



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

«Μελέτη της επίδρασης απορροφητικών της υπεριώδους και ανακλαστικών της
κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικών κάλυψης, στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου
και στην ανάπτυξη της καλλιέργειας»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Κατσούπα Μαρία

Επιβλέπων Καθηγητής

Κωνσταντίνος Κίττας

Βόλος 2010

«Μελέτη της επίδρασης απορροφητικών της υπεριώδους και ανακλαστικών της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικών κάλυψης, στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και στην ανάπτυξη της καλλιέργειας»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Κατσούπα Μαρία

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Κωνσταντίνος Κίττας (Επιβλέπων)	Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Γεωργικές Κατασκευές
Γεώργιος Νάνος (Μέλος)	Αν. Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Δενδροκομία
Κατσούλας Νικόλαος (Μέλος)	Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Γεωργικές Κατασκευές με έμφαση στο Περιβάλλον Θερμοκηπίου

Περίληψη

Η χρήση πλαστικών καλυμμάτων θερμοκηπίων απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της χρήσης φυτοπροστατευτικών ουσιών στο θερμοκήπιο, καθώς μειώνει τους πληθυσμούς των βλαβερών εντόμων και των εντομομεταδιδόμενων ιών των καλλιεργειών. Ωστόσο, τα περισσότερα θερμοκήπια διαθέτουν ανοίγματα αερισμού πλευρικά και οροφής τα οποία επιτρέπουν τη διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Μια λύση στον πλήρη αποκλεισμό των εντόμων θα μπορούσε να αποτελέσει η χρήση βιοδιχτύων τα οποία αποκλείουν τα έντομα τόσο με μηχανικό τρόπο όσο και μέσω των οπτικών τους ιδιοτήτων, απορροφώντας την υπεριώδη ακτινοβολία.

Η χρήση των υλικών κάλυψης τα οποία προκαλούν ανάκλαση της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας μπορεί να οδηγήσει στη μείωση των υψηλών θερμοκρασιών στα θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, καθώς η ακτινοβολία αυτή απορροφάται κυρίως από τις εγκαταστάσεις και τα στοιχεία κατασκευής, αυξάνει τη θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου και συμμετέχει σημαντικά στη θέρμανση των φυτών.

Στην παρούσα διατριβή έγινε διερεύνηση της επίδρασης της συνδυασμένης χρήσης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου και διχτύων εντομοστεγανότητας και της επίδρασης της χρήσης ανακλαστικού της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου, το οποίο ήταν παράλληλα και απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας, στην ανάπτυξη και στην παραγωγικότητα καλλιέργειας τομάτας. Οι παράγοντες του μικροκλίματος οι οποίοι μελετήθηκαν προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση των παραπάνω ήταν η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου. Στο βιολογικό μέρος της μελέτης καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν επιλεγμένες παράμετροι αύξησης και ανάπτυξης των φυτών της καλλιέργειας.

Η χρήση του διχτύου εντομοστεγανότητας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού επέφερε αύξηση του ρυθμού διαπνοής των φυτών με αποτέλεσμα να παρατηρηθεί μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου από την αναμενόμενη λόγω μετατροπής της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα. Αυτό είχε σαν συνέπεια η θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου με το δίχτυ να είναι παρόμοια με εκείνη

του θερμοκηπίου χωρίς δίχτυ. Η χρήση του δικτύου εντομοστεγανότητας κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν είχε καμία επίδραση στην εισερχόμενη στο θερμοκήπιο ηλιακή ακτινοβολία για το χρονικό διάστημα 11:00-15:00 και δεν επέφερε ανεπιθύμητη αύξηση στη σχετική υγρασία του θερμοκηπίου. Η έλλειψη της υπερϊώδους ακτινοβολίας σε συνδυασμό με το Bionet δε φάνηκε να επηρεάζει τα αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης των φυτών τα οποία εξετάστηκαν. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα παρατηρήθηκε αύξηση του ποσοστού των λιπόβαρων καρπών (<100g) πιθανόν εξαιτίας της αυξημένης καρπόδεσης στο θερμοκήπιο με το δίχτυ, ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην εμπορεύσιμη παραγωγή. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρήθηκε αύξηση του ποσοστού των καρπών οι οποίοι εμφάνισαν Ξηρή Σήψη Κορυφής και των καρπών των μεγαλύτερων των 300g, με αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των εμπορεύσιμων καρπών στο θερμοκήπιο με το δίχτυ. Όσο αφορά στις προσβολές από έντομα είναι εμφανής η προστασία που προσέφερε η έλλειψη της υπερϊώδους ακτινοβολίας σε συνδυασμό με το Bionet καθώς ενώ το θερμοκήπιο γειτνιάζε με εστία πρωτευόντων ξενιστών (οπωρώνας) και δε χρησιμοποιήθηκαν χημικά μέσα καταπολέμησης, η μη εμπορεύσιμη παραγωγή της κατηγορίας αυτής διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα (1,67% της συνολικής παραγωγής κατά τη διάρκεια του χειμώνα και 6,88% κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού).

Το υλικό κάλυψης το ανακλαστικό στην Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία (cooling film, cool film) προκάλεσε σημαντική μείωση της ενέργειας της εισερχόμενης στο θερμοκήπιο ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της εαρινής καλλιέργειας (κατά 22% τον Απρίλιο και κατά 19% το Μάιο σε σχέση με το μάρτυρα), ενώ κατά τη χειμερινή καλλιεργητική περίοδο δε φάνηκε να επηρεάζει τα επίπεδα της ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο. Μειονέκτημα αποτελεί η μειωμένη περατότητα στη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία του συγκεκριμένου υλικού (0,65 στο εύρος 400-700nm), χαρακτηριστικό των περισσοτέρων υλικών τα οποία χαρακτηρίζονται από αυξημένη ανακλαστικότητα στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία. Το υλικό κάλυψης το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως μέσο δροσισμού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δεν είχε καμία επίδραση στη μέση ή στη μέγιστη θερμοκρασία ημέρας του αέρα του θερμοκηπίου από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο του 2005, χρονικό διάστημα κατά το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Το cooling film δεν είχε καμία επίδραση στη θερμοκρασία (24-ώρου, ημέρας και νύχτας) και στη σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου (24-ώρου, ημέρας και νύχτας) κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Η χρήση του υλικού του ανακλαστικού στην

κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία κατά τη χειμερινή καλλιεργητική περίοδο είχε σαν αποτέλεσμα μια γενικότερη υστέρηση των φυτών κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι το βάρος του καρπού (g) τόσο της συνολικής όσο και της εμπορεύσιμης παραγωγής ήταν σημαντικά μειωμένο υπό το cooling film, ωστόσο η παραγωγή (kg m^{-2}), συνολική και εμπορεύσιμη, δεν επηρεάστηκε. Το cooling film προσέφερε απόλυτη προστασία έναντι του ηλιοκαύματος των καρπών, καθώς παρατηρήθηκε ότι το 2,08% του βάρους της συνολικής παραγωγής των φυτών του μάρτυρα παρουσίασε ηλιόκαυμα σε αντίθεση με τα φυτά υπό το cooling film στα οποία η φυσιολογική ανωμαλία δεν παρουσιάστηκε. Κατά την εαρινή καλλιέργεια τα φυτά υπό το cooling film εμφάνισαν μια υπεροχή σε όλα τα αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης τα οποία εξετάστηκαν. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι το βάρος του καρπού (g) της συνολικής παραγωγής ήταν σημαντικά αυξημένο υπό το cooling film γεγονός που καταδεικνύει ότι τα φυτά βρίσκονταν σε καλύτερη φυσιολογική κατάσταση και η φωτοσυνθετική τους λειτουργία πραγματοποιούνταν αποτελεσματικότερα. Το cooling film δεν επηρέασε το βάρος (kg m^{-2}) τόσο της συνολικής όσο και της εμπορεύσιμης παραγωγής. Επιπλέον, προστάτευσε τους καρπούς από το σχίσμο καθώς η φυσιολογική αυτή ανωμαλία παρουσιάστηκε μόνο σε καρπούς μιας συγκεκριμένης συγκομιδής (καρποί οι οποίοι αφέθηκαν να συγκομιστούν υπερώριμοι και πιθανόν σε συνδυασμό με το μεγαλύτερο βάρος ανά καρπό να σχίστηκαν), σε αντίθεση με τους καρπούς του μάρτυρα στους οποίους παρατηρήθηκε σχίσμο στην πλειοψηφία των συγκομιδών.

Ευχαριστίες

Αρχικά, πριν και πάνω απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου και επιβλέποντα αυτής της εργασίας Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κίττα, Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που μου έδωσε τη δυνατότητα να διερευνήσω το ενδιαφέρον αυτό ζήτημα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία. Τον ευχαριστώ θερμά για την επιστημονική καθοδήγηση και την ηθική υποστήριξή του σε όλη τη διάρκεια της πραγματοποίησης της διατριβής. Για την ενθάρρυνση, την αμεσότητα της συμμετοχής του και τις πολύτιμες συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Γεώργιο Νάνο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη συμμετοχή του στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή και για τις πολύτιμες επισημάνσεις του που συνέβαλλαν στην πληρέστερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Νικόλαο Κατσούλα, Λέκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, για τη συμμετοχή του στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή, για την επιστημονική καθοδήγηση και την ανεκτίμητη βοήθεια που μου παρείχε κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και τη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή που επέδειξε και την προθυμία του να προσφέρει τις πολύτιμες συμβουλές του. Η συμβολή του στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής ήταν καθοριστική.

Ευχαριστώ θερμά την κ. Χρυσούλα Παπαϊωάννου, Διδάκτορα και Καθηγήτρια του ΤΕΙ Λάρισας και τον Διδάκτορα κ. Dany El-Obeid, για την ηθική υποστήριξή τους, τη συμβολή τους κατά την πραγματοποίηση των εργαστηριακών μετρήσεων αλλά και την προθυμία τους να προσφέρουν την πολύτιμη βοήθεια τους κατά το πειραματικό μέρος της διατριβής. Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τον Διδάκτορα κ. Θωμά Μπαρτζάνα, Ερευνητή του Κέντρου Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας, για τις εύστοχες παρατηρήσεις του που συνέβαλλαν σημαντικά στην αρτιότερη παρουσίαση αυτής της εργασίας.

Οφείλω, επίσης, να ευχαριστήσω τους φίλους μου που με ενθάρρυναν με διάφορους τρόπους σε όλο το διάστημα της εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον σύζυγό μου και την οικογένειά μου στη στήριξη των οποίων οφείλω την επίτευξη κάθε στόχου μου μέχρι σήμερα.

Στον Ανδρέα και την Αντιγόνη

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	1
Σκοπός και Δομή της εργασίας.....	7
Κεφάλαιο 1. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	8
1.1. Πλαστικό κάλυμμα θερμοκηπίου.....	8
1.1.1. Πρόσθετα βελτίωσης των ιδιοτήτων του πολυαιθυλενίου (additives)	8
1.1.2. Τριστρωματικά φύλλα πολυαιθυλενίου.....	13
1.1.3. Επίδραση των ιδιοτήτων του καλύμματος στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου.....	15
1.2. Τι είναι τα απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας καλύμματα	19
1.2.1. Φυτοπροστατευτικός ρόλος των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία.....	20
1.2.2. Επίδραση των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία στην καλλιέργεια.....	23
1.2.3. Επίδραση των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία στο περιβάλλον του θερμοκηπίου	26
1.3. Δίχτυα εντομοστεγανότητας	27
1.3.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιούμενων δικτύων.....	27
1.3.2. Φυτοπροστατευτική δράση των δικτύων εντομοστεγανότητας.....	29
1.3.3. Επίδραση των δικτύων στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου	30
1.3.4. Επίδραση των δικτύων στο φυσικό αερισμό του θερμοκηπίου	31
1.3.5. Βιο-δίχτυα (Bionets).....	34
1.4. Συνδυασμένη επίδραση υλικών κάλυψης απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία και δικτύων εντομοστεγανότητας.....	35
1.5. Υλικά κάλυψης απορροφητικά της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας.....	37
1.5.1. Η Κοντινή Υπέρυθη Ακτινοβολία.....	37
1.5.2. Μείωση των επιπέδων της NIR στο θερμοκήπιο	38
1.5.3. Επίδραση των NIR – blocking υλικών κάλυψης των στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου.....	40
1.5.4. Επίδραση των NIR – blocking υλικών κάλυψης στα καλλιεργούμενα φυτά.....	42

Κεφάλαιο 2. Η καλλιέργεια της τομάτας	44
2.1 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας	45
2.2 Βοτανικοί χαρακτήρες	46
2.3. Κλιματικές απαιτήσεις.....	49
2.4. Ωρίμανση του καρπού	51
2.5. Φυσιολογικές διαταραχές καρπών	55
2.6. Εχθροί και ασθένειες	57
 Κεφάλαιο 3. Υλικά και Μέθοδοι	 59
3.1. Εγκατάσταση του πειράματος.....	59
3.1.1. Τα θερμοκήπια	59
3.1.1.1. Χωροταξική διάταξη των θερμοκηπίων	60
3.1.1.2. Αερισμός	60
3.1.1.3. Θέρμανση.....	61
3.1.2. Τα υλικά κάλυψης	61
3.1.3. Τα δίχτυα εντομοστεγανότητας	62
3.1.4. Εγκατάσταση της καλλιέργειας.....	63
3.1.4.1. Ποικιλία.....	63
3.1.4.2. Διάταξη των φυτών.....	63
3.1.4.3. Υπόστρωμα καλλιέργειας	64
3.1.5. Καλλιεργητικές τεχνικές.....	64
3.1.5.1. Έλεγχος εχθρών και ασθενειών.....	65
3.1.6. Τα πειραματικά φυτά	66
3.2. Μετρήσεις	67
3.2.1. Μέτρηση των οπτικών χαρακτηριστικών των υλικών κάλυψης.....	67
3.2.2. Κλιματικές μετρήσεις	67
3.2.2.1. Όργανα μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας	67
3.2.2.2. Όργανα μέτρησης ηλιακής ακτινοβολίας	68
3.2.2.3. Καταγραφή Μετρήσεων.....	68
3.2.3. Αγρονομικές Μετρήσεις	68
3.2.3.1. Μετρήσεις στον αγρό (μη καταστροφικές).....	68
3.2.3.2. Μετρήσεις στο εργαστήριο (καταστροφικές και παραγωγικότητας)	70
3.2.3.2.1. Καταστροφικές μετρήσεις.....	70

3.2.3.2.2. Μετρήσεις παραγωγικότητας	70
3.2.4. Υπολογισμοί παραμέτρων αύξησης και ανάπτυξης	74
3.2.5. Υπολογισμοί παραμέτρων ποιότητας & παραγωγικότητας	75
3.2.5.1. Παράμετροι χρώματος Hue ^ο και Chroma*	75
3.2.5.2. Υπολογισμοί παραγωγικότητας.....	76
3.3. Στατιστική Ανάλυση.....	77
 Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα	 78
<i>Φυσικό Μέρος</i>	
4.1. Οπτικές Ιδιότητες των Υλικών Κάλυψης	78
4.1.1. Εργαστηριακές μετρήσεις	78
4.1.2. Μετρήσεις σε συνθήκες αγρού.....	79
4.2. Μικροκλίμα.....	83
4.2.1. Ηλιακή Ακτινοβολία.....	83
4.2.1.1. Παρουσίαση των μεταβολών της ηλιακής ακτινοβολίας.....	84
4.2.2. Θερμοκρασία και Σχετική Υγρασία	87
4.2.2.1. Διάρκεια 24-ώρου.....	87
4.2.2.2. Διάρκεια Ημέρας	89
4.2.2.3. Διάρκεια Νύχτας.....	91
4.2.2.4. Παρουσίαση των μεταβολών της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας.....	93
<i>Βιολογικό Μέρος</i>	
4.3. Φυλλική Επιφάνεια.....	97
4.3.1. Συσχέτιση Διαστάσεων Φύλλων & Φυλλικής Επιφάνειας.....	97
4.3.1.1. Καλλιέργεια Χειμώνα	97
4.3.1.2. Καλλιέργεια άνοιξης-καλοκαιριού	98
4.4. Επίδραση της συνδυασμένης χρήσης του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του δικτύου εντομοστεγανότητας στην αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας και στην ποιότητα των καρπών.....	100
4.4.1. Φυλλική Επιφάνεια	100
4.4.1.1. Υπολογισμός Φυλλικής Επιφάνειας	100
4.4.1.2. Αριθμός Φύλλων και Μέσος Όρος Διαστάσεων Φύλλων	102
4.4.2. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης	103
4.4.3. Παραγωγή καρπών	109

4.4.3.1. Συνολική (εμπορεύσιμη και μη) Παραγωγή Καρπών	109
4.4.3.2. Εμπορεύσιμη παραγωγή καρπών	117
4.4.3.2.1. Παράμετροι του χρώματος των καρπών	123
4.4.3.3. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών Χειμερινής Καλλιεργητικής Περιόδου.....	124
4.4.3.4. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών Χειμερινής Καλλιεργητικής Περιόδου.....	125
4.4.3.5. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών Εαρινής Καλλιεργητικής Περιόδου	128
4.4.3.6. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών Εαρινής Καλλιεργητικής Περιόδου	130
4.5. Επίδραση της χρήσης του υλικού κάλυψης του ανακλαστικού στην κοντινή υπέυθρη ακτινοβολία στην αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας και στην ποιότητα των καρπών.....	134
4.5.1. Φυλλική Επιφάνεια.....	134
4.5.1.1. Υπολογισμός Φυλλικής Επιφάνειας	134
4.5.1.2. Αριθμός Φύλλων και Μέσος Όρος Διαστάσεων Φύλλων	136
4.5.2. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης	137
4.5.3. Παραγωγή καρπών	143
4.5.3.1. Συνολική (εμπορεύσιμη και μη) Παραγωγή Καρπών	143
4.5.3.2. Εμπορεύσιμη παραγωγή καρπών	150
4.5.3.2.1. Παράμετροι του χρώματος των καρπών	156
4.5.3.3. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών Χειμερινής Καλλιεργητικής Περιόδου.....	156
4.5.3.4. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών Χειμερινής Καλλιεργητικής Περιόδου.....	157
4.5.3.5. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών Εαρινής Καλλιεργητικής Περιόδου	160
4.5.3.6. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών Εαρινής Καλλιεργητικής Περιόδου	162

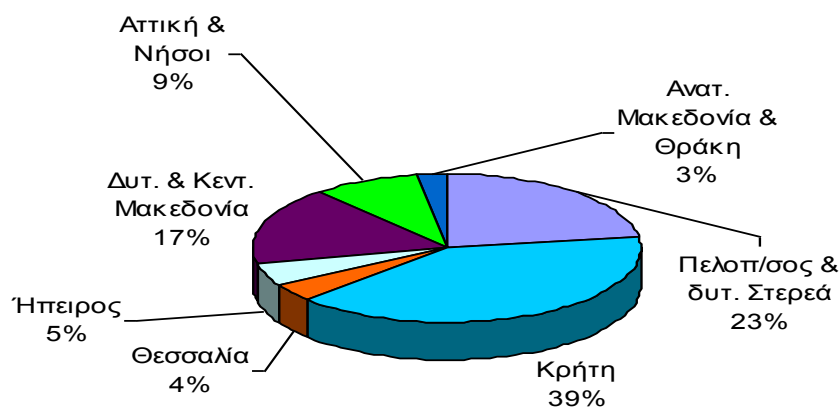
Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα & Συζήτηση.....	166
<i>Φυσικό Μέρος</i>	
5.1. Ιδιότητες Υλικών Κάλυψης	166
5.1.1. Επίδραση της γήρανσης στις οπτικές ιδιότητες των πλαστικών υλικών	166
5.2. Μικροκλίμα.....	167
5.2.1. Επίδραση των φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης και του διχτύου εντομοστεγανότητας στην εισερχόμενη στο θερμοκήπιο ηλιακή ακτινοβολία.....	167
5.2.2. Επίδραση της συνδυασμένης χρήσης του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του διχτύου εντομοστεγανότητας στη θερμοκρασία και σχετική υγρασία του θερμοκηπίου	168
5.2.3. Επίδραση του υλικού κάλυψης του ανακλαστικού στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία στη θερμοκρασία και σχετική υγρασία του θερμοκηπίου	170
<i>Βιολογικό Μέρος</i>	
5.3. Επίδραση της συνδυασμένης χρήσης του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του διχτύου εντομοστεγανότητας στα αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης και στην παραγωγή και ποιότητα των καρπών.....	171
5.3.1. Αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης	171
5.3.2. Παραγωγή και ποιότητα καρπών	173
5.4. Επίδραση της χρήσης του υλικού κάλυψης του ανακλαστικού στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία στα αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης και στην παραγωγή και ποιότητα των καρπών	175
5.4.1. Αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης	175
5.4.2. Παραγωγή και ποιότητα καρπών	177
5.5. Συμπεράσματα	181
Βιβλιογραφία	183

Εισαγωγή

Οι πρώτες συστηματικές θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα ξεκίνησαν το 1955. Επρόκειτο για γυάλινα θερμοκήπια στα οποία καλλιεργούνταν καλλωπιστικά φυτά. Η εξάπλωσή τους, ωστόσο, άρχισε μετά το 1961, κατά τη χρησιμοποίηση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου ως υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων (Μαυρογιαννόπουλος 2001).

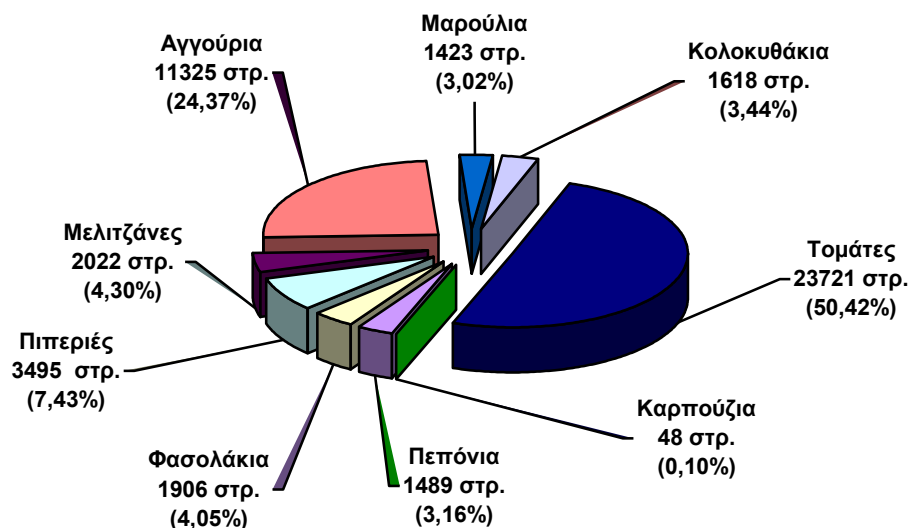
Σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου Γεωργίας, η συνολική έκταση των θερμοκηπίων στη χώρα μας για το έτος 2007 ήταν 49.000 στρέμματα. 45.000 στρέμματα καλλιεργούνταν με λαχανοκομικά και στα υπόλοιπα 4.000 στρέμματα καλλιεργούνταν ανθοκομικά είδη (Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, ΕΣΥΑ).

Η κλιματική διαφοροποίηση των επί μέρους περιοχών της χώρας μας είναι ο παράγοντας που καθορίζει τη γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, καθώς είναι καθοριστική η παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων χωρίς ή με ελάχιστη πρόσθετη θέρμανση. Για τον λόγο αυτό το μεγαλύτερο τμήμα της θερμοκηπιακής έκτασης συγκεντρώνει η Κρήτη με ποσοστό περίπου 39% (Σχήμα 1).



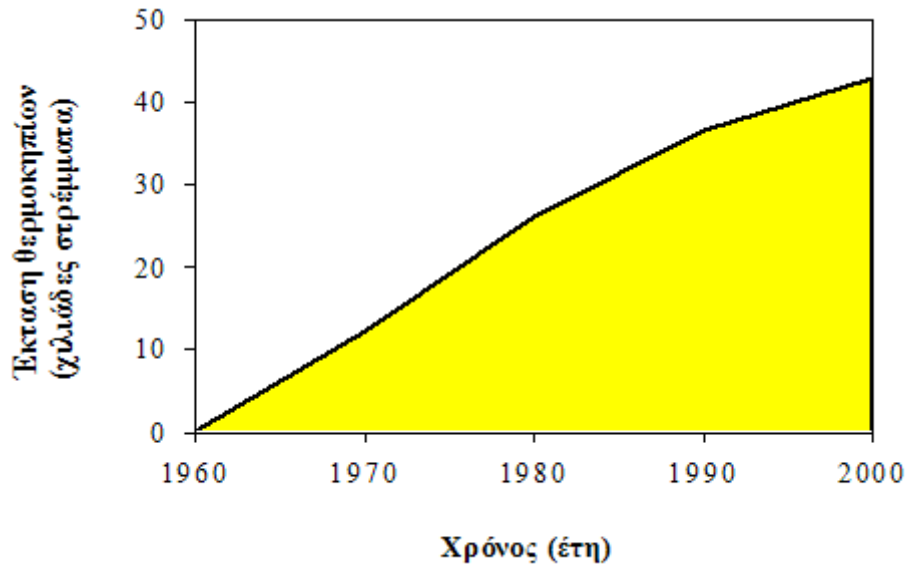
Σχήμα 1. Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα σε ποσοστό της συνολικής έκτασης (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας).

Οι εκτάσεις σε στρέμματα των διαφόρων ειδών λαχανικών, που καλλιεργήθηκαν ως κύρια και δευτερεύουσα καλλιέργεια κατά το 1997-98 δίνονται στο Σχήμα 2. Τα πλέον σημαντικά λαχανικά είναι η τομάτα και το αγγούρι, τα οποία καταλαμβάνουν το 75% της συνολικής έκτασης των θερμοκηπίων (Ολύμπιος 2001).



Σχήμα 2. Συνολική έκταση (στρ.) των διαφόρων κηπευτικών που καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπια κατά την καλλιεργητική περίοδο 1997-1998 (Ολύμπιος 2001).

Η ανάπτυξη των θερμοκηπίων στις μεσογειακές χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Νότια Γαλλία) εξαπλώθηκε την τελευταία εικοσαετία (Κίττας 2001). Παρόλο που η αύξηση της έκτασης των θερμοκηπίων στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια είναι ραγδαία (Σχήμα 3), θα μπορούσε να είναι ακόμη μεγαλύτερη, λόγω των ευνοϊκών κλιματικών παραμέτρων του ελλαδικού χώρου. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα χωρών με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες, όπως η Ισπανία και η Ιταλία, οι οποίες αριθμούν 575.000 και 285.000 στρέμματα θερμοκηπιακών εκτάσεων αντίστοιχα (Μαυρογιαννόπουλος 2001).



Σχήμα 3. Έκταση θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα από το 1960 έως το 2000 (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας).

Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, με πλούσια εδάφη, ηλιοφάνεια, κατάλληλο μικροκλίμα και εναλλακτικές πηγές ενέργειας, θα μπορούσε ο κλάδος των θερμοκηπίων, να αποτελεί τη δυναμική εγχώρια αγροτική βιομηχανία, που θα κατέκλυζε με τα προϊόντα της την ευρωπαϊκή και διεθνή αγορά. Ωστόσο, κατά τα τέλη της προηγούμενης δεκαετίας, για παράδειγμα, ενώ η έκταση των υδροπονικών καλλιεργειών της Γαλλίας ήταν 16.000 στρέμματα και της Ισπανίας 10.000 στρέμματα, στην Ελλάδα η έκταση των θερμοκηπίων με υδροπονικές καλλιέργειες ήταν μόλις 300 στρέμματα (Ολύμπιος 2001).

Χαρακτηριστικό είναι, επίσης, και το παράδειγμα της παραγωγής επιτραπέζιας τομάτας. Την πρώτη θέση κατέχει η Ισπανία και ακολουθεί η Ιταλία, ενώ η Ελλάδα βρίσκεται στην τρίτη θέση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ισπανία πραγματοποιεί σημαντικές εξαγωγές τομάτας και κυριαρχεί στις ευρωπαϊκές αγορές νωπών οπωροκηπευτικών. Σημαντικές εξαγωγές επιτραπέζιας τομάτας κάνει και η Ολλανδία. Εξαγωγικές, έστω και με μικρότερες ποσότητες, είναι επίσης η Ιταλία, το Βέλγιο, το Λουξεμβούργο και η Γαλλία, αλλά όχι η Ελλάδα (Πηγή: Eurostat). Βέβαια, η κατανάλωση νωπής τομάτας στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα υψηλή, ωστόσο, γεγονός παραμένει ότι οι πραγματοποιούμενες εξαγωγές είναι ασήμαντες, ενώ γίνονται και

κάποιες εισαγωγές ιδιαίτερα σε εναλλακτικούς τύπους τομάτας (κερασόμορφες, μικρόκαρπες κ.λπ.) για τις οποίες δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία.

Για να επιτευχθούν αποδόσεις της τάξεως των 60 τόνων τομάτας και αγγουριού ανά στρέμμα στην Ολλανδία (και σε άλλες χώρες της Ευρώπης) χρειάστηκε να γίνει πραγματική επανάσταση στον κλάδο των θερμοκηπιακών καλλιεργειών, τόσο στον τομέα της εγκατάστασης και εξοπλισμού των θερμοκηπίων (π.χ. θερμοκήπια με ακριβή έλεγχο όλων των συνθηκών περιβάλλοντος κλπ.) όσο και στον τομέα της καλλιεργητικής τεχνικής (υδροπονικές καλλιέργειες κλπ.) και κυρίως στην τεχνογνωσία του προσωπικού παραγωγής (Μαυρογιαννόπουλος 2001).

Το δυναμικό παραγωγής καλλιέργειας τομάτας σε χώρες της μεσογειακής λεκάνης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι 50% υψηλότερο απ' ότι στην Ολλανδία (Baille 1995, Κίττας και Μπαρτζάνας 2001). Παρόλα αυτά, δεν είναι δυνατό να επιτύχουμε ικανοποιητικά επίπεδα παραγωγής και ποιότητας στα θερμοκήπια των μεσογειακών χωρών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν στη Βόρεια Ευρώπη κατά την ίδια περίοδο, επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις και καλή ποιότητα (Κίττας και Μπαρτζάνας 2001).

Η διεθνοποίηση των αγορών όπως διαμορφώνεται σήμερα οδηγεί στη ραγδαία αύξηση του διεθνούς ανταγωνισμού. Το συγκριτικό πλεονέκτημα των ελληνικών θερμοκηπίων που εντοπίζεται στις πολύ ευνοϊκές εδαφοκλιματικές συνθήκες δεν είναι πλέον αρκετό, καθώς ο μεγάλος όγκος των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων δε βρίσκεται ακόμα σε υψηλό τεχνολογικά επίπεδο.

Παράλληλα όμως, συντελείται και μια σημαντική μεταστροφή στις απαιτήσεις του καταναλωτή, που έχει να κάνει με αλλαγή των διατροφικών συνηθειών και προτιμήσεων του και την αναζήτηση νέων προϊόντων. Όσο αφορά στις νέες διατροφικές συνήθειες, επισημαίνεται η σημασία που δίνει ο καταναλωτής στην υγεία και τη φύση. Ο καταναλωτής πλέον, είναι περισσότερο ευαισθητοποιημένος σε θέματα που αφορούν την υγεία του και την προστασία του περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου, αναζητά υγιεινά γεωργικά προϊόντα (και τρόφιμα που προέρχονται από αυτά), προϊόντα φυσικά και ασφαλή (χωρίς υπολείμματα φυτοφαρμάκων) για τον ίδιο και τα παιδιά του.

Ο κλάδος παραγωγής γεωργικών προϊόντων στρέφεται πλέον σε νέες εναλλακτικές μεθόδους παραγωγής, προσπαθώντας να ανταποκριθεί στις όλο και

μεγαλύτερες νομοθετικές και περιβαλλοντικές πιέσεις, στα σύγχρονα ζητήματα ασφάλειας και υγιεινής, στους απαιτητικότερους και καλύτερα ενημερωμένους καταναλωτές και στη διαρκώς αυξάνουσα δημοτικότητα των σύγχρονων μορφών παραγωγής.

Οι παράγοντες αυτοί είναι που στηρίζουν και προωθούν την εφαρμογή του συστήματος Ολοκληρωμένης Διαχείρισης στη χώρα μας, αλλά και παγκοσμίως, ως σύστημα διασφάλισης ποιότητας στον πρωτογενή τομέα. Το σύστημα αυτό στοχεύει στην παραγωγή ασφαλών και υγιεινών αγροτικών προϊόντων, χωρίς υπολειμματικότητα φυτοφαρμάκων, χωρίς υπερκατανάλωση λιπασμάτων, με πλήρως ελεγχόμενες και καταγεγραμμένες διαδικασίες, χωρίς να διαταράσσει το περιβάλλον, με τήρηση των απαιτήσεων και των προδιαγραφών. Στόχο λοιπόν αποτελεί η άσκηση της γεωργίας με όρους που σέβονται την υγεία και ασφάλεια του καταναλωτή, την ποιότητα των προϊόντων και ταυτόχρονα προάγουν την προστασία του περιβάλλοντος.

Χαρακτηριστικό είναι ότι κατά το 2003 που η καλλιέργεια λαχανικών στη χώρα μας κατέλαβε 1.839.415 στρέμματα, η ολοκληρωμένη καλλιέργεια αποτέλεσε μόλις το 0,82% (14.998 στρέμματα) της συνολικής έκτασης έναντι της συμβατικής καλλιέργειας η οποία κατέλαβε το 98,90%. Το υπόλοιπο 0,28% αφορούσε στη βιολογική παραγωγή. Η έκταση της τομάτας θερμοκηπίου η οποία καλλιεργήθηκε σύμφωνα με το σύστημα της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης ήταν 493 στρέμματα (9,1%) (Σιώμος Α., Ολοκληρωμένη Διαχείριση Λαχανοκομικών Καλλιεργειών).

Προς την κατεύθυνση αυτή, η ανάπτυξη πρωτοποριακών μεθόδων και τεχνικών οι οποίες είναι απλές, εύκολα προσβάσιμες από τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, δεν απαιτούν ιδιαίτερη εκπαίδευση ή γνώση, είναι φιλικές προς το περιβάλλον και οικονομικές για την αγροτική επιχείρηση, είναι απολύτως αναγκαία. Ειδικότερα στα θερμοκήπια παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης ανάπτυξης τέτοιων μεθόδων καλλιέργειας λόγω περιορισμένου χώρου και εξειδικευμένου εξοπλισμού.

Οι νέες τάσεις στη γεωργία οδηγούν στην εφαρμογή της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης η οποία αποτελεί ουσιαστική συμβολή στην αειφόρο ανάπτυξη. Η ποιοτικότερη παραγωγική διαδικασία είναι το κλειδί στην προσπάθεια δημιουργίας συγκριτικού πλεονεκτήματος για την ελληνική γεωργία συνδυάζοντας τη γεωγραφική της θέση. Έτσι, απαιτούνται απλές, οικονομικές και φιλικές προς το περιβάλλον

πρακτικές, προκειμένου να ελεγχθούν τα έντομα και οι ασθένειες που απειλούν την παραγωγή και να ρυθμιστεί το περιβάλλον του θερμοκηπίου στα επιθυμητά επίπεδα, οι οποίες θα μπορούν να βρουν εφαρμογή σε σύγχρονες ανταγωνιστικές θερμοκηπιακές εκμεταλλεύσεις.

Η χρήση πλαστικών καλυμμάτων θερμοκηπίων απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας καθώς και η τοποθέτηση διχτύων εντομοστεγανότητας στα ανοίγματα φυσικού αερισμού του θερμοκηπίου, αποτελούν κύριες στρατηγικές επίλυσης των προβλημάτων των θερμοκηπίων σήμερα. Έχει αποδειχθεί ότι η χρήση των παραπάνω υλικών κάλυψης, οδηγεί στη μείωση της χρήσης φυτοπροστατευτικών ουσιών στο θερμοκήπιο καθώς μειώνει τους πληθυσμούς των βλαβερών εντόμων και των ιογενώς μεταδιδόμενων ασθενειών των καλλιεργειών. Επιπλέον, τα δίχτυα εντομοστεγανότητας επηρεάζουν άμεσα τα έντομα – εχθρούς, εμποδίζοντάς τους την είσοδο στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και έμμεσα την εξάπλωση ιώσεων. Οι Rapisarda et al. (2006) έπειτα από διετή έρευνα της συνδυασμένης επίδρασης υλικών κάλυψης απορροφητικών στη UV και διχτύων εντομοστεγανότητας στον πληθυσμό του *Bemisia tabaci* και της εξάπλωσης του *TYLCD* (*Tomato Yellow Leaf Curl Disease*) σε καλλιέργεια τομάτας κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στα σύγχρονα θερμοκήπια (των οποίων τα κατασκευαστικά στοιχεία και η εσωτερική δομή επιτρέπουν την αποτελεσματική διαχείριση των κλιματικών παραμέτρων) η εξάπλωση του *TYLCD* μπορεί να ελεγχθεί ικανοποιητικά με φυσικές μεθόδους διαμέσου της χρήσης των υλικών των απορροφητικών στη UV ακτινοβολία σαν υλικά κάλυψης της οροφής των θερμοκηπίων, της εφαρμογής παρόμοιων υλικών και στα σταθερά μέρη των πλευρών των θερμοκηπίων και της χρήσης διχτύων εντομοστεγανότητας στα ανοίγματα αερισμού και εισόδου των θερμοκηπίων.

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα των μεσογειακών θερμοκηπίων είναι τα υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας και κατά συνέπεια τα υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας που αναπτύσσονται στο εσωτερικό των θερμοκηπίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η χρήση υλικών κάλυψης τα οποία ανακλούν ένα ποσοστό της Κοντινής Υπέρυθρης Ακτινοβολίας έχει ως αποτέλεσμα τον δροσισμό του θερμοκηπίου, ο οποίος είναι αναγκαίος σε κλίματα όπως το ελληνικό με υψηλή ακτινοβολία και υψηλές θερμοκρασίες, με φυσικό τρόπο, χωρίς να σπαταλάται ενέργεια η οποία μπορεί, ενδεχομένως, να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του θερμοκηπίου κατά τους χειμερινούς μήνες (Kempkes 2008).

Σκοπός και Δομή της εργασίας

Σκοπός λοιπόν της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης της χρήσης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου και δικτύων εντομοστεγανότητας στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου, στην ανάπτυξη και παραγωγή της καλλιέργειας και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Παράλληλα, σκοπό της εργασίας αποτελεί η μελέτη του μικροκλίματος του θερμοκηπίου και της ανάπτυξης της καλλιέργειας υπό την επίδραση ανακλαστικών της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου.

Στη συνέχεια της εργασίας γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση (Κεφάλαιο 1) που αφορά στα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων, κυρίως όσο αφορά στις ιδιότητές τους που σχετίζονται με τη UV και κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR) ενώ γίνεται αναφορά και σε άλλες μεθόδους εντομοπροστασίας του θερμοκηπίου όπως τα δίκτυα εντομοστεγανότητας και στην επίδρασή τους στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την καλλιέργεια η οποία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί στην εργασία αυτή (Κεφάλαιο 2).

Στο Κεφάλαιο 3 (Υλικά & Μέθοδοι) παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την πειραματική διερεύνηση του θέματος.

Τα αποτελέσματα της εργασίας παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4 (Αποτελέσματα) ενώ στο Κεφάλαιο 5 (Συμπεράσματα & Συζήτηση) αναλύονται και συζητούνται οι οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης που χρησιμοποιήθηκαν, το μικροκλίμα του θερμοκηπίου υπό τα διάφορα υλικά κάλυψης, η ανάπτυξη της καλλιέργειας, η παραγωγή και η ποιότητα των προϊόντων.

1.1. Πλαστικό κάλυμμα θερμοκηπίου

Τα τελευταία χρόνια, οι προσπάθειες για περαιτέρω βελτίωση του περιβάλλοντος των θερμοκηπίων και των συνθηκών καλλιέργειας οδήγησαν στην εισαγωγή νέων μεθόδων ελέγχου του κλίματος, στη χρήση της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών στο χώρο των θερμοκηπίων καθώς επίσης και στην εισαγωγή νέων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων.

Στα είδη των υλικών κάλυψης τα οποία είναι σήμερα διαθέσιμα κυριαρχεί το πλαστικό. Τα πλαστικά υλικά κάλυψης έχουν φέρει επανάσταση στη βιομηχανία των θερμοκηπίων κυρίως διότι η χρήση τους απλοποίησε αλλά και μείωσε το κόστος της διαδικασίας κάλυψης της θερμοκηπιακής κατασκευής. Τα θερμοκήπια με διπλό «φουσκωτό» φύλλο πολυαιθυλενίου αποτελούν το 80% των νέων θερμοκηπίων στις ΗΠΑ ενώ η χρήση του γυαλιού και του fiberglass έχει μειωθεί στο 16,5 και 22,3% αντίστοιχα. Το πιο κοινό υλικό κάλυψης σε Ευρώπη και Ηνωμένες Πολιτείες είναι το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας, γνωστό και ως LDPE (low density polyethylene) (Giacomelli 1993).

Παράλληλα, η ανάπτυξη νέων πλαστικών υλικών είχε ως αποτέλεσμα την απόλυτη επικράτησή τους στις χώρες της Νότιας Ευρώπης. Τα πλαστικά θερμοκήπια καλύπτουν μια έκταση μεγαλύτερη των 4000ha στη χώρα μας ενώ τα γυάλινα θερμοκήπια αποτελούν μόλις το 5% της συνολικής θερμοκηπιακής έκτασης. Η συντριπτική πλειοψηφία των πλαστικών θερμοκηπίων είναι καλυμμένα με φύλλα LDPE (περισσότερα από το 99% των θερμοκηπίων της Κρήτης) (Briassoulis 1997).

1.1.1. Πρόσθετα βελτίωσης των ιδιοτήτων του πολυαιθυλενίου (additives)

Η διάρκεια ζωής ενός πλαστικού φύλλου που χρησιμοποιείται για την κάλυψη του θερμοκηπίου μειώνεται με το χρόνο εξαιτίας της παρατεταμένης έκθεσής του σε διάφορους παράγοντες του περιβάλλοντος. Η αποικοδόμηση των πλαστικών υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων χαρακτηρίζεται αρχικά από μια μείωση των φυσικών και μηχανικών του ιδιοτήτων που καταλήγει στην αλλοίωση του πλαστικού φύλλου.

Η κύρια αιτία αντικατάστασης των πλαστικών υλικών κάλυψης είναι η υπεριώδης ακτινοβολία η οποία οδηγεί στο σπάσιμο των χημικών δεσμών και στο

σχίσσιμο των μακρομορίων του πολυαιθυλενίου καταλήγοντας στην αλλοίωση του πλαστικού. Ακραίες τιμές θερμοκρασίας και η διάρκειά τους, επίσης, μπορεί να αδυνατίσουν το πλαστικό φύλλο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στα σημεία επαφής του με το σκελετό του θερμοκηπίου. Η διάρκεια ζωής των πλαστικών καλυμμάτων μειώνεται και από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Στην περίπτωση που οι τελευταίοι προέρχονται από ρυπαντές εκτός του θερμοκηπίου μειώνουν την περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Στην περίπτωση που προέρχονται από πηγές εντός του θερμοκηπίου π.χ. χημική καταπολέμηση εντόμων, πιθανόν να προκαλέσουν πρόωρη αστοχία του υλικού (Giacomelli 1993).

Γενικά η εγγύηση η οποία δίνεται στην αγορά ως προς την αντοχή των πλαστικών υλικών καλύπτει τα 2 ή 3 χρόνια για φύλλα πάχους μεταξύ 120 και 200μm (Briassoulis 1997).

Η χρήση πρόσθετων στα πλαστικά υλικά προσφέρει κατ' αρχήν σταθεροποίηση, δηλαδή, διατήρηση της μοριακής αρχιτεκτονικής του πολυμερούς κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας και άλλων παραγόντων που μειώνουν τη διάρκεια χρήσης του υλικού. Επιπλέον, οι σταθεροποιητές επιδρούν στο λειτουργικό ρόλο των πλαστικών προσδίδοντάς τους χαρακτηριστικά τα οποία αυξάνουν τις χρήσεις εφαρμογής τους.

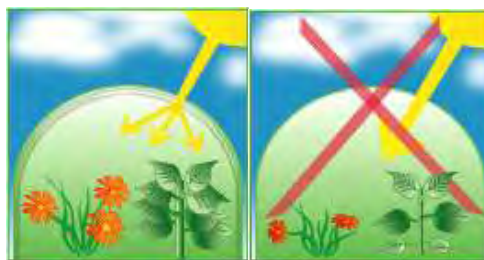
Οι πρώτοι σταθεροποιητές των πλαστικών, το 1950, ήταν σταθεροποιητές νικελίου. Εμφάνιζαν εξαιρετική χημική σταθερότητα, ωστόσο, είχαν μειωμένη σταθερότητα σε ακτινοβολία και θερμότητα, καθώς και μειωμένη αντοχή κατά την επαφή τους με το σκελετό του θερμοκηπίου αλλά και προβλήματα περιβαλλοντολογικής φύσεως.

Οι σταθεροποιητές νικελίου αντικαταστάθηκαν (1960) από τους σταθεροποιητές στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV absorbers) που ήταν βενζοφαινόνες και βενζοτριαζόλες. Απορροφούσαν την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία, μετατρέποντας την εκλυόμενη ενέργεια σε θερμότητα. Τροποποιώντας τη διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία τα υλικά αυτά μπορούσαν να ανταποκριθούν σε κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις των καλλιεργειών (ανάπτυξη εντόμων και μυκήτων, επίδραση στο χρώμα των πετάλων στα τριαντάφυλλα). Η χρήση τους, ωστόσο, ήταν προβληματική γιατί προκαλούσε αύξηση του πάχους του καλύμματος. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια σε συνδυασμό με άλλους σταθεροποιητές.

Την επόμενη δεκαετία (1975) επικράτησαν οι σταθεροποιητές τύπου HALS (Hindered Amine Light Stabilizers), που έδωσαν στο πλαστικό κάλυμμα, άριστες οπτικές και θερμικές ιδιότητες. Οι σταθεροποιητές αυτοί συλλέγουν τις ελεύθερες ρίζες που δημιουργούνται στη μάζα του υλικού λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας και το προστατεύουν από την αλλοίωση των ιδιοτήτων του (degradation). Διαπιστώθηκε ότι το θείο και το χλώριο, ενεργές ουσίες χημικών τα οποία χρησιμοποιούνται εντός των θερμοκηπίων, μπλοκάρουν τη δράση των σταθεροποιητών HALS, ιδίως όταν γίνεται η εφαρμογή τους σε υψηλές συγκεντρώσεις (Briassoulis 1997).

Τέλος, η πιο σύγχρονη (2000) γενιά των σταθεροποιητών (την οποία εφηύρε η CIBA) είναι οι σταθεροποιητές τύπου NOR, οι οποίοι συνδυάζουν εξαιρετική αντοχή σε φυτοπροστατευτικές ουσίες και άριστη δυνατότητα σταθεροποίησης.

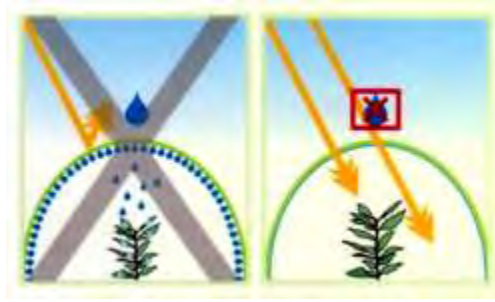
Ένα άλλο είδος σταθεροποιητών είναι εκείνοι που προκαλούν διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (DIF). Οι σταθεροποιητές αυτοί προκαλούν ομοιόμορφη κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και βέβαια προσδίδουν περισσότερο φως στα κάτω μέρη της κόμης των φυτών, που συνήθως σκιάζονται. Μειώνονται τα εγκαύματα που προκαλούνται λόγω της αυξημένης έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται κάτω από καλύμματα που δεν περιέχουν τέτοια πρόσθετα και γενικά γίνεται πιο αποτελεσματική η πρόσληψη της ακτινοβολίας από τα φυτά καθώς η διάχυτη ακτινοβολία διεισδύει βαθύτερα στην καλλιέργεια. Η χρήση των πρόσθετων αυτών στο κάλυμμα δε μειώνει τη διαπερατότητά του στην PAR ή τη μειώνει ελάχιστα.



Εικόνα 1. Επίδραση των dif πρόσθετων στη δέσμη της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η επιφανειακή συμπύκνωση στο κάλυμμα του θερμοκηπίου μειώνει την περατότητα στο φως κατά 15-30% και αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης διαφόρων ασθενειών. Για το λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί πρόσθετα τα οποία προσδίδουν στο κάλυμμα αντι-σταγονικές (AD, anti-drip) ιδιότητες, με αποτέλεσμα η συμπύκνωση να

λαμβάνει χώρα με τη μορφή μιας μεμβράνης νερού το οποίο καταλήγει στα πλαϊνά τοιχώματα του θερμοκηπίου.



Εικόνα 2. Επίδραση των anti-drip πρόσθετων στη μορφή της επιφανειακής συμπύκνωσης και στη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η δημιουργία αντι-σταγονικών ιδιοτήτων στο κάλυμμα του θερμοκηπίου είχε σαν αποτέλεσμα η περίσσεια της υγρασίας να μη βρίσκει μια κρύα, ελεύθερη επιφάνεια να συμπυκνωθεί και να παίρνει έτσι τη μορφή της ομίχλης ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν πρόσθετα τα οποία προσδίδουν στο κάλυμμα αντι-ομιχλώδεις ιδιότητες (AF, anti-fog) με αποτέλεσμα την αποφυγή δημιουργίας ομίχλης κατά τη διάρκεια ανατολής και δύσης του ηλίου, περιόδους δηλαδή με έντονες αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα και του καλύμματος του θερμοκηπίου.



Εικόνα 3. Επίδραση της χρήσης των anti-fog πρόσθετων στη δημιουργία ομίχλης.

Αλλα πρόσθετα (IR), απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία (3.000-14.000 nm -FIR) που εκπέμπεται από το έδαφος του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της νύχτας, με αποτέλεσμα τόσο την αποφυγή ακραίων θερμοκρασιών όσο και απωλειών ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη αντιπαγετική προστασία, ομαλότερη διαφορά θερμοκρασίας, μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση

(20-25%), υψηλότερη παραγωγή, πρωίμιση της παραγωγής αλλά και βελτίωση της ποιότητάς της.



Εικόνα 4. Επίδραση της χρήσης των IR πρόσθετων στη συγκράτηση της μακρινής υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Ένα άλλο είδος πρόσθετων είναι εκείνα τα οποία αντανακλούν και/ή απορροφούν την Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία (NIR, 750-1400nm) προκειμένου να αποφευχθεί η υπερβολική θέρμανση των φυτών κατά τη διάρκεια της ημέρας (cooling effect). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρούνται ελαφρά μικρότερες θερμοκρασίες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και να μειώνονται οι δαπάνες που απαιτούνται για δροσισμό.



Εικόνα 5. Επίδραση της χρήσης των IR πρόσθετων στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία.

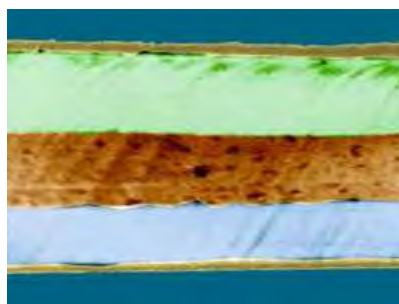
Άλλο πρόσθετο που σχετίζεται με τις ενεργειακές δαπάνες του θερμοκηπίου είναι το πρόσθετο EVA (Ethyl vinyl acetate), η προσθήκη του οποίου σε ποσοστό 1-5% βελτιώνει σημαντικά τις φυσικές ιδιότητες του πολυαιθυλενίου, συμπεριλαμβανομένης και της αντίστασης στο σχίσσιμο σε χαμηλές θερμοκρασίες και της αντοχής στον εφελκυσμό (Giacomelli 1993).

Γενικά η χρήση του πρόσθετου EVA στην κάλυψη θερμοκηπίων αυξάνει τη διάρκεια ζωής σε 3-4 χρόνια και προσφέρει βελτίωση των οπτικών ιδιοτήτων αυξάνοντας τη διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Τέλος βελτιώνει τη μόνωση του θερμοκηπίου. Τα φύλλα EVA θεωρούνται και πιο ανθεκτικά στην επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας σε σχέση με το LDPE.

1.1.2. Τριστρωματικά φύλλα πολυαιθυλενίου

Τα τριστρωματικά φύλλα πολυαιθυλενίου είναι ελληνική εφεύρεση (*Πλαστικά Κρήτης Α.Ε., 1983*). Προέκυψαν από την ανάγκη εμφάνισης ενός καλύμματος που θα συγκέντρωνε όλα εκείνα τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Τα τριστρωματικά υλικά αποτελούνται από τρία αχώριστα στρώματα που δημιουργούνται κατά την ταυτόχρονη εξώθηση 3 μιγμάτων τηγμένων υλικών, στη μήτρα παρασκευής των πλαστικών φύλλων (Εικόνα 6). Αυτά τα ειδικά σχεδιασμένα φύλλα συνδυάζουν ανθεκτικότητα και μακρά διάρκεια ζωής με επιλεκτικά χαρακτηριστικά όπως επίδραση στην υπέρυθη ακτινοβολία, αντισταγονικές ιδιότητες και άλλα, γεγονός το οποίο καθιστά τα υλικά αυτά ενεργό συντελεστή της προστασίας των φυτών, της αύξησης και παραγωγικότητάς τους.

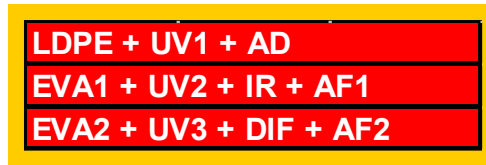
Τα τελευταία χρόνια όλο και αυξάνεται η απαίτηση για τριστρωματικά υλικά προκειμένου αυτά να χρησιμοποιηθούν για τρεις καλλιεργητικές περιόδους καθώς οι υπάρχουσες δομές, τα μονοστρωματικά φύλλα, δεν είναι ικανά να διατηρήσουν το φυτοπροστατευτικό τους ρόλο για το παραπάνω χρονικό διάστημα (González 2004).



Εικόνα 6 . Τομή τριστρωματικού φύλλου πολυαιθυλενίου.

Η τομή ενός τριστρωματικού φύλλου πολυαιθυλενίου αποτελείται από 3 στρώσεις υλικών που βρίσκονται σε απόλυτη επαφή, δηλαδή αποτελούν ένα

συμπαγές (ενιαίο) υλικό. Εκτός από το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE), η κάθε μία από τις στρώσεις περιέχει διαφορετικά υλικά (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Τριστρωματικό φύλλο πολυαιθυλενίου. Η κάτω στρώση είναι αυτή που βρίσκεται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. UV1, UV2, UV3 είναι οι σταθεροποιητές στην υπεριώδη ακτινοβολία (ο καθένας σε διαφορετικές πυκνότητες αντίστοιχα), AF1, AF2 είναι τα πρόσθετα που προσδίδουν στο κάλυμμα αντι-ομιχλικές ιδιότητες (το καθένα σε διαφορετικές πυκνότητες), EVA1, EVA2 (σε διαφορετικές πυκνότητες) και DIF είναι τα πρόσθετα που προκαλούν διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Οι González et al. (2004), μελέτησαν την επίδραση διαφορετικής κατασκευής μονοστρωματικών και τριστρωματικών υλικών κάλυψης απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία στη διαχείριση ιογενώς μεταδιδόμενων ασθενειών. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί σύγκριση μεταξύ των μονοστρωματικών (LDPE) και τριστρωματικών (EVA) υλικών κάλυψης λόγω διαφορετικών χαρακτηριστικών όπως η μεγαλύτερη περατότητα στην PAR και η δημιουργία υψηλότερης θερμοκρασίας. Και οι ερευνητές Baytorun (1994) και Dilara and Briassoulis (1998) υποστήριξαν ότι τα IR και EVA πρόσθετα επηρεάζουν τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του θερμοκηπίου (Kittas 2006). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι τα τριστρωματικά φύλλα συσσωρεύσαν λίγο περισσότερη σκόνη (g/m^2) ενώ όλα τα υλικά διατήρησαν τις μηχανικές τους ιδιότητες. Έπειτα από 18 μήνες χρήσης το μονοστρωματικό υλικό στο οποίο χρησιμοποιήθηκε τριαζίνη ως UV πρόσθετο διατήρησε την απορροφητικότητά του στην υπεριώδη ακτινοβολία σε αντίθεση με εκείνο στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν βενζοφαινόνης/βενζοτριαζόλες. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα και στα τριστρωματικά υλικά κάλυψης. Εκείνα στα οποία χρησιμοποιήθηκαν τριαζίνες ως UV πρόσθετα διατήρησαν την απορροφητικότητά τους στην υπεριώδη ακτινοβολία σε αντίθεση με εκείνο στο οποίο χρησιμοποιήθηκε βενζοτριαζόλη.

1.1.3. Επίδραση των ιδιοτήτων του καλύμματος στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου

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

Η επιλογή του υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου έχει άμεση σχέση με το σύστημα παραγωγής του, καθώς οι ιδιότητες του υλικού, όσο αφορά στην ακτινοβολία, παίζουν κυρίαρχο ρόλο τόσο σε σχέση με το ισοζύγιο της ενέργειας όσο και με τη συμπεριφορά της καλλιέργειας. Από ποιοτικής άποψης το φάσμα της εξωτερικής ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να τροποποιηθεί σημαντικά από τις οπτικές ιδιότητες του υλικού κάλυψης (Kittas and Baille 1998). Επιπρόσθετα, παράμετροι του μικροκλίματος όπως η σχετική υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζονται έμμεσα από το είδος του υλικού κάλυψης (Giacomelli 1993).

❖ Ποσότητα και ποιότητα της εισερχόμενης ακτινοβολίας

Όλα τα υλικά κάλυψης συμπεριφέρονται σαν φίλτρα μεταδίδοντας συγκεκριμένα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ανάλογα με τη χημική τους σύνθεση. Η διαπερατότητα του καλύμματος στην ηλιακή ακτινοβολία ανάλογα με το μήκος κύματος παίζει κυρίαρχο ρόλο τόσο στην εισροή της ενέργειας στο θερμοκήπιο (5.000-50.000 nm) όσο και στη συμπεριφορά της καλλιέργειας (300-3.000 nm), (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Επιρροή των επί μέρους περιοχών του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας στα φυτά (Winic 2000).

Ιώδες	380 – 436 nm	Πιθανόν ενισχύει τη δράση του μπλε φάσματος
Μπλε	436 – 495 nm	Επιδρά στη φωτοσύνθεση και τον φωτοτροπισμό Απαραίτητο για την αποφυγή ψηλών και αδύναμων φυτών
Πράσινο	495 – 566 nm	Μικρή επιρροή στα φυτά
Κίτρινο	566 – 589 nm	Σχεδόν καμία επιρροή στα φυτά
Πορτοκαλί	589 – 627 nm	Μικρή επιρροή στη φωτοσύνθεση και τον φωτοπεριοδισμό
Κόκκινο	627 – 770 nm	Ισχυρή επίδραση στη φωτοσύνθεση και φωτομορφογένεση (προάγει την άνθηση, την επιμήκυνση των βλαστών, σημαντικός ο λόγος R/FR)

Γενικά, η διαπερατότητα (τ) είναι μία φυσική ιδιότητα του καλύμματος. Ορίζεται με τον λόγο της μετρούμενης έντασης της ακτινοβολίας κάτω από το κάλυμμα (I), προς εκείνη που μετρείται ταυτόχρονα πάνω από το κάλυμμα, ίδιου μήκους κύματος (I_0)

$$\tau = (I) / (I_0)$$

Η περιοχή του φάσματος που μετρείται μπορεί να είναι η ορατή ή PAR ακτινοβολία καθώς και μη ορατή ακτινοβολία όπως υπεριώδης (UV: 290 - 400 nm), υπέρυθρη (FR: 700 -850 nm) ή κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία (IR: 850 - 2800 nm).

Το είδος του καλύμματος καθώς και ο σκελετός του θερμοκηπίου επηρεάζουν άμεσα το απόλυτο ποσό της ακτινοβολίας που περνάει τελικά μέσα από το κάλυμμα όπως επίσης επηρεάζει και τον λόγο της άμεσης προς τη διαχεόμενη ακτινοβολία που τελικά είναι εκείνο το ποσό που δέχεται η κόμη του φυτού (Giacomelli 1993).

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να αποτελέσει τον πλέον περιοριστικό και μη ελεγχόμενο παράγοντα όσο αφορά στην αύξηση των φυτών, ιδιαίτερα σε περιοχές με περιορισμένα επίπεδα ηλιοφάνειας. Οι Briassoulis et al. (1997) αναφέρουν πως ένας γενικός κανόνας είναι ότι η απώλεια σε φως κατά 1% ισοδυναμεί με 1% απώλεια στην παραγωγή, κανόνας ο οποίος έχει επιβεβαιωθεί στις βορειότερες χώρες. Η ικανότητα του καλύμματος να επιτρέπει τη διέλευση του φωτός στα μήκη κύματος τα απαραίτητα για τα φυτά είναι υψίστης σημασίας. Ο Hanan (1990) αναφέρει ότι μέση ημερήσια ακτινοβολία της τάξης των 200 Wm^{-2} είναι το κατώτατο όριο για την αύξηση και ανάπτυξη των καλλιεργειών σε θερμοκήπιο με συντελεστή περατότητας περίπου 0,7.

Η ποσότητα της ακτινοβολίας που δέχεται ένα θερμοκήπιο σχετίζεται με την εξατμισοδιαπνοή και τη φωτοσύνθεση της καλλιέργειας που βρίσκεται στο εσωτερικό του, ενώ η ποιότητα της ακτινοβολίας, όταν τροποποιείται από τις οπτικές ιδιότητες του καλύμματος προκαλεί μορφογενετικές αλλαγές και τροποποίηση της αρχιτεκτονικής και του σχήματος των φυτών και πολλές φορές (κυρίως στα ανθοκομικά είδη) επιδρά στην εμπορική αξία της καλλιέργειας (Kittas and Baille, 1998). Όταν για παράδειγμα υπάρχει περίσσεια του μπλε και πολύ λίγο κόκκινο φως τότε τα φυτά γίνονται κοντά, σκληρά και σκούρα στο χρώμα. Αντίθετα όταν το κόκκινο είναι σε περίσσεια και το μπλε είναι ελάχιστο, τότε τα φυτά έχουν τρυφερά βλαστικά μέρη και μεγαλύτερα μεσογονάτια διαστήματα, δηλαδή γίνονται ψηλόλιγνα (Benton Jones 1999).

❖ Θερμοκρασία

Η εσωτερική θερμοκρασία εξαρτάται από εισροές και εκροές ενέργειας του θερμοκηπίου. Το κάλυμμα επηρεάζει αυτή τη ροή ενέργειας μέσω της διαπερατότητας, της ανακλαστικότητας και της απορροφητικότητάς του στα διάφορα μήκη κύματος της ακτινοβολίας. Από το ποσό της ακτινοβολίας που διαπερνά το κάλυμμα μόνο ένα ποσοστό 1-5% χρησιμοποιείται από τα φυτά. Το υπόλοιπο απορροφάται και επανεκπέμπεται σαν θερμική ακτινοβολία η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί τη φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου. Άρα και η θερμοπερατότητα του συστήματος κάλυψης αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο κατά το σχεδιασμό της θερμοκηπιακής εγκατάστασης. Η κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία θα πρέπει να απορροφηθεί προκειμένου να αποφευχθούν οι ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας και η μακρινή υπέρυθη θα πρέπει να αποθηκευθεί προκειμένου να αποφευχθούν οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Η θερμοκρασία διαδραματίζει αποφασιστικό ρόλο στη συμπεριφορά του φυτού της τομάτας η οποία χρησιμοποιήθηκε ως πειραματικό φυτό στην παρούσα εργασία. Επηρεάζει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης και αναπνοής επομένως της αύξησης, το ρυθμό διαπνοής αλλά και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων, το πάχος του βλαστού, τη σχέση βλαστού – ρίζας, το μέγεθος των φύλλων, το σχηματισμό των ταξιανθιών, τον αριθμό των ανθέων, την παραγωγή και βιωσιμότητα της γύρης, την καρπόδεση, την ανάπτυξη και ποιότητα του καρπού. Οι δύο παράμετροι που καθορίζουν το ύψος των φυτών, ο αριθμός των κόμβων και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων, επηρεάζονται ισχυρά από τη θερμοκρασία. Ο ρυθμός σχηματισμού κόμβων είναι κυρίως λειτουργία της μέσης θερμοκρασίας του θερμοκηπίου και αυξάνει με την αύξηση αυτής. Η εμφάνιση των κόμβων (κόμβοι/ημέρα) είναι σημαντική παράμετρος για το φυτό της τομάτας καθώς εμφάνιση κόμβων σημαίνει εμφάνιση ταξιανθιών, σχηματισμός καρπών και παραγωγή. Το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων επηρεάζεται έντονα από τη διαφορά θερμοκρασίας ημέρας-νύχτας και αυξάνει με την αύξηση αυτής στα περισσότερα είδη φυτών, μεταξύ των οποίων είναι και η τομάτα (Berghage 1998).

Εκτός από τη σημασία της θερμοκρασίας στις κύριες μεταβολικές λειτουργίες των φυτών, σημαντική είναι και η διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας. Στη χώρα μας κατά τους χειμερινούς μήνες συνιστάται θερμοκρασία ημέρας περίπου

21°C και θερμοκρασία νύχτας γύρω στους 15°C, δηλαδή μια διαφορά θερμοκρασίας ημέρας – νύχτας που δεν πρέπει να ξεπερνά τους 5-7°C. Καθώς, όμως το επίπεδο της θερμοκρασίας είναι στενά συνδεδεμένο με την ένταση του φωτισμού, η τάση είναι το επίπεδο της θερμοκρασίας της νύχτας να ακολουθεί την ολική ηλιακή ενέργεια που σημειώθηκε την προηγούμενη ημέρα (Ολύμπιος, 2001).

❖ Υγρασία

Η συμπύκνωση μπορεί να φαίνεται ότι είναι ένα ανεπιθύμητο γεγονός στο θερμοκήπιο, ωστόσο είναι το αποτέλεσμα του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου που ανταποκρίνεται στη διαπνοή των φυτών. Όταν ο αέρας του θερμοκηπίου είναι κορεσμένος σε υδρατμούς αρχίζει η συμπύκνωση από το θερμό, υγρό αέρα στις επιφάνειες με τη χαμηλότερη θερμοκρασία όπως είναι το κάλυμμα ή η κόμη των φυτών και αυτός είναι ένας αρχικός τρόπος μείωσης της υγρασίας των θερμοκηπίων όταν δεν υπάρχει εξαερισμός. Οι μεταβολές της υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου επηρεάζουν σημαντικά τη μεταφορά ενέργειας.

