

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ**  
**ΣΠΟΥΔΩΝ**

**"Μελέτη της επίδρασης των δικτυών σκίασης σε υπαίθρια  
καλλιέργεια τομάτας"**

**Μεταπτυχιακή διατριβή**

**Δημήτριος Γ. Χριστάλης**

**Βόλος, 2009**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ .....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1. Ηλιακή ακτινοβολία.....   | 7         |
| 2.1.1. Μικρού Μήκους Κύματος Ακτινοβολία.....  | 7         |
| 2.1.2. Μεγάλου Μήκους Κύματος Ακτινοβολία – Μακρινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία..   | 9         |
| 2.2. Σημασία του φωτισμού και της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη και την παραγωγή<br>υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας .....                | 10        |
| 2.2.1. Φωτοσύνθεση.....  | 10        |
| 2.2.2. Βλαστική ανάπτυξη .....   | 13        |
| 2.2.3. Άνθηση και ανάπτυξη αναπαραγωγικών οργάνων και καρπών .....   | 14        |
| 2.2.4. Σημασία του φωτισμού και της θερμοκρασίας στην ποιότητα των καρπών .....  | 15        |
| 2.3. Αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται στην καλλιέργεια από<br>υψηλή ηλιακή ακτινοβολία .....                          | 18        |
| 2.3.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά των δικτύων σκίασης.....   | 18        |
| 2.3.2. Χρήση δικτύων σκίασης για τροποποίηση της ακτινοβολίας<br>και της θερμοκρασίας και επίδραση στη φωτοσύνθεση.....              | 20        |
| 2.3.3. Χρήση δικτύων σκίασης για τροποποίηση του χρωματικού<br>φάσματος και επίδραση στις φυσιολογικές δραστηριότητες του φυτού..... | 20        |
| 2.3.4. Άλλες χρήσεις σύνθετων δικτύων σκίασης.....   | 23        |
| 2.4. Επίδραση της σκίασης στην αύξηση και ανάπτυξη λαχανοκομικών<br>καλλιεργειών.....  | 26        |
| 2.5. Επίδραση της σκίασης στη διαμόρφωση του μικροκλίματος στο επίπεδο της<br>καλλιέργειας .....                                     | 29        |
| 2.6. Ποιότητα καρπού και μετρήσιμα χαρακτηριστικά του .....  | 31        |
| 2.6.1. Σάκχαρα στον καρπό .....  | 31        |
| 2.6.2. Χρώμα καρπού.....   | 34        |
| 2.6.3. Λυκοπένιο στον καρπό .....  | 40        |
| <b>3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....</b>   | <b>42</b> |
| 3.1. Υλικά και μέθοδοι.....  | 42        |
| 3.1.1. Πειραματική διάταξη .....   | 42        |
| 3.1.2. Καλλιέργεια τομάτας κατά το καλοκαίρι 2007 .....  | 44        |
| 3.1.3. Καλλιέργεια τομάτας κατά το καλοκαίρι 2008 .....  | 46        |
| 3.2. Μετρήσεις .....   | 50        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.2.1. Κλιματικές μετρήσεις .....   | 50         |
| 3.2.2. Βιολογικές μετρήσεις.....  | 52         |
| 3.2.2.1. Μετρήσεις βάρους συγκομισμένων δειγμάτων καρπών.....                 | 53         |
| 3.2.2.2. Μετρήσεις όγκου συγκομισμένων δειγμάτων καρπών.....                  | 53         |
| 3.2.2.3. Μετρήσεις διαστάσεων συγκομισμένων δειγμάτων καρπών .....            | 55         |
| 3.2.2.4. Μετρήσεις επιφάνειας σκασιμάτων συγκομισμένων δειγμάτων καρπών ..... | 56         |
| 3.2.2.5. Μετρήσεις αντίστασης σάρκας συγκομισμένων δειγμάτων καρπών .....     | 57         |
| 3.2.2.6. Μετρήσεις οξύτητας χυμού συγκομισμένων δειγμάτων καρπών.....         | 58         |
| 3.2.2.7. Μετρήσεις περιεχομένων σακχάρων συγκομισμένων δειγμάτων καρπών.....  | 59         |
| 3.2.2.8. Μετρήσεις χρώματος σάρκας συγκομισμένων δειγμάτων καρπών.....        | 60         |
| <b>4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>                                       | <b>64</b>  |
| 4.1. Κλιματικά δεδομένα .....   | 64         |
| 4.2. Βιολογικά δεδομένα.....  | 76         |
| 4.2.1. Δεδομένα βάρους .....  | 76         |
| 4.2.2. Δεδομένα όγκου.....  | 78         |
| 4.2.3. Δεδομένα διαστάσεων .....  | 80         |
| 4.2.4. Δεδομένα σκασιμάτων.....   | 82         |
| 4.2.5. Δεδομένα αντίστασης σάρκας .....                                       | 84         |
| 4.2.6. Δεδομένα περιεχομένων σακχάρων στο χυμό καρπού (Brix%).....            | 86         |
| 4.2.7. Δεδομένα οξύτητας στο χυμό καρπού (pH).....                            | 89         |
| 4.2.8. Δεδομένα χρώματος καρπών .....   | 91         |
| <b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>  | <b>100</b> |
| <b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>  | <b>104</b> |

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τομάτα (*Lycopersicon esculentum*) ανήκει στην Οικογένεια *Solanaceae*. Το γένος *Lycopersicon* είναι ένα σχετικά μικρό γένος της οικογένειας *Solanaceae*. Η καλλιεργούμενη τομάτα αναφέρεται συνήθως ως *Lycopersicon esculentum*, αλλά επίσης χρησιμοποιούνται και τα εναλλακτικά ονόματα *Solanum lycopersicon* και *Lycopersicon lycopersicon*. Οι καρποί από διάφορα συγγενή είδη του γένους *Lycopersicon* (*L. pimpinellifolium*, *hirsutum*, *chilense*, *peruvianum*, *pennellii* κ.ά.) δεν τρώγονται αλλά αυτά τα είδη αποτελούν δεξαμενή γονιδίων για βελτίωση (ειδικά για αντοχή σε προσβολές από εχθρούς και ασθένειες) των καλλιεργούμενων ποικιλιών.

Κατάγεται από τις χαμηλές περιοχές των Άνδεων και καλλιεργήθηκε από τους Αζτέκους στο Μεξικό, οι οποίοι της έδωσαν την ονομασία "tomati" που σημαίνει "σαρκώδες φρούτο". Στην Ευρώπη μαζί με το καλαμπόκι, την πατάτα και την πιπεριά ήρθε στις αρχές του 16<sup>ου</sup> αι. και αρχικά καλλιεργήθηκε ως καλλωπιστικό φυτό. Στα τέλη του 18<sup>ου</sup> αι. άρχισε να καλλιεργείται στην Ευρώπη για βρώση και στην Ελλάδα από το 1918. Το χρώμα των καρπών από τις πρώτες ποικιλίες που έφθασαν στην Ευρώπη ήταν κίτρινο, για το λόγο αυτό και ο Ιταλός βοτανολόγος Mattioli, το 1544, την ονόμασε "mala aurea", δηλαδή "χρυσό μήλο". Το 1554 έφθασε στην Ευρώπη η πρώτη κόκκινη ποικιλία. Την ίδια χρονιά, ο Ολλανδός βοτανολόγος Dodoens έκανε την πρώτη αναλυτική περιγραφή του καρπού.

Η τομάτα αποτελεί βασικό συστατικό της διατροφής μας αφού, εκτός της ελκυστικής της γεύσης, αποτελεί κι έναν άριστο προμηθευτή βιταμινών και στοιχείων απαραίτητων για τον ανθρώπινο οργανισμό. Εξάλλου, η τομάτα λόγω της περιεκτικότητάς της σε λυκοπένιο βοηθάει την καρδιά, τα αγγεία και στην πρόληψη της αρτηριοσκλήρωσης, αφού το λυκοπένιο ως αντιοξειδωτική ουσία καταπολεμά και τα φαινόμενα γήρανσης του οργανισμού. Επίσης, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητάς της σε βιταμίνη C (2 μέτριες τομάτες περιέχουν τα 2/3 της ημερήσιας ανάγκης του ανθρώπινου οργανισμού σε βιταμίνη C) βοηθάει και το ανοσοποιητικό μας σύστημα (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1: Χημική ανάλυση και ποσοστιαία σύνθεση καρπών τομάτας.**

| <b>ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ 100 gr. ΚΑΡΠΟΥ ΤΟΜΑΤΑΣ (Πηγή: Nutritiondata.com)</b>           |         |                       |         |               |        |   |        |
|---|---------|-----------------------|---------|---------------|--------|---|--------|
| Βρώσιμο τμήμα   | 100%    | Λιπίδια               | 0,2 gr. | Νιασίνη       | 0,9 mg | Κάλιο                                   | 268 mg |
| Νερό  | 94 gr.  | Υδατάνθρακες          | 2,8 gr. | Βιταμίνη Α    | 42 mg  | Φωσφόρο                                 | 26 mg  |
| Ενέργεια  | 17 Kcal | Βιταμίνη Β1           | 0,03 mg | Βιταμίνη C    | 25 mg  | Ασβέστιο                                | 11 mg  |
| Πρωτεΐνες   | 1.2 gr. | Βιταμίνη Β2           | 0,03 mg | Νάτριο        | 17 mg  | Σίδηρο                                  | 0,4 mg |
| <b>ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ (%) ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ (Πηγή: Emin Yilmaz, 2000)</b> |         |                       |         |               |        |   |        |
| Φρουκτόζη   | 25      | Μαλικό οξύ            | 4       | Κελουλόζη     | 6      | Ασκορβικό οξύ                           | 0,5    |
| Γλυκόζη   | 22      | Πρωτεΐνη              | 8       | Ημί-κελουλόζη | 4      | Χρωστικές                               | 0,4    |
| Σακχαρόζη   | 1       | Δικαρβοξυλικό αμινοξύ | 2       | Μεταλλικά     | 8      | Άλλα αμινοξέα, βιταμίνες & πολυφαινόλες | 1      |
| Κιτρικό οξύ   | 9       | Πηκτικές ουσίες       | 7       | Λιπίδια       | 2      | Πτητικές ουσίες                         | 0,1    |

Η τομάτα καλλιεργείται πλέον σχεδόν σε όλα τα μήκη και πλάτη του κόσμου. Το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιεργείται στην Ευρώπη, στην Ασία και στην Αμερική. Στην Ελλάδα η συνολική έκταση που καλλιεργείται με τομάτες έρχεται δεύτερη μετά την πατάτα. Το 53,8% της έκτασης αυτής καλλιεργείται με τομάτες που προορίζονται για μεταποίηση, το 39,8% είναι υπαίθρια καλλιέργεια για νωπή κατανάλωση και το 6,4% της έκτασης είναι καλλιέργεια σε θερμοκήπια και χαμηλά σκέπαστρα (Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας). Σύμφωνα με τα στοιχεία της Γενικής Γραμματείας Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος το 2006 η έκταση της τομάτας που καλλιεργήθηκε ήταν 336.000 στρέμματα, ενώ για το έτος 2007 ήταν 329.000 στρέμματα με αντίστοιχη παραγωγή για το 2006 τους 1.507.553 τόνους και για το 2007 τους 1.460.642 τόνους (Πίνακας 2).

**Πίνακας 2: Εκτάσεις καλλιέργειας τομάτας και παραγωγή κατά τα έτη 2006-2007.**

| <b>ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΧΙΛΙΑΔΕΣ ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ 2006-2007</b> |           |           |           |            |         |
|--|-----------|-----------|-----------|------------|---------|
|  | 2006      | 2007      | Πεδινές   | Ημιορεινές | Ορεινές |
| Τομάτα   | 336       | 329       | 229       | 63         | 38      |
| <b>ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ 2006-2007</b>                          |           |           |           |            |         |
|  | 2006      | 2007      | Πεδινές   | Ημιορεινές | Ορεινές |
| Τομάτα   | 1.507.553 | 1.460.642 | 1.069.665 | 277.667    | 113.310 |

Η καλλιέργεια της υπαίθριας τομάτας αρχίζει από τα μέσα περίπου της άνοιξης, διαρκεί όλο το καλοκαίρι και τελειώνει το αργότερο μέσα φθινοπώρου. Όμως, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης φτάνει σε πολύ υψηλές τιμές. Οι επιπτώσεις στην παραγωγή είναι

εμφανείς μέσω της ποιοτικής υποβάθμισης των παραγομένων καρπών, λόγω ηλιοκαυμάτων. Οι πολύ υψηλές εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζουν αρνητικά τόσο την αύξηση όσο και την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Αρκετές βιβλιογραφικές αναφορές σχετίζονται με πειράματα που έχουν διεξαχθεί σε νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη από αυτό της Ελλάδας. Επίσης, μελέτες της επίδρασης μειωμένου φωτισμού στην καλλιέργεια αναφέρονται σε συνθήκες θερμοκηπίου και για μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, όπου ο παράγοντας "φως" είναι συνήθως περιοριστικός.

Σε νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη για την αντιμετώπιση της υπερβολικής ακτινοβολίας, οι καλλιέργειες προστατεύονται με την ανάρτηση ειδικών διχτύων σκίασης, τα οποία τοποθετούνται πάνω από αυτές. Ένας άλλος τρόπος είναι η κατασκευή διχτυοκηπίων μέσα στα οποία καλλιεργούνται τα φυτά. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων διχτύων είναι πολλά (υλικό κατασκευής, πυκνότητα πλέξης, % σκίασης κ.ά.).

Στην Ελλάδα η χρήση των διχτύων σκίασης στις υπαίθριες καλλιέργειες έχει αρχίσει τα τελευταία χρόνια. Όμως, η επιλογή του διχτυού σκίασης (ποσοστό σκίασης, χρώμα κ.ά.) γίνεται εμπειρικά, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα της μείωση της ποσότητας και της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων.

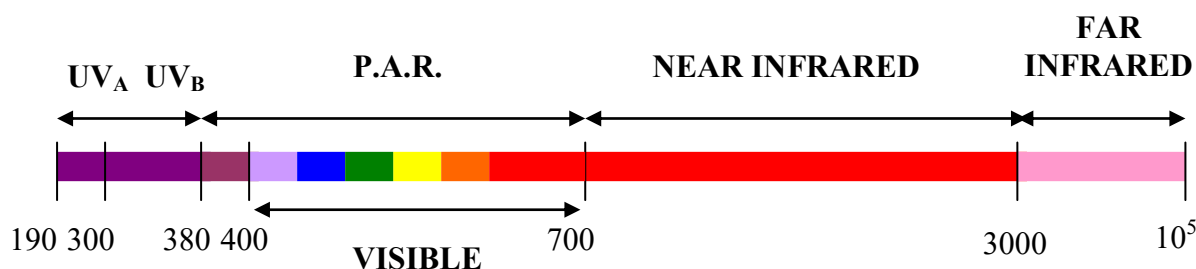
Χωρίς την προστασία από την υπερβολική ηλιακή ακτινοβολία, είναι βέβαιη η ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση της παραγωγής των υπαίθριων καλλιεργειών τομάτας, με άμεση αρνητική επίπτωση στην οικονομική απόδοση της καλλιέργειας. **Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης διαφόρων διχτύων σκίασης στην παραγωγή υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας.**

## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

### 2.1. Ηλιακή ακτινοβολία (Solar Radiation)

Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει στα φυτά την απαραίτητη ενέργεια για την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, επηρεάζει τη φυσιολογική διαδικασία της διαπνοής και επιπλέον θερμαίνει τον αέρα του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται. Αυτή η διαδικασία καθορίζει το μικροκλίμα στο χώρο μεταξύ των φυτών της καλλιέργειας.

Ανάλογα με το εύρος φάσματος, η συνολική ακτινοβολία ( $200\text{-}10^5$  nm) χωρίζεται σε: μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία (περιλαμβάνει την υπεριώδη ακτινοβολία Α και Β, τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (τιμήμα της είναι και η ορατή ακτινοβολία) και την κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία) και μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (περιλαμβάνει τη μακρινή υπέρυθη ακτινοβολία) (Σχήμα 1):



Σχήμα 1: Γραφική απεικόνιση της κατανομής της Συνολικής Ηλιακής Ακτινοβολίας.

#### 2.1.1. Μικρού Μήκους Κύματος Ακτινοβολία, Short Wavelength Radiation (200-3.000 nm)

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

- Άμεση: Μεταδίδεται σε ευθεία γραμμή με κατεύθυνση από τον ήλιο προς την γη σε παράλληλες ακτίνες. Αποτελεί το 62% περίπου της συνολικής ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας.
- Διαχεόμενη (διάχυτη ή έμμεση): Περιλαμβάνει την ανακλώμενη ακτινοβολία από τα σύννεφα, τα αιωρούμενα σωματίδια του αέρα, τα

μόρια της ατμόσφαιρας και άλλες επιφάνειες. Φτάνει στην επιφάνεια της γης από διάφορες κατευθύνσεις. Αποτελεί το 38% περίπου της συνολικής ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας.

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

**i. Υπεριώδης Ακτινοβολία, Ultra Violet Radiation (190-380 nm)(9% της ολικής)**

Άμεσα αυτή η ακτινοβολία ασκεί μικρή επίδραση στο χρωματισμό των καρπών κάποιων φυτών ενώ έμμεσα παρεμποδίζει την ορθή όραση διαφόρων εχθρών – εντόμων με αποτέλεσμα τη μείωση των προσβολών στα φυτά.

**ii. Ορατό Φως, Visible Light (400-700 nm) (41% της ολικής)**

Είναι η περιοχή της ακτινοβολίας που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι. Το μέγιστο της ευαισθησίας του ανθρώπινου ματιού είναι στην περιοχή του κίτρινου. Η ενέργεια αυτής της περιοχής είναι που απορροφάται από τους χλωροπλάστες και την μετατρέπουν σε χημική. Τα μέγιστα της απορρόφησης της χλωροφύλλης παρατηρούνται στην περιοχή του κόκκινου και του μπλε. Η περιοχή αυτή είναι η σημαντική για την φωτοσύνθεση και αναφέρεται "Φωτοσυνθετικά Ενεργή Ακτινοβολία" (PAR, Photo synthetically Active Radiation ). Η καλύτερη μονάδα μέτρησης που χαρακτηρίζει την ενέργεια που προσφέρεται από τον ήλιο για φωτοσύνθεση είναι η πυκνότητα ροής φωτονίων (Photon Flux Density, PFD,  $mol/m^2s$ ) για το εύρος μήκους κύματος από 400 έως 700 nm (McCree, 1972). Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί ανομοιόμορφη κατανομή της PAR στη φυλλική επιφάνεια ενός φυτού, υποβαθμίζοντας έτσι τον μέσο ρυθμό φωτοσύνθεσης αυτής της επιφάνειας (Bakker et al., 1995).

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

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

Μέτρηση της PAR γίνεται με αισθητήρες φωτονίων.



### **iii. Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία, Near Infrared Radiation (700-3.000 nm) (50% της ολικής)**

Αυτό το τμήμα του ηλιακού φάσματος συμμετέχει σημαντικά στη θέρμανση των φυτών. Επίσης είναι πολύ σημαντικό για την επιμήκυνση των βλαστών και για τη μορφογένεση. Η απορροφούμενη χρωστική στην περιοχή του κόκκινου είναι το φυτόχρωμα και το κρυπτόχρωμα. Το τελευταίο επηρεάζεται και από την ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε.

### **2.1.2. Μεγάλου Μήκους Κύματος Ακτινοβολία – Μακρινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία, Far Infrared Radiation (3.000-10<sup>5</sup> nm)**

Μόνο 2% της ηλιακής ακτινοβολίας είναι στο μήκος κύματος της περιοχής αυτής. Όμως, κάθε επιφάνεια πάνω στη γη που έχει τη συνήθη θερμοκρασία εκπέμπει μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Για το λόγο αυτό είναι η επικρατούσα ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της νύχτας. Έμμεσα επιδρά στη θέρμανση των φυτών κατά τις βραδινές ώρες.

## 2.2. Σημασία του φωτισμού και της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη και την παραγωγή υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας

### 2.2.1. Φωτοσύνθεση

Ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από τους εξής κλιματικούς παράγοντες:

1. Θερμοκρασία του αέρα (υψηλή και χαμηλή).
2. Ένταση και ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο φυτό.
3. Επίπεδο του CO<sub>2</sub> στον αέρα που περιβάλλει το φυτό (για υπαίθρια καλλιέργεια σταθερό).

Για την μέγιστη καθαρή φωτοσύνθεση ολόκληρου του φυτού υπάρχει ένα εύρος άριστων θερμοκρασιών, αλλά η αντίδραση της μέγιστης καθαρής φωτοσύνθεσης στην θερμοκρασία είναι μικρή και η άριστη τιμή θερμοκρασίας είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη ένταση του φωτός. Επίσης, η αντίδρασή της στην θερμοκρασία εξαρτάται από το γενότυπο. Άριστες τιμές θερμοκρασίας θεωρούνται μεταξύ 25 και 30 °C (Atherton and Rudich, 1996). Η προσομοιωμένη φωτοσύνθεση αυξάνεται μόλις 6% όταν η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 20 στους 30 °C, με CO<sub>2</sub> στα 350 μmol/mol και PAR στα 1500 mol/m<sup>2</sup>s (Bakker et al, 1995). Επίσης, το σύνολο της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας, το CO<sub>2</sub> του αέρα και η ατμοσφαιρική υγρασία είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης (Benton Jones, 1999).

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

Υψηλή στοματική αγωγιμότητα επιδρά θετικά στο ρυθμό της φωτοσύνθεσης, λόγω αυξημένης δυνατότητας πρόσληψης CO<sub>2</sub>. Ανοίγοντας και κλείνοντας τα στομάτια τα φυτά μπορούν να ελέγχουν την πρόσληψη CO<sub>2</sub> και την απώλεια H<sub>2</sub>O. Η υγρασία επηρεάζει την στοματική αγωγιμότητα (gs). Υψηλές υγρασίες οδηγούν σε υψηλές τιμές gs. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην στοματική αγωγιμότητα συγχέεται συνήθως με την αντίδραση στην υγρασία. Γενικώς, μπορεί να διατυπωθεί η

άποψη ότι η αγωγιμότητα ακολουθεί την αύξηση της θερμοκρασίας με την προϋπόθεση ότι αναφερόμαστε σε καλά ποτισμένα φυτά (Bakker et al, 1995). Η στοματική αγωγιμότητα  $g_s$  αυξάνεται αυξανόμενης της ηλιακής ακτινοβολίας μέχρις όμως ανωτάτου ορίου.

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

Η φωτοσυνθετική ικανότητα ( $P_{nmax}$ , = φωτοσύνθεση σε περιβάλλον με ατμοσφαιρικό  $CO_2$  και κορεσμένο σε φωτεινή ενέργεια) ενός φύλλου μπορεί να ποικίλει κατά την καλλιεργητική περίοδο, καθώς τα φύλλα προσαρμόζονται στις εναλλασσόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος. Έχει βρεθεί γραμμική συσχέτιση μεταξύ στοματικής αγωγιμότητας  $g_s$  και  $P_{nmax}$ . Υψηλή  $P_{nmax}$  και αντιστοίχως υψηλή  $g_s$  συναντώνται σε υψηλά επίπεδα φωτισμού και θρεπτικών στοιχείων, ενώ αντίθετα χαμηλές τιμές απαντώνται σε μεγάλης ηλικίας φύλλα και σε περιπτώσεις δραστηριότητας μικρής αναλογίας.

Φωτοκορεσμός (saturation point) για τη τομάτα επέρχεται μεταξύ 600 και 800  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ , τιμή που δεν διαφέρει σημαντικά από άλλα C3 φυτά. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης είναι γραμμικός για τα C3 φυτά για το εύρος 250-900  $\text{MJ}/\text{m}^2$ . Ένα φυτό τομάτας μπορεί να μεγαλώνει πολύ καλά σε συνεχές φως μεταξύ 400 και 500  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ .

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

Είναι αποδεδειγμένο ότι η πολύ υψηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την παραγωγή τομάτας, όπως επίσης και η χαμηλή ένταση φωτισμού. Επιπλέον, υψηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των φύλλων, γεγονός που περιορίζει την φωτοσυνθετική λειτουργία του φυτού (Benton Jones, 1999).

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρούνται υψηλής έντασης ακτινοβολίες, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα και των φύλλων, το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα και της καλλιέργειας – αέρα. Αντιθέτως, η υγρασία της ατμόσφαιρας και η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων μειώνονται. Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα στομάτια, μέσω της λειτουργίας τους, ασκούν προστατευτικό ρόλο ενάντια στην αφυδάτωση των φύλλων. Έτσι τα φυτά οδηγούνται σε μείωση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης λόγω μείωσης της διάχυσης του CO<sub>2</sub> διαμέσου των στοματίων. Μείωση της αγωγιμότητας των στοματίων και του επιφανειακού στρώματος των φύλλων στην διάχυση του CO<sub>2</sub> του αέρα προς το εσωτερικό των φύλλων από 0,0046 σε 0,0028 m/s, οδήγησε σε μείωση κατά 8% του προσομοιωμένου CO<sub>2</sub> που αφομοιώνεται από τη φυλλική επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας ημέρας με καθαρό ουρανό και κατά 1% μια νεφοσκεπή ημέρα (Bakker et al, 1995).

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

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

Το φαινόμενο οφείλεται στον υπερκορεσμό του φωτοσυνθετικού μηχανισμού από φωτεινή ενέργεια. Σε συνθήκες υπερβολικά υψηλού φωτισμού, η αφομοίωση CO<sub>2</sub> περιορίζεται από την ικανότητα βιοχημικών αντιδράσεων, όπως της μεταφοράς e<sup>-</sup> και του κύκλου του Calvin. Το φως που απορροφάται από το σύμπλεγμα χρωστικών – κεραίων (antenna pigment) υπερβαίνει την ικανότητα των ενεργειακά τροφοδοτούμενων αντιδράσεων να την χρησιμοποιήσουν και, ως εκ τούτου, η

περίσσεια ενέργειας διατίθεται για φωτοχημικές αντιδράσεις που οδηγούν στο σχηματισμό τοξικών φωτοπροϊόντων (ανιόν υπεροξειδίου του O<sub>2</sub>, υδροξυλική ρίζα και ελεύθερο O<sub>2</sub>). Αυτά έχουν την ικανότητα ν' αντιδρούν με άλλα μόρια τα οποία και οδηγούν σε οξειδωτική αποδόμηση και το φαινόμενο ονομάζεται οξειδωτική φωτοαποδόμηση. Με τον τρόπο αυτό αποδομούνται λιπίδια, πρωτεΐνες, νουκλεϊνικά οξέα και χλωροφύλλες. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ότι σε σύντομο χρονικό διάστημα τα φωτοευαίσθητα φυτά παρουσιάζουν εκτεταμένες ζημιές με ξεθωριασμένα ή ακόμη και νεκρά φύλλα (Mohr and Schopfer, 1995).

### 2.2.2. Βλαστική ανάπτυξη

Όταν η ημερήσια ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη από 2 MJ/m<sup>2</sup>d, φυτά με ίδιο ξηρό βάρος έχουν και ίδιο ύψος (Atherton and Rudich, 1996). Πτώση κάτω από αυτό το όριο γενικώς αυξάνει την επιμήκυνση του κυρίως βλαστού σε βάρος άλλων οργάνων του φυτού με αποτέλεσμα το σχηματισμό υδαρούς, λεπτότερου και επιμήκους κυρίως στελέχους με αυξημένο ποσοστό παρεγχύματος. Σε συνθήκες πολύ χαμηλού φωτισμού το μήκος του κυρίως στελέχους μειώνεται, λόγω περιορισμού της φωτοσύνθεσης και ως εκ τούτου περιορίζεται και η αύξηση και η ανάπτυξη ολόκληρου του φυτού. Επίσης, αυξανόμενη της θερμοκρασίας αυξάνεται και ο ρυθμός επιμήκυνσης του κυρίως βλαστού (Atherton and Rudich, 1996). Ο κυρίως βλαστός γίνεται λεπτότερος, με μεγαλύτερο ποσοστό παρεγχύματος και αυξημένη περιεκτικότητα νερού. Η επιμήκυνση του στελέχους νεαρών φυτών καθορίζεται από τη θερμοκρασία της ημέρας (κατά την ηλιοφάνεια). Μεγαλύτερης ηλικίας φυτά επιδεικνύουν θερμοπεριοδισμό. Η άριστη θερμοκρασία νύκτας για παραγωγικά φυτά (υψηλότερα από 40 cm) είναι 13-18 °C, ενώ για νεαρά φυτά είναι 30 °C.

