυτά των μεταχειρίσεων B 40 η σκίαση είχε την μικρότερη επίδραση, ενώ την μεγαλύτερη

επίδραση είχε στα φυτά των μεταχειρίσεων B&Gr 40. Τέλος η σκίαση αύξησε την απόδοση, το μέγεθος και την εμπορεύσιμη παραγωγή των καρπών. Μείωσε το ποσοστό των εγκαυμάτων κατά 100%, το σχίσμο κατά 50% περίπου, την παραμόρφωση 40%, δεν επηρέασε την εμφάνιση ξηρής σήψης κορυφής, ενώ παρουσιάστηκε μια οψίμιση της παραγωγής και μια τάση αύξησης του αριθμού των καρπών ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους καθώς αυξανόταν το ποσοστό σκίασης.

ABSTRACT

Excessive solar radiation may cause severe damage to tomato plant culture grown outdoors (growth, reduction in yield and tomato fruit quality, plant death). Shading is a practice of many growers for tomato plant protection from the excessive radiation, during the warmest days of the cultivation period.

The purpose of the experiment was to follow the influence of shading to outdoor tomato cultivation, by using different types of shading nets. The experimental part was made at Almiros's area, Prefecture of Magnisia. The shading nets used were: Gr 34 (green with shading rate 34%), B&Gr 40 (black and green with shading rate 40%), B 40 (black with shading rate 40%) and B 49 (black with shading rate 49%). The parameters measured were the radiometric properties of the shading nets (transmissivity, reflectivity, absorptivity), the climatic parameters (ultraviolet, photosynthetic active and infrared radiation, air temperature and humidity, leaf temperature), plant growth and tomato yield-fruit quality.

Shading nets decreased the solar radiation (305-2850nm) that reached the tomato plants, compared to the Control treatment (unshaded), and protected them from its excessive intensity. Their influence to radiation quality was not statistically important, but they tended to decrease the photosynthetic active radiation, a fact that is not always desirable. Comparing the shading nets, radiation decrease was analogous to transmissivity percentage, which was Gr 34 < B 40 < B&Gr 40 < B 49. Shading did not influence air temperature, while the Control's leaf temperature was increased, compared to shading screens' treatments, during the warmest hours of the day. Shading nets increased air relative humidity (about 5,7-6,2%), protecting the plants from overheating.

Shading increased the plant leaf area, number of leaves and length of stems (therefore plant height), whereas it did not influence the dimensions and shape of leaves, the number of clusters per plant and the number of flowers. Shading increased total dry matter and dry matter of stems and leaves, whereas tomato fruit dry matter was not influenced. Shading had the lower influence to the B 40 treatment plants, while the greater to the plants of the B&Gr 40 treatment. Shading, also, increased tomato yield, size and marketable production of fruits. The percentage of sunburned fruits was decreased about 100%, of the cracked fruits 50%, of the cat faced 40%, while shading did not influence the bottom end rotted fruits. There was some delay of ripening of tomato fruits, due to shading, and an increasing number of fruits per ground surface, as shading percentage increased.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Κύριο Κίττα Κωνσταντίνο, υπεύθυνο του Εργαστηρίου των Γεωργικών Κατασκευών – Ελέγχου Περιβάλλοντος, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το ενδιαφέρον θέμα της επίδρασης της σκίασης στα φυτά, καθώς είναι αναγκαία η εφαρμογή της κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στην Ελλάδα. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τις συμβουλές και την συμπαράσταση κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Ευχαριστώ τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, τον Κύριο Νάνο Γεώργιο, Επίκουρο Καθηγητή της Δεντροκομίας, και τον Κύριο Χα Ιμπραχίμ-Αβραάμ, Επίκουρο Καθηγητή της Λαχανοκομίας, για την συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή και την συμβολή τους στη διόρθωση της εργασίας.

Επίσης, ιδιαίτερα ευχαριστώ τον Νικόλαο Ρηγάκη, γεωπόνο, για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια του πειραματικού μέρους και της επεξεργασίας των δεδομένων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Ι: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ – ΣΚΟΠΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	1
1.1. Εισαγωγή.....	1
1.2. Βοτανικοί χαρακτήρες.....	1
1.3. Κλιματικές απαιτήσεις.....	3
1.4. Απαιτήσεις σε έδαφος.....	4
1.5. Λίπανση.....	5
1.6. Πολλαπλασιασμός υπαίθριας τομάτας.....	7
1.6.1. Σπορά στο σπορείο.....	7
1.6.2. Μεταφύτευση στο ύπαιθρο.....	7
1.7 Καλλιεργητική τεχνική.....	8
1.7.1 Κλάδεμα (-Βλαστολόγημα).....	8
1.7.2 Κορυφολόγημα.....	8
1.7.3 Αποφύλλωση.....	9
1.7.4 Υποστύλωση.....	9
1.7.5 Γονιμοποίηση – Καρπόδεση.....	9
1.8 Καταπολέμηση ζιζανίων.....	10
1.9 Άρδευση.....	10
1.10 Συγκομιδή.....	11
1.11 Ποικιλίες.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	12
2.1 Εισαγωγή.....	12
2.2 Φως.....	12
2.2.1 Γενικά.....	12
2.2.2 Επίδραση του φωτός στα φυτά.....	15
2.2.2.1 Φάσμα της ακτινοβολίας.....	15
2.2.2.2 Ένταση της ακτινοβολίας.....	16
2.2.2.3 Διάρκεια φωτισμού.....	17
2.3 Θερμοκρασία.....	18
2.3.1 Γενικά.....	18

2.3.2	Επίδραση της θερμοκρασίας στα φυτά.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΚΙΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....		22
3.1	Εισαγωγή.....	22
3.2	Βλαστική φάση.....	23
3.2.1	Γενικά.....	23
3.2.2	Επίδραση της σκίασης.....	24
3.3	Αναπαραγωγική φάση.....	25
3.3.1	Γενικά.....	25
3.3.1.1	Ποιότητα.....	25
3.3.1.2	Απόδοση.....	27
3.3.2	Επίδραση της σκίασης.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΙΚΑ ΣΚΙΑΣΗΣ.....		29
4.1	Γενικά.....	29
4.2	Εφαρμογές.....	30
4.3	Περιγραφή.....	31
4.3.1	Κοινά δίχτυα σκίασης.....	31
4.3.2	Φωτοεκλεκτικά δίχτυα σκίασης.....	32
4.3.3	Αλουμινωμένα δίχτυα σκίασης.....	33
4.3.3.1.	Σύγκριση με το κοινό δίχτυ σκίασης.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....		35
ΜΕΡΟΣ ΙΙ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ		
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....		36
6.1	Περιγραφή της ποικιλίας.....	36
6.2	Περιγραφή των δικτύων.....	36
6.3	Περιγραφή του αγρού.....	37
6.4	Καλλιεργητική τεχνική.....	38
6.5	Εγκατάσταση του πειράματος στον αγρό.....	39
6.6	Μετρήσεις.....	40
6.6.1.	Οπτικές ιδιότητες των δικτύων σκίασης.....	40

6.6.2.	Παράμετροι του κλίματος.....	40
6.6.2.1.	Καταγραφή των μετρήσεων.....	41
6.6.3	Παράμετροι αύξησης – ανάπτυξης των φυτών.....	42
6.6.3.1.	Μη καταστροφικές μετρήσεις.....	42
6.6.3.2.	Καταστροφικές μετρήσεις.....	42
6.6.4.	Παράμετροι απόδοσης – ποιότητας των φυτών.....	43
6.7	Επεξεργασία δεδομένων.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....		44
7.1	Οπτικές ιδιότητες των δικτύων σκίασης.....	44
7.1.1.	Περατότητα δικτύων.....	44
7.1.2.	Ποιότητα διερχόμενης ακτινοβολίας.....	45
7.2.	Το μικροκλίμα της καλλιέργειας.....	47
7.2.1.	Ηλιακή ακτινοβολία και PAR.....	47
7.2.2.	Θερμοκρασία αέρα και φυλλώματος.....	49
7.2.3.	Σχετική υγρασία.....	50
7.3.	Μη καταστροφικές μετρήσεις.....	51
7.3.1.	Φυλλική επιφάνεια και δείκτης φυλλικής επιφάνειας.....	51
7.3.2.	Αριθμός και διαστάσεις φύλλων.....	52
7.3.3.	Μήκος των στελεχών.....	53
7.3.4.	Αριθμός κόμβων και μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων	53
7.3.5.	Αριθμός ανθέων.....	56
7.4.	Καταστροφικές μετρήσεις.....	56
7.4.1.	Ξηρά ουσία.....	56
7.4.2.	Ειδική φυλλική επιφάνεια.....	58
7.5.	Παραγωγή των φυτών.....	59
7.5.1.	Απόδοση σε καρπούς.....	59
7.5.2.	Ποιότητα των καρπών.....	60
7.5.2.1.	Φυσικά χαρακτηριστικά.....	60
7.5.2.2.	Φυσιολογικές ανωμαλίες.....	61

ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΠΗΓΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
8.1. Οπτικές ιδιότητες των διχτύων σκίασης.....	63
8.2. Το μικροκλίμα της καλλιέργειας.....	64
8.3. Μη καταστροφικές μετρήσεις.....	65
8.4. Καταστροφικές μετρήσεις.....	66
8.5. Παραγωγή των φυτών.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	68
9.1. Εικόνες.....	70
9.2. Πίνακες.....	70

ΜΕΡΟΣ Ι: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ – ΣΚΟΠΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ

1.1. Εισαγωγή

Η τομάτα (*Lycopersicon esculentum* Mill., οικογένεια **Solanaceae**) κατάγεται από την τροπική Αμερική (Μεξικό) όπου υπάρχουν πολλά αυτοφυή είδη. Στην Ευρώπη μεταφέρθηκε τον 16^ο αιώνα και στην Ελλάδα η εισαγωγή της έγινε αρχικά στην Αθήνα περίπου το 1818 (Ολύμπιος, 2001, σ. 40-41). Η τομάτα καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα μήκη και πλάτη του κόσμου. Το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιεργείται στην Ευρώπη, την Ασία και την Αμερική.

Στην Ελλάδα η συνολική έκταση που καλλιεργείται με τομάτες για νωπή κατανάλωση έρχεται δεύτερη μετά την πατάτα. Ένα μεγάλο μέρος της έκτασης αυτής (53,8%, το 1997) 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 (Ολύμπιος, 2001, σ. 46). Σύμφωνα με στοιχεία του 1998 η έκταση της τομάτας που καλλιεργήθηκε στην ύπαιθρο για νωπή κατανάλωση ήταν 134.000 στρέμματα ενώ η αντίστοιχη παραγωγή ήταν 491.000 τόνοι (Ολύμπιος, 2001, Πίνακας 1.2 σ. 47).

Η τομάτα αποτελεί ιδιαίτερα δημοφιλές λαχανικό παγκοσμίως. Οι σπουδαιότεροι λόγοι είναι ότι εφοδιάζει τον οργανισμό με βιταμίνες (κυρίως βιταμίνες C και A), έχει ελκυστικό χρώμα και ιδιαίτερο άρωμα, γεγονός που την καθιστά αρεστή στη διατροφή, σύντομο κύκλο ζωής και υψηλή παραγωγικότητα. Επίσης η τομάτα αποτελεί μία από τις καλύτερες πηγές του καροτενοειδούς λυκοπινίου (η κύρια χρωστική της ουσία), το οποίο σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα προστατεύει τους ζωικούς οργανισμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία (Καράταγλης, 1999, σ.389) ενώ δρώντας σαν αντιοξειδωτικό καταστέλλει τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων μειώνοντας τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου και προστατεύει από καρδιαγγειακές παθήσεις (Dumas et al., 2002).

1.2. Βοτανικοί χαρακτήρες

Η τομάτα στον τόπο καταγωγής της είναι πολυετές φυτό, αλλά στις εύκρατες ζώνες καλλιεργείται σαν ετήσιο γιατί νεκρώνεται το χειμώνα. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες από άποψη βλαστικής ανάπτυξης διακρίνονται σε αναρριχώμενες και αυτοκλαδευόμενες (χρησιμοποιούνται κυρίως για παραγωγή πρώτης ύλης για τη βιομηχανία).

Η **ρίζα** είναι ευδιάκριτη κεντρική, με αρκετές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια. Στην περίπτωση όμως που η τομάτα μεταφυτεύεται, η κεντρική ρίζα κόβεται ή καταστρέφεται και το φυτό αρχίζει να παράγει με ευκολία πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες, ακόμη και από τον λαιμό του φυτού, γεγονός που θεωρείται πλεονέκτημα γιατί διευκολύνεται η μεταφύτευση (Ολύμπιος, 2001, σ. 52).

Ο κεντρικός **βλαστός** φέρει τα πραγματικά φύλλα, στις μασχάλες των οποίων υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν πλευρικούς βλαστούς. Η τομάτα έχει την τάση να σχηματίζει πολλούς βλαστούς. Το σχήμα του βλαστού είναι κυλινδρικό και εσωτερικά είναι πλήρης (Ολύμπιος, 2001, σ. 53).

Τα πραγματικά **φύλλα** της τομάτας (**Εικ. 1α**) είναι σύνθετα. Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παραφύλλων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο εξαρτάται από την ποικιλία και τη θέση του φύλλου στον βλαστό. Είναι δυνατόν να συναντηθούν ποικιλίες με 3, 4 ή 5 ζεύγη φυλλαρίων. Εμφανίζονται σε ελικοειδή διάταξη πάνω στον βλαστό. Η πάνω επιφάνειά τους έχει χρώμα λαμπερό βαθύ πράσινο και η κάτω ελαιώδες ανοιχτό πράσινο (Ολύμπιος, 2001, σ. 53-54).



(α)



(β)

Εικόνα 1: α. Τα φύλλα και β. τα άνθη της τομάτας .

Τα **άνθη** της τομάτας (**Εικ. 1β**) είναι ερμαφρόδιτα, κατά κανόνα αυτογονιμοποιούμενα, και είναι τοποθετημένα σε **ταξιανθία** που έχει από 2-3 μέχρι και περισσότερα από 20 άνθη, από τα οποία συνήθως προκύπτουν 2-8 καρποί. Το άνθος φέρει πράσινο δερματώδη κάλυκα, που αποτελείται από 5 ή περισσότερα σέπαλα και ο οποίος παραμένει μέχρι την ωρίμανση του καρπού. Η στεφάνη είναι κίτρινη με 5 ή περισσότερα πέταλα ενωμένα, ενώ οι 5 ή περισσότεροι στήμονες είναι ενωμένοι στη βάση τους με την στεφάνη αλλά και κατά μήκος μεταξύ τους σχηματίζοντας κώνο γύρω από τον στύλο. Ο στύλος είναι συνήθως πιο κοντός από τους στήμονες και εγκλωβισμένος από τους ανθήρες. Η πρώτη ταξιανθία σχηματίζεται μετά το 3^ο ως το 5^ο γόνατο και οι επόμενες ακολουθούν κάθε 2-3 γόνατα. Οι ταξιανθίες εκφύονται στο χώρο των μεσογονατίων διαστημάτων (Ολύμπιος, 2001, σ. 54).

Ο καρπός της τομάτας είναι πολύχωρος ράγα, με ποικίλα σχήματα (στρογγυλό, επίμηκες, απιοειδές) και με 2 μέχρι περισσότερα από 6 καρπόφυλλα. Έχει χονδρό περικάρπιο, με λεπτή επιδερμίδα χωρίς στόματα και με κηρώδη εφυμενίδα. Στα καρπόφυλλα υπάρχει ζελατινώδης πλακούντας που περιβάλλει τους σπόρους. Το μέγεθος του καρπού στις επιτραπέζιες ποικιλίες είναι συνήθως 150-300g (Παπαδόπουλος, 1999). Το χρώμα του καρπού είναι συνήθως κόκκινο, υπάρχουν όμως και ποικιλίες που έχουν χρώμα πορτοκαλί, κίτρινο, ροζ ή λευκό.

Ο σπόρος είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, χρώματος κίτρινο-καφέ χρυσαφένιο και η επιφάνειά του καλύπτεται από τριχοειδείς αποφύσεις. Το μέγεθος των σπόρων είναι μικρό, διαμέτρου 3-5 χιλιοστών. Ένα γραμμάριο σπόρου έχει 450 περίπου σπέρματα (Ολύμπιος, 2001, σ. 56).

Το φυτό καλύπτεται από κοντές και σκληρές τρίχες και παράγει ένα αδενώδες έκκριμα, με χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή, ιδιαίτερα όταν μελανιάζει (McGregor, 1976).

1.3. Κλιματικές απαιτήσεις

Η τομάτα είναι φυτό που καλλιεργείται κατά τη θερινή περίοδο του έτους και απαιτεί χρόνο διάρκειας τουλάχιστον 3-4 μηνών, από τη σπορά μέχρι την έναρξη της συγκομιδής. Προτιμά ζεστό καιρό, επειδή θερμοκρασία αέρα μικρότερη των 10°C καθυστερεί τη βλάστηση των σπόρων, αναχαιτίζει τη βλαστική ανάπτυξη, μειώνει την καρπόδεση και επιδρά αρνητικά στην ωρίμανση των καρπών. Το φυτό της τομάτας δεν ανέχεται τον παγετό. Το άριστο εύρος μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα για κανονική αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, καθώς και για φυσιολογική καρπόδεση, είναι μεταξύ 18,5-26,5°C, με άριστο εύρος μέσης θερμοκρασίας ημέρας 21-29,5°C και νύχτας 18,5-26,5°C (Benton Jones, 1999, σ.18).

Υψηλή θερμοκρασία αέρα, μεγαλύτερη από 35°C, μειώνει την καρπόδεση και παρεμποδίζει την ανάπτυξη φυσιολογικού χρώματος καρπών. Κάτω των 12°C το φυτό παθαίνει ζημιά σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του (φύτρωμα, ανάπτυξη, καρποφορία). Το άριστο της βλαστικής ανάπτυξης παρατηρείται στους 20-25°C. Η βλαστική ανάπτυξη είναι ταχύτερη όταν παρατηρείται διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα 4-5°C (θερμοπεριοδισμός). Η άριστη θερμοκρασία νύχτας ποικίλλει με την ηλικία του φυτού (Παπαδόπουλος, 1999).

Η καρπόδεση, στις περισσότερες ποικιλίες, γίνεται καλύτερα στους 16-22°C, ενώ δεν μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες άνω των 30-35°C και κάτω των 10-15°C, λόγω σχηματισμού ατελούς άνθους ή γιατί η χαμηλή θερμοκρασία επιδρά δυσμενώς στη γονιμοποίηση (Παπαδόπουλος, 1999). Εφόσον δε γίνει γονιμοποίηση, παρατηρείται πτώση του άνθους (ανθόρροια). Ανθόρροια επίσης συμβαίνει και όταν η υγρασία του αέρα και η ένταση του φωτός είναι μικρή.

Η τομάτα παρουσιάζει «ποσοτική» φωτοπεριοδική αντίδραση. Αυτό σημαίνει ότι ανθίζει σε οποιαδήποτε φωτοπερίοδο, αλλά όταν η φωτοπερίοδος είναι μικρή (κάτω από 12 ώρες) τότε ανθίζει νωρίτερα (πρωιότερα). Το άριστο της ανάπτυξης και καρπόδεσης της τομάτας συμβαίνει σε σχετικά μεγάλες εντάσεις φωτός (50.000 lux) (Παπαδόπουλος, 1999).

1.4. Απαιτήσεις σε έδαφος

Η τομάτα μπορεί να καλλιεργηθεί με επιτυχία σε ποικιλία εδαφών (οργανικά, ελαφρά, μέσης συστάσεως, ακόμη και βαριά) αρκεί να στραγγίζουν καλά, γιατί το ριζικό της σύστημα αναπτύσσεται σε βάθος μεγαλύτερο από 120cm (Ολύμπιος, 1996, Πίνακας 14 σ. 45). Αποδίδει όμως καλύτερα σε εδάφη με σταθερή δομή, υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας, καλή στράγγιση και υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Τα πιο κατάλληλα εδάφη είναι τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη. Θα πρέπει, όταν η φυσική στράγγιση του εδάφους δεν είναι ικανοποιητική, να προβλέπεται εγκατάσταση συστήματος στράγγισης (Ολύμπιος, 2001, σ. 74-75).

Όταν επιδιώκεται πρωιμότητα ή μεγάλη παραγωγή, η τομάτα για νωπή κατανάλωση προτιμάται να καλλιεργείται σε ελαφρότερα εδάφη, τα οποία στραγγίζουν καλύτερα και θερμαίνονται νωρίτερα την άνοιξη, χρειάζονται όμως περισσότερη λίπανση (γιατί είναι λιγότερο γόνιμα) και συχνότερη άρδευση. Σε όλες τις περιπτώσεις είναι επιθυμητή η μεγάλη περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, καθώς και σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Σε ότι αφορά τις χημικές ιδιότητες του εδάφους, η πιο κατάλληλη αντίδραση για την καλλιέργεια της τομάτας θεωρείται η περιοχή μεταξύ pH=6-6,5, αν και pH μέχρι 7,5 δίνει καλά αποτελέσματα (Ολύμπιος, 2001, σ. 75). Θα πρέπει να αποφεύγονται τα αλατούχα εδάφη, ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (ECe) θα πρέπει να είναι μικρότερη από 3000 micromhos/cm (Ολύμπιος, 2001, Πίνακας 1.9, σ. 75).

Σχετικά με την επίδραση της θερμοκρασίας εδάφους στο φυτό της τομάτας υπάρχουν πολύ λίγες πληροφορίες. Γενικά συνιστώνται θερμοκρασίες εδάφους γύρω στους 14°C.

Όταν πέσει κάτω από τους 13°C μειώνεται η ανάπτυξη και η λειτουργία της ρίζας, ενώ σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να πέσει κάτω από τους 10°C (Ολύμπιος, 2001, σ. 102).

1.5. Λίπανση

Η σωστή λίπανση της τομάτας θα πρέπει να βασίζεται στα αποτελέσματα της ανάλυσης του εδάφους και στη φυλλοδιαγνωστική, και συνήθως απαιτεί τη χορήγηση σε κανονική βάση αζώτου, φωσφόρου, καλίου και μαγνησίου. Η **βασική λίπανση** θα πρέπει να στοχεύει στη δημιουργία εδάφους με υψηλά επίπεδα οργανικής ουσίας, αρκετά αποθέματα φωσφόρου, καλίου και αζώτου, για όλη την καλλιεργητική περίοδο, και να διατηρεί την αντίδραση του εδάφους γύρω στο pH=6-6,5. Εκτός από την βασική λίπανση, που γίνεται κατά την προετοιμασία του εδάφους, επιβάλλεται και η εφαρμογή της **επιφανειακής λίπανσης** κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και καρποφορίας των φυτών, την κατάλληλη στιγμή και στις σωστές αναλογίες, για διατήρηση του φυτού της τομάτας σε διαρκή υψηλά επίπεδα παραγωγής. Με την επιφανειακή λίπανση η τομάτα εφοδιάζεται κυρίως με άζωτο και κάλιο, αλλά και με ιχνοστοιχεία.

Ο τελικός δείκτης των αναγκών σε λίπανση είναι το ίδιο το φυτό και συγκεκριμένα: το πάχος του βλαστού κοντά στην αναπτυσσόμενη κορυφή, η ζωνρότητα και ο αριθμός των τελευταίων ανθέων που αναπτύχθηκαν, ο βαθμός της καρπόδεσης, το μέγεθος και το χρώμα των φύλλων. Τα προηγούμενα, σε συνδυασμό με περιοδικές αναλύσεις εδάφους και μίσχου, η εποχή του έτους και το μέγεθος της ηλιοφάνειας, αποτελούν το τελικό κριτήριο για τον υπολογισμό, όχι μόνο της ποσότητας και σύνθεσης της λίπανσης, αλλά και της άρδευσης (Ολύμπιος, 2001, σ. 119).

Θα πρέπει να γίνεται εμπλουτισμός του εδάφους τόσο με οργανική, όσο και με ανόργανη λίπανση. Υψηλά επίπεδα **οργανική ουσίας** συμβάλλουν στη διατήρηση σταθερής δομής στο έδαφος και βελτιώνουν την υδατοϊκανότητά του. Επειδή η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας γίνεται με ταχύ ρυθμό, θα πρέπει να γίνεται τακτική προσθήκη οργανικής ουσίας (μία φορά στο χρόνο ή στα δύο χρόνια). Οι μορφές στις οποίες μπορεί να προστεθεί η οργανική ουσία είναι: κοπριά, τύρφη και υποστρώματα καλλιέργειας μανιταριών (Ολύμπιος, 2001, σ.77-78).

Τα **ανόργανα στοιχεία** που χορηγούνται στα φυτά της τομάτας είναι τα παρακάτω (Παπαδόπουλος, 1999):

✚ **Άζωτο:** Η σπουδαιότερη αντίδραση της τομάτας στη χορήγηση αζωτούχων λιπασμάτων είναι η αύξηση της βλάστησης. Στις ελληνικές συνθήκες τα λιπάσματα νιτρική

αμμωνία, νιτρικό ασβέστιο και νιτρικό κάλιο, ανάλογα με το pH του εδάφους και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, θεωρούνται τα πιο κατάλληλα για προσθήκη αζώτου.

✚ **Φώσφορος:** Η βλάστηση και η καρποφορία φυτών τομάτας μπορεί να περιορισθούν σε εδάφη ανεπαρκώς εφοδιασμένα με φώσφορο. Η αντίδραση των φυτών στα χορηγούμενα λιπάσματα φωσφόρου εξαρτάται κυρίως από τα διαθέσιμα ποσά στο έδαφος και το pH του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών.

✚ **Κάλιο:** Μέγιστη παραγωγή τομάτας μπορεί να επιτευχθεί σε σχετικά μέσα επίπεδα καλίου. Η αυξημένη χορήγηση μειώνει το ποσοστό των «κούφινων» και με ανομοιόμορφο χρωματισμό καρπών, καλυτερεύει το σχήμα και τη συνεκτικότητά τους και αυξάνει την ολική οξύτητα του χυμού (που μαζί με την περιεκτικότητα σε σάκχαρα καθορίζουν τη γεύση της τομάτας).

✚ **Ασβέστιο, Μαγνήσιο:** Το ασβέστιο είναι υπεύθυνο για την αύξηση των μεριστωματικών ιστών. Αντίδραση των φυτών στη χορήγηση ασβεστίου παρατηρείται σπάνια, επειδή τα περισσότερα ελληνικά εδάφη είναι πλούσια στο στοιχείο αυτό. Αντίθετα, ανωμαλίες στους καρπούς από ανεπαρκή τροφοδότησή τους σε ασβέστιο (δυσκολίες στην απορρόφηση και διακίνησή του) είναι συχνές («ξηρή σήψη κορυφής»).

Ανεπαρκής εφοδιασμός του εδάφους με μαγνήσιο μπορεί να επιφέρει μείωση στην ανάπτυξη και την παραγωγή της τομάτας. Αντίθετα, η χορήγηση μαγνησίου βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (ομοιόμορφος χρωματισμός, καλό σχήμα κ.τ.λ.).

Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα λίπανσης για την επιτραπέζια υπαίθρια τομάτα, δίνεται στον **Πίνακα 1** (Παπαδόπουλος, 1999).

	Λιπάσματα και ποσότητες	Λιπαντικές μονάδες (kg/στρ.)			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Βασική Λίπανση	▶ 11-15-15 100 kg/στρ.	11	15	15	-
	▶ Θεϊκό Μαγνήσιο 30 kg/στρ.	-	-	-	4,8
Επιφανειακή Λίπανση (αυλάκια)	▶ Νιτρική αμμωνία (34,5-0-0), 5 φορές * 10 (=50) kg/στρ.	17,2	-	-	-
	▶ Νιτρικό κάλιο, 5 φορές * 15 (=75) kg/στρ.	9,7	-	34,5	-
	▶ Θεϊκό μαγνήσιο 30 kg/στρ.	-	-	-	4,8
	Σύνολο	37,9	15	49,5	9,6

Πίνακας 1: Ενδεικτικό πρόγραμμα λίπανσης τομάτας.

1.6. Πολλαπλασιασμός υπαίθριας τομάτας

Η τομάτα πολλαπλασιάζεται με σπόρο και ανήκει στα παραδοσιακά μεταφυτευόμενα φυτά. Για την προετοιμασία των φυταρίων εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι. Οι πιο διαδομένες σήμερα είναι της στρωμάτωσης και στη συνέχεια της μεταφύτευσης σε ατομικά γλαστράκια και της απευθείας σποράς σε δίσκους (Ολύμπιος, 2001, σ. 57).