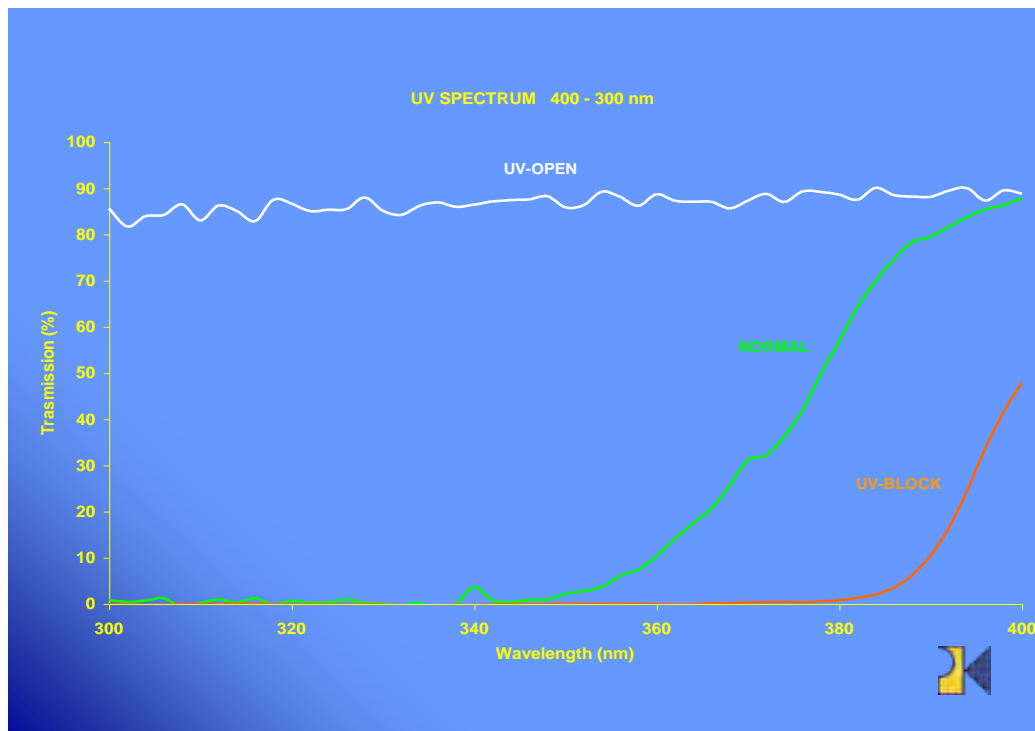
Η συμπύκνωση των υδρατμών έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας και στην περίπτωση που συμβαίνει στο κάλυμμα αποτελεί μια έμμεση απώλεια θερμότητας με συναγωγή μέσω του καλύμματος. Βέβαια, στην περίπτωση του πολυαιθυλενίου η συμπύκνωση μειώνει την περατότητα στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία μειώνοντας έτσι τις απώλειες ενέργειας του θερμοκηπίου, γεγονός σημαντικό κατά τη διάρκεια της νύχτας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η επιφανειακή συμπύκνωση προκαλεί μια σχετική μείωση της περατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία. Εκτός από τα χαρακτηριστικά του αέρα στο χώρο του θερμοκηπίου, σημαντικό ρόλο έχουν και τα χαρακτηριστικά θερμοπερατότητας των υλικών κατασκευής. Όταν ελαττωθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υλικού κάλυψης (π.χ διπλή επιφάνεια πολυαιθυλενίου), αυξάνει η θερμομονωτικότητα και η θερμοκρασία της εσωτερικής πλευράς, με αποτέλεσμα λιγότερες φορές η θερμοκρασία στην επιφάνειά της να φθάνει το σημείο δρόσου.

Οι ιδιότητες του υλικού κάλυψης καθορίζουν και τη μορφή της συμπύκνωσης. Στο γυάλινο κάλυμμα η συμπύκνωση γίνεται υπό μορφή μεμβράνης, ενώ στο πολυαιθυλένιο και τον πολυεστέρα υπό μορφή σταγόνων που πέφτουν πάνω στα φυτά δημιουργώντας ανθυγιεινό περιβάλλον με αποτέλεσμα να ευνοείται η βλάστηση σπορίων μυκήτων και η ανάπτυξη βακτηρίων. Τα σύγχρονα πλαστικά καλύμματα έχουν πρόσθετα προκειμένου η συμπύκνωση να έχει τη μορφή μεμβράνης.

1.2. Τι είναι τα απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας καλύμματα

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ο κυριότερος παράγοντας αποικοδόμησης των πλαστικών υλικών που χρησιμοποιούνται στη γεωργία. Για το λόγο αυτό είναι σύνηθες να περιέχουν στη σύνθεσή τους ενώσεις που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία σαν σταθεροποιητές, χωρίς ταυτόχρονα να δημιουργούν προβλήματα στη διέλευση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR). Υπάρχουν διαθέσιμα διάφορα είδη σταθεροποιητών των οποίων η συγκέντρωση στο υλικό ποικίλει μεταξύ των διαφόρων υλικών και μεταξύ των κατασκευαστών.

Τα πιο αποτελεσματικά από αυτά, δεσμεύουν την υπεριώδη ακτινοβολία που εκπέμπεται στα 360 nm ή και σε μικρότερο μήκος κύματος, επιτρέποντας τη διέλευση ενός ποσοστού της UV ακτινοβολίας που κυμαίνεται από 5 ως 15% ανάλογα με τον κατασκευαστή του πλαστικού (Costa et al. 2002).



Εικόνα 8. Περαιτότητες κανονικού πλαστικού καλύμματος (*normal*) και υλικού απορροφητικού της υπεριώδους ακτινοβολίας (*UV-BLOCK*).

Τελευταία, υπάρχουν στο εμπόριο αρκετά πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου διαφόρων εταιρειών που παρεμποδίζουν τη διέλευση της UV ακτινοβολίας που

εκπέμπεται στα 380 nm, ή και σε μικρότερο μήκος κύματος, αποτρέποντας έτσι την είσοδο σχεδόν όλης της υπεριώδους ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Τα υλικά αυτά αποτελούν ένα εργαλείο της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών καθώς μειώνουν τους πληθυσμούς των αλευρωδών, θριπών, φυλλορυκτών και αφίδων, μειώνοντας και την εμφάνιση των ασθενειών που αυτά μεταδίδουν. Η Φαιά Σήψη και άλλες ασθένειες ελέγχονται μέσω της παρεμπόδισης της σποριοποίησης των αντίστοιχων μυκήτων. Με την ταυτόχρονη απαίτηση για μείωση της εφαρμογής των χημικών ουσιών, η χρήση των υλικών αυτών συνιστάται για τις περισσότερες θερμοκηπιακές καλλιέργειες.



Εικόνα 9. Επίδραση των UV-blockers στους πληθυσμούς των εντόμων.

Έρευνες διεξάγονται σε εργαστηριακό επίπεδο και σε θερμοκήπια, προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση της απουσίας της υπεριώδους ακτινοβολίας στην ανάπτυξη και μορφολογία των φυτών.

1.2.1. Φυτοπροστατευτικός ρόλος των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία

Τα τελευταία χρόνια τα πλαστικά υλικά κάλυψης που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον ως ένα εναλλακτικό, οικολογικό μέσο φυτοπροστασίας για τα ολοκληρωμένα συστήματα καλλιέργειας.

Σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που αφορούν στην επίδραση των πλαστικών αυτών στην ανάπτυξη των ασθενειών, στον πληθυσμό και τη συμπεριφορά των κυριότερων επιζήμιων εντόμων αλλά και στο ρυθμό εξάπλωσης των ιώσεων και τα οφέλη της χρήσης των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην

υπεριώδη ακτινοβολία στον έλεγχο των εχθρών και ασθενειών των θερμοκηπιακών καλλιεργειών έχουν ήδη αποδειχθεί.

Καθώς οι ιογενώς μεταδιδόμενες ασθένειες είναι αδύνατο να θεραπευτούν ενώ παράλληλα επιτακτική είναι η ανάγκη της προστασίας του περιβάλλοντος από τοξικά φυτοφάρμακα, έχουν αναπτυχθεί καλλιεργητικές μέθοδοι οι οποίες έχουν σαν στόχο να μειώσουν τη ζημιά λόγω των ασθενειών μέσω της διακοπής του επιδημιολογικού κύκλου (Antignus 2000). Τα υλικά κάλυψης που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία αποτελούν ένα φυσικό μέσο παρεμπόδισης της πτήσης και του προσανατολισμού των αλευρωδών μέσω της διαφοροποίησης του φάσματος και χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στις χώρες της Μεσογείου (Rapisarda 2006). Επιπλέον, η μερική ή η πλήρης απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας διακόπτει το βιολογικό κύκλο πολλών μυκήτων και μεταβάλλει την οπτική συμπεριφορά πολλών εντόμων (Ravin and Antignus, 2004).

Οι πρώτοι ερευνητές οι οποίοι παρουσίασαν την επίδραση της έλλειψης της υπεριώδους ακτινοβολίας στην σποριοποίηση των μυκήτων ήταν οι Honda, Toki και Yunoki το 1977 (Ravin and Antignus, 2004). Οι ερευνητές συνέκριναν δύο κοινά υλικά κάλυψης, εκ των οποίων το ένα απέκοπτε την ακτινοβολία στα 300 nm ενώ το άλλο, ένα απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία, στα 390 nm. Η Φαιά Σήψη του αγγουριού και της τομάτας η οποία προκαλείται από τον *Botrytis cinerea* και η Σκληρωτινίαση στη μελιτζάνα και το αγγούρι, η οποία προκαλείται από τον *Sclerotinia sclerotiorum*, ήταν σημαντικά μειωμένες στο υλικό το απορροφητικό της υπεριώδους. Σε πειράματα στο εργαστήριο βρέθηκε ότι η σποριοποίηση του *Botrytis cinerea* δεν πραγματοποιείται σε μήκη κύματος μεγαλύτερα από 345 nm.

Η πρώτη απόδειξη πως τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία υλικά πιθανόν να μειώνουν την εισβολή των εντόμων στα θερμοκήπια, ήρθε από την Ιαπωνία. Οι Nakagaki et al. (1982) ανέφεραν πως οι πληθυσμοί των *Aphis gossypii*, *Trialeurodes* και *Vaporariorum* Wesrwood ήταν χαμηλότεροι σε τομάτες οι οποίες καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπια κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο το οποίο απέκοπτε την υπεριώδη σε σύγκριση με το κοινό θερμοκήπιο. Οι θρίπες (*F. occidentales* και *Scirtothrips dorsalis* Hood), επίσης βρέθηκαν σε χαμηλότερες πυκνότητες, ενώ παρόμοια τάση σημειώθηκε και για τον φυλλορύκτη *Liriomyza bryoniae* (Ravin 2004).

Κατά τη διάρκεια διετούς έρευνας στη Σικελία επιβεβαιώθηκε η αξιοπιστία των υλικών κάλυψης των απορροφητικών της UV ως μέσο του ολοκληρωμένου ελέγχου

του πληθυσμού του *Bemisia tabaci* και της μείωσης του *TYLCD* (*Tomato Yellow Leaf Curl Disease*) σε καλλιέργεια τομάτας υπό κάλυψη. Πιο συγκεκριμένα η παρουσία των αλευρώδων και η συχνότητα εξάπλωσης του *TYLCD* ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες στα θερμοκήπια τα οποία ήταν καλυμμένα με τα υλικά τα απορροφητικά στη UV, καθώς κυμαίνονταν από 0.0 έως 0.5 ενήλικα / φύλλο (έναντι 1-5 ενήλικα / φύλλο στο μάρτυρα) και από 0 έως 25% όσο αφορά στην εμφάνιση του *TYLCD* (έναντι 4-70% στο μάρτυρα). Χαρακτηριστικό είναι ότι ακόμη και στις περιπτώσεις που παρατηρήθηκαν ίδιες πυκνότητες του αλευρώδους εντός των θερμοκηπίων (όπως προέκυψε από την καταμέτρηση στις κίτρινες κολλητικές παγίδες), η μείωση της υπεριώδους είχε σαν αποτέλεσμα την ελάχιστη παρουσία του εχθρού στα φυτά. Έτσι, και η εξάπλωση του ιού ήταν σημαντικά χαμηλότερη στα θερμοκήπια τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία (Rapisarda 2006).

Κατά τη μελέτη των ιδιοτήτων διαφορετικής κατασκευής μονοστρωματικών και τριστρωματικών υλικών κάλυψης απορροφητικών στη UV σε πραγματικές συνθήκες σε καλλιέργεια πεπονιού και τομάτας, οι González et al. (2004) παρατήρησαν ότι οι πληθυσμοί των ενήλικων του *Bemisia tabaci* και του *Frankliniella occidentalis* ήταν χαμηλότεροι σε θερμοκήπια καλυμμένα με μονοστρωματικά φύλλα πολυαιθυλενίου απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία σε σχέση με το μάρτυρα, σε δύο πειραματικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν. Καταγράφηκαν από 55 έως 82% λιγότεροι θρίπες σε σχέση με το μάρτυρα στην πρώτη δοκιμή και από 16 έως 64% κατά τη δεύτερη δοκιμή. Στα τριστρωματικά φύλλα καταγράφηκαν μεγαλύτεροι πληθυσμοί του *Bemisia tabaci* και αυτό αποδόθηκε από τους ερευνητές στη μεγαλύτερη θερμοκρασία που δημιουργείται στο θερμοκήπιο εξαιτίας των φύλλων αυτών. Παράλληλα, στη δεύτερη δοκιμή κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε η τομάτα ως πειραματικό φυτό, παρατηρήθηκε σημαντικά χαμηλότερη εμφάνιση του *TYLCD* σε σχέση με το μάρτυρα.

Οι Kumar and Poehling (2006) μελέτησαν την επίδραση θερμοκηπίων κατασκευασμένων από συνδυασμό διχτύων και πλαστικών απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία, σε τρεις σημαντικούς εχθρούς της τομάτας: τον αλευρώδη *Bemisia tabaci*, τον θρίπα *Ceratophrisoides claratris* και την αφίδα *Aphis gossypii*. Στα θερμοκήπια τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία καταγράφηκαν σημαντικά λιγότερες αφίδες και αλευρώδεις ανά φύλλο ενώ ακόμη και οι θρίπες οι οποίοι κυριαρχούν σε πληθυσμό, στα θερμοκήπια τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία ήταν σημαντικά λιγότεροι. Συνεπώς, παρατηρήθηκαν και σημαντικά

χαμηλότερα επίπεδα προσβολών. Σε δοκιμές κατά τις οποίες τα ανοίγματα αερισμού παρέμεναν ανοιχτά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, στα θερμοκήπια τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία το ποσοστό μόλυνσης ήταν 6-10% σε σύγκριση με τα μη απορροφητικά στα οποία άγγιξε και το 100% (96-100%). Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συνδυασμένη χρήση διχτύων εντομοστεγανότητας και πλαστικών υλικών, απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία επηρεάζει σημαντικά τη μεταναστευτική συμπεριφορά των εχθρών αλλά και τις ιογενώς μεταδιδόμενες ασθένειες των οποίων τα έντομα αυτά είναι φορείς.

Περαιτέρω οι Mutwiwa and Tantau (2005) πρότειναν τη χρήση λάμπας εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας για την προστασία των θερμοκηπιακών καλλιεργειών από τον σπουδαιότερο αλευρώδη των ευρωπαϊκών θερμοκηπίων *Trialeurodes vaporariorum*. Τα αποτελέσματα έρευνας με tunnels έδειξαν ότι όταν στο εσωτερικό τους δημιουργήθηκε διαφορά στην ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας, εκείνο με την υψηλότερη προσέλυσε πάνω από 17 φορές περισσότερους αλευρώδεις. Όταν στα tunnels η υπεριώδης ακτινοβολία είχε την ίδια ένταση, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στον αριθμό των αλευρώδων που καταμετρήθηκαν. Οι ερευνητές πρότειναν πως συνδυάζοντας τη χρήση κίτρινων κολλητικών παγίδων με λάμπες εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας για την παγίδευση του *Trialeurodes vaporariorum*, με την κάλυψη των θερμοκηπίων με υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας και τη χρήση των βιο-εντομοκτόνων, πιθανότατα να προκύψει μια εναλλακτική στη χρήση των εντομοκτόνων, χωρίς απαραίτητα να επηρεαστεί η συμπεριφορά των ωφέλιμων εντόμων.

1.2.2. Επίδραση των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία στην καλλιέργεια

Όπως αναφέρθηκε η χρήση των πλαστικών των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία σαν υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων έχει αρχίσει να εξαπλώνεται στις καλλιέργειες υπό κάλυψη. Παρόλο που τα αποτελέσματα της χρήσης τους στη διαχείριση των εντόμων και ασθενειών έχει συγκεντρώσει το ενδιαφέρον, λίγες μελέτες επικεντρώνονται στην επίδρασή τους στα καλλιεργούμενα φυτά (Kittas 2006).

Οι Kittas et al. (2004) μελέτησαν την επίδραση των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία στην αύξηση και ανάπτυξη υδροπονικής

καλλιέργειας τομάτας. Χρησιμοποιήθηκαν τρία όμοια θερμοκήπια τα οποία ήταν καλυμμένα με υλικά με διαφορετικό συντελεστή διαπερατότητας (μάρτυρας 5%, 3% και 0%). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μείωση της εισερχόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας προκάλεσε αύξηση του ύψους των φυτών καθώς τα φυτά στο θερμοκήπιο με 0% περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία ήταν 19% υψηλότερα σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα και 7% υψηλότερα σε σχέση με τα φυτά του θερμοκηπίου με 3% περατότητα στην υπεριώδη. Επιπλέον, η μείωση της εισερχόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας προκάλεσε σημαντική αύξηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) η οποία αποδόθηκε σε αυξημένο αριθμό φύλλων στο θερμοκήπιο με 0% περατότητα. Ο υψηλός δείκτης φυλλικής επιφάνειας συμβάλλει στη βελτίωση της διαδικασίας του φυσικού δροσισμού του θερμοκηπίου, διαμέσου του αυξημένου ρυθμού διαπνοής των φυτών ο οποίος επηρεάζει θετικά το μικροκλίμα του θερμοκηπίου και τη φυσιολογική κατάσταση των φυτών. Επιπλέον, παρατηρήθηκε πως η έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν επηρέασε τη δραστηριότητα των βομβίνων οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την επικονίαση των φυτών ενώ παράλληλα στο θερμοκήπιο με 0% περατότητα σημειώθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός καρπών ανά φυτό, το μεγαλύτερο βάρος ανά καρπό, συνεπώς και η υψηλότερη συνολική παραγωγή.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως από την πλευρά του παραγωγού δεν είναι επιθυμητή η δημιουργία ψηλών φυτών. Προτιμότερα είναι φυτά με κοντά φύλλα και μεσογονάτια, φυτά δηλαδή που διευκολύνουν τη συγκομιδή και ανθίστανται στο βάρος των ταξικαρπιών. Βέβαια, στη χώρα μας η κοινή πρακτική είναι τα φυτά να υποστύλωνονται και να κορυφολογούνται.

Οι Gonzáles et al. (2004), μελετώντας την επίδραση διαφορετικής κατασκευής μονοστρωματικών και τριστρωματικών υλικών κάλυψης απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία σε πραγματικές συνθήκες σε καλλιέργεια πεπονιού και τομάτας, παρατήρησαν γενικά ότι και στις δύο δοκιμές στα θερμοκήπια τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία η συνολική παραγωγή ήταν κατά 14-19%, σημαντικά αυξημένη σε σχέση με το μάρτυρα. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε τόσο στο μεγαλύτερο αριθμό καρπών ανά θερμοκήπιο όσο και στο μεγαλύτερο βάρος ανά καρπό. Ωστόσο, κατά το τέλος της πρώτης δοκιμής, παρατήρησαν ότι ενώ οι βομβίνοι διατήρησαν τον αρχικό τους πληθυσμό στο θερμοκήπιο του μάρτυρα, στα θερμοκήπια τα οποία ήταν καλυμμένα με υλικά απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία ο αριθμός τους μειώθηκε στο μισό ή ακόμη και στο 25% .

Σε πειράματα τα οποία έχουν διεξαχθεί στην Ιαπωνία, δεν εντοπίστηκε σημαντική διαφορά στην αύξηση, στην παραγωγή, στο χρόνο ωρίμανσης αλλά και στην παραγωγή νωπού και ξηρού βάρους, σε τομάτες, πιπεριές και αγγούρια τα οποία αναπτύχθηκαν σε συμβατικά ή σε απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας θερμοκήπια (Ravin 2004).

Μελετήθηκε η επίδραση υλικών κάλυψης απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία στη διαχείριση εχθρών οργανικών θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπια τύπου tunnel, ραδίκι, αντίδι, παντζάρι, σπανάκι, μαρούλι και άλλα είδη *Brassica*. Παρόλο που οι ερευνητές δεν πραγματοποίησαν μετρήσεις στην καλλιέργεια, αναφέρουν ότι τα φυτά στο θερμοκήπιο το απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία εγκαταστάθηκαν και αναπτύχθηκαν γρηγορότερα και είχαν μεγαλύτερο τελικό μέγεθος σε σχέση με τα φυτά στο μη απορροφητικό της υπεριώδους θερμοκήπιο. Η διαφορά στο τελικό μέγεθος των φυτών ήταν ιδιαίτερα έντονη στην καλλιέργεια του μαρουλιού (Morris 2004).

Οι Kittas et al. (2006) μελέτησαν την επίδραση δύο διαφορετικών υλικών κάλυψης απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία (0 και 3% περατότητα) στην αύξηση και ανάπτυξη υδροπονικά καλλιεργούμενης μελιτζάνας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα φυτά τα οποία αναπτύχθηκαν στο θερμοκήπιο με 0% περατότητα στην υπεριώδη ήταν περίπου 21% ψηλότερα σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα (5% περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία). Παράλληλα, το γινόμενο μήκος x πλάτος φύλλου ήταν κατά 17% αυξημένο σε σχέση με εκείνο των φυτών του μάρτυρα. Δεδομένου ότι η παραγωγή ήταν λίγο αυξημένη σε ποσότητα (20%) και ποιότητα (μεγαλύτεροι καρποί) στο θερμοκήπιο με 0% περατότητα στην υπεριώδη, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η υδροπονική καλλιέργεια μελιτζάνας είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί κάτω από συνθήκες έλλειψης υπεριώδους ακτινοβολίας με τα ίδια ή καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με ένα συμβατικό θερμοκήπιο. Επιπρόσθετα, η έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας θα μειώσει τις προσβολές από έντομα και ασθένειες αλλά και το κόστος από τη μείωση της χρήσης φυτοπροστατευτικών ουσιών, πάντοτε προς όφελος του παραγωγού.

1.2.3. Επίδραση των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία στο περιβάλλον του θερμοκηπίου

Οι Baytorun et al. (1994) μελέτησαν την επίδραση στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου, διαφορετικών ποσοτήτων σε πρόσθετα στα υλικά κάλυψης, πρόσθετα υπεύθυνα για εναλλαγές της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η θερμοκρασία θερμοκηπίου καλυμμένο με υλικά τα οποία περιείχαν UV και IR πρόσθετα ήταν 0,5 και 1,5 °C υψηλότερη σε σχέση με εκείνα τα οποία περιείχαν UV και καθόλου πρόσθετα αντίστοιχα.

Οι Kittas et al. (2004) δεν παρατήρησαν διαφορά στη θερμοκρασία ημέρας μεταξύ του μάρτυρα (UV_{5%}) και του θερμοκηπίου το οποίο είχε 3% περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV_{3%}). Το θερμοκήπιο με 0% περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV_{0%}) είχε 1,5°C περίπου υψηλότερη θερμοκρασία ημέρας σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις λόγω αστοχίας του συστήματος ελέγχου της θέρμανσης. Κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη θερμοκρασία μεταξύ των τριών θερμοκηπίων. Όσο αφορά στην περατότητα των τριών θερμοκηπίων στην ηλιακή ακτινοβολία, παρατηρήθηκε ότι η διαπερατότητα του (UV_{3%}) ήταν σημαντικά χαμηλότερη (70%) σε σχέση με το μάρτυρα και το (UV_{0%}) των οποίων η διαπερατότητα ήταν 77,3% και 79% αντίστοιχα. Ωστόσο, το γεγονός αυτό αποδόθηκε από τους ερευνητές στην κατασκευή του συγκεκριμένου θερμοκηπίου.

Οι Rapisarda et al. (2006), επίσης, υποστήριξαν ότι τα φωτοεκλεκτικά υλικά δημιούργησαν κατάλληλες τιμές των κλιματικών παραμέτρων εντός των θερμοκηπίων επαληθεύοντας την αξιοπιστία τους ως υλικά κατάλληλα για χρήση σε εμπορικά θερμοκήπια. Η μέση θερμοκρασία εντός των θερμοκηπίων των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία, όπως υπολογίστηκε για τρεις ημέρες αντιπροσωπευτικές των πιο κρίσιμων κλιματικών συνθηκών του πειράματος, ήταν 32°C έναντι 27°C που ήταν η μέση εξωτερική θερμοκρασία. Παράλληλα, η διαπερατότητα των υλικών στο φάσμα του ορατού μειώθηκε λιγότερο από 1,5% στα δύο έτη χρησιμοποίησής τους για τις ανάγκες του πειράματος.

Οι Kittas et al. (2006) δεν παρατήρησαν διαφορές στις κλιματικές παραμέτρους μεταξύ τριών θερμοκηπίων με 5% (μάρτυρας), 3% και 0% περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη θερμοκρασία, παρόλο που στο UV_{3%} ο ρυθμός αερισμού ήταν μειωμένος λόγω της θέσης του, αλλά ούτε και στο έλλειμμα κορεσμού υδρατμών τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας εξαιτίας του

αερισμού όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας παρόλο που τα ανοίγματα αερισμού ήταν κλειστά. Παράλληλα, η εισερχόμενη ακτινοβολία ήταν παρόμοια μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων, καθώς οι διαφορές στη διαπερατότητα των θερμοκηπίων δεν ξεπέρασαν το 2% .

1.3. Δίκτυα εντομοστεγανότητας

Τα δίκτυα εντομοστεγανότητας χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ως εργαλείο της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών στα θερμοκήπια, δρώντας ως μηχανικό εμπόδιο στην είσοδο των εντόμων. Η χρήση τους μειώνει την έκθεση του παραγωγού στα εντομοκτόνα, αποκλείει ή ελαχιστοποιεί την είσοδο των εντόμων μειώνοντας ταυτόχρονα και την εμφάνιση των ασθενειών των οποίων είναι φορείς, επιβραδύνει την ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα και παρατείνει τη χρησιμότητά τους.

Στα μειονεκτήματα της χρήσης τους περιλαμβάνονται η δυσκολία εγκατάστασης και προσαρμογής τους στη θερμοκηπιακή κατασκευή, το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης και η μειωμένη πρόσβαση στο θερμοκήπιο. Παράλληλα, πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι σε περίπτωση εισόδου στο θερμοκήπιο, τα έντομα θα διατηρηθούν μέσα σ' αυτό λόγω της ύπαρξης των δικτύων. Τέλος, επηρεάζουν το μικροκλίμα του θερμοκηπίου μειώνοντας τον αερισμό (Ajwang 2002).

1.3.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιούμενων δικτύων

Τα δίκτυα είναι πορώδη υλικά των οποίων τα κυριότερα χαρακτηριστικά είναι ο τρόπος και το υλικό κατασκευής, που καθορίζουν τη διάρκεια ζωής σε πραγματικές συνθήκες και το σχήμα και οι διαστάσεις των οπών, που καθορίζουν την ικανότητά τους να εμποδίζουν την είσοδο των εντόμων αλλά και την επίδρασή τους στη ροή του αέρα.

Όσο αφορά στον τρόπο κατασκευής τα δίχτυα διακρίνονται σε συγκολλημένα ή χυτά (spun-bonded), πλεκτά (woven) και διάτρητα (perforated), ενώ τα συνηθέστερα υλικά κατασκευής τους είναι τα πλαστικά υλικά (πολυαιθυλένιο και πολυεστέρας). Το υλικό το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή των δικτύων επηρεάζει διάφορα χαρακτηριστικά τους. Τα μεταλλικά δίχτυα παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αλλά είναι και τα ακριβότερα, ενώ τα δίχτυα από πολυεστέρα έχουν μικρές οπές οι οποίες αποκλείουν μικρού μεγέθους έντομα. Τα πλαστικά υλικά και ειδικότερα το πολυαιθυλένιο γηράσκουν γρήγορα λόγω της έκθεσης στην ακτινοβολία. Πέραν των συμβατικών δικτύων εντομοστεγανότητας κυκλοφορούν και τα βιο-δίχτυα (Bionets) τα οποία παρεμποδίζουν την είσοδο των εντόμων τόσο με μηχανικό τρόπο όσο και λόγω των οπτικών τους ιδιοτήτων, καθώς είναι απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί διάκριση των δικτύων ως προς τις διαστάσεις των οπών χρησιμοποιούνται οι παρακάτω παράμετροι:

- Αριθμός mesh: περιγράφει τον αριθμό των κόμπων ή κατακόρυφων νημάτων που συναντώνται σε μήκος μιας ίντσας (1 ίντσα = 2,54cm).
- Διαστάσεις οπών: συνήθως δίνεται το μήκος και το πλάτος των οπών σε μικρόμετρα.
- Πυκνότητα οπών: είναι ο αριθμός οπών ανά μονάδα επιφάνειας.

Όσο αφορά στα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά των δικτύων ως πορώδη υλικά, αυτά περιγράφονται από τις εξής δύο παραμέτρους:

- Το πορώδες (porosity): ορίζεται ως ο λόγος του όγκου των οπών ενός υλικού προς το συνολικό όγκο. Στην περίπτωση των δικτύων τα οποία είναι κατασκευασμένα από πολύ λεπτά υλικά, το πορώδες (E) υπολογίζεται από το λόγο της επιφάνειας που καταλαμβάνουν οι οπές (A_v) προς την αντίστοιχη συνολική επιφάνεια του δικτύου (A), $E=A_v/A$.
- Τη διαπερατότητα (permeability): καθορίζει την ικανότητα του υλικού να μεταδίδει το ρευστό (αέρα) διαμέσου του όγκου του. Η διαπερατότητα εξαρτάται από το πορώδες του υλικού αλλά και από τα χαρακτηριστικά των οπών και είναι ανεξάρτητη από τη φύση του ρευστού.

Πρέπει να αναφερθεί ότι ενώ στην πράξη πέραν του εμπορικού ονόματος συνήθως χρησιμοποιείται ο αριθμός mesh, αυτό δεν αποτελεί σαφή ένδειξη των

διαστάσεων των οπών ενός δίχτυου. Συγκρίνοντας δύο δίχτυα με τον ίδιο αριθμό mesh αλλά με διαφορετική διάμετρο νήματος γίνεται φανερό ότι το δίχτυ με τη μεγαλύτερη διάμετρο έχει μικρότερες οπές.

1.3.2. Φυτοπροστατευτική δράση των δικτύων εντομοστεγανότητας

Η χρήση φυσικών εμποδίων όπως τα δίχτυα εντομοστεγανότητας στα ανοίγματα αερισμού των θερμοκηπίων εφαρμόζεται στη μεσογειακή λεκάνη από το 1990 κυρίως για την προστασία των καλλιεργειών από την ίωση του *TYLCD* (*Tomato Yellow Leaf Curl Disease*), (Berlinger and Lebiush Mordechi 1996) και έχει εξαπλωθεί τα τελευταία χρόνια καθώς τα εντομολογικά προβλήματα είναι πιο έντονα στις μεσογειακές χώρες. Αποτελέσματα ερευνών έδειξαν ότι ο πληθυσμός του θρίπα μπορεί να μειωθεί σημαντικά χρησιμοποιώντας δίχτυα με μικρό μέγεθος οπών (0,18mm x 0,18mm), (Berlinger 1993) καθώς και ότι η χρήση δικτύων είναι πιθανώς το πιο αποτελεσματικό μέσο για την παρεμπόδιση της εισόδου του αλευρώδη στα θερμοκήπια (Berlinger and Lebiush-Mordechi 1996). Εντός 4-6 ωρών ο αλευρώδης *Bemisia tabaci* μπορεί να μεταδώσει το *TYLCV* σε ένα υγιές φυτό με πιθανότητα 80%. Από το 1990 έως το 2000, πρακτικά το σύνολο των καλλιεργειών της επιτραπέζιας τομάτας στο Ισραήλ πραγματοποιείται με την εφαρμογή δικτύων εντομοστεγανότητας, η οποία έχει αποδειχθεί ότι είναι οικονομικά συμφέρουσα ως μέθοδος της διαχείρισης εχθρών (Berlinger 2002).

Οι Bethke and Payne (1991) προσπάθησαν να προσδιορίσουν εργαστηριακά το κατάλληλο μέγεθος οπών για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των κυριοτέρων εντόμων των θερμοκηπίων. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι τα καταλληλότερα μεγέθη οπών ήταν τα 640μm για την αντιμετώπιση του φυλλορύκτη (*Liriomyza trifolii*), 340 μm για την αφίδα (*Aphis gossypii*), 462μm για τον αλευρώδη του καπνού (*Bemisia tabaci*) και 192μm για τον θρίπα της καλιφόρνιας (*Frankliniella occidentalis*).

Οι Hanafi et al. (2003) μελέτησαν την επίδραση του μεγέθους mesh στον πληθυσμό του *Bemisia tabaci* και στη συχνότητα εμφάνισης του *TYLCD* (*Tomato Yellow Leaf Curl Disease*). Οι εργαστηριακές μετρήσεις έδειξαν ότι προκλήθηκε σημαντική μείωση της εισόδου του αλευρώδους μέσω των δικτύων με το μικρότερο μέγεθος οπών. Πιο συγκεκριμένα για τα δίχτυα 10*14, 10*20 και 10*22 που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα τα αντίστοιχα ποσοστά διείσδυσης ήταν 77,5% ,

6,83% και 0,0%. Όσο αφορά στον *Trialeurodes vaporariorum* τα ποσοστά ήταν 74,2% στο δίχτυ 10*14, 0,9% στο 10*20 και 0,4% στο 10*22. Οι δοκιμές στον αγρό έδειξαν ότι το δίχτυ με μέγεθος οπών 10*20 παρέχει πιο αποτελεσματικό αποκλεισμό του *Bemisia tabaci* και άλλων αλευρωδών και μειώνει σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης του *TYLCD*, σε σχέση με το 10*14 που είναι εκείνο το οποίο χρησιμοποιείται κατά κόρον στην περιοχή. Τα ποσοστά εμφάνισης του ιού ήταν 23,4% έναντι 100%.

Το κίτρινο καρούλιασμα των φύλλων της τομάτας θεωρείται το σημαντικότερο πρόβλημα της καλλιέργειας στο Ισραήλ, καθώς παρά τους καθημερινούς σχεδόν ψεκασμούς, απώλειες της τάξης του 100% αναφέρονται συχνά όταν οι πληθυσμοί των αλευρωδών είναι αυξημένοι. Η χρήση δικτύων εντομοστεγανότητας 50mesh θεωρείται επιβεβλημένη, καθώς βρέθηκε ότι μειώνει δραματικά τον αριθμό των αλευρωδών που εισβάλουν στο θερμοκήπιο (Polston 2007). Σε συνδυασμό με λίγους ψεκασμούς, η συχνότητα εμφάνισης του *TYLCV*, 18 εβδομάδες μετά τη μεταφύτευση ήταν μόλις 1%, πολύ πιο κάτω από το επίπεδο σημαντικής οικονομικής ζημίας, ενώ η μείωση της χρήσης των φυτοφαρμάκων επέτρεψε και την εισαγωγή εντόμων επικονιαστών. Παρόλο που στα φυτά του μάρτυρα εφαρμόστηκαν καθημερινοί ψεκασμοί, η εξάπλωση της ίωσης έφτασε στο 100% (Berlinger and Lebiush Mordechi, 1996). Ωστόσο, οι ερευνητές αναφέρουν ότι ενώ το δίχτυ των 50mesh είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στον αποκλεισμό των αλευρωδών, η χρήση του ως αποκλειστικό μέσω αντιμετώπισης του *TYLCV* αποδεικνύεται ανεπαρκής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κάποια έντομα οπωσδήποτε θα εισέλθουν μέσω πιθανών ανοιγμάτων στις εισόδους ή μεταφερόμενα από το προσωπικό. Επομένως, θεωρείται επιβεβλημένη η συνδυασμένη χρήση των δικτύων εντομοστεγανότητας και των εντομοκτόνων (Polston 2007).

1.3.3. Επίδραση των δικτύων στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου

Τα δίχτυα εντομοστεγανότητας, ευρέως χρησιμοποιούμενα στις μεσογειακές περιοχές, μπορεί να επηρεάσουν δυσμενώς το μικροκλίμα στο θερμοκήπιο, προκαλώντας υπερθέρμανση και περιορίζοντας τον αερισμό (Rapisarda 2006).

Επιπλέον, η χρήση τους επιδρά αρνητικά στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στο θερμοκήπιο, καθώς τα χαρακτηριστικά και η συμπεριφορά των δικτύων

εντομοστεγανότητας μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με αυτά των θερμοκουρτινών και των διχτύων σκίασης (Miguel 1994) .

Έρευνες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο Πανεπιστήμιο του Hanover, έδειξαν ότι η πλειοψηφία των υλικών τα οποία χρησιμοποιούνται ως δίχτυα εντομοστεγανότητας έχουν περατότητα στην PAR μεγαλύτερη του 70%. Ωστόσο, κάποια μαύρα δίχτυα έχουν παρουσιάσει χαμηλή διαπερατότητα στην PAR, για παράδειγμα 40%. Παράλληλα, υπάρχουν και τα βιο-δίχτυα τα οποία πέρα από το φυσικό εμπόδιο που αποτελούν για την είσοδο των εντόμων στο θερμοκήπιο, τροποποιούν την ακτινοβολία στο φάσμα της υπεριώδους και έτσι αποπροσανατολίζουν τα έντομα, προς αποτροπή εισόδου τους στο θερμοκήπιο (Ajwang 2002).

Τα δίχτυα εντομοστεγανότητας μπορεί να επηρεάσουν την ποσότητα αλλά και την ποιότητα της ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου, ωστόσο, η μείωση του ρυθμού αερισμού, η οποία συνεπάγεται αύξηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του θερμοκηπίου, είναι το πιο κρίσιμο σημείο της χρησιμοποίησής τους (Ajwang 2002).

1.3.4. Επίδραση των διχτύων στο φυσικό αερισμό του θερμοκηπίου

Το πρόβλημα που έχει ανακύψει από τη χρήση των διχτύων είναι ότι τα πιο αποτελεσματικά στον αποκλεισμό των εντόμων δηλαδή αυτά με το μικρότερο μέγεθος οπών μειώνουν σημαντικά τον αερισμό του θερμοκηπίου (Kittas et al. 2002).

Σε οποιοδήποτε σύστημα αερισμού η υπερβολική παρεμπόδιση της ροής του αέρα μπορεί να προκαλέσει υψηλότερες διαφορές στατικής πίεσης, ανεπαρκείς ανανεώσεις του αέρα και αύξηση της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου. Σε ένα σύστημα δυναμικού αερισμού αυτό σημαίνει, επιπλέον, αύξηση της κατανάλωσης της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία των ανεμιστήρων αλλά και επιπρόσθετη φθορά (Ajwang 2002).

Οι Sase and Christianson (1990) προσομοίωσαν την επίδραση της χρήσης των διχτύων εντομοστεγανότητας στη θερμοκρασία και στον αερισμό του θερμοκηπίου. Η μελέτη έδειξε ότι δίχτυα με πολύ μικρό συντελεστή αποφόρτισης ($C_d < 0.2$) μπορεί να προκαλέσουν αύξηση της θερμοκρασίας ακόμη και κατά 10°C σε συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας $500\text{W}/\text{m}^2$ και ταχύτητας ανέμου 1 m/s . Ωστόσο, οι ερευνητές

σημειώνουν ότι σε πραγματικές συνθήκες η λανθάνουσα θερμότητα της εξατμισοδιαπνοής θα επιφέρει μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας. Υπολογίστηκε ακόμη ότι σε ένα θερμοκήπιο με δίχτυα εντομοστεγανότητας και συντελεστή αποφόρτισης με τιμή 0.05, η ροή του αέρα θα είναι το 1/3 σε σχέση με ένα θερμοκήπιο χωρίς δίχτυα όπου δεν υπάρχει άνεμος.

Οι Bartzanas et al. (2005) διερεύνησαν αριθμητικά την επίδραση του τύπου του ανοίγματος και των δικτύων εντομοστεγανότητας στο μικροκλίμα τοξωτού θερμοκηπίου, με τη χρήση ενός εμπορικού κώδικα υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD Fluent®). Μελετήθηκαν δύο τύποι δικτύων οι οποίοι χρησιμοποιούνται συνήθως στα εμπορικά θερμοκήπια, ένα anti-bemisia δίχτυ με πορώδες 0,69 και ένα δίχτυ anti-aphid με πορώδες 0,56. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι η χρήση του anti-bemisia δικτύου μείωσε την ταχύτητα του αέρα κατά 30% σε σχέση με εκείνη ενός θερμοκηπίου χωρίς δίχτυ, ενώ η χρήση του anti-aphid κατά 70%. Στην περίπτωση που η εξωτερική ταχύτητα του αέρα ήταν $3,5 \text{ ms}^{-1}$, ο ρυθμός αερισμού μειώθηκε από $19 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ που ήταν στο θερμοκήπιο χωρίς δίχτυ στα $14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ με τη χρήση του anti-bemisia δικτύου και στα $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ με τη χρήση του anti-aphid. Οι αντίστοιχες τιμές της διαφοράς της μέσης θερμοκρασίας εσωτερικού-εξωτερικού αέρα ήταν $2,1^\circ\text{C}$, $2,8^\circ\text{C}$ και $4,2^\circ\text{C}$.

Οι Katsoulas et al. (2006) μελέτησαν την επίδραση ενός anti-aphid δικτύου στο ρυθμό αερισμού ενός τροποποιημένου τοξωτού θερμοκηπίου. Το δίχτυ το οποίο χρησιμοποιήθηκε ήταν 55x27mesh και είχε 50% πορώδες, ενώ προκειμένου να υπολογιστεί η παροχή αερισμού χρησιμοποιήθηκαν η μέθοδος της φθίνουσας συγκέντρωσης, με αέριο δείκτη Na_2O και η μέθοδος του ισοζυγίου ενέργειας. Στην περίπτωση που ο αερισμός του θερμοκηπίου πραγματοποιούνταν από τα πλευρικά μόνο ανοίγματα, βρέθηκε ότι η εγκατάσταση του δικτύου εντομοστεγανότητας μείωσε το συντελεστή $C_d\sqrt{C_w}$ και κατ' επέκταση το ρυθμό αερισμού κατά 33%. Ωστόσο, οι ερευνητές αναφέρουν ότι στην περίπτωση αυτή το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί με την εγκατάσταση ανοιγμάτων οροφής. Εξάλλου, βρέθηκε ότι η αντίσταση που προκαλεί η καλλιέργεια (drag effect) στον αερισμό ενός θερμοκηπίου όταν αυτός πραγματοποιείται μόνο από πλαϊνά ανοίγματα, χωρίς δίχτυα εντομοστεγανότητας, είναι τέτοια, ώστε ο αερισμός ενός θερμοκηπίου με ανοίγματα πλευρικά, οροφής και δίχτυα εντομοστεγανότητας να είναι αποτελεσματικότερος. Οι ερευνητές υπολόγισαν πως για την παραπάνω μείωση και προκειμένου να διατηρηθεί

η ροή αερισμού στα ίδια επίπεδα με εκείνη ενός θερμοκηπίου χωρίς δίχτυα εντομοστεγανότητας, θα πρέπει η επιφάνεια των ανοιγμάτων αερισμού να αυξηθεί κατά 50%.

Οι Harmanto et al. (2006) μελέτησαν την επίδραση του αριθμού mesh (χρησιμοποιήθηκαν δίχτυα εντομοστεγανότητας των 40, 52 and 78 mesh) στο μικροκλίμα και στο ρυθμό αερισμού θερμοκηπίων σε τροπικές συνθήκες. Η μέθοδος του ισοζυγίου των υδρατμών και η μέθοδος του ισοζυγίου ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη του ρυθμού ανανεώσεων του αέρα, και τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων φάνηκαν να συμφωνούν. Σε σύγκριση με το δίχτυ των 40 mesh παρατηρήθηκε μείωση του ρυθμού ανανεώσεων του αέρα κατά περίπου 50 και 35% στα θερμοκήπια με τα δίχτυα των 78 και 52 mesh αντίστοιχα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία εντός των θερμοκηπίων να αυξηθεί κατά 1-3°C. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι όσο αφορά στη θερμοκρασία, μόνο ελάχιστες διαφορές παρατηρήθηκαν χάρη στην ύπαρξη των πολύ μεγάλων ανοιγμάτων αερισμού. Ωστόσο, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στις τιμές της απόλυτης υγρασίας, η οποία ήταν διπλάσια στο θερμοκήπιο με το δίχτυ των 78mesh και κατά 50% αυξημένη στο θερμοκήπιο στο οποίο χρησιμοποιήθηκε το δίχτυ των 52 mesh. Καθώς το μικροκλίμα των θερμοκηπίων των τροπικών περιοχών ήδη αποκλείει ορισμένους σημαντικούς εχθρούς, οι ερευνητές αναφέρουν ότι το δίχτυ των 52 mesh θεωρείται καταλληλότερο για εμπορική χρήση στα θερμοκήπια αυτών των περιοχών.

Οι Fatnassi et al. (2006) πραγματοποίησαν υπολογιστική διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης δικτύων εντομοστεγανότητας (anti-Bemisia) στη ροή του αέρα και το μικροκλίμα ενός πολλαπλού θερμοκηπίου με καλλιέργεια τριανταφυλλιάς, έκτασης 1000m², με τη χρήση ενός εμπορικού κώδικα υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD). Η προσομοίωση της ροής αερισμού ελέγχθηκε με πειραματικές μετρήσεις και διαπιστώθηκε καλή συμφωνία μεταξύ των τιμών. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας εντός του θερμοκηπίου εξαιτίας της χρήσης των δικτύων μπορεί να εξισορροπηθεί με απλές επεμβάσεις στο σύστημα, όπως ο καταλληλότερος προσανατολισμός των ανοιγμάτων οροφής και η χρήση πλαϊνών ανοιγμάτων αερισμού.

Οι Polston and Lapidot (2007) προτείνουν η υιοθέτηση των 50mesh δικτύων, που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα υπερθέρμανσης και ανεπαρκούς αερισμού, να συνδυάζεται με τη χρήση συστήματος δυναμικού αερισμού υπερπίεσης, προκειμένου να πραγματοποιείται ικανοποιητικός αποκλεισμός των αλευρωδών και

παράλληλα να αποφεύγονται οι αρνητικές συνέπειες στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου.

Η μείωση της ροής του αέρα λόγω της ύπαρξης των δικτύων μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη υγρασία εντός του θερμοκηπίου, η οποία πιθανόν να σχηματίσει πάνω στις επιφάνειες των δικτύων ένα επιπλέον περιοριστικό στη ροή του αέρα στρώμα. Ωστόσο, το συγκεκριμένο πρόβλημα δεν έχει αναφερθεί ευρέως (Ajwang 2002).

Οι Linker et al. (2002) αναφέρουν ότι μια ακόμη σημαντική παράμετρος της χρήσης των δικτύων εντομοστεγανότητας είναι η συσσώρευση σκόνης στην επιφάνειά τους. Η πτώση πίεσης διαμέσου ενός καθαρού δικτύου των 50mesh είναι περίπου 10 φορές της δυναμικής πίεσης της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο δίχτυ. Η πτώση αυτή μπορεί να είναι αμελητέα σε σχέση με εκείνη η οποία δημιουργείται από τους ανεμιστήρες, είναι όμως ένα σημαντικό κλάσμα εκείνης που δημιουργείται λόγω της ταχύτητας του ανέμου. Μια κατά προσέγγιση ανάλυση του παραπάνω προβλήματος έδειξε ότι στην περίπτωση του φυσικού αερισμού, η συσσώρευση σκόνης στην επιφάνεια των δικτύων μπορεί να διπλασιάσει την αναμενόμενη, λόγω της χρήσης των δικτύων, αύξηση της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου.

1.3.5. Βιο-δίχτυα (Bionets)

Όπως αναφέρθηκε, τα βιο-δίχτυα αποτελούν ουσιαστικά ένα συνδυασμό δικτύων εντομοστεγανότητας και φωτοεκλεκτικών υλικών. Συγκεντρώνοντας τα πλεονεκτήματα και των δύο μεθόδων, τα βιο-δίχτυα αποκλείουν τα έντομα τόσο με μηχανικό τρόπο όσο και μέσω των οπτικών τους ιδιοτήτων, απορροφώντας την υπεριώδη ακτινοβολία.

Οι Antignus et al. (1998) αναφέρουν ότι το βιο-δίχτυ των 50mesh μείωσε σημαντικά την είσοδο του *Bemisia argentifolii* καθώς επίσης και την εξάπλωση του *TYLCD (Tomato Yellow Leaf Curl Disease)* σε καλλιέργεια τομάτας σε tunnels, σε σχέση με το συμβατικό δίχτυ του ίδιου μεγέθους οπών. Τα ποσοστά εξάπλωσης της ασθένειας στα tunnels με το βιο-δίχτυ και σε εκείνα με το συμβατικό δίχτυ ήταν 30 και 80% αντίστοιχα. Παράλληλα, η χρήση του βιο-δικτύου αποδείχθηκε σημαντικά αποτελεσματικότερη κατά του φυλλορύκτη (*Liriomyza trifolii*) και του τετράνυχου (*Tetranychus telarius*) στην τομάτα αλλά και κατά της αφίδας (*Aphis gossypii*) σε

καλλιέργεια αγγουριού. Ωστόσο, οι ερευνητές αναφέρουν πως τα βιο-δίχτυα δεν φάνηκε να υπερέχουν ως προς την αντιμετώπιση του θρίπα (*Frankliniella occidentalis*). Ο πληθυσμός του εντόμου δεν επηρεάστηκε από τις μηχανικές και τις οπτικές ιδιότητες των δικτύων καθώς ήταν παρόμοιος μεταξύ των μεταχειρίσεων. Επιπρόσθετα, η έρευνα έδειξε ότι τα βιο-δίχτυα των 16 και 30 mesh δεν κατάφεραν να μειώσουν την περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία μέχρι το όριο στο οποίο επηρεάζεται η όραση των εντόμων, με αποτέλεσμα ο τρόπος δράσης τους να παραμείνει μηχανικός και μη αποτελεσματικός για την προστασία των φυτών.

Οι ίδιοι ερευνητές προτείνουν τη χρησιμοποίηση των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία η οποία μπορεί να αντισταθμίσει τη χρήση βιο-δικτύων με μικρό αριθμό mesh τα οποία έχουν περιορισμένη ικανότητα να μπλοκάρουν την υπεριώδη ακτινοβολία. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι παρόμοιοι συνδυασμοί παρέχουν ένα βελτιωμένο περιβάλλον στην καλλιέργεια και ταυτόχρονα προστατεύουν τα φυτά από τα επιζήμια έντομα και τις ιογενώς μεταδιδόμενες ασθένειες.

1.4. Συνδυασμένη επίδραση υλικών κάλυψης απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία και δικτύων εντομοστεγανότητας

Όπως αναφέρθηκε το είδος του υλικού κάλυψης που θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή του θερμοκηπίου επηρεάζει το επίπεδο των πληθυσμών ορισμένων ειδών εντόμων και μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο καταπολέμησης σε ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης. Ωστόσο, ο σχεδιασμός του θερμοκηπίου και η ποσότητα του αφιλτράριστου φωτός που εισέρχεται στο σύστημα, είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν το αποτέλεσμα.

Έρευνα συνέκρινε τους πληθυσμούς των θριπών, αλευρωδών και αφίδων, σε εμπορικά θερμοκήπια τα οποία καλλιεργούνταν με καλλωπιστικά φυτά και επέτρεπαν τη διέλευση της UV σε διαφορετικά επίπεδα. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια συνολική μείωση του αριθμού των συλληφθέντων αφίδων και θριπών στις παγίδες και σε ορισμένα καλλωπιστικά είδη, στα θερμοκήπια στα οποία είχε τοποθετηθεί το απορροφητικό στη UV υλικό κάλυψης. Η μείωση, ωστόσο, που επιτεύχθηκε δεν ήταν παρόμοια με εκείνη στα κλειστά πειραματικά τούνελ (Costa et al. 1999). Το γεγονός

αυτό αποδόθηκε από τους ερευνητές στο αφιλτράριστο φως που έμπαινε από τα ανοίγματα αερισμού των θερμοκηπίων. Αυτός ήταν πιθανόν ο λόγος που δεν παρουσιάστηκε σημαντική μείωση του αριθμού του αλευρώδη *Trialeurodes vaporariorum* στο εσωτερικό των θερμοκηπίων που ήταν καλυμμένα με τα πλαστικά που μπλοκάρουν τη διέλευση της UV (Costa 2002).

Οι Rapisarda et al. (2006) μελετώντας τη συνδυασμένη επίδραση υλικών κάλυψης απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία και διχτύων εντομοστεγανότητας, στον πληθυσμό του *Bemisia tabaci* και στην εξάπλωση του *TYLCD* (*Tomato Yellow Leaf Curl Disease*) σε καλλιέργεια τομάτας, παρατήρησαν ότι τα περισσότερα από τα προσβεβλημένα φυτά εντοπίστηκαν περιμετρικά εντός των θερμοκηπίων ιδιαίτερα στην πλευρά των θερμοκηπίων η οποία ήταν εκτεθειμένη στους επικρατούντες άνεμους της περιοχής. Στα σημεία αυτά μικρότερου μεγέθους ενήλικα μπορούσαν να εισέρχονται διαμέσου των οπών του διχτύου (40mesh) εξαιτίας της δύναμης του ανέμου, αλλά και εξαιτίας του γεγονότος ότι μεγαλύτερο τμήμα του φωτός εισερχόταν από τα πλαϊνά του θερμοκηπίου (τα οποία δεν ήταν καλυμμένα με υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας) σε σχέση με την οροφή τους. Έτσι, πρότειναν ότι η εξάπλωση του *TYLCD* μπορεί να ελεγχθεί ικανοποιητικά με φυσικές μεθόδους διαμέσου της χρήσης των υλικών των απορροφητικών στη UV ακτινοβολία σαν υλικά κάλυψης της οροφής των θερμοκηπίων, της εφαρμογής παρόμοιων υλικών και στα σταθερά μέρη των πλευρών των θερμοκηπίων και της χρήσης διχτύων εντομοστεγανότητας διάστασης 50mesh στα ανοίγματα αερισμού και εισόδου των θερμοκηπίων.

Όσο αφορά στο δίχτυ των 50mesh, το οποίο χρησιμοποιείται κατά κόρον στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του Ισραήλ, οι Antignus et al. (1998) αναφέρουν ότι αδυνατεί να ασφαλίσει αεροστεγώς το θερμοκήπιο, ακόμη και από έντομα μεγαλύτερα του θρίπα όπως οι αφίδες, οι αλευρώδεις και οι φυλλορύκτες. Προκειμένου να ξεπεραστεί ο παραπάνω περιορισμός οι ερευνητές πρότειναν τη χρήση διχτύων με διπλή επίδραση στον αποκλεισμό των εντόμων, βασισμένη τόσο στις φυσικές τους όσο και στις οπτικές τους ιδιότητες.

Σε έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας, βρέθηκε ότι η χρήση των υλικών κάλυψης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία μείωσε κατά 50% την είσοδο των επιζήμιων εντόμων στα θερμοκήπια σε σχέση με το μάρτυρα. Το ποσοστό αυτό έφτασε στο 90% όταν η χρήση των παραπάνω υλικών κάλυψης συνδυάστηκε με

τη χρήση των βιο-διχτύων στα ανοίγματα αερισμού του θερμοκηπίου (El-Obeid 2006).

1.5. Υλικά κάλυψης απορροφητικά της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας

Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί τελευταία στο κομμάτι της Κοντινής Υπέρυθρης Ακτινοβολίας (Near Infrared Radiation, NIR, 700–3000 nm), η οποία δεν απαιτείται απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, αλλά η ενέργεια η οποία δημιουργεί η ακτινοβολία αυτή συμβάλλει στη θέρμανση του θερμοκηπίου άρα και της καλλιέργειας.

1.5.1. Η Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία

Από την ολική ακτινοβολία που εισάγεται στο θερμοκήπιο, μόνο περίπου το 50% είναι χρήσιμο για τη φωτοσύνθεση των φυτών (Φωτοσυνθετικά Ενεργός Ακτινοβολία, PAR). Σχεδόν όλη η υπολειπόμενη ενέργεια ανήκει στην Κοντινή Υπέρυθρη ακτινοβολία η οποία συμβάλλει στη θέρμανση του θερμοκηπίου και της καλλιέργειας (Kempkes 2008).

Η NIR συμμετέχει σημαντικά στη θέρμανση των φυτών. Απορροφάται κυρίως από τις εγκαταστάσεις και τα στοιχεία κατασκευής του θερμοκηπίου και λιγότερο απ' την καλλιέργεια και αυξάνει τη θερμοκρασία αέρα του θερμοκηπίου. Το αποτέλεσμα της θέρμανσης στα θερμοκήπια που προκαλείται από την ολική ακτινοβολία είναι επιθυμητό κατά τη διάρκεια των κρύων περιόδων, αλλά κατά τη διάρκεια των ζεστών περιόδων, η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο μπορεί να αυξηθεί σε ανεπιθύμητα επίπεδα, ώστε να είναι αδύνατη η παραγωγή της καλλιέργειας. Η μείωση των υψηλών θερμοκρασιών στα θερμοκήπια είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που πρέπει να λυθούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, στις περισσότερες χώρες παγκοσμίως (Hemming et al. 2006).

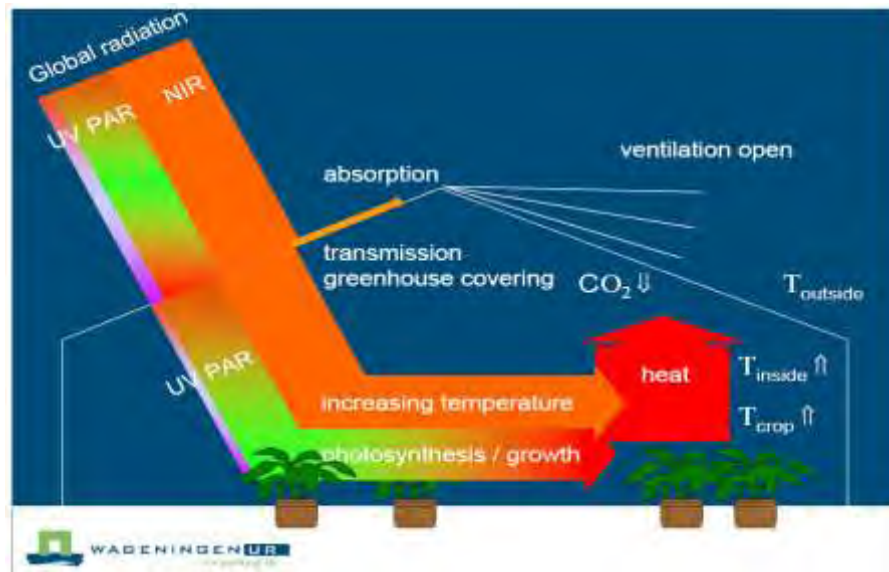
Η NIR δεν επηρεάζει άμεσα την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών (Giacomelli 1998). Η περιοχή κοντά στο ερυθρό 700–780nm, είναι σημαντική για την επιμήκυνση και άλλες μορφοποιητικές διαδικασίες των φυτών. Ο φωτοπεριοδισμός του φυτού εξαρτάται άμεσα από αυτή την περιοχή του φάσματος. Η μακρινή ερυθρή

ακτινοβολία (700-800 nm) προάγει την επιμήκυνση του βλαστού και η απουσία της οδηγεί στην δημιουργία κοντότερων φυτών, ενώ σε ορισμένα φυτά αναστέλλει την άνθηση. Πιο συγκεκριμένα ο λόγος της ροής των φωτονίων στο κόκκινο προς το μακρινό ερυθρό φάσμα (R/FR) χαρακτηρίζει την αντίδραση του φυτοχρώματος στο φως, το οποίο εμπλέκεται σε φαινόμενα μορφογένεσης όπως η ανάπτυξη των φύλλων και η ανάπτυξη των μίσχων (<http://www.sunflower.bio.indiana.edu/~rhangart/courses/b373/lecturenotes/photomorph/photomorph1.html>). Αύξηση του λόγου R/FR προάγει την έκπτυξη πλάγιων βλαστών, ενώ μειώνει το ρυθμό επιμήκυνσης αυτών και μείωση του λόγου μειώνει τη φυλλική επιφάνεια και την τάση δημιουργίας πλάγιας βλάστησης, ενώ αυξάνει την «κυριαρχία της κορυφής» και το ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών (Smith 1982). Επιπλέον, ο λόγος μπλε προς μακρινό κόκκινο (B/FR) σχετίζεται με το κρυπτόχρωμα (CRY1 και CRY2) το οποίο συνδέεται με τη φωτομορφογένεση, το φωτοπεριοδισμό και πιθανότατα με το φωτοτροπισμό (Kittas et al, 1999).

1.5.2. Μείωση των επιπέδων της NIR στο θερμοκήπιο

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου εξαιτίας της NIR είναι ανεπιθύμητη. Χωρίς την ύπαρξη επαρκούς αερισμού ή κάποιου συστήματος δροσισμού, η υψηλή θερμοκρασία γρήγορα θα δημιουργήσει συμπτώματα θερμικού στρες στα φυτά. Παράλληλα, ο επιπλέον αερισμός μειώνει τη συγκέντρωση του CO₂ εντός του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο ρυθμός της φωτοσυνθετικής λειτουργίας (Εικόνα 10). Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η φθηνότερη πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Φιλτράροντας την Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας περισσότερο από 10% (Kempkes 2008). Οι κατασκευαστές (ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.) του υλικού του ανακλαστικού στην Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία σημειώνουν ότι μετά από ψυχρές χειμωνιάτικες νύχτες, η θερμοκρασιακή αύξηση τις πρωινές ώρες πιθανόν να είναι μικρότερη υπό τα cooling films σε σχέση με τα συμβατικά πλαστικά υλικά κάλυψης. Ο Hemming (2009) συστήνει η χρήση των cooling films στις χώρες της μεσογειακής λεκάνης να πραγματοποιείται μόνο κατά τις θερμές περιόδους του

έτους σε θερμοκήπια στα οποία δεν χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα θέρμανσης το χειμώνα.



Εικόνα 10. Επίδραση της NIR στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και την καλλιέργεια κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Hemming 2008).

Για πολλά χρόνια επιστήμονες και εταιρείες έχουν ασχοληθεί με υλικά κάλυψης που θα μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά την εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου. Περίπου από το 1939 χρησιμοποιούνταν φιλμ νερού για τον περιορισμό των μέγιστων θερμοκρασιών καθώς εθεωρείτο πως η απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας ήταν ο τρόπος για να επιτευχθεί ο περιορισμός αυτός. Προκειμένου να μειωθεί η NIR περισσότερο επιλεκτικά ακολούθησαν έρευνες με διαλύματα CuSO_4 και άλλα έγχρωμα διαλύματα. Οι πρώτες λεπτομερείς έρευνες σε θερμοκήπιο με υγρό στην οροφή διεξήχθησαν από τον Morris et al. το 1958, ενώ άλλες ερευνητικές ομάδες ακολούθησαν με επιπλέον βελτιώσεις, προσομοιώματα και πειράματα. Το υγρό στην οροφή μειώνει την ηλιακή ενέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση και δροσισμό. Ανάλογα με το υγρό που θα χρησιμοποιηθεί και τη συγκέντρωση αυτού η NIR μειώνεται περισσότερο από την PAR. Ωστόσο, μια μείωση στην PAR δεν μπορεί να αποφευχθεί και αυτός είναι ο λόγος που περιορίζει και την καταλληλότητα του συστήματος. Επιπλέον, καθώς το σύστημα απαιτεί αξιοσημείωτη επένδυση για την κατασκευή και πρέπει να είναι απαλλαγμένο από διαρροές, οι Shen et al. το 1992 πρότειναν η έρευνα να επικεντρωθεί περισσότερο στα πλαστικά υλικά κάλυψης.

Τελευταία πράγματι η έρευνα έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη στερεών υλικών που φιλτράρουν τη NIR, όπως πλαστικά υλικά και γυαλί ή δίχτυα. Ακόμη έχουν αναπτυχθεί και βαφές οι οποίες φιλτράρουν τη NIR. Ο Kempkes (2008) αναφέρει ότι κυκλοφορούν διαφόρων ειδών πλαστικά υλικά, ανακλαστικά της NIR, σε εμπορική κλίμακα, ωστόσο, το μειονέκτημα πολλών από αυτά είναι ότι εμφανίζουν μειωμένη περατότητα και στο εύρος της PAR.

Η Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία στην επιφάνεια της οροφής του θερμοκηπίου μπορεί να υποστεί απορρόφηση και ανάκλαση. Κατά την ανάκλαση η ανεπιθύμητη ενέργεια ανακλάται εκτός θερμοκηπίου ενώ κατά την απορρόφηση το υλικό θερμαίνεται από την ενέργεια που απορροφά και ακτινοβολεί ένα μέρος της εκτός θερμοκηπίου και ένα μέρος της εντός θερμοκηπίου συμβάλλοντας στη θέρμανση του αέρα του θερμοκηπίου. Διαφορετικές τεχνικές όπως χρωστικές, επιχρίσματα, μόνιμα ή αφαιρούμενα στοιχεία, είναι κατάλληλες προκειμένου να ενσωματωθούν στο υλικό κάλυψης για το φιλτράρισμα της NIR. Όσο υψηλότερη είναι η εξωτερική θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη είναι και η διαφορά θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται με τη χρήση των cooling films. Η αποτελεσματικότητα των υλικών που φιλτράρουν την Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία στη μείωση της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου και της καλλιέργειας αλλά και στην αύξηση της παραγωγής εξαρτάται και από άλλους παράγοντες. Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ένα μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας αυτής θα πρέπει να κρατηθεί εκτός θερμοκηπίου προκειμένου να υπάρξει αποτέλεσμα. Πέραν τούτου ο αερισμός του θερμοκηπίου, η πυκνότητα των φυτών αλλά και η διαπνοή της καλλιέργειας είναι σημαντικοί παράγοντες (Hemming 2006).

1.5.3. Επίδραση των NIR – blocking υλικών κάλυψης στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου

Σε έρευνα η οποία διεξήχθη στην περιοχή Murcia της Νότιας Ισπανίας, μελετήθηκε η επίδραση ενός NIR – blocking πλαστικού υλικού, στο μικροκλίμα ενός πολλαπλού τούνελ θερμοκηπίου και στα χαρακτηριστικά και την παραγωγή δύο ποικιλιών καλλιέργειας πιπεριάς (García-Alonso et al, 2006). Παρατηρήθηκε ότι η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία ήταν χαμηλότερη στο θερμοκήπιο του υλικού κάλυψης που μπλόκαρε την Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια

του πειράματος (Μάιος 2004 – Ιούλιος 2005). Η μείωση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ήταν μικρότερη κατά τους χειμερινούς μήνες, οι οποίοι όπως αναφέρουν οι ερευνητές ήταν ιδιαίτερα ψυχροί στην περιοχή κατά το έτος 2005. Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και του θερμοκηπίου με το cool film, στη μέγιστη μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία ήταν σχεδόν 4,5°C και σημειώθηκε κατά τον Ιούνιο του 2004.

Είναι σημαντικό σε ποια μήκη κύματος δρα το φίλτρο το οποίο χρησιμοποιείται για τη NIR. Καθώς η ακτινοβολία στα 800nm περιέχει περισσότερη ενέργεια από την ακτινοβολία στα 2500nm και ο ήλιος εκπέμπει περισσότερη ενέργεια στα μήκη 800-1100nm, λιγότερη ενέργεια θα εισέλθει στο θερμοκήπιο μέσω ενός υλικού το οποίο φιλτράρει την ακτινοβολία στο εύρος των 800-1100nm. Είναι επομένως προτιμότερο ένα υλικό το οποίο ανακλά την ακτινοβολία αυτού του εύρους σε σχέση με κάποιο υλικό το οποίο ανακλά την ακτινοβολία στο εύρος των 1100-2500nm. Οι Hemming et al. (2006) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα πολυστρωματικά επιχρίσματα, φίλτρα της NIR που εφαρμόζονται σε πλαστικά φιλμ ή στο γυαλί φιλτράρουν την Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία πιο αποτελεσματικά. Μελέτη με προσομοιώματα (climate model KASPRO) έδειξε ότι σε ένα τυπικό ολλανδικό Venlo-type θερμοκήπιο, η μέση θερμοκρασία αέρα μπορεί να μειωθεί τους καλοκαιρινούς μήνες κατά μία μονάδα, ενώ σε περιόδους με υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας η τιμή αυτή μπορεί να αυξηθεί. Παράλληλα η διαπνοή της καλλιέργειας επηρεάζεται σημαντικά καθώς μπορεί να μειωθεί και κατά 30% σε ένα θερμοκήπιο του οποίου το κάλυμμα φιλτράρει τη NIR κατά 100% τους καλοκαιρινούς μήνες. Ακόμη και ένα κάλυμμα το οποίο φιλτράρει τη NIR κατά 50% μειώνει το ρυθμό διαπνοής κατά 10-15%. Οι παραπάνω μέθοδοι στις περισσότερες περιοχές κατά τη διάρκεια του χειμώνα δημιουργούν το πρόβλημα ότι προκαλούν ανεπιθύμητη πτώση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, οπότε δεν πρέπει να εφαρμόζονται κατά τους χειμερινούς μήνες, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα θέρμανσης. Μία λύση θα μπορούσαν να παρέχουν τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για λεύκανση της οροφής των θερμοκηπίων τα οποία μπορούν να εφαρμόζονται μόνο κατά τις περιόδους που είναι αναγκαία, ωστόσο, παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι μειώνουν κατά πολύ τη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι μια εναλλακτική στο μέλλον θα μπορούσαν να αποτελέσουν τα δίχτυα που φιλτράρουν τη NIR με την προϋπόθεση ότι θα

παρουσιάζουν υψηλή περατότητα στην PAR και θα εγκαθίστανται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε δε θα περιορίζουν τον αερισμό του θερμοκηπίου. Τέλος, οι ερευνητές αναφέρουν πως η ανακλώμενη ενέργεια στη NIR θα μπορούσε πιθανόν να αποθηκευθεί και να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς.