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

### 2.2.3. Άνθηση και ανάπτυξη αναπαραγωγικών οργάνων και καρπών

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

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

Το καλοκαίρι που η ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, το πρώτο άνθος ανοίγει 40 ημέρες, μετά από την επιμήκυνση της κοτυληδόνας και ανεξάρτητα από την συνολική προσληφθείσα ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να επηρεάσει τον χρόνο άνθησης μέσω της επίδρασης στο χρόνο του σχηματισμού της ταξιανθίας σε επίπεδο μεριστώματος και στο ρυθμό ανάπτυξης των ανθέων (Atherton Rudich, 1996). Τα παραπάνω οφείλονται στην αύξηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και στην αύξηση της θερμοκρασίας των φυτικών ιστών που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Η υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας, ιδίως για τη γεωγραφική θέση και τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες του Ν. Μαγνησίας, αρχίζει το Μάιο και τελειώνει το αργότερο αρχές με μέσα Οκτώβρη. Αυτή την περίοδο παρατηρούνται συχνά ακραίες θερμοκρασίες οι οποίες είναι ο πιο πιθανός καταστρεπτικός (περιοριστικός) περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει την επικονίαση και την γονιμοποίηση

στην υπαίθρια καλλιέργεια. Υψηλή θερμοκρασία νύχτας (>26 °C) ή υψηλή θερμοκρασία (>40 °C) κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι πολύ καταστρεπτικές για την παραγωγή γύρης, τη ζωτικότητα, τη βλαστικότητα, τη προσκόλλησή της στο στίγμα και το ρυθμό αύξησης του γυρεοσωλήνα και ως εκ τούτου και της γονιμοποίησης του άνθους (Atherton and Rudich, 1996). Για το λόγο αυτό έχουν παραχθεί γενετικώς ανεκτικές σε αυτές τις θερμοκρασίες (heat-tolerant) ποικιλίες. Εκτός αυτού, η υπαίθρια καλλιέργεια είναι ένα λιγότερο εντατικό σύστημα και ως εκ τούτου χαμένοι καρποί και διακύμανση του μεγέθους των παραγόμενων καρπών είναι δυο γεγονότα που είναι μέσα στα ανεκτά όρια.

#### 2.2.4. Σημασία του φωτισμού και της θερμοκρασίας στην ποιότητα των καρπών

Θερμοκρασίες ημέρας μεγαλύτερες των 30°C κατά τη περίοδο ωρίμανσης των καρπών, σε συνδυασμό με έντονη ηλιοφάνεια, προκαλούν υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών. Το φαινόμενο είναι εντονότερο στους καρπούς ποικιλιών με αραιό φύλλωμα. Οι φυσιολογικές ανωμαλίες των καρπών που οφείλονται στην επίδραση υψηλής έντασης ηλιακής ακτινοβολίας και πολλές φορές σε υψηλό θερμοκρασιακό καθεστώς εκδηλώνονται συνήθως με:

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



Εικόνα 1. Καρποί ντομάτας με σχίσσιμο

Για την αποφυγή του σχισίματος προτείνονται τα ακόλουθα μέτρα:

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

**2. Ηλιακό έγκαυμα ή ηλιοκαυμα (Sunscald, Solar Injury):** Συμβαίνει κυρίως λόγω της μακροχρόνιας έκθεσης του καρπού στην άμεση και υψηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία, εμφανίζεται στην επιφάνειά του μια αποχρωματισμένη, λαμπερή κηλίδα με λεπτά τοιχώματα (Εικόνα 2). Συμβαίνει κυρίως όταν ο καρπός είναι πράσινος, γιατί είναι περισσότερο ευαίσθητος οπότε και η υποβάθμισή του είναι δραματική. Ωστόσο, μπορεί να συμβεί και κατά την ωρίμανσή του σε μικρότερο βαθμό χωρίς να είναι ευδιάκριτο κατά την συλλογή, αλλά να εμφανιστεί μετασυσλλεκτικά με την 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 ποιότητα του. Έτσι, αν το εκτεθειμένο στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία τμήμα ενός καρπού ξεπεράσει τους 40 °C, τότε αποκτά το χαρακτηριστικό χρωματισμό του ηλιακού εγκαύματος (Benton Jones, 1999).



Εικόνα 2. Καρποί και φύλλα ντομάτας με ηλιακό έγκαυμα

**3. Ξηρή ή μαύρη σήψη κορυφής (Blossom – End Rot) (BER):** Προκαλείται στεγνή ξήρανση στο αντίθετο άκρο του ποδίσκου του καρπού, αρχικά ανοικτού καφέ και τελικώς μαύρου χρώματος (Εικόνα 3). Πιθανώς οφείλεται σε απορρόφηση από τα



φύλλα νερού που περιέχεται στους καρπούς. Η συνήθης αιτία είναι η ανεπάρκεια ασβεστίου (Ca) συνδυασμένη με υδατικό στρες. Αυξημένη εμφάνιση ξηρής σήψης κορυφής συμβαίνει και σε περιπτώσεις υψηλών επιπέδων αλατότητας (Ολύμπιος, 2001), ενώ συμβαίνει και σε περιπτώσεις υψηλής διαθεσιμότητας αμμωνίου ( $\text{NH}_4$ ), ως πηγή αζώτου (Benton Jones, 1999). Αυτή η φυσιολογική ανωμαλία δεν οφείλεται στις καλοκαιρινές κλιματικές συνθήκες, αλλά αναφέρεται λόγω της μεγάλης συχνότητας εμφάνισής της.

**4. Παραμόρφωση (Cat face):** Σ' αυτή την περίπτωση ο καρπός παραμορφώνεται στην αντίθετη από τον ποδίσκο μεριά με την εμφάνιση υπερπλασιών και ανωμαλιών (Εικόνα 4). 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).



**Εικόνα 3. Καρποί ντομάτας με ξηρή ή μαύρη σήψη κορυφής**



**Εικόνα 4. Καρπός ντομάτας με παραμόρφωση**

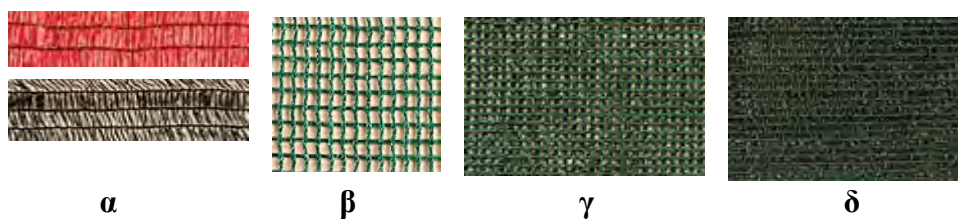
## **2.3. Αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται στην καλλιέργεια από υψηλή ηλιακή ακτινοβολία**

### **2.3.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά των δίχτων σκίασης**

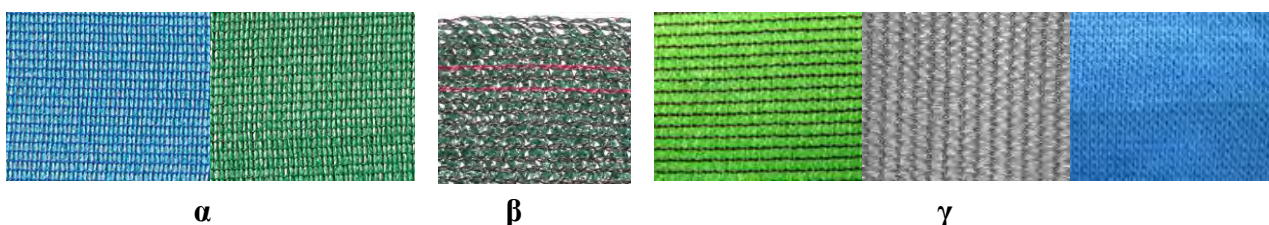
Σήμερα βρίσκονται σε χρήση πολλοί τύποι δίχτων σκίασης με διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά και οπτικές ιδιότητες. Εκτός βέβαια από την προστασία των φυτών από την υπερβολικά υψηλής έντασης ακτινοβολία, με την χρήση ειδικών δίχτων, λόγω του χρωματισμού τους, είναι δυνατόν να ελεγχθούν φυσιολογικές δραστηριότητες, όπως η "κυριαρχία κορυφής", η επιμήκυνση και η φωτομορφογένεση.

Τα δίχτυα σκίασης μπορεί να κατασκευαστούν από μονόκλωνα-μονόινα νήματα πολυαιθυλενίου (PE) ή πολυπροπυλενίου (PP). Τα νήματα είναι διαφόρων χρωμάτων όπως μαύρο, πράσινο, λευκό, μπλε και κίτρινο (Εικόνες 5 και 6). Αυτά πλέκονται μεταξύ τους, αφήνοντας ποικίλο αριθμό οπών ανά m<sup>2</sup>. Τα δίχτυα μπορεί να είναι μονόχρωμα ή δίχρωμα, ανάλογα με τα νήματα που χρησιμοποιούνται. Ο πιο συνηθής συνδυασμός νημάτων είναι πράσινου και μαύρου χρώματος. Το ποσοστό σκίασης που επιφέρουν, σε συνδυασμό με το φάσμα του φωτός που επιτρέπουν να περάσει διαμέσω αυτών, εξαρτάται από την πυκνότητα των οπών και το χρώμα των νημάτων.

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



**Εικόνα 5.** Διάφοροι τύποι δίχτυων: α) Δίχτυ για καλλιέργεια ντομάτας και πιπεριάς. Παρέχει σκίαση γύρω στο 40%, σε κόκκινο και μαύρο χρώμα. β) Ελαφρύ δίχτυ αντιανεμικό και σκίασης 30% για προστασία εντός θερμοκηπίου. γ) Αραιό, μεσαίο αντιανεμικό δίχτυ και σκίασης 35% για κάλυψη θερμοκηπίων και καλλιέργειών καρπουζιών, σε χρώμα πράσινο και μαύρο. δ) Πυκνό δίχτυ με μεγάλη αντιανεμική προστασία και σκίαση 60-75%, σε χρώμα μαύρο και πράσινο.



**Εικόνα 6.** Διάφοροι τύποι δίχτυων: α) Πυκνό δίχτυ με μεγάλη αντιανεμική προστασία και σκίαση 60-75%, σε χρώμα μπλε και πράσινο. β) Δίχτυ για χρήση ως αντιανεμικό φράγμα για περιοχές παραθαλάσσιες, σκίασης 90% και για ειδικές καλλιέργειες. γ) Δίχτυ υψηλών αντοχών με σκίαση 90% σε χρώμα πράσινο, γκρι και μπλε.

Τα σημαντικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά των δίχτυων είναι:

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

Οι σημαντικότερες οπτικές ιδιότητες των δίχτυων είναι:

- ✓ Η περατότητα (%).
- ✓ Η απορροφητικότητα (%).
- ✓ Η ανακλαστικότητα (%).

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

### **2.3.2. Χρήση διχτυών σκίασης για τροποποίηση της ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας και επίδραση στη φωτοσύνθεση**

Η κάλυψη της καλλιέργειας με ειδικά δίχτυα σκίασης χρησιμοποιείται για την ελάττωση της υπερβολικής ακτινοβολίας που προσπίπτει σ' αυτήν. Η χρήση ωστόσο των διχτυών επιφέρει και μείωση της διάχυτης ακτινοβολίας που οδηγεί σε αναλογική μείωση της PAR ακτινοβολίας. Το γεγονός αυτό μπορεί, να έχει αρνητική επίδραση στην φωτοσύνθεση των φυτών εάν είναι πολύ μεγάλη η μείωση της ακτινοβολίας. Σε μία ηλιόλουστη καλοκαιρινή ημέρα, όπου η μέγιστη τιμή της ενέργειας της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας φτάνει τα  $900\text{W/m}^2$  το μεσημέρι, μειώνοντάς την κατά  $200\text{ W/m}^2$  επέρχεται μείωση της PAR κατά 9% και της υπολογισμένης ημερήσιας φωτοσύνθεσης του φυτού κατά 3,5% (Bakker et al, 1995). Ωστόσο, άλλοι παράγοντες όπως η προσαρμοστικότητα των φυτών και η αυξημένη υγρασία κάτω από την κάλυψη, μπορούν να επιδράσουν θετικά στη επίδοσή του και να περιορίσουν την αρνητική επίδραση στη φωτοσύνθεση.

Χρησιμοποιώντας τα δίχτυα σκίασης μπορεί να επιτευχθεί και μείωση της υπερβολικής θερμοκρασίας της καλλιέργειας, η οποία ευνοεί τη φωτοσυνθετική λειτουργία (Raveh et al, 2003). Η μειωμένη θερμοκρασία φύλλων της καλλιέργειας φέρνει το ρυθμό καθαρής αφομοίωσης (NAR) των φύλλων πιο κοντά στο άριστο εύρος θερμοκρασιών και μειώνει το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών οδηγώντας σε αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας των φύλλων, τουλάχιστον κατά τις μεσημβρινές ώρες.

### **2.3.3. Χρήση διχτυών σκίασης για τροποποίηση του χρωματικού φάσματος και επίδραση στις φυσιολογικές δραστηριότητες του φυτού**

Οι οπτικές ιδιότητες των φύλλων οδήγησαν στην κατασκευή διχτυών διαφόρων χρωμάτων. Χρησιμοποιώντας κόκκινα, μπλε, πράσινα ή μαύρα δίχτυα πιθανότατα να επηρεάζεται το φυτόχρωμα και το κρυπτόχρωμα των φυτών με άμεσες συνέπειες στην ανάπτυξή τους. Το μόριο φυτοχρώματος βρίσκεται σε δύο καταστάσεις μετατροπής του φωτός, καλούμενες ως Pfr και Pr, οι οποίες έχουν μια μέγιστη απορρόφηση στην περιοχή του μακρινού ερυθρού, στα 730 nm και στην περιοχή του ερυθρού, στα 660 nm, αντίστοιχα. Η παροχή ακτινοβολίας στα φυτά με υψηλά επίπεδα φωτός στο μακρινό ερυθρό αυξάνει το ποσοστό του μορίου σε

κατάσταση Pr, ενώ με υψηλά επίπεδα φωτός στο ερυθρό αυξάνει το ποσοστό του μορίου σε κατάσταση Pfr (Khattak et al, 2004). Η χλωροφύλλη απορροφάει την ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε, του πορτοκαλί και του κόκκινου. Η ακτινοβολία στην περιοχή του πράσινου και του κίτρινου ακτινοβολείται ή ανακλάται από την επιφάνεια των φύλλων.

Τα χρωματιστά δίκτυα μπορούν να τροποποιήσουν το λόγο του ερυθρού (600-700 nm) : μακρινό ερυθρό (700-800 nm) (R:FR). Αύξηση του λόγου αυτού ευνοεί την έκπτυξη πλαγίων βλαστών, ενώ μειώνει το ρυθμό επιμήκυνσης αυτών (Smith, 1982). Μείωση του λόγου μειώνει τη φυλλική επιφάνεια και την τάση δημιουργίας πλάγιας βλάστησης, ενώ αυξάνει την "κυριαρχία κορυφής" και το ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών. Επίσης, μπορούν να τροποποιήσουν το λόγο της μπλε (350-500 nm) : ερυθρή (600-700 nm) (B:R) και της μπλε (350-500 nm) : μακρινή ερυθρή (700-800 nm) ακτινοβολία (B:FR), επηρεάζοντας έτσι τη μορφογενετικά ενεργή ακτινοβολία (Morphogenetic Active Radiation) (Εικόνα 7). Το μπλε φως και ο λόγος R:FR ρυθμίζουν ανεξάρτητα την αύξηση, με ποικίλη σπουδαιότητα σε διάφορα είδη φυτών. Σε άλλα είδη, ένα περιβάλλον μακρινού ερυθρού (FR) μπορεί να καταστείλει ή να προαγάγει την άνθηση και την περαιτέρω ανάπτυξη του άνθους (Runkle and Heins, 2002).

Τα κόκκινα δίκτυα αλλάζουν το φάσμα του φωτός που μεταδίδεται στα υπό κάλυψη φυτά ελαττώνοντας την ακτινοβολία στο φάσμα του μπλε, του κίτρινου και του πράσινου και αυξάνοντάς την, αναλογικά με τα προηγούμενα, στο φάσμα του ερυθρού και του υπέρυθρου. Επειδή κάτω από συνθήκες κόκκινου φωτός επιταχύνεται η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών, η φυλλική επιφάνεια αυτών αυξάνεται, οι βλαστοί τους έχουν μεγαλύτερο μήκος και διάμετρο και ο όγκος του φυλλώματος είναι μεγαλύτερος σε σχέση με φυτά που αναπτύσσονται κάτω από λευκό φως (Εικόνα 7).

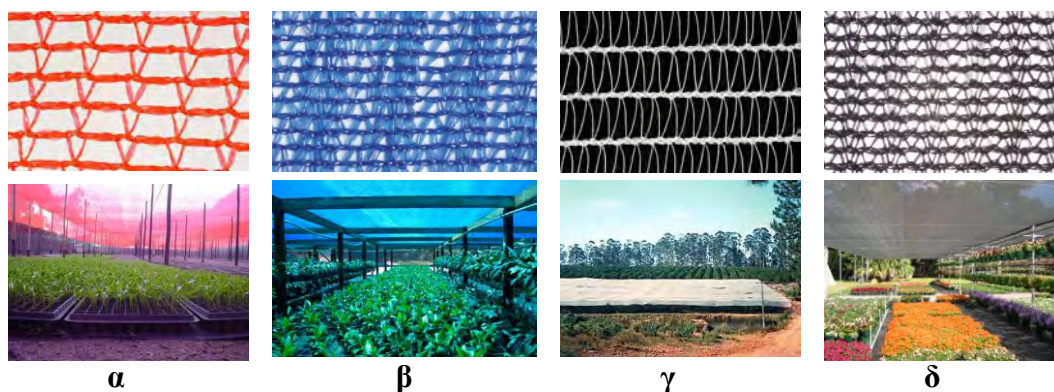
Τα μπλε χρώματος δίκτυα αλλάζουν το φάσμα του φωτός που μεταδίδεται στα υπό κάλυψη φυτά, αυξάνοντας αναλογικά την ακτινοβολία στο φάσμα του μπλε και ελαττώνοντάς την στο φάσμα του ερυθρού και του υπέρυθρου. Επειδή κάτω από συνθήκες μπλε φωτός επιβραδύνεται η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών, αυτά αποκτούν πιο συμπαγή μορφή και το φύλλωμά τους είναι σκούρου πράσινου χρώματος. Επίσης, ένα ευρύ φάσμα γλαστρικών φυτών μεταχειρίζεται με χημικούς ρυθμιστές για να δώσει συμπαγή, υψηλής ποιότητας φυτά. Στη γλαστρική καλλιέργεια γαρδένιας η χρήση των χημικών επιβραδυντών αύξησης είναι μια

τυποποιημένη πρακτική για να ελεγχθεί η επιμήκυνση των μίσχων που απαιτείται για την παραγωγή συμπαγών φυτών. Οι ψεκασμοί με daminozide, chlormequat chloride, ή paclobutrazol, μειώνουν το ύψος των φυτών, αλλά πρέπει να επαναλαμβάνονται τακτικά, κάτι το οποίο αυξάνει το κόστος παραγωγής των φυτών και συμβάλλει στην περιβαλλοντική ρύπανση. Φωτοεκλεκτικά πλαστικά φιλμ, με απορροφούσες (ή ανακλούσες) χρωστικές ουσίες στο ερυθρό ή στο μακρινό ερυθρό, θα μπορούσαν να παράσχουν μια σχετικά ανέξοδη μη χημική εναλλακτική λύση για τον έλεγχο της αύξησης των καλλιεργειών (Rajapake et al, 1999). Σε φυτά που παράγουν άνθη, το μπλε φως καθυστερεί την άνθηση, με αποτέλεσμα ο καλλιεργητής να προγραμματίζει το χρόνο άνθησης ανάλογα με τις εποχιακές απαιτήσεις της αγοράς, αλλά και λόγω του συμπαγούς μεγέθους των φυτών, μειώνεται και ο όγκος του μεταφερόμενου προϊόντος (Εικόνα 7).

Όταν μοσχεύματα γαρδένιας (*Gardenia jasminoides* Ellis) που ριζοβόλησαν κάτω από φιλμ φωτοεκλεκτικού πολυαιθυλενίου (Photo selective Polyethylene, P-PE) έλαβαν φως με υψηλό λόγο κοντινού ερυθρού : μακρινό ερυθρό (R:FR) και υψηλό λόγο μπλε : κόκκινο (B:R) ήταν κατά 68,7% πιο κοντά και είχαν 21% μικρότερη φυλλική επιφάνεια σε σχέση με τα μοσχεύματα που ριζοβόλησαν κάτω από απλό φιλμ πολυαιθυλενίου (Common Polyethylene, C-PE). Ομοίως, φυτά που ριζοβόλησαν και στη συνέχεια αυξήθηκαν κάτω από χαμηλά τούνελ καλυμμένα με φιλμ P-PE, σε σχέση με φυτά που ριζοβόλησαν και που αυξήθηκαν κάτω από φιλμ C-PE, ήταν 59% κοντύτερα, είχαν κατά 85% μικρότερη φυλλική επιφάνεια, είχαν κατά 89% μικρότερο νωπό βάρος και κατά 86% μικρότερο ξηρό βάρος, ενώ δεν παρήγαγαν πλευρικούς βλαστούς (Lykas et al, 2008). Ένας από τους περιορισμούς των φωτοεκλεκτικών φιλμ πολυαιθυλενίου (P-PE) είναι ότι μειώνουν τη φωτοσυνθετική πυκνότητα ροής φωτονίων (PPFD) επιδρώντας στο ποσοστό φωτοσύνθεσης των φυτών. Επιπλέον, η ένταση και η ποιότητα του φωτός σχετίζεται με την πλευρική διακλάδωση και με άλλες μορφολογικές προσαρμογές, οι οποίες είναι πολύ σημαντικές για την καλοσχηματισμένη, συμπαγή παραγωγή φυτών.

Τα δίχτυα λευκού χρώματος έχουν τη ιδιότητα να διαχέουν την άμεση ακτινοβολία, προσφέροντας πάνω από 80% διάχυτη ακτινοβολία στην υποκείμενη καλλιέργεια. Έτσι προσφέρεται περισσότερη ενέργεια για την φωτοσύνθεση σε φυτικά μέρη που δεν φωτίζονταν από την άμεση ακτινοβολία, όπως τα χαμηλότερα φύλλα της φυλλικής επιφάνειας. Ως εκ τούτου αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης, οδηγώντας σε μεγαλύτερη αύξηση και ανάπτυξη με αποτέλεσμα τη

βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Η διάχυτη ακτινοβολία προάγει την ανάπτυξη δευτερευόντων βλαστών σε πολλά φυτικά είδη και είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για φυλλώδη προϊόντα (Εικόνα 7).



**Εικόνα 7. Διάφοροι τύποι δικτύων σκίασης και παραδείγματα χρήσης αυτών:  
α) Κόκκινο β) Μπλε γ) Λευκό δ) Γκρίζο**

Τα γκρίζα δίχτυα χρησιμοποιούνται κυρίως σε υπαίθριες καλλιέργειες οπωροκηπευτικών, αλλά και για τη σκίαση θερμοκηπίων (Εικόνα 7).

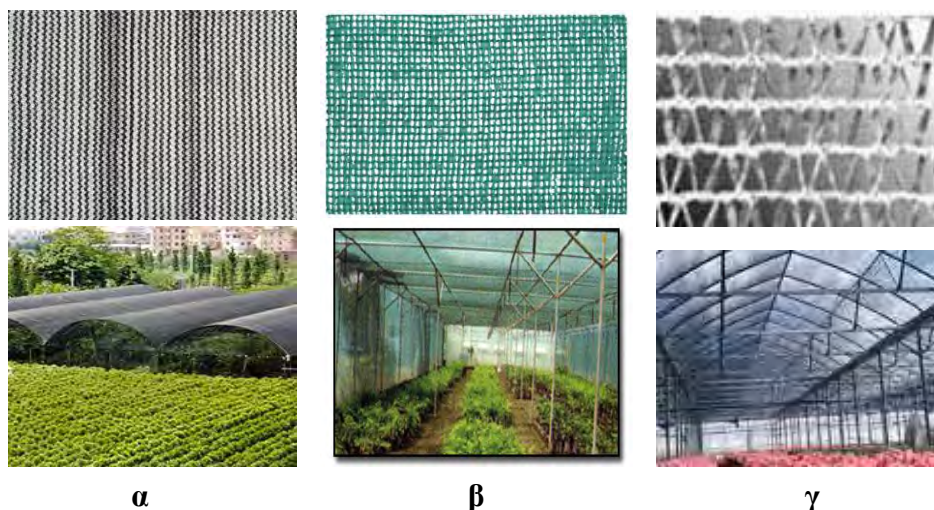
#### **2.3.4. Άλλες χρήσεις σύνθετων δικτύων σκίασης**

Εκτός από τα "απλά" δίχτυα πολυαιθυλενίου και πολυπροπυλενίου, χρησιμοποιούνται και επαλουμινωμένα δίχτυα PE. Τα δίχτυα αυτά διαχέουν μεγάλο ποσοστό (περίπου 70%) της άμεσης ακτινοβολίας αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης. Τα δίχτυα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εξωτερικά για την κάλυψη θερμοκηπίων αλλά και δικτυοκηπίων. Επειδή αντανακλούν την ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά τους, μπορούν και να χρησιμοποιηθούν και για εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια και δικτυοκήπια. Εξαιτίας των παραπάνω, χρησιμοποιούνται και για αντιπαγετική προστασία θερινών λαχανικών κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε θερμότερα κλίματα απ' αυτό της Ελλάδας (Teitel et al, 1996). Είναι και αυτά ανακυκλώσιμα και ανθεκτικά στην UV ακτινοβολία (Εικόνα 8).

Τα δίχτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για αντιπαγετική και για αντιχαλαζική προστασία όπως και για ανεμοθραύστες, καθώς η παράλληλη ανάρτησή τους με το έδαφος βοηθάει στην αποτροπή ζημιών από παγετό (Teitel et al, 1996). Αυτό συμβαίνει γιατί μειώνουν το καθαρό ποσό της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από το έδαφος προς τον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας,

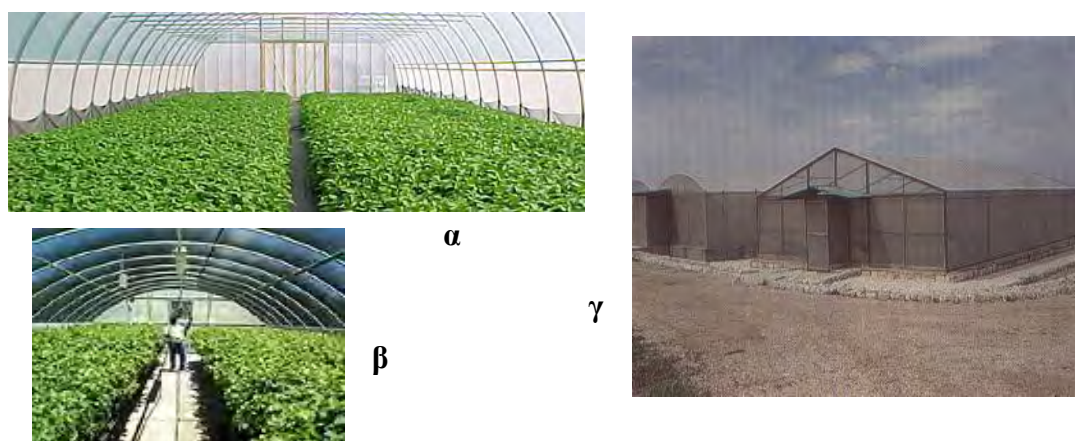


διατηρώντας τη θερμοκρασία των φυτών υψηλότερη, όταν αυτά είναι κάτω από τα δίχτυα. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την μείωση της καθαρής ακτινοβολίας είναι η περατότητα του δικτυού, οι οπτικές του ιδιότητες και η αναλογία της επιφάνειας του δικτυού προς την επιφάνεια του εδάφους που καλύπτει. Όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό σκίασης του δικτυού τόσο πιο αποτελεσματική η προστασία που προσφέρει, αλλά και μεγαλύτερη η παρεμπόδιση φωτοσυνθετικής λειτουργίας.