1.6.1. Σπορά στο σπορείο

Το σπορείο της τομάτας μπορεί να γίνει στην ύπαιθρο, εφόσον το επιτρέπει η θερμοκρασία, ή σε θερμαινόμενο χώρο. Ο σπόρος σπέρνεται σε καλά κατεργασμένο και απολυμασμένο εδαφικό ή συνθετικό μίγμα που περιέχεται συνήθως σε ξύλινα κιβώτια.

Για να παραχθούν φυτά για τη φύτευση ενός στρέμματος ο σπόρος που χρησιμοποιείται είναι 30g (Ολύμπιος, 1996, Πίνακας 34, σ. 155). Το βάθος σποράς πρέπει να είναι γύρω στο 0,5-1cm. Η άριστη θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων της τομάτας κυμαίνεται μεταξύ 24-27°C. Στη θερμοκρασία αυτή απαιτούνται 5 περίπου ημέρες για να εμφανιστούν νεαρά φυτά στην επιφάνεια του υποστρώματος. Η επιθυμητή υγρασία στην ατμόσφαιρα του σπορείου είναι γύρω στο 60-70% σχετική υγρασία (Ολύμπιος, 2001, σ. 57, 66).

Η τομάτα δεν είναι από τα πλέον φωτόφιλα φυτά. Είναι φυτό ουδέτερο στον φωτοπεριοδισμό και μάλλον ευνοείται από μικρό μήκος ημέρας. Επίσης ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του σπορείου με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) στα 1000-1200 ppm έχει ευνοϊκή επίδραση στην ανάπτυξη και την πιο εύκολη μεταφύτευση των φυτών (Ολύμπιος, 2001, σ. 66, 68).

1.6.2. Μεταφύτευση στο ύπαιθρο

Η μεταφύτευση γίνεται το αργότερο όταν στα φυτά γίνει εμφανής, αλλά κλειστή, η πρώτη ταξιανθία (10-12 ημέρες περίπου πριν ανοίξουν τα άνθη) ή όταν τα φυτά αποκτήσουν 6-8 πραγματικά φύλλα (5-8 εβδομάδες μετά τη σπορά) (Ολύμπιος, 1996, Πίνακας 34 σ. 155). Σκληραγώγηση γίνεται σε περιορισμένη κλίμακα, με περιορισμό του νερού άρδευσης χωρίς να φτάσει σε επίπεδο μάρανσης, ενώ η λίπανση θα πρέπει να παραμένει σε υψηλά επίπεδα, (Ολύμπιος, 2001, σ. 92-93) και με πτώση της θερμοκρασίας στους 16°C (Ολύμπιος, 1996, Πίνακας 34, σ. 156). Σκοπός της σκληραγώγησης είναι να καταστήσει τα φυτά ικανά να περιορίσουν την απώλεια νερού και να αυξήσουν την ικανότητα παραγωγής νέων ριζών. Η τομάτα συνέρχεται γρήγορα από τη μεταφύτευση,

οπότε μπορεί να εγκατασταθεί αμέσως, από φυτά που έχουν εξαχθεί από τα κιβώτια σποράς ή το έδαφος του σπορείου γυμνόριζα (ή με πολύ λίγο χώμα στις ρίζες) (Ολύμπιος, 1996, σ. 125).

Οι αποστάσεις των φυτών στο χωράφι για τομάτα νωπής κατανάλωσης είναι 80-100cm μεταξύ των γραμμών και 50-60cm επί της γραμμής (περίπου 2000 φυτά/στρ.). Η φύτευση μπορεί να γίνει και σε διπλές γραμμές, για καλύτερη αξιοποίηση του εδάφους (περισσότερα φυτά/στρ.). Στην περίπτωση αυτή οι αποστάσεις φύτευσης είναι 50-70cm μεταξύ των γραμμών και ανάμεσα στις διπλές γραμμές υπάρχει διάδρομος γύρω στα 120cm (περίπου 2600 φυτά/στρ.) (Ολύμπιος, 2001, σ. 90-91). Το βάθος φύτευσης είναι συνήθως μερικά εκατοστά (1-2) πιο βαθιά από το σημείο που βρισκόταν το φυτό στο σπορείο (Ολύμπιος, 1996, σ. 126).

1.7. Καλλιεργητική τεχνική

1.7.1. Κλάδεμα (-Βλαστολόγημα)

Το κλάδεμα αποτελεί επιβεβλημένη εργασία γιατί οδηγεί σε εξισορρόπηση βλάστησης και καρποφορίας, περιορισμό του αριθμού των ταξιανθιών στον κεντρικό (μονοστέλεχο σύστημα) ή στους δύο βλαστούς (διστέλεχο σύστημα), συγκέντρωση της παραγωγής σε ορισμένη χρονική περίοδο, εξασφάλιση ομοιογένειας στους καρπούς και βελτίωση της ποιότητας των καρπών. Τα φυτά με το κλάδεμα μορφώνονται σε δύο κυρίως συστήματα: το μονοστέλεχο και το διστέλεχο, ανάλογα με την ποικιλία και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες. Το κλάδεμα (βλαστολόγημα) πρέπει να επαναλαμβάνεται συχνά, για να αφαιρούνται οι πλευρικοί βλαστοί που παράγονται συνέχεια από το φυτό όταν μεγαλώνει η κορυφή του. Στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες η επανάληψη του βλαστολογήματος μια φορά την εβδομάδα θεωρείται ικανοποιητικό χρονικό διάστημα (Ολύμπιος, 2001, σ. 120-123).

1.7.2. Κορυφολόγημα

Η κορυφή του φυτού συνιστάται να αφαιρείται 1,5-2 μήνες πριν το τέλος της συγκομιδής. Το κορυφολόγημα εφαρμόζεται για να σταματήσει το φυτό να παράγει νέα φύλλα και ταξικαρπίες που δε θα προλάβουν να ωριμάσουν και παράλληλα για να αναγκαστεί να επιταχύνει την ωρίμανση των υπάρχοντων καρπών. Η κορυφή αφαιρείται μετά από 2-3 τουλάχιστον φύλλα από την τελευταία ταξιανθία του φυτού (Ολύμπιος, 2001, σ. 123).

1.7.3. Αποφύλλωση

Καθώς τα φυτά μεγαλώνουν και όταν αρχίζει να ωριμάζει η πρώτη ταξικαρπία, αρχίζει και η διαδικασία της αποφύλλωσης, δηλαδή της αφαίρεσης των φύλλων που βρίσκονται κάτω από αυτήν. Η αποφύλλωση γίνεται για να επιτραπεί ο καλύτερος φωτισμός των καρπών που βρίσκονται κοντά στο στάδιο της ωρίμανσης, γιατί το άμεσο φως βελτιώνει την ποιότητα των καρπών. Τα φύλλα στο στάδιο αυτό αφαιρούνται γιατί, καθώς αρχίζουν ή ήδη έχουν «γεράσει», δε δέχονται αρκετό φωτισμό για φωτοσύνθεση και δεν συνεισφέρουν στην παραγωγή. Η αποφύλλωση συνεχίζεται μετά τη συγκομιδή των καρπών της κατώτερης ταξικαρπίας και όταν αρχίζει να ωριμάζει η αμέσως επόμενη (Ολύμπιος, 2001, σ. 123).

1.7.4. Υποστύλωση

Η υποστύλωση γίνεται για να διευκολύνει το κλάδεμα, για ρύθμιση του φορτίου της παραγωγής, για την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών, για τον φυσικό και τεχνητό αερισμό και για να βοηθήσει στον καλύτερο φωτισμό των φυτών (Ολύμπιος, 2001, σ.127). Τα φυτά της υπαίθριας τομάτας υποστηρίζονται με διάφορα μέσα (καλάμια, λεπτοί πάσσαλοι, σύρματα).

1.7.5. Γονιμοποίηση - Καρπόδεση

Η τομάτα είναι φυτό κατά κανόνα αυτογονιμοποιούμενο. Σε μερικές περιπτώσεις όμως, όταν το φως είναι φτωχό και επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή ατμοσφαιρική υγρασία, ο στύλος μακραίνει και βγαίνει έξω από τους ανθήρες, οπότε συμβαίνει σταυρογονιμοποίηση (Ολύμπιος, 2001, σ.143). Αν και η σταυρογονιμοποίηση στο χωράφι είναι εύκολο να γίνει, λόγω των καιρικών συνθηκών και των εντόμων, το ποσοστό είναι χαμηλό (McGregor, 1976).

Το δέσιμο του καρπού γίνεται από την γονιμοποίηση του άνθους. Το άνθος παράγει γυρεόκοκκους, οι οποίοι βλαστάνουν και γονιμοποιούν τα ωάρια, που βρίσκονται στην ωοθήκη. Το στάδιο βλάστησης του γυρεόκοκκου διαρκεί 48 ώρες περίπου και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το φως, τη φυσική κατάσταση του στίγματος και την ποικιλία. Οι άριστες θερμοκρασίες για τη βλάστηση της γύρης κυμαίνονται μεταξύ των 21-29°C. Θερμοκρασίες υψηλότερες ή χαμηλότερες επηρεάζουν δυσμενώς τη γονιμοποίηση του άνθους. Η γονιμοποίηση επηρεάζεται επίσης από το ποσοστό της σχετικής υγρασίας του αέρα, με άριστο το 60-70% (Ολύμπιος, 2001, σ. 147).

Η κατασκευή των ανθήρων, που έρχονται σε επαφή λόγω της ένωσης των νημάτων, τους επιτρέπει να δονούνται όλοι μαζί στην παραμικρή επαφή, οπότε στέλνουν μία «βροχή» από γύρη μέσα στον κώνο και γύρω από το στίγμα. Τα άνθη της τομάτας περιέχουν ελάχιστο ή καθόλου νέκταρ, οπότε είναι λίγο, αν όχι καθόλου, ελκυστικά για τις μέλισσες. Ωστόσο η γύρη προσελκύει περισσότερο τις άγριες μέλισσες (βομβύνους) από τις ήμερες (McGregor, 1976).

Τα άνθη της τομάτας στην ύπαιθρο συνήθως δονούνται ικανοποιητικά από τον άνεμο, ώστε να πέσει η γύρη στο στίγμα και να προκληθεί η μέγιστη καρπόδεση. Ο άνεμος δεν είναι παράγοντας μεταφοράς γύρης από φυτό σε φυτό. Αν όμως επικρατεί άπνοια ή αν το άνθος είναι τόσο προσκείμενο στο φυτό που δεν κουνιέται από τον άνεμο η γονιμοποίηση μπορεί να παρεμποδιστεί. Υπό αυτές τις συνθήκες η επίσκεψη εντόμων επικονιαστών θα μπορούσε να έχει θετική επίδραση. Το πρόβλημα είναι όμως ότι οι άγριοι επικονιαστές στις περισσότερες περιοχές είναι σπάνιοι (McGregor, 1976). Οπότε όταν οι συνθήκες δεν ευνοούν την παραγωγή και την βλάστηση της γύρης θα μπορούσε να βοηθηθεί η ανάπτυξη των καρπών παρθενοκαρπικά με τις καρποδετικές ορμόνες. Οι ορμόνες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε όσο το δυνατό μικρότερη δόση και μόνο όταν είναι απόλυτα απαραίτητο, γιατί υποβαθμίζουν την ποιότητα των καρπών.

1.8. Καταπολέμηση ζιζανίων

Την περίοδο αμέσως μετά τη μεταφύτευση, συνιστάται συχνή επιφανειακή καλλιέργεια του εδάφους για την καταστροφή των ζιζανίων. Όταν τα φυτά αναπτυχθούν ανταγωνίζονται επιτυχώς τα ζιζάνια και η κατεργασία του εδάφους σταματά (Ολύμπιος, 1996, σ. 182).

1.9. Άρδευση

Ιδιαίτερη σημασία για μια καλή παραγωγή τομάτας έχει να γίνονται τακτικά ποτίσματα και να μη δίνεται μαζεμένη η απαραίτητη ποσότητα νερού. Η τομάτα αντέχει σε σχετικά υψηλό ποσοστό αλάτων νερού (μέχρι 3-5 mmhos/cm) όμως για μέγιστες αποδόσεις η αλατότητα στην περιοχή του ριζοστρώματος δεν πρέπει να ξεπερνά τα 3 mmhos/cm (Ολύμπιος, 2001, σ. 110).

Ένα καλό πότισμα πρέπει να γίνεται πριν από τη μεταφύτευση των νεαρών φυτών και ένα δεύτερο μετά. Στη συνέχεια τα ποτίσματα γίνονται με συχνότητα που καθορίζεται από την εποχή φύτευσης, την περιοχή, τον τύπο του εδάφους κ.τ.λ.. Συνιστάται η

διαθέσιμη υγρασία του εδάφους σε βάθος 15cm να κυμαίνεται μεταξύ 10-20% και σε βάθος 30cm μεταξύ 30-60%. Το πότισμα ξεκινάει όταν η διαθέσιμη υγρασία στα 30cm φτάσει γύρω στο 20%, ώστε να ενθαρρυνθεί η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος στο βάθος αυτό (Ολύμπιος, 2001, σ. 96). Εφαρμόζεται συνήθως στάγδην άρδευση.

1.10. Συγκομιδή

Η συγκομιδή της υπαίθριας τομάτας αρχίζει συνήθως από τις 15-20 Ιουλίου για τις πρώιμες ποικιλίες, ενώ τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο συγκομίζεται ο κύριος όγκος της παραγωγής, που προέρχεται από τις μεσοπρώιμες ποικιλίες. Η συγκομιδή μπορεί να συνεχιστεί και μέχρι τέλη Οκτωβρίου με τις όψιμες ποικιλίες, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τη φύση του εδάφους της περιοχής.

Το κυριότερο κριτήριο για τη συγκομιδή της τομάτας είναι το χρώμα, αφού όταν ο καρπός είναι πλήρως κόκκινος τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά έχουν τις άριστες τιμές τους. Η τομάτα νωπής κατανάλωσης συγκομίζεται νωρίτερα, ανάλογα με την απόσταση της αγοράς που μεταφέρεται. Η ποιότητα του καρπού (χρώμα, μέγεθος, σχήμα, γενική εμφάνιση, γεύση, υφή) που ωριμάζει πλήρως επάνω στο φυτό είναι καλύτερη από την ποιότητα εκείνης που συγκομίζεται νωρίτερα (Ολύμπιος, 2001, σ. 176), αλλά δεν είναι πρακτικά δυνατή η διακίνηση ώριμης τομάτας σε μακρινές αγορές, γιατί γρήγορα καταστρέφεται. Η συγκομιδή επαναλαμβάνεται 2 με 3 φορές την εβδομάδα, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής. Η συνήθης απόδοση της υπαίθριας επιτραπέζιας τομάτας είναι 6-8 τόνοι /στρέμμα (Παπαδόπουλος, 1999).

1.11. Ποικιλίες

Υπάρχει μεγάλος αριθμός ποικιλιών και υβριδίων τομάτας που ευδοκιμούν σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος και ο καρπός τους είναι κατάλληλος για νωπή κατανάλωση. Τα τελευταία χρόνια οι περισσότερο διαδεδομένες ποικιλίες (ή υβρίδια) τομάτας για νωπή κατανάλωση που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι φυτά αναρριχώμενα με μέτρια ως μεγάλη βλαστική ανάπτυξη, μεσόκαρπα ή μεγαλόκαρπα. Μερικά από τα καλλιεργούμενα υβρίδια είναι: Dombo, Dombito, Jolly, GC-204, Alonso, Arletta, Mereto και Acor (Παπαδόπουλος, 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

2.1. Εισαγωγή

Η ανάπτυξη και η παραγωγή ενός φυτού εξαρτώνται από το κληρονομικό δυναμικό του, δηλαδή το είδος και την ποικιλία ή το υβρίδιο, καθώς και από το περιβάλλον μέσα στο οποίο θα αναπτυχθεί. Για ένα συγκεκριμένο κληρονομικό δυναμικό υπάρχει πάντα ένα βέλτιστο περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει στους χαρακτήρες του φυτού, που προσδιορίζονται από το κληρονομικό δυναμικό, να αναπτυχθούν στον καλύτερο δυνατό βαθμό (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 35).

Οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν καθοριστικά την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών στην ύπαιθρο, διακρίνονται σε αυτούς που επηρεάζουν τις λειτουργίες του φυτού που επιτελούνται στο υπέργειο μέρος (ακτινοβολία, θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία) και αυτούς που επηρεάζουν τις λειτουργίες του φυτού που επιτελούνται στο υπόγειο μέρος (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 35). Η σκίαση των φυτών με δίχτυα επηρεάζει το περιβάλλον του υπέργειου τμήματος του φυτού. Οι σπουδαιότεροι κλιματικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την αύξηση και την παραγωγή της υπαίθριας τομάτας είναι το φως και η θερμοκρασία.

2.2. Φως

2.2.1. Γενικά

Με την ακτινοβολία μεταφέρεται ενέργεια μέσω των φωτονίων, που είναι διακεκριμένες δέσμες ενέργειας. Τα φωτόνια ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός ($c = 3 \times 10^8$ m/sec). Εκπέμπονται ή απορροφώνται από την ύλη λόγω της μετακίνησης των ηλεκτρονίων από ένα επίπεδο ενέργειας σε άλλο ή αλλαγών στην ενέργεια δόνησης και περιστροφής των μορίων (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 36).

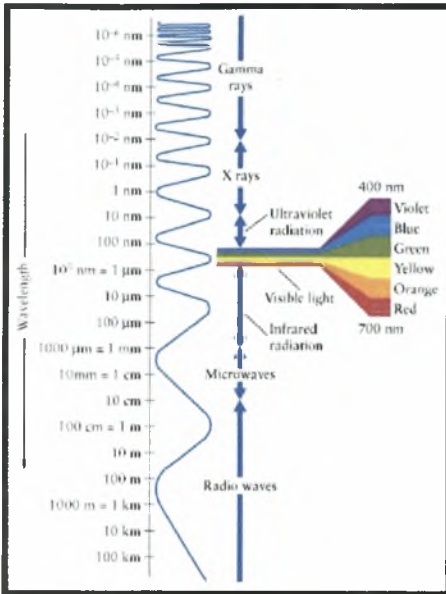
Η πιο σημαντική πηγή ενέργειας της γης είναι ο ήλιος. Ο ήλιος εκπέμπει ένα σχεδόν συνεχές φάσμα ενέργειας, που κυμαίνεται από πολύ μικρού μήκους κύματα και υψηλής ενέργειας φωτόνια, μέχρι μεγάλου μήκους κύματα και φωτόνια χαμηλής ενέργειας (Εικ. 2).

Το μήκος κύματος της διασκορπιζόμενης ακτινοβολίας από την επιφάνεια ενός σώματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειάς του. Η μέγιστη ακτινοβολία συμβαίνει σύμφωνα με τον Wien στο μήκος κύματος:

$$\lambda_m = \frac{2,897}{T} \quad (\mu\text{m})$$

λ_m = το μήκος κύματος που εκπέμπεται το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας και

T = θερμοκρασία (°K), (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 36).



Εικόνα 2: Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στο ένα άκρο του φάσματος υπάρχουν οι ακτίνες γ, που έχουν μήκος κύματος 10⁻⁵nm, και στο άλλο τα ραδιοκύματα, με μήκος κύματος 10¹²nm. Το φάσμα του ορατού καλύπτει το μήκος κύματος 380-750nm.


Στη γη υπάρχουν 4 ομάδες μήκους κύματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αυτές είναι η **υπεριώδης**, η **φωτοσυνθετικά ενεργή**, η **κοντινή υπέρυθρη** και η **υπέρυθρη** (Baldocchi, 2004):

✦ Υπεριώδης ακτινοβολία (290-380nm)

Αυτή η ομάδα περιέχει υψηλή ενέργεια και μπορεί να καταστρέψει μοριακούς δεσμούς. Έχει μια μέση επίδραση στην φωτομορφογένεση. Η παρουσία της οδηγεί στον φωτοχημικό σχηματισμό του όζοντος στην τροπόσφαιρα. Το ποσοστό την ηλιακής ακτινοβολίας που ανήκει σε αυτή την ομάδα είναι μόνο 0-4% (Baldocchi, 2004).

✦ Φωτοσυνθετικά Ενεργή ακτινοβολία (380-710nm)

Είναι γνωστή και σαν PAR (Photosynthetic Active Radiation). Αποτελεί την ομάδα του ορατού και περιλαμβάνει τα μήκη κύματος περίπου 400-700nm και τα χρώματα από ιώδες μέχρι κόκκινο (Πίν. 2). Παρέχει την ενέργεια για την φωτοσύνθεση. Το ποσοστό την ηλιακής ακτινοβολίας στην ομάδα αυτή είναι 21-46% (Baldocchi, 2004).



Χρώμα	Μήκος κύματος (nm)
Ιώδες	400-450
Μπλε	450-500
Κυανό	500-550
Πράσινο	550-580
Κίτρινο	580-600
Πορτοκαλί	600-650
Κόκκινο	650-700

Πίνακας 2: Το φάσμα του ορατού.

✦ Κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία (710-3000nm)

Είναι γνωστή και σαν NIR (Near Infrared Radiation). Δεν είναι ορατή, αλλά συνεισφέρει στην θέρμανση των οργανισμών. Το ποσοστό την ηλιακής ακτινοβολίας που ανήκει σε αυτή την ομάδα είναι περίπου 50% (Baldocchi, 2004).

Η **μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία** (υπεριώδης, ορατή και κοντινή υπέρυθη, 290-3000nm) προέρχεται από τον ήλιο και αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας του, λόγω της υψηλής επιφανειακής θερμοκρασίας. Διακρίνεται σε άμεση και έμμεση ή διαχεόμενη. Η **άμεση** ακτινοβολία είναι αυτή που μεταδίδεται σε ευθεία γραμμή, ενώ η **διαχεόμενη** είναι αυτή που ανακλάται από μόρια των αερίων και άλλα σωματίδια της ατμόσφαιρας και φτάνει στην επιφάνεια της γης από διάφορες διευθύνσεις. Η ανάκλαση της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας εξαρτάται κυρίως από το χρώμα της επιφάνειας και την γωνία πρόσπτωσης (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 37).

Η άμεση και η διαχεόμενη μικρού μήκους ακτινοβολία μετρώνται με το πυρανόμετρο (pyranometer) (σε W/m^2). Η περιοχή της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR), μπορεί να μετρηθεί με ένα εξειδικευμένο πυρανόμετρο, που ονομάζεται αισθητήρας φωτονίων (PAR quantum sensor) (σε mol/m^2sec) (<http5>, University of Nebraska-Lincoln).

✦ Μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (3000-100000nm)

Η ακτινοβολία αυτή ανήκει στο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος και εκπέμπεται από κάθε επιφάνεια πάνω στη γη που έχει τη συνήθη θερμοκρασία. Η ανάκλαση σ' αυτή την περιοχή του φάσματος είναι εξαιρετικά χαμηλή (0,5% για όλες τις έγχρωμες επιφάνειες) (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 38). Η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία μπορεί να μετρηθεί με Θερμόμετρο Υπερύθρων (Infrared Thermometer, IRT) ή Πυργέομετρο (Pyrgometer PIR) (<http5>, University of Nebraska-Lincoln).

2.2.2. Επίδραση του φωτός στα φυτά

Τα φυτά χρησιμοποιούν το φως, μέσω της **φωτοσύνθεσης**, για να εξασφαλίσουν την ανάπτυξη και την επιβίωσή τους στο περιβάλλον. Το φως απορροφάται από τις χρωστικές (χλωροφύλλες, καροτινοειδή, φυκοβιλίνες, κρυπτόχρωμα, φλαβονοειδή κ.τ.λ.), που είναι τα πιο σημαντικά συστατικά της φωτοσύνθεσης. Η χλωροφύλλη (κύρια χρωστική της φωτοσύνθεσης) απορροφάει κυρίως τα ιώδη και κυανά μήκη κύματος του ορατού φωτός (400-500nm), καθώς επίσης και τα ερυθρά (650-700nm), ενώ αντανακλά το πράσινο φως, γι' αυτό τα φυτά φαίνονται πράσινα (Καράταγλης, 1999, σ. 206-207).

Το φως είναι πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει καθοριστικά την αύξηση και την ανάπτυξη του φυτού (φωτοσύνθεση, φωτοτροπισμός, διαπνοή, αναπνοή κ.τ.λ.). Κάθε επίδραση του φωτός στη μορφολογία και τη φυσιολογία του φυτού, με τελικό αποτέλεσμα τον καθορισμό της αύξησης και της ανάπτυξης αποτελεί την **φωτομορφογένεση** (Λόλας, 2000, σ. 200).

Μαζί με την ποσότητα του φωτός, τα φυτά «ελέγχουν» την ποιότητα, την περιοδικότητα και την κατεύθυνση του φωτός και την χρησιμοποιούν ώστε να ρυθμίσουν διάφορες φυσιολογικές αντιδράσεις, από την βλάστηση του σπόρου και την εγκατάσταση του φυταρίου, μέχρι την αρχιτεκτονική του ώριμου φυτού και την ανάπτυξη της αναπαραγωγικής διαδικασίας. Στα ανώτερα φυτά υπάρχουν τρεις ομάδες δεκτών του φωτός: το **φυτόχρωμα**, που απορροφά στην περιοχή του ερυθρού και του υπέρυθρου (R, FR), το **κρυπτόχρωμα**, που απορροφά στην περιοχή του μπλε και της UV-A ακτινοβολίας και οι **φωτοτροπίνες** (Franklin and Whitelam, 2003).

Για την ανάπτυξη των φυτών μας ενδιαφέρει κυρίως το **φάσμα** της ακτινοβολίας, η **ένταση** και η **διάρκειά** της (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 36).

2.2.2.1. Φάσμα της ακτινοβολίας:

Όπως αναφέρθηκε, τα φυτά χρησιμοποιούν μόνο τα μήκη κύματος του ορατού φάσματος του φωτός. Κάθε χρώμα του φάσματος έχει διαφορετικό μήκος κύματος, άρα και διαφορετική ποσότητα ενέργειας (**Πίν. 2**). Όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, τόσο πιο μικρή είναι η ταλάντωση των φωτονίων και άρα κάθε φωτόνιο περιέχει λιγότερη ενέργεια. Έτσι, τα φωτόνια του υπεριώδους φωτός, στο μπλε άκρο του φάσματος, έχουν πιο μικρά μήκη κύματος και περιέχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο φως και την υπέρυθη ακτινοβολία.

Ωστόσο υπάρχει και το φως που δεν φαίνεται με γυμνό μάτι και περιλαμβάνει τις υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτίνες, που μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ανάπτυξη των φυτών. Κάθε φωτόνιο της υπέρυθρης ακτινοβολίας δεν περιέχει αρκετή ενέργεια, ώστε να επιδράσει χρήσιμα σε κάποιο βιολογικό σύστημα. Τα κύτταρα την απορροφούν αλλά δεν επαρκεί για να διεγείρει τα ηλεκτρόνια των μορίων και έτσι μετατρέπεται σε θερμότητα (http1, University of the Western Cape).

Αντίθετα η υπεριώδης ακτινοβολία περιέχει υπερβολική ποσότητα ενέργειας για τα βιολογικά συστήματα, η οποία αποκολλά τα ηλεκτρόνια από τα μόρια και σπάει τους αδύναμους δεσμούς (http1, University of the Western Cape). Η αντίδραση των φυτών στην υπεριώδη ακτινοβολία περιλαμβάνει φυσιολογικές, βιοχημικές, μορφολογικές και ανατομικές αλλαγές. Ειδικότερα επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών μειώνοντας το μέγεθος των φύλλων και περιορίζοντας τη διαθέσιμη περιοχή για αιχμαλώτιση ενέργειας (Diffey, 1991). Σε προσομοίωση εξάντλησης του όζοντος της στρατόσφαιρας κατά 20% η κυριότερη επίδραση της ακτινοβολίας UV-B (280-320nm) είχε σαν αποτέλεσμα πρώιμο κοκκίνισμα των καρπών της τομάτας και μείωση του μεγέθους των ώριμων καρπών (Bacci et al., 1999).

2.2.2.2. Ένταση της ακτινοβολίας:

Ένταση είναι η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια πάνω στη γη. Η ένταση του φωτός παίζει σημαντικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση του φυτού. Κάθε φυτό απαιτεί τέτοια ένταση φωτός, ώστε οι ουσίες που συντίθενται να του εξασφαλίζουν τουλάχιστον την απαιτούμενη ενέργεια για τη διατήρηση στη ζωή (Καράταγλης, 1999, σ. 49,51). Η ένταση εξαρτάται από την ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος, το ύψος του (εποχή, ώρα, γεωγραφικό πλάτος), την κατάσταση της ατμόσφαιρας, την κλίση της επιφάνειας και το ύψος της επιφάνειας πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 39). Μετράται σε W/m^2 όταν εκφράζεται σαν ενέργεια, ενώ όταν το φως θεωρείται πως είναι ροή φωτονίων μετράται σε mol/m^2sec . Οι μετρήσεις του φωτός για την φωτοσύνθεση συνήθως εκφράζονται σαν πυκνότητα ροής φωτονίων (PPFD, Photosynthetic Photon Flux Density, σε mol/m^2sec) (Benton Jones, 1999, σ. 19).