Με σκοπό την εκμετάλλευση της πλεονάζουσας αυτής ανεπιθύμητης ενέργειας οι Sonneveld et al. (2006) και Sonneveld et al. (2007) ερεύνησαν το σχεδιασμό ενός νέου θερμοκηπίου το οποίο διέθετε φίλτρο για την απόρριψη της Κοντινής Υπέρυθρης Ακτινοβολίας σε συνδυασμό με σύστημα δροσισμού το οποίο ετίθετο σε λειτουργία από τη μετατροπή της παραπάνω ενέργειας σε ηλεκτρική. Χρησιμοποιήθηκαν δύο κατάλληλα πολυστρωματικά υλικά με πολύ καλή περατότητα στην PAR, εκ των οποίων το πρώτο είχε καλή ανάκλαση σε όλο το φάσμα της NIR (900-2500nm) ενώ το δεύτερο σε μια περιορισμένη περιοχή της συγκεκριμένης ακτινοβολίας (900-1200nm), με αποτέλεσμα να μπλοκάρουν έως και το 50% της ηλιακής ενέργειας μειώνοντας την απαιτούμενη ισχύ του συστήματος δροσισμού. Παρατηρήθηκε μια αξιοσημείωτη μείωση των αναγκών για δροσισμό. Η μέγιστη απαιτούμενη ισχύς του συστήματος δροσισμού μειώθηκε από τα 610W/m^2 στα 300W/m^2 περίπου και η συνολική ημερήσια απαιτούμενη για δροσισμό ενέργεια μειώθηκε από τα 21,7 MJ στα 10,8 MJ/m². Οι ερευνητές σημειώνουν πως το σύστημα πλεονεκτεί στη δημιουργία ομοιογένειας και υψηλού επιπέδου φωτισμού στο θερμοκήπιο, ενώ το σημαντικότερο πλεονέκτημά του είναι η σημαντική μείωση στην κατανάλωση νερού και η ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

1.5.4. Επίδραση των NIR – blocking υλικών κάλυψης στα καλλιεργούμενα φυτά

Οι García-Alonso et al. (2006) μελετώντας την επίδραση ενός NIR – blocking πλαστικού υλικού στα χαρακτηριστικά και στην παραγωγή καλλιέργειας πιπεριάς (*ποικιλίες Almuden και Almuden/Atlante*), παρατήρησαν ότι το ύψος των φυτών, η βλαστική τους ανάπτυξη και η εμπορεύσιμη παραγωγή τους ήταν υψηλότερη σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα ενώ παράλληλα ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων καρπών ήταν χαμηλότερος. Παρόλο που τα φυτά στο cool film σημείωσαν κάποια υστέρηση κατά τη διάρκεια των ψυχρών μηνών, όπως ήταν αναμενόμενο από τους ερευνητές λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών, την άνοιξη ανέκαμψαν και κατά την τελευταία συγκομιδή κατεγράφη η υψηλότερη εμπορεύσιμη παραγωγή. Αυτό είχε

ως αποτέλεσμα να παρατηρηθεί μια σημαντική αύξηση της εμπορεύσιμης παραγωγής ανά φυτό της τάξης του 26% και στις δύο ποικιλίες πιπεριάς που καλλιεργήθηκαν. Το cool film μείωσε τον αριθμό των μη εμπορεύσιμων καρπών, ο οποίος είναι τυπικά υψηλός στις καλλιέργειες της Νότιας Ισπανίας και οφείλεται σε φυσιολογικές ανωμαλίες που αποδίδονται στο θερμικό στρες. Η τελική μείωση των μη εμπορεύσιμων καρπών ήταν -61% στην ποικιλία *Almuden* και -67% στην *Almuden/Atlante*.

Οι Hemming et al. (2006) αναφέρουν ότι ανάλογα με το είδος του υλικού το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη μείωση των επιπέδων της NIR εντός του θερμοκηπίου, η παραγωγή της καλλιέργειας τομάτας στα ολλανδικά θερμοκήπια θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 8-12%.

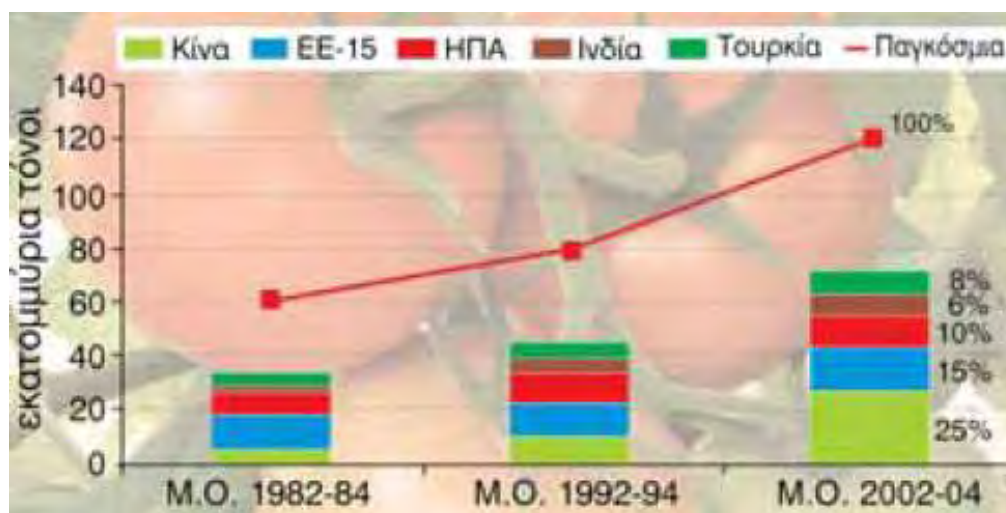
Το μπλοκάρισμα της εισόδου της Κοντινής Υπέρυθρης Ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο είναι μια από τις καινούριες, φιλικές προς το περιβάλλον και οικονομικά συμφέρουσες τεχνικές μείωσης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος των θερμοκηπίων των τροπικών περιοχών χωρίς να προκαλείται αύξηση της υγρασίας. Οι Mutwiwa και άλλοι (2007) μελέτησαν την επίδραση του δροσισμού του θερμοκηπίου μέσω της ανάκλασης της NIR, στην αύξηση και στην ποιότητα καλλιέργειας τομάτας. Χρησιμοποιήθηκαν δύο πανομοιότυπα θερμοκήπια, τα οποία διέθεταν δίχτυα εντομοστεγανότητας (78mesh) στα ανοίγματα αερισμού και υλικό κάλυψης στην οροφή απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ στην οροφή του ενός εκ των δύο εφαρμόστηκε χρωστική (Reduheat®) η οποία προκαλούσε ανάκλαση της Κοντινής Υπέρυθρης Ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το βάρος και ο αριθμός των καρπών που παρουσίασαν Ξηρή Σήψη Κορυφής, κατά την ξηρή αλλά και κατά την υγρή περίοδο, ήταν μειωμένα στο θερμοκήπιο το οποίο προκαλούσε ανάκλαση στη NIR σε σχέση με το μάρτυρα. Παράλληλα, μειώθηκε και ο αριθμός των καρπών οι οποίοι είχαν βάρος μικρότερο των 50g αλλά παρατηρήθηκε μια ελαφριά αύξηση του αριθμού των καρπών με Σχίσσιμο. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι η ανάκλαση της NIR συνιστάται σαν τεχνική δροσισμού του θερμοκηπίου σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας καθώς βελτιώνει την ποιότητα των καρπών, μειώνει τις απαιτήσεις σε νερό και συμβάλλει στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

2. Η καλλιέργεια της τομάτας

Ο τόπος καταγωγής της τομάτας πιστεύεται ότι είναι η Νότια Αμερική (ιδιαίτερα το Περού) όπου και σήμερα αυτοφύονται διάφορες παραλλαγές της άγριας τομάτας. Μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνα, για πολλούς λαούς ήταν άγνωστη ή τη θεωρούσαν δηλητηριώδη με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται μόνο ως καλλωπιστικό φυτό. Η τομάτα ανήκει βοτανικά στην οικογένεια των Σολανωδών (*Solanaceae*), τα μέλη της οποίας είναι γνωστό ότι περιέχουν (κυρίως στα φύλλα τους) το αλκαλοειδές σολανίνη που είναι τοξικό για τον άνθρωπο και τα ζώα. Η τομάτα περιέχει πράγματι στα φύλλα της σολανίνη, στον ίδιο βαθμό που περιέχουν και τα φύλλα του καπνού, τα φύλλα της πατάτας (πρασινοσμένοι κόνδυλοι της πατάτας περιέχουν βέβαια πολύ περισσότερη σολανίνη και είναι πιο επικίνδυνοι) και άλλα φυτά της ίδιας οικογένειας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις άγνωστες ιδιότητες των καρπών ενός «εξωτικού» είδους, όπως εθεωρείτο η τομάτα, αποτέλεσαν έναν λόγο της επιφυλακτικότητας. Τον κυριότερο λόγο, όμως, αποτέλεσε η μεγάλη ομοιότητα της τομάτας με το φυτό Άτροπος (ή Μπελλαντόνα), *Atropis belladonna*, της ίδιας οικογένειας, το οποίο ήταν γνωστό από την αρχαιότητα για τις φαρμακευτικές και δηλητηριώδεις ιδιότητές του. Το όνομα του φυτού αυτού (δόθηκε από το Θεόφραστο) παραπέμπει στη Μοίρα Άτροπο των αρχαίων Ελλήνων, εκείνη που κόβει τη νήμα της ζωής. Το φυτό, που οφείλει τις τοξικές ιδιότητές του στην ατροπίνη την οποία περιέχει σ' όλα τα μέρη του, ήταν γνωστό στους περισσότερους λαούς και συνδεδεμένο με ιστορίες κακών μαγισσών, με δηλητηριάσεις στρατευμάτων, περίεργες επιδράσεις σε ανθρώπους κλπ. Έτσι η ομοιότητα του φυτού της τομάτας με την Άτροπο στάθηκε το εμπόδιο στην αξιοποίησή της για περίπου τρεις αιώνες. Λόγω των ιστοριών αυτών, για παράδειγμα, την τομάτα στη Γερμανία την έλεγαν «ροδάκινο του λύκου», κάτι που κατέγραψε και ο Λινναίος, τον 18^ο αιώνα, όταν έδωσε το επιστημονικό όνομα στην τομάτα (*Lycopersicon esculentum* = εδώδιμο ροδάκινο του λύκου). Στη χώρα μας η τομάτα άρχισε να καλλιεργείται από το 1918.

2.1. Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας

Η τομάτα είναι ένα από τα πιο εμπορικά οπωροκηπευτικά, αφού περιλαμβάνεται στα πέντε πρώτα σε διακινούμενες ποσότητες, κατέχοντας μάλιστα τη δεύτερη θέση μετά τις μπανάνες, στο παγκόσμιο εμπόριο οπωροκηπευτικών. Συγκεκριμένα, με βάση τα στοιχεία 2002-2004, οι μπανάνες κατέχουν ένα μερίδιο γύρω στο 13% της παγκόσμιας αγοράς οπωροκηπευτικών και οι τομάτες ένα μερίδιο 8%, ενώ ακολουθούν τα μήλα (7,5%), τα σταφύλια (7,5%) και τα πορτοκάλια (5%). Την τελευταία 20ετία η παγκόσμια παραγωγή τομάτας έχει διπλασιαστεί (Πηγή: FAOstat).



Σχήμα 4. Η παγκόσμια παραγωγή τομάτας και οι κυριότερες χώρες παραγωγής, εξέλιξη από το 1982-84 μέχρι το 2002-04 (πηγή: FAOstat).

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων από το 1961 που η καλλιέργεια της τομάτας στη χώρα μας καταλάμβανε 290.443 στρέμματα αγροτικής γης και σημείωνε παραγωγή 549.877 τόνους (1.893 kg/στρέμμα), έφτασε το 2003 να καλύπτει έκταση 353.621 στρεμμάτων, η οποία απέδωσε 1.973.040 τόνους παραγωγή ήτοι 5.580 κιλά ανά στρέμμα.

Η επιτραπέζια τομάτα στην Ελλάδα καλλιεργείται κυρίως ως υπαίθρια σε μια έκταση περίπου 180.000 στρεμμάτων και δίνει παραγωγή γύρω στους 580.000 τόνους (μέση στρεμματική απόδοση 3,2 τόνοι). Καλλιεργείται επίσης σε περίπου 32.000

στρέμματα στο θερμοκήπιο με ετήσια παραγωγή 320.000 τόνους (μέση στρεμματική απόδοση 10 τόνοι) (Πηγή: Eurostat). Η Ελλάδα έχει αυξημένες απαιτήσεις επιτραπέζιας τομάτας σε σύγκριση με τις άλλες χώρες της Ευρώπης καθώς η κατανάλωση νωπής τομάτας ανέρχεται στα 60-80 κιλά ανά κάτοικο ενώ δεν υπερβαίνει τα 10-20 κιλά ανά κάτοικο στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. Το σύνολο της επιτραπέζιας τομάτας στη χώρα μας είναι κλασσικοί τύποι μεγαλόκαρπης, με τους τύπους μικρόκαρπης τομάτας και κερασόμορφης να βρίσκονται ακόμα σε ασήμαντες εκτάσεις και σε στάδιο δοκιμών (Γιαννοπολίτης 2007).

Η τομάτα είναι φρούτο, αλλά λόγω του τρόπου που χρησιμοποιείται συγκαταλέγεται στα λαχανικά. Μάλιστα μεταξύ των λαχανικών, η τομάτα καταναλώνεται σήμερα σε τέτοιες ποσότητες που στις περισσότερες χώρες έρχεται δεύτερη, με μόνο ανταγωνιστή της την πατάτα, ενώ υπάρχουν και χώρες όπου η τομάτα κατέχει την πρώτη θέση σε κατανάλωση. Όπως αναφέρθηκε κατέχει την πρώτη θέση στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες της χώρας μας. Σήμερα η τομάτα καλλιεργείται στο ύπαιθρο και σε θερμοκήπια παντού στον κόσμο και καταναλώνεται όλο το χρόνο, νωπή αλλά και σε ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες ως μεταποιημένη.

2.2. Βοτανικοί χαρακτήρες

Η τομάτα είναι ποώδες, πολυετές φυτό, όταν αναπτύσσεται σε περιβάλλον στο οποίο η θερμοκρασία αέρα δεν πέφτει κάτω από τους 5-6°C, π.χ. στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της γης. Ωστόσο, σε όλες της περιοχές της γης η τομάτα καλλιεργείται ως ετήσιο φυτό, γιατί στις μεν εύκρατες περιοχές το φυτό δεν αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίας των ψυχρών εποχών του έτους, ενώ στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές η παραγωγικότητα των πολυετών καλλιεργειών τομάτας είναι ασύμφορη για εμπορική εκμετάλλευση (Ντόγρας 2001).

Ρίζα

Η διάμετρος της ριζόσφαιρας της τομάτας μπορεί να φτάσει το 1,5 μέτρο σε ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης και όταν η σπορά γίνεται απευθείας στον αγρό με την κεντρική ρίζα να αναπτύσσεται σε βάθος μεγαλύτερο του 0,5 μέτρου και να φέρει αρκετές δευτερεύουσες ρίζες και ριζικά τριχίδια (Ντόγρας 2001). Ωστόσο, κατά κανόνα τουλάχιστον, στην καλλιέργεια στο θερμοκήπιο η τομάτα μεταφυτεύεται, η

κεντρική ρίζα κόβεται, καταστρέφεται και το φυτό αρχίζει να παράγει με ευκολία πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες ακόμη και από το λαιμό, γεγονός που του επιτρέπει να αναλάβει γρήγορα από τη μεταφυτευτική διαταραχή (Ολύμπιος 2001).

Βλαστός

Ο βλαστός της τομάτας είναι κυλινδρικός και εσωτερικά πλήρης. Αποκτά μηχανική αντοχή, χωρίς να ξυλοποιείται, ωστόσο, είναι σχετικά εύθραυστος. 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 πλάγιους βλαστούς (Ολύμπιος 2001).

Η βλαστική ανάπτυξη του φυτού όσον αφορά στο μήκος καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες και σύμφωνα με το κριτήριο αυτό οι καλλιεργούμενες ποικιλίες τομάτας κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες (Ντόγρας 2001):

A) ποικιλίες με απεριόριστη ή συνεχή ανάπτυξη των αξόνων του φυτού (*indeterminate*). Ο κεντρικός άξονας των φυτών της κατηγορίας αυτής, αναπτύσσεται απεριόριστα κάτω από ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και μέσα σε ένα χρόνο μπορεί να ξεπεράσει τα 10 μέτρα, όταν η τομάτα κλαδεύεται σε μονοστέλεχο σύστημα, σχηματίζοντας διαδοχικά μεγάλο αριθμό ταξιανθιών με αποτέλεσμα να παρατείνεται η περίοδος συγκομιδής για πολλούς μήνες. Οι ποικιλίες αυτές καλλιεργούνται στο ύπαιθρο και στο θερμοκήπιο για την παραγωγή καρπών νωπής κατανάλωσης.

B) ποικιλίες με περιορισμένη ανάπτυξη των βλαστικών αξόνων (*determinate*). Στα φυτά των ποικιλιών αυτών η ανάπτυξη όλων των βλαστικών αξόνων (κεντρικού, 2ας, 3ης κ.ο.κ τάξης) τερματίζεται νωρίς με την δημιουργία στην κορυφή μιας ταξιανθίας με αποτέλεσμα να προκύπτει ένα θαμνώδες φυτό, μικρού ύψους με πολλές διακλαδώσεις και με λίγες ταξιανθίες ανά βλαστικό άξονα, επομένως και με περιορισμένη περίοδο ανθοφορίας και καρποφορίας, γεγονός που επιτρέπει τη συγκομιδή του καρπού σε λίγα χέρια ή ακόμη και σε ένα χέρι σε ορισμένες ποικιλίες που γίνεται με μηχανή ή χειρονακτικά. Οι ποικιλίες αυτές καλλιεργούνται στο ύπαιθρο για την παραγωγή καρπών κυρίως για βιομηχανική επεξεργασία.

Γ) ποικιλίες με ενδιάμεσα χαρακτηριστικά βλαστικής ανάπτυξης (Ημινάνες). Οι ποικιλίες αυτές χαρακτηρίζονται από σχετικά περιορισμένη ανάπτυξη των βλαστικών αξόνων των φυτών. Ο κεντρικός βλαστικός άξονας τερματίζει την ανάπτυξή του σε

μια ταξιανθία στην κορυφή αφού έχει αναπτυχθεί σε μήκος όχι μεγαλύτερο των 2 μέτρων. Οι πλευρικοί βλαστικοί άξονες του φυτού (2ας, 3ης κ.ο.κ τάξης) αναπτύσσονται με τον ίδιο τρόπο έτσι ώστε να προκύπτει ένα αυτοκλαδεύόμενο φυτό αλλά με αρκετά μεγάλους βλαστικούς άξονες και επομένως με αρκετές συνολικά ταξιανθίες και υψηλότερη παραγωγή από τις νάνες ποικιλίες. Ποικιλίες του ενδιάμεσου αυτού τύπου, που παράγουν μεγάλους καρπούς κατάλληλους για νοπή κατανάλωση, καλλιεργούνται σε ορισμένες χώρες στο ύπαιθρο ή στο θερμοκήπιο συνήθως χωρίς κλάδεμα και σε μερικές περιπτώσεις και χωρίς υποστύλωση, ως έρποντα στο έδαφος φυτά.

Φύλλα

Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα (Εικόνα 11). Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παράφυλλων με ένα μόνο φυλλάριο στην



Εικόνα 11. Το φύλλο της τομάτας

κορυφή. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία και με τη θέση του φύλλου στο βλαστό. Τα φύλλα εμφανίζονται σε ελικοειδή διάταξη πάνω στο βλαστό (Ολύμπιος 2001).

Άνθος – Ταξιανθίες

Το άνθος της τομάτας (Εικόνα 12) είναι ερμαφρόδιτο, υπόγυνο και αποτελείται από 5 ή και περισσότερα σέπαλα και πέταλα. Είναι κατά κανόνα αυτογονιμοποιούμενα καθώς η κατασκευή τους, με το στύλο πιο κοντό και το στίγμα να περιβάλλεται από τον κώνο που σχηματίζουν οι ανθήρες, εξασφαλίζει την αυτεπικονίαση. Τα άνθη φέρονται σε ταξιανθία τύπου «κύματος» από 4 έως 12, από τα οποία συνήθως προκύπτουν 2-8 καρποί. Η πρώτη ταξιανθία σχηματίζεται συνήθως



Εικόνα 12. Το άνθος της τομάτας

μετά τον 3^ο ως τον 5^ο κόμβο (ανάλογα με τον γενότυπο ακόμη και μετά τον 11^ο) και οι επόμενες ακολουθούν κάθε 2-3 κόμβους. Οι ταξιανθίες εκφύονται στο χώρο των μεσογονατίων διαστημάτων και όχι στις μασχάλες των φύλλων του φυτού και ο τρόπος αυτός ανθοφορίας είναι μια χαρακτηριστική διαφορά της τομάτας από τα άλλα είδη (Ντόγρας 2001).

Καρπός

Ο καρπός είναι πολύχωρος ράγα με 2-25 καρπόφυλλα, με χονδρό σαρκώδες περικάρπιο και λεπτή επιδερμίδα χωρίς στομάτια. Το σχήμα του καρπού είναι συνήθως, στρογγυλό ή επίμηκες ή απιοειδές. Ο καρπός ποικιλιών με δύο χωρίσματα είναι στρογγυλός ενώ αυτών με περισσότερα χωρίσματα είναι πεπλατυσμένος και πιθανόν ακανόνιστος. Στα καρπόφυλλα υπάρχει ζελατινώδης πλακούντας που περιβάλλει τους σπόρους. Ένα γραμμάριο σπόρου έχει περίπου 450 σπέρματα ενώ η εμπορική ζωή του σπόρου της τομάτας υπολογίζεται ότι διαρκεί 3-4 περίπου χρόνια (Ολύμπιος 2001).

2.3. Κλιματικές απαιτήσεις

Ο αριθμός ανθέων που διαφοροποιούνται σε κάθε ταξιανθία εξαρτάται από τη θερμοκρασία που επικρατεί κατά τη διαφοροποίηση. Έχει βρεθεί πως στους 13°C διαφοροποιήθηκαν στην πρώτη ταξιανθία 8 άνθη περισσότερα απ' ότι στους 18°C. Αυτή η επίδραση της θερμοκρασίας ήταν εντονότερη σε υψηλή ένταση φωτός, οπότε προκύπτει πως η αλληλεπίδραση θερμοκρασίας – φωτός είναι αυτή που καθορίζει τον

αριθμό των ανθέων κατά τη διαφοροποίηση των ταξιανθιών. Άριστες θερμοκρασίες για βλάστηση και άνθηση είναι ημέρας 25-30°C και νύχτας 16-20 °C (Ντόγρας 2001).

Σε θερμοκρασίες κάτω των 12-13°C εμποδίζεται η καρπόδεση. Επίσης, όταν κατά την πλήρη άνθηση επικρατούν θερμοκρασίες ημέρας υψηλότερες από 32-34°C και νύχτας υψηλότερες από 20°C ή όταν τα φυτά εκτίθενται για 4 περίπου ώρες συνεχώς σε θερμοκρασία 40°C παρατηρείται ανθόπτωση λόγω αδυναμίας καρπόδεσης. Η δυσμενής επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας στην καρπόδεση αποδίδεται σε διάφορα αίτια όπως στη μείωση της φωτοσύνθεσης και μεταφοράς θρεπτικών ουσιών στα άνθη και νεαρά καρπία, στη μείωση της ζωτικότητας της γύρης ή σε μερικούς γενότυπους στην επιμήκυνση του στύλου του άνθους με αποτέλεσμα την έξοδο του στίγματος από τον κοίλο κύλινδρο των ανθών, γεγονός που εμποδίζει την αυτεπικονίαση. Η δυσμενής επίδραση της χαμηλής θερμοκρασίας στην καρπόδεση οφείλεται κυρίως στην έλλειψη ζωντανών γυρεοκόκκων ή σε αδυναμία διάρρηξης των ανθών. Άριστες θερμοκρασίες για καρπόδεση είναι 18-24°C (Ντόγρας 2001).

Οι θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο στην καλλιέργεια τομάτας δεν πρέπει να κατέρχονται κάτω των 13,5°C τη νύχτα, γιατί τότε μειώνεται σημαντικά η ανάπτυξη του φυτού και η φυσιολογική καρπόδεση, έστω και αν την ημέρα οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, πάντως όχι μεγαλύτερες των 27°C, γιατί και πάλι μειώνονται η ζωρότητα του φυτού, η παραγωγή και η ποιότητα των καρπών. Για τα ελληνικά δεδομένα κατά τους χειμερινούς μήνες «χονδρικά» συνιστάται θερμοκρασία ημέρας γύρω στους 21°C και θερμοκρασία νύχτας γύρω στους 15°C. Η διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας δεν πρέπει να ξεπερνά τους 5-7°C (Ολύμπιος 2001).

Η άριστη ένταση φωτός για ανάπτυξη και καρπόδεση της τομάτας είναι περίπου 50.000 LUX. Το μήκος κύματος του φωτός καθώς και η φωτοπερίοδος δεν είναι τόσο σημαντικοί παράγοντες για την ανάπτυξη του φυτού, όσο σημαντική είναι η συνολική ημερήσια ποσότητα ηλιακής ενέργειας που δέχεται το φυτό. Αν και η τομάτα θεωρείται φωτοπεριδικά ουδέτερο φυτό, εντούτοις η άνθηση του φυτού επιταχύνεται σε μικρή φωτοπερίοδο. Για το λόγο αυτό, όσο αφορά την ανθοφορία η τομάτα θεωρείται ποσοτικά φυτό βραχείας φωτοπεριόδου (Ντόγρας 2001).

Υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της μέσης ημερήσιας ακτινοβολίας (400-700nm) και του αριθμού των ανθέων του πρώτου σταυρού που φτάνουν στην άνθηση, με μέγιστο αριθμό ανθισμένων ανθέων να επιτυγχάνεται περίπου με 1,0 MJ m⁻² d⁻¹. Το μέγεθος των καρπών επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία

μικραίνοντας με τη μείωση της έντασής της και από την απόσταση φύτευσης μικραίνοντας με την αύξηση του πλήθους των φυτών ανά m^2 . Ο αριθμός των καρπών ανά φυτό βρέθηκε να είναι θετικά συσχετισμένος με την προσλαμβάνουσα από το φυτό ηλιακή ακτινοβολία ιδίως όταν αυτή είναι μικρότερη από $1,5 MJ m^{-2} d^{-1}$. Η αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των καρπών είναι το αποτέλεσμα της θετικής επίδρασης της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας στον ρυθμό φωτοσύνθεσης και στον ρυθμό μεταφοράς των προϊόντων αυτής από τα φύλλα στους καρπούς (Benton Jones 1999).

Η υψηλή σχετική υγρασία ευνοεί τη βλαστική ανάπτυξη της τομάτας μόνο σε συνθήκες υψηλής έντασης ακτινοβολίας. Η υψηλή σχετική υγρασία του αέρα μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία επίκτητων ριζών στη βάση του κεντρικού βλαστού και να ευνοήσει την πρόσληψη νερού από τα στομάτια των φύλλων, ωστόσο, αυτό δεν συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου του φυτού (Ντόγρας 2001). Η άριστη επιθυμητή υγρασία της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 60-70% (Ολύμπιος 2001).

Βρέθηκε ότι το φυτό της τομάτας δεν αντιδρά στην αύξηση της συγκέντρωσης του CO_2 τόσο θετικά όπως άλλα είδη φυτών C_3 . Για τον λόγο αυτό συνιστάται η αύξηση της συγκέντρωσής του στο θερμοκήπιο να γίνεται μόνο μέχρι περίπου 0,1% (1.000 ppm), για 8-10 ώρες την ημέρα για βελτίωση της φωτοσυνθετικής λειτουργίας των φυτών (Ντόγρας 2001).

2.4. Ωρίμανση του καρπού

Ο χρόνος που απαιτείται για να αναπτυχθεί μία γονιμοποιημένη ωοθήκη σε ώριμο κόκκινο καρπό είναι 49-70 μέρες, ανάλογα με την ποικιλία, τη θέση του καρπού στην ταξικαρπία, το περιβάλλον και την καλλιεργητική πρακτική. Ο ρυθμός αύξησης των καρπών μπορεί να περιγραφεί από μία σιγμοειδή καμπύλη η οποία μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις περιόδους:

- Η πρώτη φάση, διάρκειας 14-21 ημερών, χαρακτηρίζεται από αργή αύξηση (η αύξηση σε βάρος αποτελεί λιγότερο του 10% του τελικού βάρους) και ιδιαίτερα έντονη κυτταροδιαίρεση.
- Η δεύτερη φάση, διάρκειας 21-35 ημερών, χαρακτηρίζεται από γρήγορη αύξηση εξαιτίας της μεγέθυνσης των κυττάρων και το περισσότερο βάρος του

καρπού έχει συσσωρευτεί μέχρι το στάδιο του ώριμου πράσινου. Μέχρι τις 20-25 ημέρες μετά την άνθηση, ο ημερήσιος ρυθμός αύξησης ανέρχεται στο μέγιστο ($0,35\text{g d.w. day}^{-1}$) και έπειτα ελαττώνεται.

- Τελικά υπάρχει μία περίοδος αργής αύξησης για 2 εβδομάδες, η οποία χαρακτηρίζεται από μικρή αύξηση του βάρους του καρπού αλλά από έντονες αλλαγές στον μεταβολισμό λόγω της ωρίμανσης. Περίπου 10 ημέρες από την έναρξη αλλαγής του χρώματος σταματά πλήρως η μεταφορά στον καρπό προϊόντων φωτοσύνθεσης και αφομοίωσης καθώς σχηματίζεται η στοιβάδα αποκοπής μεταξύ του κάλυκα και του καρπού (Dorais 2004).

Βρέθηκε ότι η αύξηση της σύνθεσης του αιθυλενίου επάγει την έναρξη των βιοχημικών διεργασιών της ωρίμανσης. Το αιθυλένιο ρυθμίζει την έκφραση διαφόρων γονιδίων που εμπλέκονται στη βιοχημική διεργασία της ωρίμανσης. Η τομάτα χαρακτηρίζεται κλιμακτηρικός καρπός. Η ραγδαία αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας καθώς και των διαφόρων διεργασιών της ωρίμανσης πυροδοτείται από το αιθυλένιο ενώ το υπόστρωμα της αναπνοής είναι υδατάνθρακες και οργανικά οξέα και κυρίως το μηλικό (Ντόγρας 2001). Ο καρπός της τομάτας παράγει από 1 έως 10 μL αιθυλενίου ανά κιλό, ανά ώρα στους 20°C (Sargent 2003).

Η μετατροπή του καρπού από το στάδιο του ώριμου πράσινου, στο πλήρως ώριμο στάδιο περιλαμβάνει ραγδαίες αλλαγές στο χρώμα, στη σύσταση, στο άρωμα, στη γεύση και στην υφή του καρπού. Η αύξηση των σακχάρων (κυρίως γλυκόζη και φρουκτόζη) σε συνδυασμό με τα οξέα (κυρίως κιτρικού) προσδίδουν στον καρπό την χαρακτηριστική του γεύση.

Το πράσινο χρώμα των άγουρων καρπών τομάτας προέρχεται από την παρουσία μίγματος χλωροφυλλών. Το χρώμα προκύπτει από την μετατροπή των χλωροπλαστών σε χρωμοπλάστες η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την αποδόμηση της χλωροφύλλης και τη σύνθεση του λυκοπενίου και άλλων καροτενοειδών (Camelo 2004). Η πρώτη αλλαγή του χρώματος συμβαίνει 2-3 ημέρες μετά το στάδιο του ώριμου πράσινου και σταδιακά αναπτύσσεται από κίτρινο σε πορτοκάλι και κόκκινο.

Με την έναρξη της ωρίμανσης, οι πορτοκαλί χρωστικές, β -καροτίνη και ξανθοφύλλες παράγονται και γίνονται περισσότερο εμφανείς, καθώς η περιεχόμενη χλωροφύλλη ελαττώνεται. Επίσης η συγκέντρωση λυκοπενίου, που είναι η βασική κόκκινη χρωστική του καρπού, αυξάνει σταθερά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Άλλη κατηγορία χρωστικών που υπάρχει στον καρπό της τομάτας είναι οι φλαβόνες (φλαβονοειδή). Περιλαμβάνει τις χρωστικές, ανθοξανθίνη (κίτρινο) και ανθοκυάνη

(πορτοκαλί, κόκκινο και μπλε). Αυτές είναι δυνατόν να βρεθούν στους καρπούς της τομάτας τόσο σε ελεύθερη μορφή όσο και σε συνδυασμό με σάκχαρα, ως γλυκοζίδες. Για τη σύνθεση των φλαβονοειδών είναι απαραίτητη η UV-b ακτινοβολία και κατά την απουσία της αυτά δεν συντίθενται σύμφωνα με τους Cockell et al. (2000).

Κατά την ωρίμανση των καρπών, το α- και β- καροτένιο φτάνουν σε μία μέγιστη συγκέντρωση κατά το στάδιο της έναρξης αλλαγής χρωματισμού ή του ελαφρά κόκκινου χρώματος. Το πορτοκαλί χρώμα του μισο-ώριμου καρπού έχει να κάνει με την αύξηση της περιεκτικότητας του β-καροτένιου ενώ το κόκκινο χρώμα του ώριμου καρπού οφείλεται στη γρήγορη συσσώρευση του λυκοπενίου, το οποίο σε ώριμες τομάτες αποτελεί το 80-90% των συνολικών χρωστικών (Garcia 2006).

Ο ρυθμός ωρίμανσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία. Η άριστη θερμοκρασία για ωρίμανση της τομάτας είναι 20-24°C (Ντόγρας 2001). Η βιοσύνθεση των καροτενοειδών είναι αρκετά ευαίσθητη στη θερμοκρασία. Το χρώμα είναι πολύ φτωχό όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από 13°C ενώ όταν οι θερμοκρασίες είναι μικρότερες από 10°C, οι καρποί παραμένουν πράσινοι, γιατί δεν συντίθεται καμία από τις δύο χρωστικές (Ολύμπιος 2001). Η ανάπτυξη του λυκοπενίου κατά την ωρίμανση, αναστέλλεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 30-32°C. Η βιοσύνθεση του β-καροτένιου εμφανίζεται να είναι λιγότερο ευαίσθητη στη θερμοκρασία και συνεχίζει μέχρι περίπου τους 40°C οπότε το χρώμα του καρπού γίνεται κίτρινο-πορτοκαλί (Ντόγρας 2001). Σε έρευνα (Toor 2006) διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση λυκοπενίου των καρπών τριών υδροπονικά καλλιεργούμενων ποικιλιών ήταν μέχρι και 31% μειωμένη τους καλοκαιρινούς μήνες σε σχέση με τις άλλες εποχές του έτους εξαιτίας της αυξημένης θερμοκρασίας.

Όσον αφορά τις συνθήκες φωτός το λυκοπένιο σχηματίζεται με την επίδραση του διάχυτου φωτός υπό σκιά ενώ το καροτένιο για να συντεθεί χρειάζεται απαραίτητα την άμεση ακτινοβολία (Ολύμπιος 2001). Παρόλο που το φως είναι πολύ σημαντικό για την αύξηση και ανάπτυξη, επιταχύνει τη σύνθεση και αυξάνει τη συγκέντρωση των καροτενοειδών, οι καρποί της τομάτας ωριμάζουν και κοκκινίζουν και στο σκοτάδι μακριά από το φυτό (Garcia 2006). Στο σκοτάδι, βέβαια, συντίθεται η χρωστική του λυκοπενίου αλλά όχι του β-καροτένιου (Ντόγρας 2001). Ωστόσο, έχει βρεθεί πως η έκθεση καρπών του ώριμου-πράσινου σταδίου σε συνθήκες μεγάλης φωτοπερίοδου, στους 25°C, αύξησε στατιστικά σημαντικά τη σύνθεση του λυκοπενίου (Cox 2001).

Σε έρευνα παρατηρήθηκε ότι το περιεχόμενο σε λυκοπένιο χυμού τομάτας ο οποίος προήλθε από επιλεγμένες ποικιλίες οι οποίες καλλιεργούνται σε εννέα κομητείες της Καλιφόρνια, παρουσίαζε μεγάλο εύρος, από 55 έως 181 mg/kg. Επιπλέον, προέκυψε ότι η τιμή του λυκοπενίου διέφερε στατιστικά σημαντικά από χρονιά σε χρονιά ενώ παράλληλα παρατηρήθηκε ότι για την ίδια καλλιεργητική περίοδο η τιμή του λυκοπενίου εννέα ποικιλιών μειώθηκε κατά την τελευταία συγκομιδή έπειτα από παρατεταμένη έκθεση των φυτών σε υψηλές θερμοκρασίες, καθώς οι ώριμοι καρποί αφέθηκαν πάνω στα φυτά μέχρι την επεξεργασία τους κατά τη συνήθη καλλιεργητική πρακτική της περιοχής (Garcia 2006).

Το χρώμα της τομάτας είναι το βασικότερο χαρακτηριστικό προκειμένου να εκτιμηθεί η ωριμότητα αλλά και η μετασυλλεκτική ζωή του καρπού καθώς, επίσης, αποτελεί και βασικό κριτήριο κατά την επιλογή από τον καταναλωτή (Camelo 2004). Οι γενετιστές προσπαθούν να αναπτύξουν υβρίδια τομάτας τόσο με βελτιωμένο το κόκκινο χρώμα των καρπών αλλά και των προϊόντων που προκύπτουν από αυτούς όσο και με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις λυκοπενίου (Garcia 2006).

Το λυκοπένιο, ωστόσο, έχει μια πιο σημαντική ιδιότητα από το να αποτελεί το χρώμα της τομάτας. Είναι ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό που μπορεί να βοηθήσει στην καταπολέμηση εκφυλιστικών παθήσεων όπως οι καρδιακές. Έρευνα που μετρούσε το λυκοπένιο στο λιπώδη ιστό έδειξε ότι μπορεί να μειώσει την πιθανότητα καρδιακής προσβολής κατά 50%. Το λυκοπένιο παρουσιάζει και άλλες δράσεις. Έχει βρεθεί ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικαρκινογόνος ουσία, μειώνοντας σημαντικά την πιθανότητα εκδήλωσης κάποιων μορφών καρκίνου. Υπάρχουν επίσης και κάποιες ενδείξεις ότι μειώνει την οξείδωση του LDL (χαμηλής -έντασης λιποπρωτεΐνη) βοηθώντας έτσι στη μείωση του επιπέδου χοληστερίνης στο αίμα. Το λυκοπένιο μπορεί να απορροφηθεί αποτελεσματικότερα από το σώμα αφού έχει επεξεργαστεί σε χυμό, σάλτσα, πάστα ή κέτσαπ (www.lycopene.org).

Πίνακας 2. Συγκέντρωση (mg/100g προϊόντος) λυκοπενίου σε ορισμένα προϊόντα. (Πηγή: <http://www.lycopene.org/>).

Προϊόν	Λυκοπένιο (mg/100g)
Ωμή τομάτα	3.0
Χυμός τομάτας	9.5
Κέτσαπ τομάτας	15.9
Πάστα τομάτας	42.2
Καρπούζι	4.0
Κόκκινο γκρεϊπφρουτ	4.0

2.5. Φυσιολογικές διαταραχές καρπών

Σχίσσιμο ή σχάσιμο

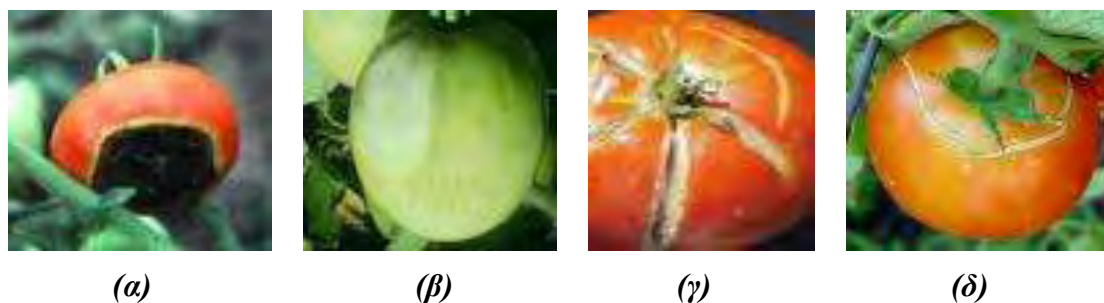
Κατά την ωρίμανση του καρπού, η επιδερμίδα μπορεί να σχιστεί, κυρίως μετά από μια ξηρή περίοδο την οποία διαδέχεται μια θερμή και υγρή (Benton Jones 1999). Σχίσσιμο, δηλαδή, του καρπού μπορεί να συμβεί όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας ή/και υγρασίας τόσο του αέρα όσο και του εδάφους, κατά τη διάρκεια της ωρίμανσής του (Ολύμπιος 2001). Αυτό παρατηρείται διότι υπάρχει μια ραγδαία εισροή νερού και διαλυτών στοιχείων την ίδια στιγμή που λόγω της ωρίμανσης ελαττώνεται η ανθεκτικότητα και η ελαστικότητα της επιδερμίδας.

Μέτρα που προτείνονται για την αποφυγή του σχισίματος:

1. Αποφυγή της απευθείας έκθεσης του καρπού στην ηλιακή ακτινοβολία, με εφαρμογή σκίασης.
2. Αποφυγή αυστηρού κλαδέματος προκειμένου να σκιάζονται οι καρποί από το περισσότερο φύλλωμα.
3. Συχνότερα ποτίσματα με μικρότερη δόση άρδευσης.
4. Συγκομιδή πριν την πλήρη ωρίμανση.

Το επιδερμικό σχίσσιμο (πολύ λεπτά σαν τρίχες σχισίματα με μήκος από 0,1 έως 2 mm) υποβαθμίζει την ποιότητα του καρπού και μειώνει τη μετασυλλεκτική του ζωή. Είναι συχνό φαινόμενο σε καλλιέργειες θερμοκηπίου και το ποσοστό των καρπών που πιθανόν να εμφανίσει τη φυσιολογική αυτή ανωμαλία ποικίλει από 10% έως και 95%. Επιπλέον, το ακτινωτό (κάθετα προς το μίσχο) και κυκλικό

(περιμετρικά του ώμου) σχίσσιμο καθιστά τον καρπό ακατάλληλο για νοπή κατανάλωση, καθώς και στις δύο περιπτώσεις εκδηλώνεται με μεγάλα (μήκος ενός ή περισσότερων εκατοστών και πλάτος λίγων χιλιοστών) και βαθιά (λίγα χιλιοστά) σχισίματα (Dorais 2004).



Εικόνα 13. Καρποί τομάτας με (α) ξηρή σήψη κορυφής, (β) ηλιακό έγκαυμα, (γ) ακτινωτό και (δ) κυκλικό σχίσσιμο.

Ηλιακό έγκαυμα ή ηλιόκαυμα (Sunscald / Solar Injury)

Λόγω της μακροχρόνιας έκθεσης του καρπού στην άμεση και υψηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία, εμφανίζεται στην επιφάνειά του μια αποχρωματισμένη, λαμπερή κηλίδα με λεπτά τοιχώματα. Συμβαίνει κυρίως όταν ο καρπός είναι ακόμη πράσινος, διότι είναι περισσότερο ευαίσθητος οπότε και η υποβάθμισή του είναι δραματική. Ωστόσο, μπορεί να συμβεί και κατά την ωρίμανση σε μικρότερο βαθμό χωρίς να είναι ευδιάκριτο κατά τη συλλογή, αλλά να εμφανιστεί μετασυλλεκτικά με τη μορφή ανομοιόμορφης ωρίμανσης (Ολύμπιος 2001). Η άμεση έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία επιφέρει σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του καρπού, γεγονός που επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη και την ποιότητά του. Πράγματι, όταν το εκτεθειμένο στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία τμήμα ενός καρπού ξεπεράσει τους 40°C, τότε αποκτά το χαρακτηριστικό χρωματισμό του ηλιακού εγκαύματος (Benton Jones 1999).

Ξηρή Σήψη Κορυφής (Blossom end Rot, BER)

Προκαλείται στεγνή ξήρανση στο αντίθετο άκρο του ποδίσκου του καρπού, αρχικά ανοικτού καφέ και τελικά μαύρου χρώματος. Αναφέρεται ότι οφείλεται σε

απορρόφηση από τα φύλλα, νερού που περιέχεται στους καρπούς. Η συνήθης αιτία είναι η ανεπάρκεια ασβεστίου (Ca) συνδυασμένη με υδατικό στρες (Ολύμπιος 2001). Η εμφάνιση της Ξηρής Σήψης Κορυφής συνδέεται και με άλλους παράγοντες όπως υψηλά επίπεδα αλατότητας, υψηλή διαθεσιμότητα αμμωνίου (NH₄) ως πηγή αζώτου (Benton Jones 1999), υψηλή συγκέντρωση Mg ή/και K, υψηλή θερμοκρασία (Taylor 2004). Η Ξηρή Σήψη Κορυφής εμφανίζεται σε όλες τις περιοχές όπου καλλιεργείται το φυτό της τομάτας και μπορεί να προκαλέσει απώλειες ακόμη και της τάξεως του 50% (Taylor 2004).

Παραμόρφωση τύπου *Cat Face*

Ο καρπός παραμορφώνεται στην αντίθετη του ποδίσκου πλευρά με την εμφάνιση υπερπλασιών και ανωμαλιών. Αυτό συμβαίνει λόγω μηχανικού τραυματισμού του καρπού σε πολύ νεαρό στάδιο (προσβολή από θρίπες) ή λόγω ατελούς γονιμοποίησης του άνθους όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες ή συννεφιά (Ολύμπιος 2001).

2.6. Εχθροί και ασθένειες

Αφίδες (διάφορα είδη): προσβάλλουν φύλλα και νεαρούς καρπούς. Καταπολεμούνται με εντομοκτόνα και ειδικά αφιδοκτόνα.

Θρίπες (*Thrips tabaci*): προσβάλλουν τα φύλλα. Μπορούν να μεταδώσουν ιώσεις. Καταπολεμούνται με εντομοκτόνα.

Αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*): προσβάλλει τα φύλλα. Καταπολεμάται με εντομοκτόνα, παγίδες και βιολογικά με το παράσιτο *Encarsia Formosa*.

Φαιά Σήψη (*Botrytis cinerea*): προσβάλλει στελέχη, φύλλα, καρπούς και άνθη όταν η θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή <18 °C. Καταπολεμάται με προληπτικούς και θεραπευτικούς ψεκασμούς και με βελτίωση συνθηκών στο θερμοκήπιο (καλός εξαερισμός, υψηλή θερμοκρασία).

Πρώμος περονόσπορος (*Alternaria solani*): προσβάλλει το λαιμό των νεαρών φυτών και στα ανεπτυγμένα φυτά τα φύλλα, τους βλαστούς και τους καρπούς. Ευνοείται από υψηλή θερμοκρασία και υψηλή υγρασία. Καταπολεμάται με προληπτικούς και θεραπευτικούς ψεκασμούς.

Όψιμος περονόσπορος (*Phytophthora infestans*): προσβάλλει όλα τα τρυφερά μέρη του φυτού όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και η υγρασία υψηλή. Καταπολεμάται με προληπτικούς και θεραπευτικούς ψεκασμούς και με μείωση της υγρασίας του θερμοκηπίου.

Κίτρινο καρούλιασμα των φύλλων - TYLCV: προσβάλλει ολόκληρο το φυτό αλλά κυρίως τη βλαστανούσα κορυφή και προκαλεί βράχυνση των μεσογονατίων διαστημάτων αλλά και παραμόρφωση. Δεν καταπολεμάται άμεσα και δεν υπάρχουν ανθεκτικές ποικιλίες. Έμμεσα εμποδίζεται η μετάδοση με καταπολέμηση του αλευρώδη που θεωρείται φορέας της ίωσης.

3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1. Εγκατάσταση του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κατά τη διάρκεια της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου του 2004 και της εαρινής-θερινής καλλιεργητικής περιόδου του 2005. Το αγρόκτημα του Πανεπιστημίου είναι εγκατεστημένο στην περιοχή του Βελεστίνου, σε απόσταση 17 χιλιομέτρων από την πόλη του Βόλου και νοτιοδυτικά στο νομό Μαγνησίας. Η περιοχή βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 22'$, γεωγραφικό μήκος $22^{\circ} 44'$ και σε υψόμετρο 85 m.

3.1.1. Τα θερμοκήπια

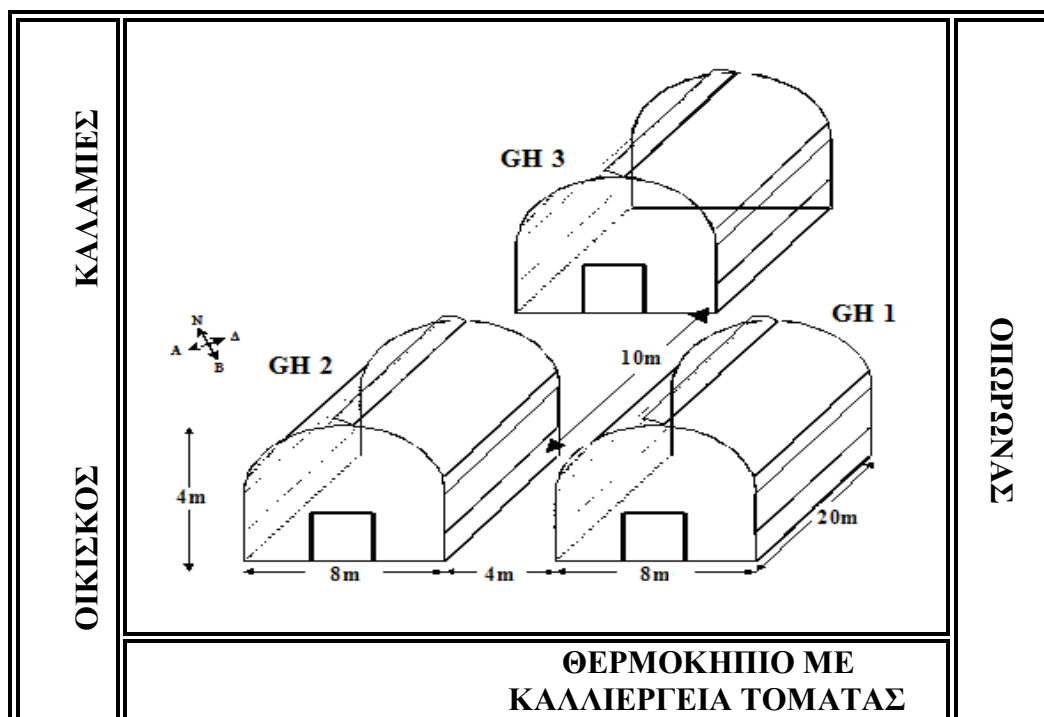
Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία πανομοιότυπα, τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια με τα εξής γεωμετρικά χαρακτηριστικά: ύψος ορθοστάτη 2,9 m, μέγιστο ύψος στον κορφιά 4,1 m, πλάτος και μήκος 8 και 20 m αντίστοιχα, εμβαδόν επιφάνειας εδάφους 160 m^2 και όγκος 524 m^3 (Εικόνα 14). Το έδαφος των θερμοκηπίων ήταν πλήρως καλυμμένο με αδιαφανές, διπλής όψεως, ασπρόμαυρο πλαστικό ενώ το υλικό του σκελετού ήταν γαλβανισμένος χάλυβας.



Εικόνα 14. Πλάγια όψη των δύο εκ των τριών θερμοκηπίων του πειράματος.

3.1.1.1. Χωροταξική διάταξη των θερμοκηπίων

Ο προσανατολισμός των θερμοκηπίων ήταν Βοράς-Νότος (Εικόνα 15). Τα κοντινότερα εμπόδια ήταν στην ανατολική πλευρά δέντρα ύψους 4 μέτρων, που λειτουργούσαν ως ανεμοθραύστες, και καλαμιές, τα οποία όμως δε σκίαζαν τα θερμοκήπια καθώς βρίσκονταν σε απόσταση 15 μέτρων από αυτά. Αριστερά του GH2 υπήρχε οικίσκος στον οποίο βρίσκονταν οι δεξαμενές του υδροπονικού συστήματος καθώς και ο υπολογιστής με τον οποίο γινόταν η διαχείριση του συστήματος αυτού. Δεξιά του GH1, υπήρχε οπωρώνας, ενώ στη βόρεια πλευρά του βρισκόταν θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας. Το GH3 απέχει από τον οπωρώνα διπλάσια απόσταση από ότι το GH1.



Εικόνα 15. Χωροταξική διάταξη των τριών θερμοκηπίων στα οποία πραγματοποιήθηκε το πείραμα.

3.1.1.2. Αερισμός

Τα θερμοκήπια ήταν εξοπλισμένα με πλαϊνά παράθυρα, διαστάσεων 0,9 m x 15 m, τοποθετημένα σε ύψος 0,5 m από το έδαφος και κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών. Το σύστημα του φυσικού εξαερισμού ελεγχόταν αυτόματα, με

θερμοκρασιακή τιμή ενεργοποίησης τους 23°C οπότε και ετίθετο σε λειτουργία ο μηχανισμός διάνοιξης των παραθύρων.

3.1.1.3. Θέρμανση

Η θέρμανση των θερμοκηπίων πραγματοποιούνταν με αερόθερμα οροφής, τοποθετημένα σε ύψος 3,6 m από την επιφάνεια του εδάφους, καθώς και με σωλήνες PVC μαύρου χρώματος, τοποθετημένους κοντά στην καλλιέργεια, στους οποίους κυκλοφορούσε ζεστό νερό. Ο έλεγχος του συστήματος θέρμανσης πραγματοποιούνταν με θερμοστάτη, ο αισθητήρας του οποίου ήταν τοποθετημένος σε ύψος 1,5 m από την επιφάνεια του εδάφους στο κέντρο κάθε θερμοκηπίου. Το σύστημα ετίθετο σε λειτουργία στους 17°C κατά τη διάρκεια της ημέρας και στους 15°C τη νύχτα, ενώ η λειτουργία του διακοπτόταν στους 19°C κατά τη διάρκεια της ημέρας και στους 17°C τη νύχτα.

3.1.2. Τα υλικά κάλυψης

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη των θερμοκηπίων του πειράματος ήταν τριστρωματικά φύλλα πολυαιθυλενίου, πάχους 180 μm. Περιείχαν εκτός από πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE), ίσες ποσότητες σε AF (anti fog) και EVA (ethyl-vinyl-acetate) πρόσθετα βελτίωσης των ιδιοτήτων τους.

Τα υλικά κάλυψης είχαν τις παρακάτω ιδιότητες:

- GH1 (υλικό με κωδικό αριθμό 3999): θερμόφιλο υλικό με αντισταγονικές ιδιότητες και πρόσθετα απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας τα οποία εξασφάλιζαν 0% διαπερατότητα στην ακτινοβολία αυτή.
- GH2 (υλικό με κωδικό αριθμό 3975): θερμόφιλο υλικό, γκρι χρώματος με 0% διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία και πρόσθετα τα οποία προκαλούσαν μεγαλύτερη ανάκλαση στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία.
- GH3 (υλικό με κωδικό αριθμό 3945): θερμόφιλο υλικό, με 5% διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας κατά τις πειραματικές δοκιμές.

Οι παραπάνω τιμές της διαπερατότητας των υλικών στην υπεριώδη ακτινοβολία ήταν δεδομένα που δόθηκαν από τον κατασκευαστή, ωστόσο, επιβεβαιώθηκαν και από *in-situ* μετρήσεις όπως αναφέρεται στα Αποτελέσματα. Τα υλικά κάλυψης κατασκευάστηκαν από την βιομηχανία ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πλαστικό με κωδικό αριθμό 3975, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη του GH2 του πειράματος, προτάθηκε από τον κατασκευαστή ως υλικό το οποίο μπορεί να βρει εφαρμογή για τη μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

3.1.3. Τα δίχτυα εντομοστεγανότητας

Για τη μείωση του πληθυσμού των εντόμων στο GH1 χρησιμοποιήθηκε ένα Bionet™ (Klayman Meteor Ltd., Israel), με διάμετρο ίνας 0,24mm και μέγεθος mesh 50x24 (πορώδες, $\epsilon = 50\%$). Το δίχτυ τοποθετήθηκε στα ανοίγματα αερισμού του GH1 τόσο κατά τη χειμερινή όσο και κατά την εαρινή καλλιεργητική περίοδο.

Για τη διερεύνηση της επίδρασης της συνδυασμένης χρήσης του υλικού του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του δικτύου εντομοστεγανότητας στο μικροκλίμα και την καλλιέργεια, τα δεδομένα των μετρήσεων του GH1 (UV 0% NET) συγκρίθηκαν με τα δεδομένα του GH3 (UV 5%) το οποίο αποτέλεσε το μάρτυρα των πειραματικών δοκιμών. Προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση της χρήσης του cooling film πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ των δεδομένων των μετρήσεων του GH2 (UV 0% NIR) και των δεδομένων του GH3 (UV 5%), τόσο κατά τη χειμερινή όσο και κατά την εαρινή καλλιεργητική περίοδο (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Τα υλικά κάλυψης και το δίχτυ εντομοστεγανότητας όπως χρησιμοποιήθηκαν στα τρία πειραματικά θερμοκήπια, στις δύο καλλιεργητικές περιόδους της έρευνας.

Θερμοκήπιο	Περατότητα στη UVR	Περατότητα στη NIR	Δίχτυ εντομοστεγανότητας	Κωδικοποίηση
GH1	0%	80%	Bionet	UV 0% NET
GH2	0%	60%	–	UV 0% NIR
GH3	5%	80%	–	UV 5%

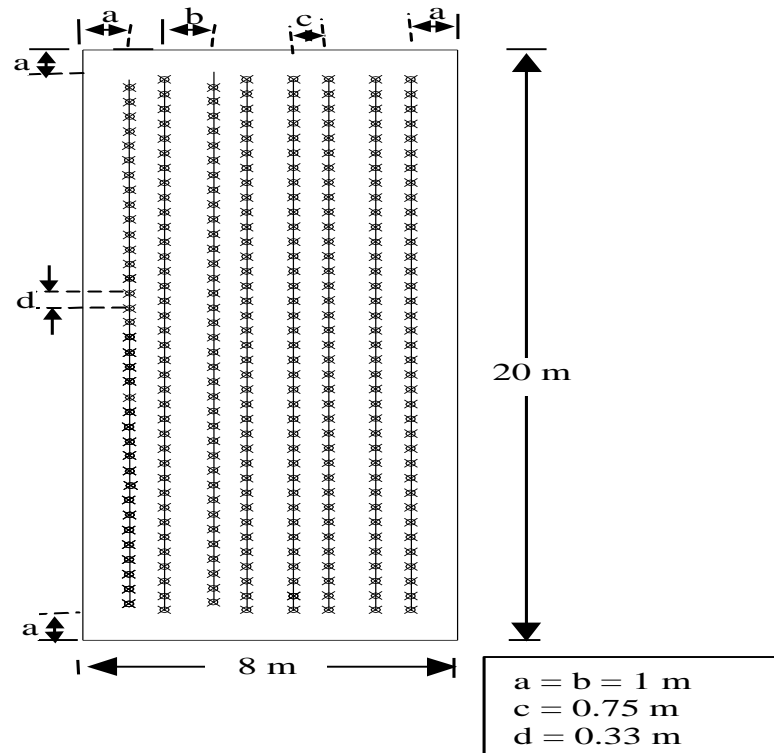
3.1.4. Εγκατάσταση της καλλιέργειας

3.1.4.1. Ποικιλία

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας, *Lycopersicon esculentum*, var. *bella dona*. Η ποικιλία είναι αυτογονιμοποιούμενη, απεριόριστης ανάπτυξης βλαστών (*indeterminate*), με χαρακτηριστικό τη μεγάλη διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής στον καρπό (*long-life*). Τα φύλλα της είναι μεγάλων διαστάσεων, δημιουργώντας μεγάλη φυλλική επιφάνεια. Η μεταφύτευση των φυτών της χειμερινής περιόδου πραγματοποιήθηκε στις 15/11/04 και η καλλιέργεια ολοκληρώθηκε στις 28/03/05. Οι αντίστοιχες ημερομηνίες της εαρινής περιόδου ήταν 15/04/05 και 04/08/05. Τα φυτά μεταφυτεύθηκαν όταν βρίσκονταν στο στάδιο των οκτώ πραγματικών φύλλων, δηλαδή στο στάδιο της 1^{ης} ταξιανθίας. Η παραγωγή και ανάπτυξή τους μέχρι το στάδιο αυτό είχε πραγματοποιηθεί σε επαγγελματικό φυτώριο (φυτώρια Κρήτης, επωνυμία «ΚΡΟΝΟΣ»).

3.1.4.2. Διάταξη των φυτών

Για την εγκατάσταση της καλλιέργειας επιλέχθηκε το σύστημα φύτευσης των διπλών γραμμών φυτών, με αποστάσεις 0,33 m επί της γραμμής και 0,75 m μεταξύ των γραμμών της διπλής σειράς. Ανάμεσα στις διπλές γραμμές υπήρχε διάδρομος πλάτους 1 m ενώ η τελική πυκνότητα φύτευσης ήταν 2.4 φυτά/m² (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Διάταξη φυτών και αποστάσεις φύτευσης στο θερμοκήπιο.

3.1.4.3. Υπόστρωμα καλλιέργειας

Για τη θρέψη των φυτών επιλέχθηκε το ανοιχτό υδροπονικό σύστημα προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος μολύνσεων από ασθένειες εδάφους και γενικότερα να περιοριστούν οι επιδράσεις του παράγοντα έδαφος στα φυτά. Το υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα της καλλιέργειας ήταν Περλίτης®, σε σάκους μήκους 1 μέτρου και πλάτους 0,3 μέτρων. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 136 σάκοι σε κάθε θερμοκήπιο, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε ύψος 0,5 m από το έδαφος, σε πάγκους με κλίση 1-2% για υποβοήθηση της στράγγισης.

3.1.5. Καλλιεργητικές τεχνικές

Τα φυτά του πειράματος αναπτύχθηκαν σύμφωνα με τις συνηθισμένες καλλιεργητικές πρακτικές που ακολουθούν οι παραγωγοί της περιοχής στα εμπορικά θερμοκήπια, ήτοι το μονοστέλεχο σύστημα διαμόρφωσης και η διατήρηση 5 καρπών ανά ταξικαρπία. Τα φυτά υποστηρίχθηκαν με πλαστικό σπάγκο, ο οποίος ήταν δεμένος σε οριζόντια σύρματα του θερμοκηπίου με ειδικό εξάρτημα.

Η δόση και ο χρόνος άρδευσης, καθώς και η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος, ελέγχονταν αυτόματα βάσει του συστήματος MACQU (Management and Control for Quality in Greenhouse). Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια ήταν $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ και το pH 5,6 με μικρές τροποποιήσεις ανάλογα με τις συνθήκες και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Η σύσταση του αρχικού θρεπτικού διαλύματος όπως προέκυψε έπειτα από χημική ανάλυση του νερού άρδευσης φαίνεται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Η συγκέντρωση των μακροστοιχείων του θρεπτικού διαλύματος.

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

Για τη διατήρηση του συστήματος διαμόρφωσης, καθώς επίσης και για την εξισορρόπηση της βλάστησης και της καρποφορίας, οι πλάγιοι βλαστοί αφαιρούνταν χειρωνακτικά, διαδικασία που επαναλαμβάνονταν τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα.

Μετά τη συγκομιδή των καρπών της 1^{ης} και 2^{ης} ταξικαρπίας αφαιρέθηκαν τα υποκείμενα φύλλα, ώστε να δημιουργηθούν καλύτερες συνθήκες στο μικρο-περιβάλλον του φυτού.

Για την υποβοήθηση της επικονίασης και γονιμοποίησης έγινε εισαγωγή βομβύνων, *Bombus terrestris* (L) (*Hymenoptera: Apidae*), σε μορφή αποικίας, μέσα σε ειδικές εμπορικές κυψέλες

3.1.5.1. Έλεγχος εχθρών και ασθενειών

Στα θερμοκήπια γινόταν συστηματικός έλεγχος των εντόμων και των ασθενειών. Χρησιμοποιήθηκαν κίτρινες και μπλε κολλητικές παγίδες, διαστάσεων 25 cm x 10 cm της εταιρείας HORIVER ® για την παρακολούθηση των αλευρωδών

και των θριπών αντίστοιχα, ενώ για τις αφίδες έγινε χρήση κίτρινων παγίδων νερού τύπου Moericke διαστάσεων 60 cm x 60 cm, οι οποίες ήταν τοποθετημένες σε επιλεγμένες θέσεις μέσα αλλά και έξω από τα πλαϊνά ανοίγματα των θερμοκηπίων (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Εσωτερική άποψη του GH2 του πειράματος.

3.1.6. Τα πειραματικά φυτά

Για τη μελέτη της αύξησης και ανάπτυξης των φυτών, επιλέχθηκαν από κάθε θερμοκήπιο, με τη βοήθεια του πλήρως τυχαιοποιημένου σχεδίου, 24 φυτά της καλλιέργειας του χειμώνα και 16 φυτά της εαρινής καλλιέργειας. Τα φυτά των διπλών σειρών οι οποίες έρχονταν σε άμεση επαφή με τα πλαϊνά ανοίγματα αερισμού αποκλείστηκαν κατά την επιλογή του δείγματος, προκειμένου να εξαλειφθεί η επίδραση του περιθωρίου. Από τις τέσσερις υπολειπόμενες γραμμές επιλέχθηκαν 6 φυτά της καλλιέργειας του χειμώνα και 4 φυτά της εαρινής καλλιέργειας, σε κάθε γραμμή, τα οποία βρίσκονταν σε τυχαία θέση επί της γραμμής αυτής. Κάθε πειραματικό φυτό έφερε ατομικό καρτελάκι με τον αύξοντα αριθμό του. Η αρίθμηση των φυτών των τριών θερμοκηπίων ήταν ενιαία, ξεκινώντας από το GH1 και καταλήγοντας με το GH3.

3.2. Μετρήσεις

3.2.1. Μέτρηση των οπτικών χαρακτηριστικών των υλικών κάλυψης

Για τον υπολογισμό της φασματικής περατότητας των υλικών κάλυψης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, με τη χρήση φορητού φασματοφωτομέτρου (LI-1800 LI-COR, Lincoln, NE, USA). Η συσκευή είχε τη δυνατότητα μέτρησης της ενέργειας της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας από 340 έως 1100 nm και σε διαστήματα των 2nm. Ο υπολογισμός της περατότητας των υλικών στην υπεριώδη καθώς και στην ολική ακτινοβολία δίνονταν από το πηλίκο των τιμών στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και των αντίστοιχων τιμών εξωτερικά.