**Εικόνα 8. Διάφοροι τύποι δικτυών σκίασης και παραδείγματα χρήσης αυτών: α) Μαύρο β) Πράσινο γ) Επαλουμινιωμένο**

Τα δίχτυα σκίασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία αρκετών ειδών καλλιεργούμενων φυτειών από την υπερβολική ηλιακή ακτινοβολία (Πίνακας 3). Μπορούν να αναρτηθούν επάνω από την καλλιέργεια και παράλληλα με την επιφάνεια του εδάφους ή να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή δικτυοκηπίων (Εικόνες 9 και 10).



**Εικόνα 9. Περιπτώσεις εφαρμογής δικτυών σκίασης: α) Λευκό σε τοξωτό θερμοκήπιο β) Μαύρο σε τοξωτό δικτυοκήπιο γ) Γκρίζο σε διάφορους τύπους δικτυοκηπίων**





α

β

γ

δ

Εικόνα 10: Περιπτώσεις εφαρμογής δικτύων σκίασης: α) Μαύρο, χαμηλού ποσοστού σκίασης σε τοξωτό δικτυοκήπιο, β) Λευκό σε πολλαπλό αμφίρρηκτο θερμοκήπιο, γ) Λευκό σε πολλαπλό τοξωτό δικτυοκήπιο, δ) Μαύρο, χαμηλού ποσοστού σκίασης σε υπαίθρια γλαστρική καλλιέργεια

Πίνακας 3. Ενδεικτικές καλλιέργειες όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν δίχτυα σκίασης (στοιχεία ενδεικτικά, όχι απαραίτητα προσαρμοσμένα στην Ελλάδα), (Πηγή Ρηγάκης Ν., 2005)

| Πλέξη νημάτων %           | 20                        | 20    | 30                    | 30    | 50                       | 50    | 50      |
|---------------------------|---------------------------|-------|-----------------------|-------|--------------------------|-------|---------|
| Χρώμα                     | Μαύρο                     | Λευκό | Μαύρο                 | Λευκό | Μαύρο                    | Λευκό | Πράσινο |
| Σκίαση %                  | 20                        | 8     | 30                    | 12    | 50                       | 16    | 42      |
| Βάρος/m <sup>2</sup>      | 56                        | 56    | 65                    | 65    | 120                      | 120   | 120     |
| Φασόλια                   | 0                         | 0     | 0                     | 0     | 0                        | 1     | 0       |
| Σέλινο                    | 0                         | 0     | 1                     | 0     | 0                        | 0     | 0       |
| Αγγούρι                   | 0                         | 0     | 0                     | 0     | 0                        | 1     | 0       |
| Μαρούλι                   | 0                         | 0     | 0                     | 0     | 0                        | 1     | 0       |
| Τομάτα                    | 0                         | 0     | 3                     | 4     | 0                        | 1     | 0       |
| Διάφορα λαχανικά          | 0                         | 0     | 3                     | 4     | 0                        | 1     | 0       |
| Μήλα                      | 2                         | 1     | 2                     | 0     | 0                        | 0     | 0       |
| Σταφύλια                  | 2                         | 1     | 0                     | 0     | 0                        | 0     | 0       |
| Ροδάκινα                  | 2                         | 1     | 0                     | 3     | 0                        | 0     | 0       |
| Δαμάσκηνα                 | 2                         | 1     | 0                     | 3     | 0                        | 0     | 0       |
| Φράουλες                  | 2                         | 1     | 0                     | 3     | 0                        | 0     | 0       |
| Φτέρη                     | 0                         | 0     | 0                     | 0     | 0                        | 0     | 4       |
| Γλαστρικά φυτά            | 0                         | 0     | 0                     | 0     | 1                        | 0     | 4       |
| Τριανταφυλλιά             | 4                         | 1     | 0                     | 0     | 0                        | 0     | 0       |
| Γαρφαλλιά                 | 0                         | 0     | 0                     | 2     | 0                        | 0     | 0       |
| Χρυσάνθεμο                | 0                         | 0     | 1                     | 0     | 0                        | 0     | 0       |
| <b>1</b>                  | <b>2</b>                  |       | <b>3</b>              |       | <b>4</b>                 |       |         |
| <b>Απαιτείται η χρήση</b> | <b>Συνιστάται η χρήση</b> |       | <b>Αποτελεσματικό</b> |       | <b>Προαιρετική χρήση</b> |       |         |

#### 2.4. Επίδραση της σκίασης στην αύξηση και ανάπτυξη λαχανοκομικών καλλιεργειών

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

Όταν ένα φύλλο μεγαλώνει κάτω από συνθήκες υψηλού ημερήσιου φωτισμού κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του, σε επίπεδο μεριστώματος και κατά την πρώιμη επέκτασή του, είναι συνήθως παχύτερο με μικρότερη επιφάνεια και ως εκ τούτου το φυτό έχει μικρότερη ειδική φυλλική επιφάνεια (Charles-Edwards and Ludwig, 1975). Τα φύλλα από φυτά που μεγαλώνουν σε περιβάλλοντα με διαφορετική ακτινοβολία έχουν διαφορετικές καμπύλες αντίδρασης στο φως. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φωτοπροσαρμογή (light adaptation). Φύλλα προσαρμοσμένα σε συνθήκες χαμηλού ημερήσιου φωτισμού έχουν περιορισμένη καθαρή φωτοσύνθεση και το αντίθετο. Η πρόσληψη  $CO_2$  από τα φύλλα, ανά μονάδα νωπού βάρους, σε φυτά προσαρμοσμένα σε υψηλής έντασης φωτισμό, μειώθηκε κατά τρεις φορές σε σχέση με εκείνη φυτών που ήταν προσαρμοσμένα σε χαμηλής έντασης φωτισμό. Όμως η πρόσληψη  $CO_2$  από τα φύλλα, ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας δεν επηρεάστηκε σημαντικά για τα πιο πάνω περιβάλλοντα ανάπτυξης. Επομένως, το πάχος και η δομή των φύλλων που οφείλονται στις συνθήκες φωτισμού, εξηγούν ένα μόνο μέρος της προσαρμοστικότητας των φύλλων, διότι τα φύλλα που είναι

προσαρμοσμένα σε χαμηλό φωτισμό προσαρμόζονται σε συνθήκες υψηλού φωτισμού μέσα σε διάστημα 8 ημερών. Το αντίθετο όμως καθυστερεί περισσότερο.

Οι ρυθμοί καθαρής αφομοίωσης (Net Assimilation Ratio  $\text{g}_{(\text{Ξηρό Βάρος Φύλλων})}/\text{m}^2\text{d}$ ) ήταν υψηλότεροι και συνεχώς αυξανόμενοι στα ασκίαστα φυτά αγγουριάς, στα πρώτα στάδια της αύξησής τους και μέχρι την συγκομιδή του πρώτου καρπού. Στην συνέχεια ο ρυθμός σταθεροποιήθηκε στα  $7,5 \text{ g}_{(\text{Ξηρό Βάρος Φύλλων})}/\text{m}^2 \text{ d}$  και  $5 \text{ g}_{(\text{Ξηρό Βάρος Φύλλων})}/\text{m}^2 \text{ d}$  για τα σκιασμένα και τα ασκίαστα φυτά αντίστοιχα. Οι χαμηλότερες μέσες τιμές του ρυθμού καθαρής αφομοίωσης των σκιασμένων φυτών δείχνουν ότι αυτά λειτούργησαν λιγότερο αποτελεσματικά σε συνθήκες μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας και προσπάθησαν να αντισταθμίσουν αυτό το αρνητικό γεγονός αυξάνοντας τη φυλλική τους επιφάνεια σε βάρος του ριζικού τους συστήματος.

Σε φυτά τομάτας η εφαρμογή σκίασης 30% δέκα μέρες μετά την μεταφύτευση επηρέασε σημαντικά το μήκος του στελέχους και τη φυλλική επιφάνεια, ενώ δεν επέφερε καμία επίδραση στον αριθμό των φύλλων και στην παρεμπόδιση της PAR (Abdel-Mawgoud et al, 1996 και Heuvelink, 1995a). Η σκίαση μείωσε σημαντικά την συνολική ξηρά ουσία.

Σε φυτά τομάτας ο αριθμός ημερών από την σπορά έως την εμφάνιση ανθέων αυξανόταν, όσο αυξανόταν το ποσοστό της εφαρμοζόμενης σκίασης (EL-Gizawy et al, 1992). Για παράδειγμα, όταν η εφαρμοζόμενη σκίαση ήταν σε ποσοστό 63%, τότε η εμφάνιση του 1<sup>ου</sup> άνθους καθυστερούσε 4-6 ημέρες. Παρόμοια συμπεράσματα ισχύουν και για την πιπεριά (Jeon and Chung, 1982).

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

Η αυξανόμενη σκίαση των φυτών τομάτας, μέχρι του ορίου του 15%, αύξησε τον αριθμό των καρπών ανά φυτό και την συνολική παραγωγή (EL-Gizawy et al, 1992). Η μέγιστη παραγωγή καρπών ανά  $\text{m}^2$  προήλθε από τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε σκίαση σε ποσοστό 35%. Επίσης, αναφέρεται θετική επίδραση και στα φυσικά χαρακτηριστικά των καρπών. Καρποί μεγαλύτερου βάρους, διαμέτρου και όγκου προήλθαν από φυτά τα οποία σκιαζόταν σε ποσοστό 35% ενώ σε ποσοστά σκίασης μεγαλύτερα του 51% τα μεγέθη αυτών των χαρακτηριστικών μειώθηκαν.

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

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

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

## 2.5. Επίδραση των δίχτυων σκίασης στη διαμόρφωση του μικροκλίματος στο επίπεδο της καλλιέργειας

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

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

Οι επιδράσεις της κάλυψης με επαλουμινιωμένα δίχτυα πολυπροπυλενίου, τόσο θερμοκηπιακής όσο και υπαίθριας καλλιέργειας *Citrus sinensis*, παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Medina et al, 2002 και Cohen et al, 1997). Χαμηλότερες θερμοκρασίες φύλλων και περιβάλλοντος οδήγησαν σε μείωση του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών της καλλιέργειας, η οποία αύξησε τη στοματική αγωγιμότητα και την αφομοίωση CO<sub>2</sub> και στις δύο περιπτώσεις. Ιδιαίτερα κατά τις μεσημεριανές ώρες, οπότε λόγω της αυξημένης διαπνοής, η οποία προάγεται από τις υψηλές θερμοκρασίες του αέρα και των φύλλων, παρατηρείται πάντα μείωση της στοματικής αγωγιμότητας. Η μείωση αυτή δεν παρατηρήθηκε στα φυτά που ήταν κάτω από τα δίχτυα σκίασης, πιθανότατα λόγω των χαμηλότερων διαφορών της θερμοκρασίας καλλιέργειας – αέρα.

Μετρήσεις στο φάσμα της ακτινοβολίας έδειξαν ότι στην περιοχή του μπλε και του πράσινου υπήρξε μείωση από τα 0,60 W/m<sup>2</sup>nm που καταγράφηκαν στην υπαίθρια μεταχείριση σε 0,45 W/m<sup>2</sup>nm στο δίχτυοκήπιο του 15% σκίασης και σε 0,22 W/m<sup>2</sup>nm στο δίχτυοκήπιο του 40% σκίασης (Smith et al, 1984). Αναλογικώς χαμηλότερα ήταν και τα ποσά της ακτινοβολίας στην περιοχή του κόκκινου, όπου

καταγράφηκαν  $0,29 \text{ W/m}^2\text{nm}$ ,  $0,20 \text{ W/m}^2\text{nm}$  και  $0,09 \text{ W/m}^2\text{nm}$ , αντίστοιχα για τα παραπάνω περιβάλλοντα. Η μείωση της ακτινοβολίας που παρείχαν τα διχτυοκήπια με ποσοστό σκίασης 15% και 40% ήταν σχεδόν σταθερή για όλα τα μήκη κύματος από 400-760 nm.

Μετρήσεις με το φασματοραδιόμετρο (spectroradiometer) έδειξαν ότι η διαπερατότητα των επαλουμινιωμένων ανακλαστικών διχτυών (reflective aluminized nets) ήταν ανεξάρτητη του μήκους κύματος της ακτινοβολίας (Raveh et al, 2003).

Μείωση 30% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε καλλιέργεια *Citrus sinensis* προκάλεσε μεγάλη αύξηση στη στοματική αγωγιμότητα των φύλλων (Cohen et al, 1997). Η αυξημένη αγωγιμότητα των φύλλων που εμφανίζονταν στα σκιασμένα φυτά ήταν θετικά συσχετισμένη με τη σημαντική μείωση του ελλείμματος κορεσμού της καλλιέργειας, καθώς και του αέρα που παρατηρήθηκε κάτω από τα δίχτυα. Αυτές οι επιδράσεις στο μικροκλίμα είχαν ως επακόλουθο την αύξηση του ρυθμού καθαρής αφομοίωσης  $\text{CO}_2$ .

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

## 2.6. Ποιότητα καρπού και μετρήσιμα χαρακτηριστικά του

Αποτελεί πάγια τακτική η μέτρηση κάποιων μακροσκοπικών ποιοτικών και ποσοτικών φυσικών χαρακτηριστικών των καρπών, ειδικά όταν πρόκειται για τομάτες, ώστε να γνωρίζει τόσο ο παραγωγός όσο και ο καταναλωτής την καταλληλότητα του διακινούμενου προϊόντος. Τα χαρακτηριστικά του καρπού που μπορούν πολύ εύκολα να μετρηθούν και που επηρεάζουν άμεσα τη γρήγορη και απρόσκοπτη διακίνηση του προϊόντος είναι το βάρος, ο όγκος, οι διαστάσεις (αποτελούν παράγοντα ένδειξης ομοιομορφίας στο σχήμα του καρπού), η επιφάνεια που καταλαμβάνουν πιθανά σκασίματα ή άλλες δυσπλασίες του καρπού και η σκληρότητα της σάρκας (επηρεάζει τη νωπή κατανάλωση του προϊόντος). Υπάρχουν βέβαια και φυσικά χαρακτηριστικά του καρπού που και αυτά αποτελούν στοιχεία καταλληλότητας του προϊόντος, αλλά δεν είναι εύκολη η μέτρησή τους λόγω των εξοπλισμών που απαιτούνται και που είναι κάπως δύσκολο να διαθέτει τόσο ο παραγωγός όσο κι ο καταναλωτής. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η οξύτητα του χυμού (η ελκυστική τομάτα αφήνει μια ελαφρώς όξινη γεύση), η περιεκτικότητα του χυμού σε σάκχαρα (μια κατάλληλη τομάτα προς βρώση έχει ελαφρώς γλυκιά γεύση) και τέλος ο ενδεδειγμένος χρωματισμός, ο οποίος προσελκύει οπτικά τον καταναλωτή, αλλά και αποτελεί ένα επιπλέον μέτρο σύγκρισης ως προς την ωριμότητα του καρπού και την ικανότητά του να παρέχει στον άνθρωπο τα θρεπτικά στοιχεία από την κατανάλωσή του (π.χ. λυκοπένιο).

### 2.6.1. Σάκχαρα στον καρπό

Οι δειγματοληψίες για τη μέτρηση του περιεχόμενου σακχάρου σε διάφορους τύπους φρούτων και λαχανικών πραγματοποιείται για τους ακόλουθους λόγους:

A) Πλεονεκτήματα για τους παραγωγούς:

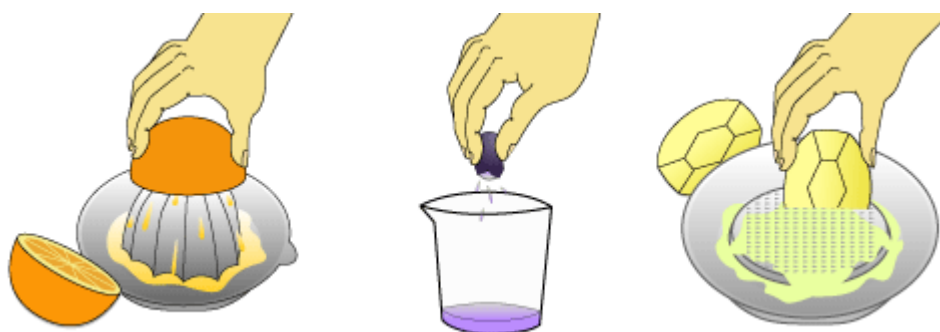
1. Καθορισμός του καταλληλότερου χρόνου συγκομιδής.
2. Διασφάλιση της καλύτερης δυνατής ποιότητας και γεύσης φρούτων και λαχανικών που διοχετεύονται στην κατανάλωση.
3. Προσφορά των πλέον εύγευστων φρούτων, όπου αυτό είναι επιθυμητό.
4. Ρύθμιση της ποσότητας νερού και λίπανσης μέσω της παρακολούθησης του περιεχόμενου σακχάρου στα αναπτυσσόμενα φυτά

5. Χρήση για τον προσδιορισμό της γλυκιάς γεύσης κατά την εξαγωγή χυμού από φρούτα και λαχανικά για την παρασκευή κονσερβοποιημένων ή νωπών χυμών.

Β)Πλεονεκτήματα κατά τη διακίνηση στην αγορά:

Η περιεκτικότητα των φρούτων σε σάκχαρο υποδηλώνει τη γλυκιά τους γεύση. Κατά την πώληση, ο καταναλωτής δύναται να πληροφορείται το κατά πόσον τα φρούτα και λαχανικά είναι φρέσκα (και διαθέτουν γλυκιά γεύση). Όταν η περιεκτικότητα σε σάκχαρο αναγράφεται σε ταμπελάκια, ο καταναλωτής θα γνωρίζει την ποιότητα των προϊόντων που πρόκειται να προμηθευτεί.

Τα δείγματα από τα φρούτα και τα λαχανικά μπορούν να εξαχθούν με αποχύμωση, σύνθλιψη ή απόξεση (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Μέθοδοι εξαγωγής χυμού από φρούτα και λαχανικά: αποχύμωση, σύνθλιψη, απόξεση (με τη σειρά που εμφανίζονται από αριστερά προς τα δεξιά).

Αναλόγως με το φρούτο ή το λαχανικό και από το είδος το οποίο εξάγεται το δείγμα, το ποσοστό Βrix μπορεί να διαφέρει. Για να πραγματοποιηθεί μια ακριβής μέτρηση του ποσοστού σακχάρου από κάποιο φρούτο ή λαχανικό, η εξαγωγή του χυμού πρέπει να γίνει από διαφορετικά μέρη του καρπού και στη συνέχεια να πραγματοποιηθεί καλή ανάμιξη των χυμών που προέρχονται από αυτά (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Παραδείγματα μεθόδων δειγματοληψίας και περιεχόμενου σακχάρου σε διάφορους καρπούς φρούτων και λαχανικών που δοκιμάστηκαν κι εφαρμόζονται από την εταιρία ATAGO CO, LTD. Χρησιμοποιείται η καταλληλότερη μέθοδος, ανάλογα με την περίπτωση.

| Είδος φρούτου ή λαχανικού | Μέθοδος δειγματοληψίας | Μέση περιεκτικότητα σακχάρου  |
|---------------------------|------------------------|---|
| Πορτοκάλι                 | Σύνθλιψη               | 10-14% (ανάλογα με το είδος η περιεκτικότητα σε σάκχαρο μπορεί να ποικίλει από 7-8% τον Ιούλιο και μπορεί να αυξάνεται κατά 1% κάθε μήνα) |
| Γκρέιπφρουτ               | Σύνθλιψη               | 10-11%  |
| Λεμόνι                    | Σύνθλιψη               | 7-8%  |



|                              |  |   |
|------------------------------|--|---|
| Φράουλα                      | Απόξεση  | 8-9%  |
| Σταφύλι                      | Σύνθλιψη   | 10,2-20% (σταφύλια προερχόμενα από τα ανώτερα τμήματα του τσαμπιού μπορεί να περιέχουν μέχρι και 1,5 φορά περισσότερο σάκχαρο σε σχέση με καρπούς από τα κατώτερα τμήματα του τσαμπιού)     |
| Καρπούζι                     | Αποκοπή μικρού τεμαχίου                              | 9-13% (η περιεκτικότητα σακχάρου είναι γενικά υψηλότερη πλησίον του κέντρου του καρπουζιού (καρδιά), ενώ η περιεκτικότητα μειώνεται προς το εξωτερικό και πλησίον του στελέχους (κοτσάνι))  |
| Πεπόνι                       | Αποκοπή μικρού τεμαχίου                              | 13-18% (η περιεκτικότητα σακχάρου είναι γενικά υψηλότερη πλησίον του κέντρου του καρπουζιού (καρδιά), ενώ η περιεκτικότητα μειώνεται προς το εξωτερικό και πλησίον του στελέχους (κοτσάνι)) |
| Ροδάκινο                     | Αποκοπή μικρού τεμαχίου                              | 12-15%  |
| Μάνγκο                       | Αποκοπή μικρού τεμαχίου                              | 10-14%  |
| Ιαπωνικό μούσμουλο           | Μηχανική αποχύμωση                                   | 11-13%  |
| Φρούτο Νέας Ζηλανδίας (kiwi) | Σύνθλιψη   | 13-16%  |
| Μήλο                         | Αποφλοιώση, απόξεση, σύνθλιψη και διήθηση μέσω γάζας | 12-17%  |
| Αχλάδι                       | Αποφλοιώση, απόξεση, σύνθλιψη και διήθηση μέσω γάζας | 11-16%  |
| Ανανάς                       | Αποκοπή μικρού τεμαχίου                              | 14-15%  |
| Κεράσι                       | Απόξεση  | 12-17%  |
| Τομάτα                       | Σύνθλιψη   | 5-7% (πρόσφατα κάποιες ποικιλίες τομάτας είναι πιο γλυκές και μπορεί να περιέχουν μέχρι και 10% σε σάκχαρο)   |
| Ιαπωνικό ραπάνι (άνω τμήμα)  | Αποφλοιώση και σύνθλιψη μέσω γάζας                   | 3-4%  |
| Ιαπωνικό ραδίκι (κάτω τμήμα) | Αποφλοιώση και σύνθλιψη μέσω γάζας                   | 2-3%  |
| Καρότο                       | Αποφλοιώση και σύνθλιψη μέσω γάζας                   | 5-7%  |

|                    |  |        |
|--------------------|--|--------|
| Αγγούρι            | Αποφλοιώση και σύνθλιψη μέσω γάζας                 | 5-7%   |
| Μελιτζάνα          | Αποφλοιώση και σύνθλιψη μέσω γάζας                 | 4-5%   |
| Πράσο (άνω τμήμα)  | Λεπτό τεμάχισμα και σύνθλιψη μέσω γάζας            | 4-5%   |
| Πράσο (κάτω τμήμα) | Μηχανική αποχύμωση                                 | 7-8%   |
| Πράσινη πιπεριά    | Απόξεση και σύνθλιψη                               | 3-5%   |
| Κολοκύθι (γλυκό)   | Σύνθλιψη μέσω γάζας (να μην περιέχονται οι σπόροι) | 19-20% |
| Πατάτα             | Απόξεση και σύνθλιψη μέσω γάζας                    | 4-6%   |
| Πατάτα (γλυκιά)    | Απόξεση και σύνθλιψη μέσω γάζας                    | 8-12%  |
| Καλαμπόκι          | Μηχανική αποχύμωση                                 | 14-17% |

### 2.6.2. Χρώμα καρπού

Στο παρελθόν, το χρώμα στα προϊόντα τομάτας μετρούνταν υποκειμενικά. Συχνά χρησιμοποιούνταν ένας δίσκος χρωματομετρίας Maxwell. Το υπό μέτρηση προϊόν τομάτας συγκρίνονταν με έναν περιστρεφόμενο δίσκο ο οποίος περιελάμβανε κόκκινες, μαύρες και κίτρινες περιοχές. Τα ποσοστά κάθε χρώματος στο δίσκο ποικίλανε μέχρι το χρώμα του περιστρεφόμενου δίσκου να ταίριαζε με αυτό του προϊόντος. Το ποσοστό του κάθε χρώματος στο δίσκο στη συνέχεια καταγράφονταν με σκοπό τον προσδιορισμό του χρώματος του προϊόντος. Τα αποτελέσματα όμως αυτού του τύπου ήταν πολύ αντιφατικά. Ως αποτέλεσμα, οι βιομηχανίες επεξεργασίας τομάτας συμπέραναν ότι ήταν απαραίτητη μια πιο αντικειμενική μέθοδος προσδιορισμού του χρώματος των διαφόρων προϊόντων τομάτας, μια μέθοδος που θα μπορούσε να παρέχει πιο ακριβή μέσα εκτίμησης και διαβάθμισης του χρώματος και της ποιότητας στην τομάτα.

Αντικειμενικές χρωματομετρικές μέθοδοι αναπτύχθηκαν βασιζόμενες σε πρότυπα συγκρίσεων (standard) πολτού τομάτας που παρασκευάστηκαν από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο Davis (UCD). Με βάση τα έτοιμα από το Πανεπιστήμιο πρότυπα βαθμονομείται το όργανο μέτρησης, επίσης κατασκευασμένο από το Πανεπιστήμιο. Το όργανο αυτό χρησιμοποιείται για λήψη μετρήσεων οι οποίες συσχετίζονται με τα χρωματικά πρότυπα του πολτού τομάτας. Τα δείγματα

προετοιμάζονται με βάση τις οδηγίες του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια και τοποθετούνται σε γυάλινα δοχεία δειγματοληψίας. Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε όλα τα γυάλινα δοχεία να είναι του ίδιου κατασκευαστή ώστε οι τιμές μετρήσεων να είναι συγκρίσιμες. Σε κάθε δοχείο, την ώρα της επιλογής, χαράσσεται μια γραμμή ώστε κάθε φορά να μετριέται το περιεχόμενο στο ίδιο βάθος εντός του δοχείου. Κατά τη λήψη των μετρήσεων χρησιμοποιείται μια αδιαφανής ασπίδα φωτός για να αποτραπεί η επίδραση του περιβάλλοντος φωτός στη μέτρηση.

Τον Ιούλιο 2003, το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (United States Department of Agriculture, USDA) ενέκρινε τα μοντέλα ColorFlex 45/0, D25A και LabScan XE της εταιρείας HunterLab ως κατάλληλα για την εκτίμηση και τη διαβάθμιση του χρώματος σε κατεργασμένα προϊόντα τομάτας. Με αυτά τα όργανα, η εταιρεία HunterLab παρέχει πρότυπα συγκρίσεων (standards) βαθμονομημένα σε σχέση με τα πρότυπα του UCD για πολτό τομάτας.