Ένα απλό φύλλο φυτού απορροφά 80% από την προσπίπτουσα σ' αυτό φωτεινή ακτινοβολία ενώ η υπόλοιπη ανακλάται. Από το μέρος που απορροφάται ένα πολύ μικρό μέρος χρησιμοποιείται για τη φωτοσύνθεση ενώ το άλλο μετατρέπεται σε θερμότητα, που αποβάλλεται κυρίως με τη διαπνοή, αλλά και με επαγωγή και ακτινοβολία (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 40).

Το φυτό της τομάτας μπορεί να αναπτυχθεί καλά σε συνεχές φως μεταξύ 400-500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{sec}$. Για να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες σε φωτεινή ενέργεια της τομάτας θα πρέπει να υπάρχει ένταση περίπου 170 W/m^2 μέσα στο φύλλωμα και 210 W/m^2 στα εξωτερικά φύλλα (Benton Jones, 1999, σ. 19). Έτσι η σκίαση που θα εφαρμοστεί στα φυτά θα πρέπει να μην μειώνει την ένταση του φωτός κάτω από την επιθυμητή. Στην υπαίθρια τομάτα η σκίαση εφαρμόζεται τους καλοκαιρινούς μήνες που η ένταση του φωτός βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα (περίπου 700-800 W/m^2 , Μαυρογιαννόπουλος, 1990, Πίνακας 6, σ. 40). Η τομάτα δεν είναι από τα πλέον φωτόφιλα φυτά. Ο κορεσμός των φύλλων της επέρχεται σε ένταση φωτισμού της τάξης των 2000 μέχρι 3000f.c. (foot candles), ίσο δηλαδή με το 1/5-1/3 της έντασης του φωτός το μεσημέρι μιας ηλιόλουστης μέρας (Ολύμπιος, 2001, σ. 66).

Το μέγεθος του καρπού της τομάτας εξαρτάται ισχυρά από την ηλιακή ακτινοβολία. Παρατηρείται μείωση του μεγέθους του καρπού καθώς μειώνεται η ένταση του φωτός. Ο αριθμός των καρπών ανά σταυρό επηρεάζεται θετικά από την ηλιακή ακτινοβολία που λαμβάνεται (Benton Jones, 1999, σ. 17).

Τα φυτά εκτός από την ένταση αντιδρούν και στην ποιότητα του φωτός. Το μπλε φως είναι απαραίτητο για τον φωτοτροπισμό και το ποσοστό του κόκκινου και του υπέρυθρου φωτός επηρεάζει την επιμήκυνση. Τα φυτά που αναπτύσσονται σε άφθονο κόκκινο φως γίνονται πιο ψηλά και αδύναμα, ενώ αυτά που αναπτύσσονται σε άφθονο μπλε φως γίνονται κοντά με έντονο πράσινο χρώμα (χωρίς μεγάλη διαφορά στην απόδοση και την ποιότητα σε σχέση με την συμβατική καλλιέργεια τομάτας, σύμφωνα με πειράματα σε θερμοκήπιο) (Benton Jones, 1999, σ. 21). Με την χρήση χρωματιστών δικτύων σκίασης (μπλε και κόκκινο) θα μπορούσε να γίνει φιλτράρισμα του φωτός που φτάνει στην καλλιέργεια και ανάλογη ρύθμιση της ανάπτυξης των φυτών.

2.2.2.3. Διάρκεια φωτισμού

Η διάρκεια του φωτισμού έχει πολύ σημαντική επίπτωση στην ποσότητα των παραγόμενων από τη φωτοσύνθεση προϊόντων. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια φωτισμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη ενέργεια για την φωτοσύνθεση. Η παραγωγή αυξάνει όσο αυξάνεται η διάρκεια του φωτισμού, μέχρι 16 ώρες το εικοσιτετράωρο. Η διάρκεια επιδρά και στον φωτοπεριοδισμό (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 45). Η τομάτα είναι φυτό ουδέτερο στον φωτοπεριοδισμό και μάλλον ευνοείται από μικρό μήκος ημέρας (Ολύμπιος, 2001, σ. 67).

2.3. Θερμοκρασία

2.3.1 Γενικά

Όλη σχεδόν η θερμότητα πάνω στη γη προέρχεται από τον ήλιο. Η ακτινοβολούμενη από τον ήλιο ενέργεια φτάνει στο έδαφος και τη βλάστηση, όπου ένα μικρό μέρος της ανακλάται και το υπόλοιπο μετατρέπεται σε θερμότητα. Από τη θερμή επιφάνεια της γης μεταφέρεται θερμότητα με συναγωγή στον αέρα. Επίσης μεταφέρεται θερμότητα με αγωγιμότητα στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Δηλαδή, ο ατμοσφαιρικός αέρας δεν θερμαίνεται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία (παρά σε ασήμαντο ποσοστό, που εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε σκόνη, υγρασία κ.τ.λ.) αλλά έμμεσα από την επιφάνεια της γης (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 49).

Ένα σώμα πάνω στη γη απορροφά τόσο περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία όσο: πιο σκούρο χρωματισμό έχει, πιο μεγάλη επιφάνεια εκτεθειμένη στην ακτινοβολία, πιο κάθετα δέχεται την ακτινοβολία, μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ακτινοβολείται και μεγαλύτερης έντασης είναι η ακτινοβολία. Η **ηλιακή ακτινοβολία** που δέχεται κατά τη διάρκεια μιας ημέρας το έδαφος μιας περιοχής εξαρτάται από το γεωγραφικό της πλάτος, την εποχή του έτους, τη διάρκεια της ηλιοφάνειας, τον προσανατολισμό και την κλίση του και το χρώμα του. Η μεταβολή της **θερμοκρασίας του εδάφους** μια συγκεκριμένη στιγμή εξαρτάται από το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφά, τις θερμικές ιδιότητές του, τη θερμοχωρητικότητά του, την απαιτούμενη ενέργεια για τις μεταβολές που συμβαίνουν σ' αυτό και την βροχή ή την άρδευση (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ.50).

Η επιφάνεια της γης δεν δέχεται μόνο την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά ακτινοβολεί και αυτή προς το διάστημα μεγάλου μήκους κύματα ακτινοβολία, όπως αναφέρθηκε. Έτσι, κατά τη διάρκεια της νύχτας που δεν δέχεται ηλιακή ακτινοβολία, ψύχεται συνεχώς, ψύχοντας συγχρόνως και τον ατμοσφαιρικό αέρα που έρχεται σε επαφή μ' αυτήν. Τα αέρια της ατμόσφαιρας που απορροφούν και εκπέμπουν ακτινοβολία είναι κυρίως οι υδρατμοί, το όζον και το διοξείδιο του άνθρακα (Baldocchi, 2004). Έτσι συμβάλλουν στον περιορισμό της απώλειας της μεγάλου μήκους ακτινοβολίας στο διάστημα, εμποδίζοντας την γρήγορη ψύξη.

2.3.2. Επίδραση της θερμοκρασίας στα φυτά

Η θερμοκρασία των φυτών στον αγρό καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα, από την ακτινοβολία που δέχονται και εκπέμπουν, από τη

θερμοχωρητικότητά τους και από τη λανθάνουσα θερμότητα που χάνουν ή δέχονται λόγω εξάτμισης (διαπνοής) ή συμπύκνωσης των υδρατμών.

Τα φυτά με το υπέργειο μέρος τους δέχονται κατά τη διάρκεια της ημέρας την ηλιακή ακτινοβολία. Ένα μέρος της ανακλάται, περίπου 20%, ένα μικρό μέρος της χρησιμοποιείται για φωτοσύνθεση (μικρότερο από 10%), ενώ το υπόλοιπο αυξάνει την θερμότητά τους. Ο μηχανισμός της αντίδρασης των φυτών στην αύξηση της θερμοκρασίας τους είναι η ένταση της λειτουργίας της διαπνοής (εξαέρωση 1g νερού συνεπάγεται απώλεια ενέργειας 2,5kJ).

Τα φυτά επίσης, όπως όλα τα σώματα που έχουν μια θερμοκρασία, ακτινοβολούν θερμότητα στο διάστημα, με αποτέλεσμα να ψύχονται τα ίδια, αλλά και να συμβάλουν στην πτώση της θερμοκρασίας του αέρα που τα περιβάλλει. Αυτό έχει αποτέλεσμα, τις νύχτες με άπνοια και καθαρό ουρανό συχνά η θερμοκρασία των φυτών να είναι χαμηλότερη από αυτή του αέρα, με αποτέλεσμα να υπάρχει συμπύκνωση υγρασίας πάνω σ' αυτά.

Η ανάπτυξη και η παραγωγή των φυτών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται, δεδομένου ότι σημαντικές φυσιολογικές τους λειτουργίες (φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή κ.λ.π.) επηρεάζονται από αυτή (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 51).

Η ανάπτυξη των φυτών, ανάλογα με τις απαιτήσεις τους σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύκλους:

⚡ Απαιτήσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες για **διακοπή του ληθάργου** στους σπόρους, τη διαφοροποίηση και έκπτυξη των οφθαλμών και τη ζωνρή ανάπτυξη της βλάστησης και επιτάχυνση της ανθοφορίας.

⚡ Απαιτήσεις σε εδαφική θερμοκρασία για τη **βλάστηση και το φύτερωμα** των σπόρων. Η εδαφική θερμοκρασία, μαζί με την υγρασία και το οξυγόνο, αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα της γρήγορης βλάστησης του σπόρου και της ρωμαλέας ανάπτυξης των νεαρών φυτών.

⚡ Απαιτήσεις σε θερμοκρασία αέρος και εδάφους για τη **βλαστική και αναπαραγωγική φάση**. Η θερμοκρασία εδάφους επηρεάζει την ανάπτυξη της ρίζας των φυτών και τη λειτουργία της στην απορρόφηση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων. Αμέσως μετά το φύτερωμα επηρεάζει και το μέγεθος της φυλλικής επιφάνειας των νεαρών φυτών. Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αναπνοή, τη διαπνοή, τη μεταφορά των προϊόντων της φωτοσύνθεσης στα κέντρα αποθησαυρισμού και το ρυθμό ανάπτυξης της φυλλικής επιφάνειας των φυτών (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 51-53).

Αν και η θερμοκρασία του αέρα είναι κρίσιμη για φυσιολογική, ζωηρή ανάπτυξη των φυτών της τομάτας, η θερμοκρασία του φυλλώματος μπορεί να είναι πολύ πιο σημαντική (το μέγιστο εύρος της είναι 20-22°C). Η θερμοκρασία του φυλλώματος καθορίζεται από την θερμοκρασία του αέρα, τη σχετική υγρασία και το ποσοστό διαπνοής του φυτού (Benton Jones, 1999, σ 18).

Η επίδραση της θερμοκρασίας στη φωτοσύνθεση και την αναπνοή είναι καθοριστική για την εξέλιξη του φυτού. Η **φωτοσυνθετική απόδοση** αυξάνει με την θερμοκρασία, όταν όλοι οι άλλοι παράγοντες της φωτοσυνθετικής λειτουργίας (φως, CO₂, H₂O κ.λ.π.) βρίσκονται σε επαρκή επίπεδα. Τελικά φτάνει στο μέγιστο, πέρα από το οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί ελάττωση της απόδοσης, η οποία παύει, όταν η αύξηση φτάσει στο μέγιστο. Στα περισσότερα φυτικά είδη της εύκρατης ζώνης η φωτοσύνθεση αυξάνει σχεδόν από τη θερμοκρασία των 0°C μέχρι τη μέγιστη τιμή που μπορεί να βρίσκεται μεταξύ 15-25°C, ανάλογα με το είδος (Καράταγλης, 1999, σ. 248-249).

Σε αντίθεση με την φωτοσύνθεση, στην **αναπνοή** η θερμοκρασία είναι σημαντικός παράγοντας. Έτσι πάντα, αύξηση στη θερμοκρασία επιφέρει και αύξηση της αναπνοής. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 25-40°C, ανάλογα με το φυτό, η αναπνοή ελαττώνεται απότομα. (Λόλας, 2000, σ. 66). Για να υπάρχει θετικό αποτέλεσμα στην αύξηση και παραγωγή των φυτών, θα πρέπει η θερμοκρασία να δρα έτσι ώστε το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης να είναι μεγαλύτερο από αυτό της αναπνοής, αλλιώς τα φυτά θα καταστραφούν (Μαυρογιαννόπουλος, 1990, σ. 55).

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους πιο σημαντικούς εξωτερικούς παράγοντες, που έχει επίδραση στην αύξηση-ανάπτυξη. Για το κάθε φυτικό είδος υπάρχει ένα **ανώτερο** και ένα **κατώτερο όριο** θερμοκρασίας. Στις οριακές αυτές θερμοκρασίες η αύξηση γίνεται με δυσκολία και πέρα από αυτά τα όρια σταματάει πλήρως. Αντίθετα, στην άριστη θερμοκρασία η αύξηση φτάνει στο μέγιστο (Καράταγλης, 1999, σ. 52).

Το σταμάτημα της αύξησης και οι επιπτώσεις στα φυτά με την πτώση ή την άνοδο της θερμοκρασίας πέρα από τα ακραία όρια, οφείλεται σε διαταραχή των διαφόρων λειτουργιών του φυτού. Σε χαμηλές θερμοκρασίες (μικρότερες από 0°C) οι ζημιές στους ιστούς δημιουργούνται από την πήξη του νερού και τον σχηματισμό κρυστάλλων στους μεσοκυττάριους χώρους. Αύξηση της θερμοκρασίας πέρα από τα επιτρεπτά όρια μπορεί να προκαλέσει **μετουσίωση** των πρωτεϊνών (μεταβολές των φυσικοχημικών και βιολογικών ιδιοτήτων των πρωτεϊνών, που είναι αποτέλεσμα της παραμόρφωσης της τρισδιάστατης μορφής του μορίου τους) ή οποία έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της βιολογικής τους δράσης. Επίσης (όπως αναφέρθηκε) μπορεί να επηρεάσει το ρυθμό της αναπνοής, της

φωτοσύνθεσης, της περατότητας των μεμβρανών κ.τ.λ., αφού οι βιοχημικές αυτές διαδικασίες πραγματοποιούνται από διάφορα ένζυμα, τα οποία επηρεάζονται από τη θερμοκρασία (Καράταγλης, 1999, σ. 53).

Η θερμοκρασία και το φως έχουν άμεση σχέση μεταξύ τους, ώστε είναι δύσκολο να ξεχωρίσει κανείς τα αποτελέσματα του καθενός. Στην βιβλιογραφία αναφέρονται περιπτώσεις κατά τις οποίες, συνδυασμός υψηλών θερμοκρασιών και χαμηλής έντασης φωτισμού είχε σαν αποτέλεσμα, τη σημαντική καθυστέρηση εμφάνισης της πρώτης ταξιανθίας μετά τα 18 φύλλα, στην τομάτα. Αυτό δεν είναι σύνηθες φαινόμενο, αλλά εμφάνιση ταξιανθίας μετά τα 11 φύλλα εμφανίζεται συχνά (Ολύμπιος, 2001, σ. 67).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΚΙΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

3.1. Εισαγωγή

Η υψηλή ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει διάφορες βλάβες στην καλλιέργεια υπαίθριας τομάτας (παρεμπόδιση της ανάπτυξης, μείωση της απόδοσης, υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών, μέχρι και θάνατο του φυτού) κατά τους θερμούς μήνες του έτους. Το φύλλωμα είναι η φυσική προστασία των καρπών από τον ήλιο. Όμως η καλλιεργητική τεχνική επιβάλλει κλάδεμα για εξισορρόπηση της βλάστησης και της καρποφορίας, συγκέντρωση της παραγωγής σε ορισμένη χρονική περίοδο, εξασφάλιση ομοιογένειας στους καρπούς και βελτίωση της ποιότητας των καρπών, όπως αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο.

Επίσης η φυσική προστασία των φυτών από τις υψηλές θερμοκρασίες είναι η εξάτμιση από την επιφάνεια των φύλλων. Κατά συνέπεια η **διαπνοή** συντελεί στην ελάττωση της θερμοκρασίας των φύλλων και προστατεύει το φυτικό σώμα από την υπερθέρμανση (Καράταγλης, 1999, σ. 136). Ωστόσο αύξηση της έντασης της διαπνοής λόγω υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας του περιβάλλοντος μπορεί να προκαλέσει διαταραχή του ισοζυγίου του νερού και προσωρινό μαρασμό του φυτού (σύνηθες φαινόμενο κατά τις μεσημεριανές ώρες του καλοκαιριού). Αν ο μαρασμός διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα τότε τα φυτά αλλοιώνονται σοβαρά και μπορεί να οδηγηθούν σε ξήρανση. Οι αλλοιώσεις αυτές οφείλονται σε έντονη απώλεια σπαργής και περιλαμβάνουν συστροφή φύλλων και κλείσιμο των στομάτων με αποτέλεσμα περιορισμό των αναβολικών διεργασιών (φωτοσύνθεση) και του σχηματισμού των αναβολικών ουσιών (άμυλο) ενώ επιταχύνονται οι καταβολικές (αναπνοή) με αποτέλεσμα την κατανάλωση αποταμιευτικών ουσιών (Καράταγλης, 1999, σ. 139-140).

Η σκίαση αποτελεί πρακτική πολλών παραγωγών για προστασία των φυτών από την ηλιακή ακτινοβολία, κατά τη διάρκεια των ζεστών ημερών της καλλιεργητικής περιόδου. Σύμφωνα με τους Sato et al. ακόμα και θερμοκρασίες λίγο μεγαλύτερες από τις άριστες (32°C ημέρας και 26°C νύχτας), όταν επικρατούν για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορούν να μειώσουν τον αριθμό των κόκκων της γύρης που ελευθερώνεται και την βλαστικότητα της επηρεάζοντας έτσι αρνητικά την καρπόδεση. Αν και οι θερμοκρασίες αυτές δεν είχαν σημαντική επίδραση στην ποσότητα της γύρης που παράχθηκε, τη φωτοσύνθεση και την νυχτερινή αναπνοή, τα αποτελέσματα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη δεδομένης της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας (Sato et al., 2000). Θεωρητικά, η σκίαση μπορεί να μειώσει την φωτοσύνθεση και επομένως και την παραγωγή. Ωστόσο η έρευνα έδειξε ότι

σκίαση των φυτών κατά 35% μπορεί να προκαλέσει βελτίωση της ολικής απόδοσης και της ποιότητας του καρπού (El-Gizawy et al., 1992).

Ακολουθεί περιγραφή της επίδρασης της υψηλής (ημερήσιας ή νυχτερινής) θερμοκρασίας καθώς και της υψηλής έντασης του φωτός στη βλαστική και αναπαραγωγική φάση της τομάτας, που κάνουν επιτακτική την ανάγκη σκίασης των φυτών. Επίσης παρουσιάζεται η επίδραση της σκίασης σε φυτά τομάτας σύμφωνα με πειράματα.

3.2. Βλαστική φάση

3.2.1. Γενικά

Η θερμοκρασία και η ένταση του φωτός είναι στενά συνδεδεμένες. Υψηλή ένταση φωτός στο επίπεδο της καλλιέργειας αυξάνει και τη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία παίζει αποφασιστικό ρόλο στη συμπεριφορά του φυτού της τομάτας. Επηρεάζει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης, και επομένως της ανάπτυξης, το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων, το πάχος του βλαστού, τη σχέση βλαστού-ρίζας, τον σχηματισμό των ταξιανθιών, τον αριθμό των ανθέων, την παραγωγή και τη βιωσιμότητα της γύρης, την καρπόδεση και την ανάπτυξη του καρπού, την ποιότητα του καρπού κ.τ.λ. (Ολύμπιος, 2001, σ. 97). Το φως επίσης, επηρεάζει πολλές φυσιολογικές και αναπτυξιακές διαδικασίες των φυτών. Σε πολύ υψηλή ένταση φωτός σταματά η διαδικασία της φωτοσύνθεσης εξαιτίας της επίδρασής της στους χλωροπλάστες. Το φως επηρεάζει και τη διαπνοή μέσω του ανοίγματος των στομάτων. Τα στόματα για να ανοίξουν χρειάζονται φως. Όσο αυξάνεται η έντασή του αυξάνεται και η θερμοκρασία του φύλλου, και κατά συνέπεια και η διαπνοή (Λόλας, 2000 σ. 34-35, 137).

Στα περισσότερα φυτά που αυξάνουν και αναπτύσσονται στους 10-30 °C βλάβες παρατηρούνται σε θερμοκρασίες 35-45 °C. Η φύση της βλάβης στα φυτά από υψηλές θερμοκρασίες δεν είναι καλά γνωστή. Το πιο πιθανό είναι ότι οι υψηλές θερμοκρασίες βλάπτουν τις φυσιολογικές διεργασίες, με αποδόμηση ενζύμων και αλλαγές στις κυτταρικές μεμβράνες ιδιαίτερα των χλωροπλάστων. Αποτέλεσμα είναι η μείωση της φωτοσύνθεσης. Η επίδραση αυτή εκδηλώνεται μέσω βλάβης στο φωτοσύστημα II (φωτόλυση) και ενζύμων στον κύκλο του Calvin. Επίσης η φωτοσύνθεση σε κάποια θερμοκρασία δεν είναι πια μεγαλύτερη από την αναπνοή και έτσι σταματάει η αύξηση του φυτού. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, στη συνέχεια, παρουσιάζονται ανωμαλίες στο

μεταβολισμό (μη σχηματισμός βασικών μεταβολιτών, συγκέντρωση τοξικών μεταβολιτών, αναερόβια αναπνοή κ.τ.λ.) (Λόλας, 2000, σ. 225-226).

Η θερμοκρασία του αέρα στο περιβάλλον της καλλιέργειας της τομάτας δεν θα πρέπει να ξεπερνά τους 27°C την ημέρα, γιατί μειώνεται η ζωηρότητα του φυτού, η παραγωγή και η ποιότητα των καρπών, ενώ αν η θερμοκρασία της νύχτας είναι μεγαλύτερη από 24°C η καρποφορία περιορίζεται ή και αναστέλλεται. Αν η θερμοκρασία ξεπερνά τους 30°C προκαλείται ανθόρροια και μείωση της βλαστικότητας της γύρης. Επίσης σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 32°C παρατηρείται μείωση της καρπόδεσης. Υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες ημέρας (μεγαλύτερες από 33°C) θα πρέπει να αντιμετωπίζονται (Ολύμπιος, 2001, σ.97, 144, 147).

3.2.2. Επίδραση της σκίασης

Σύμφωνα με τους El-Gizawy et al. η αύξηση της σκίασης αύξησε το ύψος των φυτών της τομάτας και την φυλλική επιφάνεια, αλλά υπήρξε μια σημαντική μείωση στον αριθμό των φύλλων και το ξηρό βάρος τους. Ο αριθμός των ημερών από τη σπορά μέχρι την εμφάνιση των ανθέων αυξήθηκε, με την αύξηση του επιπέδου σκίασης, ενώ ο αριθμός των ανθέων ανά φυτό μειώθηκε σε όλα τα ποσοστά σκίασης (35, 51 και 63%), σε σχέση με τα ασκίαστα φυτά. Επίσης το επίπεδο των χλωροφυλλών a και b, των καροτινοειδών και των ολικών στερεών στα φύλλα αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση της σκίασης. Όλα τα επίπεδα σκίασης οδήγησαν σε σημαντική μείωση των ολικών υδατανθράκων των φύλλων, ενώ το ολικό άζωτο, φώσφορος και κάλιο είχαν αντίθετη τάση (El-Gizawy et al., 1992).

Επίσης, σύμφωνα με έρευνα σε φυτά τομάτας και αγγουριάς, τα φυτά που σκιαζόταν παρήγαγαν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια αλλά μικρότερο ριζικό σύστημα, που είχε σαν αποτέλεσμα αυξανόμενη αντίσταση στην μετακίνηση του νερού στα φύλλα. Τα φυτά της αγγουριάς που σκιαζόταν παρήγαγαν λιγότερη συνολική ξηρή ουσία, και αναλογικά το μεγαλύτερο μέρος της πήγαινε στα φύλλα και τους βλαστούς και το μικρότερο στη ρίζα και τους καρπούς. Το ποσοστό καθαρής αφομοίωσης ήταν μεγαλύτερο στα ασκίαστα φυτά. Η απόδοση της τομάτας ήταν καλύτερη στο ποσοστό σκίασης 15%, σε σχέση με το 40% (Smith et al. 1984).

Σκίαση 52% είχε σαν αποτέλεσμα μείωση της μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας κατά 40% σε σχέση με θερμοκήπιο καλυμμένο με πλαστικό. Ο αριθμός των καρπών της τομάτας ανά τετραγωνικό μέτρο δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των σκιασμένων και ασκίαστων φυτών, όμως η συνολική ξηρή ουσία και η ξηρή ουσία των

καρπών και των βλαστικών οργάνων ήταν μικρότερη στα σκιασμένα φυτά. Η συνολική ανάπτυξη των φυτών μειώθηκε κατά 21,7%, όμως τα φυτά συνέχισαν να αναπτύσσονται παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία ήταν μικρότερη από το κατώτερο όριο ηλιακής που μπορούν να επιζήσουν οι καλοκαιρινές καλλιέργειες (Sandri et al., 2003).

3.3. Αναπαραγωγική φάση

3.3.1. Γενικά

Η υψηλή (ημερήσια και νυχτερινή) θερμοκρασία, καθώς και η υψηλή ένταση της ακτινοβολίας του ηλίου προκαλεί μείωση της απόδοσης και υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών της τομάτας.

3.3.1.1. Ποιότητα

Η υψηλή θερμοκρασία και υγρασία μπορούν να προκαλέσουν ποιοτική υποβάθμιση των καρπών της τομάτας και ακαταλληλότητα για εμπορική εκμετάλλευση. Επιδρούν στην επιδερμίδα των καρπών και προκαλούν σχίσιμο ή σχάσιμο και τροποποιούν τον μεταβολισμό οδηγώντας σε ανομοιόμορφη ωρίμανση. Το χρώμα του καρπού της τομάτας οφείλεται σε δύο κυρίως χρωστικές, το λυκοπίνιο και την καροτίνη. Για τη σύνθεση αυτών των χρωστικών θα πρέπει να επικρατούν ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού στην καλλιέργεια. Η σύνθεση του χρώματος του καρπού περιορίζεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 24°C. Το λυκοπίνιο (που δίνει το κόκκινο χρώμα) σχηματίζεται σε θερμοκρασία 10-30°C με την επίδραση διάχυτου φωτός υπό σκιά, ενώ η καροτίνη, που σχηματίζεται στο ίδιο εύρος θερμοκρασίας, χρειάζεται άμεση ακτινοβολία (Ολύμπιος, 2001, σ.166). Οι ανωμαλίες που προκαλεί η ηλιακή ακτινοβολία στον καρπό της τομάτας είναι οι παρακάτω:

✚ **Ηλιόκαυμα:** Σε περιπτώσεις έντονης ηλιοφάνειας, εκτεθειμένοι καρποί εμφανίζουν τοπικά εγκαύματα που παίρνουν τη μορφή αποχρωματισμένων κηλίδων και οι ζημιές στους καρπούς είναι μόνιμες (**Εικ. 3α**). Μπορεί να αποφεύγεται με τον περιορισμό της αποφύλλωσης, ώστε οι καρποί να βρίσκονται υπό σκιά, ή με την σκίαση των φυτών με δίχτυα (Ολύμπιος, 2001, σ. 174). Επειδή το **λυκοπίνιο** είναι το καροτινοειδές που επηρεάζεται πιο σοβαρά από την έκθεση στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία (στα 650W/m² η διαδικασία της συσσώρευσής του στους ιστούς σταματάει), πιστεύεται ότι τα τραύματα ακτινοβολίας στους καρπούς της τομάτας ίσως να οφείλονται στην γενική επίδραση της

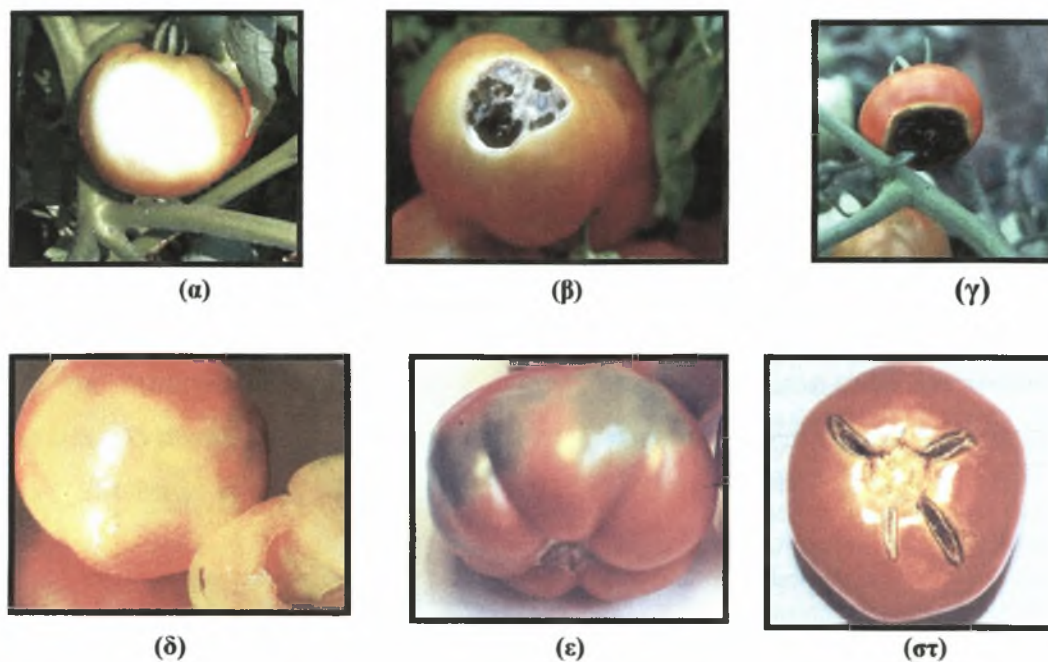
υπερθέρμανσης που προκαλεί η ακτινοβολία στους ιστούς (Teitel and Segal, 1995). Συχνά πάνω στους πληγωμένους ιστούς αναπτύσσονται δευτερογενή παθογόνα (**Εικ. 3β**).