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές μετρήσεις των οπτικών ιδιοτήτων (περατότητα, ανακλαστικότητα, απορροφητικότητα) των υλικών κάλυψης σε δείγματα τα οποία ελήφθησαν πριν την εγκατάσταση των καλυμμάτων στα θερμοκήπια. Με την χρήση του φορητού φασματοφωτομέτρου και τη βοήθεια μιας εξωτερικής σφαίρας ολοκλήρωσης, μετρήθηκε η ακτινοβολία μιας φωτεινής πηγής, η οποία διερχόταν διαμέσου των υλικών κάλυψης. Σκοπός των μετρήσεων αυτών ήταν η μελέτη της επίδρασης του χρόνου στις φασματικές ιδιότητες των υλικών, δηλαδή μετρήσεις των ιδιοτήτων των υλικών κάλυψης κατά την εγκατάστασή τους και ένα χρόνο μετά.

3.2.2. Κλιματικές μετρήσεις

Η μέτρηση των κλιματικών παραμέτρων (θερμοκρασία υγρού και ξηρού βολβού) καθώς επίσης και οι μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας (UVA, UVB και ολική) πραγματοποιούνταν τόσο στο εσωτερικό των θερμοκηπίων όσο και στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο. Για τις εξωτερικές μετρήσεις οι αισθητήρες αναρτήθηκαν σε ιστό ύψους 5 m σε σημείο όπου δεν επηρεάζονταν από σκίαση.

3.2.2.1. Όργανα μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας

Χρησιμοποιήθηκαν αεριζόμενα ψυχρόμετρα (υγρού και ξηρού βολβού) της εταιρείας Delta-T devices (μοντέλο VP1, Cambridge, UK), τα οποία ήταν τοποθετημένα στο κέντρο των θερμοκηπίων και σε ύψος 1,5 m από την επιφάνεια του

εδάφους. Οι τιμές της θερμοκρασίας δίνονταν σε $^{\circ}\text{C}$, ενώ η σχετική υγρασία (RH) και η πίεση των υδρατμών (e, kPa) υπολογίζονταν από τις θερμοκρασίες ξηρού και υγρού βολβού με την χρήση των κατάλληλων σχέσεων.

3.2.2.2. Όργανα μέτρησης ηλιακής ακτινοβολίας

Για τη μέτρηση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας (R_s , σε W/m^2) χρησιμοποιήθηκαν πυρανόμετρα (μοντέλο Middleton EP08-E, Brunswick Victoria, AUS), τα οποία ήταν τοποθετημένα στο κέντρο των θερμοκηπίων και σε ύψος 2 m από την επιφάνεια του εδάφους.

Για τη μέτρηση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο φάσμα 290-315 nm (UVB) και στο φάσμα 315-380 nm (UVA) χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες UVB (SKU 420, Skye Instruments Ltd, UK) και UVA (SKU 430, Skye Instruments Ltd, UK), αντίστοιχα, των οποίων οι τιμές δίνονταν σε W/m^2 .

3.2.2.3. Καταγραφή Μετρήσεων

Για τη συλλογή όλων των παραπάνω μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων (μοντέλο DL3000 της εταιρείας Delta-T Devices Cambridge, UK). Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν κάθε 30 δευτερόλεπτα και καταγραφόταν ο μέσος όρος των 10 λεπτών.

3.2.3. Αγρονομικές Μετρήσεις

Οι αγρονομικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν δύο ειδών. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον αγρό (μη καταστροφικές μετρήσεις) και μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο (καταστροφικές μετρήσεις και μετρήσεις παραγωγικότητας).

3.2.3.1. Μετρήσεις στον αγρό (μη καταστροφικές)

Κατά τη διάρκεια των μη καταστροφικών μετρήσεων αύξησης και ανάπτυξης καταγράφονταν τα εξής:

- Μήκος στελέχους (cm).

- Αριθμός κόμβων.
- Μήκος και πλάτος φύλλων (cm).
- Στάδιο ανάπτυξης ταξιανθιών.

Η μέτρηση του μήκους του στελέχους δηλαδή, του ύψους των φυτών πραγματοποιούνταν με τη χρήση εύκαμπτης πλαστικής μετροταινίας με ακρίβεια μέτρησης της τάξεως των 0,5 cm. Ως ύψος του φυτού είχε οριστεί το μήκος του κεντρικού βλαστού από το λαιμό του φυτού μέχρι το σημείο εμφάνισης του φύλλου στην κορυφή με μήκος μικρότερο από 10 cm. Η μέτρηση του ύψους των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε μία φορά, στις 09/12/2004 (D.A.T. 24) ενώ στην εαρινή καλλιέργεια πραγματοποιήθηκε κατά την 25^η, 39^η και 52^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση.

Η καταμέτρηση του αριθμού των κόμβων πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα με την παραπάνω μέτρηση, του ύψους των φυτών, τόσο στην χειμερινή (D.A.T. 24) όσο και στην εαρινή (25^η, 39^η και 52^η D.A.T.) καλλιέργεια.

Τα δεδομένα του ύψους και του αριθμού των κόμβων των φυτών της εαρινής περιόδου χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υπολογιστεί και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων για τις ημερομηνίες κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι παραπάνω μετρήσεις (25^η, 39^η και 52^η D.A.T.).

Η μέτρηση του μήκους και του πλάτους των φύλλων πραγματοποιήθηκε την 24^η και 101^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση των φυτών της χειμερινής περιόδου και την 39^η, 52^η και 67^η της εαρινής περιόδου, με τη χρήση της μετροταινίας που περιγράφηκε παραπάνω. Ως μήκος (L) του φύλλου ορίστηκε η απόσταση από τη βάση του μίσχου έως την άκρη του ελάσματος και ως πλάτος (W) η μεγαλύτερη απόσταση ανάμεσα στις άκρες του ελάσματος, η κάθετη στο μήκος του φύλλου. Για τις μετρήσεις επιλέχθηκε ένα φύλλο μεταξύ κάθε δύο συνεχόμενων ταξιανθιών από τη βάση έως την κορυφή των φυτών.

Η καταγραφή του σταδίου ανάπτυξης των ταξιανθιών πραγματοποιήθηκε μόνο κατά τη διάρκεια της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου και περιελάμβανε τη συλλογή δεδομένων που αφορούσαν στον χρόνο εμφάνισης των ταξιανθιών, στον αριθμό των κλειστών και ανοιχτών ταξιανθιών και στον αριθμό των εμφανών καρπών, ώριμων και μη, ανά ταξιανθία. Η μέτρηση πραγματοποιούνταν σε εβδομαδιαία βάση (11^η, 19^η, 25^η, 31^η, 39^η, 45^η, 52^η, 59^η και 67^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση) και διαρκούσε έως το αραίωμα των καρπών μιας ταξιανθίας. Εμφανείς θεωρήθηκαν οι ταξιανθίες

των οποίων το μήκος ήταν μεγαλύτερο του 1 cm, ενώ ανοιχτές οι ταξιανθίες στις οποίες το 50% των ανθέων τους ήταν ανοιχτά.

3.2.3.2. Μετρήσεις στο εργαστήριο (καταστροφικές και παραγωγικότητας)

Οι εργαστηριακές μετρήσεις αφορούσαν:

- Το μήκος και το πλάτος (cm) καθώς και τη φυλλική επιφάνεια (m^2) δειγμάτων φύλλων (καταστροφικές μετρήσεις).
- Το μήκος μεσογονατίων διαστημάτων (cm).
- Την συγκομισθείσα παραγωγή ώριμων καρπών (μετρήσεις παραγωγικότητας).

3.2.3.2.1. Καταστροφικές μετρήσεις

Για τις καταστροφικές μετρήσεις συλλέχθηκαν δείγματα φύλλων, με τυχαία επιλογή, εξαιρουμένων των φύλλων των φυτών του δείγματος, στα οποία μετρήθηκαν το μήκος και το πλάτος (cm) με τη χρήση υποδεκάμετρου, καθώς και η φυλλική τους επιφάνεια (m^2) με τη χρήση συσκευής σάρωσης (scanner) και ειδικού λογισμικού (Delta-T-Scan). Η μέτρηση της χειμερινής περιόδου πραγματοποιήθηκε την 115^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση ενώ κατά την εαρινή περίοδο την 62^η και την 88^η. Στα παραπάνω δεδομένα εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση προκειμένου να υπολογιστούν οι σχέσεις που συνδέουν το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος φύλλου με τη φυλλική του επιφάνεια.

Η μέτρηση του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων διεξήχθη στο εργαστήριο, αμέσως μετά την κοπή των φυτών και το τέλος του πειράματος, τόσο της χειμερινής (133^η DAT) όσο και της εαρινής περιόδου (111^η DAT). Μετρήθηκε το μήκος του κάθε μεσογονατίου διαστήματος ξεχωριστά, με τη χρήση υποδεκάμετρου, στο σύνολο των φυτών του δείγματος.

3.2.3.2.2. Μετρήσεις παραγωγικότητας

Η συγκομιδή των καρπών της χειμερινής περιόδου πραγματοποιούνταν όταν οι καρποί βρίσκονταν στο ελαφρά κόκκινο και στο κόκκινο στάδιο ωρίμανσης, ενώ, η

συγκομιδή της εαρινής περιόδου περιελάμβανε ώριμους καρπούς, δηλαδή, του κόκκινου σταδίου ωρίμανσης, σύμφωνα με την κατάταξη USDA.

Πίνακας 5. Στάδια ωρίμανσης τομάτας, κατά USDA (The California Tomato Board, 1995).



Στάδιο 1: Πράσινο (Green)

Το σύνολο της επιφάνειας του καρπού παρουσιάζει πλήρως πράσινο χρώμα, το οποίο μπορεί να ποικίλει από ανοιχτό έως σκούρο πράσινο.



Στάδιο 2 : Έναρξη Αλλαγής Χρωματισμού (Breakers)

Παρατηρείται μία αλλαγή στο χρώμα από πράσινο σε ανοιχτό κίτρινο, ροζ, κόκκινο ή συνδυασμό αυτών αλλά σε λιγότερο από το 10% της επιφάνειας του καρπού.



Στάδιο 3 : Αλλαγή Χρωματισμού (Turning)

Περισσότερο από 10% αλλά όχι περισσότερο από 30% της επιφάνειας δείχνει μία αλλαγή στο χρώμα από πράσινο σε ανοιχτό κίτρινο, ροζ, κόκκινο ή συνδυασμό αυτών.



Στάδιο 4 : Ρόδινο (Pink)

Περισσότερο από το 30% αλλά όχι περισσότερο από το 60% της επιφάνειας του καρπού είναι ρόδινη ή κόκκινη.



Στάδιο 5 : Ελαφρά Κόκκινο (Light Red)

Περισσότερο από το 60% της επιφάνειας είναι ρόδινο-κόκκινο ή κόκκινο, ωστόσο, λιγότερο από το 90% της επιφάνειας είναι κόκκινο.



Στάδιο 6 : Κόκκινο (Red)

Περισσότερο από το 90% της επιφάνειας του καρπού είναι κόκκινη.

Η συγκομιδή των καρπών, καθώς και οι μετρήσεις παραγωγικότητας που ακολουθούσαν, πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το πρόγραμμα που φαίνεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Πρόγραμμα συγκομιδής στις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος.

Ημέρα	Ημερομηνία Συγκομιδής	D.A.T.	Εβδομάδα Συγκομιδής
Χειμερινή Καλλιέργεια			
Δευτέρα	17/01/05	63	1
Παρασκευή	28/01/05	74	2
Πέμπτη	03/02/05	80	3
Τρίτη	08/02/05	85	4
Παρασκευή	11/02/05	88	
Τρίτη	15/02/05	92	5
Παρασκευή	18/02/05	95	
Τρίτη	22/02/05	99	6
Παρασκευή	25/02/05	102	
Παρασκευή	04/03/05	109	7
Τετάρτη	09/03/05	114	8
Πέμπτη	17/03/05	122	9
Πέμπτη	24/03/05	129	10
Δευτέρα	28/03/05	133	11
Εαρινή Καλλιέργεια			
Πέμπτη	16/06/05	62	1
Πέμπτη	23/06/05	69	2
Δευτέρα	27/06/05	73	3
Δευτέρα	04/07/05	80	4
Παρασκευή	08/07/05	84	
Παρασκευή	15/07/05	91	5
Παρασκευή	22/07/05	98	6
Τρίτη	26/07/05	102	7
Πέμπτη	04/08/05	111	8

D.A.T.: Ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

Οι μετρήσεις παραγωγικότητας πραγματοποιούνταν αμέσως μετά το πέρας της συγκομιδής των καρπών και περιελάμβαναν:

- Τη μέτρηση του νωπού βάρους των καρπών (g).
- Την καταγραφή των φυσιολογικών ανωμαλιών και των προσβολών από έντομα.
- Τη μέτρηση του χρώματος των εμπορεύσιμων καρπών.

Για τη μέτρηση του νωπού βάρους των καρπών χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζυγός (Model Presica 60000 G SCS), διακριτικότητας 5000g. Ταυτόχρονα πραγματοποιούνταν παρατήρηση του περικαρπίου των καρπών και διαχωρισμός αυτών σε εμπορεύσιμους και μη εμπορεύσιμους.

Ο διαχωρισμός των καρπών στις δύο παραπάνω κατηγορίες (εμπορεύσιμοι και μη) βασίστηκε τόσο στην έκταση των ζημιών που παρατηρήθηκαν όσο και στο βάρος τους. Πιο συγκεκριμένα, θεωρήθηκαν μη εμπορεύσιμοι και απορρίφθηκαν λόγω βάρους καρποί μικρότεροι των 100 και μεγαλύτεροι των 300 γραμμαρίων.

Στους ζημιωμένους καρπούς πραγματοποιούνταν διάγνωση της ζημιάς και προσδιορισμός του μεγέθους της. Οι παρατηρήσεις αφορούσαν τα εξής:

- ✓ Προσβολές από έντομα
- ✓ Ηλιακό έγκαυμα (Sunscald)
- ✓ Σχίσσιμο (Cracking)
- ✓ Ξηρή σήψη κορυφής (BER)
- ✓ Παραμόρφωση τύπου Catface
- ✓ Ουλή τύπου Zippering
- ✓ Κενοί καρποί (Puffiness)

Η αξιολόγηση των προβλημάτων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την κλίμακα 1-5, η οποία φαίνεται στον Πίνακα 7. Ως μη εμπορεύσιμοι θεωρήθηκαν οι καρποί που το μέγεθος της ζημιάς που παρουσίαζαν, ήταν μεγαλύτερο του 3.

Πίνακας 7. Κλίμακα προσδιορισμού μεγέθους ζημιάς συγκομισθέντων καρπών.

Διαβάθμιση Κλίμακας	Είδος Παρατηρούμενης Ζημιάς		Κατηγορία
	Σχίσσιμο, Ουλές, Παραμορφώσεις, Προσβολές εντόμων	Ξηρή Σήψη Κορυφής	
1 = κανένα ελάττωμα			E
2 = ελαφρά ελαττώματα	μήκος έως 1 cm	διάμετρος έως 1 cm	E
3 = μέτρια ελαττώματα	μήκος 1,1 έως 2 cm	διάμετρος 1,1 έως 2 cm	E
4 = έντονα ελαττώματα	μήκος 2,1 έως 3 cm	διάμετρος 2,1 έως 3 cm	ME
5 = υπερβολικά ελαττώματα	μήκος $\geq 3,1$ cm	διάμετρος $\geq 3,1$ cm	ME

E: εμπορεύσιμοι καρποί

ME: μη εμπορεύσιμοι καρποί

Η μέτρηση του χρώματος των εμπορεύσιμων καρπών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του χρωματόμετρου MiniScan XE Plus της HunterLab (μοντέλο 4500L) και γινόταν σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία στον ισημερινό του κάθε καρπού. Αφορούσε στον υπολογισμό των L^* , a^* , b^* συνιστωσών, σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB, που υιοθετήθηκε από τη CIE 1976 (*International Commission de l'Éclairage*).

3.2.4. Υπολογισμοί παραμέτρων αύξησης και ανάπτυξης

Όπως αναφέρθηκε, στα δεδομένα του μήκους και του πλάτους των φύλλων καθώς και της φυλλικής τους επιφάνειας, που προέκυψαν από τις καταστροφικές μετρήσεις, εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση προκειμένου να υπολογιστούν οι σχέσεις που συνδέουν το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος φύλλου με τη φυλλική του επιφάνεια. Η σχέση που προέκυψε για κάθε μεταχείριση ήταν της μορφής $y = a + b \cdot x$ και εφαρμόστηκε στα δεδομένα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στον αγρό (μη καταστροφικές μετρήσεις). Η εύρεση της φυλλικής επιφάνειας του κάθε φυτού προήλθε από το άθροισμα της φυλλικής επιφάνεια όλων των φύλλων αυτού, για τις ημερομηνίες κατά τις οποίες διεξήχθησαν οι μετρήσεις.

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας των φυτών υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη φυλλική επιφάνεια επί την πυκνότητα φύτευσης:

$$LAI = LA \text{ (m}^2 \text{ ανά φυτό)} \times 2,4 \text{ (φυτά ανά m}^2\text{)}$$

Ο αριθμός των κόμβων των φυτών υπολογίστηκε από το άθροισμα των εμφανών φύλλων και ταξιανθιών, ανεξάρτητα από το μήκος αυτών.

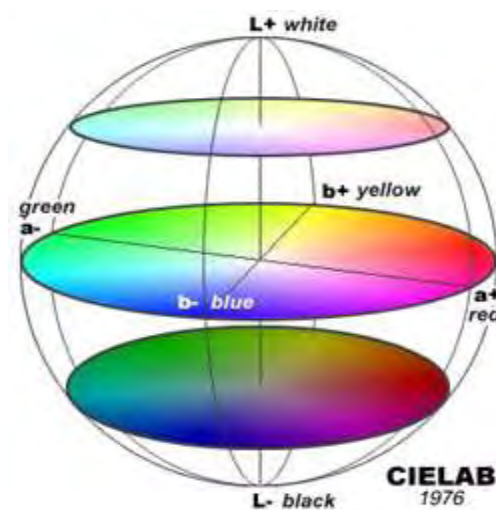
Οι μετρήσεις του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων της 24^{ης} ημέρας μετά τη μεταφύτευση της χειμερινής περιόδου και της εαρινής περιόδου, προέκυψαν υπολογιστικά από τον λόγο του μήκους του στελέχους του κάθε φυτού προς τον αριθμό των κόμβων του.

3.2.5. Υπολογισμοί παραμέτρων ποιότητας & παραγωγικότητας

3.2.5.1. Παράμετροι χρώματος Hue^ο και Chroma*

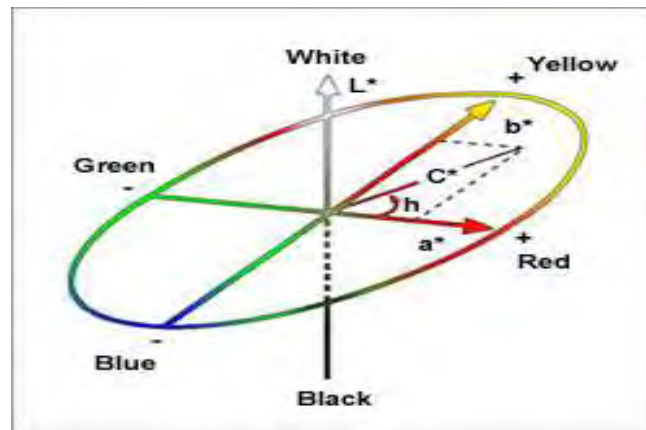
Η μέτρηση του χρώματος των εμπορεύσιμων καρπών αφορούσε στον υπολογισμό των L*, a*, b* συνιστωσών, σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB, που υιοθετήθηκε από τη CIE 1976 (*International Commission de l'Éclairage*).

Στο σύστημα μέτρησης CIELAB, η παράμετρος L* εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος και παίρνει τιμές από 0=μαύρο έως 100=λευκό, ενώ οι συντεταγμένες a*, b* αποδίδουν το χρώμα σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων κάθετο στον L* άξονα. Στον οριζόντιο άξονα, θετικές τιμές του a*, υποδεικνύουν ένα χρώμα κόκκινο-μωβ, ενώ οι αρνητικές τιμές, ένα χρώμα μπλε-πράσινο. Στον κάθετο άξονα, θετικές τιμές του b*, υποδεικνύουν ένα κίτρινο χρώμα ενώ οι αρνητικές μπλε. Το χρώμα στην αρχή των αξόνων (a*=0, b*=0) είναι γκρι (*achromatic point*).



Εικόνα 17. Σύστημα μέτρησης CIELAB.

Η απόδοση του χρώματος ενός δείγματος, πέραν της Φωτεινότητας (L*), ολοκληρώνεται με τις παραμέτρους Hue^ο (Χρώμα) και Chroma* (Ένταση), ο υπολογισμός των οποίων βασίζεται σε τριγωνομετρικές εξισώσεις. Ένας χρωματικός κύκλος έχει 360°, με το κόκκινο-μωβ να βρίσκεται σε μία γωνία 0°. Τα κίτρινο, μπλε-πράσινο και μπλε ακολουθούν αντίθετα προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού στις 90°, 180° και 270° αντίστοιχα.



Εικόνα 18. Χρωματικός κύκλος.

Το χρώμα ενός δείγματος μπορεί να βρεθεί κατά τον υπολογισμό της γωνίας του χρώματος, hue angle (H°) και της έντασης, Chroma C^* , που υπολογίζονται από τα a^* , b^* .

Το Chroma C^* , υπολογίζεται ως εξής:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

και αντιπροσωπεύει την υποτείνουσα του ορθογώνιου τριγώνου που δημιουργείται από την ένωση των σημείων $(0,0)$, (a^*, b^*) και $(a^*, 0)$.

Η γωνία hue angle, είναι η γωνία μεταξύ της υποτείνουσας και του άξονα του a^* . Το H° υπολογίζεται από το τόξο της εφαπτομένης του b^*/a^* ως εξής:

$$H^{\circ} = \arctan (b^*/a^*) \text{ όταν } a^* > 0 \text{ και } b^* \geq 0$$

$$H^{\circ} = 180^{\circ} + \arctan (b^*/a^*) \text{ όταν } a^* < 0 \text{ και } b^* \geq 0$$

3.2.5.2. Υπολογισμοί παραγωγικότητας

Από τα δεδομένα του νωπού βάρους του συνόλου των συγκομισθέντων καρπών του δείγματος και τον διαχωρισμό τους σε εμπορεύσιμους και μη υπολογίστηκαν:

- η συνολική (εμπορεύσιμη και μη) παραγωγή (kg/m^2)
- ο αριθμός καρπών (εμπορεύσιμων και μη) ανά m^2

- το βάρος καρπού (g) (εμπορεύσιμου και μη)
- η εμπορεύσιμη παραγωγή (kg/m^2)
- ο αριθμός εμπορεύσιμων καρπών ανά m^2
- το βάρος εμπορεύσιμου καρπού (g)
- η ποσοστιαία ποιοτική κατανομή του βάρους και του αριθμού των συγκομισθέντων καρπών
- η μη εμπορεύσιμη παραγωγή ανά κατηγορία (kg/m^2)
- ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων καρπών ανά m^2 ανά κατηγορία μη εμπορεύσιμης παραγωγής
- το βάρος μη εμπορεύσιμου καρπού (g) ανά κατηγορία μη εμπορεύσιμης παραγωγής
- το ποσοστό της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων παραγωγής (kg/m^2)
- το ποσοστό του μη εμπορεύσιμου, εξαιτίας ελαττωμάτων αριθμού καρπών

3.3. Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου S.P.S.S. 11.0.

Όσο αφορά στο βιολογικό μέρος, για τη σύγκριση των μέσων όρων εφαρμόστηκε One Way Anova, χρησιμοποιώντας το κριτήριο Duncan, σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Το κάθε φυτό θεωρήθηκε ως επανάληψη του πειραματικού σχεδίου. Για τον υπολογισμό των σχέσεων που συνδέουν τη φυλλική επιφάνεια με το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος των φύλλων, εφαρμόστηκε Γραμμική Ανάλυση Παλινδρόμησης (Linear Regression Analysis), σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$.

Στο φυσικό μέρος συγκρίθηκαν οι μέσοι όροι των δύο μεταχειρίσεων με τους μέσους όρους του μάρτυρα, μέσω του Paired-Samples T-test, σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Στην ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα. Το τυπικό σφάλμα υπολογίστηκε ως ο λόγος της τυπικής απόκλισης προς τον αριθμό των μετρήσεων.

4. Αποτελέσματα

Φυσικό Μέρος

4.1. Οπτικές Ιδιότητες των Υλικών Κάλυψης

4.1.1. Εργαστηριακές μετρήσεις

Οι τιμές της διαπερατότητας των υλικών που συνοδεύουν τα έντυπα κατασκευής τους, αναφέρονται σε εργαστηριακές μετρήσεις οι οποίες ανταποκρίνονται στις μέγιστες τιμές της διαπερατότητας του υλικού. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι τιμές αυτές είναι σχεδόν αντιπροσωπευτικές εφόσον πρόκειται για νέο, καθαρό υλικό το οποίο δέχεται τη δέσμη της ακτινοβολίας κάθετα στην επιφάνειά του.

Οι οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης που καθορίστηκαν στο εργαστήριο ήταν η περατότητα (transmittance), η απορροφητικότητα (absorptance) και η ανακλαστικότητα (reflectance).

Πίνακας 8. Η φασματική περατότητα των τριών υλικών κάλυψης σε διάφορα μήκη κύματος, όπως προέκυψε από εργαστηριακές μετρήσεις με τη χρήση φορητού φασματοφωτομέτρου (LI-1800 LI-COR, Lincoln, NE, USA).

Μήκος κύματος	GH1 UV0% (3999)			GH2 UV0%+NIR60% (3975)			GH3 UV5% (3945)		
	tr	ref	abs	tr	ref	abs	tr	ref	abs
350-1100	0.77	0.12	0.11	0.59	0.20	0.21	0.78	0.14	0.09
400-700	0.80	0.14	0.06	0.62	0.21	0.17	0.79	0.16	0.05
350-400	0.04	0.05	0.91	0.04	0.05	0.90	0.28	0.08	0.64
400-500	0.75	0.15	0.09	0.60	0.21	0.19	0.75	0.17	0.07
500-700	0.82	0.14	0.04	0.63	0.21	0.15	0.81	0.15	0.04
700-1100	0.84	0.11	0.05	0.64	0.20	0.16	0.83	0.12	0.05

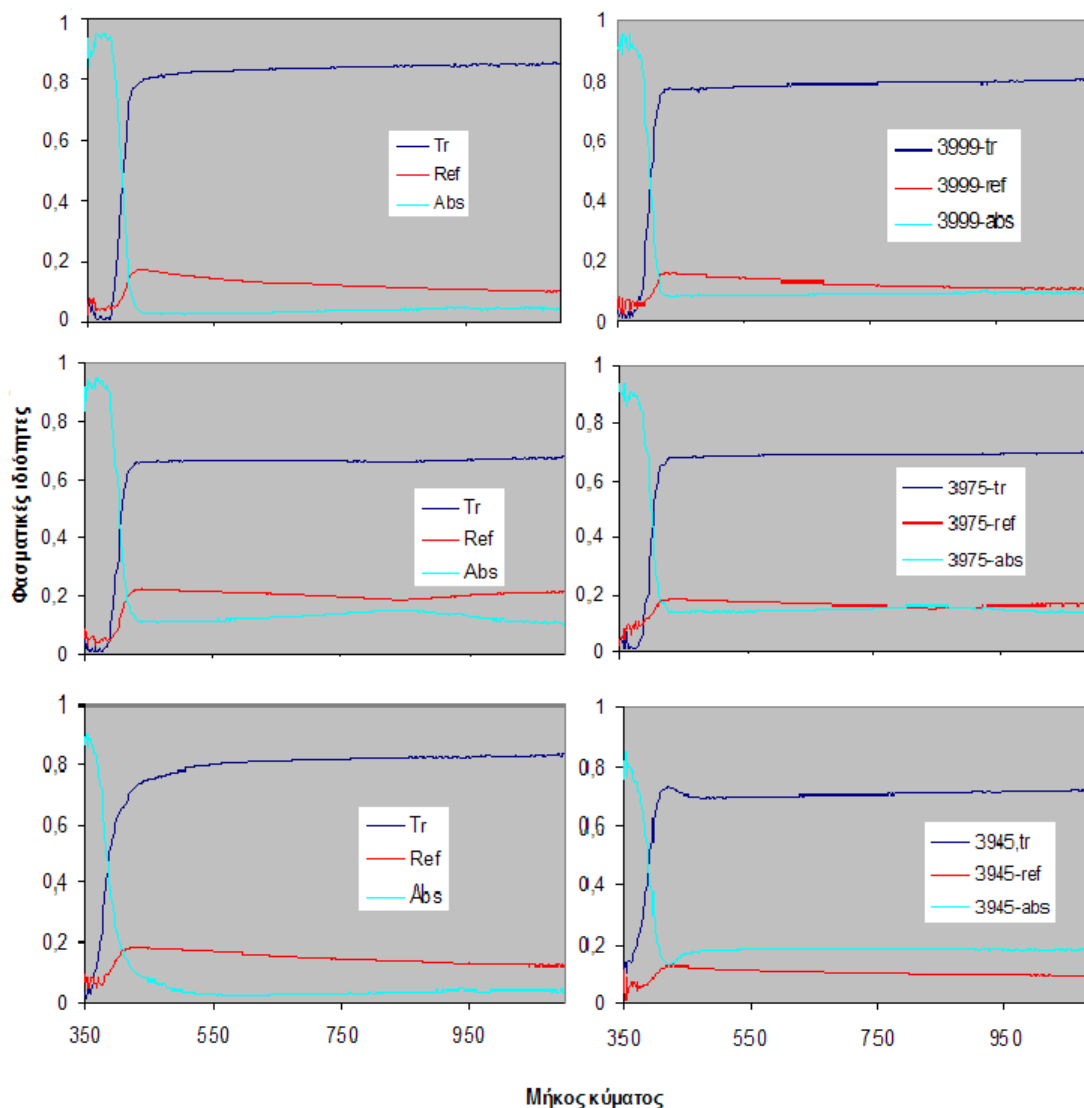
tr: περατότητα, ref: ανακλαστικότητα, abs: απορροφητικότητα.

Στον Πίνακα 8 παρατηρείται ότι στο τμήμα 350-400nm της υπεριώδους ακτινοβολίας η διαπερατότητα των υλικών 3999 και 3975 ήταν 4%, ενώ του μάρτυρα (3945) 28%. Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς τα δύο πρώτα υλικά ήταν απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας ενώ ο μάρτυρας δεν ήταν. Η παραπάνω υπεριώδης περιοχή δεν περιλαμβάνει την UVB διότι με το συγκεκριμένο όργανο δεν μπορεί να μετρηθεί. Επίσης παρατηρείται η μεγαλύτερη ανακλαστικότητα στη NIR (700-1100nm) του υλικού το οποίο χρησιμοποιήθηκε για το δροσισμό του θερμοκηπίου 2 (3975), σε σχέση με τα υλικά 3999 και 3945. Οι τιμές της ανακλαστικότητας στη NIR για τα τρία υλικά ήταν 20%, 11% και 12% αντίστοιχα. Χαρακτηριστική, επίσης, είναι η μειωμένη περατότητα του cooling film (3975) στην PAR (400-700nm) σε σύγκριση με τα υλικά 3999 και 3945. Οι αντίστοιχες τιμές όπως μετρήθηκαν στο εργαστήριο ήταν 62%, 80% και 79%

4.1.2. Μετρήσεις σε συνθήκες αγρού

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο κατά την εγκατάσταση των τριών υλικών κάλυψης στα θερμοκήπια (Ιούνιος 2004) όσο και έπειτα από ένα χρόνο χρήσης (Ιούνιος 2005), προκειμένου να μελετηθεί η γήρανση των υλικών αυτών και η μεταβολή των φασματικών τους ιδιοτήτων με την πάροδο του χρόνου.

Στο Σχήμα 6 απεικονίζονται οι καμπύλες των οπτικών ιδιοτήτων των τριών υλικών κάλυψης για εύρος φάσματος 350-1100 nm, κατά την εγκατάσταση των υλικών αλλά και έπειτα από ένα χρόνο χρήσης, ενώ στους Πίνακες παρατίθενται αναλυτικά οι αντίστοιχες τιμές της περατότητας, της ανακλαστικότητας και της απορροφητικότητας των τριών υλικών για συγκεκριμένα τμήματα του εύρους των 350-1100 nm.



Σχήμα 6. Οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης, για εύρος φάσματος 350-1100 nm, κατά την εγκατάστασή τους στα θερμοκήπια (αριστερή στήλη) και έπειτα από ένα χρόνο χρήσης (δεξιά στήλη). **tr:** περατότητα, **ref:** ανακλαστικότητα, **abs:** απορροφητικότητα

Όσο αφορά στο υλικό 3999, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη του θερμοκηπίου 1 (UV0% NET) του πειράματος ως απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας, παρατηρήθηκε ότι κατά την εγκατάστασή του παρουσίαζε 4% περατότητα και 91% απορροφητικότητα στο τμήμα 350-400 nm της υπεριώδους. Η περατότητα του υλικού στην PAR ήταν 81% ενώ στη NIR 85%. Έπειτα από ένα χρόνο χρήσης παρατηρήθηκε ότι η περατότητα του υλικού στο τμήμα 350-400 nm αυξήθηκε στο 8% ενώ μειώθηκε η απορροφητικότητά του στο 86%. Παράλληλα, μειώθηκε η περατότητα του υλικού στην PAR και στη NIR και τα αντίστοιχα

ποσοστά ήταν 77% και 79%. Η περατότητα στο σύνολο του φάσματος (400-1100 nm) μειώθηκε από 83% σε 78% (Πίνακας 9).

Πίνακας 9. Τιμές της περατότητας (*t*), ανακλαστικότητας (*r*) και απορροφητικότητας (*a*) σε διάφορα μήκη κύματος, του υλικού 3999, κατά την εγκατάστασή του στο θερμοκήπιο και έπειτα από (1) ένα χρόνο χρήσης.

GH1 UV0% NET (3999)						
Μήκος κύματος	Ιούνιος 2004			Ιούνιος 2005		
	<i>tr</i>	<i>ref</i>	<i>abs</i>	<i>tr</i>	<i>ref</i>	<i>abs</i>
350-400	0,04	0,05	0,91	0,08	0,06	0,86
400-700	0,81	0,14	0,05	0,77	0,14	0,09
700-1100	0,85	0,11	0,04	0,79	0,11	0,09
400-1100	0,83	0,12	0,05	0,78	0,12	0,09

tr: περατότητα, *ref*: ανακλαστικότητα, *abs*: απορροφητικότητα

Το υλικό 3975 χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη του θερμοκηπίου 2 (UV0% NIR) του πειράματος ως απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας αλλά και ως μέσο δροσισμού (cooling film) του θερμοκηπίου. Κατά την εγκατάστασή του παρουσίαζε 4% περατότητα και 90% απορροφητικότητα στο τμήμα 350-400 nm της υπεριώδους ενώ παράλληλα είχε 67% περατότητα, 20% ανακλαστικότητα και 13% απορροφητικότητα στη NIR. Οι αντίστοιχες τιμές στην περιοχή της PAR ήταν 65%, 21% και 14%. Έπειτα από ένα χρόνο χρήσης παρατηρήθηκε ότι η περατότητα του υλικού στο τμήμα 350-400 nm αυξήθηκε στο 7% ενώ μειώθηκε η απορροφητικότητά του στο 84%. Παράλληλα παρατηρήθηκε μείωση της ανακλαστικότητας του υλικού στην περιοχή της NIR, από 20% σε 16% και η περατότητά του υπολογίστηκε 69% (Πίνακας 10).

Πίνακας 10. Τιμές της περατότητας (*t*), ανακλαστικότητας (*r*) και απορροφητικότητας (*a*) σε διάφορα μήκη κύματος, του υλικού 3975, κατά την εγκατάστασή του στο θερμοκήπιο και έπειτα από (1) ένα χρόνο χρήσης.

GH2 UV0% NIR (3975)						
Μήκος κύματος	Ιούνιος 2004			Ιούνιος 2005		
	tr	ref	abs	tr	ref	abs
350-400	0,04	0,06	0,90	0,07	0,09	0,84
400-700	0,65	0,21	0,14	0,68	0,17	0,15
700-1100	0,67	0,20	0,13	0,69	0,16	0,15
400-1100	0,66	0,20	0,13	0,68	0,17	0,15

tr: περατότητα, *ref*: ανακλαστικότητα, *abs*: απορροφητικότητα.

Όσο αφορά στο υλικό 3945, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη του θερμοκηπίου 3 (UV5%) και αποτέλεσε τον μάρτυρα του πειράματος, παρατηρήθηκε ότι κατά την εγκατάστασή του παρουσίαζε 26% περατότητα στο τμήμα 350-400 nm της υπεριώδους, 78% περατότητα στην PAR και 83% στη NIR. Έπειτα από ένα χρόνο χρήσης η περατότητα του υλικού στο τμήμα 350-400 nm της υπεριώδους αυξήθηκε στο 28% ενώ η περατότητά του στην περιοχή της PAR και της NIR μειώθηκαν στο 70% και 71% αντίστοιχα. Η περατότητα του υλικού στο σύνολο του φάσματος (400-1100 nm) μειώθηκε από 81% σε 71% (Πίνακας 11).

Πίνακας 11. Τιμές της περατότητας (*t*), ανακλαστικότητας (*r*) και απορροφητικότητας (*a*) σε διάφορα μήκη κύματος, του υλικού 3945, κατά την εγκατάστασή του στο θερμοκήπιο και έπειτα από (1) ένα χρόνο χρήσης.

GH3 UV5% (3945)						
Μήκος κύματος	Ιούνιος 2004			Ιούνιος 2005		
	tr	ref	abs	tr	ref	abs
350-400	0,26	0,08	0,66	0,28	0,06	0,65
400-700	0,78	0,17	0,05	0,70	0,12	0,18
700-1100	0,83	0,13	0,04	0,71	0,10	0,19
400-1100	0,81	0,15	0,05	0,71	0,11	0,18

tr: περατότητα, *ref*: ανακλαστικότητα, *abs*: απορροφητικότητα.

4.2. Μικροκλίμα

4.2.1. Ηλιακή Ακτινοβολία

Τα δεδομένα της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας των μεταχειρίσεων, για το χρονικό διάστημα 11:00-15:00, συγκρίθηκαν με τα δεδομένα του μάρτυρα, μέσω του Paired Samples T – test. Οι στατιστικές συγκρίσεις δεν παρατίθενται αναλυτικά ενώ το παραπάνω χρονικό διάστημα επιλέχθηκε διότι αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της ημερήσιας εισερχόμενης στο θερμοκήπιο ακτινοβολίας. Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της ηλιακής ακτινοβολίας (Wm^{-2}) κάθε μεταχείρισης αλλά και η μέση τιμή της εξωτερικής ακτινοβολίας για το προαναφερθέν χρονικό διάστημα.

Πίνακας 12. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ($W m^{-2}$) κάθε μεταχείρισης, για το χρονικό διάστημα 11:00-15:00 και ανά μήνα.

Μήνας	GH3 UV5% (3945)			GH1 UV0% NET(3999)			GH2 UV0% NIR60% (3975)			
	Εξωτερική	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό σφάλμα
Δεκέμβριος	235,10	109,52	58,25	3,4162	117,76	56,50	3,3122	133,01	65,37	3,8319
Φεβρουάριος	352,57	205,34	108,36	8,9371	262,07	144,20	11,8940	201,99	113,41	9,3541
Μάρτιος	454,18	264,86	140,66	7,6287	330,18	185,97	10,0858	202,55	159,28	8,6382
Απρίλιος	723,00	537,64	184,99	19,2872	565,67	179,98	18,7649	417,60	135,78	14,1568
Μάιος	717,29	477,65	155,92	11,1369	533,73	166,81	11,9152	389,06	125,33	8,9537
Ιούνιος	798,85	317,96	62,04	4,3650	341,46	71,44	5,0268	288,09	73,42	5,1658

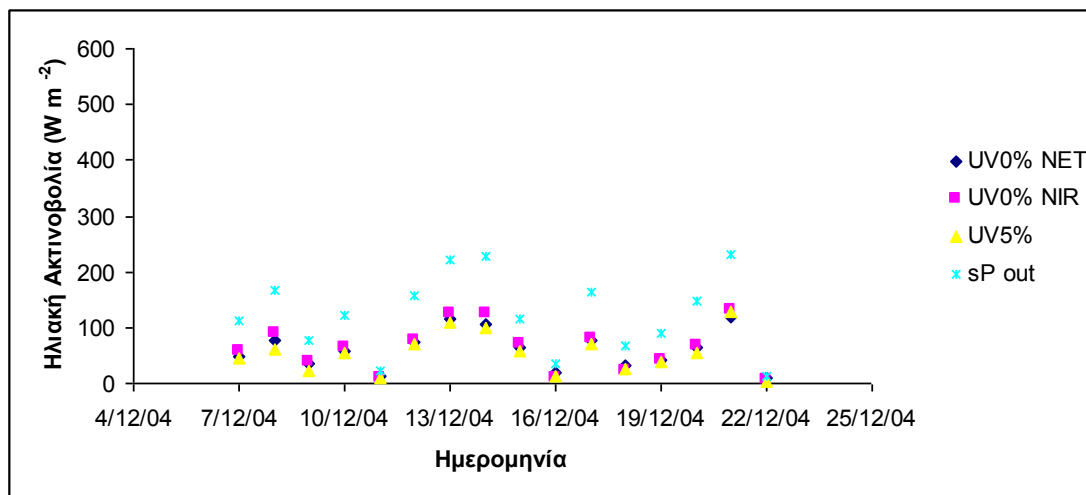
Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NET) και του μάρτυρα προέκυψε ότι η τιμή της ενέργειας της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στο θερμοκήπιο με το δίχτυ καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Ωστόσο, καθώς η ευαισθησία των οργάνων για τη μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι περίπου $\pm 50 Wm^{-2}$ μπορεί να διεξαχθεί με

ασφάλεια το συμπέρασμα ότι η ενέργεια της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

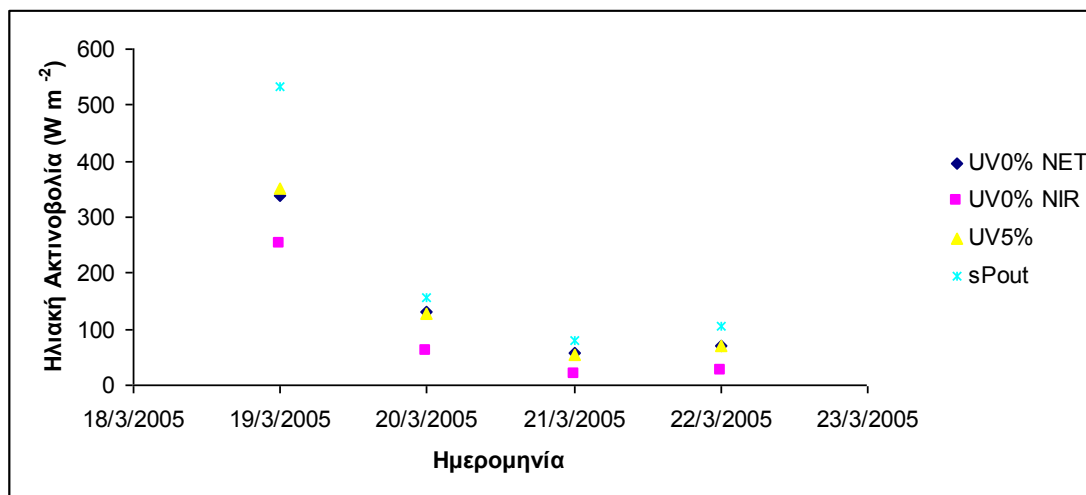
Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NIR) και του μάρτυρα προέκυψε ότι το cooling film μείωσε σημαντικά την ενέργεια της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας τους μήνες Απρίλιο (κατά $120,04 \text{ W m}^{-2}$) και Μάιο (κατά $88,59 \text{ W m}^{-2}$) σε σχέση με το μάρτυρα. Κατά τους χειμερινούς μήνες του πειράματος δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

4.2.1.1. Παρουσίαση των μεταβολών της ηλιακής ακτινοβολίας

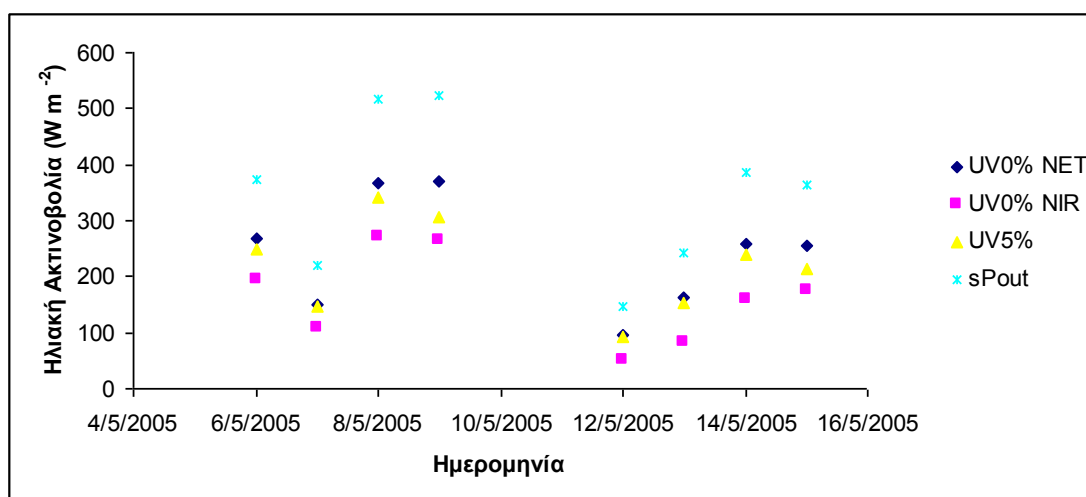
Στα Σχήματα 7, 8 και 9 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία (W m^{-2}) για χρονικά διαστήματα αντιπροσωπευτικά του πειράματος ενώ στο Σχήμα 10 απεικονίζεται η επίδραση των φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης και του διχτύου εντομοστεγανότητας στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία κατά το χρονικό διάστημα 11:00-15:00 τριών τυπικών ημερών (16/12/04, 20/03/05 και 08/05/05) του πειράματος.



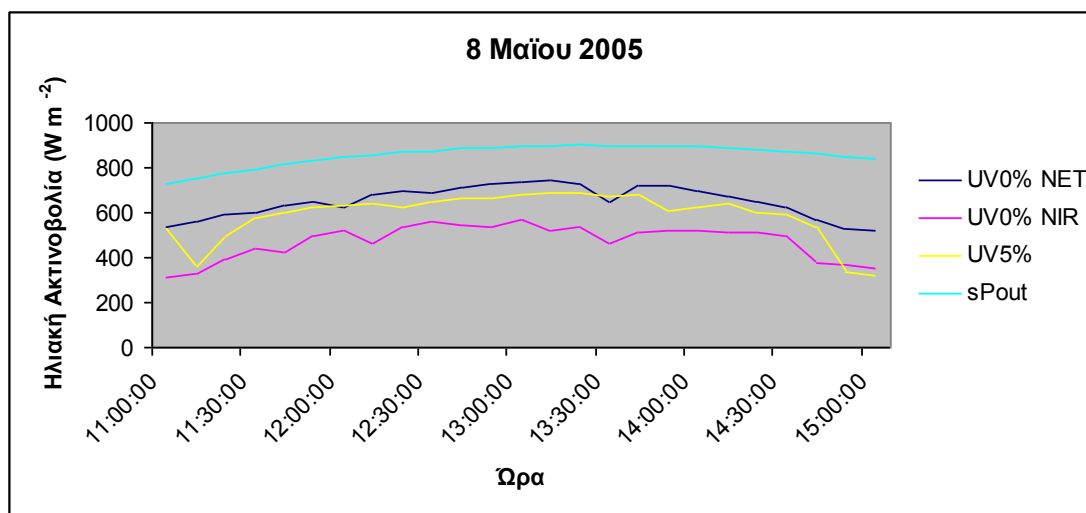
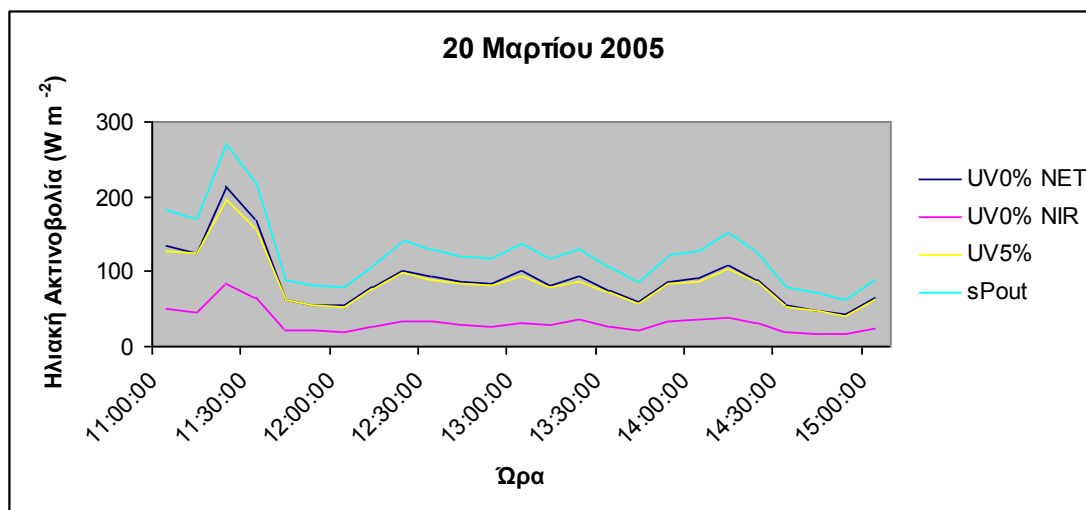
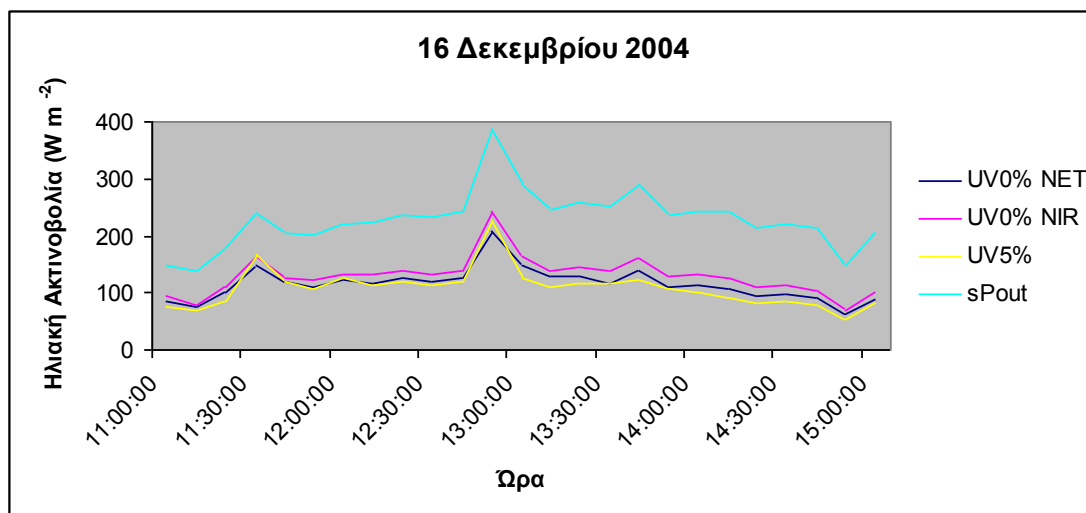
Σχήμα 7. Μέση ημερήσια εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία (W m^{-2}) για το χρονικό διάστημα 7/12/2004 έως 22/12/2004.



Σχήμα 8. Μέση ημερήσια εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ($W m^{-2}$) για το χρονικό διάστημα 19/3/2005 έως 22/3/2005.



Σχήμα 9. Μέση ημερήσια εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ($W m^{-2}$) για το χρονικό διάστημα 6/5/2005 έως 15/5/2005.



Σχήμα 10. Μέση εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ($W m^{-2}$) για το χρονικό διάστημα 11:00-15:00 κατά τις 16/12/04, 20/03/05 και 08/05/05.

4.2.2. Θερμοκρασία & Σχετική Υγρασία

Τα κλιματικά δεδομένα των μεταχειρίσεων, τα οποία καταγράφονταν καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου, συγκρίθηκαν με τα δεδομένα του μάρτυρα, μέσω του Paired Samples T – test. Τα δεδομένα αφορούσαν τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία. Οι παραπάνω στατιστικές συγκρίσεις δεν παρατίθενται αναλυτικά, ωστόσο, γίνεται αναφορά όπου θεωρήθηκε σκόπιμο. Πρέπει να σημειωθεί ότι η απουσία των μέσων όρων της σχετικής υγρασίας (24-ωρου, ημέρας και νύχτας) της εαρινής καλλιέργειας οφείλεται σε απώλεια των δεδομένων και αδυναμίας ανάκτησης αυτών.

4.2.2.1. Διάρκεια 24-ώρου

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της θερμοκρασίας του αέρα κάθε μεταχείρισης καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου.

Παρατηρούμε ότι η μέση θερμοκρασία 24-ώρου του θερμοκηπίου στο οποίο χρησιμοποιήθηκε το δίχτυ εντομοστεγανότητας (UV0% NET) είχε σε όλους τους μήνες που εξετάστηκαν μεγαλύτερη τιμή από την αντίστοιχη του μάρτυρα (UV5%). Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων των δύο μεταχειρίσεων προέκυψε ότι η θερμοκρασία 24-ώρου του (UV0% NET) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία 24-ώρου του (UV5%) κατά τους μήνες Νοέμβριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο και οι διαφορές των καταγραφόμενων θερμοκρασιών ήταν 0,52°C, 0,93°C, 1,74°C και 1,61°C αντίστοιχα. Σημειώνεται ότι η ευαισθησία των οργάνων για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ήταν $\pm 0,8^\circ\text{C}$. Αυτό σημαίνει ότι αξιόπιστες μπορούν να θεωρούνται μόνο διαφορές θερμοκρασιών έξω από το εύρος αυτό.

Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του θερμοκηπίου στο οποίο χρησιμοποιήθηκε το cooling film (UV0% NIR) και του μάρτυρα προέκυψε ότι η μέση θερμοκρασία 24-ώρου το μήνα Απρίλιο ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη στο (UV0% NIR) σε σχέση με το μάρτυρα κατά 0,94 °C. Για τον Ιούνιο παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασία 24-ώρου του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με το (UV0% NIR), ωστόσο, η διαφορά των μέσων όρων των δύο θερμοκρασιών ήταν ελάχιστη (0,26°C) και δεν λαμβάνεται υπόψη. Οπότε με

εξαίρεση το μήνα Απρίλιο η μέση θερμοκρασία 24-ώρου ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Πίνακας 13. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα θερμοκρασίας (°C) του αέρα κάθε μεταχείρισης, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου και ανά μήνα.

Μήνας	N	GH3 UV5% (3945)			GH1 UV0% NET(3999)			GH2 UV0% NIR60% (3975)		
		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Νοέμβριος	17	16,89	0,81	0,2326	17,41	1,40	0,4035	17,23	1,39	0,4006
Δεκέμβριος	13	15,98	1,95	0,5422	16,40	0,48	0,1329	16,39	0,41	0,1147
Φεβρουάριος	8	17,77	0,63	0,2217	18,70	0,52	0,1837	17,37	2,29	0,8085
Μάρτιος	16	16,88	1,61	0,4020	18,62	1,37	0,3436	16,68	2,91	0,7272
Απρίλιος	5	21,72	0,47	0,2108	23,33	0,76	0,3416	20,78	0,62	0,2777
Μάιος	12	23,09	1,32	0,3815	23,71	1,87	0,5405	22,72	1,36	0,3913
Ιούνιος	6	24,40	0,75	0,3056	24,53	0,82	0,3362	24,66	0,78	0,3178

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της σχετικής υγρασίας του αέρα κάθε μεταχείρισης καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου.

Από τον Πίνακα 14 παρατηρούμε ότι η σχετική υγρασία 24-ώρου του (UV0% NET) ήταν πάντοτε μεγαλύτερη σε σχέση με το μάρτυρα. Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων των δύο μεταχειρίσεων προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές καθ' όλη τη διάρκεια της χειμερινής καλλιέργειας. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ευαισθησία των οργάνων για τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας ήταν $\pm 3-5\%$. Αυτό σημαίνει ότι αξιόπιστες μπορούν να θεωρούνται μόνο διαφορές σχετικής υγρασίας έξω από το εύρος αυτό. Σύμφωνα με τα παραπάνω προέκυψε ότι κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο η σχετική υγρασία 24-ώρου στο (UV0% NET) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με το μάρτυρα κατά 8,85% και 9,68% αντίστοιχα. Τους υπόλοιπους μήνες του πειράματος οι τιμές της σχετικής υγρασίας 24-ώρου ήταν παρόμοιες μεταξύ των μεταχειρίσεων καθώς οι διαφορές που κατεγράφησαν ήταν εκτός του εύρους ακρίβειας του οργάνου μέτρησης.

Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NIR) και του μάρτυρα προέκυψε ότι η σχετική υγρασία 24-ώρου ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων καθ' όλη τη διάρκεια της χειμερινής καλλιέργειας.

Πίνακας 14. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα σχετικής υγρασίας (RH, %) του αέρα κάθε μεταχείρισης, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου και ανά μήνα.

Μήνας	N	GH3 UV5% (3945)			GH1 UV0% NET(3999)			GH2 UV0% NIR60% (3975)		
		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Νοέμβριος	17	60,30	4,46	1,2886	69,15	5,81	1,6784	57,57	8,42	2,4306
Δεκέμβριος	13	66,46	3,12	0,8664	76,14	3,33	0,9243	69,04	3,16	0,8768
Φεβρουάριος	8	70,20	1,33	0,4686	72,61	3,06	1,0834	70,69	5,80	2,0505
Μάρτιος	16	66,28	3,45	0,8618	67,89	4,63	1,1587	68,33	6,77	1,6919

4.2.2.2. Διάρκεια Ημέρας

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της θερμοκρασίας του αέρα κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επισημαίνεται ότι ο διαχωρισμός της ώρας μεταξύ ημέρας και νύχτας έγινε σύμφωνα με την ώρα ανατολής και δύσης του ηλίου.

Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία ημέρας του (UV0% NET) ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη του μάρτυρα κατά τη διάρκεια και των δύο καλλιεργητικών περιόδων του πειράματος. Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων των δύο μεταχειρίσεων προέκυψε ότι η θερμοκρασία ημέρας του (UV0% NET) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία ημέρας του (UV5%) κατά τους μήνες Νοέμβριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο και οι διαφορές των καταγραφόμενων θερμοκρασιών ήταν 2,26°C, 1,21°C, 1,76°C και 3,29°C αντίστοιχα.

Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NIR) και του μάρτυρα δεν προέκυψαν διαφορές καταγεγραμμένων θερμοκρασιών έξω από το εύρος των $\pm 0,8$ °C, με εξαίρεση το μήνα Νοέμβριο όπου η θερμοκρασία ημέρας στο (UV0% NIR) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με το μάρτυρα κατά

1,48 °C. Οπότε με εξαίρεση το μήνα Νοέμβριο προκύπτει ότι η θερμοκρασία ημέρας ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Πίνακας 15. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα θερμοκρασίας (°C) του αέρα κάθε μεταχείρισης, κατά τη διάρκεια της ημέρας και ανά μήνα.

Μήνας	N	GH3 UV5% (3945)			GH1 UV0% NET(3999)			GH2 UV0% NIR60% (3975)		
		Μέσος	Τυπική	Τυπικό	Μέσος	Τυπική	Τυπικό	Μέσος	Τυπική	Τυπικό
		Όρος	Απόκλιση	Σφάλμα	Όρος	Απόκλιση	Σφάλμα	Όρος	Απόκλιση	Σφάλμα
Νοέμβριος	17	19,09	1,71	0,0703	21,35	3,95	0,1624	20,58	3,56	0,1463
Δεκέμβριος	13	18,18	1,55	0,4299	18,75	0,88	0,2440	18,68	0,86	0,2377
Φεβρουάριος	8	21,63	1,46	0,5165	22,83	1,23	0,4343	21,05	2,58	0,9119
Μάρτιος	16	21,84	2,37	0,5915	23,60	2,50	0,6252	21,16	2,86	0,7162
Απρίλιος	5	25,27	5,51	0,2878	28,55	7,61	0,3971	24,88	6,25	0,3260
Μάιος	12	26,58	2,00	0,5764	27,50	2,96	0,8558	25,86	2,04	0,5883
Ιούνιος	6	27,33	0,62	0,2535	27,58	0,73	0,2975	27,71	0,61	0,2489

Εξετάστηκε η επίδραση του cooling film στη μέγιστη μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της εαρινής καλλιέργειας (Πίνακας 16). Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων των δύο μεταχειρίσεων δεν προέκυψαν διαφορές καταγεγραμμένων θερμοκρασιών έξω από το εύρος των $\pm 0,8$ °C, που σημαίνει ότι η μέγιστη μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία ήταν παρόμοια μεταξύ του (UV0% NIR) και του μάρτυρα.

Πίνακας 16. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα της μέγιστης μηνιαίας ημερήσιας θερμοκρασίας (°C) του αέρα, κατά την εαρινή καλλιέργεια.

Μήνας	N	GH3 UV5% (3945)			GH2 UV0% NIR60% (3975)		
		Μέσος	Τυπική	Τυπικό	Μέσος	Τυπική	Τυπικό
		Όρος	Απόκλιση	Σφάλμα	Όρος	Απόκλιση	Σφάλμα
Απρίλιος	5	30,27	1,41	0,6308	31,14	1,77	0,7921
Μάιος	12	32,87	2,40	0,6416	31,99	3,25	0,8682
Ιούνιος	6	31,77	0,74	0,3032	32,49	0,67	0,2730

Στον Πίνακα 17 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της σχετικής υγρασίας του αέρα κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NET) και του μάρτυρα προέκυψε ότι το (UV0% NET) αύξησε την σχετική υγρασία ημέρας κατά 8,66% τον Δεκέμβριο ενώ τους υπόλοιπους μήνες οι τιμές της σχετικής υγρασίας ημέρας ήταν παρόμοιες μεταξύ των δύο θερμοκηπίων.

Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NIR) και του μάρτυρα προέκυψε ότι η σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, με εξαίρεση το μήνα Δεκέμβριο όπου η σχετική υγρασία ημέρας στο (UV0% NIR) είναι κατά 4,35% στατιστικά μεγαλύτερη σε σχέση με το μάρτυρα. Ωστόσο, η παραπάνω διαφορά βρίσκεται οριακά εκτός του εύρους ακρίβειας του οργάνου μέτρησης ($\pm 3-5\%$) ενώ παράλληλα θεωρείται ότι δεν έχει κάποια επίδραση επί των καλλιεργούμενων φυτών. Ως εκ τούτου μπορεί να διατυπωθεί το συμπέρασμα ότι κατά την χειμερινή καλλιέργεια η χρήση του cooling film δεν είχε καμία επίδραση επί της σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Πίνακας 17. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα σχετικής υγρασίας (RH, %) του αέρα κάθε μεταχείρισης, κατά τη διάρκεια της ημέρας και ανά μήνα.

Μήνας	N	GH3 UV5% (3945)			GH1 UV0% NET(3999)			GH2 UV0% NIR60% (3975)		
		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Δεκέμβριος	13	67,35	2,69	0,7468	76,01	3,47	0,9624	71,71	4,28	1,1864
Φεβρουάριος	8	68,69	2,60	0,9176	67,45	5,93	2,0948	67,01	8,45	2,9857
Μάρτιος	16	64,01	5,98	1,4940	61,66	9,37	2,3428	64,26	11,11	2,7763

4.2.2.3. Διάρκεια Νύχτας

Στον Πίνακα 18 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της θερμοκρασίας του αέρα κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NET) και του μάρτυρα προέκυψε ότι η θερμοκρασία νύχτας ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο

μεταχειρίσεων καθώς δεν εντοπίστηκαν διαφορές καταγεγραμμένων θερμοκρασιών έξω από το εύρος των $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$. Εξαιρέση αποτελεί ο μήνας Μάρτιος καθώς η θερμοκρασία νύχτας στο (UV0% NET) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με το μάρτυρα κατά $1,74^{\circ}\text{C}$.

Παρόμοια ήταν και η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας μεταξύ του (UV0% NIR) και του μάρτυρα. Με εξαίρεση τον μήνα Απρίλιο του οποίου η θερμοκρασία νύχτας στο (UV0% NIR) ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με το μάρτυρα κατά $1,50^{\circ}\text{C}$, δεν προέκυψαν άλλες διαφορές καταγεγραμμένων θερμοκρασιών έξω από το εύρος των $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$.

Πίνακας 18. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του αέρα κάθε μεταχείρισης, κατά τη διάρκεια της νύχτας και ανά μήνα.

Μήνας	N	GH3 UV5% (3945)			GH1 UV0% NET(3999)			GH2 UV0% NIR60% (3975)		
		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Νοέμβριος	17	15,35	1,58	0,5005	14,64	1,79	0,0572	14,83	1,69	0,0543
Δεκέμβριος	13	14,55	2,29	0,6346	14,86	0,51	0,1412	14,91	0,51	0,1426
Φεβρουάριος	8	14,87	0,54	0,1907	15,59	0,47	0,1676	14,60	1,99	0,7046
Μάρτιος	16	13,54	1,55	0,3874	15,28	0,62	0,1552	13,69	2,79	0,6968
Απρίλιος	5	17,77	3,43	0,1886	17,56	3,46	0,1907	16,27	3,01	0,1658
Μάιος	12	18,12	1,08	0,3123	18,31	1,30	0,3759	18,24	0,98	0,2842
Ιούνιος	6	19,52	1,13	0,4615	19,47	1,08	0,4398	19,59	1,14	0,4672

Στον Πίνακα 19 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα της σχετικής υγρασίας του αέρα κάθε μεταχείρισης κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NET) και του μάρτυρα προέκυψε ότι η σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας στο (UV0% NET) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με το μάρτυρα καθ' όλη τη διάρκεια της χειμερινής καλλιέργειας. Οι διαφορές που κατεγράφησαν για τους μήνες Δεκέμβριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο ήταν 10,33%, 4,87% και 4,27%. Καθώς οι δύο τελευταίες τιμές βρίσκονται οριακά εκτός του εύρους ακρίβειας του οργάνου μέτρησης ($\pm 3-5\%$) δεν μπορεί να διατυπωθεί με ασφάλεια το συμπέρασμα

ότι η χρήση του διχτύου είχε κάποια επίδραση στη σχετική υγρασία νύχτας κατά τους μήνες αυτούς, παρά μόνο κατά το Δεκέμβριο.