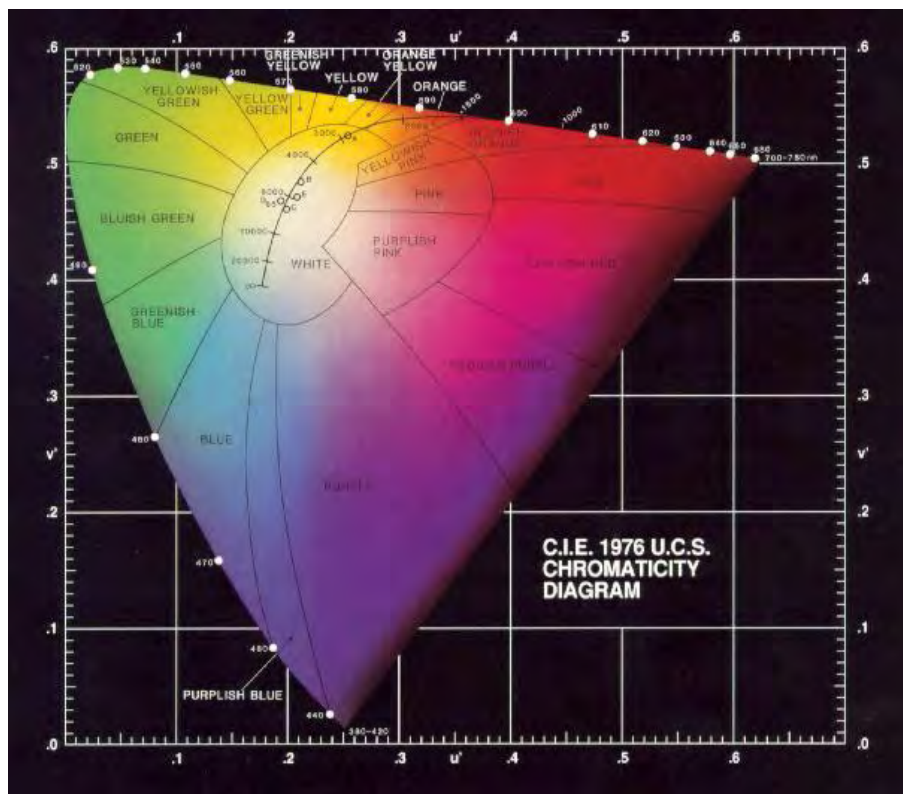
Το ανθρώπινο μάτι ανταποκρίνεται στο φως καθώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ορατού φάσματος του φωτός διεγείρει τους αμφιβληστροειδείς υποδοχείς ή κώνους του ματιού. Ο κάθε κώνος διεγείρεται από διαφορετικό φάσμα και στο ανθρώπινο μάτι υπάρχουν τρεις διαφορετικοί κώνοι. Η γνώση αυτή ήταν γνωστή από τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα και με βάση τα παραπάνω εξήχθη το συμπέρασμα ότι το κάθε χρώμα είναι δυνατό να καθοριστεί με τη χρήση τριών τιμών (primaries). Έτσι το 1930 προτάθηκε ένα σύστημα τριών τιμών (RGB), βασισμένο σε πειράματα για την αντιστοίχιση των τριάδων των τιμών με το ορατό φάσμα. Το πρότυπο αυτό έγινε αποδεκτό από τον CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L' ECLAIRAGE - INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION) και το 1931 παρουσιάστηκε ένα τροποποιημένο σύστημα τριών τιμών (XYZ) για την απαλοιφή κάποιων αρνητικών τιμών. Για την απεικόνιση του ορατού φάσματος σε ένα δισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων ( $u', v'$ ) οι συντεταγμένες  $x, y$  μπορούν να καθοριστούν από τις σχέσεις:

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}, \quad v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$$

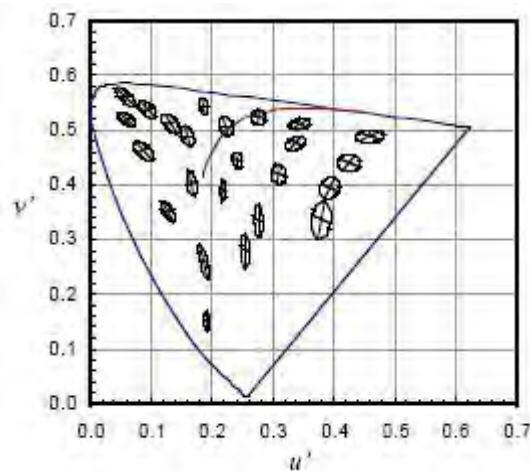
Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει το παρακάτω ομοιόμορφης χρωματικής κλίμακας διάγραμμα (CIE 1976 uniform chromaticity scale (UCS) diagram), το αποτελεί εξέλιξη ανάλογων προηγούμενων χρωματικών διαγραμμάτων (CIE 1931

chromaticity diagram, CIE 1960 chromaticity diagram) με σκοπό την πιο ομοιόμορφη χρωματική μετάβαση (Εικόνα 12).

Ωστόσο και πάλι απέχει πολύ από το επιθυμητό. Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται το πώς μεταβάλλεται το χρώμα σε σχέση με τη μεταβολή των τιμών. Η κάθε έλλειψη παριστάνει ίσες χρωματικές μεταβολές, όπως γίνονται αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι. Όπως παρατηρούμε το μέγεθος της κάθε έλλειψης είναι διαφορετικό, που σημαίνει πως ίσες μεταβολές στις συντεταγμένες  $u'$ ,  $v'$  δεν συνεπάγεται ίσες χρωματικές μεταβολές.



Εικόνα 12: CIE 1976 διάγραμμα ομοιόμορφης χρωματικής κλίμακας.



Εικόνα 13: CIE 1976 διάγραμμα ομοιόμορφης χρωματικής κλίμακας.

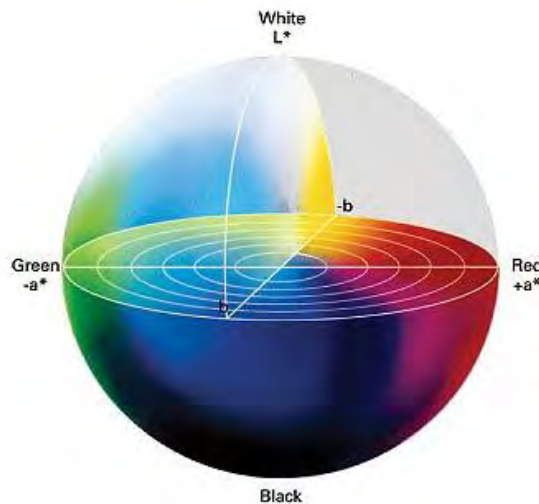
Έτσι αναπτύχθηκαν τρισδιάστατοι ομοιόμορφοι χώροι, ονομαζόμενοι CIE 1976 L\*a\*b\* χρωματικός χώρος (CIE 1976 L\*a\*b\* color space) ή CIELAB και CIE 1976 L\*u\*v\* χρωματικός χώρος (CIE 1976 L\*u\*v\* color space) ή CIELUV. Στους χρωματικούς αυτούς χώρους η απόσταση στο χώρο συνδέεται γραμμικά με την χρωματική μεταβολή. Οι τιμές L\*,a\*,b\* μπορούν να υπολογιστούν από τις τιμές X,Y,Z και Xn,Yn,Zn όπου Xn,Yn,Zn οι τιμές X,Y,Z, για το λευκό χρώμα, μέσω των παρακάτω σχέσεων:

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16, \quad a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right], \quad b^* = 200 \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

Αν ένας από τους λόγους Y/Yn, X/Xn ή Y/Yn είναι μικρότερος από την τιμή 0,008856 τότε οι παραπάνω σχέσεις τροποποιούνται αντικαθιστώντας όπου:

$$\left( \frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ με } 7,787 \left( \frac{X}{X_n} \right) + \frac{16}{116}, \quad \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ με } 7,787 \left( \frac{Y}{Y_n} \right) + \frac{16}{116}, \quad \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ με } 7,787 \left( \frac{Z}{Z_n} \right) + \frac{16}{116}$$

Η τιμή L\* αφορά τη φωτεινότητα (0 λευκό – 100 μαύρο), η τιμή a\* την μεταβολή από το πράσινο (-a\*) στο κόκκινο (+a\*) και η τιμή b\* τη μεταβολή από το κίτρινο (-b\*) στο μπλε (+b\*) (Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Ο τρισδιάστατος ομοιόμορφος χρωματικός χώρος CIELAB.

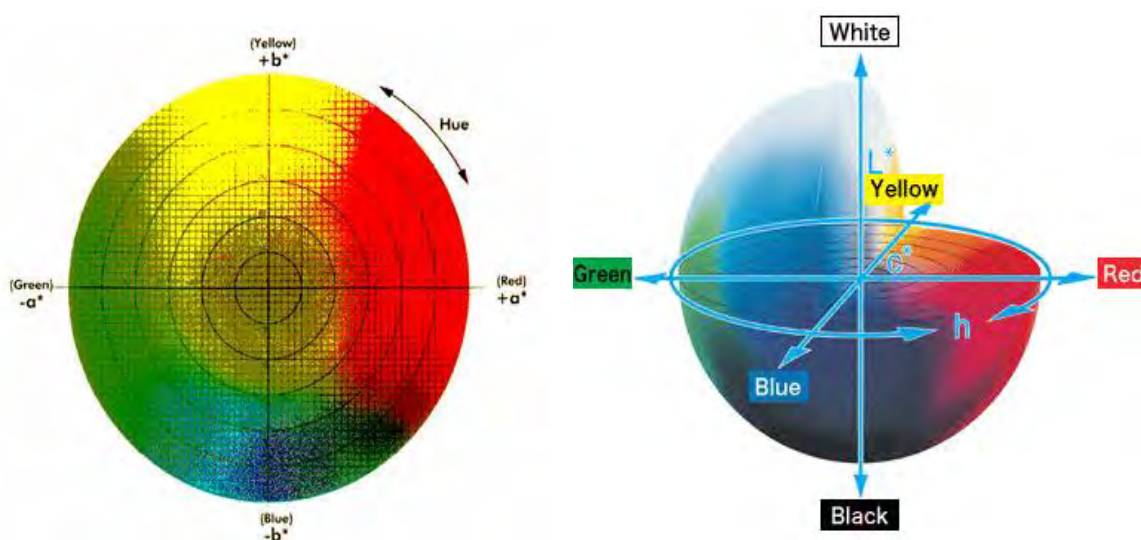
Η απόσταση μεταξύ δύο σημείων, άρα και η χρωματική διαφορά δύο χρωμάτων, δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

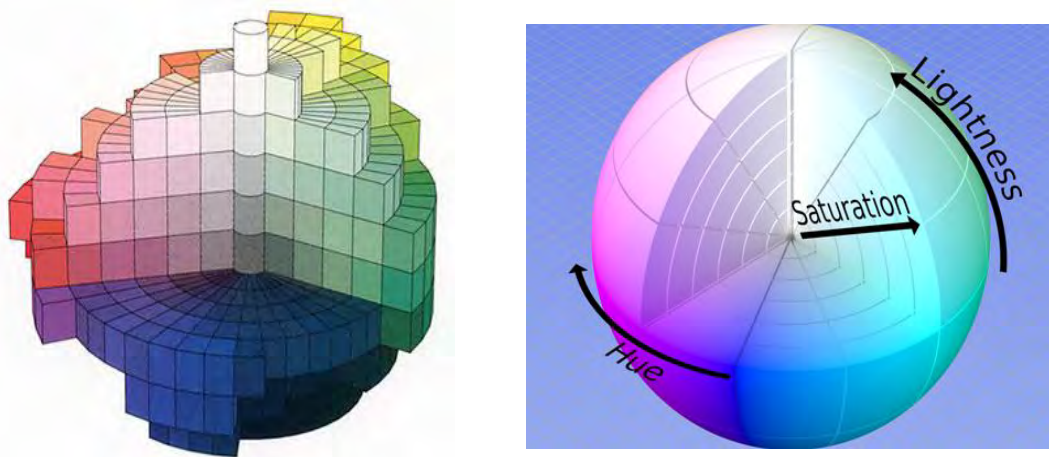
Η τιμή  $\Delta E^*_{ab}$  μας δίνει μόνο το μέτρο της απόστασης και όχι την κατεύθυνση. Από τον χρωματικό χώρο  $L^*a^*b^*$  μπορούμε να μεταβούμε στο χρωματικό χώρο  $L^*C^*h^*$ , ο οποίος είναι και αυτός τρισδιάστατος και ομοιόμορφος, έχοντας όμως σχήμα κυλινδρικό (συμπαγής χρωματικός κύλινδρος Munsell) και όχι σφαιρικό όπως ο  $L^*a^*b^*$ . Οι τιμές  $C^*$  και  $h^*$  δίνονται από τις σχέσεις:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad , \quad h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Η τιμή  $C^*$  μας δίνει τη χρωματική καθαρότητα – κορεσμός (chroma, saturation), ενώ η τιμή  $h^*$  μας δίνει τον χρωματικό τόνο – απόχρωση (hue) σε μοίρες (Εικόνα 15 και 16).

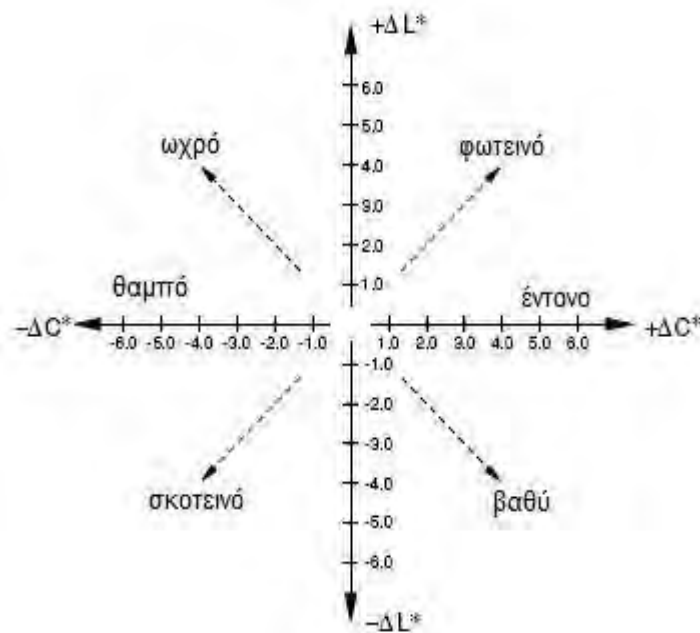


Εικόνα 15: Σχέση του χρωματικού τόνου (hue,  $h^*$ ) με τον χρωματικό χώρο  $L^*a^*b^*$  με απουσία της φωτεινότητας ( $L^*$ ) (αριστερή εικόνα) και ο τρισδιάστατος χρωματικός χώρος  $L^*C^*h^*$  που δίνει τη σχέση μεταξύ χρωματικής καθαρότητας (Chroma,  $C^*$ ), φωτεινότητας (Lightness,  $L^*$ ) και απόχρωσης (Hue,  $h^*$ ) (δεξιά εικόνα).



**Εικόνα 16:** Τρισδιάστατος, κυλινδρικός χρωματικός χώρος  $L^*C^*h^*$  (αριστερή εικόνα) και τρισδιάστατος, σφαιρικός χρωματικός χώρος  $L^*C^*h^*$  (δεξιά εικόνα).

Σε ένα σύστημα αξόνων  $\Delta C^*$ ,  $\Delta L^*$ , όπου  $\Delta C^*$  η διαφορά της χρωματικής καθαρότητας και  $\Delta L^*$  η διαφορά στη φωτεινότητα, μπορεί να μας δώσει μία ποιοτική εκτίμηση της αλλαγής του χρώματος (Εικόνα 17).



**Εικόνα 17:** Διάγραμμα  $\Delta C^*$ ,  $\Delta L^*$ . Ανάλογα με τη μεταβολή από το χρώμα αναφοράς (σημείο 0,0) παίρνουμε μια ποιοτική εκτίμηση της αλλαγής του χρώματος.

### 2.6.3. Λυκοπένιο στον καρπό

Το 85-90% του χρώματος σε μια κόκκινη, ώριμη τομάτα οφείλεται στην παρουσία του λυκοπενίου. Ο φλοιός της τομάτας έχει τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λυκοπένιο σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα μέρη της. Από τη στιγμή που, κατά τη διάρκεια επεξεργασίας της τομάτας για παραγωγή πολτού, σάλτσας, χυμού κ.λπ., απορρίπτονται μεγάλες ποσότητες του φλοιού, μεγάλο ποσοστό του λυκοπενίου καταστρέφεται. Μια ιδέα ήταν η χρήση των απορριπτόμενων φλοιών για πηγή λυκοπενίου κατά τη χρήση τους ως τεχνητές χρωστικές τροφίμων (παρόλο που στις ΗΠΑ δεν επιτρέπεται προς το παρόν). Επίσης, το λυκοπένιο ξεκινά να κυκλοφορεί στην αγορά ως διατροφικό συμπλήρωμα, αφού αποτελεί ένα άριστο αντιοξειδωτικό και μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη καρδιοπαθειών και κάποιων μορφών καρκίνου. Φυσικά, οι ωμές τομάτες και ειδικά οι επεξεργασμένες τομάτες, είναι πλούσιες στο σημαντικό για την υγεία λυκοπένιο.

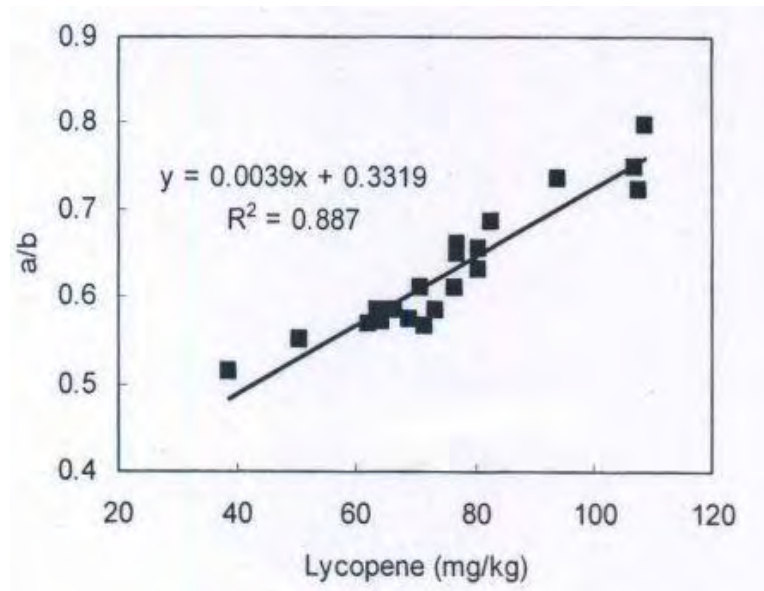
Η HunterLab έχει ήδη μεγάλη εμπειρία στη μέτρηση επεξεργασμένων προϊόντων τομάτας (το ColorFlex LabScan XE και το D25A έχουν προς το παρόν κριθεί κατάλληλα για τη μέτρηση πολτού τομάτας, σάλτσας και χυμού από τη Γεωργική Υπηρεσία των ΗΠΑ). Συνεπώς, το κόκκινο χρώμα του λυκοπενίου μπορεί να μετρηθεί από τα όργανα της HunterLab. Όταν τοποθετήθηκε χυλός λυκοπενίου σε κυψέλη εκπομπής των 10 mm και μετρήθηκε με τη μέθοδο ολικής εκπομπής (TTRAN) τέσσερις φορές σε σχέση με ένα UltraScan XE, το UltraScan XE (καθώς και τα ColorQuest XE, ColorQuest XT, UltraScan PRO και UltraScan VIS) αποδείχθηκε ότι έχει αρκετά χαρακτηριστικά που το καθιστούν πιο χρήσιμο σε σχέση με ένα αναλυτικό φασματοφωτόμετρο για τη μέτρηση χυλού λυκοπενίου (Francis F.J., 1999).

Η γεωμετρία διάχυσης είναι κατάλληλη για ένα υψηλά διαχυτικό μέσο όπως ο χυλός καρπουζιού ή τομάτας. Ένα τυπικό αναλυτικό όργανο θα επηρεάζονταν αρνητικά από αυτή τη διασπορά. Η παλμική λάμπα xenon δύναται να "σπρώχνει" το φως μέσω του ημιδιαφανούς χυλού. Οι λάμπες χαλαζία αλογόνου των αναλυτικών φασματοφωτομέτρων μπορεί να μη διαθέτουν την ανάλογη δυνατότητα.

Η συγκέντρωση λυκοπενίου συσχετίστηκε με μια τιμή απορρόφησης (η απορρόφηση στα 560 nm ρυθμίστηκε για διάχυση αφαιρώντας την απορρόφηση στα 700 nm) (Davis A.R. et al, 2003). Εξίσου αποτελεσματικά θα λειτουργούσε μια χρωματομετρική συσχέτιση στηριζόμενη στους συντελεστές  $a^*$  και  $b^*$ . Αυτή η



μέθοδος ανάλυσης είναι γρηγορότερη και ευκολότερη σε σχέση με την υψηλής απόδοσης υγρή χρωματογραφία και δεν απαιτεί τη χρήση επικίνδυνων διαλυμάτων όπως ακετόνη κι εξάνιο. Μια τέτοια συσχέτιση δίνεται στην Εικόνα 18 (Anthon G.E. and Barrett D.M., 2008).



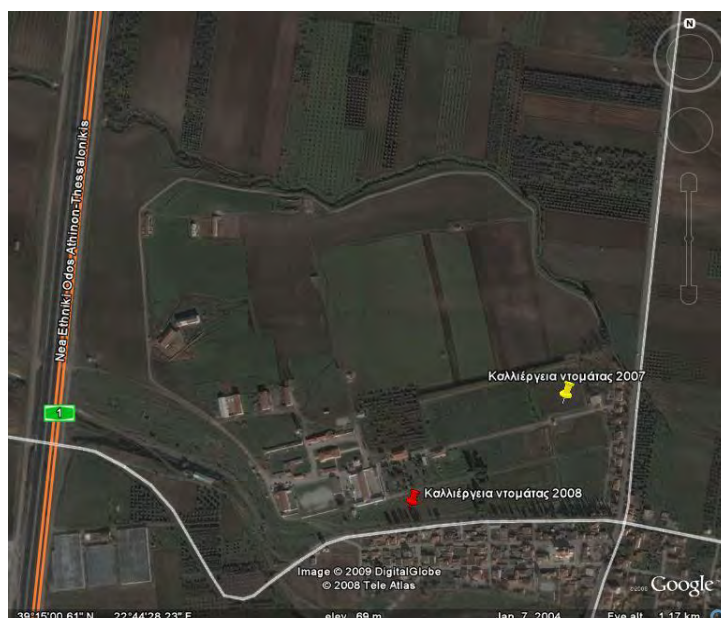
**Εικόνα 18:** Σχέση μεταξύ του λόγου των δεικτών a\*/b\* και του περιεχόμενου λυκοπενίου σε αδιάλυτο πολτό τομάτας.

### 3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### 3.1. Υλικά και μέθοδοι

##### 3.1.1. Πειραματική διάταξη

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά τις καλοκαιρινές περιόδους των ετών 2007 και 2008 σε διαφορετικές περιοχές, οι οποίες αποτέλεσαν τμήμα της συνολικής έκτασης του Ε.Α.Κ.Κ.Ν. Κασσαβετείας, (Lat. 39°14' N, Long. 22°44' E, Alt. 20m). Η περιοχή καλλιέργειας λαχανικών εναλλάσσονταν κάθε χρόνο με περιοχές καλλιέργειας καλαμποκιού, σιτηρών ή αγρανάπαυσης (Εικόνα 19).



Εικόνα 19: Οι τοποθεσίες που έλαβαν χώρα οι πειραματικές καλλιέργειες κατά τα έτη 2007 (κίτρινο στίγμα) και 2008 (κόκκινο στίγμα).

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας *Lycopersicum esculentum*, var. *bella donna*. Πρόκειται για ποικιλία αυτογονιμοποιούμενη, απεριόριστης ανάπτυξης βλαστών (*indeterminate*) με καρπό με μεγάλη μετασυλλεκτική διάρκεια (*long-life*). Τα φύλλα είναι μεγάλων διαστάσεων και δημιουργούν σχετικά μεγάλη φυλλική επιφάνεια. Τα φυτά παραλαμβάνονται με 5-6 φύλλα, έτοιμα προς φύτευση, η οποία πραγματοποιήθηκε έπειτα από την κατάλληλη προετοιμασία του αγρού στο Ε.Α.Κ.Κ.Ν. Κασσαβετείας κατά το τελευταίο δεκαήμερο του Απριλίου. Η καλλιεργητική περίοδος διαρκεί μέχρι και τα

μέσα Οκτωβρίου, αν το επιτρέπουν οι κλιματικές συνθήκες, ενώ η παραγωγή κορυφώνεται από το τα τέλη Ιουλίου έως τα μέσα Σεπτεμβρίου.

Ως βασική λίπανση χρησιμοποιήθηκαν 3ton/στρέμμα κοπριάς αγελάδων, η οποία εφαρμόζεται επιφανειακά κατά τον προηγούμενο χειμώνα και αφήνεται να χωνευθεί. Η επιφανειακή λίπανση της καλλιέργειας γίνεται με νιτρική αμμωνία κατά το 3<sup>ο</sup> δεκαήμερο Μαΐου και με θειικό κάλιο στα μέσα Ιουνίου.

Η υποστήριξη της καλλιέργειας γίνεται με τη χρήση καλαμιών, σε σχήμα πυραμιδοειδές και με επίδεση με ειδικό νήμα, σε ύψος 2m περίπου (Εικόνα 20). Η άρδευση της καλλιέργειας γίνεται από τέλος Απριλίου μέχρι αρχές Ιουνίου, με σταλακτηφόρο σωλήνα 1 φορά την εβδομάδα ενώ, από τον Ιούνιο και μετά, 1 φορά ανά 3-4 μέρες. Ο έλεγχος της άρδευσης γίνεται χειροκίνητα, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, ενώ σε περίπτωση βροχής δεν πραγματοποιείται επιπλέον άρδευση.



**Εικόνα 20: Τρόπος υποστήριξης καλλιέργειας τομάτας με τη χρήση καλαμιών.**

Τα φυτά διαμορφώνονται με βάση το διστέλεχο σύστημα. Τα δυο στελέχη δέχτηκαν τις ίδιες καλλιεργητικές φροντίδες και για να διατηρηθεί η συγκεκριμένη μόρφωση αφαιρέθηκαν μια φορά τη βδομάδα οι πλάγιοι βλαστοί που προέρχονται από τους εκπτυσσόμενους οφθαλμούς στις μασχάλες των φύλλων. Οι ταξιανθίες δεν αραιώθηκαν, ούτε και αφαιρέθηκαν φύλλα. Σε 100-120 ημέρες μετά τη φύτευση τα φυτά κορυφολογήθηκαν, ενώ παρέμειναν τουλάχιστον 2 φύλλα πάνω από την τελευταία ταξιανθία. Τα φυτά που τοποθετήθηκαν κάτω από δίχτυα κορυφολογήθηκαν στην 9<sup>η</sup> ταξιανθία, ενώ τα φυτά που φυτεύτηκαν χωρίς σκίαση κορυφολογήθηκαν στην 7<sup>η</sup>-8<sup>η</sup> ταξιανθία.

Για την αύξηση του ποσοστού της γονιμοποίησης των ανθέων πραγματοποιείται ψεκάσμος με ορμονικό σκεύασμα PCPA 5% β/ο. Η ζιζανιοκτονία

επίσης πραγματοποιήθηκε με σκαλίσματα μεταξύ των γραμμών, ενώ μεταξύ των ομάδων γραμμών (ομάδα των 5 ή 6 γραμμών) με τη χρήση περιστροφικού καλλιεργητή. Η φυτοπροστασία γίνονταν προληπτικά και με βάση την κοινή εφαρμοζόμενη πρακτική, ενώ λαμβάνονταν υπόψη οι ιδιαίτερες συνθήκες κατά την τρέχουσα καλλιεργητική περίοδο, καθώς και οι κανόνες ολοκληρωμένης διαχείρισης εχθρών και ασθενειών.

Οι καρποί συγκομίζονταν δυο φορές την εβδομάδα με κριτήριο το ικανοποιητικό μέγεθός τους και το ελαφρώς κόκκινο χρώμα.

### **3.1.2. Καλλιέργεια τομάτας κατά το καλοκαίρι 2007**

Η καλλιέργεια ξεκίνησε με τη φύτευση των φυταρίων στις 22/04/07. Επίσης, πραγματοποιήθηκε επιφανειακή λίπανση με 4kg/στρέμμα νιτρικής αμμωνίας στις 23/05/07 και με 6kg/στρέμμα θειικού καλίου στις 18/06/07.

Κατά μήκος κάθε γραμμής φυτεύτηκαν 80 φυτά με απόσταση 0,5m περίπου, ενώ οι γραμμές απείχαν μεταξύ τους κατά 80cm περίπου. Ανά 5 γραμμές (1 ομάδα γραμμών), αφέθηκε εκατέρωθεν χώρος πλάτους 2m περίπου. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 4 ομάδες γραμμών (1 για κάθε χρώμα διχτύων και 1 ως μάρτυρας).

Τα χρώματα των διχτύων που χρησιμοποιήθηκαν για τις μεταχειρίσεις ήταν: 1) μαύρο (BL 36%), 2) πράσινο (GR 36%), 3) κόκκινο (RE 40%), ενώ 1 ομάδα των 5 γραμμών χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (σειρά χωρίς κάλυψη).