✚ **Γκρίζα τοιχώματα και ανομοιόμορφη (κηλιδωτή) ωρίμανση καρπού:** Στην πρώτη περίπτωση ο καρπός στο στάδιο του «πράσινου» παρουσιάζει γκριζες ή γκριζοκαφέ ραβδώσεις στα εξωτερικά τοιχώματα και σε διάφορες θέσεις (**Εικ. 3δ**). Η ανομοιόμορφη ωρίμανση εμφανίζεται στον ώριμο ή σχεδόν ώριμο καρπό, ο οποίος παρουσιάζει ανομοιόμορφο χρωματισμό (**Εικ. 3ε**). Τα αίτια που προκαλούν αυτές τις φυσιολογικές ανωμαλίες είναι αρκετά και δρουν μεμονωμένα ή σε συνδυασμούς, και οφείλονται κυρίως στο αέριο και εδαφικό περιβάλλον των φυτών. Αυτά περιλαμβάνουν χαμηλή ένταση φωτισμού, χαμηλές θερμοκρασίες, υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες, υψηλή εδαφική υγρασία, υψηλά επίπεδα αζώτου και χαμηλά επίπεδα καλίου. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος συνιστώνται: χρήση γενετικά ανθεκτικών ποικιλιών, προσπάθεια διατήρησης ικανοποιητικών επιπέδων καλίου στο έδαφος, διατήρηση θερμοκρασίας γύρω ή πάνω από 15°C, αποφυγή θερμοκρασιών πάνω από 27°C και προσοχή στο πότισμα (Ολύμπιος, 2001, σ.170-171).

✚ **Σχίσσιμο ή σχάσιμο του καρπού:** Παρουσιάζονται σχισμές περιμετρικά του ώμου του καρπού ή κάθετα προς τον μίσχο (**Εικ. 3στ**). Το φαινόμενο εμφανίζεται κυρίως με την άνοδο της θερμοκρασίας το καλοκαίρι και πιθανόν το φθινόπωρο, όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και έντονη ηλιοφάνεια. Επιτείνεται όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στο περιβάλλον της καλλιέργειας, και όσο πλησιάζει ο καρπός στην ωρίμανση. Επίσης, διαφορές θερμοκρασίας εντός του καρπού τον κάνουν ευαίσθητο στο σχίσσιμο. Για την αποφυγή του σχισίματος του καρπού μπορούν να ληφθούν ορισμένα προληπτικά μέτρα, όπως: αποφυγή απ' ευθείας έκθεσης του καρπού στον ήλιο κατά το καλοκαίρι με σκίαση των φυτών, αφαίρεση λιγότερων φύλλων κατά το κλάδεμα για κάλυψη των καρπών, συχνά ποτίσματα με λίγο νερό και συγκομιδή των καρπών μόλις αρχίσει να εμφανίζεται το κόκκινο χρώμα (Ολύμπιος, 2001, σ.167-168).

✚ **Ξηρή σήψη κορυφής καρπού:** Προκαλείται στεγνή ξήρανση στο αντίθετο του ποδίσκου άκρο του καρπού (**Εικ. 3γ**). Μπορεί να οφείλεται σε απορρόφηση νερού που αφαιρούν τα φύλλα από τους καρπούς, στην έλλειψη ασβεστίου στο έδαφος ή σε δυσκολίες στην απορρόφηση και διακίνησή του από το φυτό, καθώς και σε κάθε αίτιο που προκαλεί δυσκολίες στις υδατικές σχέσεις φυτού – εδάφους. Επίσης συνθήκες ξηρασίας και πολύ υψηλά επίπεδα αλατότητας στο έδαφος αποτελούν συχνά αιτίες που προκαλούν το φαινόμενο αυτό. Για την αντιμετώπιση συνιστάται διατήρηση ικανοποιητικών ποσοτήτων ασβεστίου στο έδαφος, αποφυγή περίσσειας αμμωνιακού αζώτου, καλίου και

άλλων υδατοδιαλυτών αλάτων στο ριζόσρωμα, εφαρμογή ποτισμάτων με μεγαλύτερη συχνότητα και ψεκασμός του φυλλώματος με διάλυμα 1% CaCl_2 (Ολύμπιος, 2001, σ.168-169).



Εικόνα 3: Οι ανωμαλίες που μπορούν να προκληθούν από υψηλή θερμοκρασία και ένταση φωτός σε καρπούς τομάτας: **α.** και **β.** ηλιόκαυμα, **γ.** ξηρή σήψη κορυφής **δ.** γκρίζα τοιχώματα, **ε.** ανομοιομορφη (κηλιδωτή) ωρίμανση και **στ.** σχίσσιμο ή σχάσιμο.

3.3.1.2. Απόδοση

Το ποσοστό της παραγωγής, ή η συνολική απόδοση, συνήθως αυξάνεται με την αύξηση της ποσότητας της διαθέσιμης ηλιοφάνειας. Το επίπεδο της απαιτούμενης σκίασης, ώστε να αυξάνεται η ποιότητα των καρπών χωρίς να μειώνεται η απόδοση είναι πιθανό να εξαρτάται, όχι μόνο από την περιβάλλουσα ηλιοφάνεια, αλλά και από την θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία και τη διάρκεια ημέρας, καθώς αυτοί οι παράγοντες επιδρούν στη φυσιολογία του φυτού που σχετίζεται με την σύνθεση και την ανάπτυξη των καρπών.

Όπως αναφέρθηκε η σκίαση προκαλεί μείωση της συνολικής απόδοσης των καρπών τομάτας, ανάλογα με το ποσοστό σκίασης. Όμως ο παραγωγός ενδιαφέρεται περισσότερο για την εμπορεύσιμη παραγωγή παρά για την συνολική. Έτσι αν και η συνολική απόδοση μειώνεται με την αύξηση του ποσοστού σκίασης, το ποσοστό των εμπορεύσιμων καρπών επηρεάζεται λιγότερο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η σκίαση επιδρά θετικά στην ποιότητα των καρπών, μειώνοντας την προσβολή από φυσιολογικές ανωμαλίες που οφείλονται στην υψηλή ένταση φωτός και θερμοκρασία.

3.3.2. Επίδραση της σκίασης

Οι καρποί της τομάτας που αναπτύσσονται σε θερμοκρασία αέρα 35-42 °C είναι μικροί, οπότε η απόδοση σε αυτές τις συνθήκες είναι χαμηλή. Επίσης το ηλιόκαυμα αποτελεί σημαντική φυσιολογική ανωμαλία για την παραγωγή τομάτας. Σύμφωνα με τους El-Gizawy et al. η σκίαση των φυτών της τομάτας αύξησε σημαντικά τον αριθμό των καρπών ανά φυτό και την συνολική απόδοση. Η μέγιστη απόδοση παρατηρήθηκε κάτω από σκίαση 35% (στο πείραμα εφαρμόστηκαν τα ποσοστά σκίασης 0, 35, 51 και 63%), αφού οι καρποί είχαν μεγαλύτερο βάρος, οριζόντια διάμετρο και όγκο. Επίσης η σκίαση αύξησε το ποσοστό της οξύτητας και μείωσε την περιεκτικότητα σε συνολικά διαλυτά στερεά και ασκορβικό οξύ. Η σκίαση οδήγησε σε σημαντική μείωση των καρπών με ηλιόκαυμα. Αντίθετα, η σκίαση κατά 63% είχε αρνητική επίδραση στην ποιότητα των καρπών (El-Gizawy et al., 1992).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΙΚΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

4.1 Γενικά

Η μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία επιδρά με δύο τρόπους στην ανάπτυξη των φυτών. Η φωτοσυνθετικά ενεργή περιοχή της είναι σημαντική για την φωτοσύνθεση, ενώ το υπόλοιπο φάσμα της είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την διαπνοή της καλλιέργειας. Η ακτινοβολία που φτάνει στα φυτά εξαρτάται κυρίως από την περατότητα των υλικών κάλυψης. Έτσι οι ιδιότητες των υλικών σκίασης μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την αύξηση – ανάπτυξη των φυτών. Σύμφωνα με τους Papadakis et al. αύξηση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας κατά 1% μπορεί να αυξήσει την απόδοση της τομάτας κατά 1% επίσης (Papadakis et al., 2000).

Τα δίχτυα σκίασης χρησιμοποιούνται στην γεωργία για μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας και του φορτίου θερμότητας. Εφαρμόζονται συνήθως για επέκταση της βλαστικής περιόδου και καθυστέρηση της ωρίμανσης. Μερικά δίχτυα (με υψηλό ποσοστό σκίασης) μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για προστασία από παγετό τις κρύες νύχτες του χειμώνα (εφαρμοζόμενα σε θερμοκήπιο), αφού μειώνουν την θερμική ακτινοβολία από το έδαφος προς τον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας (Teitel and Segal, 1995).

Το δίχτυ σκίασης όταν απλώνεται πάνω από τα φυτά προκαλεί ελάττωση της συνολικής έντασης της ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα την μείωση και της θερμοκρασίας του αέρα (ανάλογα με το ποσοστό σκίασης), ενώ επιτρέπει την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα χωρίς να αυξάνει την υγρασία στο επίπεδο της καλλιέργειας. Σύμφωνα με τους Smith et al. η σκίαση προκάλεσε μείωση της ακτινοβολίας στην περιοχή του μπλε και του πράσινου, καθώς επίσης και στην περιοχή του κόκκινου, ανάλογα με το ποσοστό σκίασης. Το φιλτράρισμα αυτό της ακτινοβολίας ήταν σχεδόν σταθερό σε όλα τα μήκη κύματος της PAR. Το δίχτυ σκίασης πάνω από την καλλιέργεια απέτρεψε την μεγάλη διακύμανση της ημερήσιας θερμοκρασίας των φύλλων (Smith et al. 1984), ενώ μπορεί να επηρεάσει και την εξέλιξη ασθενειών, αφού κάποια πλαστικά υλικά απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία που απαιτείται για την σποριοποίηση αρκετών μυκήτων (Papadakis et al., 2000).

Θα πρέπει ωστόσο να γίνεται σωστή επιλογή των υλικών σκίασης για κάθε περίπτωση, αφού σύμφωνα με τους Kittas et al. τα υλικά σκίασης, που γενικά θεωρούνται ουδέτερα σε σχέση με την εξάπλωση του φωτός, ίσως επηρεάζουν σημαντικά μερικές από τις παραμέτρους ποιότητας του φωτός κυρίως τους παράγοντες που συνδέονται με το

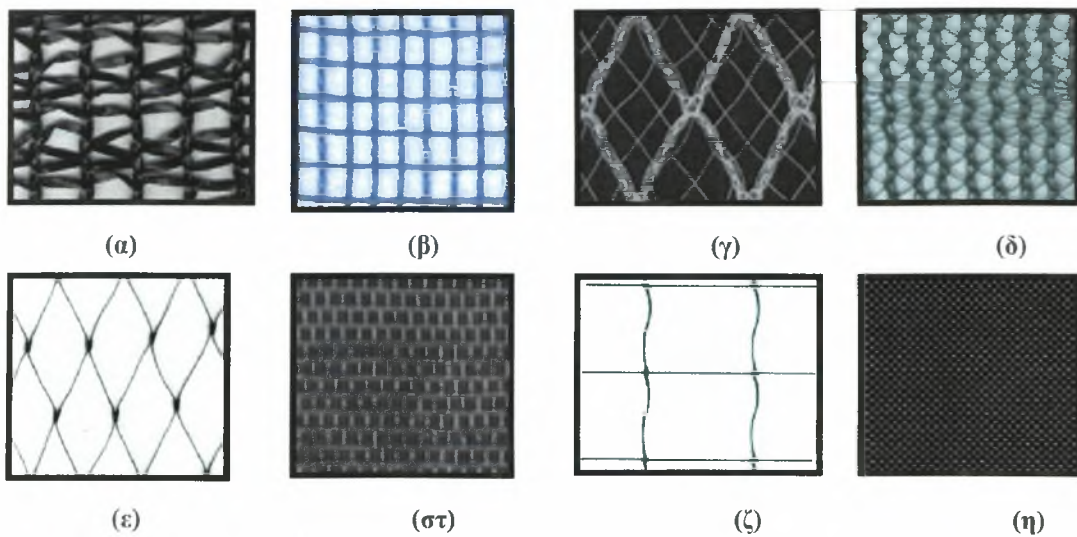
κρυπτόχρωμα, αφού ελαττώνουν την ποσότητα του μπλε φωτός και ιδιαίτερα την ερυθρή και υπέρυθη ακτινοβολία. Αντίθετα τα υλικά σκίασης μπορεί να είναι ουδέτερα σε άλλες παραμέτρους, που σχετίζονται με το φυτόχρωμα, ενώ προκαλούν μικρές αλλαγές στον λόγο ροής φωτονίων για τα μήκη κύματος της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR) προς την κοντινή υπέρυθη (NIR) και της φωτοσυνθετικά ενεργής (PAR) προς την συνολική (Kittas et al., 1999).

4.2. Εφαρμογές

Στη γεωργία τα δίχτυα έχουν διάφορες εφαρμογές. Διακρίνονται σε δίχτυα σκίασης φυτών, αντιανεμικά, αντιχαλαζικά, ελαιοσυλλογής, προστασίας από πουλιά, εντομοπροστασίας, υποστήριξης φυτών και κάλυψης εδάφους (κυρίως για την αντιμετώπιση ζιζανίων) (Εικ. 4) κ.τ.λ..

Τα υλικά κατασκευής τους είναι ίνες πλαστικού (PET, PP, PE, LDPE) πλεγμένες μεταξύ τους σχηματίζοντας δίχτυα με πυκνή ή αραιή ύφανση, ανάλογα με τη χρήση τους. Μπορούν να ενισχυθούν με διάφορα υλικά, ώστε να επιτευχθούν οι επιθυμητές ιδιότητες (αλουμίνιο, πρόσθετα σταθεροποίησης για την UV ακτινοβολία όπως το Chemisorb 944, υλικά για ανθεκτικότητα στο ξεθώριασμα από τον ήλιο και τις αντίξοες καιρικές συνθήκες). Τα δίχτυα από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) έχουν πολύ καλή περατότητα (90%) στα μήκη κύματος της PAR και πολύ χαμηλή στην μεγάλη μήκους ακτινοβολία, έχοντας έτσι καλύτερη θερμική συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Χρησιμοποιούνται σε μικρή κλίμακα στην Ευρώπη, λόγω του μεγαλύτερου κόστους (σε σχέση με το πολυαιθυλένιο) και της εκπομπής διοξίνης όταν καίγονται. Στις περιοχές της Μεσογείου χρησιμοποιούνται κυρίως δίχτυα από χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (LDPE), το οποίο είναι πολυαιθυλένιο με πρόσθετα που το σταθεροποιούν στην υπεριώδη ακτινοβολία (Papadakis et al., 2000).

Το ποσοστό σκίασης των δικτύων που κυκλοφορούν στο εμπόριο παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση, ανάλογα με την εφαρμογή τους. Είναι περίπου 15-70% για προστασία φυτών από έντονη ηλιακή ακτινοβολία (στην ύπαιθρο και το θερμοκήπιο) και φτάνει μέχρι και 95% για σκίαση κατασκευών που προορίζονται για προστασία του ανθρώπου από την επιβλαβή UV-B ακτινοβολία. Κυκλοφορούν σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων με πιο συνηθισμένα τα: μαύρο, πράσινο, λευκό, μπλε, κόκκινο, αλλά και ροζ, κίτρινο, ή πλεχτό με δύο (ή και περισσότερα) χρώματα όπως κόκκινο-άσπρο, μπλε-θαλασσί και πράσινο-άσπρο.



Εικόνα 4: Παραδείγματα δικτύων: α. σκίασης φυτών, β. αντιανεμικό, γ. αντιχαλαζικό, δ. ελαιοσυλλογής, ε. προστασίας πουλιών, στ. εντομοπροστασίας, ζ. υποστήριξης φυτών και η. κάλυψης εδάφους.

Τα **τεχνικά χαρακτηριστικά** των δικτύων σκίασης, που δίνονται από τις εταιρίες, είναι το ποσοστό σκίασης ή η πυκνότητα (%), το βάρος (g/m^2), το μέγεθος οπής (mm), η πίεση «σπασίματος» (kg/cm^2), το υλικό κατασκευής, το χρώμα και το πλάτος αγοράς, το οποίο είτε είναι τυποποιημένο, είτε εξαρτάται από τις ανάγκες του αγοραστή. Η πώληση γίνεται με το μέτρο ή με το τόπι. Οι **οπτικές ιδιότητες** των δικτύων σκίασης είναι η περατότητα, η απορροφητικότητα και η ανακλαστικότητα και υπολογίζονται με φασματοφωτόμετρο ή φασματοραδιόμετρο (Kittas et al., 1999).

4.3. Περιγραφή

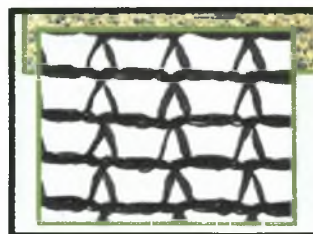
Ακολουθεί περιγραφή μερικών ειδών δικτύων σκίασης. Γίνεται αναφορά στις εταιρίες C.P. Fabrics (C.P. Enterprises of Aporka, Inc) και IGC (IGC International Greenhouse Company). Τα δίκτυα των εταιριών αυτών είναι ενδεικτικά των δικτύων σκίασης που κυκλοφορούν στην αγορά.

4.3.1. Κοινά δίκτυα σκίασης

Το κοινό δίχτυ σκίασης χρησιμοποιείται σε ποικιλία καλλιεργειών, για να απωθήσει τα πουλιά, να ελέγχει την κυκλοφορία του αέρα στο περιβάλλον και να παρέχει ομοιόμορφη σκίαση. Το δίχτυ μπορεί να είναι ανακυκλώσιμο και ανθεκτικό στα αγροχημικά. Τα χρώματα στα οποία διατίθεται συνήθως είναι το πράσινο, το μαύρο (Εικ. 5) και το λευκό. Η εταιρία C.P. Fabrics το διαθέτει σε ποσοστά σκίασης 30%, 50%

και 70%. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δίχτυου με ποσοστό σκίασης 30% (το οποίο όπως αναφέρθηκε επιδρά θετικά στην υπαίθρια καλλιέργεια τα τομάτας) της εταιρίας φαίνονται παρακάτω:

Ποσοστό σκίασης (%)	36-39
Βάρος (g/m ²)	65-71
Μέγεθος οπής (mm)	6*8
Πίεση «σπασίματος» (kg/cm ²)	4.3-4.7
Εγγύηση U.V. (χρόνια)	8
Μέγιστο πλάτος (m)	10



Εικόνα 5: Κοινό μαύρο δίχτυ σκίασης (30%).

Πίνακας 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κοινού δίχτυου σκίασης (30%), χρώματος μαύρου.

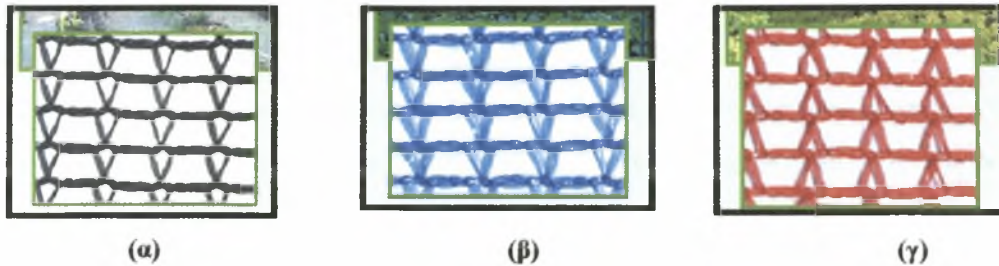
4.3.2. Φωτοεκλεκτικά δίχτυα σκίασης

Το **γκρίζο** δίχτυ σκίασης (Εικ. 6α) προκαλεί καλύτερη εξάπλωση του φωτός στην καλλιέργεια, με διάθλαση της άμεσης ακτινοβολίας μέσω ειδικής κρυσταλοειδούς κατασκευής. Εμποδίζει την διέλευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας και δημιουργεί πιο δροσερό μικροκλίμα στο επίπεδο της καλλιέργειας. Τα φυτά παράγουν περισσότερους βλαστούς και οφθαλμούς.

Το **μπλε** δίχτυ (Εικ. 6β) μεταβάλλει το φάσμα φωτός που εκπέμπεται στα φυτά. Ελαττώνει το φάσμα του κόκκινου και του μακρινού κόκκινου και αυξάνει το φάσμα φωτός του μπλε. Έτσι, ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών κάτω από το μπλε δίχτυ ελαττώνεται και τα φυτά γίνονται περισσότερο συμπαγή, με πιο βαθύ πράσινο φύλλωμα. Για τα φυτά που παράγουν άνθη, η άνθηση μπορεί να αναβληθεί και ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να κατευθύνει την εποχή άνθησης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς. Το δίχτυ αυτό είναι περισσότερο κατάλληλο για παραγωγούς που καλλιεργούν σε γλάστρες και επιθυμούν να μειώσουν τον όγκο της μεταφοράς. Έτσι αναπτύσσονται περισσότερα φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο με την χρήση μόνο του ηλιακού φωτός.

Το **κόκκινο** δίχτυ (Εικ. 6γ) επίσης μεταβάλλει το φάσμα φωτός που εκπέμπεται στα φυτά. Ελαττώνει το φάσμα φωτός του μπλε, πράσινου και κίτρινου και αυξάνει του κόκκινου και του μακρινού κόκκινου. Έτσι ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών κάτω από το κόκκινο φως αυξάνεται, η φυλλική τους επιφάνεια γίνεται μεγαλύτερη, οι βλαστοί αποκτούν μεγαλύτερο μήκος και πάχος και ο συνολικός όγκος του φυλλώματος είναι μεγαλύτερος. Το δίχτυ επιτρέπει πρόωρη άνθηση, χωρίς να μειώνεται η ποιότητα του παραγόμενου άνθους. Είναι κατάλληλο κυρίως για τους παραγωγούς που επιθυμούν να επιταχύνουν της ανάπτυξη των φυτών και να αυξήσουν τον όγκο του φυλλώματος, όπως

φυτά εσωτερικού χώρου, διακοσμητικά κλαδιά, βότανα που δεν ανθίζουν, και μια ποικιλία φυτών αγρού και φυτωρίου, ιδιαίτερα όταν σκοπός είναι η προώθηση της ριζοβολίας μωσχευμάτων βλαστού και η σκληραγώγηση μετά την ιστοκαλλιέργεια.



Εικόνα 6: Φωτοεκλεκτικά δίχτυα σκίασης χρώματος: α. γκρίζο, β. μπλε και γ. κόκκινο.

Τα φωτοεκλεκτικά δίχτυα σκίασης βρίσκουν εφαρμογές κυρίως στην παραγωγή καλλωπιστικών φυτών. Σύμφωνα με τους Oren-Shamir et al. σε καλλωπιστικά φυτά *Pittosporum variegatum* (Αγγελική) η σκίαση με κόκκινα δίχτυα προκάλεσε έντονη επιμήκυνση των βλαστών, τα μπλε δίχτυα προκάλεσαν νανισμό των φυτών και τα γκρίζα οδήγησαν σε πυκνά, θαμνώδη φυτά, με κοντούς πλάγιους βλαστούς και μικρά φύλλα (Oren-Shamir et al., 2001). Αντίθετα στην τομάτα, σύμφωνα με τους Leonardi et al., τα φωτοεκλεκτικά δίχτυα σκίασης επέδρασαν αρνητικά τόσο στην απόδοση σε καρπούς, όσο και στην παραγωγή ξηράς ουσίας (Leonardi et al., 2004).

4.3.3. Αλουμινωμένα δίχτυα σκίασης

Τα αλουμινωμένα δίχτυα σκίασης επιτρέπουν την διέλευση του ήλιου, αλλά αποτρέπουν την αύξηση της θερμοκρασίας κάτω από αυτά. Οι ίνες του είναι κατασκευασμένες από πολυαιθυλένιο, το οποίο αφού υποστεί επεξεργασία με αλουμίνιο καλύπτεται με αντιοξειδωτικό επίχρισμα. Η εταιρία C.P. Fabrics τα διαθέτει σε ποσοστά σκίασης 30%, 50% και 70%. Τα δύο τελευταία ποσοστά μπορούν να προστατεύσουν τα φυτά και από παγετό.



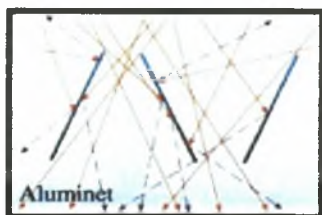
Εικόνα 7: α. Το αλουμινωμένο δίχτυ σκίασης και β. άποψη της εφαρμογής του στο εσωτερικό θερμοκηπίου.

Τα αλουμινωμένα δίχτυα σκίασης της εταιρίας IGC αποτελούνται από μπλε και μπρούντζινες ίνες που συστρέφονται μεταξύ τους, ώστε να αντανακλούν καλύτερα το διάχυτο φως (Εικ.7).

4.3.3.1. Σύγκριση με το κοινό μαύρο δίχτυ σκίασης

Αν και έχει υψηλότερη τιμή πώλησης από το κοινό μαύρο δίχτυ σκίασης, το αλουμινωμένο δίχτυ παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Απωθεί τους θρίπες, τους αλευρώδεις και άλλα έντομα και παρουσιάζει υψηλή αντανακλαστική ικανότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, σε αντίθεση με το μαύρο υλικό κάλυψης που απορροφά την ακτινοβολία και οδηγεί σε μικρή αύξηση της θερμοκρασίας κάτω από το δίχτυ (Εικ. 8). Μπορεί να λειτουργήσει και σαν θερμική κουρτίνα. Αντανακλά την μεγάλου μήκους υπέρυθρη ακτινοβολία πίσω στα φυτά, αφού δεν της επιτρέπει να διαφύγει τις νύχτες που ο ουρανός είναι καθαρός. Έτσι διατηρείται υψηλότερη θερμοκρασία αέρα μέσα στο φύλλωμα των φυτών, παρέχοντας προστασία από τις χαμηλές θερμοκρασίες τη νύχτα.

Το αλουμινωμένο δίχτυ σκίασης παρέχει περισσότερο διάχυτο φως στο φύλλωμα των φυτών. Το μαύρο υλικό κάλυψης απορροφάει τις ακτίνες του ηλίου που πέφτουν σε χαμηλές γωνίες, ενώ το αλουμινωμένο δίχτυ λόγω της αντανακλαστικής του ιδιότητας, επιτρέπει περισσότερο από το διάχυτο φως να περάσει στο φύλλωμα, ιδιαίτερα κατά τις συννεφιασμένες ημέρες ή τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες.



(α)



(β)

Εικόνα 8: Σύγκριση αντανακλαστικής ικανότητας της ηλιακής ακτινοβολίας μεταξύ του αλουμινωμένου δικτύου σκίασης α. και του κοινού μαύρου β.