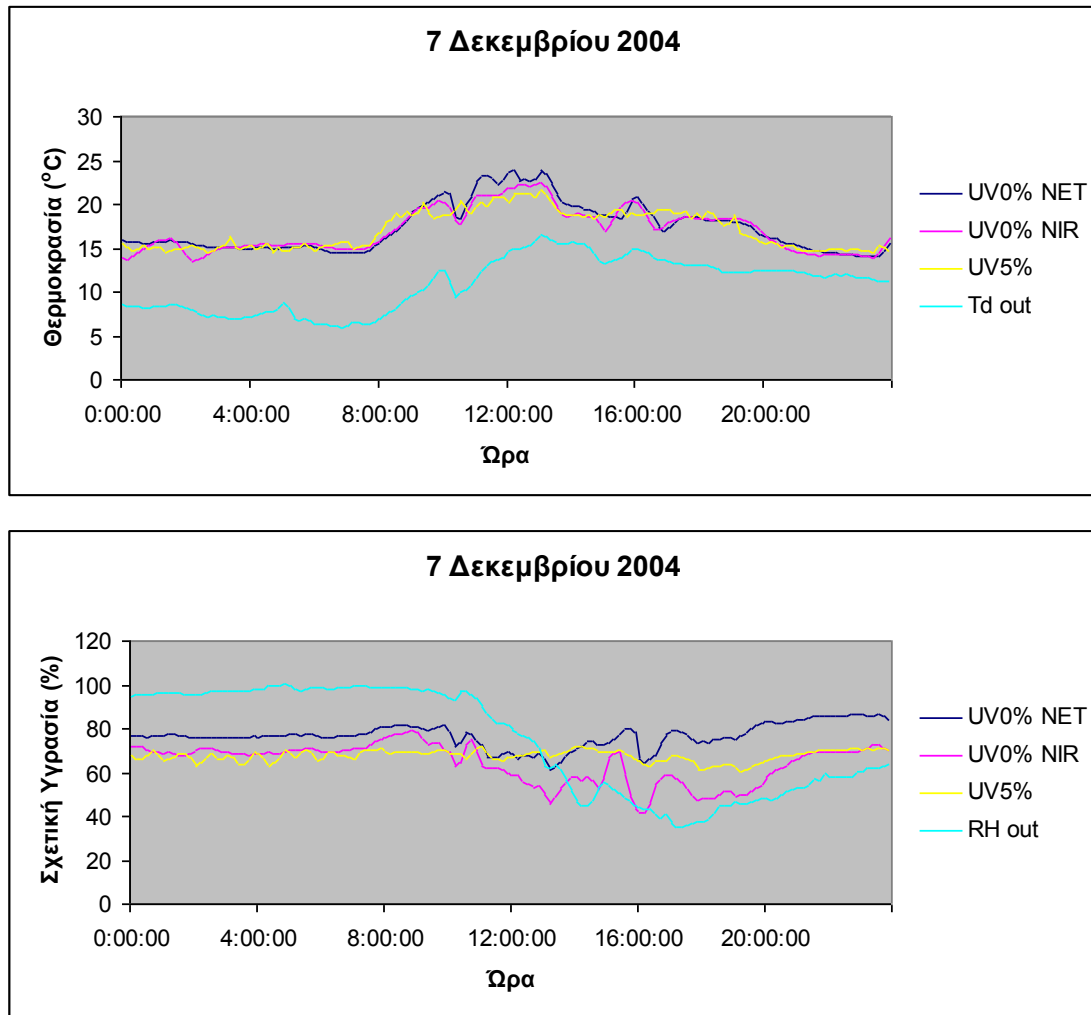
Από τη στατιστική σύγκριση ανά ζεύγος των μέσων όρων του (UV0% NIR) και του μάρτυρα προέκυψε ότι η χρήση του cooling film δεν είχε καμία επίδραση στη σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας κατά τη χειμερινή καλλιέργεια, καθώς δεν κατεγράφησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Πίνακας 19. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και τυπικό σφάλμα σχετικής υγρασίας (RH, %) του αέρα κάθε μεταχείρισης, κατά τη διάρκεια της νύχτας και ανά μήνα.

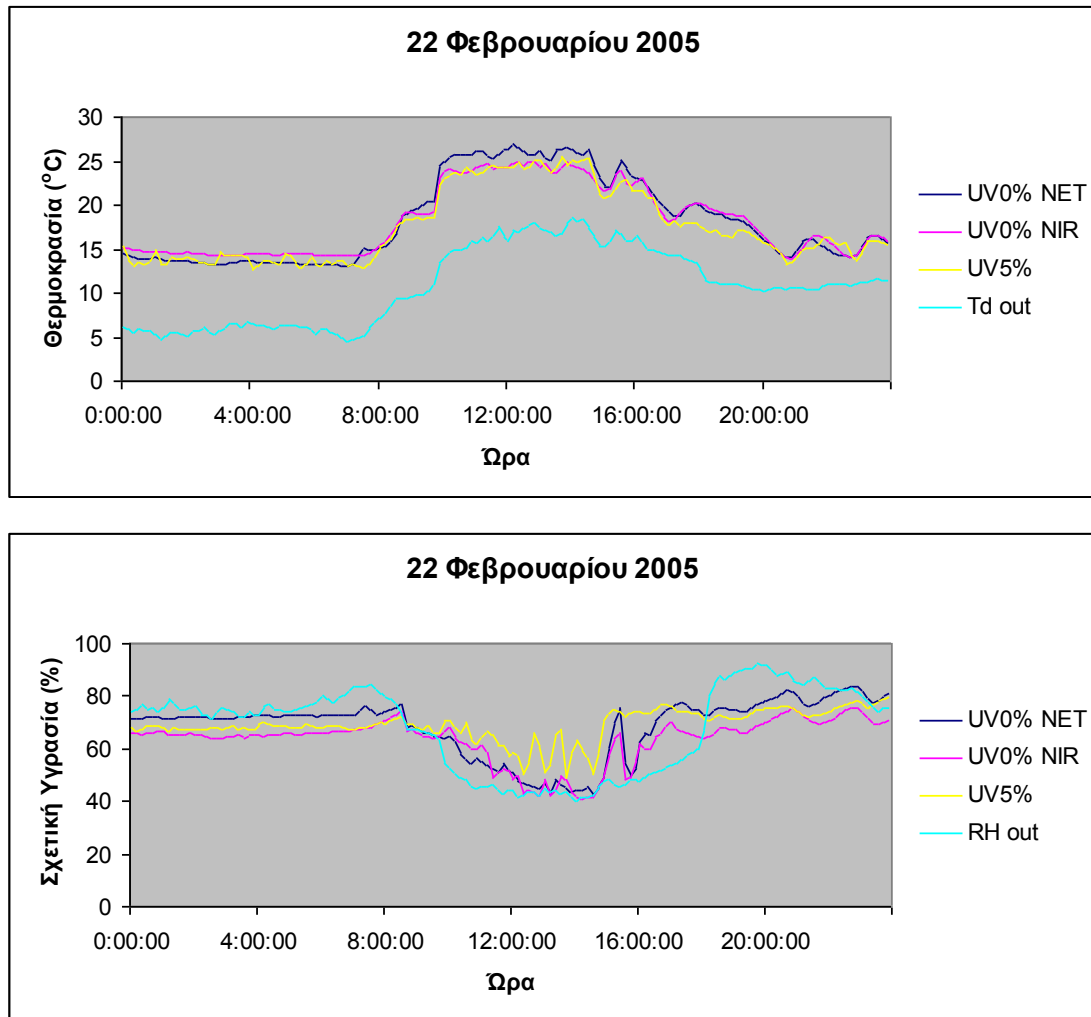
Μήνας	N	GH3 UV5% (3945)			GH1 UV0% NET(3999)			GH2 UV0% NIR60% (3975)		
		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα
Δεκέμβριος	13	65,89	3,67	1,0186	76,23	3,56	0,9878	67,33	3,93	1,0899
Φεβρουάριος	8	71,22	1,55	0,5479	76,09	2,08	0,7350	73,00	4,58	1,6179
Μάρτιος	16	67,86	3,07	0,7678	72,14	3,92	0,9799	71,00	8,04	2,0102

4.2.2.4. Παρουσίαση των μεταβολών της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας

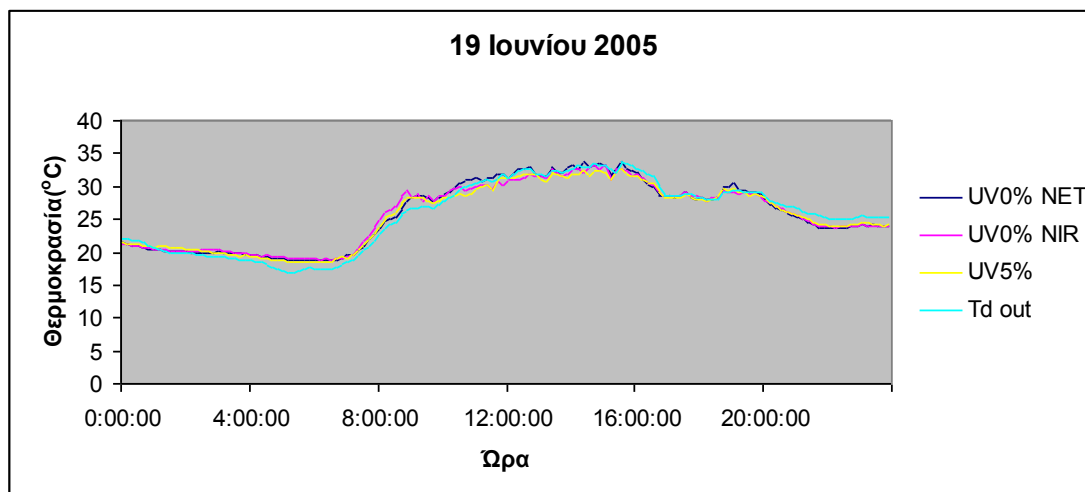
Στα Σχήματα 11, 12 και 13 παρουσιάζεται η πορεία της μεταβολής της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια του 24-ώρου στα τρία θερμοκήπια, καθώς και έξω από αυτά, σε τρεις αντιπροσωπευτικές ημέρες του πειράματος, ενώ στον Πίνακα 20 παρατηρούνται οι ακραίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, δηλαδή μέγιστες (κατά τη διάρκεια της ημέρας) και ελάχιστες (κατά τη διάρκεια της νύχτας), που κατεγράφησαν κατά τις ημερομηνίες αυτές.



Σχήμα 11. Μεταβολή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια του 24-ώρου στο εσωτερικό και εξωτερικό των θερμοκηπίων στις 7/12/2004.



Σχήμα 12. Μεταβολή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια του 24-ώρου στο εσωτερικό και εξωτερικό των θερμοκηπίων στις 22/02/2005.



Σχήμα 13. Μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του 24-ώρου στο εσωτερικό και εξωτερικό των θερμοκηπίων στις 19/06/2005..

Πίνακας 20. Ακραίες τιμές θερμοκρασίας (T_d , °C) και σχετικής υγρασίας (RH, %) εντός και εκτός θερμοκηπίων σε τρεις αντιπροσωπευτικές ημερομηνίες του πειράματος.

	Μέγιστη T_d (°C) - RH (%) ημέρας				Ελάχιστη T_d (°C) - RH (%) νύχτας			
	Εξωτερική	UV0% NET	UV0% NIR	UV5%	Εξωτερική	UV0% NET	UV0% NIR	UV5%
7/12/04	16,49	23,87	22,37	21,55	5,93	14,05	13,55	14,45
	100,00	86,47	78,90	71,87	34,87	61,15	41,48	60,57
22/2/05	18,49	26,88	25,00	25,45	4,53	13,09	13,94	12,64
	92,72	83,72	75,71	79,26	40,38	42,48	40,53	49,28
19/6/05	33,81	33,83	33,29	32,67	16,98	18,65	18,87	18,45

Βιολογικό Μέρος

4.3. Φυλλική Επιφάνεια

4.3.1. Συσχέτιση Διαστάσεων Φύλλων & Φυλλικής Επιφάνειας

Στα δεδομένα του μήκους και του πλάτους των φύλλων καθώς και της φυλλικής τους επιφάνειας, που προέκυψαν από τις καταστροφικές μετρήσεις, εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση προκειμένου να υπολογιστούν οι σχέσεις που συνδέουν το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος φύλλου με τη φυλλική του επιφάνεια. Η σχέση που προέκυψε για κάθε μεταχείριση ήταν της μορφής $y = a + b \cdot x$. Έγινε έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης τόσο για τον συντελεστή b του x όσο και για την σταθερά a της σχέσης ($H_0: a=0, b=0$). Αναλόγως της σημαντικότητας (sig.) η H_0 απορριπτόταν ($\text{sig.}<0.05$) ή γινόταν δεκτή ($\text{sig.}\geq 0.05$).

4.3.1.1. Καλλιέργεια Χειμώνα

1. Μάρτυρας (UV5%):

Η σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια LA με το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος (LxW) του φύλλου ήταν: $LA = 1.438 * 10^{-2} + 0.32 \cdot LxW$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.69$. Η σημαντικότητα για το b ήταν $\text{sig.}=0.00 < 0.05$ επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το a ήταν $\text{sig.}=0.314 > 0.05$ και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης. Άρα: $LA = 0.32 \cdot LxW$

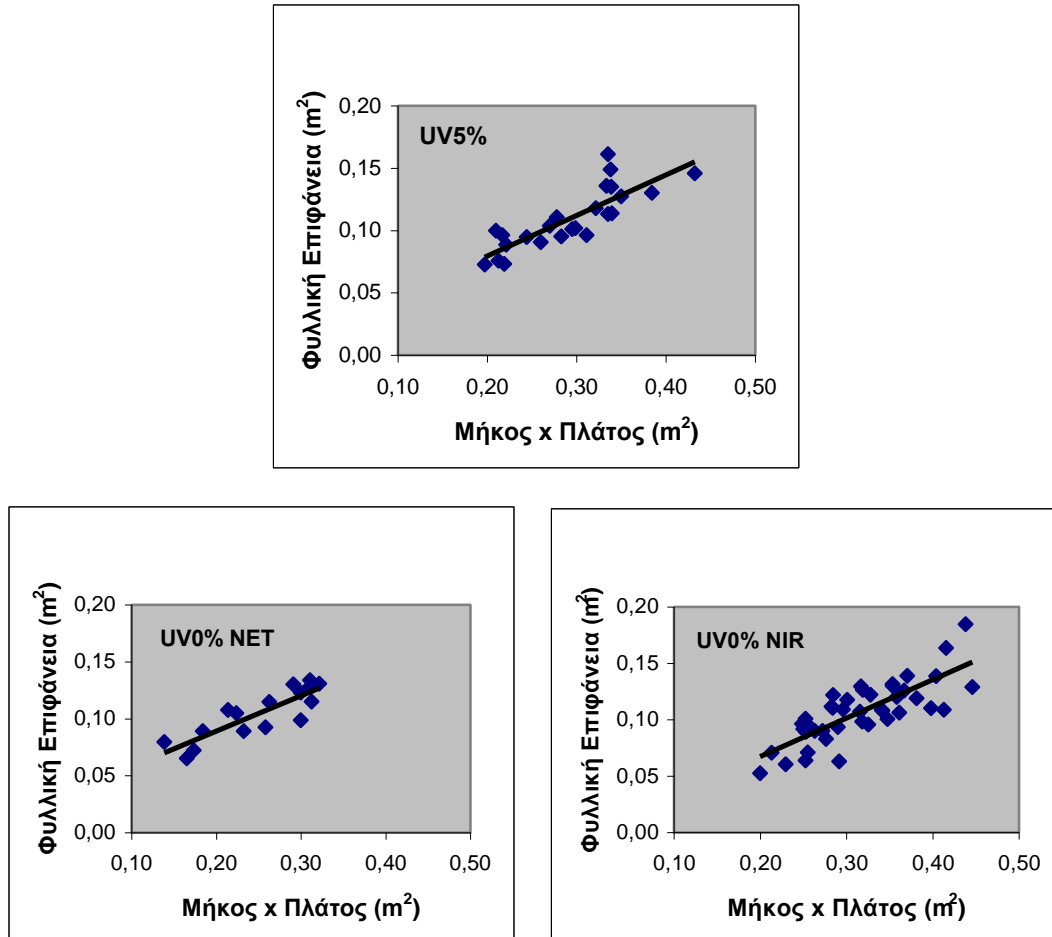
2. Μεταχείριση (UV0% NET):

Η σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια LA με το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος (LxW) του φύλλου ήταν: $LA = 2.711 * 10^{-2} + 0.31 \cdot LxW$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.74$. Η σημαντικότητα για το b ήταν $\text{sig.}=0.00 < 0.05$ επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το a ήταν $\text{sig.}=0.05$ και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης. Άρα: $LA = 0.31 \cdot LxW$

3. Μεταχείριση (UV0% NIR):

Η σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια LA με το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος (LxW) του φύλλου ήταν: $LA = -3.07 * 10^{-4} + 0.34 \cdot LxW$ με συντελεστή

παλινδρόμησης $R^2 = 0.62$. Η σημαντικότητα για το b ήταν $\text{sig.} = 0.00 < 0.05$ επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το a ήταν $\text{sig.} = 0.982 > 0.05$ και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης. Άρα: $LA = 0.34 \cdot LxW$



Σχήμα 14. Γραμμική παλινδρόμηση γινομένου ΜήκοςxΠλάτος με τη φυλλική επιφάνεια κάθε φύλλου της χειμερινής περιόδου.

4.3.1.2. Καλλιέργεια άνοιξης-καλοκαιριού

1. Μάρτυρας (UV5%):

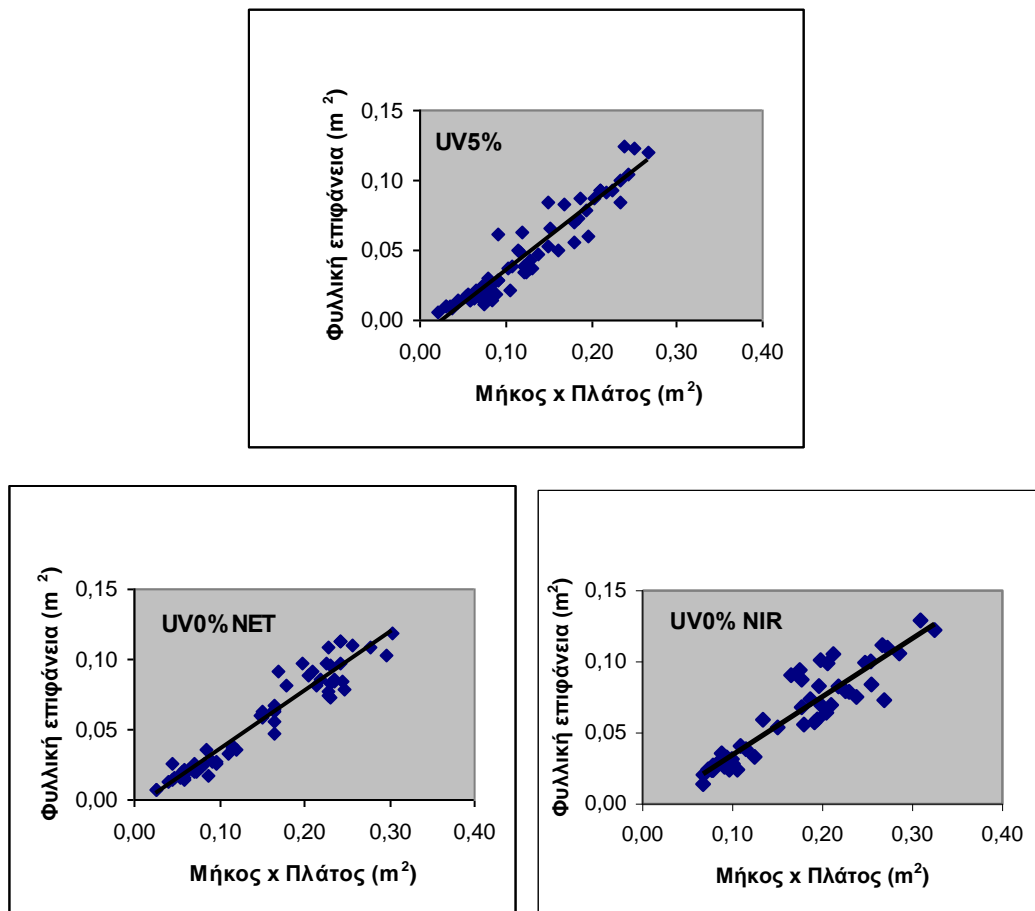
Η σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια LA με το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος (LxW) του φύλλου ήταν: $LA = -1.27 \cdot 10^{-2} + 0.48 \cdot LxW$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.91$. Η σημαντικότητα για το b ήταν $\text{sig.} = 0.00 < 0.05$ και για το a ήταν $\text{sig.} = 0.00 < 0.05$. Επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: a=0, b=0$) τόσο για το a όσο και για το b.

2. Μεταχείριση (UV0% NET):

Η σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια LA με το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος (LxW) του φύλλου ήταν: $LA = -6.17 \cdot 10^{-3} + 0.417 \cdot LxW$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.93$. Η σημαντικότητα για το b ήταν $sig.=0.00 < 0.05$ ενώ για το α ήταν $sig.=0.011 < 0.05$. Επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: a=0, b=0$) τόσο για το α όσο και για το b.

3. Μεταχείριση (UV0% NIR):

Η σχέση που συνδέει τη φυλλική επιφάνεια LA με το γινόμενο ΜήκοςxΠλάτος (LxW) του φύλλου ήταν: $LA = -6.40 \cdot 10^{-3} + 0.410 \cdot LxW$ με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.85$. Η σημαντικότητα για το b ήταν $sig.=0.00 < 0.05$ επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=0$), ενώ για το α ήταν $sig.=0.189 > 0.05$ και μπορεί, χωρίς λάθος, να εξαιρεθεί της σχέσης. Άρα: $LA = 0.41 \cdot LxW$



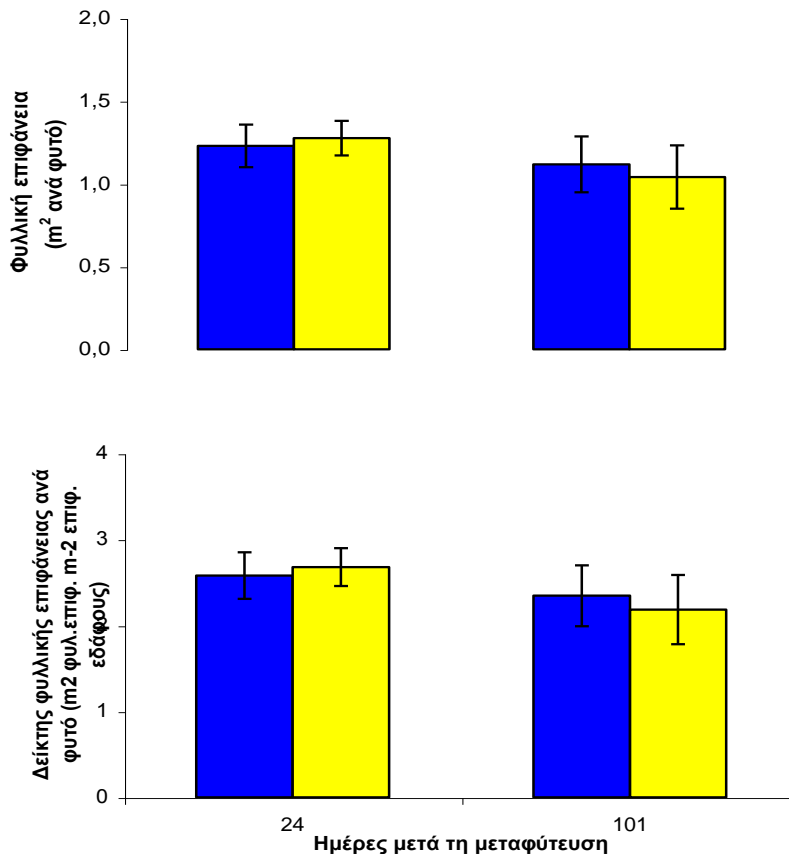
Σχήμα 15. Γραμμική παλινδρόμηση γινομένου ΜήκοςxΠλάτος με τη φυλλική επιφάνεια κάθε φύλλου της εαρινής περιόδου.

4.4. Επίδραση της συνδυασμένης χρήσης του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπερϊώδη ακτινοβολία και του διχτύου εντομοστεγανότητας στην αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας και στην ποιότητα των καρπών

4.4.1. Φυλλική Επιφάνεια

4.4.1.1. Υπολογισμός Φυλλικής Επιφάνειας

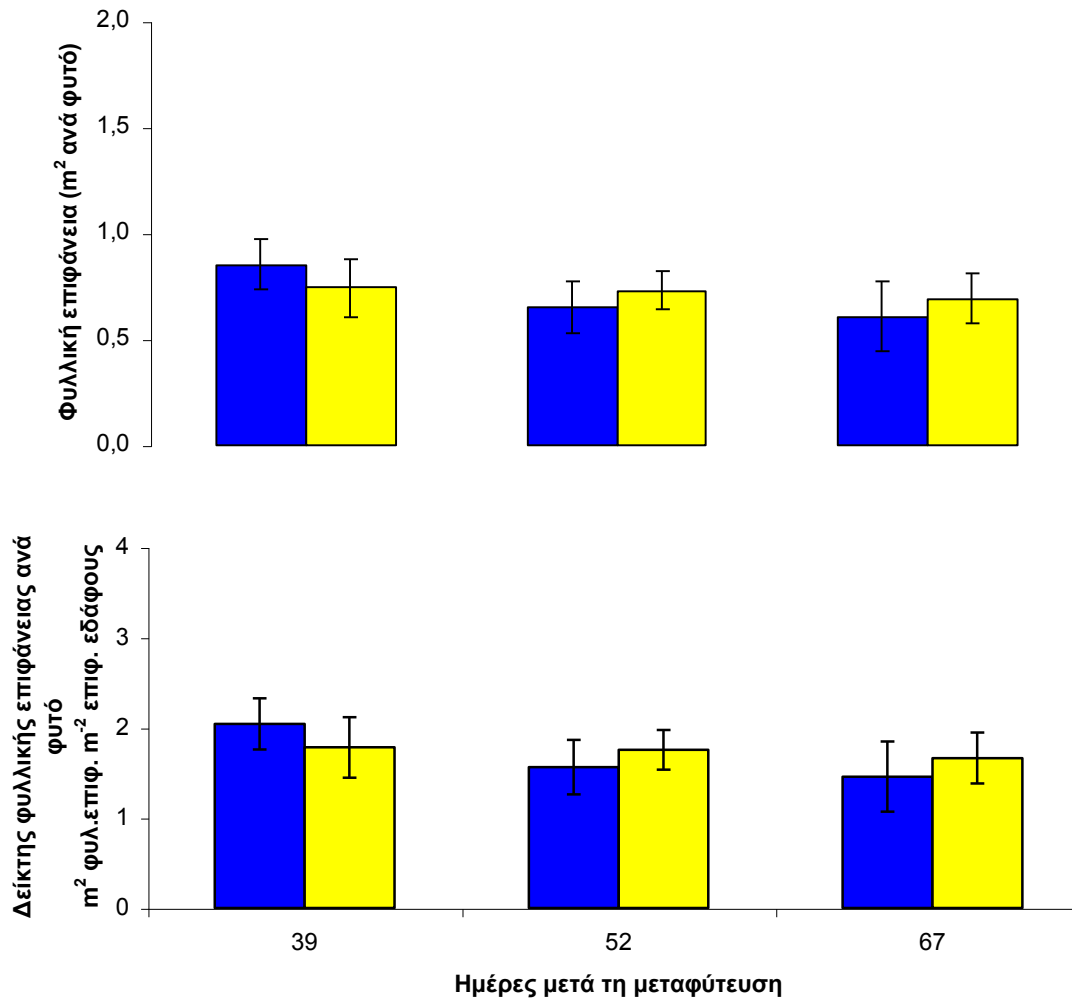
Τα παραπάνω μοντέλα εφαρμόστηκαν στα δεδομένα του μήκους και του πλάτους των φύλλων που προέκυψαν από τις μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης και υπολογίστηκε ο μέσος όρος ανά φυτό της φυλλικής επιφάνειας (L.A. m² ανά φυτό) καθώς και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I. m² m⁻² ανά φυτό) για κάθε ημερομηνία μέτρησης και για κάθε μεταχείριση.



Σχήμα 16. Φυλλική επιφάνεια και δείκτης φυλλικής επιφάνειας ανά φυτό της χειμερινής περιόδου και για κάθε μεταχείριση. Οι μπάρες σε κάθε μέσο όρο δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της μεταβλητής για κάθε μεταχείριση.

■ UV5%

■ UV0% NET



Σχήμα 17. Φυλλική επιφάνεια και δείκτης φυλλικής επιφάνειας ανά φυτό της εαρινής περιόδου και για κάθε μεταχείριση. Οι μπάρες σε κάθε μέσο όρο δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της μεταβλητής για κάθε μεταχείριση.

■ UV5%

■ UV0% NET

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.) και του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.) της χειμερινής περιόδου, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Όσο αφορά στην εαρινή καλλιεργητική περίοδο, διαφορές προέκυψαν κατά την πρώτη μέτρηση (39 D.A.T.), κατά την οποία η φυλλική επιφάνεια και ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερα σε σχέση

με το (UV0% NET). Ωστόσο, στις 52 και 67 ημέρες μετά τη μεταφύτευση το (UV0% NET) υπερείχε, χωρίς όμως η υπεροχή αυτή να είναι στατιστικά σημαντική.

Πίνακας 21. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων φυλλικής επιφάνειας (L.A.) και δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

Χειμερινή καλλιέργεια				
	L.A.		L.A.I.	
DAT	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET
24	1,23 ^a	1,28 ^a	2,58 ^a	2,68 ^a
101	1,12 ^a	1,04 ^a	2,35 ^a	2,18 ^a
Εαρινή καλλιέργεια				
	L.A.		L.A.I.	
DAT	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET
39	0,85 ^a	0,74 ^b	2,04 ^a	1,78 ^b
52	0,65 ^a	0,73 ^a	1,56 ^a	1,75 ^a
67	0,61 ^a	0,69 ^a	1,46 ^a	1,66 ^a

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

P = 0,05

4.4.1.2. Αριθμός Φύλλων και Μέσος Όρος Διαστάσεων Φύλλων

Προκειμένου να διερευνηθούν περαιτέρω τα δεδομένα της φυλλικής επιφάνειας των δύο μεταχειρίσεων, κρίθηκε σκόπιμο να αναλυθούν και να συγκριθούν ο αριθμός των φύλλων και η φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο για τις ημέρες κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας.

Παρατηρήθηκε ότι κατά τη χειμερινή καλλιεργητική περίοδο (24^η και 101^η D.A.T.), το μήκος των φύλλων των φυτών στο (UV0% NET) ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερο σε σχέση με το μήκος των φύλλων στο μάρτυρα, ενώ αρχικά (24 ημέρες μετά τη μεταφύτευση) παρατηρήθηκε και διαφοροποίηση του σχήματος των φύλλων. Παράλληλα παρατηρήθηκε υπεροχή του μάρτυρα και στις υπόλοιπες μορφολογικές παραμέτρους που εξετάστηκαν, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική. Ωστόσο, η φυλλική επιφάνεια ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 21). Όπως αναφέρθηκε, κατά τη δεύτερη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας (101 D.A.T.) δεν υπήρχε δυνατότητα υπολογισμού του αριθμού των φύλλων ανά φυτό καθώς είχε ήδη πραγματοποιηθεί το κορυφολόγημα αυτών (Πίνακας 22).

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της εαρινής περιόδου δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων κατά τις ημερομηνίες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, με εξαίρεση την στατιστικά σημαντική αύξηση του πλάτους των φύλλων στο (UV0% NET) κατά την 67^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, η οποία μετέβαλλε και το σχήμα αυτών. Από τον Πίνακα 22 προκύπτει ότι η σημαντική διαφορά στη φυλλική επιφάνεια και στον δείκτη φυλλικής επιφάνειας, η οποία παρατηρήθηκε στις 39 ημέρες μετά τη μεταφύτευση (Πίνακας 21), οφείλεται στις μεγαλύτερες διαστάσεις των φύλλων του μάρτυρα καθώς ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό είναι παρόμοιος μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Πίνακας 22. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων Αριθμού φύλλων ανά φυτό και Διαστάσεων φύλλων για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

Αριθμός και Διαστάσεις Φύλλων ανά Φυτό								
Χειμερινή καλλιέργεια								
DAT	Αριθμός Φύλλων		Μήκος (cm)		Πλάτος (cm)		Μήκος: Πλάτος	
	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET
24	20,50 ^a	20,25 ^a	45,74 ^a	41,87 ^b	41,19 ^a	39,77 ^a	1,12 ^a	1,06 ^b
101			51,29 ^a	48,47 ^b	49,30 ^a	48,47 ^a	1,05 ^a	1,02 ^a
Εαρινή καλλιέργεια								
DAT	Αριθμός Φύλλων		Μήκος (cm)		Πλάτος (cm)		Μήκος: Πλάτος	
	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET
39	18,57 ^a	18,67 ^a	36,92 ^a	36,09 ^a	35,44 ^a	33,98 ^a	1,09 ^a	1,10 ^a
52	23,50 ^a	24,33 ^a	36,15 ^a	36,70 ^a	33,96 ^a	35,22 ^a	1,15 ^a	1,12 ^a
67	25,21 ^a	24,73 ^a	37,70 ^a	38,92 ^a	35,55 ^b	40,35 ^a	1,11 ^a	0,98 ^b

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

P = 0,05

4.4.2. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης

Στον Πίνακα 23 περιγράφεται η εξέλιξη στο χρόνο του μήκους των στελεχών (cm), του αριθμού των κόμβων ανά φυτό και του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων (mm).

Παρατηρείται ότι τα φυτά του μάρτυρα της χειμερινής περιόδου, στις 24 ημέρες μετά τη μεταφύτευση ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα από τα φυτά του

(UV0% NET), λόγω της στατιστικά σημαντικής υπεροχής του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων τους, η οποία διατηρήθηκε έως την 133^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Όσον αφορά στον αριθμό των κόμβων ανά φυτό, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων στις 24 ημέρες μετά τη μεταφύτευση που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση.

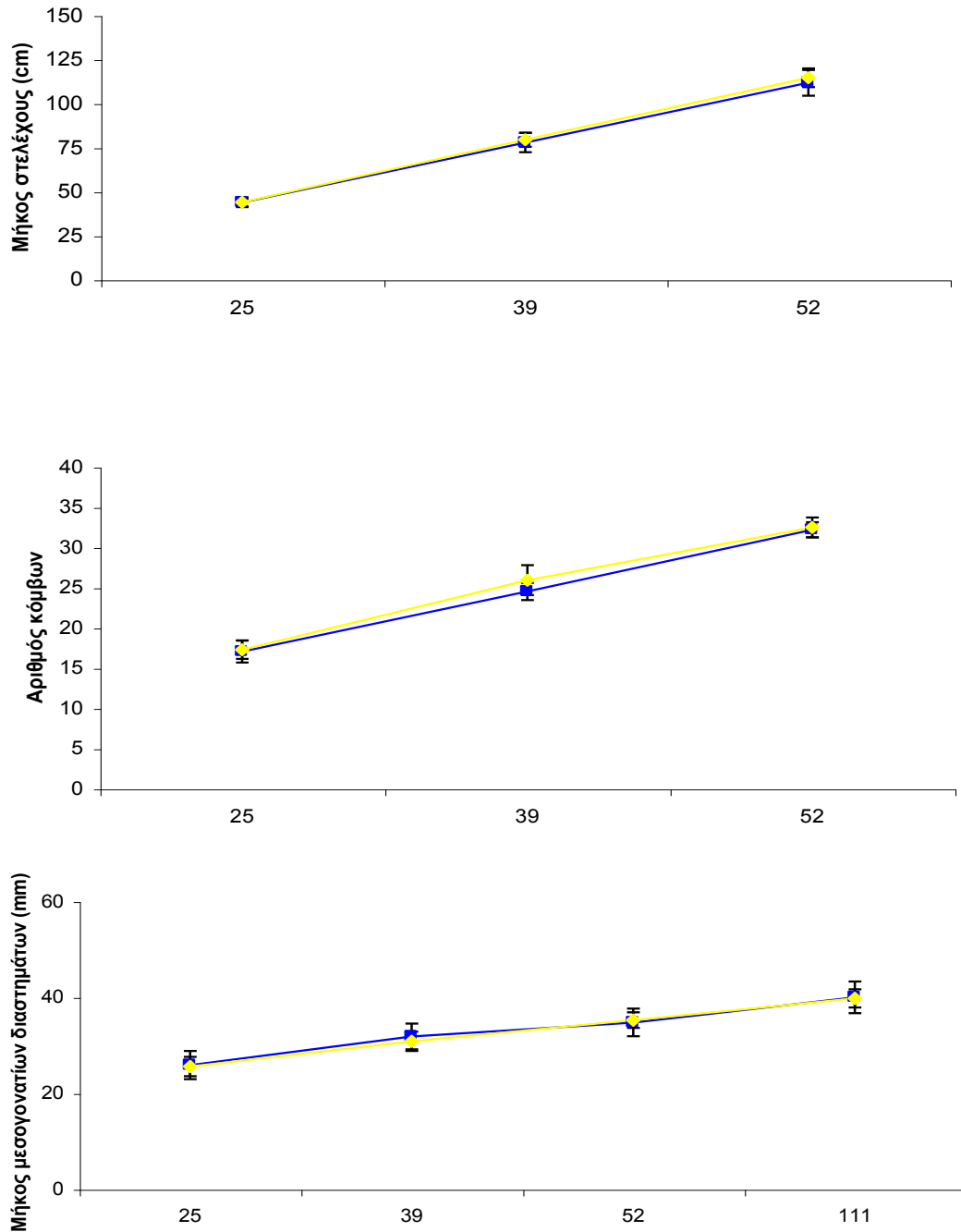
Πίνακας 23. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων μήκους στελεχών (cm), αριθμού κόμβων και μήκους μεσογονατίων διαστημάτων (mm) για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

Χειμερινή καλλιέργεια						
DAT	Μήκος Στελέχους (cm)		Αριθμός Κόμβων		Μήκος Μεσογονατίων Διαστημάτων (mm)	
	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET
24	106,00 ^a	96,00 ^b	25,50 ^a	25,08 ^a	41,63 ^a	38,35 ^b
133					56,50 ^a	53,27 ^b
Εαρινή καλλιέργεια						
DAT	Μήκος Στελέχους (cm)		Αριθμός Κόμβων		Μήκος Μεσογονατίων Διαστημάτων (mm)	
	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET
25	43,83 ^a	44,07 ^a	17,07 ^a	17,29 ^a	25,88 ^a	25,59 ^a
39	77,95 ^a	79,53 ^a	24,53 ^b	25,93 ^a	31,83 ^a	30,84 ^a
52	111,82 ^a	114,63 ^a	32,20 ^a	32,50 ^a	34,78 ^a	35,26 ^a
111					40,02 ^a	39,79 ^a

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

P = 0,05

Όσον αφορά στα φυτά της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου παρατηρήθηκε σε όλες τις μετρήσεις του μήκους των στελεχών μια υπεροχή των φυτών στο (UV0% NET) έναντι των φυτών του μάρτυρα, η οποία ωστόσο δεν ήταν στατιστικά σημαντική έως και την 52^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η τελευταία μέτρηση. Καθώς το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων ήταν παρόμοιο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, η διαφορά στο ύψος των φυτών αποδόθηκε στον μεγαλύτερο αριθμό κόμβων ανά φυτό στο (UV0% NET), ο οποίος στις 39 ημέρες μετά τη μεταφύτευση είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος σε σχέση με το μάρτυρα (Πίνακας 23).



Σχήμα 18. Εξέλιξη με το χρόνο του μήκους στελεχών (cm), του αριθμού κόμβων και του μήκους μεσογονατίων διαστημάτων (mm) των φυτών της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου του πειράματος για κάθε μεταχείριση. Οι μπάρες σε κάθε μέσο όρο δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της μεταβλητής για κάθε μεταχείριση.

■ UV5%

◆ UV0% NET

Στον Πίνακα 24 απεικονίζεται ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου μέσω του ρυθμού σχηματισμού νέων οργάνων και του ρυθμού επιμήκυνσης του κυρίως στελέχους. Παρατηρήθηκε ότι από την 25^η έως την 39^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, χωρίς να σημειωθούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, τα φυτά στο (UV0% NET) υπερτερούσαν έναντι των φυτών του μάρτυρα τόσο ως προς το μήκος του στελέχους ανά ημέρα όσο και ως προς τον αριθμό των κόμβων ανά ημέρα, με αποτέλεσμα στις 39 ημέρες μετά τη μεταφύτευση να φέρουν στατιστικά μεγαλύτερο αριθμό κόμβων σε σχέση με το μάρτυρα (Πίνακας 23). Ωστόσο, από την 39^η έως την 52^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, ο ρυθμός σχηματισμού νέων οργάνων στο μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένος έναντι του (UV0% NET), με αποτέλεσμα την 52^η D.A.T. ο αριθμός των κόμβων ανά φυτό να είναι παρόμοιος μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 23). Όσον αφορά στον ρυθμό επιμήκυνσης του κυρίως στελέχους από την 39^η έως την 52^η D.A.T., δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών των δύο μεταχειρίσεων.

Πίνακας 24. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων αριθμού κόμβων ανά ημέρα και μήκους στελέχους ανά ημέρα των φυτών της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου.

Ρυθμός Ανάπτυξης Φυτών Εαρινής Καλλιέργειας				
DAT	Αριθμός Κόμβων ανά Ημέρα		Μήκος Στελέχους ανά Ημέρα (cm)	
	UV5%	UV0% NET	UV5%	UV0% NET
25 - 39	0,53 ^a	0,62 ^a	2,44 ^a	2,53 ^a
39 - 52	0,59 ^a	0,51 ^b	2,61 ^a	2,70 ^a

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

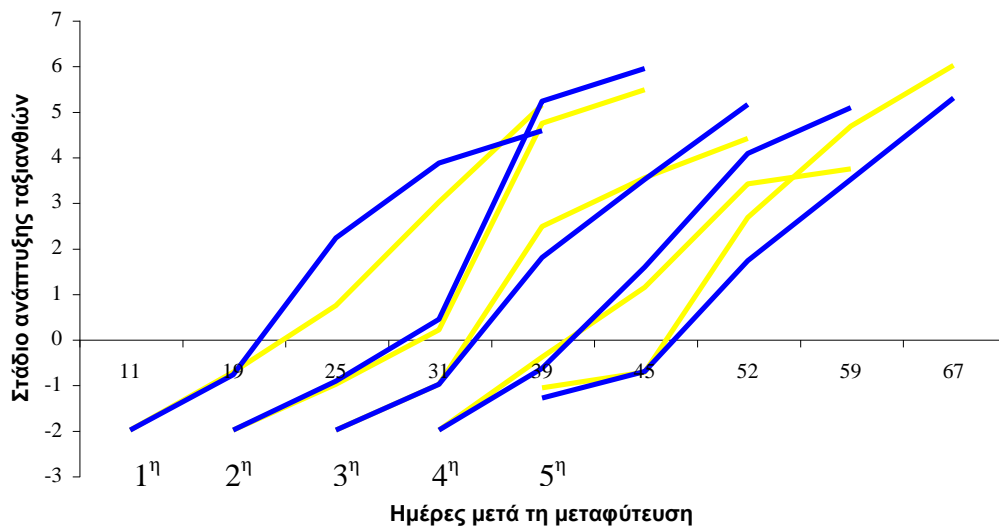
P = 0,05

Προκειμένου να μελετηθεί η εξέλιξη με το χρόνο των ταξιανθιών των φυτών της εαρινής περιόδου, θεωρήθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί κάποιου είδους κωδικοποίηση βάσει της οποίας θα ήταν δυνατή η έκφραση με αριθμητικούς χαρακτήρες των σταδίων ανάπτυξης μιας ταξιανθίας, από την εμφάνιση αυτής έως την έναρξη του αραιώματος των καρπών της (Πίνακας 25).

Πίνακας 25. Κωδικοποίηση με αριθμητικούς χαρακτήρες της εξέλιξης με το χρόνο των ταξιανθιών των φυτών της εαρινής περιόδου.

Στάδιο ανάπτυξης ταξιανθίας		Κωδικός
Μη εμφανής	μήκος < 1cm	-3
Εμφανής	μήκος > 1cm	-2
Κλειστή	ποσοστό ανοιχτών ανθέων < 50%	-1
Ανοιχτή	ποσοστό ανοιχτών ανθέων ≥ 50%	0
1 καρπός	1 εμφανής καρπός, ώριμος ή μη	1
2 καρποί	2 εμφανείς καρποί, ώριμοι ή μη	2
Και ούτω καθεξής		

Στο Σχήμα 19 απεικονίζονται τα στάδια ανάπτυξης των πέντε ταξιανθιών των φυτών της εαρινής περιόδου από την εμφάνισή τους έως την έναρξη του αραιώματος των καρπών τους.



Σχήμα 19. Εξέλιξη με το χρόνο των ταξιανθιών των φυτών της εαρινής περιόδου.

■ UV5%

■ UV0% NET

Ο μάρτυρας παρατηρήθηκε να υπερτερεί κατά την άνθηση αλλά και κατά το δέσιμο των καρπών της 1^{ης} ταξιανθίας, με αποτέλεσμα στις 25 ημέρες μετά τη μεταφύτευση να φέρει στατιστικά μεγαλύτερο αριθμό καρπών σε σχέση με το (UV0% NET). Ωστόσο, έως την 39^η D.A.T. τα φυτά στο (UV0% NET) είχαν περισσότερους καρπούς στην 1^η ταξιανθία, χωρίς όμως να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε σχέση με το μάρτυρα. Η εξέλιξη με το χρόνο της 2^{ης} ταξιανθίας ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Χαρακτηριστικό είναι ότι από την 31^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση που ολοκληρώθηκε η άνθηση, έως την 39^η, εμφανίστηκαν περίπου πέντε καρποί και στις δύο μεταχειρίσεις, σε αντίθεση με την καρπόδεση των υπόλοιπων ταξιανθιών η οποία πραγματοποιήθηκε με βραδύτερο ρυθμό. Όσον αφορά στην 3^η ταξιανθία, εξελίχθηκε παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Ο μάρτυρας παρατηρήθηκε να υπερτερεί από την πλήρη άνθηση, κατά το δέσιμο των καρπών της 4^{ης} ταξιανθίας, με αποτέλεσμα στις 59 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, που πραγματοποιήθηκε η τελευταία μέτρηση, να φέρει στατιστικά μεγαλύτερο αριθμό καρπών σε σχέση με το (UV0% NET). Όσον αφορά στην 5^η ταξιανθία, η εξέλιξή της ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων έως την πλήρη άνθηση. Ωστόσο, η καρπόδεση στο μάρτυρα πραγματοποιήθηκε με βραδύτερο ρυθμό σε σχέση με το (UV0% NET), χωρίς όμως να σημειωθούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων ως προς τον αριθμό των καρπών (Πίνακας 26).

Πίνακας 26. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων του σταδίου ανάπτυξης των ταξιανθιών των φυτών της εαρινής περιόδου για κάθε μεταχείριση.

Ταξιανθία	Ημερομηνία	DAT	UV5%	UV0% NET
1 ^η	26/04/05	11	-2,00 ^a	-2,00 ^a
	04/05/05	19	-0,79 ^a	-0,73 ^a
	10/05/05	25	2,21 ^a	0,73 ^b
	16/05/05	31	3,86 ^a	3,00 ^a
	24/05/05	39	4,57 ^a	5,13 ^a
2 ^η	04/05/05	19	-2,00 ^a	-2,00 ^a
	10/05/05	25	-0,93 ^a	-1,00 ^a
	16/05/05	31	0,43 ^a	0,20 ^a
	24/05/05	39	5,21 ^a	4,73 ^a
	30/05/05	45	5,93 ^a	5,47 ^a
3 ^η	10/05/05	25	-2,00 ^a	-2,00 ^a
	16/05/05	31	-1,00 ^a	-1,00 ^a
	24/05/05	39	1,79 ^a	2,47 ^a
	30/05/05	45	3,50 ^a	3,53 ^a
	06/06/05	52	5,14 ^a	4,40 ^a
4 ^η	16/05/05	31	-2,00 ^a	-2,00 ^a
	24/05/05	39	-0,64 ^a	-0,40 ^a
	30/05/05	45	1,57 ^a	1,13 ^a
	06/06/05	52	4,07 ^a	3,40 ^a
	13/06/05	59	5,07 ^a	3,73 ^b
5 ^η	24/05/05	39	-1,30 ^a	-1,07 ^a
	30/05/05	45	-0,71 ^a	-0,73 ^a
	06/06/05	52	1,71 ^a	2,67 ^a
	13/06/05	59	3,50 ^a	4,67 ^a
	21/06/05	67	5,29 ^a	6,00 ^a

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

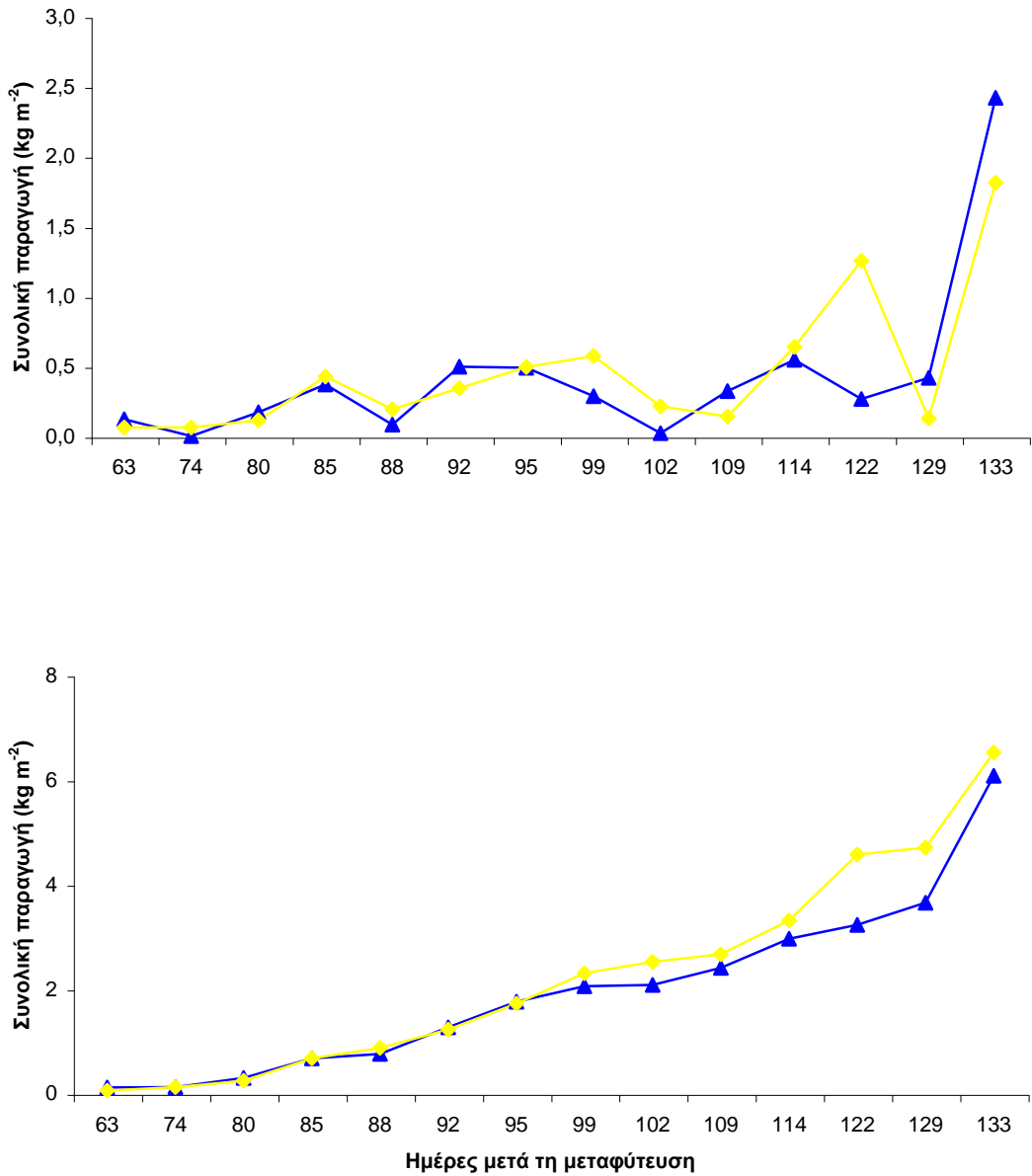
P = 0,05

4.4.3. Παραγωγή καρπών

4.4.3.1. Συνολική (εμπορεύσιμη και μη) Παραγωγή Καρπών

Στο Σχήμα 20 παρουσιάζεται η επίδραση της συνδυασμένης χρήσης του Bionet™ και του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία υλικού κάλυψης, στην παραγωγή (kg m⁻²) και στον αριθμό των συγκομισμένων καρπών (N m⁻²) της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου, τόσο ως διακύμανση της παραγωγής ανά συγκομιδή όσο και ως αθροιστική παραγωγή. Από το σχήμα προκύπτει ότι η συνολική παραγωγή (kg m⁻²) των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ακολούθησε

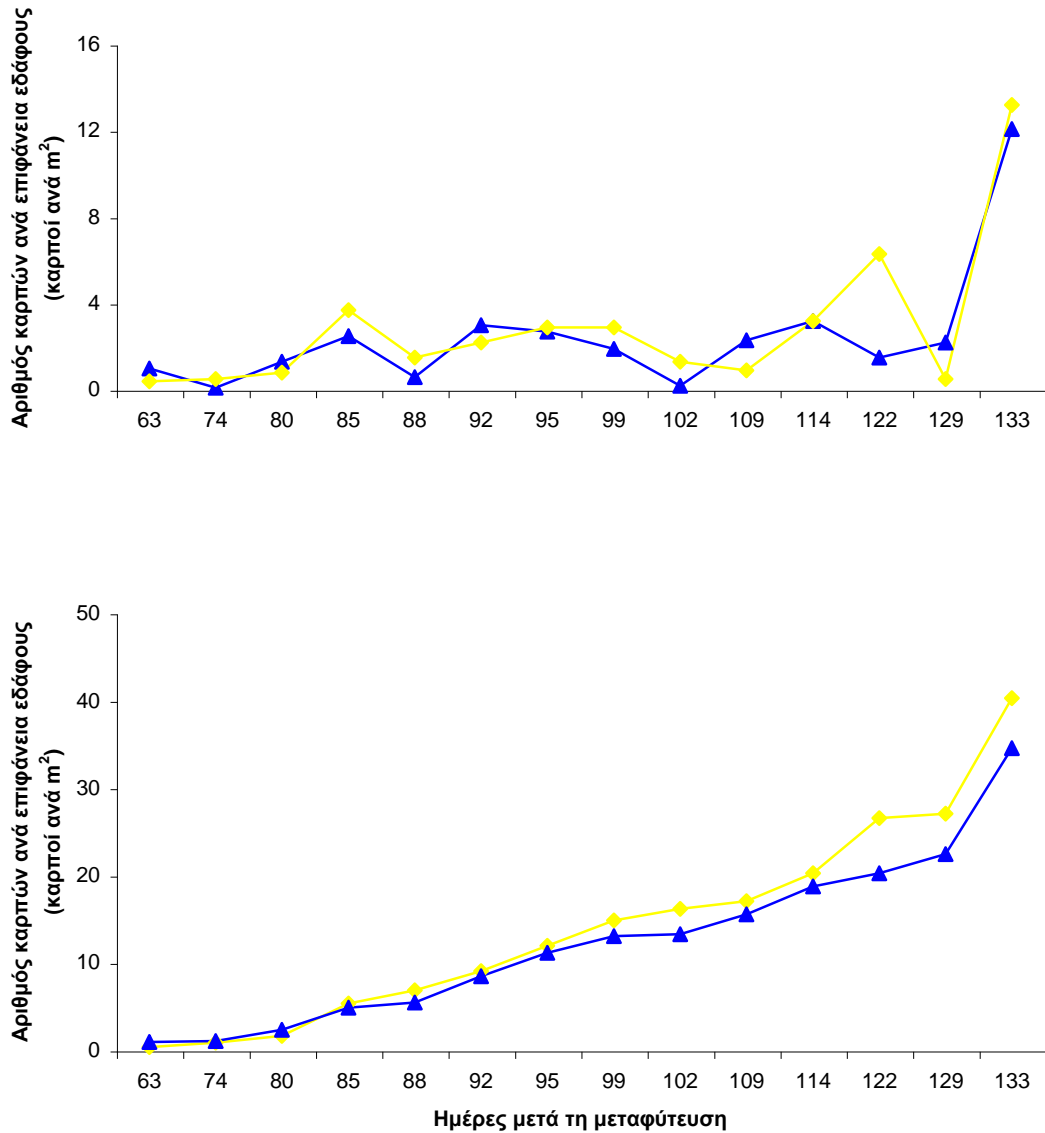
παρόμοια αυξομειούμενη πορεία, έως την 5^η εβδομάδα συγκομιδής (95 D.A.T.), κατά την οποία η εβδομαδιαία συγκομιδή ήταν $0,5 \text{ kg m}^{-2}$ και στις δύο μεταχειρίσεις. Στη συνέχεια ο μάρτυρας ακολούθησε φθίνουσα πορεία και κατέγραψε ελάχιστο την 102^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση (6^η εβδομάδα συγκομιδής), για να ακολουθήσει στη συνέχεια αύξουσα πορεία και να καταγράψει το μέγιστο της εβδομαδιαίας συγκομιδής την 114^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση (8^η εβδομάδα συγκομιδής). Αντίθετα το (UV0% NET) ακολούθησε αυξομειούμενη πορεία έως την 109^η D.A.T. (7^η εβδομάδα συγκομιδής), για να καταγράψει στη συνέχεια αύξουσα πορεία και να σημειώσει το μέγιστο της εβδομαδιαίας συγκομιδής την 122^η D.A.T. (9^η εβδομάδα συγκομιδής), το οποίο ήταν σημαντικά μεγαλύτερο από το μέγιστο του μάρτυρα. Ωστόσο, την 10^η εβδομάδα συγκομιδής (122^η D.A.T.) το (UV0% NET) σημείωσε απότομη πτώση και κατέγραψε την ελάχιστη εβδομαδιαία παραγωγή, η τιμή της οποίας, όμως, ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του μάρτυρα. Τα παραπάνω απεικονίζονται και στο διάγραμμα της αθροιστικής παραγωγής. Χαρακτηριστικό είναι ότι έως και την 5^η εβδομάδα συγκομιδής (95 D.A.T.), οι εβδομαδιαίες συνολικές παραγωγές των δύο μεταχειρίσεων συμπίπτουν, ενώ στη συνέχεια και έως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου το (UV0% NET) παρατηρείται να υπερτερεί έναντι του μάρτυρα. Ωστόσο, η αύξηση της αθροιστικής παραγωγής παρουσιάζει βραδύ ρυθμό και στις δύο μεταχειρίσεις, καθώς οι εβδομαδιαίες συγκομιδές της κάθε μεταχείρισης ήταν περίπου παρόμοιες και σε χαμηλό επίπεδο, με την πάροδο των εβδομάδων έως το τέλος της περιόδου. Στις 133 ημέρες μετά τη μεταφύτευση ολοκληρώθηκε η χειμερινή πειραματική καλλιέργεια και συγκομίστηκε το σύνολο των καρπών των δύο μεταχειρίσεων, ανεξαρτήτως σταδίου ωρίμανσης, γεγονός που εξηγεί την απότομη αύξηση της παραγωγής κατά την ημερομηνία αυτή. Όσο αφορά στον αριθμό των καρπών και οι δύο μεταχειρίσεις ακολούθησαν τις αντίστοιχες πορείες των παραγωγών, τόσο εβδομαδιαίως, με εξαίρεση την τελευταία συγκομιδή (133 D.A.T.) στην οποία ο αριθμός καρπών του (UV0% NET) ήταν μεγαλύτερος του μάρτυρα σε αντίθεση με την παραγωγή (kg m^{-2}) που ήταν μικρότερη, όσο και αθροιστικά (Σχήμα 21).



Σχήμα 20. Συνολική (εμπορεύσιμη και μη) παραγωγή (kg m⁻²) των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—◆— UV0% NET



Σχήμα 21. Αριθμός καρπών (εμπορεύσιμων και μη) ανά επιφάνεια εδάφους (καρποί ανά m²) των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—◆— UV0% NET

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής η συνολική αθροιστική παραγωγή (kg m⁻²) του μάρτυρα ήταν μικρότερη από εκείνη του (UV0% NET), χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Ωστόσο, ο συνολικός αθροιστικός αριθμός συγκομισμένων καρπών ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερος

στο μάρτυρα σε σχέση με το (UV0% NET). Όσον αφορά στο βάρος (g) των συγκομισμένων καρπών (εμπορεύσιμων και μη), από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι οι καρποί της συνολικής παραγωγής του μάρτυρα είχαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο βάρος σε σχέση με τους καρπούς του (UV0% NET) (Πίνακας 27).

Πίνακας 27. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων της συνολικής παραγωγής και του αριθμού καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς και του ναπού βάρους καρπού (g), για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

Συνολική παραγωγή (εμπορεύσιμη και μη)				
Χειμερινή καλλιέργεια				
Μεταχείριση		kg m ⁻²	αριθμός καρπών ανά m ²	βάρος καρπού (g)
UV5%		6,09 (1,92) ^a	34,60 (8,78) ^b	175,89 (80,91) ^a
UV0% NET		6,53 (1,41) ^a	40,30 (6,05) ^a	162,11 (83,56) ^b
Εαρινή καλλιέργεια				
Μεταχείριση		kg m ⁻²	αριθμός καρπών ανά m ²	βάρος καρπού (g)
UV5%		6,50 (1,41) ^a	44,00 (8,69) ^a	147,69 (82,17) ^a
UV0% NET		6,38 (1,48) ^a	39,43 (8,30) ^a	161,74 (96,15) ^a

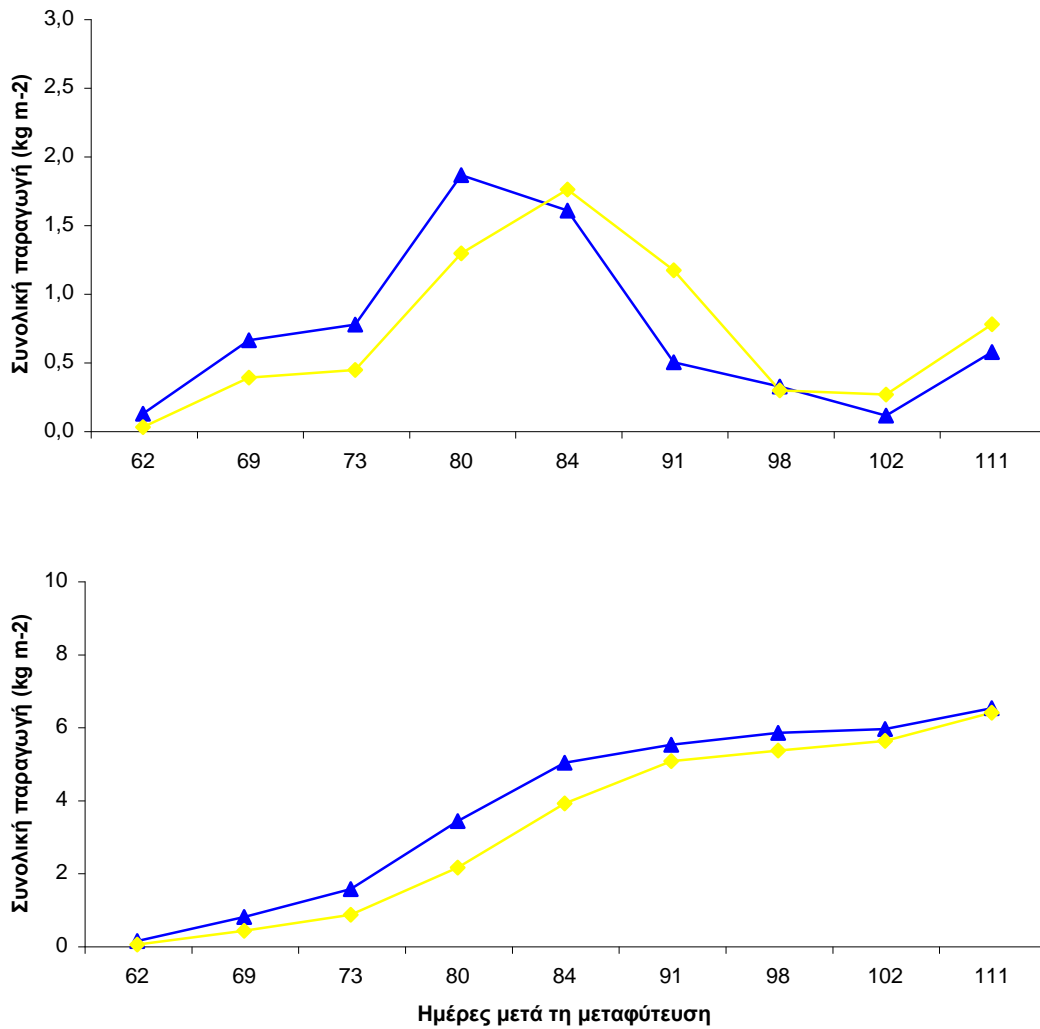
Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

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

P = 0,05

Όσο αφορά στην εαρινή καλλιεργητική περίοδο (Σχήμα 22), παρατηρήθηκε ότι έως την 80^η D.A.T. (4^η εβδομάδα συγκομιδής) η παραγωγή και των δύο μεταχειρίσεων διαγράφει αύξουσα πορεία, με το μάρτυρα να υπερτερεί στο σύνολο των εβδομαδιαίων συγκομιδών έναντι του (UV0% NET) και να καταγράφει την 80^η D.A.T. το μέγιστο της εβδομαδιαίας συγκομιδής. Στη συνέχεια των εβδομάδων η παραγωγή του μάρτυρα φθίνει και καταγράφει το ελάχιστο την 7^η εβδομάδα συγκομιδής (102 D.A.T.). Η εβδομαδιαία παραγωγή του (UV0% NET) εξακολουθεί να αυξάνει έως την 84^η D.A.T. (4^η εβδομάδα συγκομιδής) οπότε και καταγράφει τη μέγιστη τιμή της, η οποία ωστόσο είναι μικρότερη από την μέγιστη του μάρτυρα. Στη συνέχεια ακολουθεί φθίνουσα πορεία η οποία διατηρείται έως την 7^η εβδομάδα συγκομιδής (102 D.A.T.), οπότε και καταγράφει την ελάχιστη τιμή της, η οποία όμως είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη εβδομαδιαία παραγωγή του μάρτυρα. Επιπλέον, από το Σχήμα διαπιστώνεται ότι η εβδομαδιαία υπεροχή του μάρτυρα έως την 80^η D.A.T., δε διατηρείται στη συνέχεια των εβδομάδων, καθώς με εξαίρεση την 98^η

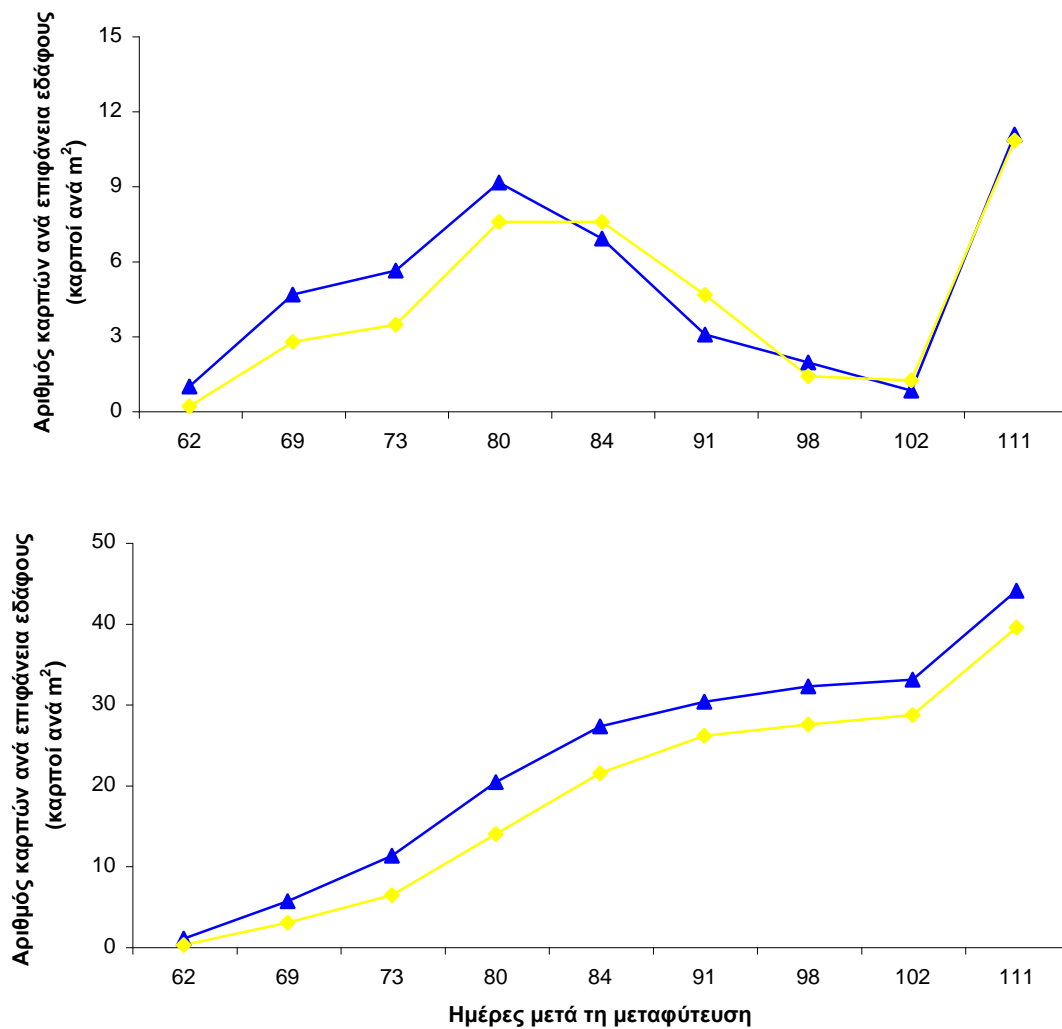
D.A.T. που η παραγωγή είναι παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, το (UV0% NET) υπερτερεί έναντι του μάρτυρα έως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Τα παραπάνω απεικονίζονται χαρακτηριστικά στο διάγραμμα της αθροιστικής παραγωγής, καθώς διαπιστώνεται ότι από την 84^η D.A.T. η αύξηση της αθροιστικής παραγωγής του μάρτυρα πραγματοποιείται με βραδύτερο ρυθμό, με αποτέλεσμα κατά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου η συνολική παραγωγή να είναι παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Στις 111 ημέρες μετά τη μεταφύτευση ολοκληρώθηκε η εαρινή πειραματική καλλιέργεια και συγκομίστηκε το σύνολο των καρπών, με αποτέλεσμα να καταγραφεί αύξηση των τιμών της εβδομαδιαίας παραγωγής και των δύο μεταχειρίσεων. Όσο αφορά στον αριθμό των καρπών (Σχήμα 23) και οι δύο μεταχειρίσεις ακολούθησαν τις αντίστοιχες πορείες των εβδομαδιαίων παραγωγών, με εξαίρεση την 4^η εβδομάδα συγκομιδής (80^η έως 84^η D.A.T.), κατά την οποία ο αριθμός των καρπών στο (UV0% NET) δεν κατέγραψε αύξουσα πορεία αλλά διατηρήθηκε σταθερός και την 111^η D.A.T. στην οποία ο αριθμός των καρπών στο μάρτυρα ήταν μεγαλύτερος σε σχέση με το (UV0% NET) σε αντίθεση με την παραγωγή που ήταν μικρότερη. Από το διάγραμμα του αθροιστικού αριθμού των συγκομισμένων καρπών προκύπτει ότι από την 1^η εβδομάδα ο μάρτυρας υπερτερεί έναντι του (UV0% NET), υπεροχή που διατηρεί έως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.