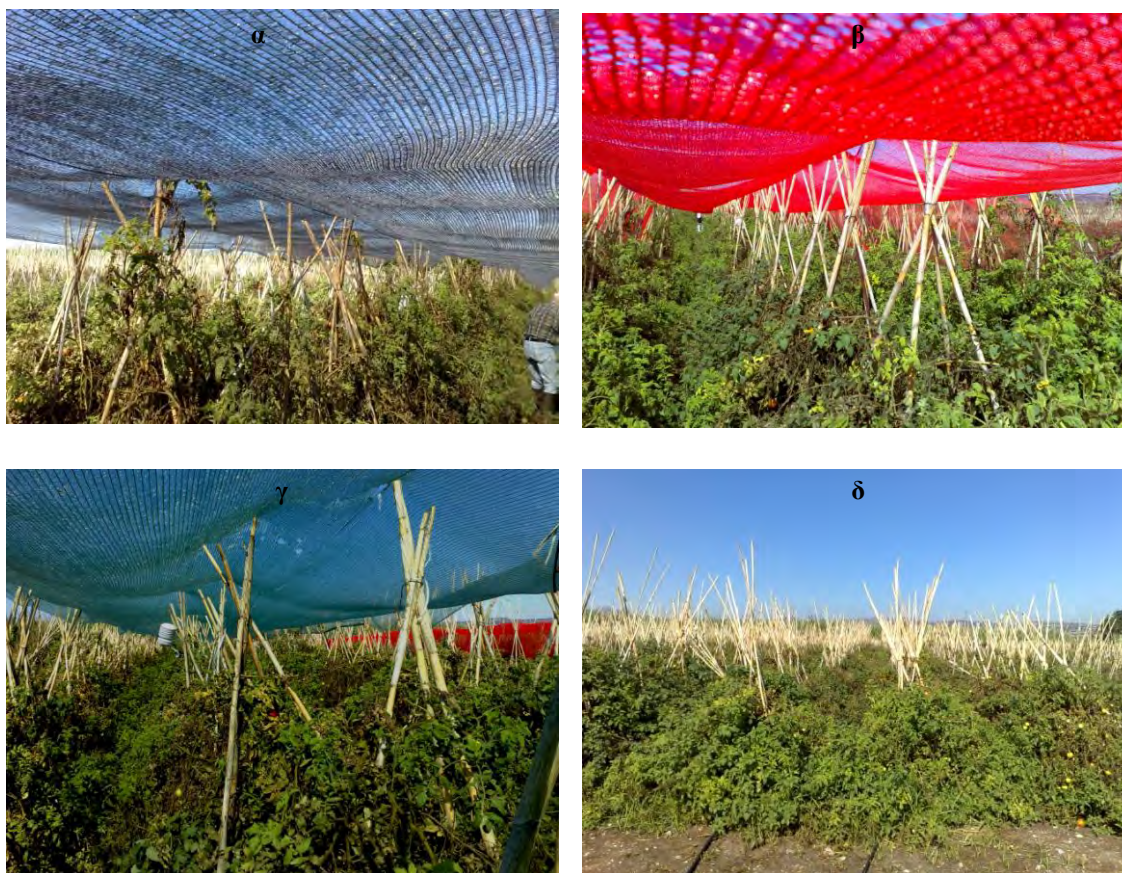
Η τοποθέτηση των διχτύων πραγματοποιήθηκε από 28/06/07 έως 01/07/07, δηλαδή την 67<sup>η</sup> ημέρα από τη μεταφύτευση των φυτών στον αγρό και απομακρύνθηκαν με το πέρας της καλλιέργειας στις 20/10/07, δηλαδή την 180<sup>η</sup> ημέρα από τη μεταφύτευση των φυτών στον αγρό. Τα δίχτυα απλώθηκαν κατά μήκος μιας ομάδας γραμμών (Εικόνα 21) την οποία κάλυπταν ολοσχερώς (κάθε τύπος διχτυού καταλάμβανε όλο το μήκος και το πλάτος της ομάδας γραμμών), ενώ απείχαν 1 m περίπου από το έδαφος. Έγινε μια επανάληψη για κάθε χρώμα. Από τις ακραίες γραμμές της κάθε ομάδας δεν συλλέγονταν δείγματα καρπών (Εικόνα 22). Οι δειγματοληψίες των καρπών πραγματοποιήθηκαν στις 26/08/07, στις 03/09/07, στις 27/09/07 και στις 18/10/07, οπότε ολοκληρώθηκε και η οικονομική παραγωγή και διαχείριση της καλλιέργειας. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε ώστε τα δείγματα να λαμβάνονται τυχαία από τις 3 μεσαίες γραμμές, ώστε να αποφευχθούν ανεπιθύμητες



ακραίες καταστάσεις λόγω κλιματικών επιρροών που πιθανόν να επιδρούσαν στις δυο εξωτερικές γραμμές.



**Εικόνα 21:** Η τοποθεσία που έλαβε χώρα η πειραματική καλλιέργεια κατά το θέρους 2007 (αριστερά), καθώς και η διεύθυνση των γραμμών της καλλιέργειας με κάλυψη δικτύων ανάλογου χρώματος (δεξιά, γραμμή **I**: δίχτυ RE 40%, γραμμή **I**: μάρτυρας, γραμμή **I**: δίχτυ BL 36%, γραμμή **I**: δίχτυ GR 36%, γραμμές **I**: μη πειραματικό τεμάχιο).



**Εικόνα 22:** Τοποθέτηση των δικτύων κατά το καλοκαίρι του 2007 (α: μαύρο δίχτυ, β: κόκκινο δίχτυ, γ: πράσινο δίχτυ, δ: μάρτυρας).

### 3.1.3. Καλλιέργεια τομάτας κατά το καλοκαίρι 2008

Η φύτευση των παραληφθέντων φυταρίων πραγματοποιήθηκε στις 25/04/08. Επίσης, πραγματοποιήθηκε επιφανειακή λίπανση με 4kg/στρέμμα νιτρικής αμμωνίας στις 20/05/08 και με 6kg/στρέμμα θειικού καλίου στις 15/06/08.

Η υποστήριξη των φυτών έγινε με τη χρήση καλαμιών, κατά την πάγια τακτική που ακολουθείται στο Ε.Α.Κ.Κ.Ν. Κασσαβετείας. Η άρδευση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε όπως και στην προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο.

Κατά μήκος κάθε γραμμής φυτεύτηκαν 60-80 φυτά με απόσταση 0,5m περίπου, ενώ οι γραμμές απείχαν μεταξύ τους 80cm περίπου. Ανά 5 γραμμές (1 ομάδα γραμμών), αφέθηκε εκατέρωθεν χώρος πλάτους 2m περίπου για την ευχερή κίνηση γεωργικού ελκυστήρα. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν τμήματα από 5 ομάδες γραμμών. Αυτό έγινε γιατί, λόγω της αποκτηθείσας εμπειρίας από το πείραμα της προηγούμενης χρονιάς, τα πειραματικά τεμάχια μπορούσαν να έχουν μικρότερο μέγεθος, κάτι που διευκόλυνε τη διεξαγωγή του πειράματος.

Κατά τη δεύτερη αυτή καλλιεργητική περίοδο χρησιμοποιήθηκαν δίχτυα με χρώμα μαύρο (BL 36%), πράσινο (GR 36%), κόκκινο παλιό (REO 40%, το δίχτυ της προηγούμενης χρονιάς), μαύρο παλιό (BLO 36%, το δίχτυ της προηγούμενης χρονιάς), πράσινο παλιό (GRO 36%, το δίχτυ της προηγούμενης χρονιάς) και φυσικά υπήρχε και μάρτυρας (σειρά χωρίς κάλυψη). Τα δίχτυα απλώθηκαν στα προσημασμένα τμήματα των γραμμών, σε πλάτος 5 γραμμών (Εικόνα 23).



**Εικόνα 23:** Η τοποθεσία που έλαβε χώρα η πειραματική καλλιέργεια κατά το θέρος 2008 (αριστερά), καθώς και η διευθέτηση των γραμμών της καλλιέργειας με κάλυψη δικτύων ανάλογου χρώματος (δεξιά, γραμμή I: δίχτυ REO 40%, γραμμή I: δίχτυ BLO 36%, γραμμή I: μάρτυρας, γραμμή I: δίχτυ GRO 36%, γραμμή I: δίχτυ GR 36%, γραμμές I: μη πειραματικό τεμάχιο).



Η τοποθέτηση των δίχτων πραγματοποιήθηκε από 25/06/08 έως 26/06/08, δηλαδή την 61<sup>η</sup> ημέρα από τη μεταφύτευση των φυτών στον αγρό και απομακρύνθηκαν με το πέρας της καλλιέργειας στις 20/09/08, δηλαδή την 146<sup>η</sup> ημέρα από τη μεταφύτευση των φυτών στον αγρό. Υπήρχε μια επανάληψη για κάθε χρώμα. Τα δίχτυα στερεώθηκαν με σύρμα στα καλάμια στήριξης της καλλιέργειας, καθώς και σε ανοξείδωτους πασσάλους (ύψος 1,90-2m άνωθεν της επιφάνειας του εδάφους) οι οποίοι είχαν τοποθετηθεί εκ των προτέρων για το σκοπό αυτό και οι οποίοι απείχαν μεταξύ τους 3m X 3m τόσο περιμετρικά όσο και εντός των γραμμών φύτευσης (Εικόνα 24).



**Εικόνα 24: Τοποθέτηση ανοξείδωτων πασσάλων για πρόσθετη στήριξη δίχτων σκίασης.**

Στις πλευρές των γραμμών όπου το δίχτυ περίσσειε, αφήνονταν να πέσει σε ένα ύψος γύρω στο 1 m από το έδαφος. Οι ακραίες γραμμές δέχονταν τις ίδιες καλλιεργητικές φροντίδες, δεν γίνονταν όμως συγκομιδή καρπών από αυτές για τους πειραματικούς σκοπούς (Εικόνα 25).



**Εικόνα 25: Τοποθέτηση των δίχτων κατά το καλοκαίρι του 2008 (α: κόκκινο παλιό δίχτυ, β: μαύρο παλιό δίχτυ, γ: μάρτυρας, δ: πράσινο παλιό δίχτυ, ε: πράσινο καινούριο δίχτυ, στ: μαύρο καινούριο δίχτυ).**

Οι δειγματοληψίες των καρπών πραγματοποιήθηκαν στις 20/08/08 και στις 05/09/08 και αφού η καλλιέργεια είχε περιέλθει στο στάδιο της πλήρους απόδοσης (τόσο ποιοτική όσο και ποσοτική). Οι δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν κατά το καλοκαίρι του 2008 είναι μόνο δύο και δεν πραγματοποιήθηκαν άλλες διότι η καλλιέργεια άρχισε σταδιακά να προσβάλλεται ολοένα και σε μεγαλύτερο βαθμό από τετράνυχο (*Tetranychus urticae*). Συνεπώς και με βάση το γεγονός ότι η καλλιέργεια είχε αποδώσει σε σημαντικό βαθμό τις αναμενόμενες ποσότητες από τη Γεωργική Υπηρεσία του Ε.Α.Κ.Κ.Ν. Κασσαβετείας αποφασίστηκε να μην πραγματοποιηθεί κανένας από τους ενδεδειγμένους τρόπους καταπολέμησης (θεωρήθηκε ασύμφορη οικονομικά η επιβάρυνση της καλλιέργειας) και να διατηρηθεί η καλλιέργεια για ένα ακόμα 15θήμερο ως είχε, έστω και με πιο υποβαθμισμένη ποιοτική και ποσοτική απόδοση. Έτσι δεν πραγματοποιήθηκαν περαιτέρω δειγματοληψίες καρπών, αφού το προϊόν ήταν υποβαθμισμένο και σίγουρα δεν μπορούσε κανείς ν' αποφανθεί για την επίδραση ή μη των δικτύων στο αποτέλεσμα. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε ώστε τα δείγματα να λαμβάνονται από τις 3 μεσαίες γραμμές (ώστε να αποφευχθούν ανεπιθύμητες ακραίες καταστάσεις λόγω κλιματικών επιρροών που πιθανόν να επιδρούσαν στις δυο εξωτερικές γραμμές), τυχαία κατά το τμήμα της γραμμής κάλυψης, από τυχαία φυτά και από οποιοδήποτε ύψος στο φυτό.

Όσον αφορά στον τρόπο εγκατάστασης των δικτύων και τη δημιουργία των πειραματικών τεμαχίων τότε σίγουρα η οργάνωση του πειράματος κατά τη 2<sup>η</sup> καλλιεργητική περίοδο ήταν πιο ενδεδειγμένη. Το καλοκαίρι του 2007 δεν μεταβλήθηκε κανένας από τους τρόπους που χρησιμοποιούνται τα δίχτυα, δηλαδή αυτά απλώθηκαν κατά χρώμα ανά μια ομάδα γραμμών της καλλιέργειας ενώ τα δίχτυα ακουμπούσαν πάνω στα καλάμια στήριξης των φυτών. Το καλοκαίρι του 2008 χρησιμοποιήθηκαν ανοξείδωτοι πάσσαλοι στήριξης των δικτύων, ενώ αυτά δεν ακουμπούσαν καθόλου στα καλάμια στήριξης. Επίσης, τα δίχτυα απλώθηκαν κατά χρώμα ανά μια ομάδα γραμμών της καλλιέργειας, αλλά όχι σε όλο το μήκος της γραμμής καλλιέργειας παρά σε συγκεκριμένο αριθμό σειρών (20-30 σειρές). Ο 2<sup>ος</sup> τρόπος χρήσης των δικτύων παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. Πρώτα απ' όλα, τα δίχτυα, μετά το πέρας της καλλιέργειας, παρουσίασαν ελάχιστες μηχανικές βλάβες οι οποίες οφείλονταν κυρίως στο άπλωμα και στο μάζεμα των δικτύων και όχι στην επαφή τους με τα καλάμια. Επίσης, τα πειραματικά τεμάχια είναι ευκολότερα στο χειρισμό τους και το κυριότερο είναι πιο εύκολη η παρατήρηση και η έγκαιρη διόρθωση οποιοδήποτε παράγοντα μπορεί να πάει λάθος (π.χ. έγκαιρη παρατήρηση



φθορών στα δίκτυα και επισκευή τους, ευκολότερη δειγματοληψία κ.ά.). Σημαντικό είναι επίσης το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου ως προς τη δημιουργία πρόσθετων πειραματικών τεμαχίων, αφού σε τέτοια περίπτωση είναι ευκολότερη και θεωρητικά απεριόριστη η εγκατάστασή τους. Το μόνο μειονέκτημα που έχει αυτή η μέθοδος είναι ο εφοδιασμός και η εγκατάσταση των πασάλων στήριξης, από την άλλη όμως με λίγο σχετικά επιπλέον κόπο μπορούν να δημιουργηθούν δικτυοκήπια.

## 3.2. Μετρήσεις

Το καλοκαίρι του 2007, οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν δυο κατηγορίες. Την πρώτη κατηγορία μετρήσεων αποτελούν οι κλιματικές μετρήσεις (θερμοκρασία °C και υγρασία RH%), οι οποίες είναι ενδεικτικές του μικροπεριβάλλοντος που δημιουργείται κάτω από τα δίχτυα κάλυψης. Η δεύτερη κατηγορία είναι αυτή των βιολογικών μετρήσεων, ενδεικτικές της ποσοτικής και ποιοτικής κατάστασης των συγκομισμένων καρπών. Οι βιολογικές μετρήσεις αφορούσαν: 1) το βάρος (gr) των συγκομισμένων καρπών, 2) τον όγκο (mm<sup>3</sup>) του καρπού, 3) τις διαστάσεις (πολική και ισημερινή διάμετρος, cm) του καρπού, 4) την επιφάνεια των σκασιμάτων (cm<sup>2</sup>) και τις διαστάσεις των ρωγμών στους σχισμένους καρπούς, 5) την αντίσταση της σάρκας (πενετρομέτρηση, kg), 6) την οξύτητα του χυμού (pH), 7) την περιεκτικότητα χυμού σε σάκχαρα (Brix %) και 8) το χρώμα του καρπού (L, a, b).

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το καλοκαίρι του 2008 ήταν οι ίδιες με αυτές που πραγματοποιήθηκαν κατά το προηγούμενο έτος.

### 3.2.1. Κλιματικές μετρήσεις

Κατά το καλοκαίρι του 2007, μετρήθηκε η θερμοκρασία (T, °C) και η σχετική υγρασία (RH%), ενώ η καταγραφή των κλιματικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση αισθητήρων-καταγραφών δεδομένων της εταιρείας Onset Co. μοντέλα Hobo (σειρές H8 και Pro Series) (Εικόνα 26), οι οποίοι είχαν τοποθετηθεί στα ανάλογα πειραματικά τεμάχια. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από 09/08/07 έως 27/09/07 για τα κόκκινο και πράσινο δίχτυα, καθώς και για το μάρτυρα, ενώ για το μαύρο δίχτυ οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από 17/09/07 έως 27/09/07. Η δειγματοληψία πραγματοποιούνταν κάθε 10 min. Με βάση τις ανάγκες του πειράματος κρατήθηκαν οι μετρήσεις από 7:00 έως 21:00, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Οι καταγραφείς Hobo H8 και Hobo Pro Series που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα (4 κατά το θέρους του 2007) τοποθετήθηκαν και στερεώθηκαν στις ειδικές προστατευτικές κατασκευές (πλαστικά τεμάχια σε μορφή "πιάτου") με σκοπό την προφύλαξη του καταγραφέα από την άμεση ακτινοβολία και διαβροχή (Εικόνα 27).



**Εικόνα 26:** Αισθητήρες – καταγραφείς 2 καναλιών (θερμοκρασίας και υγρασίας) της εταιρείας Onset, μοντέλα Hobo, σειρές H8 και Pro Series (με τη σειρά που εμφανίζονται από αριστερά προς τα δεξιά).



**Εικόνα 27:** Διάφοροι συνδυασμοί μεταξύ καταγραφέων Hobo και προστατευτικών "πίτων". Οι δύο συνδυασμοί στο πάνω τμήμα προτιμώνται για περιπτώσεις που οι καταγραφείς βρίσκονται υπό την προστασία δίχτων, ενώ οι δυο συνδυασμοί στο κάτω μέρος της εικόνας προτιμώνται για περιπτώσεις μη ύπαρξης δίχτων.

Κατά το καλοκαίρι του 2008, μετρήθηκε η θερμοκρασία ( $T$ , °C) και η σχετική υγρασία (RH%), πάλι με τη χρήση αισθητήρων-καταγραφέων δεδομένων της εταιρείας Onset Co. μοντέλα Hobo (σειρές H8 και Pro Series), οι οποίοι είχαν τοποθετηθεί στα ανάλογα πειραματικά τεμάχια. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από 19/07/08 έως 17/09/08 για τα κόκκινο και μαύρο νέο δίχτυα, από 22/07/08 έως 17/09/08 για το μάρτυρα και για το πράσινο νέο δίχτυ, από 22/07/08 έως 14/08/08 για το μαύρο παλιό δίχτυ και από 30/07/08 έως 03/09/08 για το πράσινο παλιό δίχτυ. Η δειγματοληψία πραγματοποιούνταν κάθε 10 min. Με βάση τις ανάγκες του

πειράματος κρατήθηκαν οι μετρήσεις από 7:00 έως 21:00, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Οι καταγραφείς Hobo H8 και Hobo Pro Series που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα (6 κατά το θέρος του 2008) τοποθετήθηκαν και στερεώθηκαν με το ίδιο τρόπο που είχε γίνει και κατά το καλοκαίρι του 2007.

### 3.2.2. Βιολογικές μετρήσεις

Κατά το καλοκαίρι 2007, οι βιολογικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 26/08/07, 03/09/07, 27/09/07 και 18/10/07. Οι καρποί επιλέγονταν τυχαία από τυχαία φυτά μιας ολόκληρης ομάδας γραμμών (από τις 3 μεσαίες γραμμές για να μην υπάρχει επίδραση από τη σκίαση που μπορεί να ήταν ελλιπής λόγω της ατελούς πλαϊνής κάλυψης από τα δίχτυα) και από τυχαίο ύψος στο κάθε φυτό. Δίνονταν ιδιαίτερη φροντίδα ώστε να επιλέγονται καρποί που βρίσκονταν σε κατάλληλο στάδιο ωριμότητας. Η μεταφορά στο εργαστήριο και η ζύγιση γινόταν όσο το δυνατόν ταχύτερα, τόσο ώστε οι καρποί να μην χάσουν βάρος λόγω απώλειας της υγρασίας τους όσο και για την αποφυγή εμφάνισης δευτερογενών παθήσεων (Πίνακας 5). Ωστόσο, επειδή στο πλείστο των περιπτώσεων, οι βιολογικές μετρήσεις πραγματοποιούνταν την επόμενη ημέρα από τη συλλογή των δειγμάτων (αυτό ισχύει και για τις βιολογικές μετρήσεις του καλοκαιριού 2008) κάποια δείγματα κρίνονταν ακατάλληλα (λόγω δευτερογενών παθήσεων) και απορρίπτονταν. Αυτό είχε ως συνέπεια την ανομοιομορφία ως προς το πλήθος των δειγμάτων κατά τις δειγματοληψίες.

**Πίνακας 5: Ημερομηνίες δειγματοληψίας καρπών για βιολογικές μετρήσεις και πλήθος δειγμάτων ανά περίπτωση κάλυψης ή μη για το καλοκαίρι 2007.**

| Ημερομηνία | Πλήθος δειγμάτων |         |         |          |
|------------|------------------|---------|---------|----------|
|            | Μαύρο            | Πράσινο | Κόκκινο | Μάρτυρας |
| 26/08/07   | 12               | 10      | 10      | 10       |
| 03/09/07   | 10               | 10      | 10      | 10       |
| 27/09/07   | 9                | 10      | 10      | 10       |
| 18/10/07   | 12               | 15      | 12      | 14       |

Το καλοκαίρι του 2008, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 20/08/08 και 05/09/08. Σ' αυτή την περίπτωση οι καρποί συλλέγονταν από τυχαία φυτά των τριών μεσαίων γραμμών, αλλά λόγω των μικρότερων πειραματικών τεμαχίων, σημειώνονταν τα φυτά με αριθμοδότηση ώστε να αποφευχθεί στο μέλλον όσο το δυνατόν η λήψη πρόσθετων δειγμάτων από αυτά. Επίσης, συλλέγονταν όλοι ανεξαιρέτως οι καρποί από κάθε επιλεγμένο φυτό και μετά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο, μεταχειρίζονταν συνολικά (ως προς το βάρος), οπότε ήταν πλέον γνωστή η απόδοση του φυτού σε καρπούς. Στη συνέχεια, διαλέγονταν από τα επιλεγμένα φυτά του κάθε πειραματικού τεμαχίου τυχαία δείγματα καρπών που ήταν σε κατάλληλο στάδιο ωριμότητας τα οποία μεταχειρίζονταν χωριστά (ως προς όλα τα χαρακτηριστικά των καρπών που αφορούσαν τις βιολογικές μετρήσεις) (Πίνακας 6).

**Πίνακας 6: Ημερομηνίες δειγματοληψίας καρπών για βιολογικές μετρήσεις και πλήθος δειγμάτων ανά περίπτωση κάλυψης ή μη για το καλοκαίρι 2008.**

| Ημερομηνία | Πλήθος δειγμάτων |                |                |                  |                  | Μάρτυρας |
|------------|------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|----------|
|            | Μαύρο<br>νέο     | Μαύρο<br>παλιό | Πράσινο<br>νέο | Πράσινο<br>παλιό | Κόκκινο<br>παλιό |          |
| 20/08/08   | 13               | 16             | 10             | 11               | 12               | 20       |
| 05/09/08   | 14               | 13             | 10             | 11               | 19               | 8        |

### 3.2.2.1. Μετρήσεις βάρους συγκομισμένων δειγμάτων καρπών

Η καταγραφή του βάρους των καρπών τομάτας (ζύγιση) πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ζυγαριάς ακριβείας που διαθέτει το Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος. Η ζύγιση πραγματοποιούνταν με ακρίβεια πρώτου δεκαδικού.

Σε ό,τι αφορά το πλήθος των μετρήσεων βάρους συγκομισμένων καρπών κατά το καλοκαίρι 2007 αυτό συμβαδίζει, ανά περίπτωση κάλυψης ή όχι, με το πλήθος των δειγμάτων που αναφέρονται στον Πίνακα 5.

Για το καλοκαίρι 2008, το πλήθος των μετρήσεων βάρους συγκομισμένων καρπών συμβαδίζει, ανά περίπτωση κάλυψης ή όχι, με το πλήθος των δειγμάτων που αναφέρονται στον Πίνακα 6. Όμως το καλοκαίρι 2008 μετρήθηκαν και κάποια πρόσθετα στοιχεία που αφορούν τον παράγοντα του βάρους. Έτσι, σε κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας επιλέγονταν από το καθένα πειραματικό τεμάχιο όλα τα

φυτά που έφεραν ώριμους και τουλάχιστον οπτικά ικανοποιητικούς σε μέγεθος καρπούς, όλοι αυτοί οι καρποί από τα συγκεκριμένα φυτά συλλέγονταν και αφού καταμετρούνταν, ζυγίζονταν ώστε να μπορεί να σχηματισθεί μια πρώτη εκτίμηση της συνολικής παραγωγής του εκάστοτε πειραματικού τεμαχίου για τη συγκεκριμένη ημερομηνία δειγματοληψίας. Οι μετρήσεις αυτές δίνονται στον Πίνακα 7.

**Πίνακας 7: Μετρήσεις καθαρού βάρους καρπών (gr) σε σχέση με το σύνολο των φυτών δειγματοληψίας και των καρπών τους για τις ανάλογες ημερομηνίες του καλοκαιριού 2008.**

| Ημερομηνία | Σύνολο φυτών δειγματοληψίας | Σύνολο καρπών δειγματοληψίας | Καθαρό βάρος καρπών (gr) | Τύπος διχτυού |
|------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------|
| 20/08/08   | 30                          | 49                           | 8.112                    | Μαύρο νέο     |
|            | 30                          | 51                           | 7.642                    | Μαύρο παλιό   |
|            | 30                          | 48                           | 8.156                    | Πράσινο νέο   |
|            | 30                          | 34                           | 5.201                    | Πράσινο παλιό |
|            | 30                          | 55                           | 8.189                    | Κόκκινο παλιό |
|            | 30                          | 37                           | 5.109                    | Μάρτυρας      |
| 05/09/08   | 10                          | 36                           | 4.459                    | Μαύρο νέο     |
|            | 30                          | 94                           | 9.976                    | Μαύρο παλιό   |
|            | 20                          | 82                           | 9.495                    | Πράσινο νέο   |
|            | 12                          | 42                           | 4.741                    | Πράσινο παλιό |
|            | 30                          | 90                           | 11.263                   | Κόκκινο παλιό |
|            | 19                          | 42                           | 5.037                    | Μάρτυρας      |

### 3.2.2.2. Μετρήσεις όγκου συγκομισμένων δειγμάτων καρπών

Η καταγραφή του όγκου ( $\text{mm}^3$ ) των καρπών τομάτας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ποτηριού ζέσεως του 1lit και με ακρίβεια της τάξης 10ml. Τα δείγματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις όγκου φαίνονται, για το καλοκαίρι 2007, στον Πίνακα 5, ενώ για το καλοκαίρι 2008 φαίνονται στον Πίνακα 6.

Το ποτήρι ζέσεως πληρώνονταν έως τα 200ml και εμβαπτιζόνταν ο κάθε καρπός εντός του ποτηριού. Μόλις ηρεμούσε το σύστημα ακολουθούσε η ογκομέτρηση του καρπού και καταγραφόταν η μέτρηση.

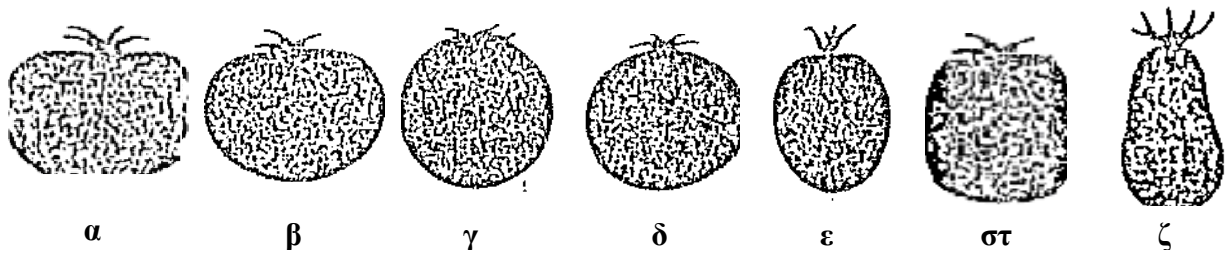
### 3.2.2.3. Μετρήσεις διαστάσεων συγκομισμένων δειγμάτων καρπών

Η μέτρηση των διαστάσεων των καρπών τομάτας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ηλεκτρονικού διαστασιόμετρου (caliper) (Εικόνα 28) και με ακρίβεια της τάξης 1mm. Τα δείγματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις διαστάσεων φαίνονται, για το καλοκαίρι 2007, στον Πίνακα 5, ενώ για το καλοκαίρι 2008 φαίνονται στον Πίνακα 6.