Τα πλεονεκτήματα της καλύτερης παροχής διάχυτου φωτός στα φυτά είναι υψηλότερη απόδοση, λόγω της αύξησης της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, περισσότερο ομοιόμορφη κατανομή του φωτός σε όλο το μήκος του φυλλώματος, μείωση της σκίασης μέσα στην καλλιέργεια και καλύτερος φωτισμός των κατώτερων φύλλων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη της επίδρασης του βαθμού σκίασης στη συμπεριφορά υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας, με χρήση διαφορετικών τύπων δικτύων σκίασης. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά, ως προς το χρώμα και ως προς την περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, είδη δικτύων σκίασης.

Τα δίκτυα σκίασης τροποποιούν το μικροκλίμα της φυτείας εμποδίζοντας την είσοδο της μικρού μήκους ηλιακής ακτινοβολίας, ανάλογα με το ποσοστό σκίασης. Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο επίπεδο της καλλιέργειας, διαμέσου των δικτύων είναι μειωμένη σε σχέση με εκείνη που θα δεχόταν η καλλιέργεια εάν δεν σκιάζονταν. Τα ακριβή ποσά της ηλιακής ακτινοβολίας μετρήθηκαν και καταγράφηκαν με τη χρήση κατάλληλων οργάνων. Επίσης, διερευνήθηκε εάν και με πιο τρόπο τα δίκτυα σκίασης έχουν επίδραση σε συγκεκριμένους κλιματικούς παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών, καθώς και η επίδραση αυτή στην φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών.

ΜΕΡΟΣ ΙΙ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πειραματικό μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Σωφρονιστικού Καταστήματος Κασσαβέτειας Βόλου, στο Αϊδίνιο Αλμυρού του Νομού Μαγνησίας. Η εποπτεία του πειράματος ανήκει στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

6.1. Περιγραφή της ποικιλίας

Η τομάτα που χρησιμοποιήθηκε ανήκει στην ποικιλία **Belladona F1**. Η ποικιλία αυτή χρησιμοποιείται για μεσοπρώιμη καλλιέργεια σε θερμοκήπιο, αλλά και για υπαίθρια υποστρωμένη. Το φυτό είναι συμπαγές και ο καρπός είναι μεγάλος (200 – 240 g) με ομοιόμορφο κόκκινο χρώμα. Είναι ανθεκτική στην ίωση του μωσαϊκού του καπνού (ToMV). Είναι ιδιαίτερα δημοφιλής ποικιλία στην Ν. Ελλάδα και την Κρήτη ([http4://www.proplant.gr/](http://www.proplant.gr/)).

6.2. Περιγραφή των διχτύων

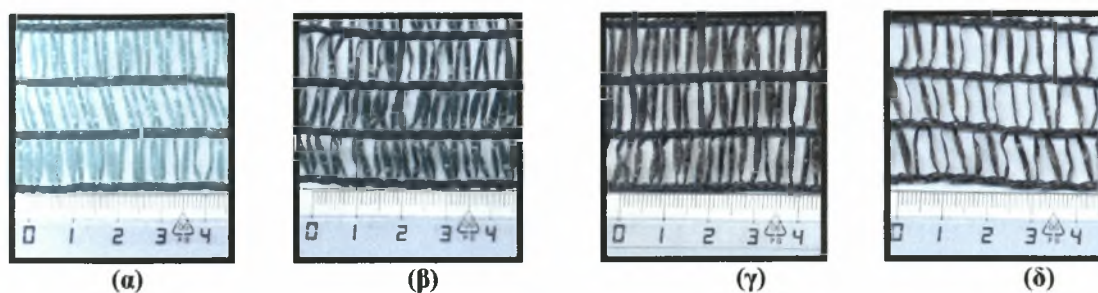
Για την προστασία των καρπών, αλλά και των φυτών, από την υπερβολική ηλιακή ακτινοβολία, η οποία προσπίπτει κατά την περίοδο του καλοκαιριού στην επιφάνεια της γης, η καλλιέργεια καλύφθηκε με ειδικά δίχτυα σκίασης, κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο. Κάθε πειραματικό τεμάχιο του πειραματικού αγρού σκεπάστηκε χωριστά από τ' άλλα με δίχτυ, που απλώθηκε πάνω από τα καλάμια που στηρίζουν τα φυτά, σε ύψος 2,5m περίπου. Το δίχτυ αφέθηκε να πέσει στο πλάι των καλάμιών των ακραίων σειρών κάθε τεμαχίου, ώστε να προστατεύονται και τα φυτά αυτών των σειρών κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες, όταν ο ήλιος δεν είναι στο ζενίθ.

Τα δίχτυα που χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη των φυτών (**Εικ. 9**) είναι τα εξής:

- ✦ **Gr 34**, χρώματος πράσινου και ποσοστού σκίασης 34%.
- ✦ **B&Gr 40**, χρώματος πράσινου και μαύρου και ποσοστού σκίασης 40%.
- ✦ **B 49**, χρώματος μαύρου και ποσοστού σκίασης 49%.
- ✦ **B 40**, χρώματος μαύρου και ποσοστού σκίασης 40%.

Η ονομασία των διχτύων έγινε με βάση το χρώμα και το ποσοστό σκίασής τους. Η μεταχείριση του μάρτυρα (control) συμβολίζεται με τη λέξη **Cont**. Ο προσδιορισμός των

οπτικών ιδιοτήτων των διχτύων έγινε με τη χρήση φορητού φασματοραδιομέτρου (LICOR 1800).



Εικόνα 9: Τα δίχτυα σκίασης που χρησιμοποιήθηκαν: α. Gr 34, β. B&Gr 40, γ. B 49 και δ. B 40.

Η εγκατάσταση των διχτύων έγινε στις 10 Ιουνίου 2003, δηλαδή 52 ημέρες μετά τη μεταφύτευση. Άποψη του αγρού πριν την εγκατάσταση των διχτύων σκίασης, καθώς και με τα δίχτυα παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες (Εικ. 10).



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 10: α. ο αγρός πριν την εγκατάσταση των διχτύων σκίασης, β. ο αγρός μετά την εγκατάσταση των διχτύων, γ. άποψη από το εσωτερικό των διχτύων.

6.3. Περιγραφή του αγρού

Ο πειραματικός αγρός αποτελούνταν από τρεις επαναλήψεις μήκους 60m και πλάτους 10,2m, οι οποίες απείχαν μεταξύ τους 4m. Τα φυτά μεταφύτευτηκαν στον πειραματικό αγρό σε διπλές γραμμές φύτευσης. Οι αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των διπλών γραμμών ήταν 1,2m, ενώ οι αποστάσεις μεταξύ των απλών γραμμών ήταν 50cm και επί των απλών γραμμών 45cm, δημιουργώντας έτσι πληθυσμό φυτών 2,6φυτά/m².

6.4. Καλλιεργητική τεχνική

Ως βασική λίπανση χρησιμοποιήθηκε ζωική κοπριά (3tn/στρ.) η οποία εφαρμόστηκε τον προηγούμενο χειμώνα και αφέθηκε να «χωνευτεί». Οι επιφανειακές λιπάνσεις, με νιτρική αμμωνία και θειικό κάλιο, έγιναν με διασκορπισμό του λιπάσματος με το χέρι, στο διάστημα μεταξύ των απλών γραμμών κάθε διπλής γραμμής. Εφαρμόστηκαν 3,85kg νιτρική αμμωνία /στρ. στις 21/5/2003 και 16/6/2003 και 6kg θειικό κάλιο /στρ. στις 4/6/2003 και 16/6/2003. Η άροση πραγματοποιήθηκε στις 10/03/2003, η κατεργασία με τον βαρύ και τον περιστροφικό καλλιεργητή στις 06/04/2003, ενώ τα δισκοσβαρνίσματα προς τις δύο κατευθύνσεις στις 18/04/2003.

Η καταπολέμηση των ζιζανίων γινόταν με σκαλίσματα με το χέρι μεταξύ των γραμμών φύτευσης, ενώ στο ενδιάμεσο διάστημα (της διπλής γραμμής φύτευσης) γινόταν ξεβοτάνισμα. Στα δύο ενδιάμεσα διαστήματα, μεταξύ των επαναλήψεων, η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε με χρήση περιστροφικού καλλιεργητή. Η άρδευση της καλλιέργειας γινόταν με σταγόνες, σύμφωνα με την ενδεδειγμένη πρακτική. Από τις 20/4 μέχρι 31/5 η συχνότητα άρδευσης ήταν 1 φορά την εβδομάδα και από την 1/6 μέχρι 30/8 ήταν 1 φορά ανά 3-4 ημέρες.

Η υποστήριξη των φυτών έγινε με καλάμια, τα οποία ανά 6 σχημάτιζαν πυραμίδες (τρία φυτά από κάθε απλή γραμμή). Εξαιτίας της μεγάλης παραγωγικής ικανότητας της ποικιλίας που χρησιμοποιήθηκε, τα φυτά με το κλάδεμα μορφώθηκαν σε διστέλεχο σύστημα (Εικ. 11). Επίσης 1 φορά την εβδομάδα γινόταν βλαστολόγημα. Τα φυτά κορυφολογήθηκαν 112 ημέρες μετά την μεταφύτευση.

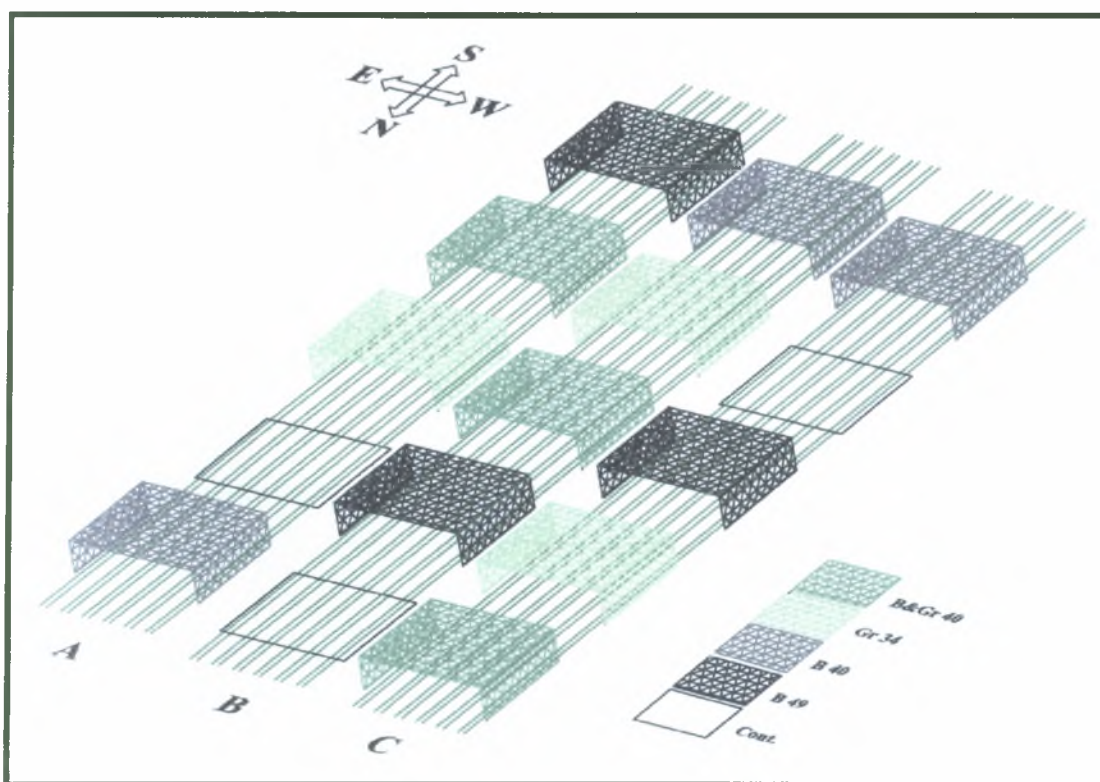
Για υποβοήθηση της γονιμοποίησης των ανθέων πραγματοποιήθηκαν ψεκασμοί με ορμονικό σκεύασμα, ώστε να εξασφαλισθεί η παραγωγή. Η φυτοπροστασία γινόταν σύμφωνα με την ενδεδειγμένη πρακτική. Η συγκομιδή γινόταν αρχικά δύο φορές την εβδομάδα, ενώ προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου μόνο μια φορά.



Εικόνα 11: Διστέλεχο σύστημα διαμόρφωσης των φυτών της τομάτας.

6.5. Εγκατάσταση του πειράματος στον αγρό

Η καλλιεργητική περίοδος ήταν από τις 20 Απριλίου (που έγινε η μεταφύτευση) μέχρι τις 5 Σεπτεμβρίου 2003. Η έκταση της καλλιέργειας χωρίστηκε κατά μήκος σε τρία ίσα τμήματα (60m x 10,2m), ένα για κάθε επανάληψη. Ο προσανατολισμός των επαναλήψεων ήταν με φορά Βοράς – Νότος, για περισσότερο ομοιόμορφη διανομή του φωτός στα φυτά. Κάθε επανάληψη αποτελούνταν από τα τέσσερα διαφορετικά δίχτυα σκίασης και ένα πειραματικό τεμάχιο που ήταν ακάλυπτο και αποτελούσε τον μάρτυρα (5 μεταχειρίσεις). Για κάθε επανάληψη έγινε τυχαία κατανομή των πειραματικών τεμαχίων για την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης, ώστε να εξασφαλιστεί η αμερόληπτη μεταχείριση τους.



Σχήμα 1: Η άποψη του αγρού μετά την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης. Διακρίνεται η θέση των δικτύων, καθώς και του μάρτυρα, μέσα σε κάθε επανάληψη, η θέση των επαναλήψεων (A, B, και C), ο προσανατολισμός του αγρού και η πτώση των δικτύων στα πλάγια για την καλύτερη προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία των ακραίων φυτών.

Το κάθε πειραματικό τεμάχιο (μεταχείριση) είχε μήκος 10,2m (περιελάμβανε 6 διπλές γραμμές φυτών) και πλάτος 8m, ενώ κατά μήκος της επανάληψης απείχαν μεταξύ τους 5m. Τα φυτά που βρισκόταν περιμετρικά των πειραματικών τεμαχίων δεν χρησιμοποιήθηκαν για λήψη παρατηρήσεων ώστε να μην αλλοιώσουν τα αποτελέσματα, λόγω της επίδρασης του περιθωρίου. Από κάθε πειραματικό τεμάχιο επιλέχθηκαν τυχαία 3

φυτά (αφού εξαιρέθηκαν οι ακραίες πυραμίδες) από τα οποία γινόταν οι μετρήσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος, καθώς και 6 φυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τις καταστροφικές μετρήσεις. Το σχεδιάγραμμα του αγρού παρουσιάζεται στο **Σχήμα 1**.

6.6. Μετρήσεις

Οι παράμετροι που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειραματικού μέρους της εργασίας είναι οι εξής:

- ✚ Οι **οπτικές ιδιότητες των διχτύων σκίασης**.
- ✚ Οι **παράμετροι του κλίματος**.
- ✚ Η **αύξηση – ανάπτυξη** των φυτών κάθε μεταχείρισης.
- ✚ Η **απόδοση – ποιότητα** των φυτών.

6.6.1. Οπτικές ιδιότητες των διχτύων σκίασης

Η μέτρηση των οπτικών ιδιοτήτων των υλικών κάλυψης έγινε με φορητό φασματοραδιόμετρο LICOR 1800, με το οποίο μετρήθηκε η διαπερατότητα των υλικών στα διάφορα μήκη κύματος του φωτός (400-1100nm). Οι μετρήσεις έγιναν μετά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, σε δύο ύψη από την επιφάνεια του εδάφους (1,20 και 2,40m).

6.6.2. Παράμετροι του κλίματος

Οι κλιματικοί παράγοντες που μελετήθηκαν ήταν η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος, καθεμιάς από τις πέντε μεταχειρίσεις. Επίσης καταγράφηκε η θερμοκρασία φύλλου αντιπροσωπευτικών φυτών από την κάθε μεταχείριση. Έτσι για τον έλεγχο του μικροκλίματος των μεταχειρίσεων του πειράματος μετρήθηκαν:

✚ Η **μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία** (300-3000nm) με πυρανόμετρα (pyranometer) των εταιριών Kipp & Zonen CM6B (**Εικ. 12α**) και Middleton EP08-E. Ένα πυρανόμετρο, για καθεμία από τις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος, τοποθετήθηκε πάνω σε σταθερό πάσσαλο, σε ύψος 2m από την επιφάνεια του εδάφους, στο κέντρο περίπου κάθε μεταχείρισης και σε σημείο τέτοιο που να μη σκιάζεται σε καμία χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της ημέρας.

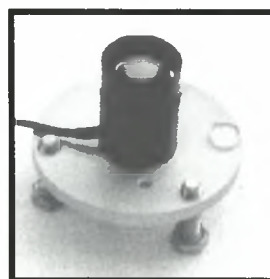
✦ Η **φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία** (PAR, 400-700nm) με αισθητήρες φωτονίων (PAR quantum sensor) QS2 της εταιρίας Delta-T Devices (**Εικ. 12β**), μόνο για τις μεταχειρίσεις Cont., Gr 34 και B 49.

✦ Η **θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος** με τη χρήση συσκευών HOBO RH/Temp (**Εικ. 13α**) της εταιρίας Onset Computer Corporation, μία για κάθε μεταχείριση. Για να προστατευθούν από την ηλιακή ακτινοβολία και τη βροχή, οι συσκευές τοποθετήθηκαν μέσα σε ειδικούς προστατευτικούς κλωβούς (**Εικ. 13β**), πάνω σε πασσάλους και σε ύψος 2m από την επιφάνεια του εδάφους.

✦ Η **θερμοκρασία φύλλου** επιλεγμένων φυτών των μεταχειρίσεων Cont. και B 49, με θερμοζεύγη τύπου T (Copper/Constantan) (blue/red) της εταιρίας Omega Engineering Inc., ένα για κάθε μεταχείριση.



(α)



(β)

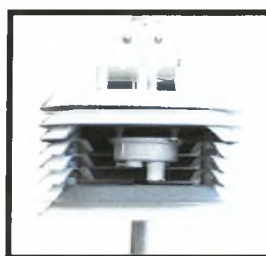
Εικόνα 12: α. πυρανόμετρο CM6B (Kipp & Zonen) και β. αισθητήρας φωτονίων QS2 της (Delta-T Devices).

6.6.2.1. Καταγραφή των μετρήσεων

Για την καταγραφή των μετρήσεων της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας, της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας φύλλου χρησιμοποιήθηκε καταγραφική συσκευή (data logger) DL3000 της εταιρίας Delta-T Devices).



(α)



(β)

Εικόνα 13: α. συσκευή HOBO RH/Temp και β. ο προστατευτικός κλωβός της.

6.6.3. Παράμετροι αύξησης – ανάπτυξης των φυτών

Η αύξηση – ανάπτυξη είναι μια σειρά από διαδοχικές μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές στο φυτό, στη διάρκεια της ζωής του από το φύτευμα μέχρι το θάνατό του. Η αύξηση είναι κάθε μη αντιστρεπτή **ποσοτική** μεταβολή στο μέγεθος ή στο βάρος ενός φυτού, ενώ ανάπτυξη είναι κάθε μη αντιστρεπτή **ποιοτική** μεταβολή και διαφοροποίηση στη μορφή και οργάνωση ενός φυτού. Αντίθετα με την αύξηση η ανάπτυξη δεν μπορεί να μετρηθεί, αλλά μόνο να περιγραφεί (Λόλας, 2000, σ. 153-154).

Οι μετρήσεις αύξησης – ανάπτυξης αφορούσαν την επίδραση της τροποποίησης του μικροκλίματος κάτω από τα δίχτυα σκίασης στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών. Διακρίθηκαν σε μη καταστροφικές και καταστροφικές. Οι ημερομηνίες λήψης τους φαίνονται στον **Πίνακα 4**.

6.6.3.1. Μη καταστροφικές μετρήσεις

Μετρήθηκαν:

- ✚ Οι διαστάσεις των φύλλων (μήκος και πλάτος) (cm).
- ✚ Το μήκος των στελεχών (κυρίων και δευτερευόντων) (cm).
- ✚ Ο αριθμός των φύλλων και των ταξιανθιών κάθε στελέχους.
- ✚ Ο αριθμός των ανθέων και των καρπών (ώριμων και μη) κάθε ταξιανθίας.

Λόγω απωλειών χρησιμοποιήθηκαν για τα αποτελέσματα 8 φυτά των μεταχειρίσεων Cont., 7 φυτά των Gr 34, B 40 και B 49 και 9 φυτά των B&G 40.

6.6.3.2. Καταστροφικές μετρήσεις

Μετρήθηκαν:

- ✚ Όλες οι παραπάνω και επιπλέον:
- ✚ Το νωπό και ξηρό βάρος των φύλλων, των στελεχών, των ταξιανθιών και των μη ώριμων καρπών (αποξήρανση για 24 ώρες στους 105 °C) (g).
- ✚ Η φυλλική επιφάνεια (m^2 /φυτό), ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (m^2 φυλλικής επιφάνειας/ m^2 επιφάνειας εδάφους) και οι διαστάσεις (cm) δείγματος φύλλων. Το δείγμα λήφθηκε από τα καταστροφικά φυτά. Η φυλλική επιφάνεια μετρήθηκε με σάρωση των φύλλων (με συσκευή scanner) και ειδικό λογισμικό (Delta-T-Scan).

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		

Πίνακας 4: Οι ημερομηνίες λήψης των μετρήσεων αύξησης – ανάπτυξης, καθώς και οι αντίστοιχες ημέρες μετά την μεταφύτευση (D.A.T.).

6.6.4. Παράμετροι απόδοσης - ποιότητας των φυτών

Οι μετρήσεις της απόδοσης των φυτών αφορούσαν την επίδραση της σκίασης στην παραγωγή και σε ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά και φυσικά των φυτών. Πραγματοποιήθηκαν 12 συγκομιδές (στο χρονικό διάστημα 02/07/03 – 03/09/03) (Πίνακας 5). Τα στοιχεία που καταγράφηκαν είναι τα εξής:

✚ Η **απόδοση** των φυτών σε καρπούς [νωπό και ξηρό βάρος από δείγμα (μετά την μέτρηση των διαστάσεων και του νωπού βάρους) (αποξήρανση για 24 ώρες στους 105 °C) (g)].

✚ Η **ποιότητα** των καρπών: Φυσικά χαρακτηριστικά [νωπό βάρος (g), οριζόντια και κάθετη διάμετρος με τη χρήση παχύμετρου (mm)] και παρατήρηση για φυσιολογικές ανωμαλίες (ηλιόκαυμα, σχίσμο, ξηρή σήψη κορυφής, παραμόρφωση).

Ημερομηνία συγκομιδής	D.A.T.	Ημερομηνία συγκομιδής	D.A.T.
02/07/03	74	25/07/03	97
07/07/03	79	01/08/03	104
10/07/03	82	12/08/03	115
14/07/03	86	20/08/03	123
19/07/03	91	27/08/03	130
21/07/03	93	03/09/03	137

Πίνακας 5: Οι ημερομηνίες συγκομιδής και οι αντίστοιχες ημέρες μετά την μεταφύτευση (D.A.T.)

6.7. Επεξεργασία δεδομένων

Ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων και η στατιστική ανάλυση κάθε μεταβλητής που εξετάστηκε στο πείραμα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1. Οπτικές ιδιότητες των διχτύων σκίασης

Στο εργαστήριο προσδιορίστηκε η περατότητα των διχτύων σκίασης, η απορροφητικότητα και η ανακλαστικότητα. Η σκίαση υπολογίστηκε από την σχέση $\text{Σκίαση}=1-\text{Περατότητα}$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Ως προς την σκίαση το δίχτυ με το μεγαλύτερο ποσοστό ήταν το B 49 (49%), με το μικρότερο το Gr 34 (34%), ενώ τα δίχτυα B&Gr 40 και B 40 παρουσίασαν το ίδιο περίπου ποσοστό σκίασης (40%). Στο φάσμα της ολικής ακτινοβολίας (400-1100 nm) τα δίχτυα B 49, B&Gr 40 και B 40 παρουσίασαν σχεδόν σταθερές καμπύλες οπτικών ιδιοτήτων. Στο Gr 34 η περατότητα στο φάσμα του ορατού είχε τάση αύξησης μέχρι τα 514 nm και μετά παρουσίασε τάση μείωσης, ενώ μέχρι τα 1100 nm είχε και πάλι τάση αύξησης. Το αντίθετο παρουσιάστηκε για την απορροφητικότητα, ενώ η ανακλαστικότητα είχε περίπου σταθερή καμπύλη.

		Περατ/τα (%)	Απορ/τα (%)	Ανακλ/τα (%)	Σκίαση (%)
Δίχτυ	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

Πίνακας 6: Οι οπτικές ιδιότητες των διχτύων σκίασης, με βάση τις μετρήσεις στο εργαστήριο.

Τα αποτελέσματα της μέτρησης των οπτικών ιδιοτήτων στον αγρό παρουσιάζονται παρακάτω.

7.1.1. Περατότητα διχτύων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της περατότητας των διχτύων σκίασης στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και της σκίασης υπολογισμένης από την σχέση: $\text{Σκίαση}=1-\text{Περατότητα}$, παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται για την ολική ακτινοβολία (TOTAL), την οπτικά ενεργή (PAR) και την κοντινή υπέρυθρη (NIR), και για τα δύο επίπεδα από την επιφάνεια τους εδάφους στα οποία έγιναν οι μετρήσεις (1,20 και 2,40m, δηλαδή ακριβώς κάτω από τα δίχτυα και στο μέσο της καλλιέργειας).

Η περατότητα του διχτύου B 49 (με το μεγαλύτερο ποσοστό σκίασης) εμφανίστηκε στατιστικά μειωμένη ($p=0,05$) σε σχέση με τα άλλα δίχτυα, για όλα τα εύρη φάσματος, εκτός από το δίχτυ B&Gr 40 στα 1,20m από την επιφάνεια του εδάφους. Επίσης η περατότητα του διχτύου Gr 34 (με το μικρότερο ποσοστό σκίασης) εμφανίστηκε

στατιστικά μεγαλύτερη ($p=0,05$) σε όλα τα εύρη φάσματος, εκτός από το B 40 στα 2,40m από την επιφάνεια του εδάφους. Τα δίχτυα B&Gr 40 και B 40 δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα για την σκίαση ήταν τα αντίθετα και με μικρές αποκλίσεις συμφωνούν με τις μετρήσεις στο εργαστήριο, αφού οι μεταχειρίσεις δεν ήταν πλήρως καλυμμένες με τα δίχτυα.

		TOTAL (400-1100nm)		PAR (400-700nm)		NIR (700-1100nm)	
		ΕΠΙΠΕΔΟ		ΕΠΙΠΕΔΟ		ΕΠΙΠΕΔΟ	
ΔΙΧΤΥ		2,40 m	1,20 m	2,40 m	1,20 m	2,40 m	1,20 m
Περ/τα(%)	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
Σκίαση (%)	B 49	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

Πίνακας 7: Περατότητα και σκίαση των δικτύων, με βάση τις μετρήσεις στον αγρό, για δύο επίπεδα μετρήσεων από την επιφάνεια του εδάφους και για την ολική ακτινοβολία (TOTAL), την οπτικά ενεργή (PAR) και την κοντινή υπέρυθρη (NIR). Τα γράμματα a, b και c δείχνουν τους μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, για πιθανότητα σφάλματος $p=0,05$ και η διεξαγωγή τους έγινε για το ίδιο επίπεδο και εύρος φάσματος, για περατότητα και σκίαση χωριστά.

Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση ($p=0,05$) για την σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των δύο επιπέδων από την επιφάνεια του εδάφους, η περατότητα του Gr 34 στην ολική ακτινοβολία στα 2,40m (66,6%) εμφανίστηκε στατιστικά μειωμένη σε σχέση με τα 1,20m (71,9%). Επίσης στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία η περατότητα του B 49 και του Gr 34 στα 2,40m (53,4 και 71,3%) εμφανίστηκε στατιστικά μειωμένη σε σχέση με τα 1,20m (57,8 και 74,6%). Αυτό σημαίνει ότι σε αυτές τις περιπτώσεις η περατότητα των δικτύων στην ολική και την κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία παρουσίασε μια τάση μείωσης σε σχέση με το ύψος. Η περατότητα των δικτύων στην φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία δεν επηρεάστηκε σημαντικά από το ύψος. Τα αντίθετα ισχύουν για την σκίαση.