Σχήμα 22. Συνολική (εμπορεύσιμη και μη) παραγωγή ($kg m^{-2}$) των φυτών της εαρινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—◆— UV0% NET



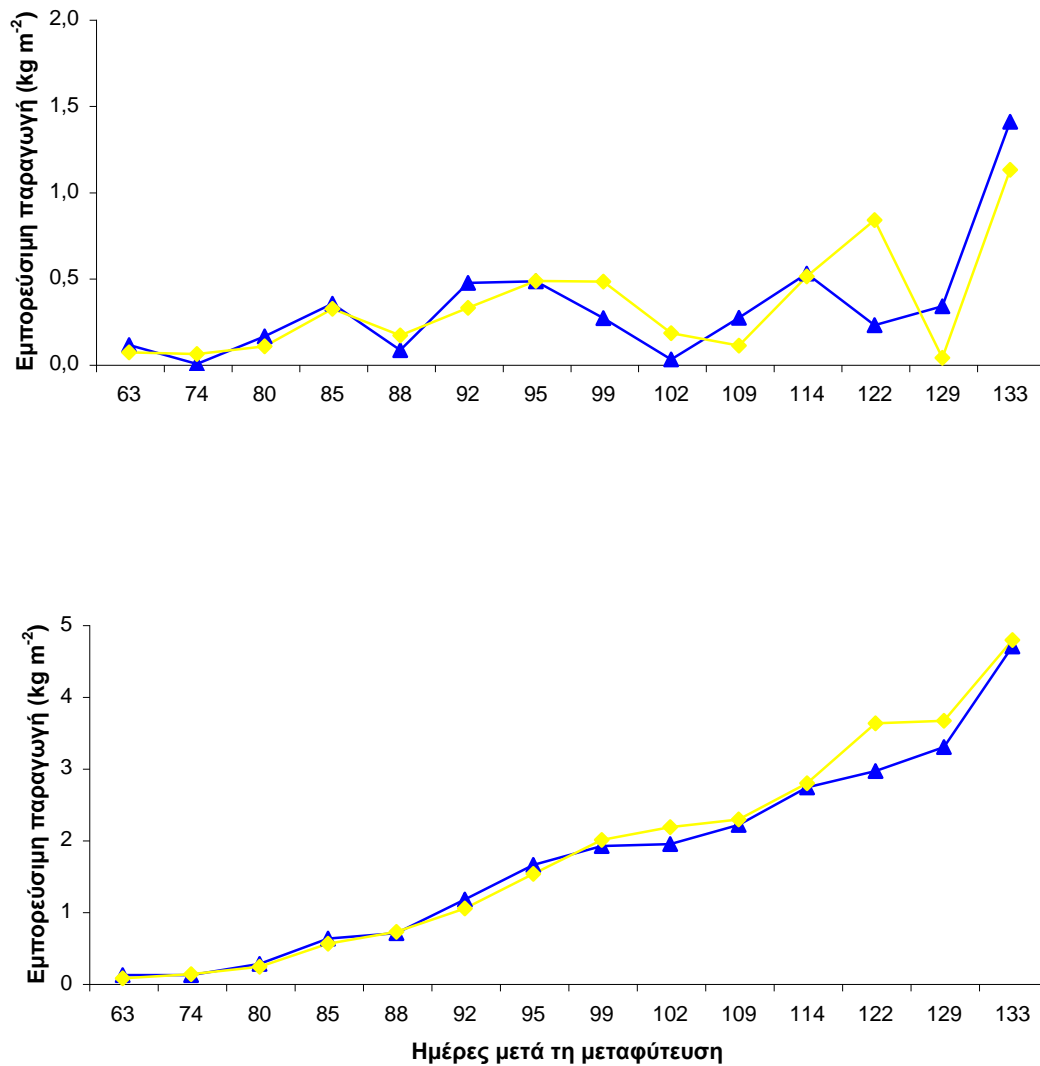
Σχήμα 23. Αριθμός καρπών (εμπορεύσιμων και μη) ανά επιφάνεια εδάφους (καρποί ανά m²) των φυτών της εαρινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5% —◆— UV0% NET

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής η συνολική παραγωγή (kg m⁻²) και ο συνολικός αριθμός συγκομισμένων καρπών ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όσον αφορά στο βάρος (g) των συγκομισμένων καρπών (εμπορεύσιμων και μη), από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν προέκυψε διαφορά μεταξύ του (UV0% NET) και του μάρτυρα (Πίνακας 27).

4.4.3.2. Εμπορεύσιμη παραγωγή καρπών

Όσο αφορά στην εμπορεύσιμη παραγωγή της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου (Σχήμα 24), διαπιστώνεται ότι η καμπύλες των εβδομαδιαίων συγκομιδών ακολούθησαν την ίδια πορεία με τις αντίστοιχες της συνολικής παραγωγής, με εξαίρεση την 85^η και την 114^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση στις οποίες ο μάρτυρας κατέγραψε μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με το (UV0% NET).

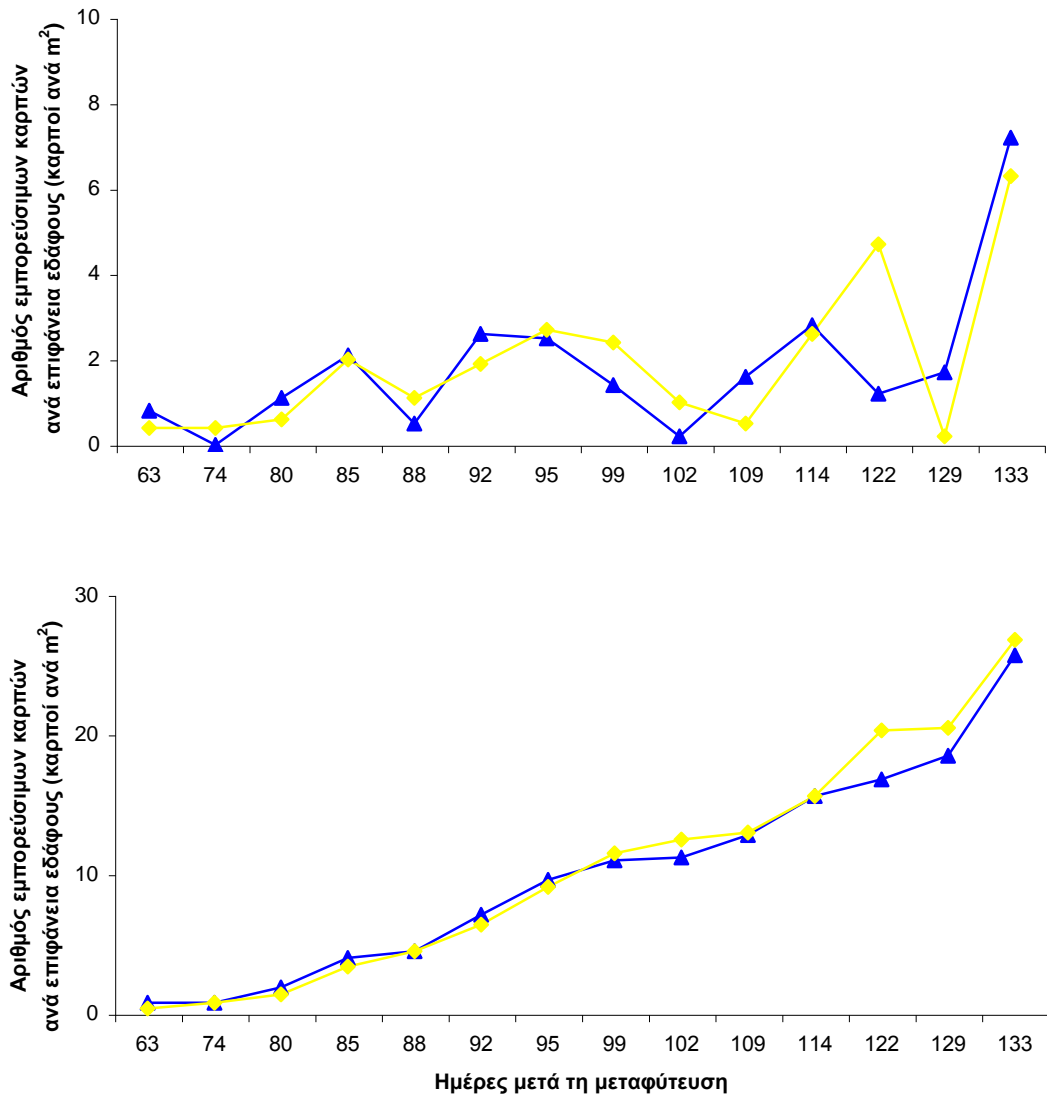


Σχήμα 24. Εμπορεύσιμη παραγωγή (kg m⁻²) των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—◆— UV0% NET

Παράλληλα, η εξέλιξη της εμπορεύσιμης παραγωγής αθροιστικά ήταν παρόμοια με την αντίστοιχη της συνολικής, με εξαίρεση την 85^η, 92^η και 95^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση στις οποίες ο μάρτυρας υπερείχε έναντι του (UV0% NET). Όσον αφορά στον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών (Σχήμα 25) και οι δύο μεταχειρίσεις ακολούθησαν την ίδια εβδομαδιαία διακύμανση με την αντίστοιχη του συνόλου των καρπών, με εξαίρεση την 85^η και 114^η αλλά και την 133^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, κατά τις οποίες συγκομίστηκε μεγαλύτερος αριθμός εμπορεύσιμων καρπών στο μάρτυρα σε σχέση με το (UV0% NET). Η εξέλιξη του αριθμού των εμπορεύσιμων καρπών αθροιστικά ήταν παρόμοια με την αντίστοιχη του συνολικού, με εξαίρεση την 85^η, 92^η και 95^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση στις οποίες ο μάρτυρας υπερείχε έναντι του (UV0% NET).



Σχήμα 25. Αριθμός εμπορεύσιμων καρπών ανά επιφάνεια εδάφους (καρποί ανά m^2) των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—◆— UV0% NET

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής παρατηρήθηκε ότι το (UV0% NET) υπερείχε στην εμπορεύσιμη παραγωγή ($kg\ m^{-2}$) και στον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών ενώ ο μάρτυρας στο βάρος (g) των εμπορεύσιμων καρπών, χωρίς ωστόσο να

προκύψουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 28).

Πίνακας 28. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων της εμπορεύσιμης παραγωγής και του αριθμού καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς και του νωπού βάρους καρπού (g), για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

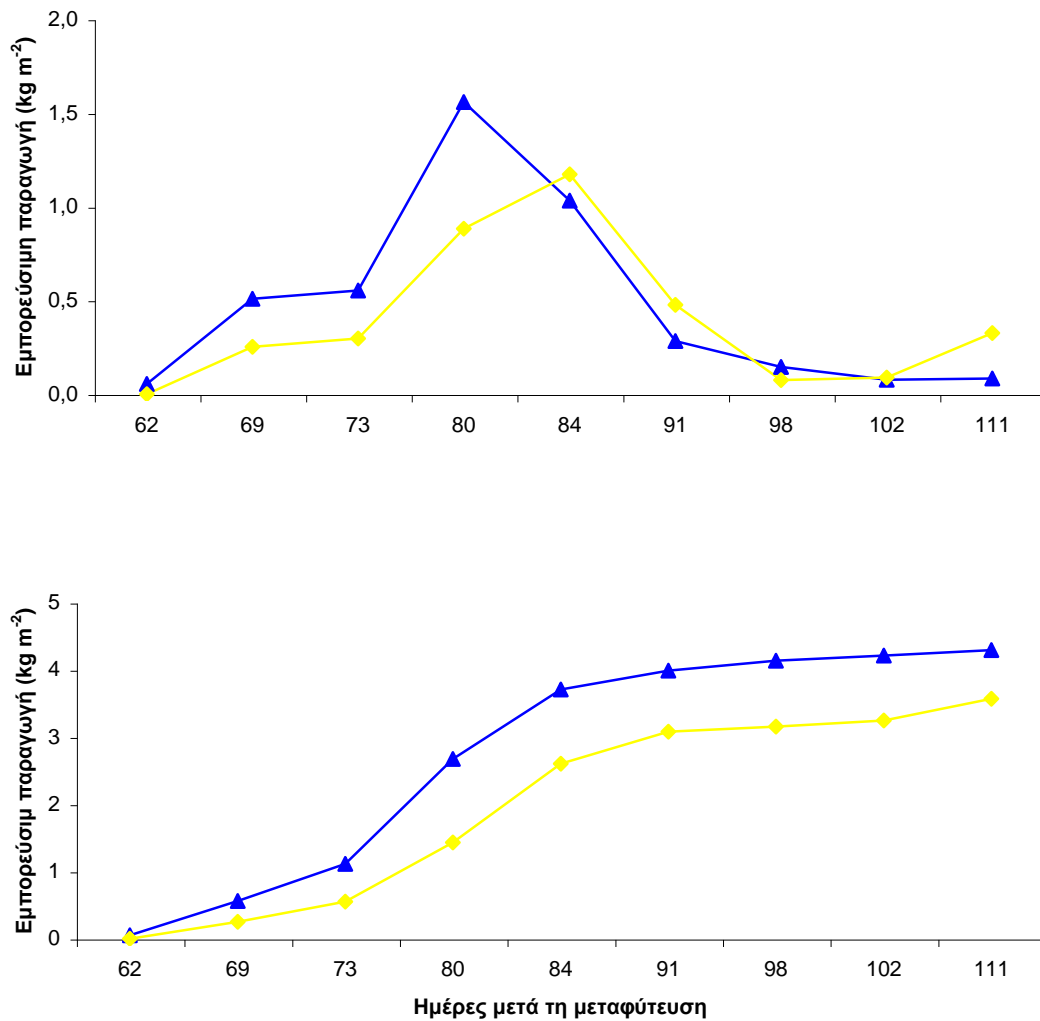
Εμπορεύσιμη παραγωγή			
Χειμερινή καλλιέργεια			
Μεταχείριση	kg m ⁻²	αριθμός καρπών ανά m ²	βάρος καρπού (g)
UV5%	4,69 (1,47) ^a	25,70 (7,47) ^a	182,60 (48,87) ^a
UV0% NET	4,78 (1,44) ^a	26,80 (6,89) ^a	178,44 (48,91) ^a
Εαρινή καλλιέργεια			
Μεταχείριση	kg m ⁻²	αριθμός καρπών ανά m ²	βάρος καρπού (g)
UV5%	4,30 (0,94) ^a	22,88 (4,04) ^a	187,83 (46,04) ^a
UV0% NET	3,57 (0,98) ^a	18,69 (4,82) ^b	191,21 (52,41) ^a

Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

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

P = 0,05

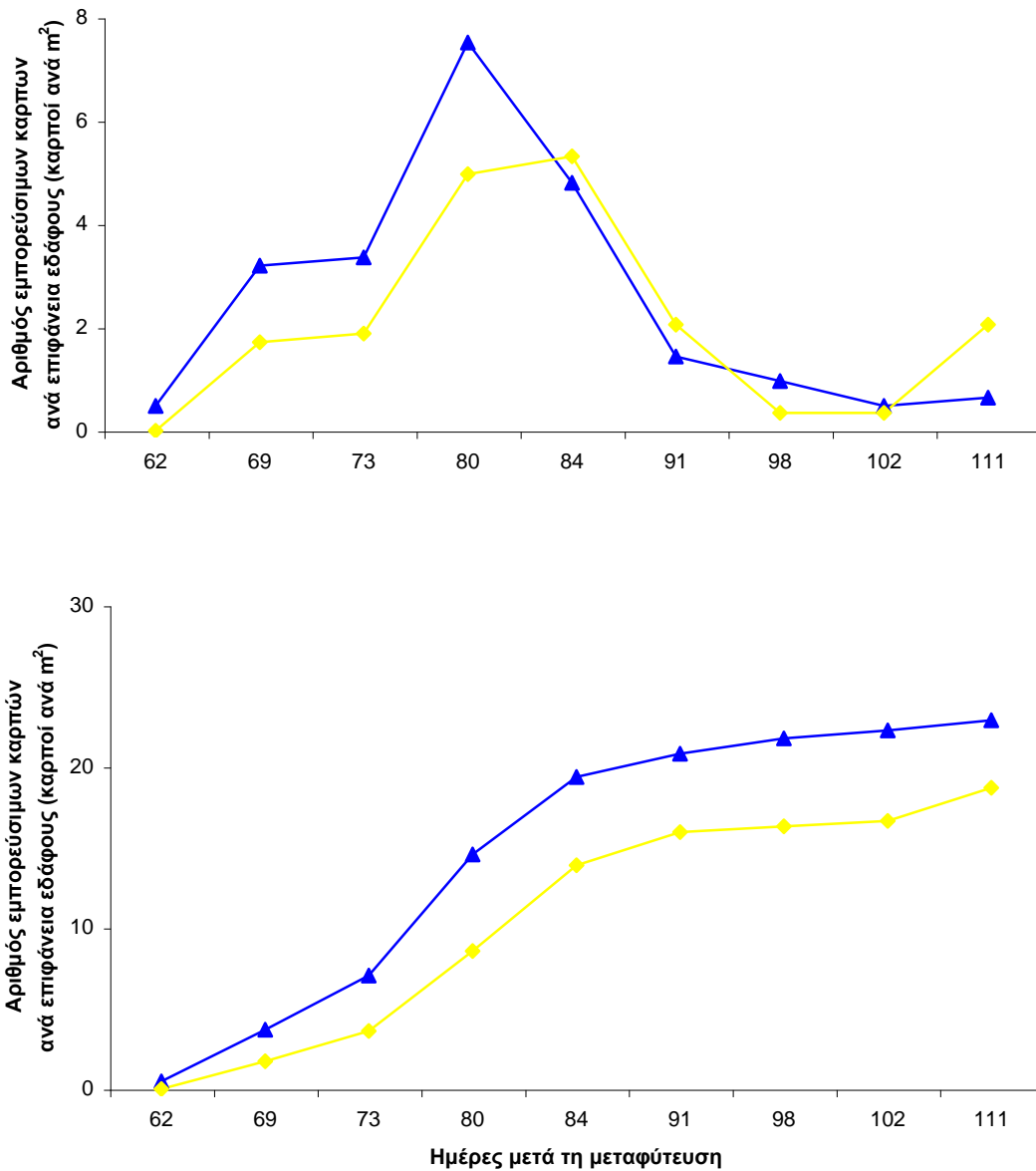
Όσο αφορά στην εμπορεύσιμη παραγωγή της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου (Σχήμα 26), διαπιστώνεται ότι η καμπύλη των εβδομαδιαίων συγκομιδών αλλά και της αθροιστικής παραγωγής ακολούθησαν την ίδια πορεία με τις αντίστοιχες της συνολικής παραγωγής. Παράλληλα, όσον αφορά στον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών και οι δύο μεταχειρίσεις ακολούθησαν την ίδια εβδομαδιαία διακύμανση με την αντίστοιχη του συνόλου των καρπών, με εξαίρεση τις δύο τελευταίες συγκομιδές, αλλά και την ίδια πορεία αθροιστικά με την αντίστοιχη της συνολικής αθροιστικής παραγωγής (Σχήμα 27). Χαρακτηριστική είναι η υπεροχή που εμφανίζει ο μάρτυρας έναντι του (UV0% NET) ιδιαίτερα όσον αφορά στον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών όπως παρατηρείται στα διαγράμματα της αθροιστικής παραγωγής.



Σχήμα 26. Εμπορεύσιμη παραγωγή (kg m⁻²) των φυτών της εαρινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—◆— UV0% NET



Σχήμα 27. Αριθμός εμπορεύσιμων καρπών ανά επιφάνεια εδάφους (καρποί ανά m²) των φυτών της εαρινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—◆— UV0% NET

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της εμπορεύσιμης παραγωγής προέκυψε ότι ο μάρτυρας έδωσε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό εμπορεύσιμων καρπών σε σχέση με το (UV0% NET), ενώ όσον αφορά στην εμπορεύσιμη παραγωγή (kg m^{-2}) και στο βάρος (g) των εμπορεύσιμων καρπών, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 28).

4.4.3.2.1. Παράμετροι του χρώματος των καρπών

Η μέτρηση του χρώματος των καρπών περιελάμβανε εμπορεύσιμους καρπούς του 5^{ου} και 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης της χειμερινής περιόδου και του 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης της εαρινής περιόδου. Όσο αφορά στο χρώμα των εμπορεύσιμων καρπών της χειμερινής περιόδου παρατηρήθηκε ότι η παράμετρος της φωτεινότητας L^* σημείωσε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη τιμή στους καρπούς του μάρτυρα τόσο του 5^{ου} όσο και του 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης σε σχέση με το (UV0% NET) ενώ από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της εαρινής περιόδου προέκυψε ότι οι καρποί του μάρτυρα είχαν εντονότερο χρώμα σε σχέση τους καρπούς του (UV0% NET) (Πίνακας 29).

Πίνακας 29. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσω των όρων των παραμέτρων L^ , Hue° και $Chroma^*$ του χρώματος των καρπών για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.*

Παράμετροι του χρώματος των καρπών				
5 ^ο Στάδιο Χειμερινής Καλλιέργειας				
Μεταχείριση		Φωτεινότητα L^*	Χρώμα Hue°	Ένταση $Chroma^*$
UV5%		53,24 (2,89) ^a	61,43 (4,56) ^a	39,52 (3,21) ^a
UV0% NET		52,00 (3,22) ^b	61,56 (4,97) ^a	39,51 (5,73) ^a
6 ^ο Στάδιο Χειμερινής Καλλιέργειας				
Μεταχείριση		Φωτεινότητα L^*	Χρώμα Hue°	Ένταση $Chroma^*$
UV5%		49,06 (2,55) ^a	58,85 (7,41) ^a	42,59 (3,39) ^a
UV0% NET		47,91 (3,09) ^b	61,12 (5,26) ^a	43,30 (3,07) ^a
6 ^ο Στάδιο Εαρινής Καλλιέργειας				
Μεταχείριση		Φωτεινότητα L^*	Χρώμα Hue°	Ένταση $Chroma^*$
UV5%		50,09 (3,88) ^a	48,82 (6,64) ^a	52,33 (2,57) ^a
UV0% NET		49,30 (3,41) ^a	48,08 (5,92) ^a	50,97 (2,75) ^b

Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

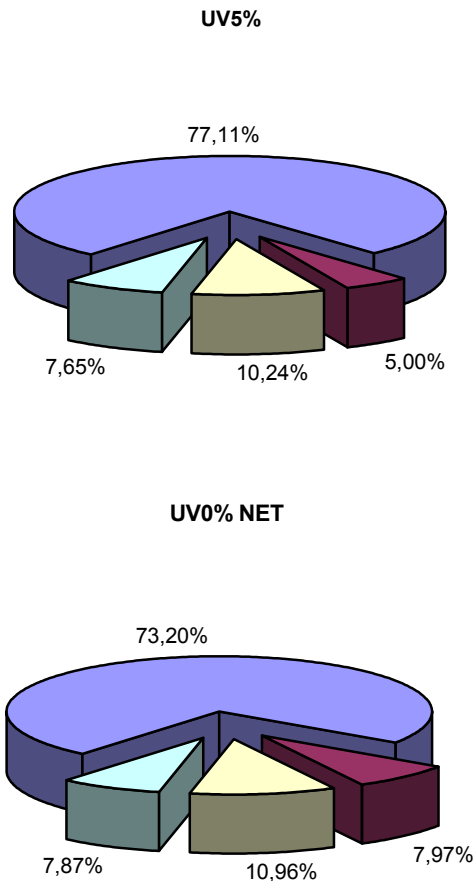
a, b. Διαφορετικά γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

4.4.3.3. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών Χειμερινής Καλλιεργητικής Περιόδου

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο *Υλικά & Μέθοδοι* ο διαχωρισμός των καρπών σε εμπορεύσιμους και μη εμπορεύσιμους βασίστηκε τόσο στην έκταση των ελαττωμάτων (φυσιολογικές ανωμαλίες και προσβολές εντόμων) που παρατηρήθηκαν όσο και στο βάρος τους. Προέκυψαν τρεις κατηγορίες μη εμπορεύσιμων καρπών οι οποίες ήταν οι καρποί οι μικρότεροι των 100 γραμμαρίων, οι μεγαλύτεροι των 300 γραμμαρίων και οι ελαττωματικοί καρποί με μέγεθος προβλήματος μεγαλύτερο του 3 βάσει της κλίμακας 1-5.

Στο Σχήμα 28 απεικονίζεται ο ποσοστιαίος διαχωρισμός της συνολικής χειμερινής παραγωγής με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση. Η εμπορεύσιμη παραγωγή του μάρτυρα ήταν 77,11% της συνολικής παραγωγής ενώ για το (UV0% NET) το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 73,20%. Το ποσοστό των απορριπτόμενων λόγω ελαττωμάτων καρπών του μάρτυρα και του (UV0% NIR) ήταν 7,65% και 7,87% αντίστοιχα, δηλαδή παρόμοιο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, ενώ παρόμοια είναι και τα ποσοστά των καρπών των μεγαλύτερων των 300 γραμμαρίων. Σημαντική είναι η διαφορά που παρατηρείται στην κατηγορία των καρπών των μικρότερων των 100 γραμμαρίων καθώς το ποσοστό του μάρτυρα ήταν 5,00% της συνολικής παραγωγής έναντι 7,97% του (UV0% NET).



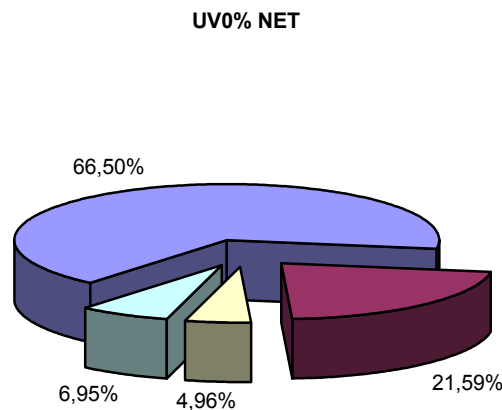
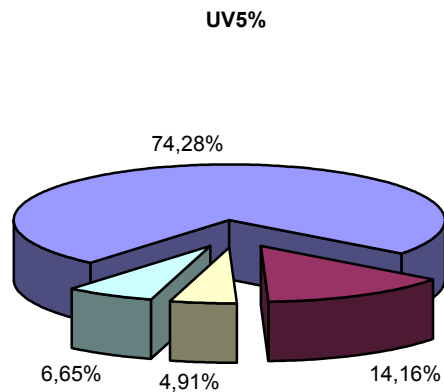
Σχήμα 28. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NET) στο % της παραγωγής (kg m^{-2}) της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου των κατηγοριών:

■ Εμπορεύσιμη
 ■ Καρποί <100g
 ■ Καρποί >300g
 ■ Μη Εμπορεύσιμη

4.4.3.4. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών Χειμερινής Καλλιεργητικής Περιόδου

Όσο αφορά στον ποσοστιαίο διαχωρισμό του συνολικού αριθμού των συγκομισθέντων καρπών, από το Σχήμα 29 προκύπτει ότι τα ποσοστά των ελαττωματικών και των μεγαλύτερων των 300 γραμμαρίων καρπών ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, 6,65% και 4,91% του μάρτυρα ενώ του (UV0% NET) 6,95% και 4,96% αντίστοιχα. Ωστόσο, οι μικρότεροι των 100 γραμμαρίων καρποί του (UV0% NET) αποτέλεσαν το 21,59% του συνόλου των καρπών ενώ οι καρποί της κατηγορίας αυτής στο μάρτυρα ήταν το 14,16% του συνολικού αριθμού, με

αποτέλεσμα τα ποσοστά των εμπορεύσιμων καρπών να είναι 66,50% και 74,28% αντίστοιχα.



Σχήμα 29. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NET) στο % του αριθμού των καρπών της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου των κατηγοριών της παραγωγής:

■ Εμπορεύσιμη
 ■ Καρποί <100g
 ■ Καρποί >300g
 ■ Μη Εμπορεύσιμη

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι το βάρος (kg m^{-2}) αλλά και ο αριθμός των καρπών των μικρότερων των 100 γραμμαρίων του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερα σε σχέση με το (UV0% NET). Όσον αφορά στην μη εμπορεύσιμη λόγω ελαττωμάτων παραγωγή αλλά και στους καρπούς τους μεγαλύτερους των 300 γραμμαρίων, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 30).

Πίνακας 30. Αποτελέσματα σύγκρισης των μέσων όρων της παραγωγής (kg m^{-2}), του αριθμού καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς και του νωπού βάρους καρπού (g), ανά κατηγορία μη εμπορεύσιμης παραγωγής, της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου του πειράματος για κάθε μεταχείριση.

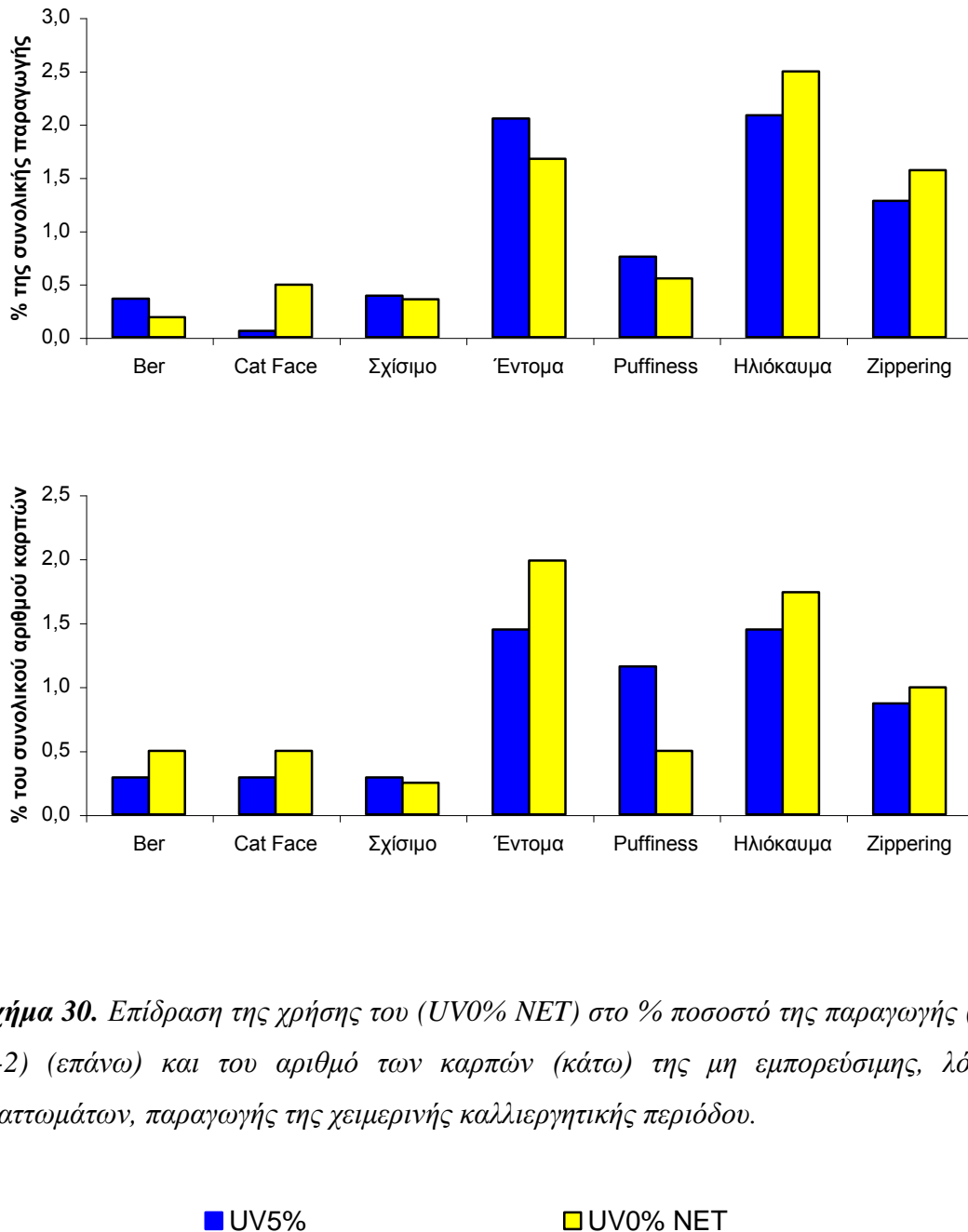
Μη Εμπορεύσιμη Παραγωγή Χειμερινής Περιόδου			
Φυσιολογικές Ανωμαλίες και Προσβολές Εντόμων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	0,47 (0,52) ^a	2,30 (2,18) ^a	202,43 (107,76) ^a
UV0% NET	0,51 (0,52) ^a	2,80 (2,80) ^a	183,75 (106,83) ^a
Καρποί μικρότεροι των 100 γραμμαρίων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	0,31 (0,20) ^b	4,90 (2,87) ^b	62,14 (27,83) ^a
UV0% NET	0,52 (0,25) ^a	8,70 (3,86) ^a	59,82 (28,20) ^a
Καρποί μεγαλύτεροι των 300 γραμμαρίων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	0,62 (0,82) ^a	1,70 (2,29) ^a	366,53 (68,45) ^a
UV0% NET	0,72 (0,77) ^a	2,00 (2,08) ^a	357,90 (39,96) ^a

Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

a, b. Διαφορετικά γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

$P = 0,05$

Στο Σχήμα 30 απεικονίζεται αναλυτικά η κατανομή του ποσοστού της παραγωγής και του ποσοστού του αριθμού των καρπών κάθε μεταχείρισης, της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων, παραγωγής. Παρατηρήθηκε ότι τα ποσοστά της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων, παραγωγής ήταν χαμηλά και για τις δύο μεταχειρίσεις του πειράματος ενώ από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων σε καμία από τις κατηγορίες των ελαττωμάτων. Εμφανής είναι η προστασία που προσέφερε η χρήση του (UV0% NET) κατά των προσβολών από έντομα καθώς δεν χρησιμοποιήθηκαν χημικά μέσα για την καταπολέμηση τους και το ποσοστό της μη εμπορεύσιμης παραγωγής (kg m^{-2}) της κατηγορίας αυτής στο (UV0% NET) ήταν μικρότερο σε σχέση με το μάρτυρα.

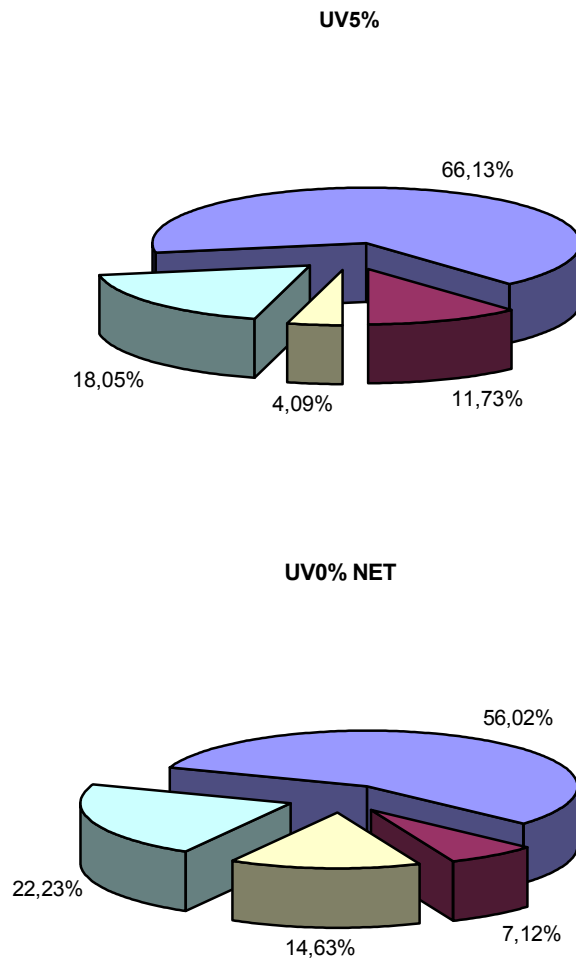


Σχήμα 30. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NET) στο % ποσοστό της παραγωγής (kg m⁻²) (επάνω) και του αριθμού των καρπών (κάτω) της μη εμπορεύσιμης, λόγω ελαττωμάτων, παραγωγής της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου.

4.4.3.5. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών Εαρινής Καλλιεργητικής Περιόδου

Από τον ποσοστιαίο διαχωρισμό της συνολικής εαρινής παραγωγής (Σχήμα 31) προέκυψε ότι το ποσοστό της εμπορεύσιμης παραγωγής ήταν αρκετά μειωμένο σε σχέση με το αντίστοιχο της χειμερινής περιόδου, ιδιαίτερα στο (UV0% NET) του οποίου το ποσοστό ήταν 56,02%, αλλά και στον μάρτυρα του οποίου η εμπορεύσιμη παραγωγή αποτέλεσε το 66,13% της συνολικής. Το ποσοστό των καρπών των

μικρότερων των 100 γραμμαρίων ήταν 11,73% στο μάρτυρα και 7,12% στο (UV0% NET) ενώ σημαντική ήταν η διαφορά που παρατηρήθηκε στην κατηγορία των καρπών των μεγαλύτερων των 300 γραμμαρίων καθώς το (UV0% NET) κατέγραψε ποσοστό 14,63% έναντι 4,09% του μάρτυρα. Το ποσοστό της απορριπτόμενης λόγω ελαττωμάτων παραγωγής του μάρτυρα και του (UV0% NET) ήταν 18,05% και 22,23% αντίστοιχα.

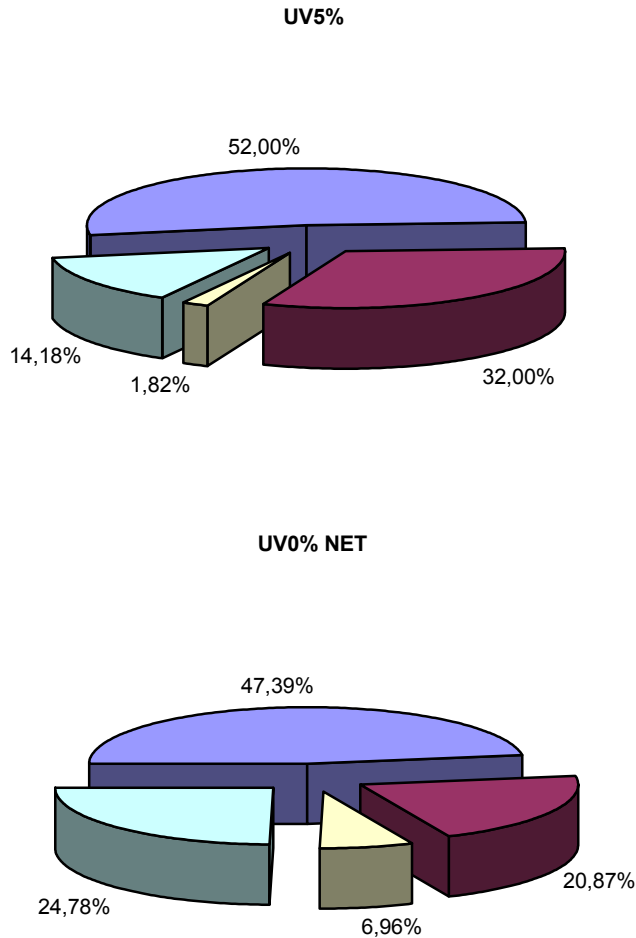


Σχήμα 31. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NET) στο % της παραγωγής (kg m^{-2}) της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου των κατηγοριών:

■ Εμπορεύσιμη
 ■ Καρποί <100g
 ■ Καρποί >300g
 ■ Μη Εμπορεύσιμη

4.4.3.6. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών Εαρινής Καλλιεργητικής Περιόδου

Όσον αφορά στον ποσοστιαίο διαχωρισμό του συνολικού αριθμού των συγκομισθέντων καρπών, από το Σχήμα 32 προκύπτει ότι τα ποσοστά των εμπορεύσιμων καρπών και των δύο μεταχειρίσεων ήταν σημαντικά μειωμένα σε σχέση με την χειμερινή καλλιεργητική περίοδο, μόλις 52% και 47,39% για το μάρτυρα και το (UV0% NET) αντίστοιχα. Σημαντική μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων ήταν η διαφορά που παρατηρήθηκε στην κατηγορία των μη εμπορεύσιμων εξαιτίας ελαττωμάτων καρπών, καθώς το ποσοστό του μάρτυρα ήταν 14,18% του συνόλου των καρπών, έναντι 24,78% του (UV0% NET). Όσον αφορά στην κατηγορία των μη εμπορεύσιμων λόγω βάρους καρπών, παρατηρήθηκε ότι ο μάρτυρας κατέγραψε σημαντικά υψηλότερο ποσοστό καρπών μικρότερων των 100 γραμμαρίων σε σχέση με το (UV0% NET) καθώς τα ποσοστά ήταν 32% και 20,87% αντίστοιχα. Οι καρποί οι μεγαλύτεροι των 300 γραμμαρίων αποτέλεσαν το 6,96% του συνόλου στο (UV0% NET) ενώ το ποσοστό της κατηγορίας αυτής στο μάρτυρα ήταν 1,82%.



Σχήμα 32. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NET) στο % του αριθμού των καρπών της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου των κατηγοριών της παραγωγής:

■ Εμπορεύσιμη
 ■ Καρποί <100g
 ■ Καρποί >300g
 ■ Μη Εμπορεύσιμη

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της εαρινής περιόδου διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων λόγω ελαττωμάτων καρπών του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερος σε σχέση με το (UV0% NET), ωστόσο επρόκειτο για σημαντικά βαρύτερους καρπούς με αποτέλεσμα η μη εμπορεύσιμη λόγω ελαττωμάτων παραγωγή (kg m^{-2}) να είναι παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όσον αφορά στην απορριπτόμενη λόγω βάρους παραγωγή προέκυψε ότι ο μάρτυρας κατέγραψε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό

καρπών μικρότερων των 100 γραμμαρίων, ωστόσο η παραγωγή (kg m^{-2}) της κατηγορίας αυτής ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Το (UV0% NET) κατέγραψε σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό καρπών μεγαλύτερων των 300 γραμμαρίων με αποτέλεσμα η απορριπτόμενη παραγωγή της κατηγορίας αυτής να είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με το μάρτυρα (Πίνακας 31).

Πίνακας 31. Αποτελέσματα σύγκρισης των μέσων όρων της παραγωγής (kg m^{-2}), του αριθμού καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς και του νωπού βάρους καρπού (g), ανά κατηγορία μη εμπορεύσιμης παραγωγής, της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου του πειράματος για κάθε μεταχείριση.

Μη Εμπορεύσιμη Παραγωγή Εαρινής περιόδου				
Φυσιολογικές Ανωμαλίες και Προσβολές Εντόμων				
Μεταχείριση		kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%		1,17 (0,72) ^a	6,24 (2,98) ^b	187,97 (81,18) ^a
UV0% NET		1,42 (0,75) ^a	9,77 (5,02) ^a	145,05 (103,11) ^b
Καρποί μικρότεροι των 100 γραμμαρίων				
Μεταχείριση		kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%		0,76 (0,47) ^a	14,08 (8,65) ^a	54,14 (26,70) ^a
UV0% NET		0,45 (0,33) ^a	8,23 (4,07) ^b	55,17 (29,99) ^a
Καρποί μεγαλύτεροι των 300 γραμμαρίων				
Μεταχείριση		kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%		0,27 (0,39) ^b	0,80 (1,71) ^b	332,00 (27,23) ^a
UV0% NET		0,93 (0,90) ^a	2,74 (2,64) ^a	340,19 (34,08) ^a

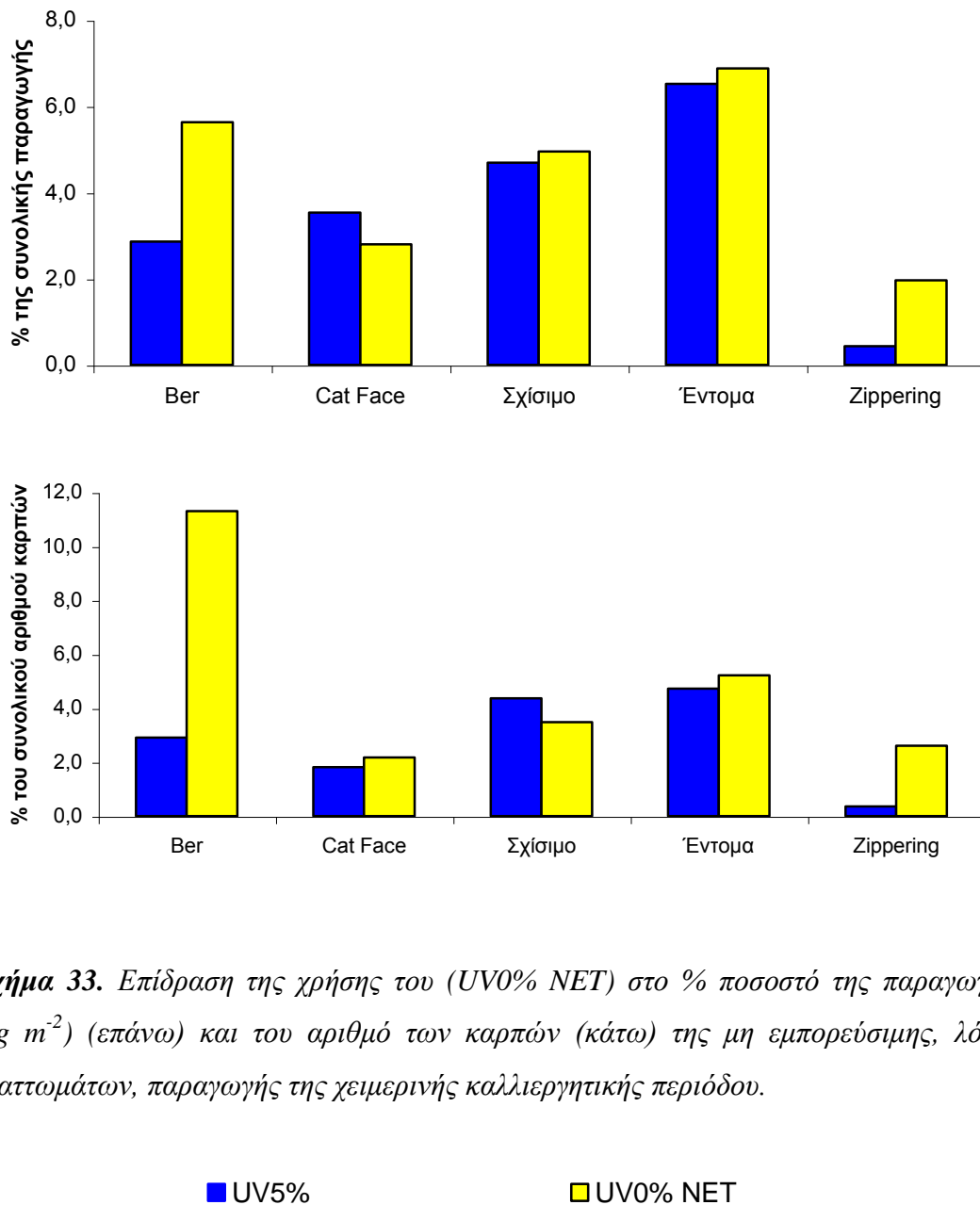
Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

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

$P = 0,05$

Στο Σχήμα 33 απεικονίζεται αναλυτικά η κατανομή του ποσοστού της παραγωγής και του ποσοστού του αριθμού των καρπών κάθε μεταχείρισης, της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων, παραγωγής. Παρατηρήθηκε ότι τα ποσοστά των ελαττωματικών καρπών, στην πλειοψηφία των κατηγοριών των ελαττωμάτων, ήταν σημαντικά αυξημένα σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά της χειμερινής περιόδου και στις δύο μεταχειρίσεις. Από τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε καμία από τις κατηγορίες των ελαττωμάτων, με εξαίρεση τον αριθμό των καρπών που εμφάνισαν Ξηρή Σήψη Κορυφής (BER) ο οποίος ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερος στο (UV0% NET) σε σχέση με το μάρτυρα χωρίς ωστόσο να

παρατηρηθεί διαφορά στην παραγωγή (kg m^{-2}) της κατηγορίας αυτής μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 11,30% και 2,91% επί του συνολικού αριθμού των συγκομισθέντων καρπών. Όσο αφορά στις προσβολές από έντομα είναι εμφανής η προστασία που προσέφερε η χρήση του (UV0% NET) καθώς ενώ το θερμοκήπιο γειτνίαζε με εστία πρωτευόντων ξενιστών (οπωρώνας) και δεν χρησιμοποιήθηκαν χημικά μέσα καταπολέμησης, η μη εμπορεύσιμη παραγωγή της κατηγορίας αυτής ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.



Σχήμα 33. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NET) στο % ποσοστό της παραγωγής (kg m^{-2}) (επάνω) και του αριθμού των καρπών (κάτω) της μη εμπορεύσιμης, λόγω ελαττωμάτων, παραγωγής της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου.

■ UV5%

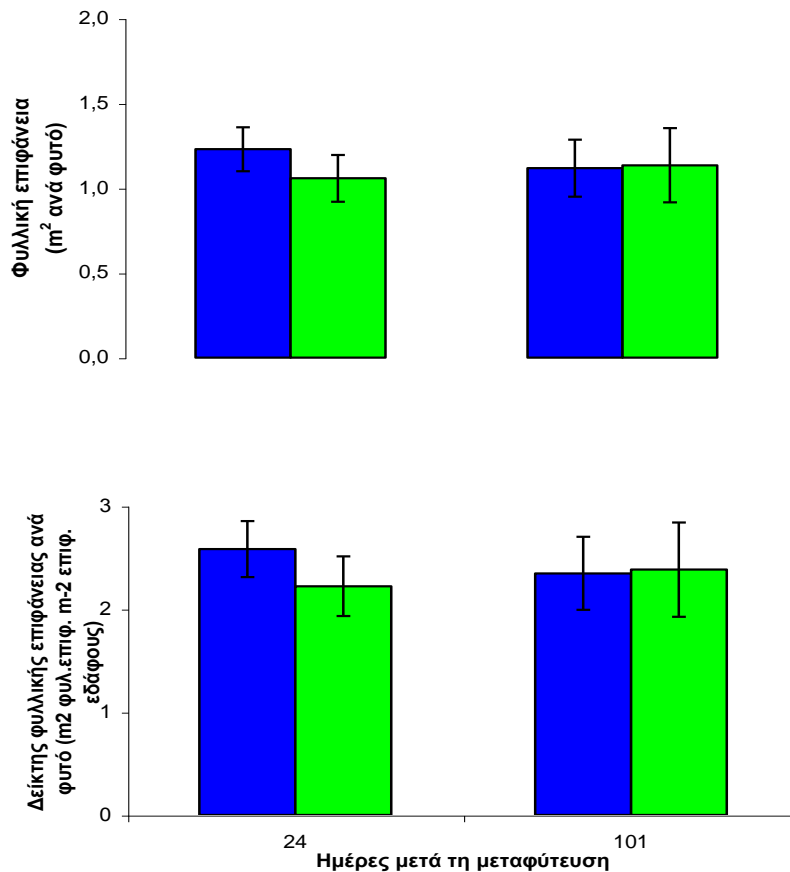
■ UV0% NET

4.5. Επίδραση της χρήσης του υλικού κάλυψης του ανακλαστικού στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία στην αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας και στην ποιότητα των καρπών

4.5.1. Φυλλική Επιφάνεια

4.5.1.1. Υπολογισμός Φυλλικής Επιφάνειας

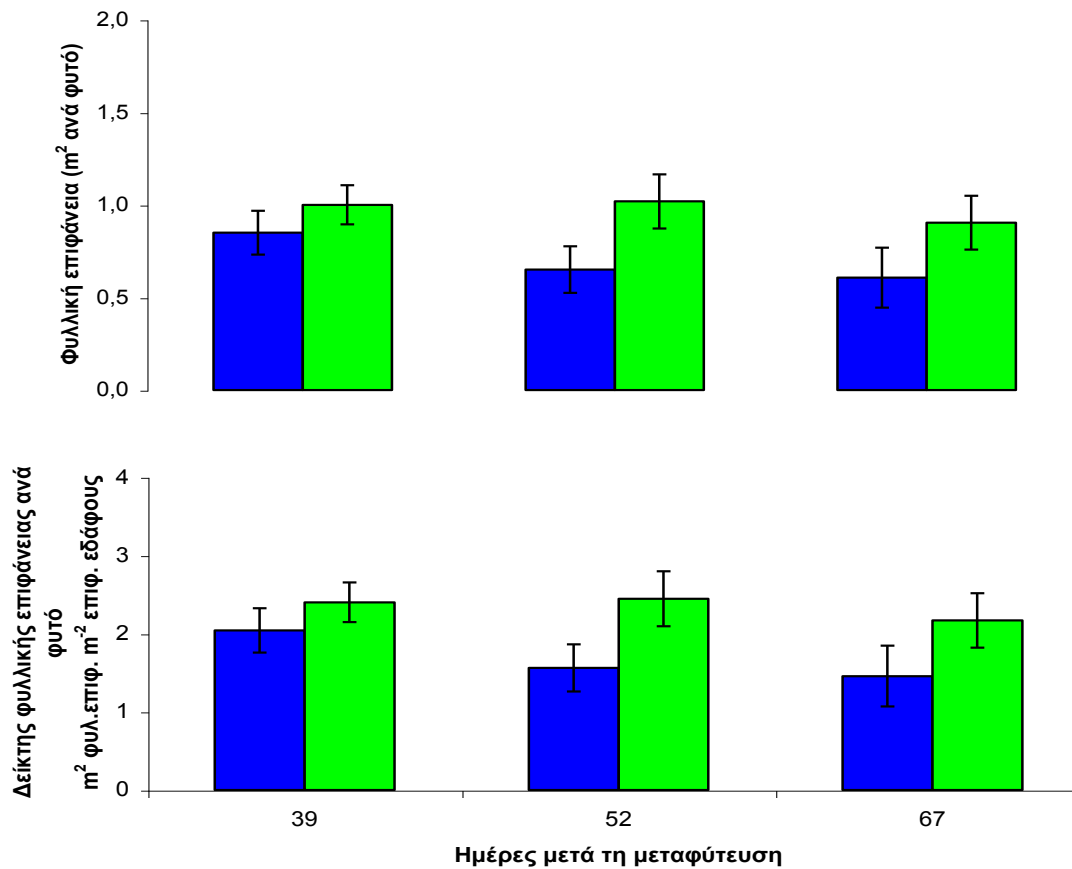
Στα Σχήματα 34 και 35 απεικονίζονται ο μέσος όρος ανά φυτό της φυλλικής επιφάνειας (L.A. m^2 ανά φυτό) και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I. $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ανά φυτό) για κάθε ημερομηνία μέτρησης των δύο καλλιεργητικών περιόδων του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.



Σχήμα 34. Φυλλική επιφάνεια και δείκτης φυλλικής επιφάνειας ανά φυτό της χειμερινής περιόδου και για κάθε μεταχείριση. Οι μπάρες σε κάθε μέσο όρο δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της μεταβλητής για κάθε μεταχείριση.

■ UV5%

■ UV0% NIR



Σχήμα 35. Φυλλική επιφάνεια και δείκτης φυλλικής επιφάνειας ανά φυτό της εαρινής περιόδου και για κάθε μεταχείριση. Οι μπάρες σε κάθε μέσο όρο δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της μεταβλητής για κάθε μεταχείριση.

■ UV5%

■ UV0% NIR

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.) και του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.) της χειμερινής περιόδου, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές την 24^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση κατά την οποία οι μέσοι όροι της φυλλικής επιφάνειας και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των πειραματικών φυτών του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτεροι σε σχέση με τους μέσους όρους των φυτών του (UV0% NIR). Κατά τη δεύτερη μέτρηση (101^η DAT) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ανωτέρω μεταβλητών των φυτών (Πίνακας 32).

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της εαρινής περιόδου, προέκυψε ότι οι μέσοι όροι της φυλλικής επιφάνειας και του δείκτη φυλλικής

επιφάνειας των φυτών του (UV0% NIR) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτεροι σε σχέση με τους μέσους όρους των φυτών του μάρτυρα και τις τρεις ημέρες μετά τη μεταφύτευση, κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις (39, 52, και 67 D.A.T.) (Πίνακας 32).

Πίνακας 32. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων φυλλικής επιφάνειας (L.A.) και δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

Χειμερινή καλλιέργεια				
	L.A.		L.A.I.	
DAT	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR
24	1,23 ^a	1,06 ^b	2,58 ^a	2,22 ^b
101	1,12 ^a	1,13 ^a	2,35 ^a	2,38 ^a
Εαρινή καλλιέργεια				
	L.A.		L.A.I.	
DAT	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR
39	0,85 ^b	1,00 ^a	2,04 ^b	2,40 ^a
52	0,65 ^b	1,02 ^a	1,56 ^b	2,45 ^a
67	0,61 ^b	0,90 ^a	1,46 ^b	2,17 ^a

*a, b. Διαφορετικά γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.
P = 0,05*

4.5.1.2. Αριθμός Φύλλων και Μέσος Όρος Διαστάσεων Φύλλων

Κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί κατά πόσο η αυξημένη φυλλική επιφάνεια των φυτών του μάρτυρα της χειμερινής περιόδου και των φυτών του (UV0% NIR) της εαρινής περιόδου οφείλεται σε μεγαλύτερο αριθμό φύλλων ή σε μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο κατά την ημέρα της μέτρησης.

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της χειμερινής περιόδου προέκυψε ότι την 24^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, κατά την οποία οι μέσοι όροι της φυλλικής επιφάνειας και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των πειραματικών φυτών του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτεροι σε σχέση με τους μέσους όρους των φυτών του (UV0% NIR), ο μέσος όρος του αριθμού των φύλλων ανά φυτό του μάρτυρα ήταν, επίσης, στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος σε σχέση με το μέσο όρο των φυτών του (UV0% NIR). Κατά τη δεύτερη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας (101 D.A.T.) δεν υπήρχε δυνατότητα υπολογισμού του αριθμού των φύλλων ανά φυτό καθώς είχε ήδη πραγματοποιηθεί το κορυφολόγημα αυτών. Όσο αφορά στις διαστάσεις των φύλλων παρατηρήθηκε αύξηση τόσο του μήκους όσο και του πλάτους

των φύλλων των φυτών του (UV0% NIR) και τις δύο ημέρες μετά τη μεταφύτευση κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις (24 και 101 D.A.T.). Η αύξηση του πλάτους των φύλλων ήταν στατιστικά σημαντική και στις δύο περιπτώσεις με αποτέλεσμα την 101^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση να παρατηρηθεί και μεταβολή του σχήματος (Μήκος : Πλάτος) των φύλλων των φυτών του (UV0% NIR) (Πίνακας 33).

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της εαρινής περιόδου προέκυψε ότι τα πειραματικά φυτά του (UV0% NIR) εμφανίζουν μια υπεροχή έναντι των φυτών του μάρτυρα τόσο ως προς τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό όσο και ως προς τις διαστάσεις τους. Από τη σύγκριση των μέσων όρων των διαστάσεων των φύλλων προέκυψε ότι στις 52 και 67 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, τόσο το μήκος όσο και το πλάτος των φύλλων του (UV0% NIR) ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένα χωρίς, ωστόσο, να μεταβάλλεται το σχήμα αυτών (Πίνακας 33).

Πίνακας 33. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων Αριθμού φύλλων ανά φυτό και Διαστάσεων φύλλων για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

Αριθμός και Διαστάσεις Φύλλων ανά Φυτό								
Χειμερινή καλλιέργεια								
DAT	Αριθμός Φύλλων		Μήκος (cm)		Πλάτος (cm)		Μήκος: Πλάτος	
	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR
24	20,50 ^a	19,33 ^b	45,74 ^a	47,31 ^a	41,19 ^b	44,19 ^a	1,12 ^a	1,08 ^a
101			51,29 ^a	53,04 ^a	49,30 ^b	55,80 ^a	1,05 ^b	0,96 ^a
Εαρινή καλλιέργεια								
DAT	Αριθμός Φύλλων		Μήκος (cm)		Πλάτος (cm)		Μήκος: Πλάτος	
	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR
39	18,57 ^a	19,00 ^a	36,92 ^a	37,57 ^a	35,44 ^a	36,35 ^a	1,09 ^a	1,10 ^a
52	23,50 ^a	24,00 ^a	36,15 ^b	40,60 ^a	33,96 ^b	38,66 ^a	1,15 ^a	1,16 ^a
67	25,21 ^a	25,29 ^a	37,70 ^b	42,20 ^a	35,55 ^b	42,15 ^a	1,11 ^a	1,03 ^a

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

P = 0,05

4.5.2. Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Ανάπτυξης

Στον Πίνακα 34 περιγράφεται η εξέλιξη με το χρόνο του μήκους των στελεχών (cm), του αριθμού των κόμβων ανά φυτό και του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων (mm).

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου προέκυψε ότι την 24^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση κατά την οποία πραγματοποιήθηκε και η μοναδική μέτρηση, τα πειραματικά φυτά του (UV0% NIR) ήταν στατιστικά σημαντικά κοντύτερα σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Το γεγονός αυτό αποδίδεται κυρίως στον μειωμένο αριθμό αναπαραγωγικών και βλαστικών οργάνων καθώς από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων του αριθμού των εμφανών ταξιανθιών για την ίδια ημερομηνία μέτρησης (24 D.AT.) προέκυψε στατιστικά σημαντική υπεροχή των φυτών του μάρτυρα με 5 ταξιανθίες ανά φυτό έναντι 4,5 των φυτών του (UV0% NIR). Παράλληλα την 24^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση παρατηρήθηκε υστέρηση ως προς το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων των φυτών στο (UV0% NIR) χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική. Αντίθετα στις 133 ημέρες μετά τη μεταφύτευση παρατηρήθηκε ότι το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων των φυτών του (UV0% NIR) ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένο (Πίνακας 34).

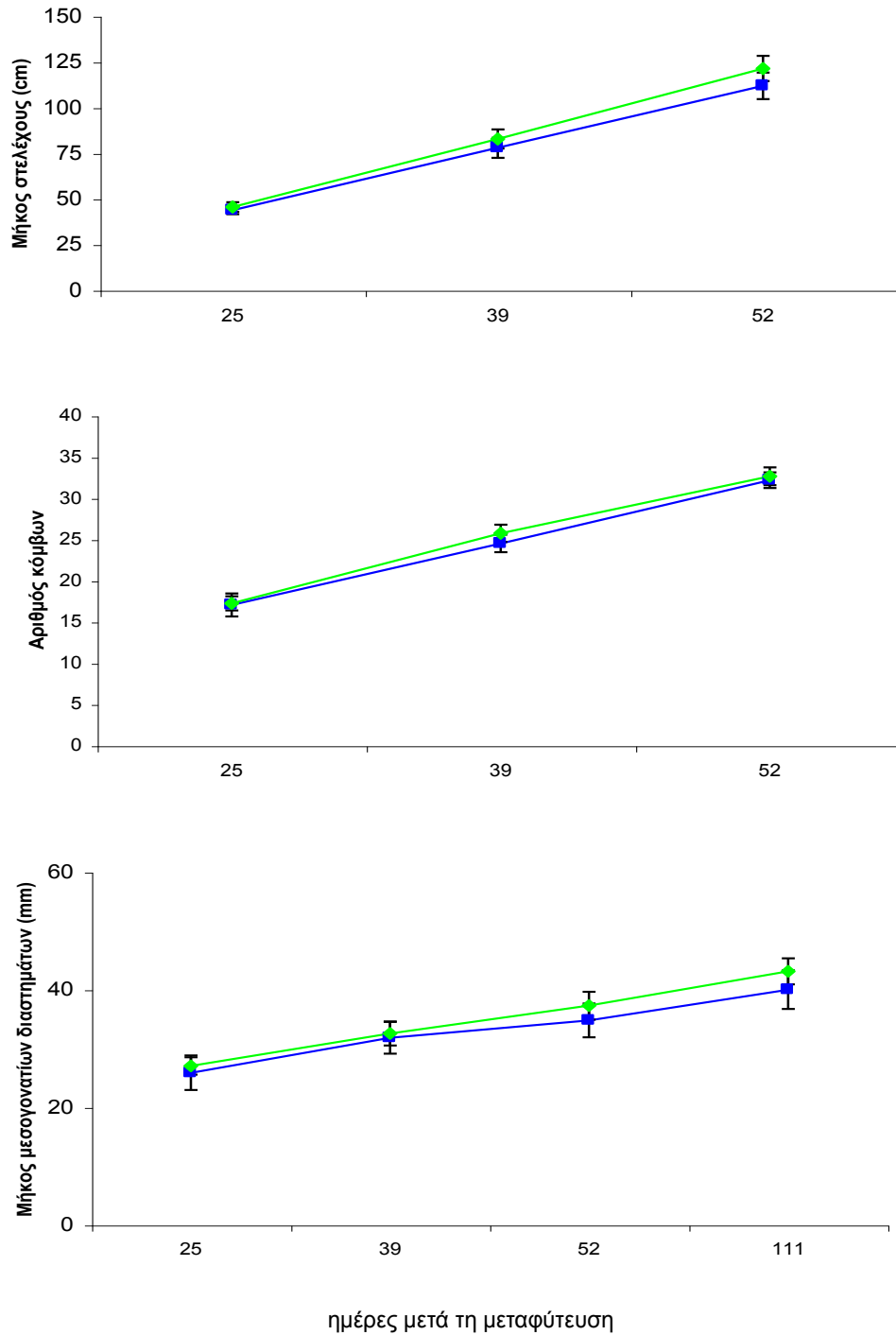
Πίνακας 34. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων μήκους στελεχών (cm), αριθμού κόμβων και μήκους μεσογονατίων διαστημάτων (mm) για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

Χειμερινή καλλιέργεια						
DAT	Μήκος Στελέχους (cm)		Αριθμός Κόμβων		Μήκος Μεσογονατίων Διαστημάτων (mm)	
	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR
24	106,00 ^a	96,44 ^b	25,50 ^a	23,83 ^b	41,63 ^a	40,54 ^a
133					56,50 ^b	59,23 ^a
Εαρινή καλλιέργεια						
DAT	Μήκος Στελέχους (cm)		Αριθμός Κόμβων		Μήκος Μεσογονατίων Διαστημάτων (mm)	
	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR
25	43,83 ^a	45,54 ^a	17,07 ^a	17,25 ^a	25,88 ^a	27,04 ^a
39	77,95 ^b	82,79 ^a	24,53 ^b	25,75 ^a	31,83 ^a	32,56 ^a
52	111,82 ^b	121,40 ^a	32,20 ^a	32,67 ^a	34,78 ^b	37,30 ^a
111					40,02 ^b	43,13 ^a

a,b. Διαφορετικά γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

P = 0,05

Όσο αφορά στα φυτά της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου παρατηρήθηκε σε όλες τις μετρήσεις μια υπεροχή των φυτών στο (UV0% NIR) έναντι των φυτών του μάρτυρα και στις τρεις μορφολογικές παραμέτρους που εξετάστηκαν, η οποία ωστόσο δεν ήταν στατιστικά σημαντική έως την 25η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν στις 39 ημέρες μετά τη μεταφύτευση στο ύψος των φυτών και στον αριθμό των κόμβων και στις 52 ημέρες μετά τη μεταφύτευση στο ύψος των φυτών και στο μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων. Την 111η ημέρα μετά τη μεταφύτευση το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων των φυτών στο (UV0% NIR) ήταν επίσης στατιστικά σημαντικά αυξημένο σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα (Πίνακας 34).