**Εικόνα 28: Ηλεκτρονικό διαστασιόμετρο η παχύμετρο για μέτρηση των διαστάσεων των καρπών.**

Οι διαστάσεις του καρπού, ειδικά σε αυτόν της τομάτας, έχουν ιδιαίτερη σημασία αφού οπτικά το οικείο προς τον καταναλωτή σχήμα είναι αυτό της πεπλατυσμένης σφαίρας (Hanson P., 1995). Συνεπώς, μετρήθηκαν στον κάθε καρπό η διάμετρος του πολικού και του ισημερινού και στη συνέχεια υπολογίστηκε ο λόγος του πολικού : ισημερινού (αυτός ο λόγος για να είναι ικανοποιητικό το σχήμα του καρπού πρέπει να κυμαίνεται από 0,75 που είναι ο λόγος για μια τελείως πεπλατυσμένη σφαίρα μέχρι 1,00 που είναι λόγος μιας τέλει σφαίρας) ώστε να δημιουργείται μια αντίληψη του κατά πόσον ο καρπός ομοιάζει σε πεπλατυσμένη σφαίρα (Εικόνα 29). Η ομοιότητα αυτή αποτελεί σημαντικό παράγοντα ποιοτικής αξιολόγησης της τομάτας, ιδιαίτερα για την καλλιεργούμενη ποικιλία belladonna, που προορίζεται για βρώση. Σε διαφορετικές περιπτώσεις, όπου η τομάτα καλλιεργείται για διαφορετική χρήση (π.χ. βιομηχανική τομάτα για πολτό, σάλτσα κ.ά.) τότε απαραίτητο κριτήριο αξιολόγησης αποτελούν διαφορετικά σχήματα.



**Εικόνα 29:** Διάφορα σχήματα καρπών ντομάτας, ανάλογα με ποικιλίες που καλλιεργούνται σε σχέση με τον προορισμό χρήσης. Οι κατηγορίες από α έως δ χρησιμοποιούνται κυρίως για βρώση ενώ από ε έως ζ για βιομηχανική ή άλλη χρήση: α) Πεπλατυσμένη σφαίρα, β) Ελαφρώς πεπλατυσμένη σφαίρα, γ) Πλήρως σφαιρική, δ) Ελαφρώς σφαιρική, ε) Δαμασκηνοειδής, στ) Τετραγωνισμένη, ζ) Αχλαδοειδής.

#### 3.2.2.4. Μετρήσεις επιφάνειας σκασιμάτων συγκομισμένων δειγμάτων καρπών

Η μέτρηση της επιφάνειας των σκασιμάτων ή εν γένει των παραμορφώσεων που οφείλονται σε μηχανικά αίτια, στον καρπό πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του ίδιου ηλεκτρονικού διαστασιόμετρου που χρησιμοποιήθηκε και για τη μέτρηση των διαστάσεων και με ακρίβεια της τάξης 1mm.

Με την έννοια "σκασίματα" ή "παραμορφώσεις" στη συγκεκριμένη περίπτωση εννοούμε οποιαδήποτε δυσπλασία εμφανίζεται κυρίως στη σάρκα του καρπού και υποβαθμίζει την εικόνα του καρπού. Συγκεκριμένα, ως σκασίματα θεωρήθηκαν πιθανά σκισίματα, ηλιοκαύματα, παραμορφώσεις κ.ά., χωρίς όμως να λαμβάνονται υπόψη δυσπλασίες που οφείλονται σε εχθρούς και ασθένειες που ούτως ή άλλως δεν υπήρξαν δείγματα με τέτοιου είδους προσβολές. Συνεπώς, μετρήθηκαν στον κάθε καρπό το μήκος και το πλάτος του πλέον χαρακτηριστικού σκασίματος και, εάν επρόκειτο για παραπάνω του ενός, τότε η επιφάνεια που είχε υπολογισθεί πολλαπλασιάζονταν με το πλήθος των σκασιμάτων. Με αυτό τον τρόπο η εργασία μηχανοποιούνταν αρκετά και λαμβάνονταν η όσο κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστη εκτίμηση της επιφάνειας των σκασιμάτων. Στους Πίνακες 8 και 9 δίνεται το πλήθος των καρπών που εμφάνισαν σκασίματα σε σχέση με το δείγμα των συγκομισμένων προς μέτρηση καρπών και ανάλογα με την κάλυψη ή μη, τόσο για το καλοκαίρι 2007, όσο και για το καλοκαίρι 2008.



**Πίνακας 8: Πλήθος καρπών που παρουσίασαν σκασίματα σε σχέση με τους συνολικούς καρπούς δειγματοληψίας, ανά περίπτωση κάλυψης ή μη, για το καλοκαίρι 2007. Μέγεθος δείγματος, καρποί με σκασίματα**

| Ημερομηνία | Μαύρο             |                     | Πράσινο           |                     | Κόκκινο           |                     | Μάρτυρας          |                     |
|------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
|            | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα |
| 26/08/07   | 12                | 9                   | 10                | 5                   | 10                | 7                   | 10                | 8                   |
| 03/09/07   | 10                | 7                   | 10                | 6                   | 10                | 10                  | 10                | 6                   |
| 27/09/07   | 9                 | 2                   | 10                | 3                   | 10                | 5                   | 10                | 3                   |
| 18/10/07   | 12                | 4                   | 15                | 2                   | 12                | 5                   | 14                | 3                   |

**Πίνακας 9: Πλήθος καρπών που παρουσίασαν σκασίματα σε σχέση με τους συνολικούς καρπούς δειγματοληψίας, ανά περίπτωση κάλυψης ή μη, για το καλοκαίρι 2008.**

| Ημερομηνία | Μαύρο νέο         |                     | Μαύρο παλιό       |                     | Πράσινο νέο       |                     | Πράσινο παλιό     |                     | Κόκκινο παλιό     |                     | Μάρτυρας          |                     |
|------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
|            | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα | Μέγεθος δείγματος | Καρποί με σκασίματα |
| 20/08/08   | 13                | 7                   | 16                | 8                   | 10                | 8                   | 11                | 6                   | 12                | 9                   | 20                | 13                  |
| 05/09/08   | 14                | 1                   | 13                | 5                   | 10                | 3                   | 11                | 4                   | 19                | 7                   | 8                 | 6                   |

### 3.2.2.5. Μετρήσεις αντίστασης σάρκας συγκομισμένων δειγμάτων καρπών

Η σκληρότητα του περικαρπίου αποτελεί ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό του καρπού του οποίου η γνώση είναι απαραίτητη σε περιπτώσεις όπου οι περιοχές παραγωγής βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τις αγορές διακίνησης του προϊόντος (Hanson P., 1995). Η σκληρότητα του περικαρπίου αποτελεί ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό που ελέγχεται κυρίως γενετικά, αλλά πολλές φορές επηρεάζεται και από περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. ελλειψής φωτισμός, αυξημένη σχετική υγρασία που προκαλεί υδαρές περικάρπιο κ.ά.). Επίσης, η σκληρότητα του περικαρπίου αποτελεί επιθυμητό χαρακτηριστικό ειδικά στην τομάτα γιατί εξασφαλίζει αντοχή στον καρπό, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μετασυλλεκτικών χειρισμών και προσδίδει αντοχή σε προβολές από παθογόνα (π.χ. μετασυλλεκτικές σήψεις).

Η αντίσταση της σάρκας (kg) των καρπών πραγματοποιείται μέσω της διαδικασίας της "πενετρομέτρησης". Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα με τη χρήση του "πενετρόμετρου", όργανο το οποίο ασκεί πίεση στην επιφάνεια του καρπού μέχρι που η αντίσταση της σάρκας να παύσει, η σάρκα να διαρραγεί και να ανοιχτεί χαρακτηριστική οπή σε αυτήν (Εικόνα 30). Τα δείγματα στα οποία

πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις αντίστασης σάρκας φαίνονται, για το καλοκαίρι 2007, στον Πίνακα 5, ενώ για το καλοκαίρι 2008 φαίνονται στον Πίνακα 6.



**Εικόνα 30: Πενετρόμετρο με προσαρτημένο "διακορευτή" για μέτρηση της αντίστασης σάρκας σε τομάτα (αριστερά) και πλήρες σετ οργάνου με "διακορευτές" για διάφορους τύπους καρπών.**

Κατά τη φάση της διαρραγής του καρπού και του ανοίγματος της χαρακτηριστικής οπής, παύει η άσκηση πίεσης στον καρπό μέσω του οργάνου, οπότε τη δεδομένη χρονική στιγμή το όργανο δείχνει το ποσό της πίεσης που ασκήθηκε για να διαρραγεί η σάρκα σε Kg. Αυτή είναι και η μέτρηση που καταγράφεται. Υψηλές τιμές αντίστασης συνήθως δηλώνουν σάρκα με μικρότερη περιεκτικότητα σε υγρά, οπότε και αυτή η σάρκα τείνει προς την αφυδάτωση (πιο σκληρή), κάτι που δεν είναι ιδιαίτερα επιθυμητό για τις τομάτες που πρόκειται να καταναλωθούν νωπές προς βρώση.

### **3.2.2.6. Μετρήσεις οξύτητας χυμού συγκομισμένων δειγμάτων καρπών**

Για τη μέτρηση της οξύτητας του χυμού τομάτας χρησιμοποιείται pHμετρο (Εικόνα 31). Το pHμετρο που διαθέτει το Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος είναι της εταιρείας Hanna Instruments, μοντέλο HI8314 και δίνει μέτρηση pH με ακρίβεια εκατοστού. Τα δείγματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις οξύτητας φαίνονται, για το καλοκαίρι 2007, στον Πίνακα 5, ενώ για το καλοκαίρι 2008 φαίνονται στον Πίνακα 6.

Μετά τις μηχανικές μετρήσεις που αφορούσαν τους καρπούς, αυτοί τεμαχίζονταν και μέρος των τεμαχίων, μαζί με τη σάρκα, τοποθετούνταν σε μίξερ. Μετά την πολτοποίηση εισέρχονταν στο δείγμα ο αισθητήρας του pHμετρου και

μόλις το όργανο σταθεροποιούσε την ένδειξή του, τότε αυτή καταγράφονταν. Επιθυμητό pH για μια τομάτα προς βρώση είναι γύρω στο 4,5.



**Εικόνα 31: Το pHμετρο HI8314 της εταιρείας Hanna Instruments για τη μέτρηση της οξύτητας χυμού καρπών ντομάτας.**

### **3.2.2.7. Μετρήσεις περιεχομένων σακχάρων συγκομισμένων δειγμάτων καρπών**

Ο καρπός της τομάτας αποτελείται κατά 94-95% από νερό και από 5-6% οργανικές ενώσεις (στερεά). Αυτές οι ενώσεις αποτελούνται από διάφορα συστατικά: Σάκχαρα (φρουκτόζη, γλυκόζη, σακχαρόζη, τα οποία εντοπίζονται κυρίως στο τοίχωμα του καρπού) και τα οποία αποτελούν περίπου το 50% των στερεών, πηκτίνες, κυτταρίνη, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες (διαλυτοί σε αλκοολούχα διαλύματα) και τα οποία συνθέτουν το 25% των στερεών, οργανικά οξέα όπως κιτρικό άλας και εστέρες και άλατα μαλαϊκού οξέος τα οποία αποτελούν μέχρι το 12% των στερεών, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό των στερεών αποτελείται από καροτενοειδή, πτητικές ενώσεις, αμινοξέα και ανόργανα συστατικά. Ένα υψηλό ποσοστό περιεχομένων στερεών είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την κατεργασία της τομάτας, ειδικά όταν πρόκειται για παραγωγή πολτού ή σάλτσας. Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η άρδευση, η υφή του εδάφους, η ανθεκτικότητα σε προσβολές από ασθένειες κ.ά. επηρεάζουν την περιεκτικότητα του καρπού σε στερεά. Γενικά, η απόδοση παραγωγής και η περιεκτικότητα σε στερεά φαίνεται να έχουν αρνητική συσχέτιση (υψηλότερη παραγωγή, μικρότερο ποσοστό στερεών). Η μη εντατική καλλιέργεια φαίνεται ότι ευνοεί τις υψηλότερες συγκεντρώσεις στερεών. Επίσης, αυτά φαίνεται να συσχετίζονται θετικά (% στερεά) με το ιξώδες του χυμού και τη σκληρότητα του καρπού (Hanson P., 1995).

Για τα διαθλασίμετρα χειρός της εταιρείας ATAGO (στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε διαθλασίμετρο της ATAGO, σειρά Master) η μέτρηση λαμβάνεται ως εξής (Εικόνα 32):

1. Τοποθετούνται μια ή δυο σταγόνες χυμού (προερχόμενου τόσο από το εσωτερικό όσο και από το περικάρπιο) στην πρισματική επιφάνεια. Στη συνέχεια κλείνει το καπάκι φωτός ημέρας και ελέγχεται εάν το δείγμα έχει κατανεμηθεί ομοιόμορφα πάνω από το πρίσμα, ενώ καταβάλλεται προσπάθεια ώστε να εξαλειφθούν πιθανές κατακρατήσεις αέρα (φούσκες).
2. Έπειτα ακολουθεί παρατήρηση από τον προσοφθάλμιο φακό. Γίνεται ανάγνωση της οριακής γραμμής, στο σημείο που ενώνονται η μπλε και η λευκή περιοχή. Η ένδειξη που φαίνεται εκείνη τη στιγμή στο όργανο είναι και οι βαθμοί Brix% (το περιεχόμενο στο δείγμα σάκχαρο).



Εικόνα 32: Μέθοδος λήψης μετρήσεων από χυμούς φρούτων με διαθλασίμετρο χειρός.

Τα δείγματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις περιεχομένων σακχάρων φαίνονται, για το καλοκαίρι 2007, στον Πίνακα 5, ενώ για το καλοκαίρι 2008 φαίνονται στον Πίνακα 6. Στους καρπούς τομάτας του πειράματος, τόσο κατά το έτος 2007 όσο και κατά το 2008, η μέθοδος εξαγωγής του χυμού που εφαρμόστηκε ήταν η ίδια και ακολουθήθηκαν τα ακόλουθα βήματα: τεμαχισμός του καρπού, τυχαία επιλογή επαρκών τεμαχίων μαζί με τους σπόρους και το φλοιό, σύνθλιψη των επιλεγμένων τεμαχίων σε ογκομετρικό κύλινδρο και απόθεση επαρκούς ποσότητας στο διαθλασίμετρο για λήψη της απαιτούμενης μέτρησης περιεχομένου σακχάρου.

### 3.2.2.8. Μετρήσεις χρώματος σάρκας συγκομισμένων δειγμάτων καρπών

Το χρώμα του φλοιού μετρήθηκε με το χρωματόμετρο Hunter LAB (Miniscan XE Plus) (Εικόνα 33) μετά από προτυποποίηση με τις παρεχόμενες άσπρη και μαύρη

πλάκες. Τα δείγματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις χρώματος σάρκας φαίνονται, για το καλοκαίρι 2007, στον Πίνακα 5, ενώ για το καλοκαίρι 2008 φαίνονται στον Πίνακα 6.



**Εικόνα 33: Το χρωματόμετρο Miniscan XE Plus της εταιρείας Hunter LAB.**

Ελήφθησαν 2 μετρήσεις γύρω από την περιοχή του ισημερινού κάθε καρπού και καταγράφηκε ο μέσος όρος αυτών. Από τις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , οι  $a^*$  και  $b^*$  χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των χρωματικών παραμέτρων  $C^*$  και  $h^\circ$  (McGuire, 1992). Το  $L^*$  έχει κλίμακα από το 0-100, όπου  $L^*=0$  είναι το μαύρο και  $L^*=100$  το άσπρο. Όσο πιο μεγάλο είναι το  $L^*$  τόσο πιο φωτεινό είναι το χρώμα του καρπού. Τα  $a^*$  και  $b^*$  είναι συνισταμένες που τοποθετούν το χρώμα σε ένα νοητό οριζόντιο άξονα κάθετο στο  $L^*$ . Το άχρωμο ορίζεται από τις συντεταγμένες (0,0) για το  $a^*$  και το  $b^*$ , αντίστοιχα. Αν το  $a^*$  είναι θετικό και όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο πιο κόκκινος είναι ο καρπός, αν είναι αρνητικό και όσο πιο μικρό είναι, τόσο πιο πράσινου χρώματος είναι ο καρπός. Επίσης, αν το  $b^*$  είναι θετικό και όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο πιο κίτρινος είναι ο καρπός, αν είναι αρνητικό και όσο πιο μικρό είναι, τόσο πιο μπλε χρώματος είναι ο καρπός. Το μετρήσιμο χρώμα  $C^*$  δίνεται συνάρτησε των  $a^*$  και  $b^*$  από τον τύπο  $C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ . Γενικά όσο πιο μεγάλο είναι το  $C^*$  τόσο πιο καθαρό χρώμα (απομακρύνεται από το γκρι) έχει ο καρπός. Το  $h^\circ$  είναι η απόχρωση που δίνεται από το κλάσμα  $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ . Για  $h^\circ=0^\circ$  εκφράζει το κόκκινο,  $h^\circ=90^\circ$  εκφράζει το κίτρινο,  $h^\circ=180^\circ$  το πράσινο και  $h^\circ=270^\circ$  το μπλε. Σε συνδυασμό τα  $C^*$  και  $h^\circ$  δίνουν το ακριβές, πραγματικό χρώμα ιδιαίτερα για έγχρωμους καρπούς, όπως οι τομάτες.

Σύμφωνα με την εταιρεία Hunter LAB, ειδικά για αναλύσεις χρώματος σε τομάτα, απαραίτητος είναι ο υπολογισμός των ακόλουθων δεικτών που αποτελούν πρόσθετα ποιοτικά κριτήρια των καρπών. Έτσι:

**Fresh Tomato Color Index (Χρωματικός Δείκτης Φρέσκιας Τομάτας, FTCI):**

$$FTCI = 100 \left( \frac{21,6}{L^*} - \frac{7,5b^*}{L^*a^*} \right)$$

**Tomato Juice Score (Μέτρηση χυμού τομάτας, TJS):**

$$TJS = 25,114 + 0,939a^* - 1,638b^*$$

**Tomato a/b Ratio (Λόγος a/b για την τομάτα, TR):**

$$TR = a^*/b^*$$

Όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές των δεικτών FTCI, TJS και TR, τόσο πιο ποιοτικός είναι ο καρπός της τομάτας και πιο ελκυστικός όσον αφορά το χρώμα του για κατανάλωση. Ειδικά για τον δείκτη TR (δείκτης ωριμότητας) ισχύει ότι οι ανώριμες πράσινες τομάτες έχουν δείκτη  $TR < 0$  και καθώς ο καρπός ωριμάζει και αποκτά σκούρο κόκκινο χρώμα, αυτός ο δείκτης ολοένα και μεγαλώνει σε τιμή (επιθυμητές τιμές  $TR \approx 1$ ).

Οι χρωματικοί δείκτες που μετρήθηκαν εργαστηριακά ήταν οι  $L^*$  (φωτεινότητα, 0 = λευκό – 100 = μαύρο),  $a^*$  ( $-a^*$  = πράσινο,  $+a^*$  = κόκκινο),  $b^*$  ( $-b^*$  = μπλε,  $+b^*$  = κίτρινο). Στη συνέχεια, με βάση τους μετρημένους χρωματικούς δείκτες, υπολογίστηκαν οι χρωματικοί δείκτες  $C^*$  (καθαρότητα,  $C^* < 0$  = θαμπό,  $C^* > 0$  = έντονο) και  $h^\circ$  (απόχρωση,  $h^\circ = 0^\circ$  κόκκινο,  $h^\circ = 90^\circ$  κίτρινο,  $h^\circ = 180^\circ$  πράσινο,  $h^\circ = 270^\circ$  μπλε). Παρόλα αυτά είναι κάπως δύσκολο να υπολογισθούν πρακτικά οι παραπάνω χρωματικοί δείκτες, ιδίως σε συνθήκες αγρού. Έτσι, κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ο **δείκτης ωριμότητας TR** ( $TR = a^*/b^*$ ), ο οποίος μπορεί να προκύψει εύκολα λαμβάνοντας απλώς τους χρωματικούς δείκτες  $a^*$  και  $b^*$  (με χρήση φορητού χρωματομέτρου, όπως αυτό που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα). Συνεπώς ο παραγωγός και ο κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί άνετα και σε συνθήκες αγρού να αποφανθεί, με κατάλληλη δειγματοληψία, για την κατάσταση της ωριμότητας των καρπών για συγκομιδή ή για προγραμματισμό επικείμενης συγκομιδής.

Οι συντελεστές  $L^*$ ,  $a^*$ , και  $b^*$  που μετρήθηκαν με το Hunter LAB Miniscan XE Plus μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τον υπολογισμό του περιεχόμενου λυκοπενίου, αφού αυτό βρίσκεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στο φλοιό της τομάτας, που είναι και το τμήμα της όπου λαμβάνονται οι μετρήσεις χρώματος. Το

λυκοπένιο, ως καροτενοειδές, σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού, ενώ καθορίζει και το βαθμό ερυθρότητας του καρπού. **Η σύνθεση λυκοπενίου σταματά σε θερμοκρασίες άνω των 30° C** (Hanson P., 1995). Για τον υπολογισμό του λυκοπενίου χρησιμοποιείται η συσχέτιση των Anthon και Barrett, αφού στο χυμό τομάτας περιέχεται σε μεγάλο ποσοστό και ο φλοιός της που επηρεάζει σημαντικά το χρώμα του χυμού λόγω του περιεχόμενου λυκοπενίου στο φλοιό.

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1. Κλιματικά δεδομένα

#### Καλοκαίρι 2007:

A) Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται τα βασικά περιληπτικά στατιστικά θερμοκρασίας (°C) για το κόκκινο, πράσινο και μαύρο δίχτυα, καθώς και για το μάρτυρα από 09/08/07 έως 14/08/07 και από 17/09/07 έως 27/09/07.

**Πίνακας 10: Βασικά περιληπτικά στατιστικά θερμοκρασίας (°C) από 09/08/07 έως 14/08/07 και από 17/09/07 έως 27/09/07 για τα δίχτυα κόκκινο, πράσινο, μαύρο, καθώς και για το μάρτυρα.**

|               | ΚΟΚΚΙΝΟ | ΜΑΡΤΥΡΑΣ | ΜΑΥΡΟ | ΠΡΑΣΙΝΟ |
|---------------|---------|----------|-------|---------|
| M.O.          | 25,83   | 25,28    | 22,42 | 25,25   |
| S.E.          | 0,17    | 0,16     | 0,18  | 0,16    |
| S.D           | 6,30    | 6,00     | 5,17  | 6,02    |
| Ελάχιστη τιμή | 8,23    | 7,43     | 8,23  | 8,23    |
| Μέγιστη τιμή  | 38,77   | 37,00    | 31,93 | 38,32   |

Από τον Πίνακα 10 όπου δίνονται οι μέσοι όροι, τα τυπικά σφάλματα, οι τυπικές αποκλίσεις, οι ελάχιστες και μέγιστες της θερμοκρασίας για συγκεκριμένες ημερήσιες χρονικές περιόδους (7.00 - 21.00) και ημερομηνίες του καλοκαιριού 2007 παρατηρούμε ότι η μέση θερμοκρασία αέρα του μαύρου δικτυού ήταν σημαντικά μικρότερη (22,42 °C) από όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης (κόκκινο 25,83 °C, πράσινο 25,25 °C) και από το μάρτυρα (25,28 °C). Με δεδομένο ότι η ευαισθησία μέτρησης θερμοκρασίας των οργάνων (Hobo H8 και Pro Series) παρουσιάζει μια απόκλιση της τάξης των  $\pm 0,7$  °C και τα τυπικά σφάλματα των δεδομένων, οι διαφορές στους μέσους όρους του κόκκινου και πράσινου δικτυών, καθώς και στου μάρτυρα είναι αμελητέες και δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα ως προς την επίδραση των κόκκινου και πράσινου δικτυών επί των σκιασμένων φυτών. Εξάλλου, οι θερμοκρασίες στις οποίες κυμαίνονται οι μέσοι όροι σε καμιά περίπτωση δεν αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την αύξηση και ανάπτυξη του φυτού, ούτε επηρεάζουν καμιά από τις φυσιολογικές λειτουργίες του καρπού, αφού οι επιθυμητές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας για κανονική αύξηση, ανάπτυξη και καρπόδεση είναι 21-29,5 °C (Benton Jones, 1999). Αν γίνονταν μια προσπάθεια κατάταξης των δικτυών ως προς το μέσο όρο της θερμοκρασίας, έστω και τυπική, τότε το μικρότερο μέσο όρο παρουσίασε το μαύρο



δίχτυ, ακολουθούμενο από το πράσινο δίχτυ και το μάρτυρα, ενώ το μεγαλύτερο μέσο όρο παρουσίασε το κόκκινο δίχτυ.

Όσον αφορά στις μέγιστες τιμές, πάλι η μικρότερη τιμή εμφανίζεται στο μαύρο δίχτυ (31,93 °C) και διαφέρει σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες. Η συγκεκριμένη τιμή δεν είναι ιδιαίτερα απαγορευτική για την αύξηση, ανάπτυξη και καρπόδεση της καλλιέργειας (άριστες θερμοκρασίες 21-29,5 °C) και με δεδομένο ότι αυτή η θερμοκρασία διαρκεί για περιορισμένο χρονικό διάστημα τότε συμπεραίνεται ότι η καλλιέργεια που αναπτύσσεται κάτω από το μαύρο δίχτυ σε καμιά περίπτωση δεν πρόκειται να υποφέρει από υψηλές θερμοκρασίες (Benton Jones, 1999). Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις, οι μέγιστες θερμοκρασίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα ανάπτυξης της καλλιέργειας σε σχέση πάντα και με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο εκτίθενται οι καλλιέργειες σε αυτές (μέγιστη θερμοκρασία για το κόκκινο δίχτυ ήταν 38,77 °C, για το πράσινο δίχτυ 38,32 °C ενώ για το μάρτυρα 37,00 °C). Επίσης, αυτές οι ακραίες θερμοκρασίες αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την ωρίμανση του καρπού (οψίμιση της παραγωγής) λόγω της αρνητικής επίδρασης στην παραγωγή λυκοπενίου (έως 30° C) που με τη σειρά του καθυστερεί την εμφάνιση του επιθυμητού ερυθρού χρώματος στην τομάτα, απαραίτητου κριτηρίου (τουλάχιστον οπτικά) για την έγκαιρη συγκομιδή του καρπού.

Όσον αφορά στις ελάχιστες τιμές, η μικρότερη ελάχιστη τιμή εμφανίζεται στον μάρτυρα (7,43 °C) και διαφέρει σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι σε όλα τα δίχτυα η ελάχιστη θερμοκρασία είναι η ίδια (8,23 °C) και παρουσιάζεται φυσικά κατά τις πρώτες πρωινές ώρες καταγραφής των δεδομένων. Αυτό φυσικά εξηγείται από τις ιδιότητες των διχτυών κάλυψης αφού κατά τις πρωινές ώρες η άμεση ακτινοβολία είναι μηδαμινή ενώ υπερισχύει η διάχυτη με αποτέλεσμα τα δίχτυα στην ουσία να μην είναι λειτουργικά, κρατώντας όμως εντός του χώρου της καλλιέργειας ελάχιστα αυξημένη θερμοκρασία λόγω της παγιδευμένης διάχυτης ακτινοβολίας κάτω από αυτά (τα δίχτυα είναι πλαστικά με συνέπεια να λειτουργούν, παρ' όλες τις οπές που διαθέτουν, σαν ένα υποτυπώδες πλαστικό κάλυμμα για την καλλιέργεια). Φυσικά αυτές οι θερμοκρασίες και σε σχέση πάντα με το χρόνο που απαιτείται για να επιτευχθεί το κατώτερο επιτρεπτό θερμοκρασιακό όριο (21 °C) εύρυθμης ανάπτυξης της καλλιέργειας θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ένας ανασταλτικός παράγοντας. Παρ' όλα αυτά δεν θεωρούμε αυτή τη δράση ζημιογόνα, αφού ούτως ή άλλως η καλλιέργεια δεν αναπτύσσεται σε

πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον (π.χ. θερμοκήπιο), αλλά στο φυσικό περιβάλλον οπότε και το γεγονός εμπίπτει στα φυσιολογικά για την καλλιέργεια πλαίσια.

B) Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται τα βασικά περιληπτικά στατιστικά υγρασίας (RH%) για το κόκκινο, πράσινο και μαύρο δίχτυα, καθώς και για το μάρτυρα από 09/08/07 έως 14/08/07 και από 17/09/07 έως 27/09/07.

**Πίνακας 11: Βασικά περιληπτικά στατιστικά υγρασίας (RH%) από 09/08/07 έως 14/08/07 και από 17/09/07 έως 27/09/07 για τα δίχτυα κόκκινο, πράσινο, μαύρο, καθώς και για το μάρτυρα.**

|               | ΚΟΚΚΙΝΟ | ΜΑΡΤΥΡΑΣ | ΜΑΥΡΟ | ΠΡΑΣΙΝΟ |
|---------------|---------|----------|-------|---------|
| M.O.          | 24,83   | 37,85    | 47,85 | 35,69   |
| S.E.          | 0,07    | 0,48     | 0,64  | 0,40    |
| S.D.          | 2,46    | 17,63    | 18,95 | 14,80   |
| Ελάχιστη τιμή | 23,40   | 23,40    | 23,60 | 23,50   |
| Μέγιστη τιμή  | 41,80   | 94,60    | 91,60 | 85,30   |

Από τον Πίνακα 11 όπου δίνονται οι μέσοι όροι, τα τυπικά σφάλματα, οι τυπικές αποκλίσεις, τα ελάχιστα και μέγιστα για συγκεκριμένες ημερήσιες χρονικές περιόδους (7.00 - 21.00) και ημερομηνίες του καλοκαιριού 2007 παρατηρούμε ότι η μέση υγρασία αέρα του κόκκινου δικτύου (24,83%) ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση τόσο με τις άλλες μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης (μαύρο δίχτυ 47,85%, πράσινο δίχτυ 35,69%) όσο και σε σχέση με το μάρτυρα (37,5%). Αυτό όμως δεν είναι αληθές γιατί όπως αποδείχθηκε στη συνέχεια ο αισθητήρας υγρασίας του Hobo που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις στο κόκκινο δίχτυ ήταν ελαττωματικός και, λόγω του προχωρημένου χρονικά διαστήματος που έγινε αντιληπτό, δεν στάθηκε δυνατή η αντικατάστασή του. Συνεπώς, οι μετρήσεις που ελήφθησαν για τη σχετική υγρασία στο κόκκινο δίχτυ κατά το καλοκαίρι του 2007 δεν θα ληφθούν υπόψη αφού δεν είναι δυνατό να εξαχθεί αξιόπιστο αποτέλεσμα από αυτές. Επίσης, με δεδομένο ότι η ευαισθησία μέτρησης υγρασίας των οργάνων (Hobo H8 και Pro Series) παρουσιάζει μια απόκλιση της τάξης των  $\pm 5\%$  και τα τυπικά σφάλματα των δεδομένων, οι διαφορές στους μέσους όρους του πράσινου δικτύου και του μάρτυρα είναι αμελητέες και δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα ως προς την επίδραση του πράσινου δικτύου επί των σκιασμένων φυτών. Από την άλλη, παρατηρείται μια τάση το μαύρο δίχτυ να παρουσιάζει το σημαντικά μεγαλύτερο μέσο όρο σχετικής υγρασίας. Σημειώνεται επίσης ότι σχετική υγρασία άνω του 60% και σε συνδυασμό με τις θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την καλλιέργεια του καλοκαιριού αποτελεί σοβαρό κίνδυνο λόγω του ευνοϊκού περιβάλλοντος για

ανάπτυξη παθογόνων και την πρόκληση σχισμάτων στους καρπούς (Hanson P., 1995). Από την άλλη, επιθυμητό είναι η σχετική υγρασία του αέρα να κυμαίνεται το πολύ μέχρι 60-70% γιατί έτσι βελτιστοποιούνται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών και ρυθμίζεται επαρκώς η αναπνοή τους.

Όσον αφορά στις μέγιστες τιμές, η μικρότερη τιμή εμφανίζεται στο πράσινο δίχτυ (85,30%) και διαφέρει σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες (κόκκινο δίχτυ 41,80%, μαύρο δίχτυ 91,60%, μάρτυρας 94,60 και με δεδομένη την ακρίβεια του οργάνου στο  $\pm 5\%$ ). Για τη μέγιστη τιμή σχετικής υγρασίας στο κόκκινο δίχτυ ισχύει ό,τι προαναφέρθηκε και δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα. Οι άλλες μέγιστες τιμές αφορούν προφανώς σε βροχόπτωση, η οποία παρόλη τη χρησιμότητά της ως προς την άρδευση της καλλιέργειας, σε συνδυασμό με αυξημένες θερμοκρασίες και παρατεταμένη χρονικά μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ανάπτυξης παθογόνων και σχισίματα στους καρπούς. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι μέγιστες σχετικές υγρασίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα ανάπτυξης της καλλιέργειας σε σχέση πάντα και με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο εκτίθενται οι καλλιέργειες σε αυτές.

Όσον αφορά στις ελάχιστες τιμές, η μικρότερη ελάχιστη τιμή εμφανίζεται στο κόκκινο δίχτυ (23,40%) και στον μάρτυρα (23,40%) και δεν διαφέρουν καθόλου από τις υπόλοιπες (μαύρο δίχτυ 23,60%, πράσινο δίχτυ 23,50%), έχοντας υπόψη την ακρίβεια του οργάνου στο  $\pm 5\%$ . Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι σε όλα τα δίχτυα η ελάχιστη σχετική υγρασία είναι η ίδια και παρουσιάζεται φυσικά κατά τις περιόδους παρατεταμένης έλλειψης βροχόπτωσης, φαινόμενο το οποίο επηρεάζει εξίσου τόσο τις σκιασμένες καλλιέργειες όσο και το μάρτυρα. Φυσικά αυτές οι σχετικές υγρασίες και σε σχέση πάντα με το χρονικό διάστημα που επικρατούν θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ανασταλτικός παράγοντας της εύρυθμης ανάπτυξης και φυσιολογικής αναπνοής των καρπών. Παρ' όλα αυτά δεν θεωρούμε αυτή τη δράση ζημιογόνα, αφού ούτως ή άλλως η καλλιέργεια δεν αναπτύσσεται σε πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον (π.χ. θερμοκήπιο), αλλά στο φυσικό περιβάλλον οπότε και το γεγονός εμπίπτει στα φυσιολογικά για την καλλιέργεια πλαίσια.

## Καλοκαίρι 2008:

Α) Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται τα βασικά περιληπτικά στατιστικά θερμοκρασίας (°C) για το κόκκινο παλιό, πράσινο παλιό, πράσινο νέο, μαύρο παλιό, μαύρο νέο δίχτυα, καθώς και για το μάρτυρα από 22/07/08 έως 23/07/08, από 31/07/08 έως 03/08/08, στις 13/08/08, από 28/08/08 έως 01/09/08 και από 08/09/08 έως 11/09/08.

**Πίνακας 12: Βασικά περιληπτικά στατιστικά θερμοκρασίας (°C) από 22/07/08 έως 23/07/08, από 31/07/08 έως 03/08/08, στις 13/08/08, από 28/08/08 έως 01/09/08 και από 08/09/08 έως 11/09/08 για τα δίχτυα κόκκινο παλιό, πράσινο παλιό, πράσινο νέο, μαύρο παλιό, μαύρο νέο, καθώς και για το μάρτυρα.**

|               | ΚΟΚΚΙΝΟ<br>ΠΑΛΙΟ | ΜΑΡΤΥΡΑΣ | ΠΡΑΣΙΝΟ<br>ΠΑΛΙΟ | ΠΡΑΣΙΝΟ<br>ΝΕΟ | ΜΑΥΡΟ<br>ΠΑΛΙΟ | ΜΑΥΡΟ<br>ΝΕΟ |
|---------------|------------------|----------|------------------|----------------|----------------|--------------|
| M.O.          | 30,13            | 28,14    | 27,56            | 28,74          | 29,73          | 27,71        |
| S.E.          | 0,16             | 0,16     | 0,17             | 0,14           | 0,20           | 0,12         |
| S.D.          | 6,00             | 4,88     | 4,88             | 5,26           | 4,37           | 4,25         |
| Ελάχιστη τιμή | 16,76            | 16,76    | 17,14            | 16,76          | 17,90          | 16,76        |
| Μέγιστη τιμή  | 40,59            | 37,44    | 35,27            | 40,13          | 38,32          | 35,70        |

Από τον Πίνακα 12 όπου δίνονται οι μέσοι όροι, τα τυπικά σφάλματα, οι τυπικές αποκλίσεις, τα ελάχιστα και μέγιστα της θερμοκρασίας για συγκεκριμένες ημερήσιες χρονικές περιόδους (7.00 - 21.00) και ημερομηνίες του καλοκαιριού 2008 παρατηρούμε ότι η μέση θερμοκρασία αέρα του πράσινου παλιού δίχτυου ήταν μικρότερη (27,56 °C) από όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης (με αύξουσα κλίμακα: μαύρο νέο 27,71 °C, πράσινο νέο 28,74 °C, μαύρο παλιό 29,73 °C, κόκκινο παλιό 30,13 °C) και από το μάρτυρα (28,14 °C). Με δεδομένο ότι η ευαισθησία μέτρησης θερμοκρασίας των οργάνων (Hobo H8 και Pro Series) παρουσιάζει μια απόκλιση της τάξης των  $\pm 0,7$  °C και τα τυπικά σφάλματα των δεδομένων, τα δίχτυα σκίασης μπορούν να ταξινομηθούν, ως προς τον μέσο όρο της θερμοκρασίας, σε δυο ομάδες. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τις περιπτώσεις που δεν διαφέρουν σημαντικά από τον μικρότερο μέσο όρο θερμοκρασίας που εμφανίζεται στο πράσινο παλιό δίχτυ και περιλαμβάνει τις μεταχειρίσεις του μαύρου νέου δίχτυου και του μάρτυρα. Οι διαφορές στους μέσους όρους αυτών των μεταχειρίσεων είναι αμελητέες και δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα ως προς την επίδραση των πράσινου παλιού και μαύρου νέου δίχτυων επί των σκιασμένων φυτών. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τις περιπτώσεις που διαφέρουν σημαντικά από τον μικρότερο μέσο όρο θερμοκρασίας που εμφανίζεται στο πράσινο παλιό δίχτυ και περιλαμβάνει τις μεταχειρίσεις του πράσινου νέου, του μαύρου παλιού και του

κόκκινου παλιού δίχτων. Όμως και από αυτές τις διαφορές στους μέσους όρους, αυτή του πράσινου νέου δεν διαφέρει ουσιαστικά από το μάρτυρα, με συνέπεια μόνο οι μέσες θερμοκρασίες του μαύρου παλιού και κόκκινου παλιού να μπορούν να ασκήσουν κάποια επίδραση επί των σκιασμένων φυτών. Εξάλλου, οι θερμοκρασίες στις οποίες κυμαίνονται οι μέσοι όροι σε καμιά περίπτωση δεν αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την αύξηση και ανάπτυξη του φυτού, ούτε επηρεάζουν καμία από τις φυσιολογικές λειτουργίες του καρπού, αφού οι επιθυμητές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας για κανονική αύξηση, ανάπτυξη και καρπόδεση είναι 21-29,5 °C (Benton Jones, 1999). Αν γίνονταν μια προσπάθεια κατάταξης των δίχτων ως προς το μέσο όρο της θερμοκρασίας, έστω και τυπική, τότε το μικρότερο μέσο όρο παρουσίασε το πράσινο παλιό δίχτυ, ακολουθούμενο από το μαύρο νέο δίχτυ, το μάρτυρα, το πράσινο νέο δίχτυ, το μαύρο παλιό δίχτυ, ενώ το μεγαλύτερο μέσο όρο παρουσίασε το κόκκινο δίχτυ.

Όσον αφορά στις μέγιστες τιμές, πάλι η μικρότερη τιμή εμφανίζεται στο πράσινο παλιό δίχτυ (35,27 °C) σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης (με αύξουσα κλίμακα: μαύρο νέο 35,70 °C, μαύρο παλιό 38,32 °C, πράσινο νέο 40,13 °C, κόκκινο παλιό 40,59 °C) και από το μάρτυρα (37,44 °C). Οι μέγιστες τιμές είναι από λίγο έως πολύ απαγορευτικές για την αύξηση, ανάπτυξη και καρπόδεση της καλλιέργειας (άριστες θερμοκρασίες 21-29,5 °C). Με δεδομένο ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες στο πράσινο παλιό δίχτυ και στο μαύρο νέο δίχτυ διαρκούν για περιορισμένο χρονικό διάστημα τότε συμπεραίνεται ότι η καλλιέργεια ελάχιστα πρόκειται οριακά να υποφέρει από υψηλές θερμοκρασίες (Benton Jones, 1999). Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις, οι μέγιστες θερμοκρασίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα ανάπτυξης της καλλιέργειας σε σχέση πάντα και με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο εκτίθενται οι καλλιέργειες σε αυτές. Επίσης, αυτές οι ακραίες θερμοκρασίες αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την ωρίμανση του καρπού (οψίμιση της παραγωγής) λόγω της αρνητικής επίδρασης στην παραγωγή λυκοπενίου (έως 30 °C) που με τη σειρά του καθυστερεί την εμφάνιση του επιθυμητού ερυθρού χρώματος στην τομάτα, απαραίτητου κριτηρίου (τουλάχιστον οπτικά) για την έγκαιρη συγκομιδή του καρπού.

Όσον αφορά στις ελάχιστες τιμές, η μικρότερη ελάχιστη τιμή εμφανίζεται στον μάρτυρα, στο κόκκινο παλιό δίχτυ, στο πράσινο νέο δίχτυ και στο μαύρο νέο δίχτυ (16,76 °C) και δε διαφέρει σημαντικά από την ελάχιστη τιμή στο πράσινο παλιό δίχτυ (17,14 °C) και η τελευταία δε διαφέρει σημαντικά από την ελάχιστη τιμή του

μαύρου παλιού δίχτου (17,90 °C). Αυτές οι θερμοκρασίες και σε σχέση πάντα με το χρόνο που απαιτείται για να επιτευχθεί το κατώτερο επιτρεπτό θερμοκρασιακό όριο (21 °C) εύρυθμης ανάπτυξης της καλλιέργειας ελάχιστα θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ένας ανασταλτικός παράγοντας.

B) Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται τα βασικά περιληπτικά στατιστικά υγρασίας (RH%) για το κόκκινο παλιό, πράσινο παλιό, πράσινο νέο, μαύρο παλιό, μαύρο νέο δίχτυα, καθώς και για το μάρτυρα από 22/07/08 έως 23/07/08, από 31/07/08 έως 03/08/08, στις 13/08/08, από 28/08/08 έως 01/09/08 και από 08/09/08 έως 11/09/08.

**Πίνακας 13: Βασικά περιληπτικά στατιστικά υγρασίας (RH%) από 22/07/08 έως 23/07/08, από 31/07/08 έως 03/08/08, στις 13/08/08, από 28/08/08 έως 01/09/08 και από 08/09/08 έως 11/09/08 για τα δίχτυα κόκκινο παλιό, πράσινο παλιό, πράσινο νέο, μαύρο παλιό, μαύρο νέο, καθώς και για το μάρτυρα.**

|               | ΚΟΚΚΙΝΟ<br>ΠΑΛΙΟ | ΜΑΡΤΥΡΑΣ | ΠΡΑΣΙΝΟ<br>ΠΑΛΙΟ | ΠΡΑΣΙΝΟ<br>ΝΕΟ | ΜΑΥΡΟ<br>ΠΑΛΙΟ | ΜΑΥΡΟ<br>ΝΕΟ |
|---------------|------------------|----------|------------------|----------------|----------------|--------------|
| M.O.          | 45,00            | 25,27    | 53,49            | 39,26          | 32,83          | 51,06        |
| S.E.          | 0,55             | 0,10     | 0,75             | 0,53           | 1,22           | 0,48         |
| S.D.          | 20,29            | 3,03     | 21,84            | 19,22          | 14,49          | 17,46        |
| Ελάχιστη τιμή | 23,60            | 23,40    | 27,00            | 23,50          | 12,40          | 19,50        |
| Μέγιστη τιμή  | 100,00           | 41,70    | 103,70           | 100,00         | 104,20         | 99,00        |

Από τον Πίνακα 13 όπου δίνονται οι μέσοι όροι, τα τυπικά σφάλματα, οι τυπικές αποκλίσεις, τα ελάχιστα και μέγιστα της υγρασίας για συγκεκριμένες ημερήσιες χρονικές περιόδους (7.00 - 21.00) και ημερομηνίες του καλοκαιριού 2008 παρατηρούμε ότι η μέση υγρασία αέρα του μάρτυρα (25,27%) ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις με δίχτυ σκίασης (με αύξουσα κλίμακα: μαύρο παλιό δίχτυ 32,83%, πράσινο νέο δίχτυ 39,26%, κόκκινο παλιό δίχτυ 45,00%, μαύρο νέο δίχτυ 51,06%, πράσινο παλιό δίχτυ 53,49%). Αυτό όμως δεν είναι αληθές γιατί όπως αποδείχθηκε στη συνέχεια ο αισθητήρας υγρασίας του Hobo που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις στις συγκεκριμένες ημερομηνίες στον μάρτυρα ήταν ελαττωματικός και, λόγω του προχωρημένου χρονικά διαστήματος που έγινε αντιληπτό, δεν στάθηκε δυνατή η αντικατάστασή του. Συνεπώς, οι μετρήσεις που ελήφθησαν για τη σχετική υγρασία στον μάρτυρα κατά το καλοκαίρι του 2008 δεν θα ληφθούν υπόψη αφού δεν είναι δυνατό να εξαχθεί αξιόπιστο αποτέλεσμα από αυτές. Επίσης, με δεδομένο ότι η ευαισθησία μέτρησης υγρασίας των οργάνων (Hobo H8 και Pro Series) παρουσιάζει μια απόκλιση της τάξης των  $\pm 5\%$  και τα τυπικά σφάλματα των δεδομένων, οι διαφορές στους μέσους όρους υγρασίας του μαύρου

νέου δίχτυου και του πράσινου παλιού δίχτυου είναι αμελητέες και δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα ως προς πιθανές διαφορές στην επίδρασή επί των σκιασμένων φυτών. Σε γενικές γραμμές πάντως αυτές οι τιμές κάθε άλλο παρά απαγορευτικές είναι για την καλλιέργεια και συνεπώς γίνεται δεκτό ότι επιδρούν θετικά επί αυτής. Από την άλλη, παρατηρείται μια τάση το μαύρο νέο δίχτυ να παρουσιάζει το σημαντικά μεγαλύτερο μέσο όρο σχετικής υγρασίας. Επίσης, το μαύρο παλιό δίχτυ και το πράσινο νέο δίχτυ εμφανίζουν την τάση για σχετικά μειωμένη υγρασία, ενώ το κόκκινο παλιό αποτελεί μια ενδιάμεση περίπτωση, παρ' όλα αυτά οι τιμές των μέσων όρων υγρασίας σε αυτές τις μεταχειρίσεις δεν είναι ικανοποιητικές και μπορούν από μόνες τους να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα ανάπτυξης της καλλιέργειας. Σημειώνεται επίσης ότι σχετική υγρασία άνω του 60% και σε συνδυασμό με τις θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την καλλιέργεια του καλοκαιριού αποτελεί σοβαρό κίνδυνο λόγω του ευνοϊκού περιβάλλοντος για ανάπτυξη παθογόνων και την πρόκληση σχισμάτων στους καρπούς (Hanson P., 1995). Από την άλλη, επιθυμητό είναι η σχετική υγρασία του αέρα να κυμαίνεται το πολύ μέχρι 60-70% γιατί έτσι βελτιστοποιούνται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών και ρυθμίζεται επαρκώς η αναπνοή τους.

Όσον αφορά στις μέγιστες τιμές, η μικρότερη τιμή εμφανίζεται στο μάρτυρα (41,70%) και διαφέρει σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες (με αύξουσα κατάταξη: μαύρο νέο 99,00%, κόκκινο παλιό δίχτυ 100,00%, πράσινο νέο δίχτυ 100,00%, πράσινο παλιό δίχτυ 103,70%, μαύρο παλιό δίχτυ 104,20% και με δεδομένη την ακρίβεια του οργάνου στο  $\pm 5\%$ ). Για τη μέγιστη τιμή σχετικής υγρασίας στον μάρτυρα, εκτός των όσων προαναφέρθηκαν, ισχύει και ό,τι η μέγιστη τιμή σχετικής υγρασίας στο μάρτυρα καταγράφηκε σε ημερομηνίες που υπήρξε βροχόπτωση (κάτι που φαίνεται στις μέγιστες τιμές όλων των άλλων μεταχειρίσεων), γεγονός που συνηγορεί στη βλάβη του αισθητήρα Hobo αφού δεν κατέστη δυνατό να "αντιληφθεί" τέτοιας έκτασης μεταβολή στη σχετική υγρασία. Οι άλλες μέγιστες τιμές αφορούν προφανώς σε βροχόπτωση, η οποία παρόλη τη χρησιμότητά της ως προς την άρδευση της καλλιέργειας, σε συνδυασμό με αυξημένες θερμοκρασίες και παρατεταμένη χρονικά μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ανάπτυξης παθογόνων και σχισίματα στους καρπούς. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που η RH > 100%, η ατμόσφαιρα πέριξ της καλλιέργειας καθίσταται υπέρκορη (δημιουργία σταγόνων σε φύλλωμα και καρπούς) με αποτέλεσμα την όχι μόνο εύκολη ανάπτυξη των παθογόνων, αλλά και την εύκολη

διασπορά και μόλυνση της καλλιέργειας. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι μέγιστες σχετικές υγρασίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα ανάπτυξης της καλλιέργειας, σε σχέση πάντα και με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο εκτίθενται οι καλλιέργειες σε αυτές.

Όσον αφορά στις ελάχιστες τιμές, η μικρότερη ελάχιστη τιμή εμφανίζεται στο μαύρο παλιό δίχτυ (12,40%) και διαφέρει σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες (με αύξουσα κλίμακα: μαύρο νέο δίχτυ 19,50%, μάρτυρας 23,40%, πράσινο νέο δίχτυ 23,50%, κόκκινο παλιό δίχτυ 23,60% και πράσινο παλιό δίχτυ 27,00%), έχοντας υπόψη την ακρίβεια του οργάνου στο  $\pm 5\%$ . Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι σε όλα τα δίχτυα (πλην του μαύρου παλιού) η ελάχιστη σχετική υγρασία είναι περίπου η ίδια και παρουσιάζεται φυσικά κατά τις περιόδους παρατεταμένης έλλειψης βροχόπτωσης, φαινόμενο το οποίο επηρεάζει εξίσου τόσο τις σκιασμένες καλλιέργειες όσο και το μάρτυρα. Όσον αφορά στην ελάχιστη τιμή του μαύρου παλιού δικτυού, αυτή δεν μπορεί να αποτελέσει σίγουρο και μοναδικό κριτήριο αξιολόγησης του δικτυού αφού πρόκειται για μια ή σχετικά λίγες τιμές που μπορεί να αποτελούν αποτέλεσμα επίδρασης εξωγενών και μη ελεγχόμενων παραγόντων της καλλιέργειας (π.χ. τοποθέτηση του αισθητήρα πλησίον σε σχισμένη περιοχή του δικτυού με αποτέλεσμα τη γρήγορη απαγωγή της υγρασίας λόγω αυξημένης ταχύτητας αέρα). Φυσικά αυτές οι σχετικές υγρασίες και σε σχέση πάντα με το χρονικό διάστημα που επικρατούν θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ανασταλτικός παράγοντας της εύρυθμης ανάπτυξης και φυσιολογικής αναπνοής των καρπών. Παρ' όλα αυτά δεν θεωρούμε αυτή τη δράση ζημιογόνα, αφού ούτως ή άλλως η καλλιέργεια δεν αναπτύσσεται σε πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον (π.χ. θερμοκήπιο), αλλά στο φυσικό περιβάλλον οπότε και το γεγονός εμπίπτει στα φυσιολογικά για την καλλιέργεια πλαίσια.

Τα χρησιμοποιηθέντα δίχτυα σκίασης δεν είχαν καμία επίδραση στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ανάπτυξης της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια του φυσικού φωτισμού της ημέρας (07:00 -21:00 τοπική ώρα). Τ' αποτελέσματα δεν συμφωνούν με εκείνα των Smith et al. (1984), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας (ανατολή έως δύση ηλίου) η θερμοκρασία του αέρα στα δικτυοκήπια με ποσοστό σκίασης 15 & 40% ήταν 2-3° C χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί όμως από το γεγονός ότι το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου. Εκείνη την εποχή η μέγιστη



θερμοκρασία για την τυπική ημέρα που παρουσιάζει στ' αποτελέσματά του ήταν περίπου 26° C, έναντι 31° C μιας τυπικής ημέρα της παρούσας εργασίας. Από την άλλη, τ' αποτελέσματα συμφωνούν κατά πολύ με εκείνα του Ρηγάκη Ν.Ρ. (2005), του οποίου η εργασία πραγματοποιήθηκε στο ίδιο μέρος και σε ίδια χρονικά πλαίσια με την παρούσα εργασία. Επιπλέον, η μέγιστη ενέργεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας της ίδιας ημέρας στο πείραμα των Smith et al. (1984) άγγιζε τα 750 W/m<sup>2</sup>, έναντι των 1000 W/m<sup>2</sup> μιας τυπικής ημέρας στο πείραμα του Ρηγάκη Ν.Ρ. (2005) το οποίο έλαβε χώρα στην ίδια τοποθεσία με την παρούσα εργασία.

Μέσω της μείωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην καλλιέργεια ελαττώθηκε η προσφερόμενη προς αυτήν ενέργεια, γεγονός που οδήγησε σε μείωση της θερμοκρασίας της και στη αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας των φύλων της. Επίσης, η εισερχόμενη ακτινοβολία στην καλλιέργεια κατανέμεται ομοιόμορφα και δημιουργεί ένα ομοιογενές μικροπεριβάλλον για την καλλιέργεια, γεγονός το οποίο εξαλείφει πλήρως τα τοπικά ηλιοκαύματα στους καρπούς κάτι το οποίο είναι εμφανέστατο οπτικά, αφού σε καμιά από τις τυχαίες δειγματοληψίες δεν συλλέχθηκε καρπός κάτω από τα δίχτυα με ηλιόκαυμα. Η μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην καλλιέργεια των σκιασμένων μεταχειρίσεων μείωσε τη θερμική καταπόνηση και βελτίωσε την υδατική κατάσταση της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας (11:00-17:00 τοπική ώρα), σε σχέση με το μάρτυρα, αφού μπορεί οι μέσες θερμοκρασίες στα δίχτυα άλλοτε να εμφανίζονται υψηλότερες και άλλοτε χαμηλότερες από τις μέσες θερμοκρασίες του μάρτυρα, όμως αυτές ακολουθούσαν διαφορετική πορεία από αυτές του μάρτυρα (υψηλότερη θερμοκρασία στον μάρτυρα, χαμηλότερη θερμοκρασία στα δίχτυα). Επίσης, με τη σκίαση μειώθηκε το έλλειμμα κορεσμού καλλιέργειας-αέρα των σκιασμένων φυτών περίπου στο μισό (Ρηγάκης Ν.Ρ., 2005), σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα, γεγονός που συνέβαλε θετικά στη μείωση της υδατικής καταπόνησης της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας (11:00 -17:00 τοπική ώρα). Πολύ πιθανόν είναι η σκίαση να οδήγησε και σε μικρή αύξηση του ρυθμού της διαπνοής των φυτών κάτω από τα δίχτυα σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα (Baille et al., 2001). Έτσι αυξήθηκε η πρόσληψη το εδαφικού νερού και βελτιώθηκε η υδατική κατάσταση των φυτών, μειώνοντας έτσι τη μεσημβρινή κατάθλιψη. Επομένως με την σκίαση βελτιώθηκε το μικροκλίμα στο οποίο αναπτύσσονταν η καλλιέργεια, όχι όμως σε τέτοιο βαθμό που απόλυτα να μπορεί να εκφραστεί η άποψη ότι υπάρχει

περαιτέρω ευεργετική δράση της σκίασης στους καρπούς, εκτός της ομοιόμορφης κατανομής της ακτινοβολίας.