7.1.2. Ποιότητα διερχόμενης ακτινοβολίας

Στον **Πίνακα 8** παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων ποιότητας των δικτύων σκίασης με βάση τις μετρήσεις στον αγρό, για τα δύο επίπεδα μετρήσεων από την επιφάνεια του εδάφους (1,20 και 2,40m). Οι παράμετροι αυτοί είναι οι λόγοι $\zeta = R/FR$ (για

το στενό εύρος ροής φωτονίων N.B.: R: 655-665nm και FR: 725-735 nm) και $\zeta^* = R/FR$ (για το πιο πλατύ εύρος ροής φωτονίων B.B.: R: 600-700nm και FR: 700-800 nm) (Kittas et al., 1999), για τον χαρακτηρισμό των αντιδράσεων του φυτοχρώματος, οι λόγοι B/R και B/FR, για τον χαρακτηρισμό των αντιδράσεων του κρυπτοχρώματος, και οι παράμετροι που συνδέονται με την φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία, δηλαδή οι λόγοι PAR/TOTAL και PAR/NIR (Kittas et al., 1999).

	ΔΙΧΤΥ	R/FR (NB) %	R/FR (BB) %	B/R %	B/FR %	PAR/TOT. %	PAR/NIR %
2,40 m	B 49	-2,09	-1,18	-2,01	-3,17	-1,63	-3,86
	B&Gr 40	-3,97	-4,74	1,32	-3,48	-2,33	-5,41 [‡]
	B 40	-1,32	0,51	-2,26	-1,76	0,14	0,32
	Gr 34	-6,50 [‡]	-8,94 [‡]	8,68 [‡]	-1,04	-4,89	-10,02 [‡]
1,20 m	B 49	-0,88	-2,05	-3,25	-5,23 [‡]	-2,47	-5,68 [‡]
	B&Gr 40	1,57	0,28	1,31	1,59	0,03	0,10
	B 40	-1,69	-1,72	-1,51	-3,20	-1,38	-3,23
	Gr 34	-3,33	-4,40	0,72	-3,71	-2,73	-5,56 [‡]

Πίνακας 8: Οι τιμές των παραμέτρων ποιότητας των δίχτων σκίασης με βάση τις μετρήσεις στον αγρό, για δύο επίπεδα μετρήσεων από την επιφάνεια του εδάφους και για την ολική ακτινοβολία (TOTAL), την οπτικά ενεργή (PAR) και την κοντινή υπέρυθη (NIR). Παρουσιάζονται οι σχετικές διαφορές μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής μέτρησης (%). Το σύμβολο [‡] δείχνει τις απόλυτες διαφορές που είναι μεγαλύτερες από 5% και θεωρούνται σημαντικές.

Στον πίνακα παρουσιάζονται οι σχετικές διαφορές (%) μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής μέτρησης. Οι απόλυτες διαφορές που είναι μεγαλύτερες από 5% θεωρούνται σημαντικές.

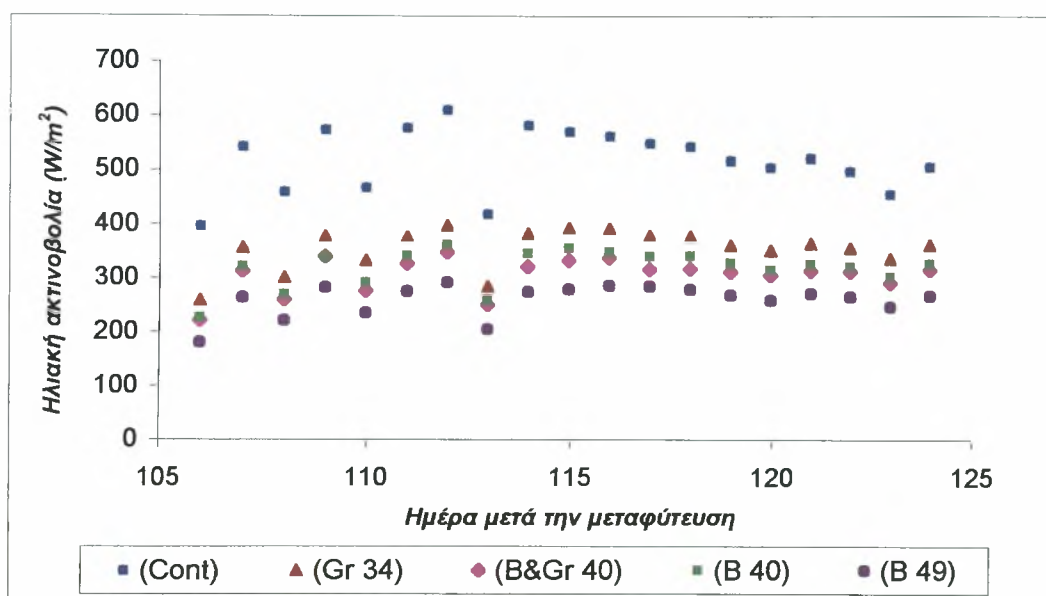
Τα δίχτυα ήταν ουδέτερα σε σχέση με τους λόγους ζ και ζ^* , εκτός από το δίχτυ Gr 34 σε ύψος 2,5m από την επιφάνεια του εδάφους, το οποίο τους μείωσε σημαντικά (6,50 και 8,94% αντίστοιχα), δηλαδή παρουσίασε μειωμένη απορρόφηση στο ερυθρό φάσμα του φωτός. Το ίδιο δίχτυ (και σε ύψος 2,5m από την επιφάνεια του εδάφους) παρουσίασε επίσης σημαντική αύξηση (8,64%) του λόγου B/R, δηλαδή η απορρόφησή του στην περιοχή του μπλε ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τα άλλα δίχτυα. Το δίχτυ B 49 σε ύψος 1.20m από την επιφάνεια παρουσίασε μειωμένη απορρόφηση του B/FR (μόλις 5,23%).

Σχετικά με τις παραμέτρους της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας, ο λόγος PAR/TOTAL παρέμεινε ουδέτερος σε όλα τα δίχτυα. Ο λόγος PAR/NIR μειώθηκε σημαντικά κάτω από τα δίχτυα B&Gr 40 (5,41%) και Gr 34 (10,02%), σε ύψος 2,40m και κάτω από τα δίχτυα B 49 (5,65%) και Gr 34 (5,56%) σε ύψος 1,20m από την επιφάνεια του εδάφους. Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι το δίχτυ Gr 34, σε ύψος 2,40m, τροποποίησε περισσότερο την ποιότητα της διερχόμενης ακτινοβολίας.

7.2. Το μικροκλίμα της καλλιέργειας

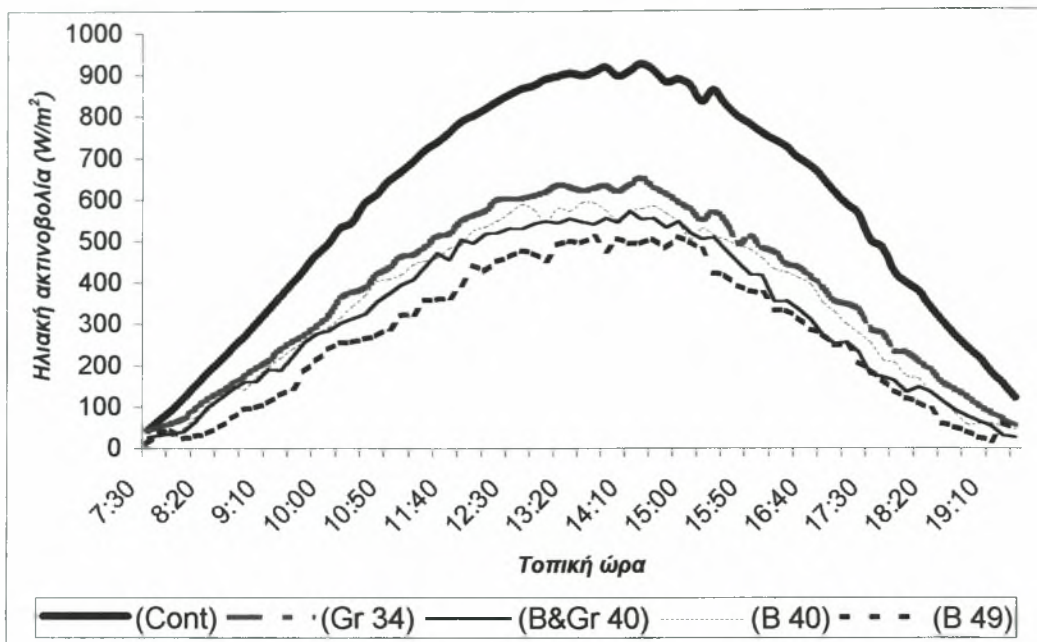
7.2.1. Ηλιακή ακτινοβολία και PAR

Η επίδραση των δικτύων σκίασης στη μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία (W/m^2), σε σχέση με τις ημέρες μετά τη μεταφύτευση, παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2**. Είναι εμφανής η μεγάλη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας στις μεταχειρίσεις με την σκίαση σε σχέση με τον μάρτυρα. Η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας κάτω από τα δίχτυα ήταν ανάλογη του ποσοστού περατότητάς τους, όπως φαίνεται και στον πίνακα 7.



Σχήμα 2: Η επίδραση των δικτύων σκίασης στην μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία (W/m^2) για τον μάρτυρα (Cont.), το δίχτυ Gr 34, το B 40, το B&Gr 40 και το B 49.

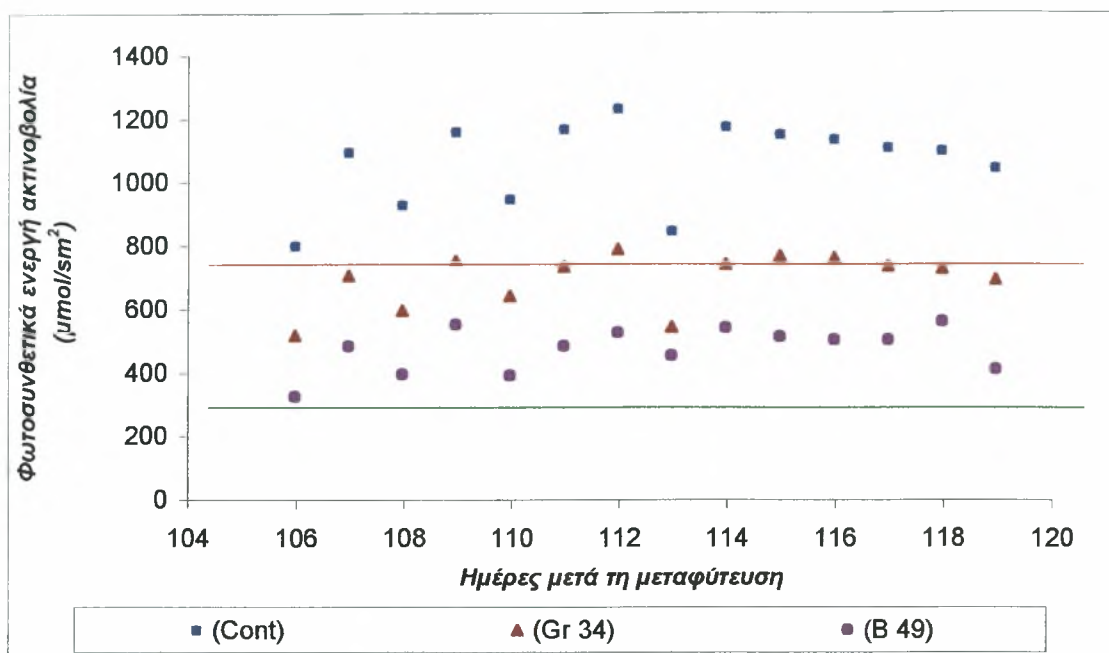
Σε σχέση με τις ώρες της ημέρας η επίδραση των δικτύων σκίασης στη μέση ηλιακή ακτινοβολία (W/m^2) παρουσιάζεται στο **Σχήμα 3**. Τα αποτελέσματα αντιπροσωπεύουν μια τυπική ημέρα του καλοκαιριού (11/08/03), με καθαρό ουρανό (για τις ώρες 7:30-20:00). Η μείωση της ακτινοβολίας ήταν ανάλογη του ποσοστού περατότητας των δικτύων.



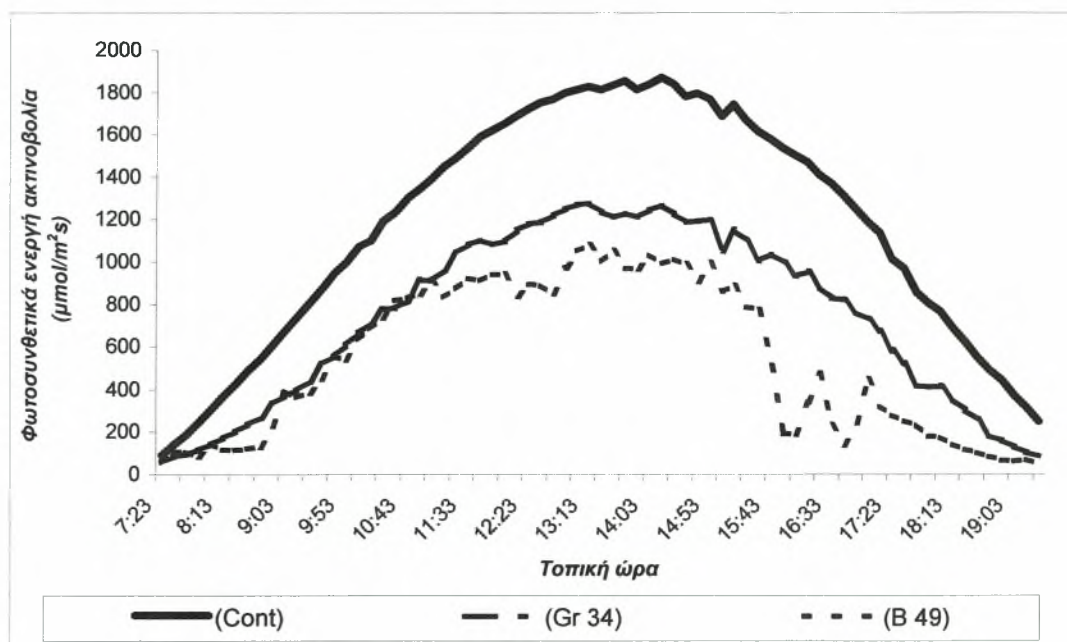
Σχήμα 3: Η επίδραση των δικτύων σκίασης στην μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία (W/m^2), για μια τυπική ημέρα, για τον μάρτυρα (Cont.), το δίχτυ Gr 34, το B 40, το B&Gr 40 και το B 49.

Η επίδραση των δικτύων σκίασης στη μέση ημερήσια φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ($\mu mol/m^2 \text{ sec}$), σε σχέση με τις ημέρες μετά τη μεταφύτευση, παρουσιάζεται στο **Σχήμα 4**. Στο σχήμα φαίνονται το μέγιστο και το ελάχιστο όριο ακτινοβολίας για ικανοποιητική αύξηση-ανάπτυξη των φυτών. Η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία που περνάει μέσα από τα δίκτυα σκίασης βρίσκεται μέσα σε αυτά τα όρια (ακόμα και για το πυκνότερο δίχτυ), ενώ στην μεταχείριση με τα ασκίαστα φυτά ξεπερνάται το μέγιστο όριο. Επίσης φαίνεται ότι και σε αυτή την περίπτωση η μείωση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας κάτω από τα δίκτυα είναι ανάλογη του ποσοστού περατότητάς τους. Τα αποτελέσματα δίνονται για το μικρότερο (34%) και το μεγαλύτερο (49%) ποσοστό σκίασης, αφού και τα άλλα θα βρίσκονται στην περιοχή αυτή.

Σε σχέση με τις ώρες τις ημέρας η επίδραση των δικτύων σκίασης στη μέση φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ($\mu mol/m^2 \text{ sec}$) παρουσιάζεται στο **Σχήμα 5**. Τα αποτελέσματα αντιπροσωπεύουν μια τυπική ημέρα του καλοκαιριού (11/08/03), με καθαρό ουρανό (για τις ώρες 7:30-20:00). Η μείωση της ακτινοβολίας ήταν ανάλογη του ποσοστού περατότητας των δικτύων.



Σχήμα 4: Η επίδραση των δικτών σκίασης στην μέση ημερήσια φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ sec}$) για τον μάρτυρα (Cont.), το δίχτυ Gr 34 και το B 49, και για το μέγιστο (—) και το ελάχιστο (—) όριο ικανοποιητικής αύξησης-ανάπτυξης των φυτών.



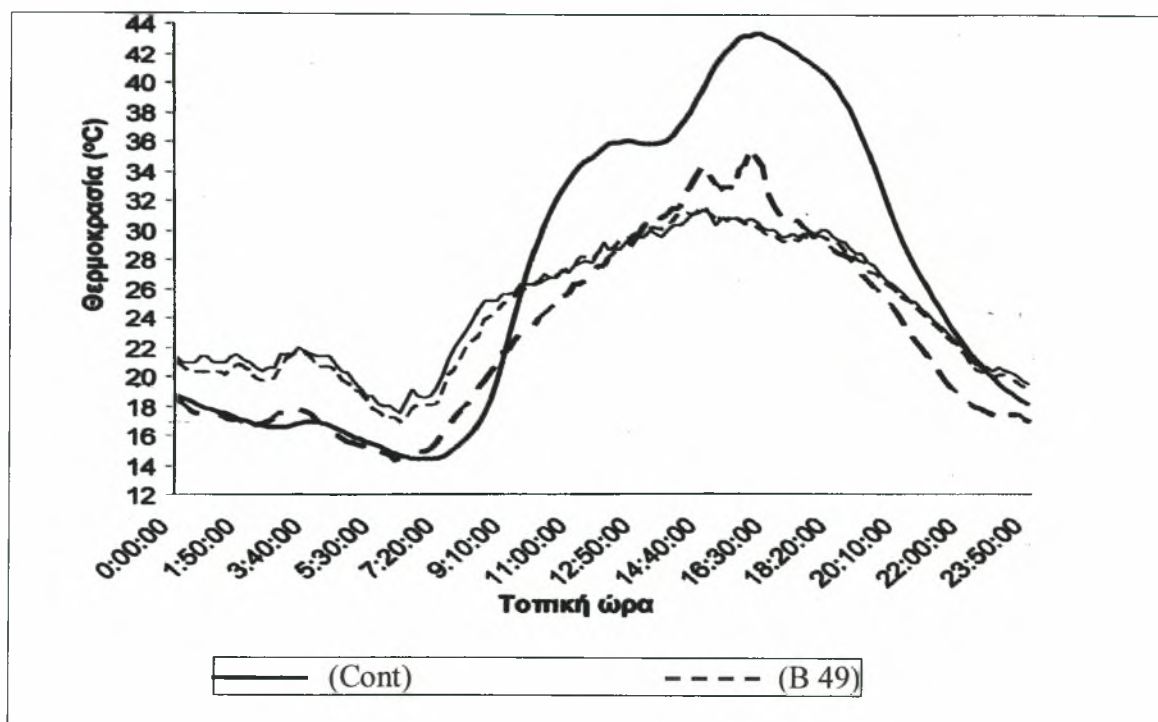
Σχήμα 5: Η επίδραση των δικτών σκίασης στη μέση ημερήσια φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ sec}$), για μια τυπική ημέρα, για τον μάρτυρα (Cont.), το δίχτυ Gr 34 και το B 49.

7.2.2. Θερμοκρασία αέρα και φύλλου

Η επίδραση της σκίασης στην θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζεται στο Σχήμα 6., για μια τυπική ημέρα (09-07-03). Τα αποτελέσματα δίνονται για τον μάρτυρα και την μεταχείριση με το μεγαλύτερο ποσοστό σκίασης (B 49). Όπως φαίνεται οι διαφορές θερμοκρασίας ήταν πολύ μικρές, πιθανόν λόγω της ελεύθερης κυκλοφορίας του αέρα κάτω

από τα δίχτυα. Ωστόσο παρουσιάζεται μια μικρή μείωση της θερμοκρασίας (μέχρι 3°C) κάτω από το δίχτυ, σε σχέση με τον μάρτυρα, κατά τις πρωινές ώρες τις ημέρας, ενώ στην πιο δροσερή ώρα της ημέρας (περίπου στις 7:00) η διαφορά αυτή ήταν περίπου 0,5°C. Αυτές οι διαφορές θερμοκρασίας δεν θεωρούνται στατιστικά σημαντικές.

Η επίδραση της σκίασης στην θερμοκρασία φύλλου παρουσιάζεται επίσης στο Σχήμα 6., για μια τυπική ημέρα (09-07-03). Σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση φαίνεται η αυξημένη θερμοκρασία φύλλου του μάρτυρα κατά τις θερμές ώρες της ημέρας, η οποία έφτασε μέχρι 43°C (περίπου στις 16:30, τοπική ώρα), ενώ η αντίστοιχη κάτω από το δίχτυ ήταν 34°C. Η μείωση αυτή της θερμοκρασίας είναι σημαντική για την φυσιολογική αύξηση-ανάπτυξη των φυτών.



Σχήμα 6: Η επίδραση του δικτύου σκίασης B 49 στη θερμοκρασία του αέρα και του φυλλώματος, σε σχέση με τον μάρτυρα (Cont.), κατά τη διάρκεια μια τυπικής ημέρας.

7.2.3. Σχετική υγρασία

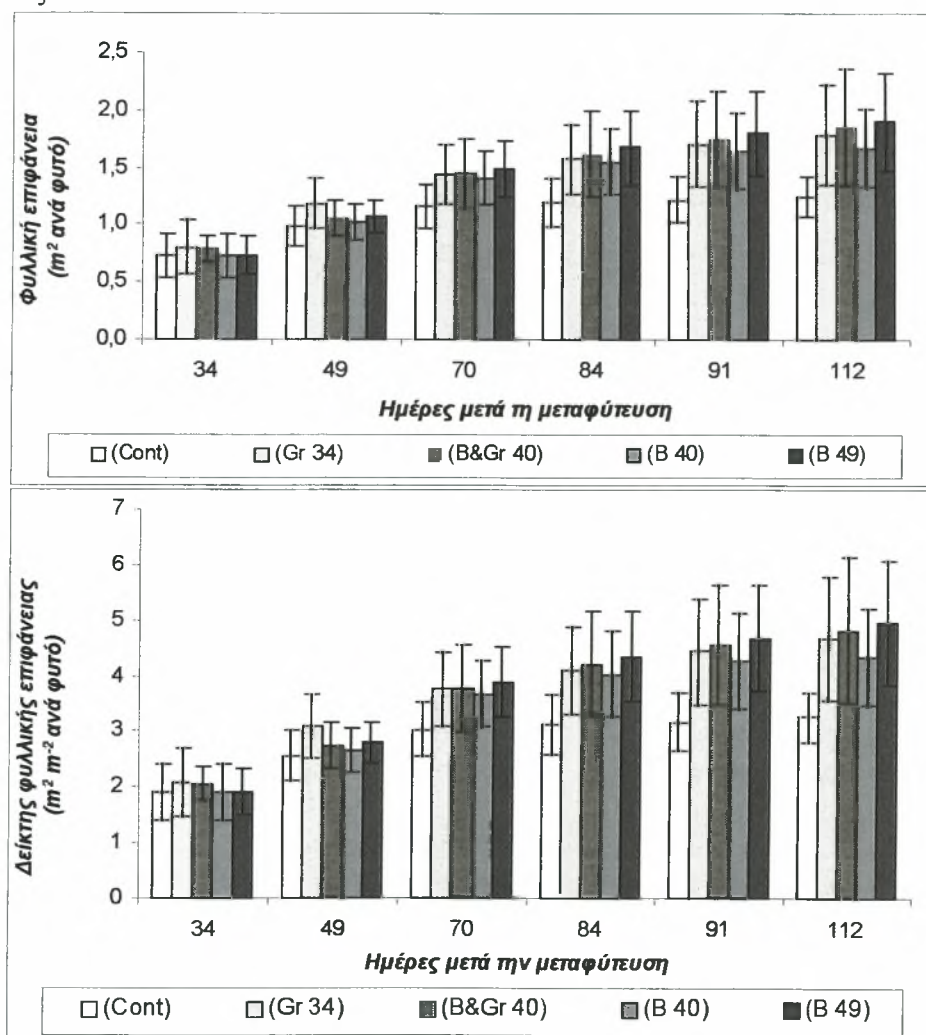
Η μέση σχετική υγρασία του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας ήταν 48,03% για τον μάρτυρα, 51,46% για το δίχτυ B 49, 53,57% για το B&Gr 40 και 54,40% για το B 40 και το Gr 34. Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση η μέση σχετική υγρασία του αέρα ήταν στατιστικά μικρότερη στον μάρτυρα σε σχέση με τα δίχτυα σκίασης B&Gr 40 (5,54%) και τα B 40 και Gr 34 (6,37%). Σε σχέση με το δίχτυ B&Gr 40 δεν μπορεί να ειπωθεί με σιγουριά ότι διέφερε σημαντικά από τον μάρτυρα, αφού η ευαισθησία των οργάνων για την μέτρηση ήταν $\pm 5\%$.

7.3. Μη καταστροφικές μετρήσεις

7.3.1. Φυλλική επιφάνεια και δείκτης φυλλικής επιφάνειας

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η μέση φυλλική επιφάνεια ανά φυτό (L.A.) και ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας ανά φυτό (L.A.I.) (για πυκνότητα φύτευσης 2,6 φυτά ανά m^2), σε σχέση με τις ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση των δεδομένων (για $p=0,05$), η φυλλική επιφάνεια των φυτών στις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα σκίασης, από την 84^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, ήταν αυξημένη σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ μεταξύ των μεταχειρίσεων με τα δίχτυα οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων της φυλλικής επιφάνειας δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές. Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα και για τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας.



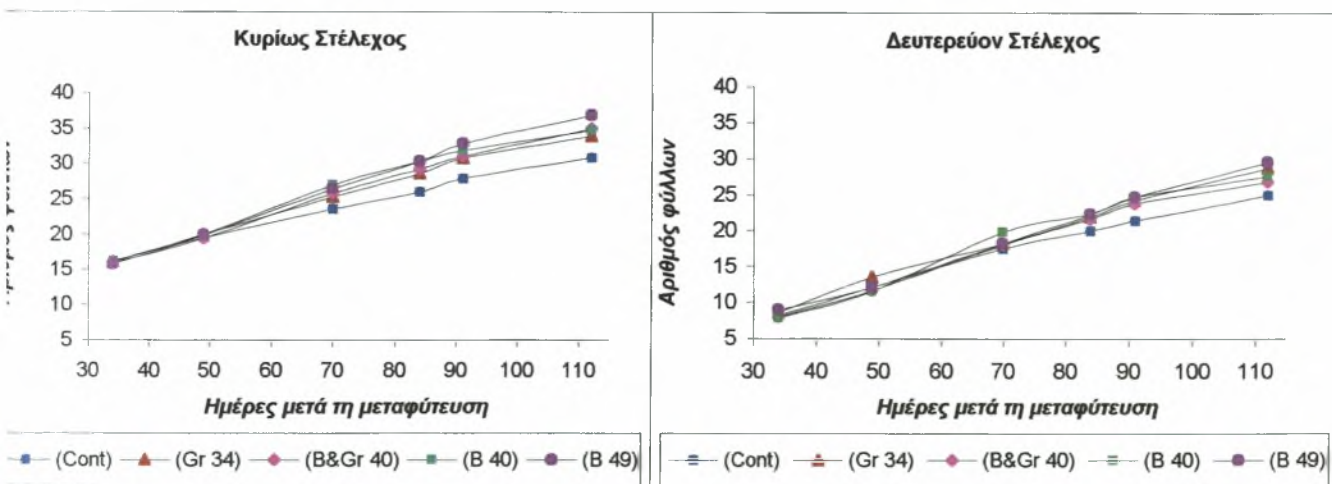
Σχήμα 7: Η επίδραση της σκίασης στην μέση φυλλική επιφάνεια (m^2 /φυτό) και στον δείκτη φυλλικής επιφάνειας (m^2 φυλλικής επιφάνειας/ m^2 επιφάνειας εδάφους) φυτών που αναπτύχθηκαν στον μάρτυρα (Cont), το δίχτυ Gr 34, το B&Gr 40, το B 40 και το B 49.

7.3.2. Αριθμός και διαστάσεις φύλλων

Ο μέσος αριθμός των φύλλων ανά φυτό, σε σχέση με τις ημέρες μετά τη μεταφύτευση, παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8**, για το κύριο και το δευτερεύον στέλεχος.

Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση ($p=0,05$) για τον μέσο συνολικό αριθμό των φύλλων ανά φυτό, στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων άρχισαν να εμφανίζονται από την 84^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Για την 84^η ημέρα ο μέσος αριθμός των φύλλων του μάρτυρα (39,25) ήταν μικρότερος σε σχέση με τον αριθμό των φύλλων των μεταχειρίσεων B&Gr 40 (49,44), B 40 (49,86) και B 49 (49,26). Για τις ημέρες 91^η και 112^η ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό του μάρτυρα ήταν μικρότερος από όλες τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα, ενώ μεταξύ αυτών των μεταχειρίσεων δεν εμφανίστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα και για τα δύο στελέχη χωριστά.

Οι μέσες διαστάσεις των φύλλων (cm) που εμφανίστηκαν μετά την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης (αφού μέχρι την εγκατάσταση το στάδιο ανάπτυξης ήταν το ίδιο για όλα τα φυτά) παρουσιάζονται στον **Πίνακα 9**. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, δηλαδή η σκίαση δεν επηρέασε τις διαστάσεις των φύλλων. Ο λόγος μήκος / πλάτος δείχνει το σχήμα των φύλλων, το οποίο δεν επηρεάστηκε επίσης από την σκίαση.



Σχήμα 8: Η επίδραση της σκίασης στον αριθμό των φύλλων σε σχέση με την ημέρα μετά τη μεταφύτευση, για κάθε στέλεχος χωριστά, των μεταχειρίσεων: Cont., Gr 34, B 40, B&Gr 40 και το B 49.

		Διαστάσεις φύλλων		
		Μήκος (cm)	Πλάτος (cm)	Μήκος/Πλάτος
Μεταχείριση	Cont.	26,28 ^a	19,49 ^a	1,31 ^a
	Gr 34	26,53 ^a	19,80 ^a	1,36 ^a
	B&Gr 40	26,63 ^a	20,14 ^a	1,36 ^a
	B 40	26,89 ^a	21,57 ^a	1,37 ^a
	B 49	26,18 ^a	19,27 ^a	1,26 ^a

Πίνακας 9: Η επίδραση της σκίασης στις διαστάσεις (cm) των φύλλων που εμφανίστηκαν μετά την εγκατάσταση των δικτύων για κάθε μεταχείριση, καθώς και το σχήμα των φύλλων, για πιθανότητα σφάλματος $p=0,05$.

7.3.3. Μήκος των στελεχών

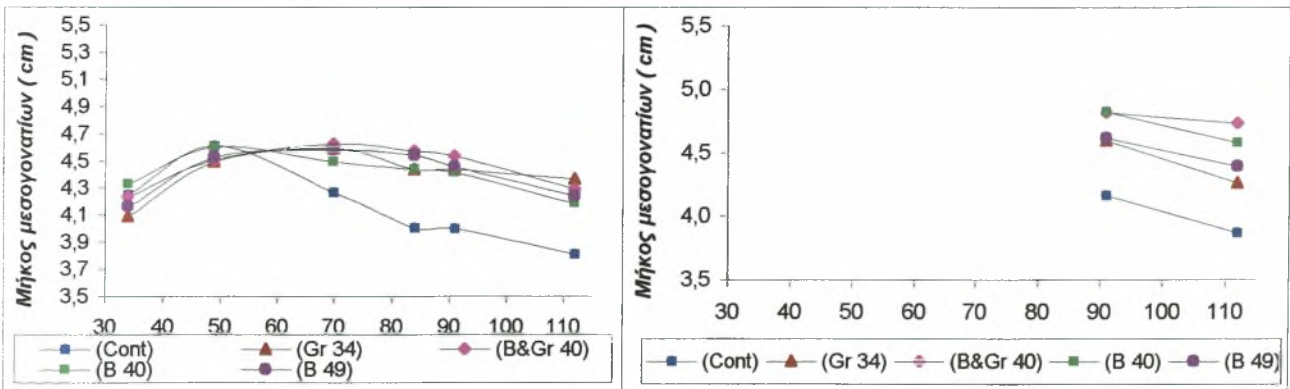
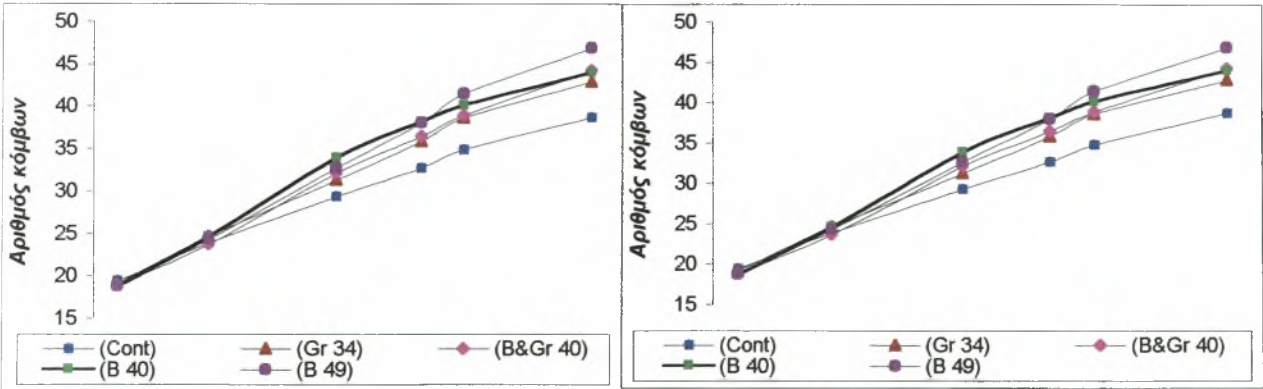
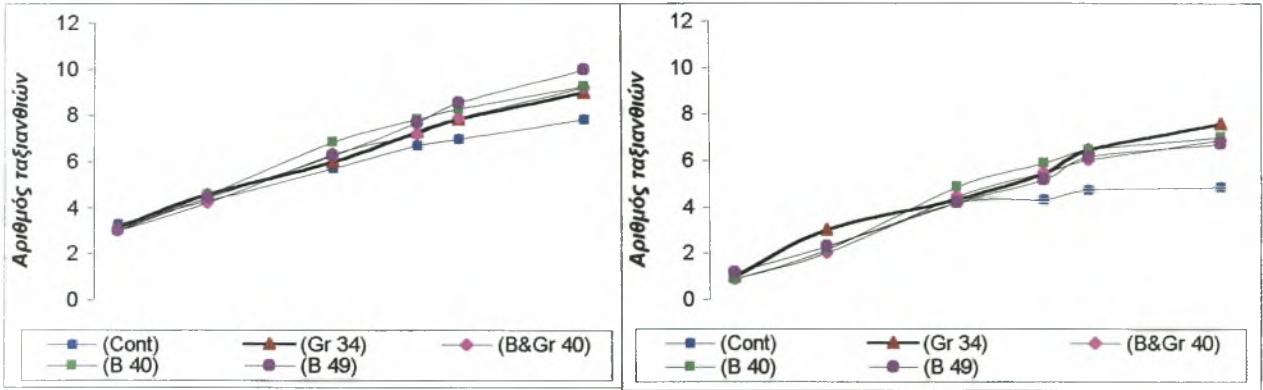
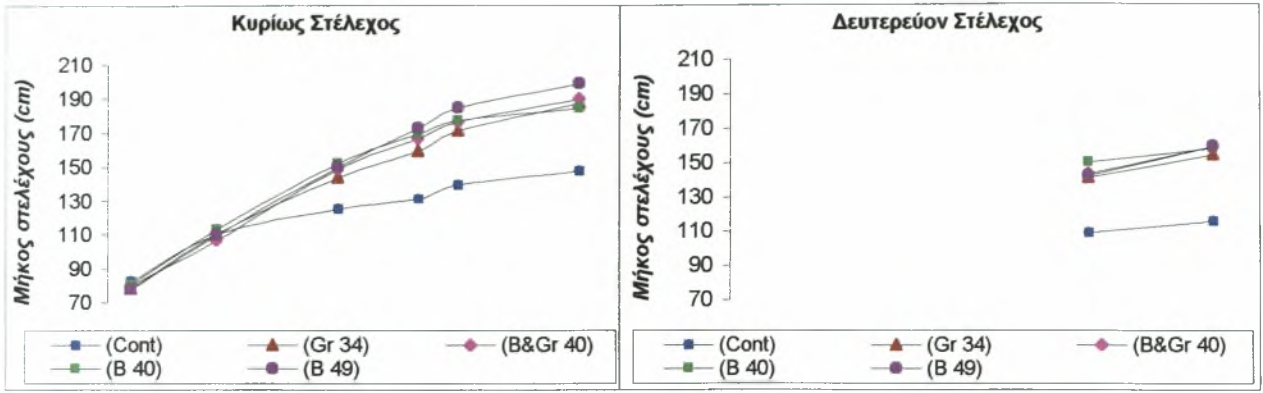
Στο **Σχήμα 9** παρουσιάζεται το μέσο μήκος των στελεχών ανά φυτό (cm), σε σχέση με τις ημέρες μετά τη μεταφύτευση, για κάθε στέλεχος χωριστά και για όλες τις μεταχειρίσεις.

Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση για το κυρίως στέλεχος ($p=0,05$), στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων άρχισαν να εμφανίζονται από την 70^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Την 70^η και την 84^η ημέρα το μήκος του κύριου στελέχους του μάρτυρα (126,29 και 131,86cm αντίστοιχα) ήταν μικρότερο από των μεταχειρίσεων B&Gr 40 (148,50 και 166,67cm αντίστοιχα), B 40 (149,86 και 169,14cm αντίστοιχα) και B 49 (152,14 και 172,57cm αντίστοιχα), ενώ η διαφορά του μάρτυρα με τη μεταχείριση B 34 (138,29 και 152,43cm αντίστοιχα) δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Την 91^η και 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση το μήκος του κύριου στελέχους του μάρτυρα (138,29 και 144,28cm αντίστοιχα) ήταν μικρότερο σε σχέση με όλες τις μεταχειρίσεις με τα δίκτυα.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση για το δευτερεύον στέλεχος ($p=0,05$), στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων βρέθηκαν για την 91^η και την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Το μήκος του δευτερεύοντος στελέχους του μάρτυρα (105,00 και 124,50cm αντίστοιχα) ήταν μικρότερο σε σχέση με όλες τις μεταχειρίσεις με τα δίκτυα.

7.3.4. Αριθμός κόμβων και μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων

Στο **Σχήμα 9** παρουσιάζεται ο μέσος αριθμός των κόμβων και το μέσο μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων ανά φυτό (cm), σε σχέση με τις ημέρες μετά τη μεταφύτευση, για κάθε στέλεχος χωριστά και για όλες τις μεταχειρίσεις.



Σχήμα 9: Η επίδραση της σκίασης στο μήκος των στελεχών, τον αριθμό των ταξιανθιών, τον αριθμό των κόμβων και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων, σε σχέση με την ημέρα μετά τη μεταφύτευση, για κάθε στέλεχος χωριστά, των μεταχειρίσεων: Cont., Gr 34, B 40, B&Gr 40 και το B 49.

Για το μέσο μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων του κυρίως στελέχους παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές από την 91^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Έτσι στην 91^η ημέρα τα φυτά του μάρτυρα είχαν μικρότερο μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων (3,96cm), σε σχέση με των μεταχειρίσεων Gr 34 (4,23cm), B&Gr 40 (4,54cm), B 40 (4,42cm) και B 49 (4,47cm). Οι τρεις τελευταίες μεταχειρίσεις δεν παρουσίαζαν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων των φυτών της μεταχείρισης Gr 34 ήταν στατιστικώς μεγαλύτερο από των φυτών του μάρτυρα και μικρότερο από των άλλων μεταχειρίσεων. Οι διαφορές αυτές στο δευτερεύον στέλεχος ήταν ανάλογες, όπως παρουσιάζονται στο **Σχήμα 9**.

Ο μέσος αριθμός των κόμβων ανά φυτό δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ($p=0,05$), και για τα δύο στελέχη. Επίσης στο **Σχήμα 9** παρουσιάζεται ο μέσος αριθμός των ταξιανθιών ανά φυτό, σε σχέση με τις ημέρες μετά τη μεταφύτευση, για κάθε στέλεχος χωριστά και για όλες τις μεταχειρίσεις. Στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p=0,05$) εμφανίστηκαν στο δευτερεύον στέλεχος για την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Ο αριθμός των ταξιανθιών των φυτών του μάρτυρα (4,86) ήταν μικρότερος από των μεταχειρίσεων με τα δίχτυα σκίασης.

		L.A.I.	Αριθμός φύλλων (>20cm)	Αριθμός φύλλων (όλων)	Αριθμός ταξιανθιών	Αριθμός κόμβων	Μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων
Μεταχείριση	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

Πίνακας 10: Η επίδραση της σκίασης στον L.A.I., τον αριθμό των φύλλων (των μεγαλύτερων από 20cm και του συνολικού αριθμού), τον αριθμό των ταξιανθιών, τον αριθμό των κόμβων και τον αριθμό των μεσογονάτιων διαστημάτων, για την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση και για τα δύο στελέχη. Τα γράμματα a και b δείχνουν τους μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, για πιθανότητα σφάλματος $p=0,05$.

Ενδεικτικά τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανά φυτό και για τα δύο στελέχη για την 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση (στην τελευταία μέτρηση) παρουσιάζονται στον **Πίνακα 10**. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας του μάρτυρα είναι στατιστικώς μεγαλύτερος από των μεταχειρίσεων με τα δίχτυα, όπως και ο αριθμός των φύλλων με μήκος μεγαλύτερο από 20cm (που είναι αρκετά μεγάλα να συνεισφέρουν στην φωτοσύνθεση). Ο

αριθμός όλων των φύλλων, των ταξιανθιών, των κόμβων και το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά με την σκίαση.

7.3.5. Αριθμός ανθέων

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται ο μέσος αριθμός των ανθέων για τα δύο στελέχη και ο συνολικός αριθμός των ανθέων, για όλες τις μεταχειρίσεις. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

		Αριθμός ανθέων		
		Κυρίως στέλεχος	Δευτερεύον στέλεχος	Σύνολο
Μεταχείριση	Cont.	44,13	35,38	79,50
	Gr 34	46,00	37,00	83,00
	B&Gr 40	47,78	38,22	86,00
	B 40	47,57	37,29	84,86
	B 49	47,14	36,29	83,43

Πίνακας 11: Η επίδραση της σκίασης στον αριθμό των ανθέων.

7.4. Καταστροφικές μετρήσεις

7.4.1. Ξηρά ουσία

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζεται η συνολική ξηρά ουσία, καθώς και η κατανομή της στα στελέχη, τα φύλλα και τους καρπούς, για κάθε μεταχείριση. Η συνολική ξηρά ουσία των μεταχειρίσεων Gr 34 και B&Gr 40 παρουσιάστηκε στατιστικώς μεγαλύτερη ($p=0,05$) από την ξηρά ουσία των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, μόνο την 109^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Έτσι την ημέρα αυτή τα ασκίαστα φυτά του μάρτυρα διέφεραν στατιστικώς σημαντικά από τις μεταχειρίσεις Gr 34 και B&Gr 40.

Το ξηρό βάρος των στελεχών του μάρτυρα, από την 75^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, εμφανίστηκε στατιστικώς μειωμένο σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα σκίασης (εκτός από τη μεταχείριση Gr 34 την 75^η ημέρα), ενώ μεταξύ αυτών των μεταχειρίσεων στατιστικώς σημαντικές διαφορές εμφανίστηκαν την 109^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, με τα φυτά της μεταχείρισης B 40 να παρουσιάζουν το μικρότερο ξηρό βάρος.

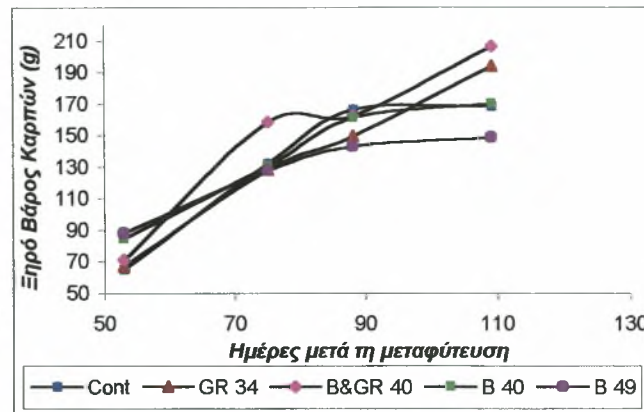
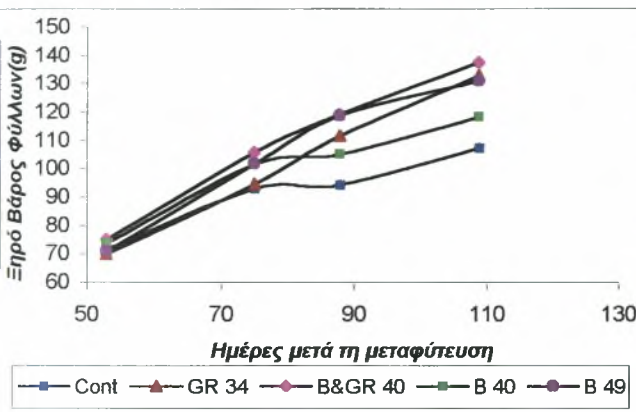
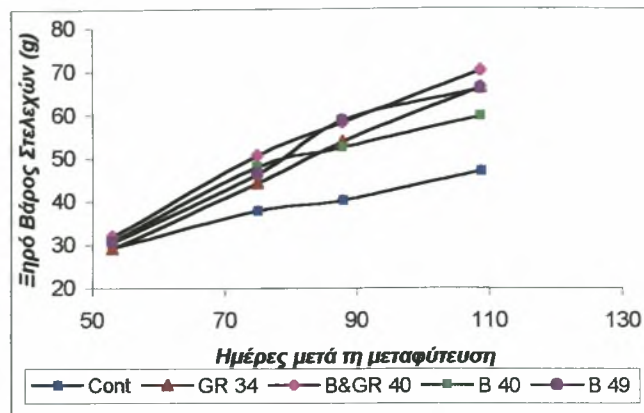
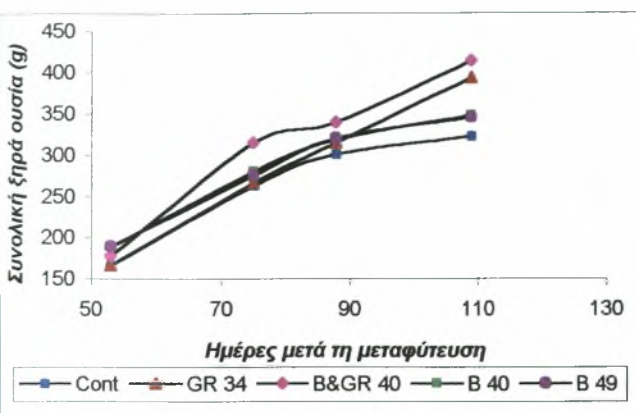
Το ξηρό βάρος των φύλλων του μάρτυρα, από την 88^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, εμφανίστηκε στατιστικώς μειωμένο σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα σκίασης, εκτός από τη μεταχείριση B 40 με την οποία δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Μεταξύ των μεταχειρίσεων με τα δίχτυα το μεγαλύτερο ξηρό βάρος παρουσιάστηκε στα φυτά της μεταχείρισης B&Gr 40, το οποίο ήταν στατιστικώς μικρότερο μόνο από το ξηρό βάρος της μεταχείρισης B 40.

ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ						
	D.A.T.	Cont	Gr 34	B&Gr 40	B 40	B 49
Συνολική	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
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

Πίνακας 12: Η επίδραση της σκίασης στην συνολική ξηρά ουσία κάθε μεταχείρισης και η κατανομή της σε στελέχη, φύλλα και καρπούς. Τα γράμματα a, b και c δείχνουν τους μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, για πιθανότητα σφάλματος $p=0,05$.

Το ξηρό βάρος των καρπών του μάρτυρα δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές από τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα σκίασης. Μεταξύ των μεταχειρίσεων αυτών το στατιστικά μικρότερο ξηρό βάρος παρουσιάστηκε στα φυτά της μεταχείρισης B 49.

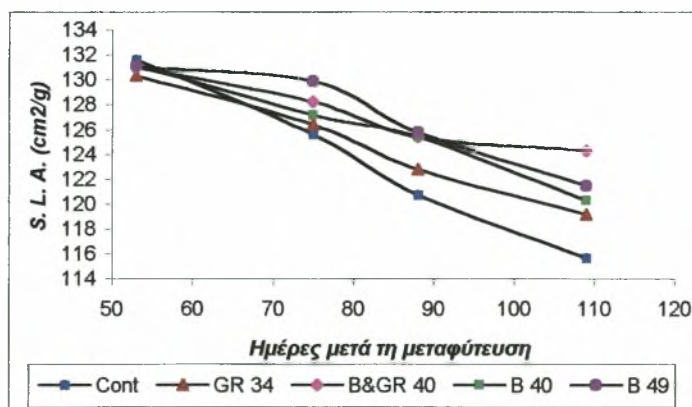
Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται στο **Σχήμα 10**. Φαίνεται η σταδιακή αύξηση της συνολικής ξηράς ουσίας των μεταχειρίσεων Gr 34 και B&Gr 40, σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις οι οποίες μετά την 88^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση άρχισαν να μειώνουν την τάση αύξησής τους, με τον μάρτυρα να παρουσιάζει την μικρότερη συνολική ξηρά ουσία.



Σχήμα 10: Η επίδραση της σκίασης στην συνολική ξηρά ουσία και την κατανομή της στα στελέχη, τα φύλλα και τους καρπούς, σε σχέση με την ημέρα μετά τη μεταφύτευση, για κάθε στέλεχος χωριστά, των μεταχειρίσεων: Cont., Gr 34, B 40, B&Gr 40 και B 49.

7.4.2. Ειδική φυλλική επιφάνεια

Στο Σχήμα 11 παρουσιάζεται η ειδική φυλλική επιφάνεια (cm^2/g) κάθε μεταχείρισης, σε σχέση με τις ημέρες μετά τη μεταφύτευση. Ο ρυθμός μείωσης της ειδικής φυλλικής επιφάνειας ήταν μεγαλύτερος για τα φυτά του μάρτυρα. Οι άλλες μεταχειρίσεις παρουσίασαν σχεδόν παράλληλες καμπύλες μέχρι την 75^η ημέρα, όταν η μεταχείριση B&Gr 40 άρχισε να παρουσιάζει μικρότερο ρυθμό μείωσης της ειδικής φυλλικής επιφάνειας.



Σχήμα 11: Η επίδραση της σκίασης στην ειδική φυλλική επιφάνεια (cm^2/g) των φυτών κάθε μεταχείρισης, για τον μάρτυρα (Cont.), το δίχτυ Gr 34, το B 40, το B&Gr 40 και το B 49.

7.5. Παραγωγή των φυτών

7.5.1. Απόδοση σε καρπούς

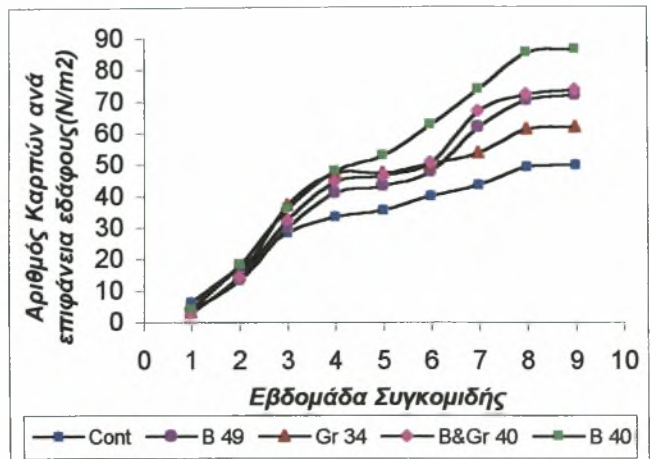
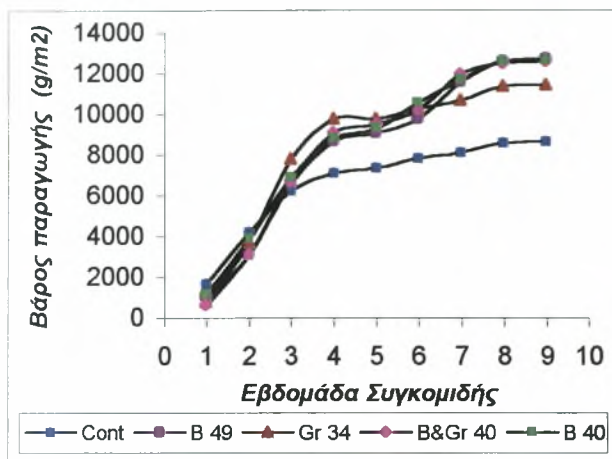
Τα αποτελέσματα της επίδρασης της σκίασης στην απόδοση της τομάτας (σε kg/φυτό και kg/m²) και τον αριθμό των καρπών (σε Νο/φυτό και Νο/m²) φαίνονται στον Πίνακα 13.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, αύξηση του επιπέδου σκίασης προκάλεσε αύξηση της απόδοσης (ανά φυτό και επιφάνεια εδάφους), ενώ ο αριθμός των καρπών (ανά φυτό και επιφάνεια εδάφους) παρουσίασε τάση αύξησης για τα ποσοστά σκίασης 0 – 40% και στο 49% μειώθηκε. Το επίπεδο σημαντικότητας φαίνεται επίσης στον πίνακα. Η απόδοση της μεταχείρισης του μάρτυρα διέφερε στατιστικώς σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, οι οποίες μεταξύ τους δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές. Ο αριθμός των καρπών του μάρτυρα και της μεταχείρισης Gr 34 δεν παρουσίασαν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές, όμως ο μάρτυρας διέφερε σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, όπως και η μεταχείριση B 40, στην οποία ο αριθμός των καρπών παρουσίασε τον μεγαλύτερο μέσο όρο.

Μετα- χείριση	Απόδοση (kg/φυτό)	Απόδοση (kg/m ²)	Αριθμός Καρπών (No/φυτό)	Αριθμός Καρπών (No/m ²)
Cont.	3,31 ^a	8,62 ^a	21,50 ^a	55,90 ^a
Gr 34	4,38 ^b	11,38 ^b	24,14 ^{ab}	62,77 ^{ab}
B&Gr 40	4,83 ^b	12,56 ^b	28,22 ^b	73,38 ^b
B 40	4,86 ^b	12,63 ^b	33,14 ^c	86,17 ^c
B 49	4,88 ^b	12,69 ^b	27,57 ^b	71,69 ^b

Πίνακας 13: Επίδρασης της σκίασης στην απόδοση της τομάτας και τον αριθμό καρπών. Τα γράμματα a, b και c δείχνουν τους μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, για πιθανότητα σφάλματος $p=0,05$.

Στο Σχήμα 12 παρουσιάζονται τα παραπάνω αποτελέσματα σε σχέση με τον χρόνο συγκομιδής. Παρουσιάστηκε μια οψίμιση της παραγωγής και μια τάση αύξησης του αριθμού των καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς αυξανόταν το ποσοστό σκίασης.



Σχήμα 12: Η επίδραση της σκίασης στην απόδοση (g/m^2) και τον αριθμό των καρπών ανά επιφάνεια εδάφους, για τον μάρτυρα (Cont.), το δίχτυ Gr 34, το B 40, το B&Gr 40 και το B 49.

7.5.2. Ποιότητα των καρπών

7.5.2.1. Φυσικά χαρακτηριστικά

Η επίδραση της σκίασης στα φυσικά χαρακτηριστικά των καρπών κάθε μεταχείρισης παρουσιάζεται στον Πίνακα 14.

Η σκίαση επέδρασε θετικά στο **βάρος** ανά καρπό. Το μεγαλύτερο βάρος εμφανίστηκε στην σκίαση 34% (175,90g), χωρίς όμως να παρουσιάσει στατιστικώς σημαντική διαφορά από την μεταχείριση B 49. Το μικρότερο βάρος καρπών παρουσιάστηκε στην μεταχείριση B 40 (145,82g), όμως αυτό είναι πιθανό να οφείλεται στον μεγάλο μέσο αριθμό καρπών ανά φυτό (33,14) της μεταχείρισης αυτής, που ανάγκασε τους καρπούς να έχουν μικρότερο μέγεθος, όπως φαίνεται και από τις διαστάσεις τους. Έτσι μεταξύ των μεταχειρίσεων που ήταν καλυμμένες με δίχτυα σκίασης δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Μετα-χείριση	Βάρος (gr/καρπό)	Οριζόντια διάμετρος (mm)			Κάθετη διάμ.(mm)	Κάθετη/Οριζόντια
		Min	Max	Max/Min		
Cont.	156,61 ^{ab}	56,74 ^{ab}	69,73 ^b	1,052 ^a	60,73 ^c	0,882 ^{ab}
Gr 34	175,90 ^c	61,56 ^c	68,34 ^{ab}	1,048 ^a	59,36 ^{bc}	0,874 ^{ab}
B&Gr 40	170,92 ^{bc}	60,45 ^{bc}	68,00 ^{ab}	1,042 ^a	58,55 ^{abc}	0,872 ^{ab}
B 40	145,82 ^a	55,48 ^a	64,89 ^a	1,046 ^a	57,20 ^{ab}	0,892 ^b
B 49	175,05 ^c	57,06 ^{ab}	65,69 ^a	1,058 ^a	56,29 ^a	0,862 ^a

Πίνακας 14: Επίδρασης της σκίασης στα φυσικά χαρακτηριστικά της τομάτας. Τα γράμματα a, b και c δείχνουν τους μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, για πιθανότητα σφάλματος $p=0,05$.