Σχήμα 36. Εξέλιξη με το χρόνο του μήκους στελεχών (cm), του αριθμού κόμβων και του μήκους μεσογονατίων διαστημάτων (mm) των φυτών της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου του πειράματος για κάθε μεταχείριση. Οι μπάρες σε κάθε μέσο όρο δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της μεταβλητής για κάθε μεταχείριση.

■ UV5%

◆ UV0% NIR

Στον Πίνακα 35 απεικονίζεται ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου μέσω του ρυθμού σχηματισμού νέων οργάνων και του ρυθμού επιμήκυνσης του κυρίως στελέχους. Παρατηρήθηκε ότι από την 25^η έως την 39^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση ο αριθμός των κόμβων ανά ημέρα των φυτών στο (UV0% NIR) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος σε σχέση με το μάρτυρα ενώ από την 39^η έως την 52^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση τα φυτά στο (UV0% NIR) υπερέιχαν στατιστικά σημαντικά στον ρυθμό επιμήκυνσης του κυρίως στελέχους έναντι των φυτών του μάρτυρα.

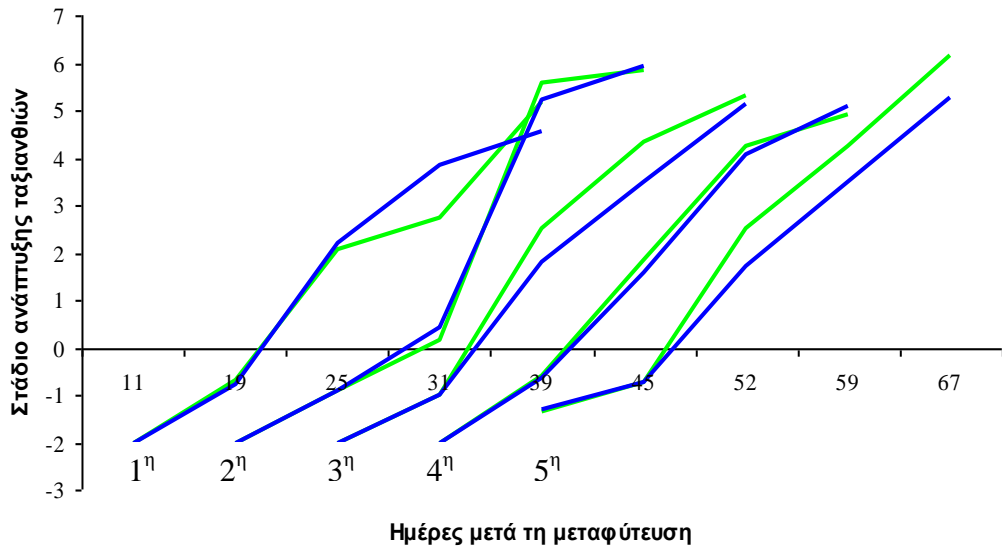
Πίνακας 35. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων αριθμού κόμβων ανά ημέρα και μήκους στελέχους ανά ημέρα των φυτών της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου.

Ρυθμός Ανάπτυξης Φυτών Εαρινής Καλλιέργειας				
DAT	Αριθμός Κόμβων ανά Ημέρα		Μήκος Στελέχους ανά Ημέρα (cm)	
	UV5%	UV0% NIR	UV5%	UV0% NIR
25 - 39	0,53 ^b	0,61 ^a	2,44 ^a	2,66 ^a
39 - 52	0,59 ^a	0,53 ^a	2,61 ^b	2,97 ^a

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

P = 0,05

Στο Σχήμα 37 απεικονίζονται τα στάδια ανάπτυξης των πέντε ταξιανθιών των φυτών της εαρινής περιόδου από την εμφάνισή τους έως την έναρξη του αραιώματος των καρπών τους, βάσει της κωδικοποίησης που αναφέρθηκε στον Πίνακα 25.



Σχήμα 37. Εξέλιξη με το χρόνο των ταξιανθιών των φυτών της εαρινής περιόδου.

■ UV5%

■ UV0% NIR

Ο μάρτυρας παρατηρήθηκε να υπερτερεί όσο αφορά στο δέσιμο των καρπών της 1^{ης} ταξιανθίας, ωστόσο έως την 39^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το (UV0% NIR). Η εξέλιξη με το χρόνο της 2^{ης} και της 4^{ης} ταξιανθίας ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όσο αφορά στην 3^η ταξιανθία, παρατηρήθηκε ότι η καρπόδεση στο (UV0% NIR) πραγματοποιήθηκε με μεγαλύτερο ρυθμό, με αποτέλεσμα στις 45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση η 3^η ταξιανθία του (UV0% NIR) να φέρει στατιστικά μεγαλύτερο αριθμό καρπών σε σχέση με το μάρτυρα. Παρόμοια με την 3^η ήταν η εξέλιξη της 5^{ης} ταξιανθίας χωρίς ωστόσο να σημειωθεί στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, από την εμφάνιση έως την έναρξη του αραιώματος των καρπών αυτής (Πίνακας 36).

Πίνακας 36. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων του σταδίου ανάπτυξης των ταξιανθιών των φυτών της εαρινής περιόδου για κάθε μεταχείριση.

Ταξιανθία	Ημερομηνία	DAT	UV5%	UV0% NIR
1 ^η	26/04/05	11	-2,00 ^a	-2,00 ^a
	04/05/05	19	-0,79 ^a	-0,67 ^a
	10/05/05	25	2,21 ^a	2,08 ^a
	16/05/05	31	3,86 ^a	2,75 ^a
	24/05/05	39	4,57 ^a	5,17 ^a
2 ^η	04/05/05	19	-2,00 ^a	-2,00 ^a
	10/05/05	25	-0,93 ^a	-0,92 ^a
	16/05/05	31	0,43 ^a	0,17 ^a
	24/05/05	39	5,21 ^a	5,58 ^a
	30/05/05	45	5,93 ^a	5,83 ^a
3 ^η	10/05/05	25	-2,00 ^a	-2,00 ^a
	16/05/05	31	-1,00 ^a	-1,00 ^a
	24/05/05	39	1,79 ^a	2,50 ^a
	30/05/05	45	3,50 ^b	4,33 ^a
	06/06/05	52	5,14 ^a	5,33 ^a
4 ^η	16/05/05	31	-2,00 ^a	-2,00 ^a
	24/05/05	39	-0,64 ^a	-0,58 ^a
	30/05/05	45	1,57 ^a	1,83 ^a
	06/06/05	52	4,07 ^a	4,25 ^a
	13/06/05	59	5,07 ^a	4,92 ^a
5 ^η	24/05/05	39	-1,30 ^a	-1,33 ^a
	30/05/05	45	-0,71 ^a	-0,75 ^a
	06/06/05	52	1,71 ^a	2,50 ^a
	13/06/05	59	3,50 ^a	4,25 ^a
	21/06/05	67	5,29 ^a	6,17 ^a

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

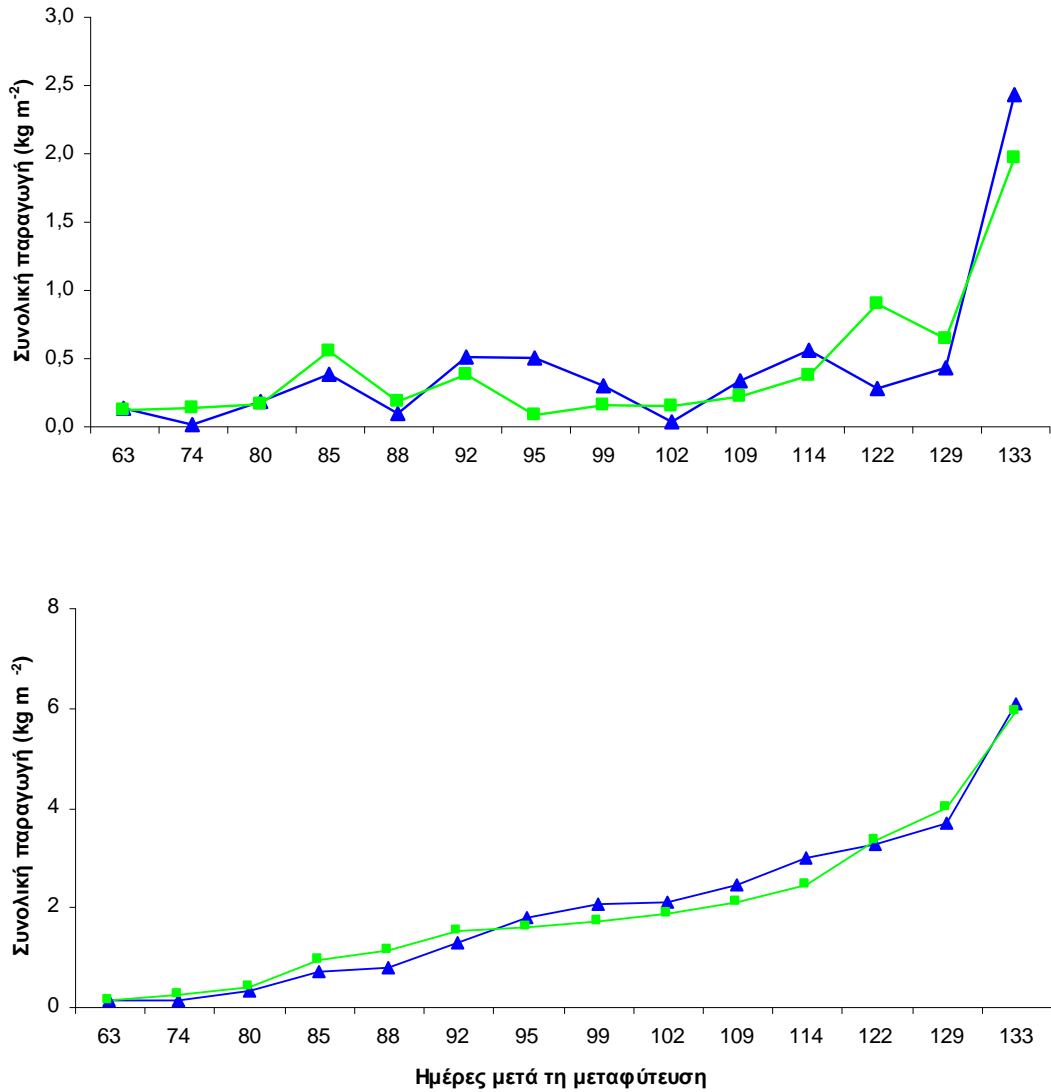
P = 0,05

4.5.3. Παραγωγή καρπών

4.5.3.1. Συνολική (εμπορεύσιμη και μη) Παραγωγή Καρπών

Στα Σχήματα 38 και 39 παρουσιάζεται η επίδραση της χρήσης του (UV0% NIR) υλικού κάλυψης στην παραγωγή (kg m^{-2}) και στον αριθμό των συγκομιζόμενων καρπών (N m^{-2}) της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου, τόσο ως διακύμανση της παραγωγής ανά συγκομιδή όσο και ως αθροιστική παραγωγή. Από το Σχήμα 38 προκύπτει ότι έως την 5^η εβδομάδα συγκομιδής (92 D.A.T.) η συνολική παραγωγή (kg m^{-2}) των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ακολούθησε την ίδια αυξομειούμενη πορεία, με το (UV0% NIR) να παρουσιάζει μια υπεροχή έναντι του μάρτυρα, γεγονός που απεικονίζεται και στο διάγραμμα της αθροιστικής παραγωγής. Κατά τη δεύτερη

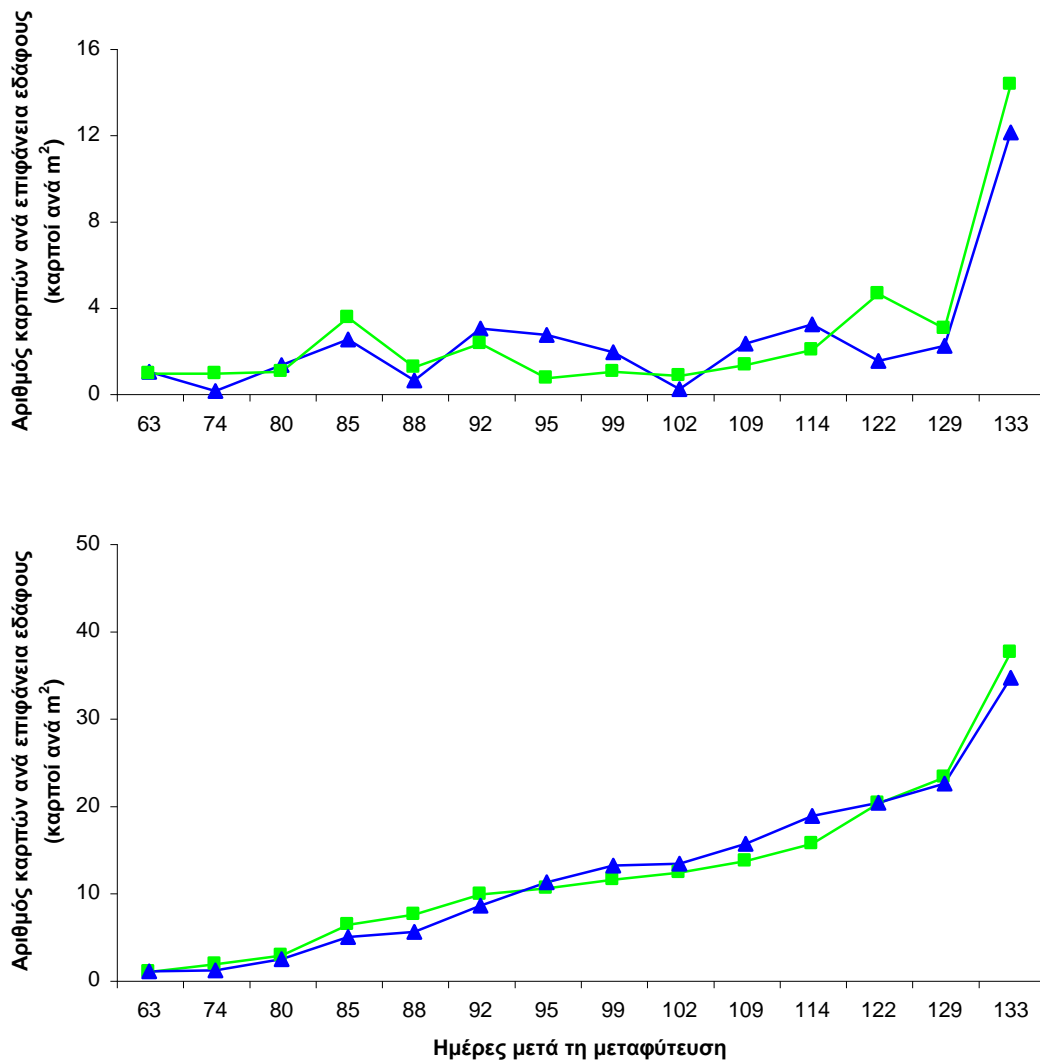
συγκομιδή της 5^{ης} εβδομάδας (95 D.A.T.) το (UV0% NIR) κατέγραψε ελάχιστο, για να ακολουθήσει στη συνέχεια των εβδομάδων αυξητική πορεία έως την 9^η εβδομάδα συγκομιδής (122 D.A.T.) κατά την οποία καταγράφηκε το μέγιστο της εβδομαδιαίας παραγωγής. Όσο αφορά στο μάρτυρα, την 5^η και 6^η εβδομάδα ακολούθησε φθίνουσα πορεία για να καταγράψει το ελάχιστο της εβδομαδιαίας συγκομιδής την 102 ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Ωστόσο, έως την 8^η εβδομάδα (114 D.A.T.) ακολούθησε αυξητική πορεία και κατέγραψε το μέγιστο της εβδομαδιαίας παραγωγής, το οποίο όμως ήταν μικρότερο από το μέγιστο του (UV0% NIR). Από το διάγραμμα της αθροιστικής παραγωγής προκύπτει ότι από την 5^η εβδομάδα ο μάρτυρας παρουσίασε μια υπεροχή έναντι του (UV0% NIR) η οποία διατηρήθηκε έως την 9^η εβδομάδα κατά την οποία η εβδομαδιαία παραγωγή των δύο μεταχειρίσεων βρισκόταν στο ίδιο επίπεδο. Στις 133 ημέρες μετά τη μεταφύτευση ολοκληρώθηκε η χειμερινή πειραματική καλλιέργεια και συγκομίστηκε το σύνολο των καρπών των δύο μεταχειρίσεων, ανεξαρτήτως σταδίου ωρίμανσης, γεγονός που εξηγεί την απότομη αύξηση της παραγωγής κατά την ημερομηνία αυτή. Όσο αφορά στον αριθμό των καρπών (Σχήμα 39) και οι δύο μεταχειρίσεις ακολούθησαν τις αντίστοιχες πορείες των παραγωγών, τόσο εβδομαδιαίως, όσο και αθροιστικά, με εξαίρεση την τελευταία συγκομιδή (133 D.A.T.). Χαρακτηριστικό είναι ότι η παραγωγή και των δύο μεταχειρίσεων, όπως απεικονίζεται στα διαγράμματα της αθροιστικής παραγωγής, αυξάνει με αργό ρυθμό, καθώς η εβδομαδιαίες συγκομιδές της κάθε μεταχείρισης ήταν περίπου παρόμοιες με την πάροδο των εβδομάδων, χωρίς έντονες διακυμάνσεις έως το τέλος της περιόδου.



Σχήμα 38. Συνολική (εμπορεύσιμη και μη) παραγωγή (kg m^{-2}) των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—■— UV0% NIR



Σχήμα 39. Αριθμός καρπών (εμπορεύσιμων και μη) ανά επιφάνεια εδάφους (καρποί ανά m²) των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—■— UV0% NIR

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής η συνολική αθροιστική παραγωγή (kg m⁻²) του μάρτυρα ήταν μεγαλύτερη από εκείνη του (UV0% NIR), ενώ ο συνολικός αθροιστικός αριθμός συγκομισμένων καρπών ήταν μικρότερος, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους σε καμία από τις δύο παραμέτρους της παραγωγής.

Επιπλέον, υπολογίστηκε το βάρος (g) των συγκομισμένων καρπών (εμπορεύσιμων και μη) και από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι οι καρποί της συνολικής παραγωγής του μάρτυρα είχαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο βάρος σε σχέση με τους καρπούς του (UV0% NIR) (Πίνακας 37).

Πίνακας 37. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων της συνολικής παραγωγής και του αριθμού καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς και του νωπού βάρους καρπού (g), για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

Συνολική παραγωγή (εμπορεύσιμη και μη)			
Χειμερινή καλλιέργεια			
Μεταχείριση	kg m ⁻²	αριθμός καρπών ανά m ²	βάρος καρπού (g)
UV5%	6,09 (1,92) ^a	34,60 (8,78) ^a	175,89 (80,91) ^a
UV0% NIR	5,92 (2,08) ^a	37,50 (11,01) ^a	157,95 (72,56) ^b
Εαρινή καλλιέργεια			
Μεταχείριση	kg m ⁻²	αριθμός καρπών ανά m ²	βάρος καρπού (g)
UV5%	6,50 (1,41) ^a	44,00 (8,69) ^a	147,69 (82,17) ^b
UV0% NIR	7,59 (2,11) ^a	45,60 (7,36) ^a	166,50 (83,31) ^a

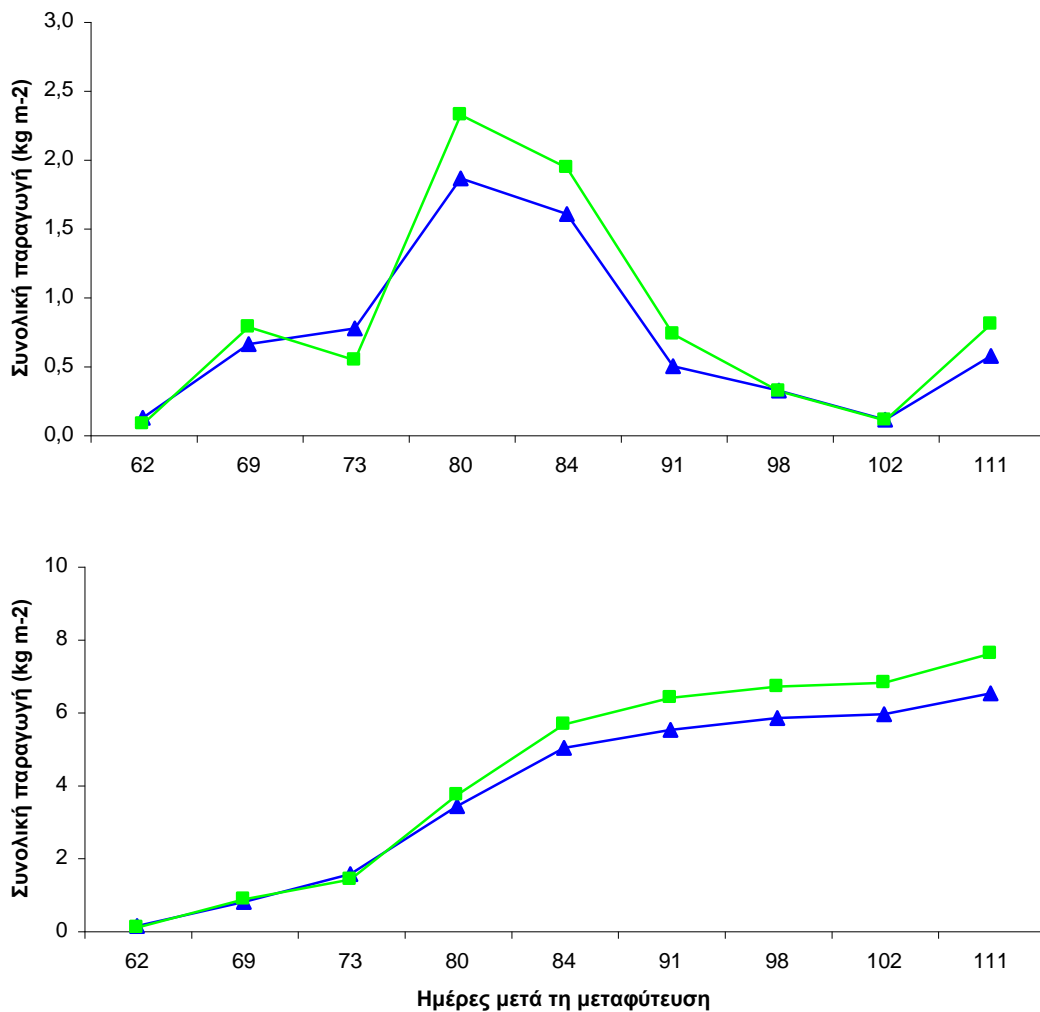
Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

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

P = 0,05

Όσο αφορά στην εαρινή καλλιεργητική περίοδο, παρατηρήθηκε ότι με εξαίρεση την 3η εβδομάδα (73 D.A.T.) συγκομιδής, το (UV0% NIR) παρουσίασε μια υπεροχή έναντι του μάρτυρα η οποία διατηρήθηκε έως την 6η εβδομάδα (98 D.A.T.) κατά την οποία η εβδομαδιαία παραγωγή των δύο μεταχειρίσεων ήταν παρόμοια. Από το Σχήμα 40 προκύπτει ότι το (UV0% NIR) ακολούθησε αυξομειούμενη πορεία έως την 3η εβδομάδα (73 D.A.T.) για να καταγράψει το μέγιστο της εβδομαδιαίας παραγωγής την 4η εβδομάδα (80 D.A.T.). Στη συνέχεια των εβδομάδων καταγράφηκε φθίνουσα πορεία έως και την 7η εβδομάδα (102 D.A.T.) οπότε και καταγράφηκε το ελάχιστο της εβδομαδιαίας συγκομιδής του (UV0% NIR). Η εβδομαδιαία παραγωγή του μάρτυρα κατέγραψε αύξουσα πορεία έως και την 4η εβδομάδα (80 D.A.T.) οπότε και σημειώθηκε το μέγιστο αυτής, το οποίο ωστόσο ήταν μικρότερο σε σχέση με το μέγιστο της εβδομαδιαίας παραγωγής του (UV0% NIR). Στη συνέχεια ο μάρτυρας ακολούθησε φθίνουσα πορεία έως και την 7η εβδομάδα (102 D.A.T.) οπότε και κατέγραψε το ελάχιστο της εβδομαδιαίας παραγωγής του, το οποίο ήταν παρόμοιο με το ελάχιστο της παραγωγής του (UV0% NIR). Στις 111 ημέρες μετά τη μεταφύτευση

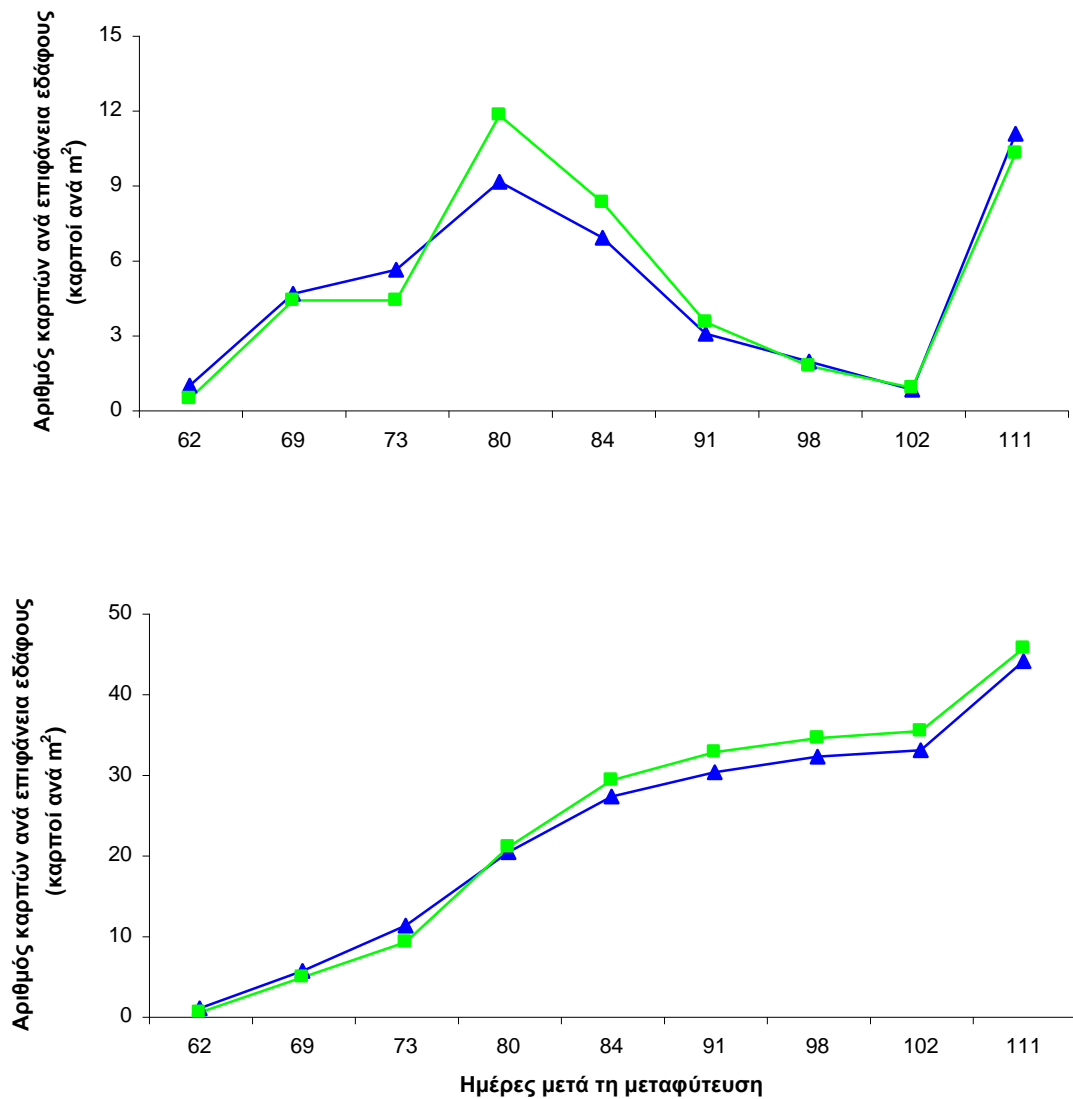
ολοκληρώθηκε η εαρινή πειραματική καλλιέργεια και συγκομίστηκε το σύνολο των καρπών, με αποτέλεσμα να καταγραφεί αύξηση των τιμών της εβδομαδιαίας παραγωγής και των δύο μεταχειρίσεων. Όσο αφορά στον αριθμό των καρπών (Σχήμα 41) και οι δύο μεταχειρίσεις ακολούθησαν τις αντίστοιχες πορείες των παραγωγών, τόσο εβδομαδιαίως, με εξαίρεση την τελευταία συγκομιδή (111 D.A.T.) όσο και αθροιστικά.



Σχήμα 40. Συνολική (εμπορεύσιμη και μη) παραγωγή ($kg m^{-2}$) των φυτών της εαρινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—■— UV0% NIR



Σχήμα 41. Αριθμός καρπών (εμπορεύσιμων και μη) ανά επιφάνεια εδάφους (καρποί ανά m^2) των φυτών της εαρινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

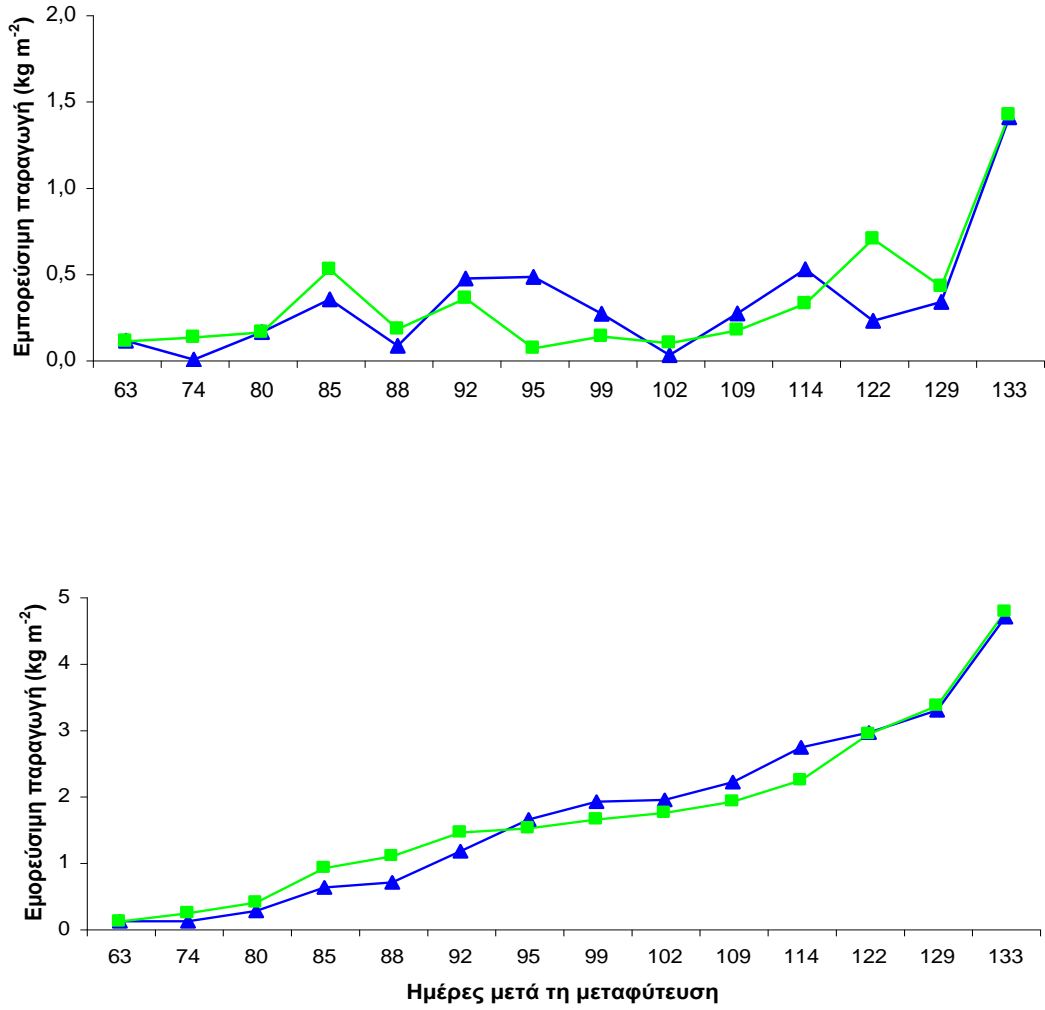
—■— UV0% NIR

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής η συνολική αθροιστική παραγωγή ($kg\ m^{-2}$) αλλά και ο συνολικός αθροιστικός αριθμός συγκομισμένων καρπών του (UV0% NIR) ήταν μεγαλύτερα σε σχέση με το μάρτυρα, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους σε καμία από τις δύο παραμέτρους της παραγωγής. Ωστόσο, το βάρος (g)

των καρπών (εμπορεύσιμων και μη) της εαρινής περιόδου στο μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερο σε σχέση με εκείνο των καρπών της συνολικής παραγωγής του (UV0% NIR) (Πίνακας 37).

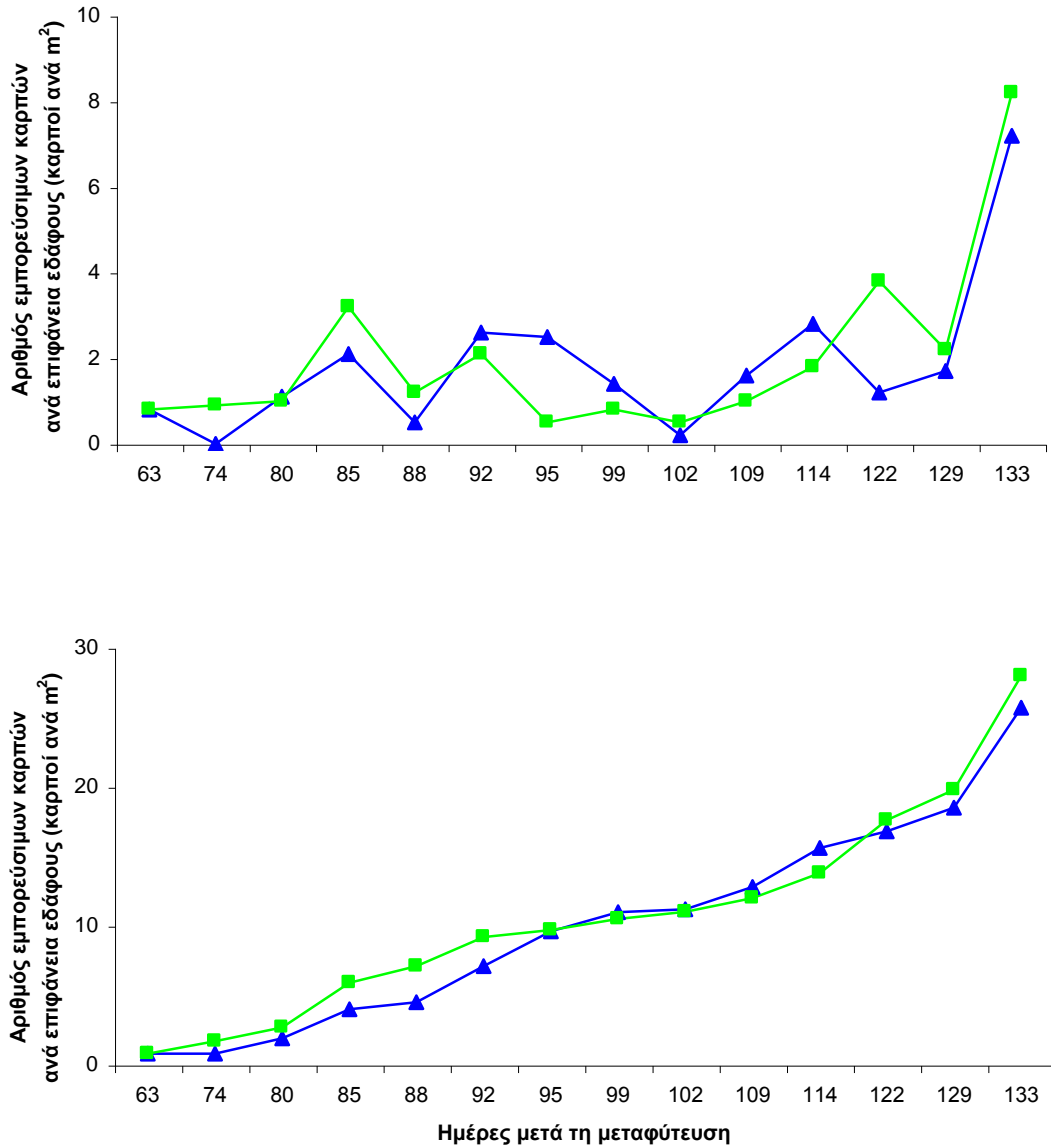
4.5.3.2. Εμπορεύσιμη παραγωγή καρπών

Όσο αφορά στην εμπορεύσιμη παραγωγή της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου (Σχήμα 42), διαπιστώνεται ότι η καμπύλη των εβδομαδιαίων συγκομιδών αλλά και της αθροιστικής παραγωγής ακολούθησαν την ίδια πορεία με τις αντίστοιχες της συνολικής παραγωγής, με εξαίρεση την 133^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση στην οποία το (UV0% NIR) κατέγραψε μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με το μάρτυρα τόσο στην εβδομαδιαία όσο και στην αθροιστική παραγωγή. Παράλληλα, όσο αφορά στον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών και οι δύο μεταχειρίσεις ακολούθησαν την ίδια εβδομαδιαία διακύμανση με την αντίστοιχη του συνόλου των καρπών αλλά και την ίδια πορεία αθροιστικά με την αντίστοιχη της συνολικής αθροιστικής παραγωγής (Σχήμα 43).



Σχήμα 42. Εμπορεύσιμη παραγωγή (kg m⁻²) των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5% —■— UV0% NIR



Σχήμα 43. Αριθμός εμπορεύσιμων καρπών ανά επιφάνεια εδάφους (καρποί ανά m²) των φυτών της χειμερινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—■— UV0% NIR

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής η εμπορεύσιμη παραγωγή (kg m⁻²) του μάρτυρα ήταν μικρότερη από εκείνη του (UV0% NIR), καθώς επίσης και ο αριθμός των εμπορεύσιμων καρπών, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων σε καμία από τις δύο παραμέτρους της εμπορεύσιμης παραγωγής. Ωστόσο, το βάρος (g) των εμπορεύσιμων καρπών της χειμερινής περιόδου στο

μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με εκείνο των καρπών της εμπορεύσιμης παραγωγής στο (UV0% NIR) (Πίνακας 38).

Πίνακας 38. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων της εμπορεύσιμης παραγωγής και του αριθμού καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς και του νωπού βάρους καρπού (g), για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.

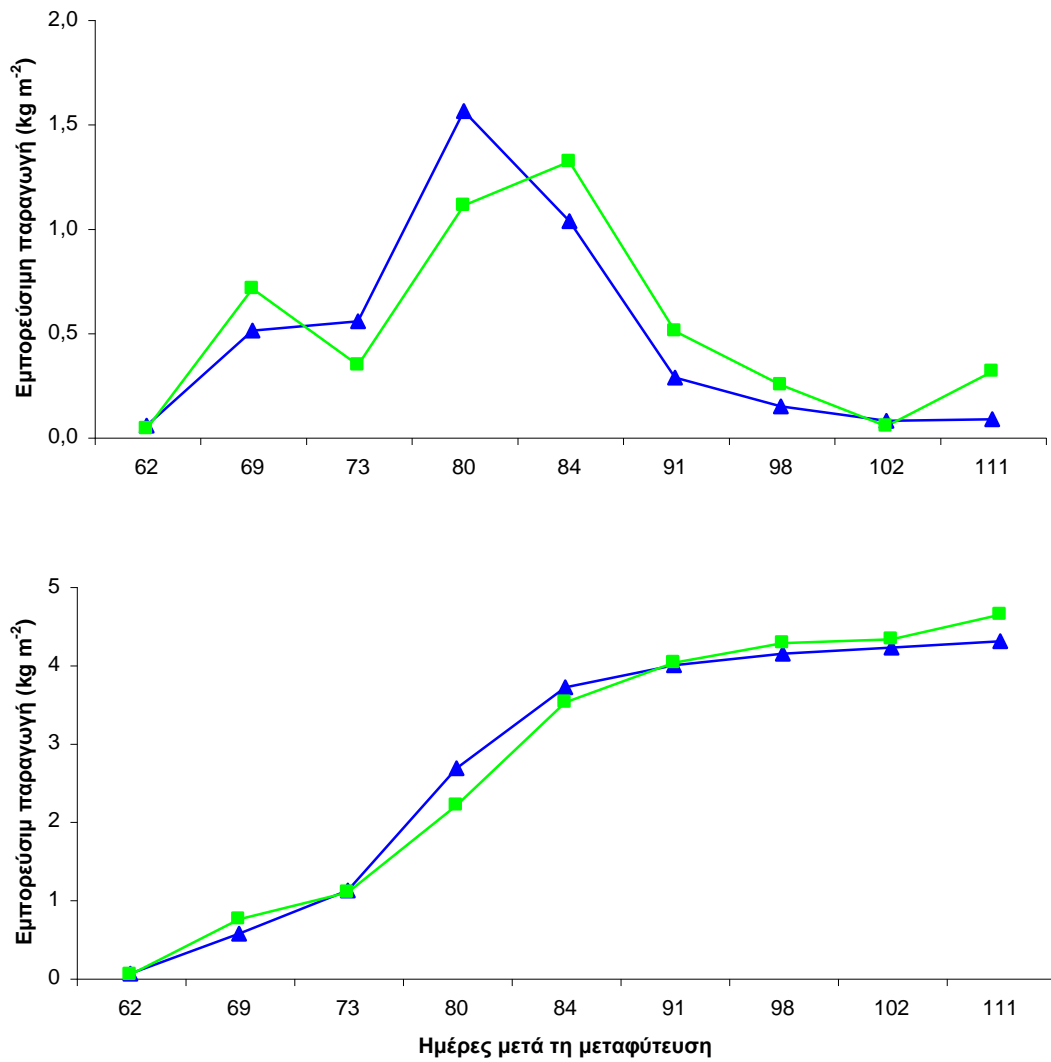
Εμπορεύσιμη παραγωγή			
Χειμερινή καλλιέργεια			
Μεταχείριση	kg m ⁻²	αριθμός καρπών ανά m ²	βάρος καρπού (g)
UV5%	4,69 (1,47) ^a	25,70 (7,47) ^a	182,60 (48,87) ^a
UV0% NIR	4,77 (1,79) ^a	28,00 (9,64) ^a	170,44 (43,97) ^b
Εαρινή καλλιέργεια			
Μεταχείριση	kg m ⁻²	αριθμός καρπών ανά m ²	βάρος καρπού (g)
UV5%	4,30 (0,94) ^a	22,88 (4,04) ^a	187,83 (46,04) ^a
UV0% NIR	4,63 (1,47) ^a	24,44 (7,02) ^a	189,66 (53,79) ^a

Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

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

P = 0,05

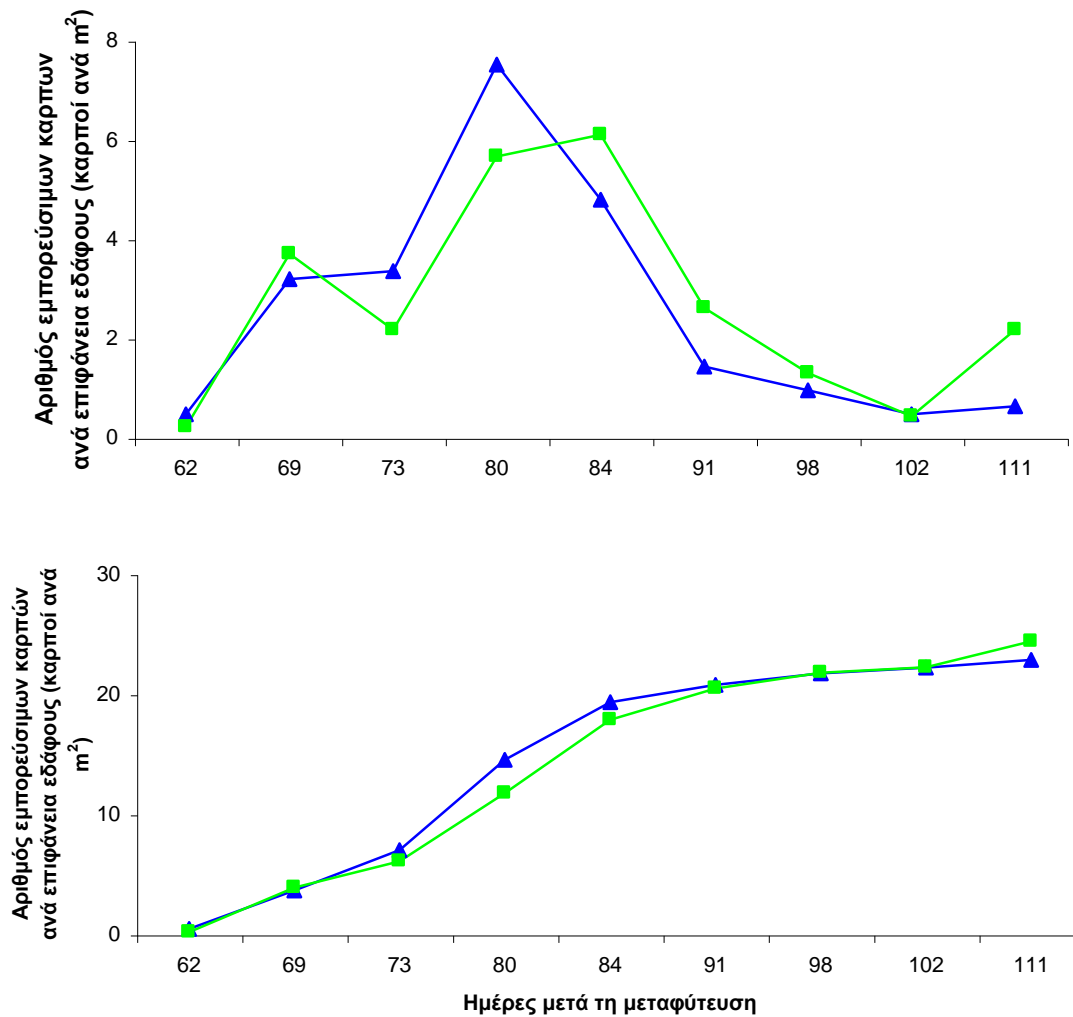
Όσο αφορά στην εμπορεύσιμη παραγωγή της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου (Σχήμα 44), διαπιστώνεται ότι η εβδομαδιαία διακύμανση της παραγωγής (kg m⁻²) των δύο μεταχειρίσεων ακολούθησε την ίδια πορεία με την αντίστοιχη της συνολικής παραγωγής, με εξαίρεση την 4η εβδομάδα συγκομιδής για το (UV0% NIR). Στις 80 ημέρες μετά τη μεταφύτευση το (UV0% NIR) κατέγραψε μικρότερη τιμή εμπορεύσιμης παραγωγής (kg m⁻²) σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ η αντίστοιχη τιμή της συνολικής παραγωγής του ήταν μεγαλύτερη από εκείνη του μάρτυρα. Στη συνέχεια ακολούθησε αυξητική πορεία για να καταγράψει το μέγιστο της εβδομαδιαίας εμπορεύσιμης συγκομιδής την 84^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση, το οποίο όμως ήταν μικρότερο από το μέγιστο του μάρτυρα. Η παραπάνω μεταβολή απεικονίζεται χαρακτηριστικά και στο διάγραμμα της αθροιστικής εμπορεύσιμης παραγωγής στο οποίο παρατηρείται ο μάρτυρας να υπερτερεί έναντι του (UV0% NIR) κατά την 4^η εβδομάδα συγκομιδής. Όσο αφορά στον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών (Σχήμα 45) και οι δύο μεταχειρίσεις ακολούθησαν τις αντίστοιχες πορείες των εμπορεύσιμων παραγωγών, τόσο εβδομαδιαίως, όσο και αθροιστικά, καθώς παρατηρήθηκαν παρόμοιες διαφορές σε σχέση με την συνολική (εμπορεύσιμη και μη) παραγωγή καρπών.



Σχήμα 44. Εμπορεύσιμη παραγωγή (kg m⁻²) των φυτών της εαρινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5%

—■— UV0% NIR



Σχήμα 45. Αριθμός εμπορεύσιμων καρπών ανά επιφάνεια εδάφους (καρποί ανά m²) των φυτών της εαρινής καλλιέργειας ανά συγκομιδή και αθροιστικά.

—▲— UV5% —■— UV0% NIR

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής η εμπορεύσιμη παραγωγή (kg m⁻²) του μάρτυρα ήταν μικρότερη από εκείνη του (UV0% NIR), καθώς επίσης και ο αριθμός των εμπορεύσιμων καρπών, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων σε καμία από τις δύο παραμέτρους της εμπορεύσιμης παραγωγής. Επιπλέον, το βάρος (g) των εμπορεύσιμων καρπών του μάρτυρα ήταν μικρότερο από εκείνο των καρπών στο (UV0% NIR), χωρίς ωστόσο να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Πίνακας 38).

4.5.3.2.1. Παράμετροι του χρώματος των καρπών

Η μέτρηση του χρώματος των καρπών περιελάμβανε εμπορεύσιμους καρπούς του 5^{ου} και 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης της χειμερινής περιόδου και του 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης της εαρινής περιόδου. Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, με εξαίρεση την παράμετρο Hue^o των καρπών του 5^{ου} σταδίου της χειμερινής περιόδου της οποίας η τιμή προέκυψε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη για τους καρπούς του μάρτυρα (Πίνακας 39).

Πίνακας 39. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσων όρων των παραμέτρων L, Hue^o και Chroma* του χρώματος των καρπών για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους του πειράματος και για κάθε μεταχείριση.*

Παράμετροι του χρώματος των καρπών				
5 ^ο Στάδιο Χειμερινής Καλλιέργειας				
Μεταχείριση	Φωτεινότητα L*	Χρώμα Hue ^o	Ένταση Chroma*	
UV5%	53,24 (2,89) ^a	61,43 (4,56) ^a	39,52 (3,21) ^a	
UV0% NIR	52,51 (2,78) ^a	58,57 (4,26) ^b	38,70 (4,20) ^a	
6 ^ο Στάδιο Χειμερινής Καλλιέργειας				
Μεταχείριση	Φωτεινότητα L*	Χρώμα Hue ^o	Ένταση Chroma*	
UV5%	49,06 (2,55) ^a	58,85 (7,41) ^a	42,59 (3,39) ^a	
UV0% NIR	48,58 (2,85) ^a	59,22 (4,78) ^a	42,87 (2,61) ^a	
6 ^ο Στάδιο Εαρινής Καλλιέργειας				
Μεταχείριση	Φωτεινότητα L*	Χρώμα Hue ^o	Ένταση Chroma*	
UV5%	50,09 (3,88) ^a	48,82 (6,64) ^a	52,33 (2,57) ^a	
UV0% NIR	50,09 (3,59) ^a	49,01 (5,96) ^a	51,56 (1,92) ^a	

Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

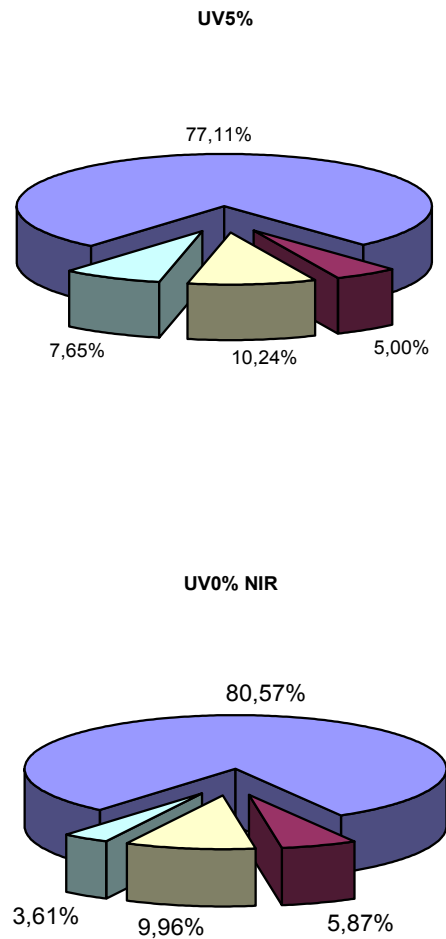
a, b. Διαφορετικά γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

P = 0,05

4.5.3.3. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών Χειμερινής Καλλιεργητικής Περιόδου

Στο Σχήμα 46 απεικονίζεται ο ποσοστιαίος διαχωρισμός της συνολικής χειμερινής παραγωγής. Η εμπορεύσιμη παραγωγή του μάρτυρα ήταν 77,11% της συνολικής παραγωγής ενώ για το (UV0% NIR) το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 80,57%. Το ποσοστό των απορριπτόμενων λόγω βάρους καρπών του μάρτυρα και του (UV0% NIR), ήταν 15,27% και 15,83% αντίστοιχα, δηλαδή παρόμοιο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Σημαντική είναι η διαφορά που παρατηρείται στην κατηγορία των

ελαττωματικών καρπών καθώς το ποσοστό του μάρτυρα ήταν 7,65% της συνολικής παραγωγής έναντι 3,61% του (UV0% NIR).



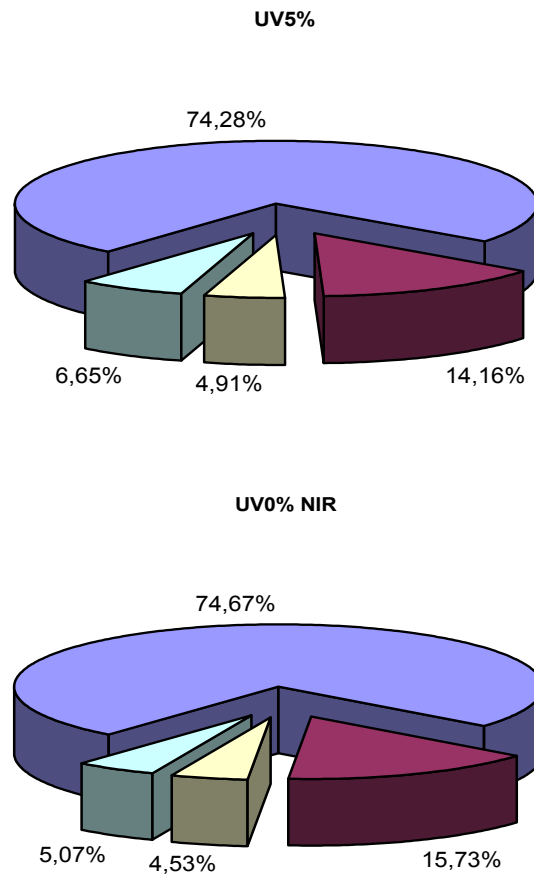
Σχήμα 46. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NIR) στο % της παραγωγής (kg m^{-2}) της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου των κατηγοριών:

■ Εμπορεύσιμη
 ■ Καρποί <100g
 ■ Καρποί >300g
 ■ Μη Εμπορεύσιμη

4.5.3.4. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών Χειμερινής Καλλιεργητικής Περιόδου

Όσο αφορά στον ποσοστιαίο διαχωρισμό του συνολικού αριθμού των συγκομισθέντων καρπών, από το Σχήμα 47 προκύπτει ότι τα ποσοστά των εμπορεύσιμων καρπών καθώς επίσης και των απορριπτόμενων λόγω βάρους, ήταν

παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Τα αντίστοιχα ποσοστά του μάρτυρα ήταν 74,28% και 19,07% ενώ του (UV0% NIR) 74,67% και 20,26%. Οι ελαττωματικοί καρποί του μάρτυρα αποτέλεσαν το 6,65% του συνόλου των καρπών ενώ οι ελαττωματικοί καρποί στο (UV0% NIR) ήταν το 5,07% του συνολικού αριθμού, με αποτέλεσμα να μην παρατηρηθεί η διαφορά που παρατηρήθηκε μεταξύ των αντίστοιχων ποσοστιαίων μερίδων του βάρους της παραγωγής.



Σχήμα 47. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NIR) στο % του αριθμού των καρπών της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου των κατηγοριών της παραγωγής:

■ Εμπορεύσιμη
 ■ Καρποί <100g
 ■ Καρποί >300g
 ■ Μη Εμπορεύσιμη

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η μη εμπορεύσιμη, λόγω ελαττωμάτων, παραγωγή (kg m^{-2}) του μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη από εκείνη του (UV0% NIR), κυρίως εξαιτίας του βάρους (g) ανά καρπό, το οποίο ήταν επίσης στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο στο μάρτυρα,

αλλά και εξαιτίας του αριθμού των ελαττωματικών καρπών ανά επιφάνεια εδάφους, ο οποίος ωστόσο δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όσο αφορά στη μη εμπορεύσιμη λόγω βάρους παραγωγή, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και του (UV0% NIR) (Πίνακας 40).

Πίνακας 40. Αποτελέσματα σύγκρισης των μέσων όρων της παραγωγής (kg m^{-2}), του αριθμού καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς και του νωπού βάρους καρπού (g), ανά κατηγορία μη εμπορεύσιμης παραγωγής, της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου του πειράματος για κάθε μεταχείριση.

Μη Εμπορεύσιμη Παραγωγή Χειμερινής Περιόδου			
Φυσιολογικές Ανωμαλίες και Προσβολές Εντόμων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	0,47 (0,52) ^a	2,30 (2,18) ^a	202,43 (107,76) ^a
UV0% NIR	0,21 (0,26) ^b	1,90 (2,00) ^a	112,47 (68,52) ^b
Καρποί μικρότεροι των 100 γραμμαρίων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	0,31 (0,20) ^a	4,90 (2,87) ^a	62,14 (27,83) ^a
UV0% NIR	0,35 (0,23) ^a	5,90 (3,88) ^a	58,88 (29,73) ^a
Καρποί μεγαλύτεροι των 300 γραμμαρίων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	0,62 (0,82) ^a	1,70 (2,29) ^a	366,53 (68,45) ^a
UV0% NIR	0,59 (0,65) ^a	1,70 (1,94) ^a	346,88 (39,48) ^a

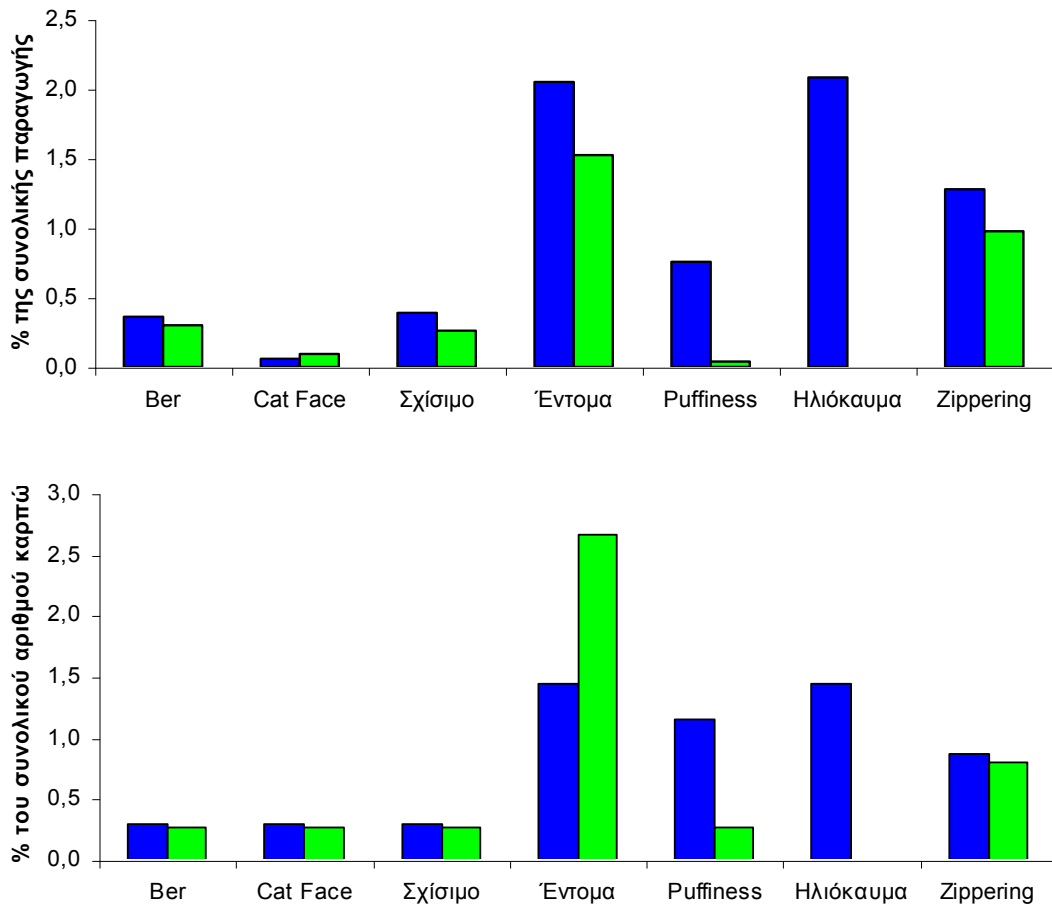
Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

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

P = 0,05

Στο Σχήμα 48 απεικονίζεται αναλυτικά η κατανομή του ποσοστού της παραγωγής και του ποσοστού του αριθμού των καρπών κάθε μεταχείρισης, της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων, παραγωγής. Παρατηρήθηκε ότι τα ποσοστά της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων, παραγωγής ήταν χαμηλά και για τις δύο μεταχειρίσεις του πειράματος. Ωστόσο, είναι εμφανής η προστασία που προσέφερε η χρήση του (UV0% NIR) κατά του ηλιοκαύματος. Το 2,08% του βάρους της παραγωγής των φυτών του μάρτυρα παρουσίασε ηλιόκαυμα σε αντίθεση με το (UV0% NIR) στο οποίο η φυσιολογική ανωμαλία δεν παρουσιάστηκε. Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων

παραγωγής, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, όσο αφορά στις υπόλοιπες κατηγορίες ελαττωμάτων.



Σχήμα 48. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NIR) στο % ποσοστό της παραγωγής (kg m⁻²) (επάνω) και του αριθμού των καρπών (κάτω) της μη εμπορεύσιμης, λόγω ελαττωμάτων, παραγωγής της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου.

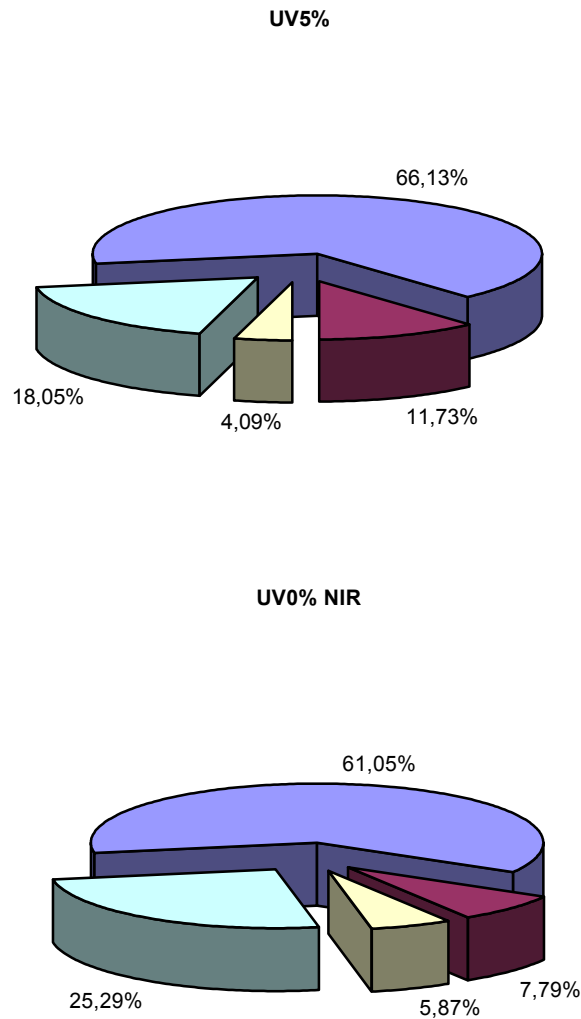
■ UV5%

■ UV0% NIR

4.5.3.5. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Βάρους Συγκομισθέντων Καρπών Εαρινής Καλλιεργητικής Περιόδου

Από τον ποσοστιαίο διαχωρισμό της συνολικής εαρινής παραγωγής (Σχήμα 49) προέκυψε ότι το ποσοστό της εμπορεύσιμης παραγωγής ήταν αρκετά μειωμένο σε σχέση με το αντίστοιχο της χειμερινής περιόδου, ιδιαίτερα στο (UV0% NIR) του οποίου το ποσοστό ήταν 61,05%, αλλά και στον μάρτυρα του οποίου η εμπορεύσιμη

παραγωγή αποτέλεσε το 66,13% της συνολικής. Συνολικά το ποσοστό της απορριπτόμενης λόγω βάρους παραγωγής του μάρτυρα και του (UV0% NIR), ήταν 15,82% και 13,66% αντίστοιχα. Σημαντική, ωστόσο, ήταν η διαφορά που παρατηρήθηκε στην κατηγορία της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων παραγωγής, καθώς το ποσοστό του μάρτυρα ήταν 18,05% της συνολικής παραγωγής έναντι 25,29% του (UV0% NIR).

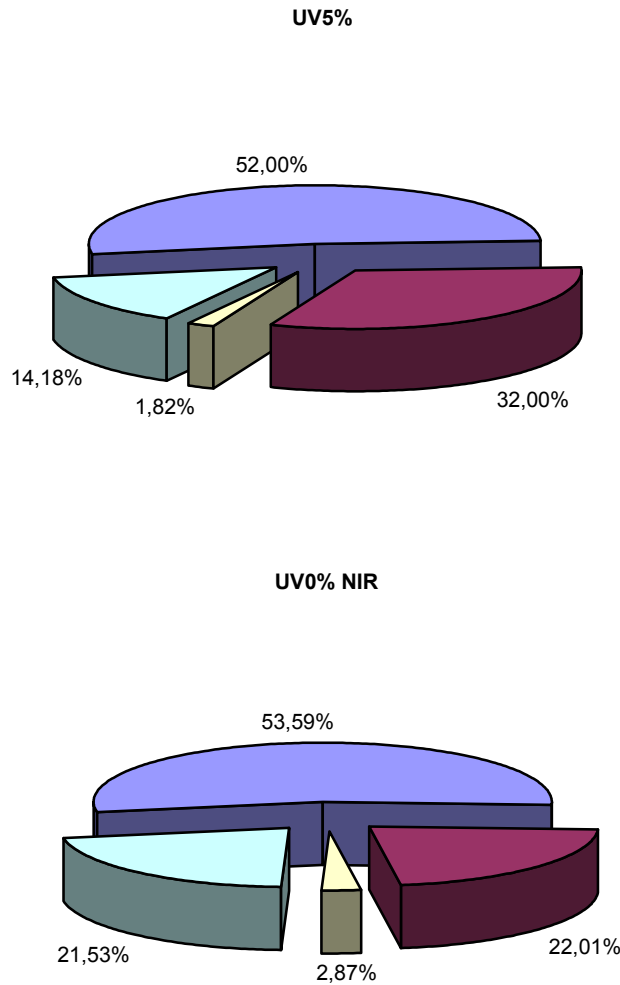


Σχήμα 49. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NIR) στο % της παραγωγής (kg m^{-2}) της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου των κατηγοριών:

■ Εμπορεύσιμη
 ■ Καρποί <100g
 ■ Καρποί >300g
 ■ Μη Εμπορεύσιμη

4.5.3.6. Ποσοστιαία Ποιοτική Κατανομή Αριθμού Συγκομισθέντων Καρπών Εαρινής Καλλιεργητικής Περιόδου

Όσο αφορά στον ποσοστιαίο διαχωρισμό του συνολικού αριθμού των συγκομισθέντων καρπών, από το Σχήμα 50 προκύπτει ότι τα ποσοστά των εμπορεύσιμων καρπών και των δύο μεταχειρίσεων ήταν σημαντικά μειωμένα σε σχέση με την χειμερινή καλλιεργητική περίοδο, μόλις 52% και 53,59% για το μάρτυρα και το (UV0% NIR) αντίστοιχα. Σημαντική μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων ήταν η διαφορά που παρατηρήθηκε στην κατηγορία των μη εμπορεύσιμων εξαιτίας ελαττωμάτων καρπών, καθώς το ποσοστό του μάρτυρα ήταν 14,18% του συνόλου των καρπών, έναντι 21,53% του (UV0% NIR), παρόμοια με τις αντίστοιχες ποσοστιαίες μερίδες του βάρους της παραγωγής. Όσο αφορά στην κατηγορία των μη εμπορεύσιμων λόγω βάρους καρπών, παρατηρήθηκε ότι περιελάμβανε κυρίως καρπούς μικρότερους των 100 γραμμαρίων, των οποίων το ποσοστό για το μάρτυρα ήταν 32% και για το (UV0% NIR) ήταν 22,01%.



Σχήμα 50. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NIR) στο % του αριθμού των καρπών της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου των κατηγοριών της παραγωγής:

■ Εμπορεύσιμη
 ■ Καρποί <100g
 ■ Καρποί >300g
 ■ Μη Εμπορεύσιμη

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της εαρινής περιόδου διαπιστώθηκε ότι τόσο η παραγωγή (kg m^{-2}) όσο και ο αριθμός των καρπών της μη εμπορεύσιμης εξαιτίας ελαττωμάτων παραγωγής στο μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερα σε σχέση με το (UV0% NIR). Χαρακτηριστικό είναι ότι και στις δύο μεταχειρίσεις παρατηρήθηκε μεγάλος αριθμός καρπών μικρότερων των 100 γραμμαρίων ανά επιφάνεια εδάφους, παρόμοιος μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όσο αφορά στους καρπούς τους μεγαλύτερους των 300 γραμμαρίων δεν παρατηρήθηκαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και του (UV0% NIR) (Πίνακας 41).

Πίνακας 41. Αποτελέσματα σύγκρισης των μέσων όρων της παραγωγής (kg m^{-2}), του αριθμού καρπών ανά επιφάνεια εδάφους καθώς και του νωπού βάρους καρπού (g), ανά κατηγορία μη εμπορεύσιμης παραγωγής, της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου του πειράματος για κάθε μεταχείριση.

Μη Εμπορεύσιμη Παραγωγή Εαρινής περιόδου			
Φυσιολογικές Ανωμαλίες και Προσβολές Εντόμων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	1,17 (0,72) ^b	6,24 (2,98) ^b	187,97 (81,18) ^a
UV0% NIR	1,92 (0,83) ^a	9,82 (4,22) ^a	195,62 (79,20) ^a
Καρποί μικρότεροι των 100 γραμμαρίων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	0,76 (0,47) ^a	14,08 (8,65) ^a	54,14 (26,70) ^a
UV0% NIR	0,59 (0,38) ^a	10,04 (7,02) ^a	58,93 (19,93) ^a
Καρποί μεγαλύτεροι των 300 γραμμαρίων			
Μεταχείριση	kg m^{-2}	αριθμός καρπών ανά m^2	βάρος καρπού (g)
UV5%	0,27 (0,39) ^a	0,80 (1,71) ^a	332,00 (27,23) ^a
UV0% NIR	0,45 (0,75) ^a	1,31 (2,24) ^a	340,50 (57,12) ^a

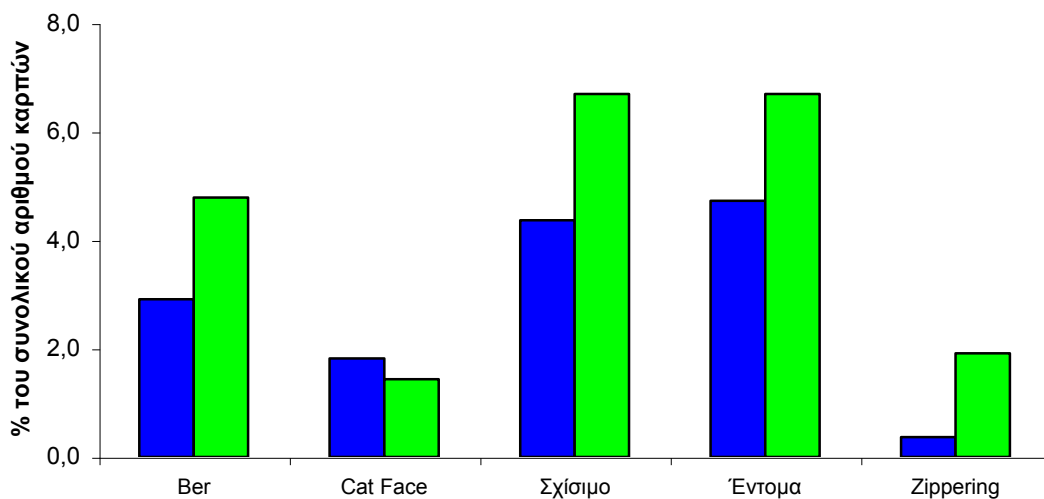
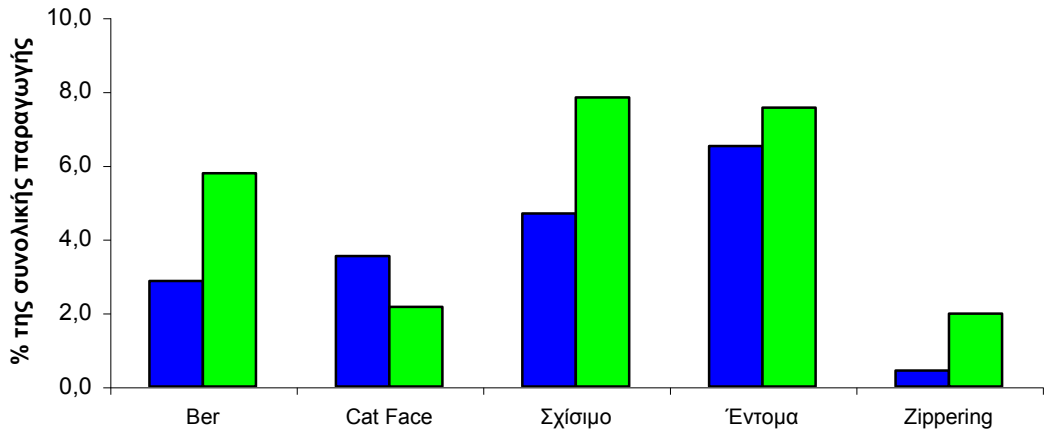
Οι τιμές εντός των παρενθέσεων δηλώνουν την τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε μεταβλητής.

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

P = 0,05

Στο Σχήμα 51 απεικονίζεται αναλυτικά η κατανομή του ποσοστού της παραγωγής και του ποσοστού του αριθμού των καρπών κάθε μεταχείρισης, της μη εμπορεύσιμης, εξαιτίας ελαττωμάτων, παραγωγής. Παρατηρήθηκε ότι τα ποσοστά των ελαττωματικών καρπών, στην πλειοψηφία των κατηγοριών των ελαττωμάτων, ήταν σημαντικά αυξημένα σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά της χειμερινής περιόδου και στις δύο μεταχειρίσεις. Από τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε καμία από τις κατηγορίες των ελαττωμάτων, ωστόσο, με εξαίρεση τη φυσιολογική ανωμαλία της Παραμόρφωσης τύπου Cat Face, ο μάρτυρας διαπιστώθηκε να υπερτερεί έναντι του (UV0% NIR). Τα ποσοστά των φυσιολογικών ανωμαλιών οι οποίες συνδέονται με συνθήκες θερμικής καταπόνησης ήταν αυξημένα στο (UV0% NIR) σε σχέση με το μάρτυρα. 7,84% του συνόλου της παραγωγής εμφάνισε σχίσμο

και 5,78% εμφάνισε ξηρή σήψη κορυφής ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά στο θερμοκήπιο του μάρτυρα ήταν 4,69% και 2,86%.



Σχήμα 51. Επίδραση της χρήσης του (UV0% NIR) στο % ποσοστό της παραγωγής (kg m^{-2}) (επάνω) και του αριθμού των καρπών (κάτω) της μη εμπορεύσιμης, λόγω ελαττωμάτων, παραγωγής της εαρινής καλλιεργητικής περιόδου.

■ UV5%

■ UV0% NIR

5. Συμπεράσματα και Συζήτηση

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της χρήσης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου και διχτύων εντομοστεγανότητας, στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου, στην ανάπτυξη και παραγωγή της καλλιέργειας και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Παράλληλα, σκοπό της εργασίας αποτέλεσε η μελέτη του μικροκλίματος του θερμοκηπίου και της ανάπτυξης της καλλιέργειας υπό την επίδραση ανακλαστικών της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου.

Φυσικό Μέρος

5.1. Ιδιότητες Υλικών Κάλυψης

5.1.1. Επίδραση της γήρανσης στις οπτικές ιδιότητες των πλαστικών υλικών

Κατά τη μελέτη της επίδρασης της γήρανσης στις φασματικές ιδιότητες των πλαστικών υλικών, με την παρέλευση ενός έτους από την ημερομηνία εγκατάστασής τους, δε διαπιστώθηκαν σημαντικές αλλαγές. Η έκθεση των υλικών, των απορροφητικών στη UV, στις ατμοσφαιρικές συνθήκες διπλασίασε την περατότητά τους στο εύρος 350-400nm, ωστόσο, η τιμή της εξακολούθησε να είναι ιδιαίτερα χαμηλή (8% του υλικού 3999 και 7% του υλικού 3975) και σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με το κοινό υλικό κάλυψης του οποίου η περατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία έπειτα από ένα χρόνο χρήσης ήταν 28%. Παράλληλα, τα υπό εξέταση υλικά διατήρησαν σχεδόν την αρχική περατότητά τους στην PAR. Παρατηρήθηκε ότι έπειτα από ένα χρόνο χρήσης, η μείωση της περατότητας στην PAR του υλικού το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας ήταν διπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη του υλικού 3999, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη του θερμοκηπίου 1 (UV0% NET). Καθώς τα υλικά ήταν εκτεθειμένα στις ίδιες συνθήκες, το παραπάνω οφείλεται στην ύπαρξη των πρόσθετων των απορροφητικών στη UV τα οποία προστατεύουν το πλαστικό από αλλοιώσεις και διατηρούν με αυτόν τον τρόπο τις ιδιότητές του για μεγαλύτερο χρόνο. Όσο αφορά στο υλικό 3975 το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την

κάλυψη του θερμοκηπίου 2 (UV0% NIR), διατήρησε την ιδιότητά του ως cooling film, καθώς παρατηρήθηκε μια πολύ μικρή αύξηση της περατότητάς του στη NIR λόγω μικρής μείωσης της ανακλαστικότητας στη συγκεκριμένη ακτινοβολία. Η έκθεση του υλικού στις κλιματικές συνθήκες και τους ατμοσφαιρικούς ρύπους είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ανακλαστικότητάς του στο εύρος 400-1100nm αλλά και στα επί μέρους τμήματα του φάσματος που εξετάστηκαν. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η περατότητά του στην PAR να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την αρχική η οποία ήταν σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με το μάρτυρα. Μετά από ένα χρόνο χρήσης η περατότητα του υλικού 3975 στην PAR ήταν περίπου ίδια με την αντίστοιχη του μάρτυρα μετά από ένα χρόνο χρήσης.

Τα υπό μελέτη υλικά κάλυψης διατήρησαν σχεδόν αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά κατασκευής τους. Πολύ μικρές μεταβολές παρουσιάστηκαν στην απορροφητικότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας των υλικών 3999 και 3975, αλλά και στην ανακλαστικότητα στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία του υλικού 3975 κατά την έκθεση στις εξωτερικές συνθήκες.

Μειονέκτημα αποτελεί η μειωμένη περατότητα στη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία του υλικού 3975, χαρακτηριστικό των περισσότερων υλικών τα οποία χαρακτηρίζονται από αυξημένη ανακλαστικότητα στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως μέσο δροσισμού του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

5.2. Μικροκλίμα

5.2.1. Επίδραση των φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης και του διχτύου εντομοστεγανότητας στην εισερχόμενη στο θερμοκήπιο ηλιακή ακτινοβολία

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο της Βιβλιογραφικής ανασκόπησης ένα σημαντικό πρόβλημα κατά τη χρήση των διχτύων εντομοστεγανότητας είναι ότι επιδρούν αρνητικά στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στο θερμοκήπιο, καθώς τα χαρακτηριστικά και η συμπεριφορά τους μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με αυτά των θερμοκουρτινών και των διχτύων σκίασης (Miguel 1994).

Η χρήση του Bionet κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν είχε καμία επίδραση στην εισερχόμενη στο θερμοκήπιο ηλιακή ακτινοβολία για το χρονικό διάστημα 11:00-15:00 κατά το οποίο πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία

στο θερμοκήπιο με το δίχτυ εμφάνισε μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με το μάρτυρα γεγονός που πιθανόν να οφείλεται σε παροδική σκίαση του οργάνου μέτρησης στο μάρτυρα κατά το προαναφερθέν χρονικό διάστημα.

Όσο αφορά στη χρήση του υλικού κάλυψης του ανακλαστικού στην Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία προέκυψε ότι η μείωση που προκαλείται στα επίπεδα της ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας (άμεση ηλιακή ακτινοβολία). Στο παραπάνω συνηγορεί το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα που τα επίπεδα της ακτινοβολίας είναι χαμηλά, η τιμή της ενέργειας της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ήταν παρόμοια μεταξύ του cool film και του μάρτυρα.

5.2.2. Επίδραση της συνδυασμένης χρήσης του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του δικτύου εντομοστεγανότητας στη θερμοκρασία και σχετική υγρασία του θερμοκηπίου

Καθώς κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση δε βρέθηκαν αναφορές ότι τα υλικά τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία μεταβάλλουν τις παραμέτρους θερμοκρασία και σχετική υγρασία του μικροκλίματος του θερμοκηπίου (Kittas et al. 2004, Kittas et al. 2006) παρά μόνο την ποιότητα του φωτός στα μήκη κύματος τα γειτονικά στην υπεριώδη ακτινοβολία, θεωρούμε ότι οι τιμές τους καθορίστηκαν από την επίδραση του δικτύου εντομοστεγανότητας.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της χρήσης των δικτύων εντομοστεγανότητας είναι ο περιορισμός του αερισμού με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα του θερμοκηπίου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ο αερισμός πραγματοποιείται κυρίως με σκοπό τη μείωση της υγρασίας και την ανανέωση της σύστασης του αέρα του θερμοκηπίου ενώ κατά τη διάρκεια του θέρους με σκοπό τη μείωση της θερμοκρασίας.

Η χρήση του Bionet κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν είχε καμία επίδραση στη σχετική υγρασία του θερμοκηπίου με εξαίρεση τον Δεκέμβρη του 2004 κατά τη διάρκεια του οποίου ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένη σε σχέση με το μάρτυρα κατά 9,68%, 8,66% και 10,33% στις τιμές 24-ώρου, ημέρας και νύχτας αντίστοιχα. Οι μέσες τιμές οι οποίες κατεγράφησαν στο θερμοκήπιο με το δίχτυ ήταν 76,14% (24-ώρου), 76,01% (ημέρας) και 76,23% (νύχτας). Ωστόσο, από τη διερεύνηση των

αποτελεσμάτων προέκυψε ότι ο συγκεκριμένος μήνας κατέγραψε και τις υψηλότερες τιμές εξωτερικής σχετικής υγρασίας σε σχέση με τους υπόλοιπους χειμερινούς μήνες του πειράματος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η εξωτερική σχετική υγρασία ημέρας κατά τον Δεκέμβρη ήταν 74,90% ενώ κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο ήταν 61,36% και 55,57% αντίστοιχα ενώ οι τιμές της σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας για τους ίδιους μήνες ήταν 87,40%, 80,04% και 78,86%. Η ύπαρξη των διχτύων μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη υγρασία εντός του θερμοκηπίου (Ajwang, 2002), ωστόσο, υπενθυμίζεται ότι για το φυτό της τομάτας η άριστη επιθυμητή υγρασία της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 60-70% (Ολύμπιος 2001). Οπότε δε θεωρείται ότι η παραπάνω αύξηση λόγω της χρήσης του διχτύου είναι ικανή να επηρεάσει δυσμενώς την ανάπτυξη των φυτών.

Όσο αφορά στην επίδραση του διχτύου εντομοστεγανότητας στη θερμοκρασία του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γενικά παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής της σε σχέση με το μάρτυρα τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Υπενθυμίζεται ότι στην παρούσα εργασία τα θερμοκήπια θερμαίνονταν κατά τη διάρκεια του χειμώνα οπότε η θερμοκρασία αέρα ήταν γενικά παρόμοια μεταξύ του μάρτυρα και του θερμοκηπίου με το δίχτυ.

Η χρήση του Bionet κατά τη διάρκεια της εαρινής καλλιέργειας είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας κατά το πρώτο δεκαπενθήμερο του πειράματος κατά 3,29°C σε σχέση με το θερμοκήπιο χωρίς δίχτυ. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (Bartzanas et al. 2005, Harmando et al. 2006), ωστόσο, η τιμή της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας η οποία κατεγράφη υπό τη χρήση του διχτύου ήταν 28,55°C, αρκετά χαμηλότερα από το κρίσιμο όριο των 32°C (μέση μηνιαία θερμοκρασία) πέραν του οποίου θεωρείται ότι επηρεάζεται ισχυρά η παραγωγή και η ανάπτυξη των φυτών θερμής περιόδου όπως είναι και η τομάτα (FAO 1988, Kittas 1995). Επιπρόσθετα, ο Benton Jones αναφέρει ότι το άριστο εύρος μέσης θερμοκρασίας ημέρας για το φυτό της τομάτας είναι 21-29,5°C ενώ η ανάπτυξη του φυτού επιβραδύνεται στους 35°C και αναστέλλεται στους 38°C. Στη συνέχεια της καλοκαιρινής περιόδου (Μάιος και Ιούνιος του 2005) παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασία κατέγραψε παρόμοιες τιμές (24-ώρου, ημέρας και νύχτας) στα δύο θερμοκήπια. Όπως αναφέρουν οι Sase et al. (1990), η μείωση της ροής του αέρα και η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του διχτύου επιφέρει αύξηση του ρυθμού διαπνοής των φυτών με αποτέλεσμα να παρατηρείται μικρότερη αύξηση

της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου από την αναμενόμενη λόγω μετατροπής της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα.

5.2.3. Επίδραση του υλικού κάλυψης του ανακλαστικού στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία στη θερμοκρασία και σχετική υγρασία του θερμοκηπίου

Το υλικό κάλυψης το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τον δροσισμό του θερμοκηπίου (UV0% NIR) κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δεν είχε καμία επίδραση στη μέση θερμοκρασία ημέρας του αέρα του θερμοκηπίου κατά το χρονικό διάστημα της εαρινής καλλιέργειας το οποίο εξετάστηκε (Απρίλιο έως Ιούνιο 2005). Τα αποτελέσματα δε συμφωνούν με του Hemming (2006) ο οποίος αναφέρει ότι όσο υψηλότερη είναι η εξωτερική θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη είναι και η διαφορά θερμοκρασίας η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση των cooling films. Ωστόσο, υπενθυμίζεται ότι οι μετρήσεις της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν από τα μέσα Απριλίου έως τα μέσα περίπου του Ιουνίου, περίοδο κατά την οποία η εξωτερική θερμοκρασία δεν αγγίζει συνήθως τις ακραίες τιμές που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μέση ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία κατά το μήνα Ιούνιο ήταν 27,10°C ενώ η μέση μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ήταν 32,24°C. Επιπλέον, η χρήση του cooling film δεν επηρέασε τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία, καθώς προέκυψε ότι η τιμή της ήταν παρόμοια μεταξύ του (UV0% NIR) και του μάρτυρα κατά τους μήνες Απρίλιο έως Ιούνιο. Τα αποτελέσματα δε συμφωνούν με εκείνα των García-Alonso et al. (2006) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία ήταν χαμηλότερη στο θερμοκήπιο το οποίο ήταν καλυμμένο με υλικό κάλυψης που μπλόκαρε την Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία. Ωστόσο, καθώς το καλοκαίρι τα παράθυρα του θερμοκηπίου παρέμεναν συνεχώς ανοιχτά λόγω των αυξημένων αναγκών σε αερισμό, η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου έτεινε να εξομοιωθεί με την εξωτερική. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η θερμοκρασία να είναι παρόμοια μεταξύ του μάρτυρα και του (UV0% NIR). Όσο αφορά στη μικρότερη τιμή μέσης θερμοκρασίας νύχτας που καταγράφηκε στο (UV0% NIR) κατά το πρώτο δεκαπενθήμερο της εαρινής καλλιέργειας (Απρίλιος 2005), παρατηρήθηκε ότι η διαφορά αυτή σημειωνόταν κατά τις πρώτες πρωινές ώρες. Όπως επισημαίνουν και οι κατασκευαστές του συγκεκριμένου υλικού (ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.) μετά από ψυχρές χειμωνιάτικες νύχτες η θερμοκρασιακή αύξηση τις πρωινές ώρες πιθανόν να είναι μικρότερη υπό τα

cooling films σε σχέση με τα συμβατικά πλαστικά υλικά κάλυψης. Σημειώνεται ότι η εξωτερική θερμοκρασία νύχτας κατά το μήνα Απρίλιο σε ορισμένες περιπτώσεις κατήλθε έως και τους 5°C.

Ένα κρίσιμο σημείο κατά τη χρήση των υλικών που μπλοκάρουν τη NIR είναι η επίδρασή τους στη θερμοκρασία του θερμοκηπίου κατά τη χειμερινή περίοδο. Το cooling film δεν είχε καμία επίδραση στη θερμοκρασία αέρα (24-ώρου, ημέρας και νύχτας) κατά τη διάρκεια της χειμερινής καλλιέργειας. Όπως αναφέρουν οι Hemming et al. (2006) ανεπιθύμητη πτώση της θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες προκαλείται ιδιαίτερα στις περιπτώσεις κατά τις οποίες δε χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα θέρμανσης.

Τέλος, το υλικό κάλυψης το ανακλαστικό στην Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία δεν είχε καμία επίδραση στη σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου (24-ώρου, ημέρας και νύχτας) κατά τη διάρκεια της χειμερινής καλλιέργειας. Εξάλλου, οι Mutwiwa et al (2007) συνιστούν τα υλικά αυτά για τον δροσισμό των θερμοκηπίων των τροπικών περιοχών και για το λόγο ότι κατά τη χρήση τους δεν αυξάνεται η υγρασία στο χώρο του θερμοκηπίου. Κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση δεν εντοπίστηκε κάποια περαιτέρω αναφορά σχετική με την επίδραση των παραπάνω υλικών στη σχετική υγρασία του θερμοκηπίου.

Βιολογικό Μέρος

5.3. Επίδραση της συνδυασμένης χρήσης του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του διχτύου εντομοστεγανότητας στα αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης και στην παραγωγή και ποιότητα των καρπών

5.3.1. Αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης

Όπως αναφέρθηκε η συνδυασμένη χρήση του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του Bionet πραγματοποιήθηκε προκειμένου να παρεμποδιστεί η είσοδος μη φιλτραρισμένου φωτός στο θερμοκήπιο. Ωστόσο, είναι αδύνατο να μειώσουμε στο ελάχιστο το ποσό της ακτινοβολίας ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος χωρίς να επηρεάσουμε και τα γειτονικά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η τροποποίηση του μήκους κύματος της UV θα

τροποποιήσει και το μήκος κύματος στην περιοχή του μπλε που ανήκει στην PAR και θεωρείται απαραίτητο για την αποφυγή ψηλών και αδύναμων φυτών (Winic 2000) καθώς έχει παρατηρηθεί ότι αναστέλλει την επιμήκυνση των μεσογονατίων διαστημάτων (Mortensen et al. 1987). Όσο αφορά στις διαστάσεις των φύλλων οι Gautier et al. (1996) βρήκαν ότι η ακτινοβολία στο μπλε μείωσε το μήκος των φύλλων στα *Festuca arundinacea* και *Lolium perenne*. Σύμφωνα με τα παραπάνω αναμένεται ότι τα φυτά τομάτας εντός ενός θερμοκηπίου το οποίο μπλοκάρει την υπεριώδη ακτινοβολία, θα είναι υψηλότερα, πιθανόν λόγω των μεγαλύτερων μεσογονατίων διαστημάτων και θα έχουν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια πιθανόν λόγω του μεγαλύτερου μήκους φύλλου.

Η συνδυασμένη χρήση του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του Bionet δεν επηρέασε τη φυλλική επιφάνεια των φυτών κατά τη διάρκεια του χειμώνα καθώς ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Ο αριθμός των φύλλων ήταν παρόμοιος έως την 24^η DAT, ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι το μήκος του φύλλου ήταν στατιστικά σημαντικά μειωμένο στο (UV0% NET) σε σχέση με το μάρτυρα. Τα αποτελέσματα δε συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (Gautier et al. 1996, Kittas et al. 2004, Kittas et al. 2006). Παράλληλα παρατηρήθηκε ότι τα φυτά του μάρτυρα έως την 24^η DAT ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα και έως και το τέλος του πειράματος είχαν στατιστικά μεγαλύτερο μήκος μεσογονατίων διαστημάτων. Τα αποτελέσματα του ύψους και του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων επίσης δε συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (Mortensen et al. 1987, Winic 2000). Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και κατά την εαρινή καλλιέργεια καθώς τα φυτά υπό την έλλειψη της UV δεν προέκυψε να υπερτερούν τόσο ως προς το ύψος και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων όσο και ως προς το μήκος των φύλλων, παράμετροι οι οποίες ήταν παρόμοιες μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όσο αφορά στον ρυθμό σχηματισμού των κόμβων δε φάνηκε να δημιουργείται κάποια συγκεκριμένη τάση υπό την έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας και του δικτύου εντομοστεγανότητας. Έως την 24^η DAT της χειμερινής περιόδου ο αριθμός κόμβων ήταν παρόμοιος μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Ωστόσο, καθώς δεν υπάρχουν άλλες μετρήσεις η ανάλυση δεν μπορεί να προχωρήσει περισσότερο. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρήθηκε ότι κατά την 39^η DAT η παράμετρος ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένη στο (UV0% NET) ενώ κατά το χρονικό διάστημα 39^η έως 52^η DAT ο ρυθμός εμφάνισης κόμβων ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένος στο θερμοκήπιο του μάρτυρα. Με εξαίρεση τις

πρώτες 15 ημέρες του πειράματος κατά τις οποίες η μέση θερμοκρασία 24-ώρου ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένη στο (UV0% NET) και προφανώς επηρέασε τον ρυθμό σχηματισμού των κόμβων (Berghage, 1998), κατά το υπόλοιπο χρονικό διάστημα ήταν παρόμοια μεταξύ των μεταχειρίσεων, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να διεξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα για τον ρυθμό ανάπτυξης των φυτών.

Σύμφωνα με τον Heuvelink (1995) η ταχύτητα εμφάνισης ταξιανθιών, η οποία αποτελεί μέτρο ανάπτυξης της τομάτας, επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία και η σχέση η οποία συνδέει τα δύο μεγέθη είναι γραμμική. Επιπλέον, οι Zoltán et al. (2004) αναφέρουν ότι ο ρυθμός άνθησης στην τομάτα μιμείται τον ρυθμό εμφάνισης των ταξιανθιών και συνδέεται στενά με την θερμοκρασία. Ωστόσο, παρόλο που τις πρώτες 15 ημέρες του πειράματος η μέση θερμοκρασία 24-ώρου ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένη στο (UV0% NET), ο μάρτυρας φάνηκε να υπερτερεί κατά την άνθηση της 1^{ης} ταξιανθίας. Όσο αφορά στην καρπόδεση η οποία συσχετίζεται θετικά με την προσλαμβάνουσα από το φυτό ηλιακή ακτινοβολία (Benton Jones, 1999), παρατηρήθηκε μια γενικότερη υπεροχή του μάρτυρα, ωστόσο, η υπεροχή αυτή δεν επηρέασε τον συνολικό αριθμό συγκομισθέντων καρπών όπως προέκυψε από τα δεδομένα της παραγωγής.

5.3.2. Παραγωγή και ποιότητα καρπών

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής της χειμερινής περιόδου τα φυτά των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοιο βάρος συγκομισθείσας παραγωγής ($6,53 \text{ kg m}^{-2}$ στο UV0% NET έναντι $6,09 \text{ kg m}^{-2}$ στο μάρτυρα). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι ενώ στο (UV0% NET) σχηματίστηκαν περισσότεροι καρποί ανά φυτό ($40,30$ έναντι $34,60$ καρποί ανά m^2 στο μάρτυρα) οι καρποί αυτοί ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότεροι ($162,11\text{g}$ έναντι $175,89\text{g}$ στο μάρτυρα). Το παραπάνω καταδεικνύεται και από το γεγονός ότι το βάρος αλλά και ο αριθμός των λιπόβαρων καρπών (καρποί $<100\text{g}$) ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένα στο (UV0% NET) σε σχέση με το μάρτυρα. Τα αποτελέσματα δε συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (González 2004, Kittas 2006). Όσο αφορά στην εμπορεύσιμη παραγωγή αλλά και στη μη εμπορεύσιμη λόγω ελαττωμάτων (φυσιολογικές ανωμαλίες και προσβολές εντόμων) οι τιμές ήταν παρόμοιες μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Το ποσοστό των καρπών οι οποίοι προσεβλήθησαν από έντομα είναι ιδιαίτερα χαμηλό και στις δύο μεταχειρίσεις ($1,67\%$ στο UV0% NET έναντι $2,05\%$ στο μάρτυρα), ωστόσο καθώς δε χρησιμοποιήθηκαν χημικά μέσα για την καταπολέμησή τους είναι εμφανής η

προστασία που προσέφερε συνδυασμένη χρήση του υλικού κάλυψης του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του Bionet.

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής της εαρινής περιόδου τα φυτά των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοιο βάρος συγκομισθείσας παραγωγής ($6,38 \text{ kg m}^{-2}$ στο UV0% NET έναντι $6,50 \text{ kg m}^{-2}$ στο μάρτυρα), παρόμοιο συνολικό αριθμό συγκομισθέντων καρπών (39,43 και 44,00 καρποί ανά m^2 αντίστοιχα) και παρόμοιο βάρος καρπού (161,74 g έναντι 147,69 στο μάρτυρα). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι το (UV0% NET) μείωσε τον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών ανά φυτό. Από τη μελέτη των δεδομένων της παραγωγής προέκυψε ότι το (UV0% NET) κατέγραψε σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό καρπών μεγαλύτερων των 300g (2,74 έναντι 0,80 καρποί ανά m^2 στο μάρτυρα) ενώ παράλληλα ο αριθμός των καρπών που εμφάνισαν Ξηρή Σήψη Κορυφής ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερος στο (UV0% NET) σε σχέση με το μάρτυρα (11,30% και 2,91% επί του συνολικού αριθμού των συγκομισθέντων καρπών αντίστοιχα). Θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί η αιτία για το μεγάλο ποσοστό καρπών με BER στο (UV0% NET). Παρατηρήθηκε ότι επρόκειτο αποκλειστικά για καρπούς οι οποίοι συγκομίστηκαν κατά την τελευταία συγκομιδή (111 D.A.T.). Πιθανή αιτία θεωρείται η προσβολή από Περονόσπορο η οποία ήδη έως την 88η D.A.T., κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η δεύτερη καταστροφική μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας, ήταν ιδιαίτερα εκτεταμένη στο (UV0% NET) σε αντίθεση με το μάρτυρα. Η μυκητολογική προσβολή εξασθένησε τα φυτά και πιθανόν να διατάραξε την υδατική κατάσταση αυτών. Πιθανόν και η αυξημένη διαπνοή των φυτών να αύξησε την μεταφορά του Ca στα φύλλα με αποτέλεσμα λιγότερο Ca να έμεινε διαθέσιμο για τους καρπούς. Όσο αφορά στις προσβολές από έντομα είναι εμφανής η προστασία που προσέφερε η χρήση του (UV0% NET) καθώς ενώ το θερμοκήπιο γειτνιάζε με εστία πρωτευόντων ξενιστών (οπωρώνας) και δε χρησιμοποιήθηκαν χημικά μέσα καταπολέμησης, η μη εμπορεύσιμη παραγωγή της κατηγορίας αυτής ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (6,88% στο UV0% NET έναντι 6,52% στο μάρτυρα).

Ως προς τις παραμέτρους του χρώματος των καρπών (5^{ου} και 6^{ου} σταδίου) παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης της φωτεινότητας (L^*) στο (UV0% NET) κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ωστόσο, δεν υπάρχουν βιβλιογραφικές αναφορές που να συνδέουν την έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας με την παράμετρο αυτή. Το παραπάνω αποδίδεται μάλλον στον μεγαλύτερο βαθμό ωριμότητας των καρπών στο (UV0% NET). Από τη μέτρηση του χρώματος των καρπών της εαρινής περιόδου

προέκυψε ότι οι καρποί του μάρτυρα (του 6^{ου} σταδίου) είχαν πιο έντονο χρώμα (Chroma*) σε σχέση με τους καρπούς στο (UV0% NET). Τα αποτελέσματα δε συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας καθώς θεωρείται ότι η έλλειψη της UVb οδηγεί σε αναστολή της σύνθεσης των φλαβονοειδών με αποτέλεσμα το χρώμα των καρπών να είναι πιο καθαρό κόκκινο, πιο έντονο (Cockell et al., 2000).

5.4. Επίδραση της χρήσης του υλικού κάλυψης του ανακλαστικού στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία στα αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης και στην παραγωγή και ποιότητα των καρπών

5.4.1. Αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης

Η χρήση του υλικού του ανακλαστικού στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία κατά τη χειμερινή καλλιεργητική περίοδο είχε σαν αποτέλεσμα μια γενικότερη υστέρηση των φυτών κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Μέχρι την 24^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση παρατηρήθηκε ότι τα φυτά υπό το cooling film είχαν μικρότερο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (2,22 έναντι 2,58 mm⁻² των φυτών του μάρτυρα) εξαιτίας του μικρότερου αριθμού φύλλων ανά φυτό (19,33 έναντι 20,50 φύλλα ανά φυτό του μάρτυρα). Επιπλέον, τα φυτά ήταν κοντύτερα (96,44cm έναντι 106,00cm των φυτών του μάρτυρα) εξαιτίας του σημαντικά μικρότερου αριθμού κόμβων (23,83 έναντι 25,50 κόμβοι ανά φυτό στο μάρτυρα), καθώς το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων ήταν παρόμοιο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Έως την 24^η DAT ο αριθμός των αναπαραγωγικών οργάνων των φυτών του (UV0% NIR) ήταν 4,5 ταξιανθίες ανά φυτό, στατιστικά σημαντικά μικρότερος σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα τα οποία έφεραν 5 ταξιανθίες ανά φυτό. Ωστόσο, στη συνέχεια τα φυτά ανέκαμψαν με αποτέλεσμα κατά την 101^η DAT να παρατηρηθεί ότι τα φυτά των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοιες τιμές δείκτη φυλλικής επιφάνειας ενώ παράλληλα έως την 133^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση τα φυτά υπό το cooling film είχαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο μήκος μεσογονατίων διαστημάτων (59,23 έναντι 56,50mm των φυτών του μάρτυρα). Καθ' όλη τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου παρατηρήθηκε αύξηση των διαστάσεων των φύλλων των φυτών στο (UV0% NIR). Η αύξηση του πλάτους ήταν στατιστικά σημαντική με αποτέλεσμα κατά την 101^η DAT να παρατηρηθεί και μεταβολή του σχήματος των φύλλων. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα των García-Alonso et al. (2006) οι οποίοι μελετώντας την επίδραση ενός NIR – blocking πλαστικού υλικού

στα χαρακτηριστικά και στην παραγωγή καλλιέργειας πιπεριάς παρατήρησαν ότι τα φυτά στο cool film σημείωσαν κάποια υστέρηση κατά τη διάρκεια των ψυχρών μηνών, την οποία οι ερευνητές απέδωσαν στη χαμηλότερη θερμοκρασία η οποία κατεγράφη υπό το υλικό αυτό. Καθώς στην παρούσα εργασία δεν παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο στο οποίο χρησιμοποιήθηκε το cool film, η παραπάνω υστέρηση των φυτών αποδίδεται στη μειωμένη περατότητα του υλικού στην PAR, η οποία σε συνδυασμό με τη χαμηλή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα πιθανώς μείωσε τον ρυθμό φωτοσύνθεσης των φυτών με αποτέλεσμα να μειωθεί και ο ρυθμός αύξησης και ανάπτυξής τους. Ο Benton Jones (1999) αναφέρει ότι το ύψος της ενέργειας της ακτινοβολίας που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια του φυτού είναι ο παράγοντας εκείνος ο οποίος επηρεάζει την αύξησή του. Ο Hanan (1990) αναφέρει γενικά ότι μέση ημερήσια ακτινοβολία της τάξης των 200Wm^{-2} είναι το κατώτατο όριο για την αύξηση και ανάπτυξη των καλλιεργειών σε θερμοκήπιο με συντελεστή περατότητας περίπου 0,7. Υπενθυμίζεται ότι η μέση τιμή της εξωτερικής ακτινοβολίας για το χρονικό διάστημα 11:00-15:00 κατά το μήνα Δεκέμβριο ήταν $235,10\text{Wm}^{-2}$ ενώ η περατότητα του cooling film στο εύρος 400-700nm όπως υπολογίστηκε κατά την εγκατάστασή ήταν 65%. Ωστόσο, πέραν της ιδιότητάς του ως μέσο δροσισμού του θερμοκηπίου το υλικό κάλυψης ήταν και απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας και στο γεγονός αυτό αποδίδεται η στατιστικά σημαντική αύξηση του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων των φυτών στο (UV0% NIR) η οποία παρατηρήθηκε κατά το τέλος της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου (133^η DAT). Τα αποτελέσματα του ύψους των φυτών αλλά και των διαστάσεων των φύλλων συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (Kittas et al., 2004, Kittas et al., 2006).

Κατά την εαρινή καλλιέργεια τα φυτά στο (UV0% NIR) εμφάνισαν μια υπεροχή σε όλα τα αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης τα οποία εξετάστηκαν σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο LAI αποτελεί μια πολύ καλή εκτίμηση του φωτοσυνθετικού δυναμικού ενός φυτού και επομένως της ικανότητας για αύξηση. Επιπλέον, υψηλότερο LAI σημαίνει αυξημένη διαπνοή άρα και μικρότερη θερμοκρασία στο περιβάλλον των φυτών. Η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια αποδίδεται στο μεγαλύτερο μήκος αλλά και πλάτος των φύλλων τα οποία ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερα από την 52^η DAT και ως το τέλος του πειράματος. Ωστόσο, και ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό στο (UV0% NIR) ήταν

μεγαλύτερος όχι όμως στατιστικά σημαντικά. Τα αποτελέσματα των διαστάσεων των φύλλων συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (Kittas et al., 2006). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά στο (UV0% NIR) ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα από την 39^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (Kittas et al., 2004, Kittas et al., 2006, García-Alonso et al., 2006). Από τη μελέτη του ρυθμού αύξησης και ανάπτυξης των φυτών βρέθηκε ότι έως την 39^η DAT τα φυτά στο (UV0% NIR) σχημάτιζαν περισσότερους κόμβους ανά ημέρα (0,61 έναντι 0,53 κόμβοι ανά ημέρα στο μάρτυρα) ενώ από την 39^η έως την 52^η DAT ελάμβανε χώρα μεγαλύτερη επιμήκυνση του κυρίως στελέχους (2,97 έναντι 2,61cm ανά ημέρα στον μάρτυρα). Η χρήση του cooling film φαίνεται να μην είχε επίδραση στον ρυθμό εμφάνισης των ταξιανθιών και στην άνθηση αυτών. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τη βιβλιογραφία (Heuvelink 1995, Zoltán 2004) καθώς η θερμοκρασία ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όσο αφορά στην καρπόδεση αυτή συσχετίζεται θετικά με την προσλαμβάνουσα από το φυτό ηλιακή ακτινοβολία (Benton Jones, 1999) η οποία ήταν στατιστικά σημαντικά μειωμένη στο (UV0% NIR) κατά τους δύο πρώτους μήνες της εαρινής καλλιέργειας. Παρόλα αυτά δε βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων ως προς την καρπόδεση, γεγονός που αποδίδεται στην αυξημένη φυλλική επιφάνεια των φυτών στο (UV0% NIR) η οποία ευνόησε τον εφοδιασμό των καρπών με απαραίτητα για την ανάπτυξη τους φωτοσυνθετικά προϊόντα. Εξάλλου, τα επίπεδα της ακτινοβολίας στο τέλος της άνοιξης υπερκαλύπτουν τις ανάγκες του φυτού για φωτοσύνθεση.

5.4.2. Παραγωγή και ποιότητα καρπών

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής της χειμερινής περιόδου τα φυτά των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοιο βάρος συγκομισθείσας παραγωγής (5,92 kg m⁻² υπό το cooling film έναντι 6,09 kg m⁻² στο μάρτυρα) και παρόμοιο συνολικό αριθμό συγκομισθέντων καρπών (37,50 και 34,60 καρποί ανά m² αντίστοιχα). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι το βάρος του καρπού (g) ήταν στατιστικά σημαντικά μειωμένο στο (UV0% NIR) (157,95 g) σε σχέση με το μάρτυρα (175,89 g). Ομοίως το βάρος της εμπορεύσιμης παραγωγής (4,77 έναντι 4,69 kg m⁻² στο μάρτυρα) αλλά και ο αριθμός των εμπορεύσιμων καρπών (28,00 και 25,70 καρποί ανά m² αντίστοιχα) ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων αλλά το βάρος του καρπού ήταν στατιστικά

σημαντικά μειωμένο στο (UV0% NIR) (170,44 g) σε σχέση με το μάρτυρα (182,60 g). Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα του Benton Jones (1999) ο οποίος αναφέρει ότι το μέγεθος των καρπών, πέραν της απόστασης φύτευσης, που είναι παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων στην παρούσα εργασία, επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία μικραίνοντας με τη μείωση της έντασής της, εξαιτίας της μειωμένης μεταφοράς φωτοσυνθετικών προϊόντων στους καρπούς. Εξάλλου, σε συνθήκες χαμηλής έντασης φωτός ευνοείται η βλαστική ανάπτυξη εις βάρος της αναπαραγωγικής. Όσο αφορά στη μη εμπορεύσιμη λόγω ελαττωμάτων (φυσιολογικές ανωμαλίες και προσβολές εντόμων) παραγωγή προέκυψε ότι το βάρος της (kg m^{-2}) ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένο στο μάρτυρα (0,47 έναντι 0,21 kg m^{-2} υπό το cooling film) κυρίως εξαιτίας του μεγαλύτερου βάρους ανά καρπό (202,43g του μάρτυρα έναντι 112,47g στο cooling film) αλλά και λόγω του μεγαλύτερου αριθμού καρπών ανά φυτό, ο οποίος ωστόσο δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Από τη διερεύνηση των αποτελεσμάτων της μη εμπορεύσιμης εξαιτίας ελαττωμάτων παραγωγής προέκυψε ότι η προστασία που προσέφερε το cool film ήταν απόλυτη καθώς παρατηρήθηκε ότι το 2,08% του βάρους της συνολικής παραγωγής των φυτών του μάρτυρα παρουσίασε ηλιόκαυμα σε αντίθεση με το (UV0% NIR) στο οποίο η φυσιολογική ανωμαλία δεν παρουσιάστηκε. Βρέθηκε ότι οι καρποί οι οποίοι εμφάνισαν ηλιόκαυμα στο μάρτυρα ήταν καρποί που συγκομίστηκαν κατά τις δύο τελευταίες συγκομιδές του πειράματος (129^η και 133^η DAT). Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της ηλιακής ακτινοβολίας προέκυψε ότι περίπου στις 10 Μαρτίου και για χρονικό διάστημα λίγων ημερών, η εξωτερική ηλιακή ακτινοβολία ξεπέρασε τα 700Wm^{-2} , με αποτέλεσμα οι ανώριμοι τότε καρποί, οι οποίοι ήταν και οι πλέον ευαίσθητοι, να υποβαθμιστούν δραματικά. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (García-Alonso et al., 2006). Όσο αφορά στη μη εμπορεύσιμη παραγωγή λόγω βάρους (λιποβαρείς και υπερμεγέθεις καρποί), προέκυψε ότι η χρήση του cool film δεν είχε καμία επίδραση.

Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής της εαρινής περιόδου τα φυτά των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοιο βάρος συγκομισθείσας παραγωγής (7,59 kg m^{-2} υπό το cooling film έναντι 6,50 kg m^{-2} στο μάρτυρα) και παρόμοιο συνολικό αριθμό συγκομισθέντων καρπών (45,60 και 44,00 καρποί ανά m^2 αντίστοιχα). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι το βάρος του καρπού (g) ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένο στο (UV0% NIR) (166,50 g) σε σχέση με το μάρτυρα (147,69 g). Σε συνδυασμό με

τα χαμηλότερα επίπεδα ακτινοβολίας υπό το cooling film, τα παραπάνω καταδεικνύουν ότι τα φυτά βρίσκονταν σε καλύτερη φυσιολογική κατάσταση και η φωτοσυνθετική τους λειτουργία πραγματοποιούνταν αποτελεσματικότερα σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Η εμπορεύσιμη παραγωγή ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων τόσο ως προς το βάρος της όσο και ως προς τον αριθμό των καρπών. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι η μη εμπορεύσιμη εξαιτίας ελαττωμάτων παραγωγή ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένη υπό το cooling film και ως προς το βάρος της ($1,92 \text{ kg m}^{-2}$ υπό το cooling film έναντι $1,17 \text{ kg m}^{-2}$ στο μάρτυρα) αλλά και ως προς τον αριθμό των καρπών ανά φυτό (9,82 και 6,24 καρποί ανά m^2 αντίστοιχα). Από τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε καμία από τις κατηγορίες των ελαττωμάτων, ωστόσο, με εξαίρεση τη φυσιολογική ανωμαλία της Παραμόρφωσης τύπου Cat Face, ο μάρτυρας διαπιστώθηκε να υπερτερεί έναντι του (UV0% NIR). Ωστόσο, πρέπει να διερευνηθεί η αιτία για το μεγάλο ποσοστό σχισμένων καρπών υπό το cool film (7,84% της συνολικής παραγωγής έναντι 4,69% στο μάρτυρα), καθώς όπως αναφέρθηκε στη βιβλιογραφική ανασκόπηση τα υλικά κάλυψης αυτού του είδους διαπιστώθηκε να παρέχουν σημαντική προστασία έναντι καταστάσεων θερμικής καταπόνησης (García-Alonso 2006). Από τα δεδομένα που αφορούν στους καρπούς με σχίσσιμο, παρατηρήθηκε ότι οι σχισμένοι καρποί του (UV0% NIR) συγκομίστηκαν κατά πλειοψηφία την 4η εβδομάδα συγκομιδής (80 D.A.T.), δηλαδή με καθυστέρηση επτά ημερών από την προηγούμενη συγκομιδή (73 D.A.T.). Το αποτέλεσμα ήταν οι καρποί να συγκομιστούν υπερώριμοι και πιθανόν σε συνδυασμό με το μεγαλύτερο βάρος ανά καρπό στο (UV0% NIR) έναντι του μάρτυρα, να σχιστούν. Άλλωστε για την αποφυγή του σχισίματος συνιστάται προληπτικά η συγκομιδή των καρπών με την έναρξη εμφάνισης του κόκκινου χρώματος, δηλαδή, πριν την πλήρη ωρίμανσή τους (Ολύμπιος, 2001). Αντίθετα το σχίσσιμο των καρπών στον μάρτυρα παρατηρήθηκε στην πλειοψηφία των συγκομιδών (62,69,73,80,91,98 και 102 D.A.T.). Όσο αφορά στο υψηλό ποσοστό των καρπών που εμφάνισαν Ξηρή Σήψη Κορυφής (5,78% της συνολικής παραγωγής έναντι 2,86% στο μάρτυρα) τα αποτελέσματα δε συμφωνούν με εκείνα της βιβλιογραφίας (Mutwiwa et al., 2007). Πιθανή αιτία είναι η προσβολή από Περονόσπορο, η οποία εξαιτίας μη έγκαιρης διάγνωσης και αντιμετώπισης, έως την 88^η D.A.T., κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η δεύτερη καταστροφική μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας, ήταν ιδιαίτερα εκτεταμένη στο (UV0% NIR) σε αντίθεση με το μάρτυρα. Η μυκητολογική προσβολή μείωσε τη φυλλική επιφάνεια των φυτών

και πιθανόν να επηρέασε δυσμενώς και την υδατική κατάσταση αυτών. Όσο αφορά στη μη εμπορεύσιμη παραγωγή λόγω βάρους (λιποβαρείς και υπερμεγέθεις καρποί), προέκυψε ότι η χρήση του cool film δεν είχε καμία επίδραση.

Ως προς τις παραμέτρους του χρώματος των καρπών (5^ο και 6^ο σταδίου) κατά τη διάρκεια του χειμώνα παρατηρήθηκε ότι η παράμετρος Hue* (Χρώμα) των καρπών του 5^ο σταδίου στο μάρτυρα ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με το (UV0% NIR), δηλαδή οι καρποί αυτοί είχαν πιο πορτοκαλί χρώμα. Καθώς και η φωτεινότητα (L*) των καρπών αυτών είχε μεγαλύτερη τιμή, χωρίς ωστόσο η διαφορά να είναι στατιστικά σημαντική, σημαίνει ότι οι καρποί ήταν λιγότερο ώριμοι σε σχέση με τους αντίστοιχους καρπούς στο (UV0% NIR). Ωστόσο, δεν είναι δυνατό να διεξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα καθώς η θερμοκρασία και τα επίπεδα ακτινοβολίας ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Η χρήση του (UV0% NIR) δε φάνηκε να έχει κάποια επίδραση στους ώριμους καρπούς τόσο κατά την χειμερινή όσο και κατά την εαρινή καλλιέργεια.

5.5. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της συνδυασμένης χρήσης των απορροφητικών στην υπεριώδη ακτινοβολία υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου και διχτύων εντομοστεγανότητας και η επίδραση της χρήσης ανακλαστικού της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου, το οποίο ήταν παράλληλα και απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας, στην ανάπτυξη και στην παραγωγικότητα καλλιέργειας τομάτας. Οι παράγοντες του μικροκλίματος οι οποίοι μελετήθηκαν προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση των παραπάνω ήταν η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου. Στο βιολογικό μέρος της μελέτης καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν επιλεγμένες παράμετροι αύξησης και ανάπτυξης των φυτών της καλλιέργειας.

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

1. Τα υπό μελέτη υλικά κάλυψης έπειτα από ένα έτος χρήσης διατήρησαν σχεδόν αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά κατασκευής τους. Πολύ μικρές μεταβολές παρουσιάστηκαν στην απορροφητικότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας των υλικών 3999 και 3975, αλλά και στην ανακλαστικότητα στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία του υλικού 3975 κατά την έκθεση στις εξωτερικές συνθήκες.
2. Η χρήση του Bionet κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν είχε καμία επίδραση στην εισερχόμενη στο θερμοκήπιο ηλιακή ακτινοβολία για το χρονικό διάστημα 11:00-15:00.
3. Η χρήση του Bionet κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν επέφερε ανεπιθύμητη αύξηση στη σχετική υγρασία του θερμοκηπίου.
4. Η μείωση της υπεριώδους ακτινοβολίας σε συνδυασμό με το Bionet δεν επηρέασε το βάρος της συνολικής συγκομισθείσας παραγωγής.
5. Η συνδυασμένη χρήση του υλικού του απορροφητικού στην υπεριώδη ακτινοβολία και του Bionet, εμφανώς προστάτευσε τα φυτά από προσβολές εντόμων. Παρά το γεγονός ότι το συγκεκριμένο θερμοκήπιο γειτνίαζε με εστία πρωτεύοντων ξενιστών (οπωρώνας) και δεν χρησιμοποιήθηκαν χημικά μέσα καταπολέμησης, η μη εμπορεύσιμη παραγωγή της κατηγορίας αυτής διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα.

6. Η μείωση που προκαλείται στα επίπεδα της ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου κατά τη χρήση υλικών κάλυψης ανακλαστικών στην Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία φαίνεται να είναι σημαντική σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας (άμεση ηλιακή ακτινοβολία).
7. Μειονέκτημα αποτελεί η μειωμένη περατότητα στη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία του συγκεκριμένου υλικού (0,65 στο εύρος 400-700nm), χαρακτηριστικό των περισσοτέρων υλικών τα οποία χαρακτηρίζονται από αυξημένη ανακλαστικότητα στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία.
8. Ανεπιθύμητη πτώση της θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες εξαιτίας της χρήσης των cool films προκαλείται ιδιαίτερα στις περιπτώσεις κατά τις οποίες δε χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα θέρμανσης. Το cool film δεν είχε καμία επίδραση στη θερμοκρασία αέρα (24-ώρου, ημέρας και νύχτας) κατά τη διάρκεια της χειμερινής καλλιέργειας, η οποία θερμαινόταν.
9. Το cool film δεν είχε καμία επίδραση στη σχετική υγρασία του αέρα (24-ώρου, ημέρας και νύχτας) του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου.
10. Η χρήση του υλικού του ανακλαστικού στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία κατά τη χειμερινή καλλιεργητική περίοδο είχε ως αποτέλεσμα μια γενικότερη υστέρηση των φυτών κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης.
11. Το βάρος του καρπού (g) τόσο της συνολικής όσο και της εμπορεύσιμης παραγωγής ήταν σημαντικά μειωμένο υπό το cool film κατά τη διάρκεια του χειμώνα.
12. Το cool film προσέφερε απόλυτη προστασία έναντι του ηλιοκαύματος των καρπών της χειμερινής καλλιεργητικής περιόδου.
13. Κατά την εαρινή καλλιέργεια τα φυτά υπό το cool film εμφάνισαν μια υπεροχή σε όλα τα αγρονομικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης τα οποία εξετάστηκαν.
14. Το βάρος του καρπού της συνολικής εαρινής παραγωγής ήταν σημαντικά αυξημένο υπό το cool film.
15. Το cool film δεν επηρέασε το βάρος τόσο της συνολικής συγκομισθείσας παραγωγής όσο και της εμπορεύσιμης παραγωγής της εαρινής περιόδου.
16. Το cool film παρείχε προστασία έναντι του Σχισίματος των καρπών κατά την εαρινή καλλιεργητική περίοδο.

Βιβλιογραφία

- Γιαννοπολίτης Κ.Ν., Λυμπεροπούλου Μ., 2007.** Γεωργία – Κτηνοτροφία, Τεύχος Οκτωβρίου 2007.
- Κίττας Κ., 2001.** Θερμοκήπια. Σημειώσεις. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος.
- Κίττας Κ. και Μπαρτζάνας Θ.** Ψύξη – Κλιματισμός Γεωργικών Εγκαταστάσεων.
- Μαυρογιαννόπουλος Γ.Ν., 2001.** Θερμοκήπια, Έκδοση Γ', Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.
- Ντόγρας Κ., 2001.** Ειδική Λαχανοκομία Ι, Μέρος Α'.
- Ολύμπιος Χ.Μ., 2001.** Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
- Σιώμος Α.** Ολοκληρωμένη Διαχείριση Λαχανοκομικών Καλλιεργειών.
- Ajwang P., Tantau H.J., von Zabeltitz C., 2002.** Insect Screens for Integrated Production and Protection in Greenhouses: A Review of the Physical and Technical Basics. *Gartenbauwissenschaft*, 67 (2). S.45-49,2002,ISSN 0016-478X.
- Antignus Y., Lpidot M., Hadar D., Messika Y., Cohen S., 1998.** Ultraviolet-absorbing screens serve as optical barriers to protect crops from virus and insect pests. *Journal of economic entomology*, 1998, vol. 91, no6, pp. 1401-1405.
- Antignus Y., 2000.** Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Res.* 2000 Nov;71(1-2):213-20.
- Bartzanas T., Katsoulas N., Kittas C., Boulard T., Mermier M., 2005.** Effect of vent configuration and insect screen on greenhouse microclimate. International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece.
- Benton Jones J.Jr., 1999.** Tomato plant culture. CRC Press. Boca, Raton, London, New York, Washington, D.C. pp. 18-19, 41, 43-44.
- Berghage R., 1998.** Controlling Height with Temperature. *HortTechnology* October – December 1998 8(4).
- Berlinger M.J., Lebiush-Mordechi S., Fridja D. and Mor N., 1993.** The effect of types of greenhouse screens on the presence of western flower thrips: a preliminary study. *IOBC/WPRS Byll* 16(2), 13-16. Proceedings of the Working Group "Integrated Control in Glasshouses", Pacific Grove, California, USA, 25-29 April.

Berlinger M.J., Lebiush-Mordechi S., 1996. Physical methods for the control of *Bemisia*. In *Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage control and management*. Anonymous intercept Ltd, Andover, pp. 617-634.

Berlinger M.J., Taylor R.A., Lebiush-Mordechi S., Shalhevet S., Spharim I., 2002. Efficiency of insect exclusion screens for preventing whitefly transmission of tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel. *Bull Entomol Res.* 2002 Oct. 92(5):367-73.

Bethke J.A. and Paine D.T., 1991. Screen hole size and barriers for exclusion of insect pests of greenhouse crops. *Journal of Entomological Science* 26: 169-177.

Briassoulis D., Waaijenberg D., Gratraud J., B. von Eslner, 1997. Mechanical Properties of Covering Materials for Greenhouses : Part 1 , General Overview. *J. agric . Engng Res .* (1997) 67 , 81 – 96.

Camelo L. A.F. and Gomez P.A., 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.3, p.534-537, jul-set 2004.

Cockell C., Southern A., Herrera A., 2000. Lack of UV radiation in Biosphere 2 – practical and theorwtical effects on plants. *Ecological Engineering.* 16: 293-299.

Costa H.S., Robb K.L., 1999. Effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on flight behavior of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal Economics of Entomology* , 92, 557-562.

Costa H.S., Robb K.L., Wilen C.A., 2002. Field trials measuring the effect of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on insect populations. *Journal of Economic Entomology* V. 95, N.1, 113 – 120(8).

Cox S.E., 2001. Thesis: Lycopene Analysis and Horticultural Attributes of Tomatoes. Colorado State University, Department of Horticulture.

Dorais M., Demers D., Papadopoulos A. and Van Ieperen W., 2004. Greenhouse Tomato Fruit Cuticle Cracking. *Horticultural Reviews*, 30:163-14.

Fatnassi H., Boulard T., Poncet C., Chave M., 2006. Optimization of greenhouse insect screening with computational fluid dynamics. *Biosystems engineering*, 2006, vol.93, n^o3, pp. 301-312.

García-Alonso Y., Espí E., Salmerón A., Fontecha A., González A., López J., 2006. New Cool Plastic Films for Greenhouse Covering in Tropical and Subtropical Areas. *Acta Hort. (ISHS)* 719: 131-138.

Garcia E. and Barrett D.M., 2006. Assessing Lycopene content in California processing tomatoes. *Journal of Food Processing and Preservation* 30 (2006) 56–70.

- Gautier H. and Varlet-Grancher C., 1996.** Regulation of leaf growth of grass by blue light. *Physiologia plantarum* 98: 424-430.
- Giacomelli G.A., 1998.** Components of Radiation Defined: Definition of Units, Measuring Radiation Transmission, Sensors. Greenhouse Glazing & Solar Radiation Transmission Workshop.
- Giacomelli G.A. and Roberts W.J., 1993.** Greenhouse Covering Systems. *ASHS HortTechnology Journal*. <http://ag.arizona.edu/ceac/research/archive/HortGlazing.pdf>
- González A., García-Alonso Y., Espí E., Fontecha A., Salmerón A. (2004).** Viral Diseases Control with UV-Blocking Films in Greenhouse of Southern Spain. International Symposium on Protected Culture in a Mild-Winter Climate Kissimmee, Florida, USA.
- Hanafi A., Murphy B.C., Bouharroud R., Amouat S., Alaoui D., 2003.** Efficiency of exclusion nets against *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and TYLCV incidence in greenhouse tomato. 3rd International Bemisia Workshop Barcelona 17-20 March, 2003.
- Hanan J.J., 1990.** The influence of greenhouses on internal climate with special reference to Mediterranean regions. *Acta Hortic.*, 287: 23-34.
- Harmanto, Tantau H.J., Salokhe V.M., 2006.** Microclimate and Air Exchange Rates in Greenhouses covered with Different Nets in the Humid Tropics. *Biosystems Engineering*, Volume 94, Issue 2 , June 2006, Pages 239-253.
- Hemming S., 2008.** Advanced Covering Materials – The future? http://library.wur.nl/file/wurpubs/wurpublikate_i370544_001.pdf
- Hemming S., 2009.** Requirements of Plastic Films for greenhouse application – Latest Development in Research. <http://edepot.wur.nl/8283>.
- Hemming S., Kempkes F., Dueck T., Marissen N., 2006.** Filtering natural light at the greenhouse covering - better greenhouse climate and higher production by filtering out NIR? http://library.wur.nl/file/wurpubs/LUWPUBRD_00354849_A502_001.pdf.
- Hemming S., Kempkes F., van der Braak N., Dueck T., Marissen N., 2006.** Greenhouse Cooling by NIR – reflection. *Acta Hort. (ISHS)* 719: 97-106.
- Heuvelink E. 1995.** Growth, development and yield of a tomato crop : periodic destructive measurements in a greenhouse. *Scientia Hortic.* 61, 77-99.
- Katsoulas N., Bartzanas T., Boulard T., Mermier M., Kittas C., 2006.** Effect of Vent Openings and Insect Screens on Greenhouse Ventilation. *Biosystems Engineering* (2006) 93 (4), 427-436.
- Kempkes F., 2008.** NIR-screen as an energy saving measure. *FlowerTech*. 2008, vol. 11/no. 2.

Kempkes F., Stanghellini C., Hemming S., Dai J., 2008. Cover materials excluding near infrared radiation: effect on greenhouse climate and plant processes. *Acta Hort.* (ISHS)797:477-482.

Kittas C., 1995. A simple climagraph for characterizing regional suitability for greenhouse cropping in Greece. *Agricultural and Forest Meteorology*, 78: 133-141.

Kittas C. and Baille A. 1998. Determination of the Spectral Properties of Several Greenhouse Cover Materials and Evaluation of Specific Parameters Related to Plant Response. *J. agric. Engng Res.* 71: 193-202.

Kittas C., Boulard T., Papadakis G., 1997. Natural ventilation of a greenhouse with ridge and side openings : Sensitivity to temperature and wind effects. *Transactions of the ASAE.* 1997, VOL. 40, n°2, pp. 415-425.

Kittas C., Boulard T., Bartzanas Th., Katsoulas N., and Mermier M., 2002. Influence of an insect screen on greenhouse ventilation. *Transactions of the ASAE*, 45(4), 1083-1090.

Kittas C., Papaioanou Ch., Obeid D., Katsoulas N. and Tchamitchian M., 2004. Effect of two new uv-absorbing greenhouse covering-films on growing yield of a tomato soilless crop. *International Symposium of the CIGR 2nd Technical Section. New Trends In Farm Buildings.* 2-6 May 2004. Évora, Portugal.

Kittas C., Tchamitchian M., Katsoulas N., Karaïskou P. and Papaioanou Ch., 2006. Effect of two new UV-absorbing greenhouse-covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop. *Scientia Horticulturae* 110 (2006) 30-37.

Kumar P. and Poehling H.M., 2006. UV-blocking Plastic Films and Nets Influence Vectors and Virus Transmission on Greenhouse Tomatoes in the Humid Tropics. *Environmental Entomology.* V.35. Issue 4 (2006). pp. 1069-1082.

Linker R., Tarnopolsky M., Seginer I., 2002. Increased Resistance to Flow and Temperature-rise Resulting from Dust Accumulation on Greenhouse Insect-proof Screens. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, Paper number 024040, 2002 ASAE Annual Meeting.

Miguel A., Silva A.M., Rosa R., 1994. Solar radiation inside a single span greenhouse with shading screens. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 59: 61-79.

Morris L., 2004. Ultraviolet Blocking Greenhouse Polythene Covers for Insect Pests Control on Organic Crops: May 2003- September 2004.

<http://www.organic.aber.ac.uk/library/UVBlockingpolytunnels.pdf>

Mortensen & Stromme, 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. *Scientia horticulturae* 33: 27-36.

Mutwiwa U. and Tantau H., 2005. Suitability of a UV Lamp for Trapping Greenhouse Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hom: Aleyrodidae. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Vol. VII. Manuscript BC 05 004. September, 2005.

Mutwiwa U.N., Tantau H.J., von Elsner B., Max J., 2007. Effects of NIR-Reflection Greenhouse Cooling on Blossom-End Rot and Fruit Cracking in Tomato (*Solanum lycopersicum*, L.). The African Journal of Horticultural Sciences (AJHS) Vol. 1.

Obeid D., 2006. Thesis: Consequences of the use of UV blocking materials on the operation of the greenhouse biosystem (application to IPM in tomato cultivation *Lycopersicon esculentum* Mill), Abstract.

Polston J.E. and Lapidot M., 2007. Management of Tomato Yellow Leaf Curl Virus: US and Israel Perspectives. H. Czosnek (ed.), Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease, 251–262. © 2007 Springer.

Rapisarda C., Tropea Garzia G., Cascone G., Mazzarella R., Colombo A. and Serges T. (2006). UV-absorbing Plastic Films for the control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) and Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD) on Protected Cultivations in Sicily (South Italy).

Raviv M. and Antignus Y., 2004. UV Radiation effects on Pathogens and Insect Pests of Greenhouse – Grown Crops. Photochemistry and Photobiology, Mar 2004.

Sargent , S.A. and Moretti , C.L. 2003. Tomato. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist & Nursery Crops (3rd Edition). USDA/ARS, Washington.

Sase S., Christianson L.L., 1990. Screening greenhouses – some engineering considerations. Paper No. NABEC 90-201. ASAE / Northeast Agri./Bio. Eng. Conf. Penn State Univ. July 29–Aug 1 1990.

Smith H., 1982. Light quality, photoreception and plant strategy. Annual Review of plant Physiology, 33, 481-518.

Sonneveld P.J., Holterman H.J., Swinkels G.L.A.M., van Tuijl B.A.J., Bot G.P.A., 2007. Solar Energy Delivering Greenhouse with an Integrated NIR filter. Greensys 2007, October 4-6, Naples, Italy.

Sonneveld P.J., Swinkels G.L.A.M., Kempkes F., van Campen J., Bot G.P.A., 2006. Greenhouse with an Integrated NIR Filter and a Solar Cooling System. Acta Hort. (ISHS) 719: 123-130.

Taylor M.D. and Locascio S.J., 2004. Blossom-End Rot: A Calcium Deficiency. Journal of Plant Nutrition. V. 27, N.1 / 2004, 123 – 139.

The California Tomato Board. Ripening stages for tomatoes. USDA visual aid. 1975.

Toor R.K., Savage G.P. and Lister C.E., (2006). Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *J Food Comp Anal*, 19: 1–10

Waaijenberg D., 2000. Additives make greenhouse films universally effective. *FlowerTech* 3(7) 8-11.

Winic D., 2000. Impact of light wavelength on photosynthetic rate in *Arabidopsis thaliana*.

Zoltán P., Lajos H., 2004. The effect of daily temperature on truss flowering rate of tomato. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Volume84, Issue 13, p 1671 - 1674.