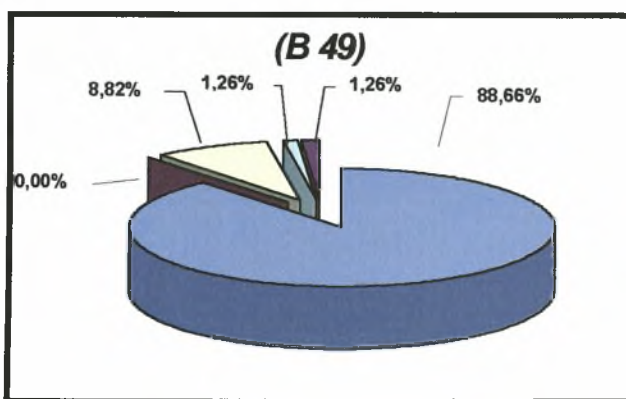
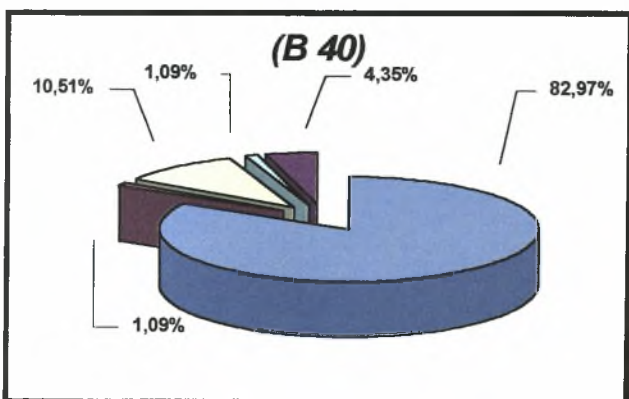
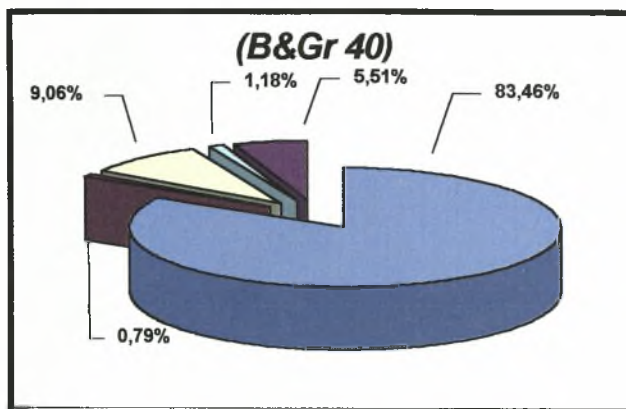
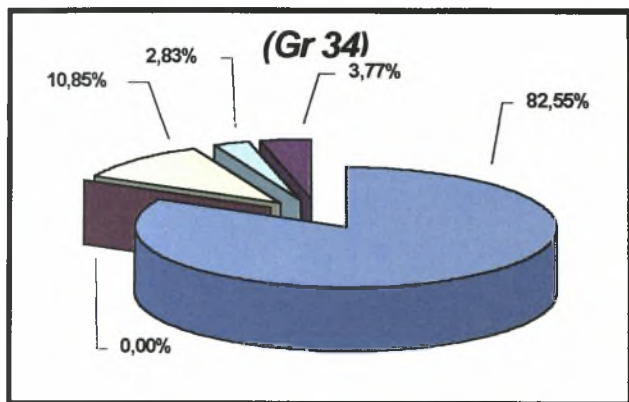
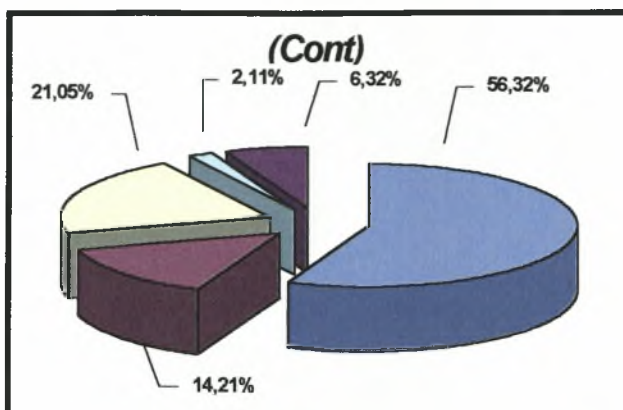
Το σχήμα των καρπών ήταν περίπου σφαιρικό, χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, με τάση πεπλάτυνσης για την μεταχείριση B 49.

7.5.2.2. Φυσιολογικές ανωμαλίες

Στο **Σχήμα 13** φαίνεται η επίδραση της σκίασης στις φυσιολογικές ανωμαλίες των καρπών (ηλιόκαυμα, σχίσμο, ξηρή σήψη κορυφής – BER και παραμόρφωση – CAT FACE), σαν ποσοστό επί του συνολικού αριθμού των καρπών κάθε μεταχείρισης. Η παραμόρφωση των καρπών εξετάζεται λόγω της συχνής εμφάνισης της. Τα αίτια που την προκαλούν δεν είναι γνωστά, όμως είναι πιθανό να οφείλεται σε ακατάλληλες συνθήκες κατά την άνθηση, ορμονικά παρασκευάσματα, προσβολή ανθέων από θρίπες, μηχανικούς τραυματισμούς σε μικρό στάδιο ανάπτυξης κ.τ.λ. (Ολύμπιος, 2001, σ. 173).

Τα δίχτυα σκίασης επηρέασαν σημαντικά τις φυσιολογικές ανωμαλίες των καρπών. Στην σκίαση 34% (Gr 34) και 49% (B 49) μηδενίστηκε το ποσοστό των καρπών με ηλιόκαυμα, ενώ οι ασκίαστοι καρποί παρουσίασαν μεγάλο ποσοστό προσβολής (14%). Στις μεταχειρίσεις B&Gr 40 και B 40 παρουσιάστηκε ένα πολύ μικρό ποσοστό ηλιοκαυμάτων, το οποίο είναι πιθανό να οφείλεται σε προσβολή των καρπών πριν την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης, αφού προερχόταν από την πρώτη ταξιανθία.

Το ποσοστό των καρπών με σχίσμο παρουσίασε επίσης σημαντική μείωση, από 21,05% στον μάρτυρα, σε 10,85% στο Gr 34, 9,06% στο B&Gr 40, 10,51% στο B 40 και 8,82% στο B 49. Η ξηρή σήψη κορυφής δεν φαίνεται να επηρεάστηκε ιδιαίτερα από την σκίαση, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό προσβολής, που παρουσιάστηκε στον μάρτυρα, ήταν 2,11% και το μικρότερο, στην μεταχείριση B 49, ήταν 1,26%. Η παραμόρφωση των καρπών μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με τον μάρτυρα (6,23%) σε όλες τις άλλες μεταχειρίσεις, εκτός από το B&Gr 40 (5,51%), που πιθανό να οφείλεται στις κλιματικές συνθήκες.



Σχήμα 13: Η επίδραση της σκίασης στις φυσιολογικές ανωμαλίες των καρπών σαν ποσοστό επί του συνολικού αριθμού των καρπών κάθε μεταχείρισης: Χωρίς μειονέκτημα ■, Ηλιόκαυμα ■, Σχίσσιμο ■, Ξηρή σήψη κορυφής ■ και Παραμόρφωση ■.

ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ -ΠΗΓΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1. Οπτικές ιδιότητες των δίχτυων σκίασης

Σύμφωνα με τις μετρήσεις στο εργαστήριο το δίχτυ με το μεγαλύτερο ποσοστό σκίασης ήταν το B 49 (49%), με το μικρότερο το Gr 34 (34%), ενώ τα δίχτυα B&Gr 40 και B 40 παρουσίασαν το ίδιο περίπου ποσοστό σκίασης (40%). Στο φάσμα της ολικής ακτινοβολίας (400-1100 nm) τα δίχτυα B 49, B&Gr 40 και B 40 παρουσίασαν σχεδόν σταθερές καμπύλες οπτικών ιδιοτήτων, σε αντίθεση με το Gr 34.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το ποσοστό σκίασης κάθε δίχτυου στον αγρό, για την ολική ακτινοβολία (TOTAL), την οπτικά ενεργή (PAR) και την κοντινή υπέρυθη (NIR), συμφωνούν με τις μετρήσεις στο εργαστήριο, με μικρές αποκλίσεις λόγω της εισόδου της ακτινοβολίας από την ακάλυπτη βόρεια και νότια πλευρά κάθε μεταχείρισης. Η περατότητα του δίχτυου Gr 34 στην ολική και των Gr 34 και B 49 στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία παρουσίασε μια τάση μείωσης σε σχέση με το ύψος. Η περατότητα των δίχτυων στην φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία δεν επηρεάστηκε από το ύψος. Τα αντίθετα ισχύουν για την σκίαση.

Ως προς την ποιότητα της διερχόμενης ακτινοβολίας ενδιαφέρουσα συμπεριφορά παρουσίασε το δίχτυ Gr 34 (πράσινου χρώματος και ποσοστού σκίασης 34%). Σε ύψος 2,40m από την επιφάνεια του εδάφους παρουσίασε μειωμένη απορρόφηση στο ερυθρό φάσμα του φωτός και αυξημένη στην περιοχή του μπλε, σε σχέση με τα άλλα δίχτυα σκίασης. Επειδή όμως το ύψος αυτό ήταν ακριβώς κάτω από το δίχτυ δεν φαίνεται να επηρεάστηκε η αύξηση-ανάπτυξη των φυτών, αφού σε ύψος 1,20m (στο μέσο της καλλιέργειας) δεν εμφανίστηκαν τα ανάλογα αποτελέσματα. Τα άλλα δίχτυα σκίασης ήταν ουδέτερα ως προς τις παραμέτρους που επηρεάζουν την μορφογένεση των φυτών.

Σχετικά με τις παραμέτρους της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας, ο λόγος PAR/TOTAL παρέμεινε ουδέτερος σε όλα τα δίχτυα, ενώ ο λόγος PAR/NIR μειώθηκε κάτω από τα δίχτυα B&Gr 40 και Gr 34, σε ύψος 2,40m, και κάτω από τα δίχτυα B 49 και Gr 34 σε ύψος 1,20m από την επιφάνεια του εδάφους. Αυτή η μείωση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας δεν είναι επιθυμητή, αφού τα δίχτυα σκίασης θα πρέπει να μην την μειώνουν, αντίθετα, εάν είναι δυνατό να παρουσιάζουν αυξημένη περατότητα στην φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία. Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι τα δίχτυα μείωσαν την ηλιακή ακτινοβολία που έφτανε στα φυτά και τα προστάτευσαν από την

υψηλή έντασή της. Η επίδρασή τους στην ποιότητα της ακτινοβολίας δεν ήταν ιδιαίτερα σημαντική, όμως παρουσίασαν τάση μείωσης της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας. Το δίχτυ Gr 34, σε ύψος 2,40m, τροποποίησε περισσότερο την ποιότητα της διερχόμενης ακτινοβολίας.

8.2. Το μικροκλίμα της καλλιέργειας

Η ηλιακή ακτινοβολία (305-2850nm) μειώθηκε κάτω από τα δίχτυα, σε σχέση με τον μάρτυρα. Μεταξύ των δικτύων η μείωση ήταν ανάλογη του ποσοστού περατότητας, δηλαδή ακολουθούσε τη σειρά: Gr 34<B 40<B&Gr 40<B 49. Έτσι τα δίχτυα προστάτευαν τα φυτά από την υπερβολική ηλιακή ακτινοβολία του καλοκαιριού.

Η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία που περνάει μέσα από τα δίχτυα σκίασης βρίσκεται μέσα στα όρια για ικανοποιητική αύξηση-ανάπτυξη των φυτών της τομάτας (ακόμα και για το πυκνότερο δίχτυ), ενώ στην μεταχείριση με τα ασκίαστα φυτά (μάρτυρας) ξεπερνάται το μέγιστο όριο. Η μείωση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας κάτω από τα δίχτυα είναι ανάλογη του ποσοστού περατότητάς τους.

Η θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζει πολύ μικρές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, πιθανόν λόγω της ελεύθερης κυκλοφορίας του αέρα κάτω από τα δίχτυα. Αυτές οι διαφορές θερμοκρασίας δεν θεωρούνται στατιστικά σημαντικές. Η θερμοκρασία φύλλου του μάρτυρα παρουσιάστηκε αυξημένη σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα κατά τις θερμές ώρες της ημέρας, η οποία έφτασε μέχρι 43°C (περίπου στις 16:30, τοπική ώρα), ενώ η αντίστοιχη κάτω από το δίχτυ B 49 ήταν 34°C. Η μείωση αυτή της θερμοκρασίας είναι σημαντική για την φυσιολογική αύξηση-ανάπτυξη των φυτών.

Η μέση σχετική υγρασία του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη στον μάρτυρα σε σχέση με τα δίχτυα σκίασης B&Gr 40, B 40 και Gr 34. Σε σχέση με το δίχτυ B&Gr 40 δεν μπορεί να ειπωθεί με σιγουριά ότι διέφερε σημαντικά από τον μάρτυρα, λόγω της απόκλισης των οργάνων. Έτσι τα δίχτυα σκίασης αύξησαν τη σχετική υγρασία του αέρα (κατά 5,7-6,2%), αφού συγκρατούσαν σε κάποιο βαθμό την υγρασία της εξατμισοδιαπνοής, προστατεύοντας τα φυτά από την υπερθέρμανση. Τα δίχτυα ρύθμισαν το μικροκλίμα της καλλιέργειας, με ευνοϊκή επίδραση στην αύξηση-ανάπτυξη των φυτών.

8.3. Μη καταστροφικές μετρήσεις

Η φυλλική επιφάνεια των φυτών στις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα σκίασης, από την 84^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, ήταν αυξημένη σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ μεταξύ των μεταχειρίσεων με τα δίχτυα δεν υπήρχαν διαφορές ως προς τη φυλλική επιφάνεια. Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα και για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας. Η αυξημένη φυλλική επιφάνεια είναι πιθανό να οφείλεται στον μεγαλύτερο αριθμό φύλλων των φυτών που αναπτύχθηκαν στη σκιά, που ξεκινάει να εμφανίζεται από την 84^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Μεταξύ των φυτών κάτω από τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα δεν παρουσιάστηκαν διαφορές ως προς τον αριθμό των φύλλων. Η σκίαση δεν επηρέασε τις διαστάσεις και το σχήμα των φύλλων, αφού δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Το μήκος του κυρίως στελέχους του μάρτυρα στην 70^η και 84^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση ήταν μικρότερο από των μεταχειρίσεων B&Gr 40, B 40 και B 40, ενώ από την 91^η ημέρα το μήκος του κύριου στελέχους του μάρτυρα ήταν μικρότερο σε σχέση με όλες τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα. Το μήκος του δευτερεύοντος στελέχους του μάρτυρα ήταν μικρότερο σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις από την 91^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Έτσι η σκίαση αύξησε το μήκος των στελεχών, άρα και το ύψος των φυτών.

Το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων του μάρτυρα στην 91^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση ήταν μικρότερο σε σχέση με των μεταχειρίσεων Gr 34, B&Gr 40, B 40 και B 49. Οι τρεις τελευταίες μεταχειρίσεις δεν παρουσίαζαν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Έτσι στην 91^η ημέρα το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων των φυτών της μεταχείρισης Gr 34 ήταν μεγαλύτερο από των φυτών του μάρτυρα και μικρότερο από των άλλων μεταχειρίσεων. Στις άλλες ημέρες των μετρήσεων η σκίαση δεν επηρέασε το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων. Ο αριθμός των κόμβων ανά φυτό δεν επηρεάστηκε από την σκίαση. Ο αριθμός των ταξιανθιών ανά φυτό δεν επηρεάστηκε από τη σκίαση. Ωστόσο στην 112^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση ο αριθμός των ταξιανθιών των φυτών του μάρτυρα στο δευτερεύον στέλεχος ήταν μικρότερος από των μεταχειρίσεων με τα δίχτυα σκίασης. Ο αριθμός των ανθέων δεν επηρεάστηκε από τη σκίαση. Αν και δεν υπήρχαν σε όλες τις μετρήσεις στατιστικώς σημαντικές διαφορές, στο **Σχήμα 9** είναι εμφανής μια υπεροχή των μεταχειρίσεων με τα δίχτυα σε σχέση με τον μάρτυρα.

8.4. Καταστροφικές μετρήσεις

Η συνολική ξηρά ουσία των φυτών του μάρτυρα ήταν μικρότερη από τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα, όμως η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική μόνο για τις μεταχειρίσεις Gr 34 και B&Gr 40 την 109^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Έτσι η σκίαση έδρασε θετικά ως προς τη συνολική παραγωγή ξηράς ουσίας, που φαίνεται και από τη μεγαλύτερη αύξηση-ανάπτυξη των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από τα δίχτυα σκίασης.

Το ξηρό βάρος των στελεχών του μάρτυρα εμφανίστηκε μειωμένο σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα περίπου κατά 2,3-4,5%. Μεταξύ αυτών των μεταχειρίσεων στατιστικώς σημαντικές διαφορές εμφανίστηκαν την 109^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, με τα φυτά της μεταχείρισης B 40 να παρουσιάζουν το μικρότερο ξηρό βάρος. Το ξηρό βάρος των φύλλων του μάρτυρα εμφανίστηκε μειωμένο σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα, εκτός από τη μεταχείριση B 40 με την οποία δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Μεταξύ των μεταχειρίσεων με τα δίχτυα το μεγαλύτερο ξηρό βάρος παρουσιάστηκε στα φυτά της μεταχείρισης B&Gr 40, το οποίο δεν είχε σημαντική διαφορά από το ξηρό βάρος της μεταχείρισης Gr 34, και μόνο για την 109^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Το ξηρό βάρος των καρπών του μάρτυρα δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές από τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα σκίασης. Μεταξύ των μεταχειρίσεων αυτών το στατιστικά μικρότερο ξηρό βάρος παρουσιάστηκε στα φυτά της μεταχείρισης B 49. Έτσι συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι η σκίαση αύξησε την συνολική ξηρά ουσία, καθώς επίσης και την ξηρά ουσία των στελεχών και των φύλλων, ενώ δεν επηρέασε την ξηρά ουσία των καρπών. Στα φυτά των μεταχειρίσεων B 40 η σκίαση είχε την μικρότερη επίδραση, ενώ την μεγαλύτερη επίδραση είχε στα φυτά των μεταχειρίσεων B&Gr 40.

Η ειδική φυλλική επιφάνεια του μάρτυρα παρουσίασε μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα. Επίσης παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση της συνολικής ξηράς ουσίας των μεταχειρίσεων Gr 34 και B&Gr 40, σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις οι οποίες από την 88^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση άρχισαν να μειώνουν την τάση αύξησής τους.

8.5. Παραγωγή των φυτών

Η σκίαση αύξησε την απόδοση (kg/φυτό και kg/m²) ενώ ο αριθμός των καρπών (No/φυτό και No/m²) του μάρτυρα αυξήθηκε σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με τα δίχτυα, εκτός από την μεταχείριση Gr 34, με την οποία δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές

διαφορές. Η μεταχείριση B 40 παρήγαγε τον μεγαλύτερο αριθμό καρπών, συγκριτικά με τις άλλες. Η αύξηση της παραγωγής των μεταχειρίσεων της σκίασης σε σχέση με τον μάρτυρα ήταν εντυπωσιακή (περίπου 45%). Παρουσιάστηκε μια οψίμιση της παραγωγής και μια τάση αύξησης του αριθμού των καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς αυξανόταν το ποσοστό σκίασης.

Η σκίαση επέδρασε θετικά στο βάρος των καρπών. Το μεγαλύτερο βάρος εμφανίστηκε στην μεταχείριση Gr 34 (175,90g), χωρίς όμως να παρουσιάσει στατιστικώς σημαντική διαφορά από την μεταχείριση B 49. Το μικρότερο βάρος καρπών παρουσιάστηκε στη μεταχείριση B 40 (145,82g), όμως αυτό είναι πιθανό να οφείλεται στο μεγάλο μέσο αριθμό καρπών ανά φυτό (33,14) της μεταχείρισης αυτής, που ανάγκασε τους καρπούς να έχουν μικρότερο μέγεθος. Μεταξύ των μεταχειρίσεων με τα υπόλοιπα δίχτυα (πλην του B 40) δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Το σχήμα των καρπών ήταν περίπου σφαιρικό σε όλες τις μεταχειρίσεις, με τάση πεπλάτυνσης για την μεταχείριση B 49.

Η σκίαση επηρέασε σημαντικά τις φυσιολογικές ανωμαλίες των καρπών. Στην σκίαση 34% (Gr 34) και 49% (B 49) μηδενίστηκε το ποσοστό των καρπών με ηλιόκαυμα, ενώ οι ασκίαστοι καρποί παρουσίασαν μεγάλο ποσοστό προσβολής (14%). Στις μεταχειρίσεις B&Gr 40 και B 40 παρουσιάστηκε ένα πολύ μικρό ποσοστό ηλιοκαυμάτων, το οποίο είναι πιθανό να οφείλεται σε προσβολή των καρπών πριν την εγκατάσταση των δικτύων σκίασης, αφού οι καρποί αυτοί προερχόταν από την πρώτη ταξιανθία. Η σκίαση μείωσε επίσης το ποσοστό των καρπών με σχίσσιμο, από 21,05% στον μάρτυρα, σε 10,85% στο Gr 34, 9,06% στο B&Gr 40, 10,51% στο B 40 και 8,82% στο B 49. Η ξηρή σήψη κορυφής δεν φαίνεται να επηρεάστηκε ιδιαίτερα από την σκίαση, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό προσβολής, που παρουσιάστηκε στον μάρτυρα, ήταν 2,11% και το μικρότερο, στην μεταχείριση B 49, ήταν 1,26%. Η παραμόρφωση των καρπών μειώθηκε σε σχέση με τον μάρτυρα (6,23%) σε όλες τις άλλες μεταχειρίσεις, εκτός από την B&Gr 40 (5,51%), που πιθανό να οφείλεται στις κλιματικές συνθήκες. Συμπερασματικά η σκίαση αύξησε την απόδοση, το μέγεθος και την εμπορεύσιμη παραγωγή των καρπών. Μείωσε το ποσοστό των εγκαυμάτων κατά 100%, το σχίσσιμο κατά 50% περίπου, την παραμόρφωση 40% και δεν επηρέασε την εμφάνιση ξηρής σήψης κορυφής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Καράταγλης, Σ. Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Art of text, σ. 49, 51-53, 136, 139-140, 206-207, 248-249, 389.
- Λόλας, Π. Χ., 2000. Φυσιολογία Φυτού (Σημειώσεις). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, σ. 34-35, 66, 137, 153-154, 200, 225-226.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ. Γ. Ν., 1990. Θερμοκήπια. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, σ. 34-40, 45, 49-53, 55.
- Ολύμπιος, Χ. Μ., 1996. Στοιχεία γενικής και ειδικής λαχανοκομίας. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, σ. 45, 125-126, 155-156, 182.
- Ολύμπιος, Χ. Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, σ. 40-41, 44, 46-47, 52-57, 66-68, 74-75, 77-78, 90-93, 96-97, 102, 110, 119-124, 127, 143-144, 147, 166-171, 173-174, 176.
- Παπαδόπουλος, Ι., 1999. Λαχανοκομία. ΤΕΙ Λάρισας - μαθήματα online (<http://www.teilar.gr/>).
- Bacci, L., Grifoni, D., Sabatini, F., and Zipoli, G., 1999. UV-B radiation causes early ripening and reduction in size of fruits in two lines of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Global Change Biology*. 5 (6): 635.
- Baldocchi, D., 2004. *Biometeorology (Lecture 7, Solar Radiation)*, ESMP 129.
- Benton Jones, J., Jr., 1999. *Tomato Plant Culture*. CRC Press, Boca Raton, F.L. pp. 17-19, 21.
- Diffey, B. L., 1991. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Physics in Medicine and Biology*. 36 (3): 299-328.
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., Grolier, P., 2002. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 83 (5): 369-382.
- El-Gizawy, A.M., Gomaa, H.M., El-Habbasha, K.M., Mohamed, S.S., 1992. Effect of different shading levels on tomato plants. 1. Growth, flowering and chemical composition. *Acta Horti*. 323: 341-347.
- El-Gizawy, A.M., Abdallah, M.M.F., Gomaa, H.M., Mohamed, S.S., 1992. Effect of different shading levels on tomato plants. 2. Yield and fruit quality. *Acta Horti*. 323: 349-354.

- Franklin, K.A., Whitelam, G.C., 2003. Light signals, phytochromes and cross-talk with other environmental cues. *Journal of Experim. Bot.* 55 (395): 271-276.
- 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.
- Leonardi, C., Giuffrida, F., Scuderi, D., Arcidiacono, C., 2004. Effect of Greenhouse Covering Materials on Tomato Grown During Hot Months. *Acta Hortic.* 108 (2).
- McGregor, S.E., 1976. Insect Pollination of Crop Plants. USDA, Chapter 6.
- Oren-Shamir, M., Gussakovsky, E.E., Shpiegel, E., Nissim-Levi, A., Ratner, K., Ovadia, R., Giller, Y.E., Shahak Y., 2001. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Journal of Hortic. Science and Biot.* 76 (3): 353-361.
- Papadakis, G., Briassoulis, D., Scarascia Mugnozza, G., Vox, G., Feuilleley, P., Stoffers, J.A., 2000. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. *J. Agric. Engng Res.* 77: 7-38.
- Sandri M. A., Andriolo, J. L., Dal Ross, T., 2003. Effect of shading on tomato plants grown under greenhouse. *Horticultura Brasileira* 21 (4).
- Sato, S., Peet, M. M., Thomas, J. F., 2000. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant, Cell and Envir.* 23 (7):719.
- Smith, I.E., Savage, M.J., Mills, P., 1984. Shading effects on greenhouse tomatoes and cucumbers. *Acta Hortic.* 148: 229-237.
- Teitel, M., Segal, I., 1995. Net Thermal Radiation Under Shading Screens. *J. Agric. Engin. Res.* 61: 19-26.
- [http1://www.botany.uwc.ac.za](http://www.botany.uwc.ac.za) (The University of the Western Cape, The Department of Biodiversity & Conservation Biology)
- <http2://www.cpenterprise.com/> (C.P. Enterprises of Apopka, Inc.).
- <http3://www.igcusa.com/> (IGC International Greenhouse Company).
- <http4://www.proplant.gr/>
- <http5://snrs.unl.edu/> (University of Nebraska-Lincoln (UNL) School of Natural Resources).

9.1. Εικόνες

Εικόνα 1: Ολύμπιος, 2001, σ. 54-55.

Εικόνα 2: <http://eosweb.larc.nasa.gov/>.

Εικόνα 3: **α.** <http://www.hort.purdue.edu/>, **β** και **γ.** <http://hgic.clemson.edu/>, **δ.** Ολύμπιος, 2001, σ. 171, **ε.** Ολύμπιος, 2001, σ. 172, και **στ.** Ολύμπιος, 2001, σ. 168.

Εικόνα 4: **α., β., γ., δ.,** και **ε.** <http://www.chinashadenet.com/>, **ζ.** και **η.** Tenax UK Limited.

Εικόνα 5: <http://www.cpenterprise.com/>.

Εικόνα 6: <http://www.cpenterprise.com/>.

Εικόνα 7: <http://www.igcusa.com/>.

Εικόνα 8: <http://www.igcusa.com/>.

Εικόνα 11: <http://muextension.missouri.edu/>.

Εικόνα 12: **α.** Campbell Scientific (Canada) Corp. και **β.** Delta-T Devices Ltd.

Εικόνα 13: **α.** Long Life for Art, Christoph Waller και **β.** mh mulder-hardenberg.

9.2. Πίνακες

Πίνακας 1: Παπαδόπουλος, 1999.

Πίνακας 2: Baldocchi, 2004.

Πίνακας 3: <http://www.cpenterprise.com/>.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074916