Οι μετρήσεις των κλιματικών παραμέτρων δείχνουν ότι ο αέρας κάτω από τα δίχτυα δεν παρουσίασε διαφορετική σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:00 -21:00 τοπική ώρα), σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτό αποδεικνύει ότι αν τα δίχτυα δεν καλύπτουν πλήρως τις πλευρές της καλλιέργειας δεν είναι δυνατό να συγκρατήσουν σε ικανοποιητικό βαθμό την υγρασία που προσερχόταν από την διαπνοή των φυτών, καθώς και από την εξάτμιση του εδαφικού νερού στο περιβάλλον της καλλιέργειας. Από την άλλη, όμως, με τον τρόπο που αυτά εφαρμόστηκαν (κάλυψη οροφής και εν μέρει πλαϊνών) βοηθούν στην ταχύτερη αποβολή της υπερβολικής σχετικής υγρασίας σε περίπτωση βροχόπτωσης (ιδιαίτερα αν υπάρχει και ελαφρό αεράκι), η οποία με τις αυξημένες καλοκαιρινές θερμοκρασίες δύνανται να προκαλέσουν προβλήματα τόσο στην καλλιέργεια όσο και στους καρπούς της.

Φαίνεται δηλαδή ότι υπήρχε μια αμφίδρομη τροφοδότηση μεταξύ μικροκλίματος και καλλιέργειας, ανάλογης εκείνης των θερμοκηπίων, η οποία βελτίωσε σημαντικά τη φυσιολογική κατάσταση των σκιασμένων φυτών. Ωστόσο, αυτή η αμφίδρομη τροφοδότηση ήταν λιγότερο αποτελεσματική απ' εκείνη των θερμοκηπίων. Αυτό αποδείχθηκε από την αδυναμία ελάττωσης της θερμοκρασίας του αέρα κάτω από τα δίχτυα. Τα θερμοκήπια είναι μια κλειστή κατασκευή, με την οποία γίνεται προσπάθεια απομόνωσης του χώρου που περικλείουν από το εξωτερικό περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει προγραμματισμένη διαχείριση της υγρασίας. Στην περίπτωση των δικτύων σκίασης ήταν αδύνατον να γίνει ορθή διαχείριση της υγρασίας στο χώρο κάτω απ' αυτά, διότι διαφεύγει από τις οπές και από τα ανοικτά άκρα των κατασκευών σκίασης.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι δεν βρέθηκε καμιά σημαντική διαφορά τόσο ως προς τη θερμοκρασία όσο και ως προς τη σχετική υγρασία μεταξύ των καινούριων και των παλιότερων δικτύων. Φαίνεται πως, αν τα δίχτυα δεν καταπονηθούν μηχανικά ή αν ληφθεί μέριμνα για εφαρμογή των ενδεδειγμένων μεθόδων συρραφής των οπών που δημιουργούνται από τη στήριξή τους στις καλαμιές, τότε η χρήση των ίδιων δικτύων και για δεύτερη καλλιεργητική περίοδο επηρεάζει ελάχιστα έως καθόλου τα χαρακτηριστικά και την αποτελεσματικότητά τους, γεγονός το οποίο βοηθά σημαντικά στην οικονομικότητα της καλλιέργειας.

Επίσης, το γεγονός ότι ίδια δίχτυα, σε διαφορετικές όμως καλλιεργητικές περιόδους (καινούριο μαύρο και καινούριο πράσινο δίχτυα και τα δυο καλοκαίρια) έδωσαν από λίγο έως πολύ διαφορετικά κλιματικά και βιολογικά (ως προς τα χαρακτηριστικά των καρπών) δεδομένα μπορεί να δικαιολογηθεί από τη διαφορετική μέθοδο εφαρμογής των δικτύων. Ακόμα, σημαντικός στην ορθή διεξαγωγή των πειραμάτων είναι ο τακτικός έλεγχος και η επάρκεια αισθητήρων Hobo. Οι αισθητήρες και ειδικά η σειρά Hobo H8, επειδή προορίζονται κυρίως για χρήση σε εσωτερικούς χώρους (εργαστήρια, θερμοκήπια, κ.ά.), θα πρέπει να διασφαλίζεται επαρκώς το γεγονός ότι αυτοί δεν θα διαβραχούν άμεσα, ώστε να παρουσιάσουν πρόβλημα δυσλειτουργίας. Συνεπώς, πιο επιθυμητή, για συγκεκριμένου τύπου πειράματα όπως της παρούσας εργασίας, είναι η χρήση αισθητήρων Hobo Pro Series, ανεξαρτήτως από τον τρόπο χρήσης προστατευτικών "πιάτων" αποφυγής άμεσης προσβολής από υγρασία ή ακτινοβολία.

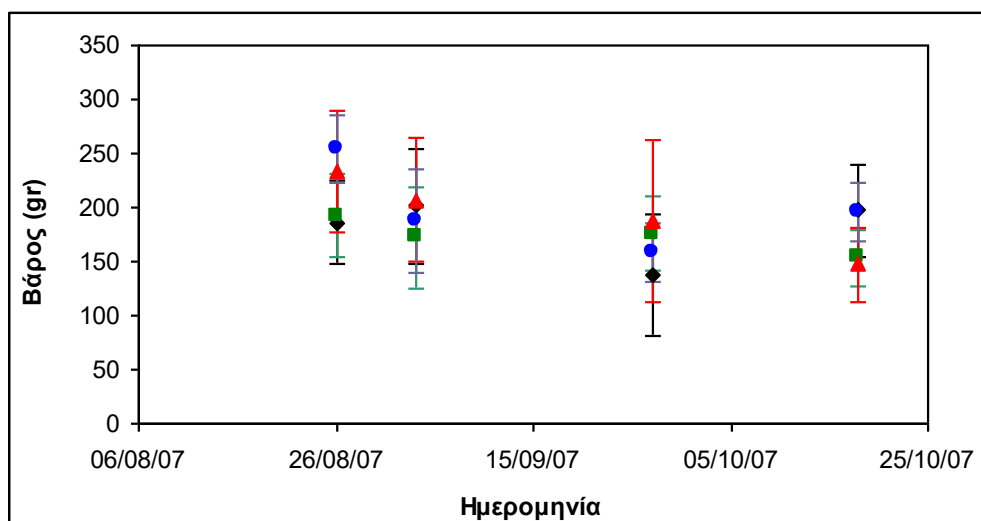
Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι τα δίχτυα συνέβαλλαν ως ένα βαθμό στη ρύθμισή του μικροκλίματος από την καλλιέργεια μέσω της μείωσης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Σε κάθε περίπτωση, αυτή η μερική ρύθμιση επέδρασε θετικά στη φυσιολογική κατάσταση της υπό σκίαση καλλιέργειας διότι μειώθηκε η μεσημβρινή κατάθλιψη (θερμική και υδατική καταπόνηση) της καλλιέργειας, κάτι που προφανώς δημιουργεί τις κατάλληλες προϋποθέσεις για ποιοτικότερη παραγωγή καρπών.

## 4.2. Βιολογικά δεδομένα

Τόσο κατά το θέρους 2007 όσο και κατά το θέρους 2008 ελήφθησαν βιολογικά δεδομένα. Θα παρατεθούν όμως, ανάλογα με κάποιες κοινές ημερομηνίες λήψης τους και το δίχτυ κάλυψης, κάποια στατιστικά στοιχεία, καθώς και ανάλογα γραφήματα, όπου θα δίνεται η μεταβολή τους με βάση το χρονικό πλαίσιο των μετρήσεων.

### 4.2.1. Δεδομένα βάρους

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρους 2007 και που αφορούσαν στο βάρος των καρπών.

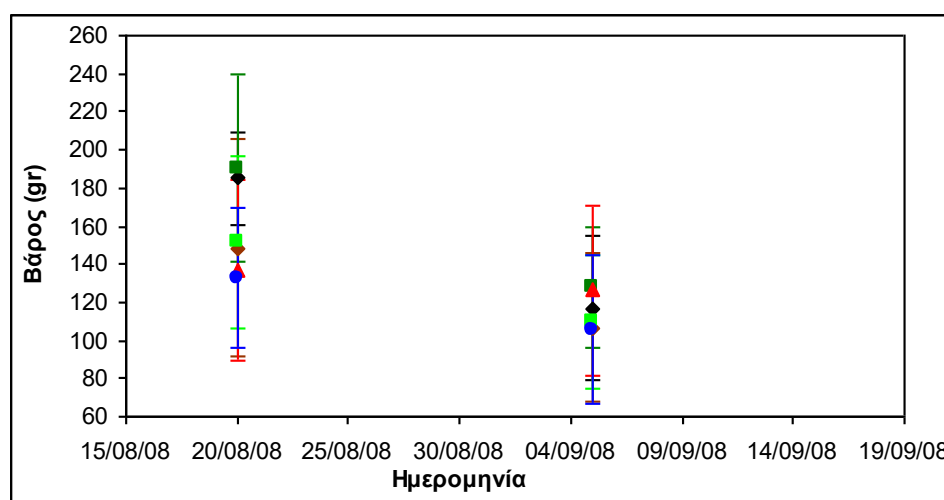


Σχήμα 2: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων για το βάρος συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (\*)).

Από τα δεδομένα βάρους (Σχήμα 2) φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία οι καρποί, από αρχές, αλλά ιδίως μετά το τέλος Σεπτεμβρίου, φτάνουν σε επίπεδο ωρίμανσης με σχετικά μικρότερο μέσο όρο βάρους. Επίσης, προφανώς, μετά το Σεπτέμβριο, αν πρόκειται να διατηρηθεί η καλλιέργεια έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, η παραμονή των δικτύων στην καλλιέργεια οδηγεί σε ελλειποβαρείς καρπούς, γεγονός που διαπιστώνεται σε όλους τους τύπους δικτύων (μετρήσεις μήνα Οκτωβρίου). Εξαιτίας αυτού του γεγονότος καλό είναι τα δίχτυα, μετά τα μέσα Σεπτεμβρίου, να αφαιρούνται από την καλλιέργεια.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των διχτυών στο βάρος, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,064 ( $>0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς το βάρος καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Παρόλα αυτά, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των διχτυών αφού το πράσινο δίχτυ διαφέρει σημαντικά από το μάρτυρα.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2008 και που αφορούσαν στο βάρος των καρπών.



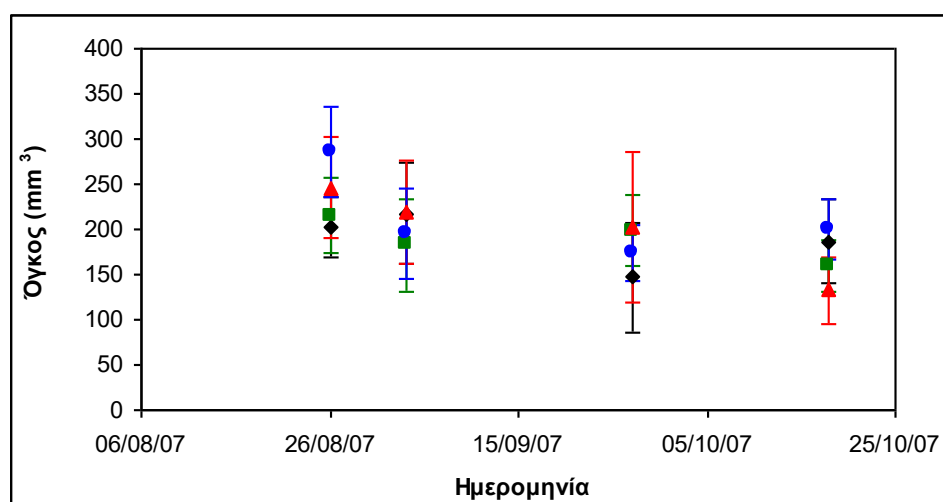
**Σχήμα 3:** Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων για το βάρος συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (\*)).

Από τα δεδομένα βάρους (Σχήμα 3) φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία οι καρποί, από αρχές Σεπτεμβρίου, φτάνουν σε επίπεδο ωρίμανσης με σχετικά μικρότερο μέσο όρο βάρους. Επίσης, προφανώς, μετά το Σεπτέμβριο, αν πρόκειται να διατηρηθεί η καλλιέργεια έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, η παραμονή των διχτυών στην καλλιέργεια οδηγεί σε ελλειποβαρείς καρπούς, γεγονός που διαπιστώνεται σε όλους τους τύπους διχτυών. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος καλό είναι τα δίχτυα, μετά τα μέσα Σεπτεμβρίου, να αφαιρούνται από την καλλιέργεια. Ακόμα διαπιστώνεται ότι κατά τις δειγματοληψίες αυτού του καλοκαιριού τα νέα δίχτυα απέδωσαν κατά μέσο όρο σταθερά πιο βαρείς καρπούς σε σχέση με το μάρτυρα.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των διχτύων στο βάρος, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,065 ( $>0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς το βάρος καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Παρόλα αυτά, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των διχτύων αφού το μαύρο νέο και πράσινο νέο δίχτυα διαφέρουν σημαντικά από το μάρτυρα.

#### 4.2.2. Δεδομένα όγκου

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2007 και που αφορούσαν στον όγκο των καρπών.

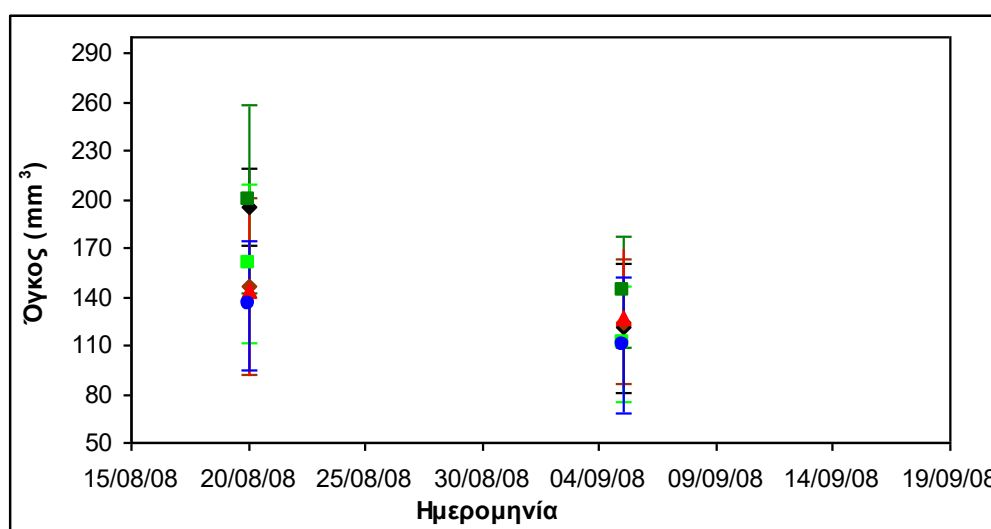


Σχήμα 8: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων για τον όγκο συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (★)).

Από τα δεδομένα όγκου (Σχήμα 4) φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία οι καρποί, από αρχές, αλλά ιδίως μετά το τέλος Σεπτεμβρίου, φτάνουν σε επίπεδο ωρίμανσης με σχετικά μικρότερο μέσο όρο όγκου. Επίσης, προφανώς, μετά το Σεπτέμβριο, αν πρόκειται να διατηρηθεί η καλλιέργεια έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, η παραμονή των διχτύων στην καλλιέργεια οδηγεί σε μειωμένου όγκου καρπούς, γεγονός που διαπιστώνεται σε όλους τους τύπους διχτύων (μετρήσεις μήνα Οκτωβρίου). Εξαιτίας αυτού του γεγονότος καλό είναι τα δίχτυα, μετά τα μέσα Σεπτεμβρίου, να αφαιρούνται από την καλλιέργεια.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των διχτυών στον όγκο, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,132 ( $>0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς τον όγκο των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Παρόλα αυτά, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των διχτυών αφού το πράσινο δίχτυ διαφέρει σημαντικά από το μάρτυρα.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2008 και που αφορούσαν στον όγκο των καρπών.



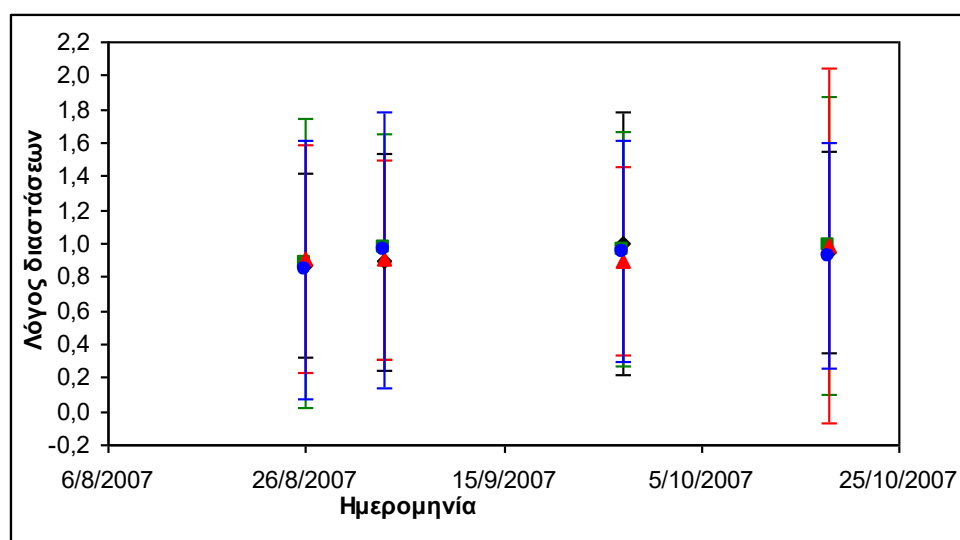
**Σχήμα 5:** Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων για τον όγκο συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (★)).

Από τα δεδομένα όγκου (Σχήμα 5) φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία οι καρποί, από αρχές Σεπτεμβρίου, φτάνουν σε επίπεδο ωρίμανσης με σχετικά μικρότερο μέσο όρο όγκου. Επίσης, προφανώς, μετά το Σεπτέμβριο, αν πρόκειται να διατηρηθεί η καλλιέργεια έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, η παραμονή των διχτυών στην καλλιέργεια οδηγεί σε μικρότερου όγκου καρπούς, γεγονός που διαπιστώνεται σε όλους τους τύπους διχτυών. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος καλό είναι τα δίχτυα, μετά τα μέσα Σεπτεμβρίου, να αφαιρούνται από την καλλιέργεια. Ακόμα διαπιστώνεται ότι κατά τις δειγματοληψίες αυτού του καλοκαιριού τα νέα δίχτυα απέδωσαν κατά μέσο όρο σταθερά πιο μεγάλου όγκου καρπούς σε σχέση με το μάρτυρα.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των διχτυών στον όγκο, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,025 ( $<0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον ασκούν, ως προς τον όγκο των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Παρόλα αυτά, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των διχτυών αφού το μαύρο νέο και πράσινο νέο δίχτυα διαφέρουν σημαντικά από το μάρτυρα, αλλά και από όλες τις άλλες μεταχειρίσεις.

#### 4.2.3. Δεδομένα διαστάσεων

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2007 και που αφορούσαν στο λόγο πολικού : ισημερινού των καρπών.



Σχήμα 6: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των λόγων των διαστάσεων συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (\*)).

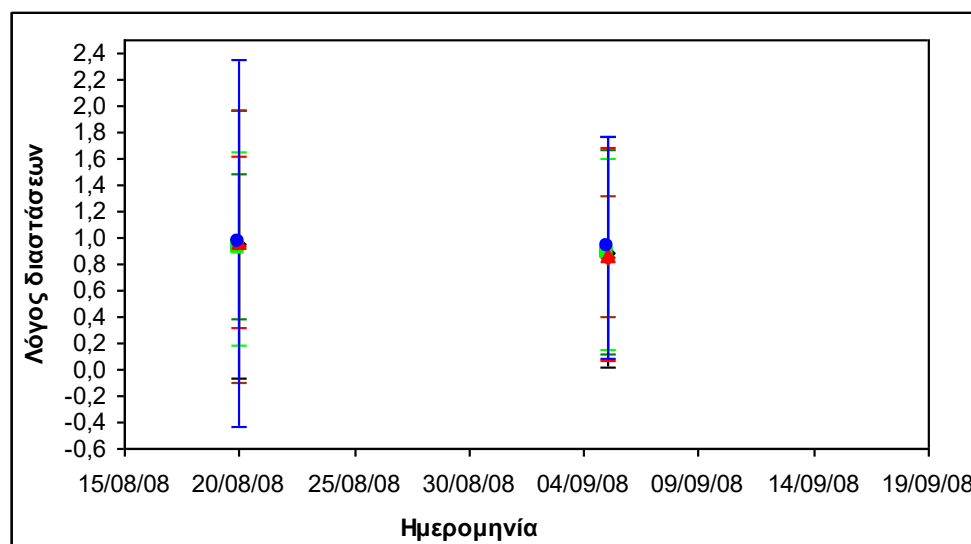
Από τα δεδομένα του λόγου των διαστάσεων (Σχήμα 6) φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία οι καρποί, ανεξάρτητα από το χρόνο δειγματοληψίας και από την ύπαρξη ή όχι σκίασης, εμφανίζουν σταθερότητα ως προς το σχήμα τους. Ο λόγος των διαστάσεων, σε όλες τις περιπτώσεις, δείχνει ότι η καλλιέργεια απέδωσε καρπούς του επιθυμητού σχήματος (ο λόγος διαστάσεων κυμαίνεται από 0,75-1,00 δηλαδή σχήμα πεπλατυσμένης σφαίρας έως πλήρες σφαιρικό) που ενδιαφέρει να έχει η βρώσιμη ποικιλία belladonna. Όσον αφορά στο χρόνο αφαίρεσης των διχτυών δε



φαίνεται αυτός να επηρεάζει το σχήμα του καρπού. Σε όλες, λοιπόν, τις περιπτώσεις συμπεραίνεται ότι τα δίχτυα δεν ασκούν καμιά επίδραση στο σχήμα των καρπών.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δικτύων στις διαστάσεις του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,593 ( $>0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς τις διαστάσεις των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι δεν πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δικτύων.

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2008 και που αφορούσαν στο λόγο πολικού : ισημερινού των καρπών.



**Σχήμα 7:** Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των λόγων των διαστάσεων συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (\*)).

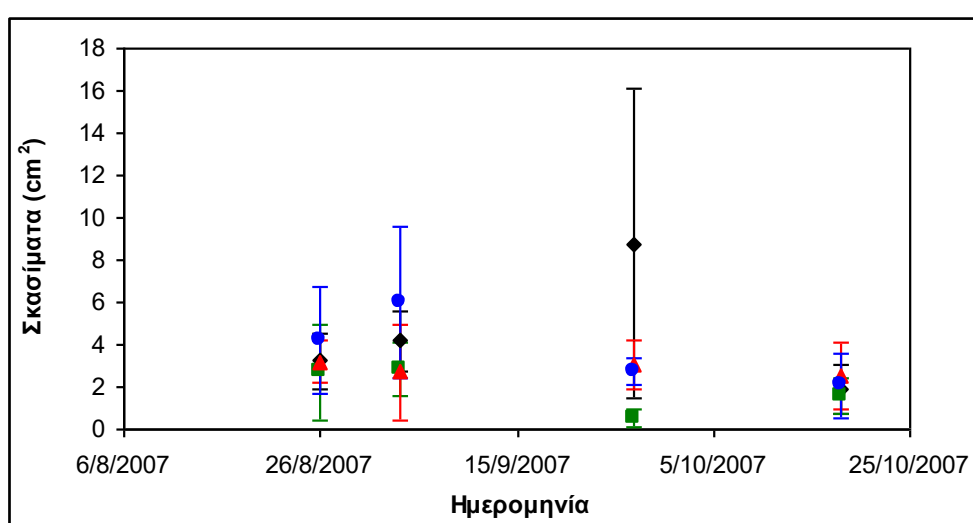
Από τα δεδομένα του καλοκαιριού 2008 (Σχήμα 7) εξάγονται τα ίδια συμπεράσματα με αυτά που προέρχονται από τις μετρήσεις της περασμένης χρονιάς, ενώ και σ' αυτή την περίπτωση, όσον αφορά στο χρόνο αφαίρεσης των δικτύων δε φαίνεται αυτός να επηρεάζει το σχήμα του καρπού. Επίσης, δε φαίνεται η παλαιότητα των δικτύων να επηρεάζει το σχήμα των καρπών. Σε όλες, λοιπόν, τις περιπτώσεις συμπεραίνεται ότι τα δίχτυα δεν ασκούν καμιά επίδραση στο σχήμα των καρπών.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δικτύων στις διαστάσεις του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της

σημαντικότητας είναι 0,877 ( $>0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς τις διαστάσεις των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι δεν πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δικτύων.

#### 4.2.4. Δεδομένα σκασιμάτων

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2007 και που αφορούσαν στην επιφάνεια σκασιμάτων των καρπών.



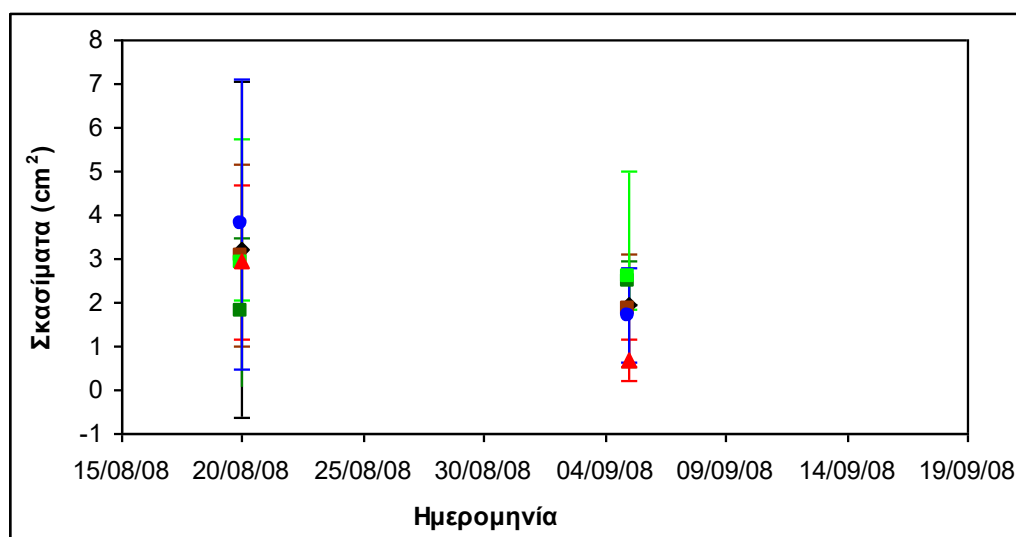
Σχήμα 8: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων για τα σκασιμάτα συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (★)).

Από τα δεδομένα των σκασιμάτων στους καρπούς (Σχήμα 8) φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία οι καρποί που προέρχονται από το μάρτυρα (ιδίως στις δυο πρώτες δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν τέλος Αυγούστου με αρχές Σεπτεμβρίου) εμφανίζουν σχισίματα σε μεγαλύτερη έκταση. Αυτό ίσως οφείλεται στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν εκείνη την περίοδο (συνδυασμός θερμοκρασιών και σχετικής υγρασίας) που προκαλούν διαρραγή (σκάσιμο) της σάρκας του καρπού. Για την τρίτη δειγματοληψία, όπου φαίνεται το μαύρο δίχτυ να εμφανίζει αυξημένο μέσο όρο σκασιμάτων, αυτό δεν μπορεί παρά να θεωρηθεί καθαρά τυχαίο γεγονός (το πλήθος των δειγμάτων ήταν δυο καρποί εκ των οποίων ο ένας είχε μεγάλη επιφάνεια σκασιμάτων) αφού το φαινόμενο δεν παρατηρήθηκε ξανά ούτε κατά την τρέχουσα καλλιεργητική περίοδο, αλλά ούτε και την επόμενη. Όσον

αφορά στο χρόνο αφαίρεσης των διχτυών δε φαίνεται αυτός να επηρεάζει τα σκασίματα στον καρπό. Συνολικά, όμως, συμπεραίνεται ότι τα δίχτυα, χωρίς να είναι δυνατή κάποια διάκριση ως προς το χρώμα και το ποσοστό της απορροφούμενης ακτινοβολίας από αυτά, μάλλον δεν ασκούν κάποια επίδραση όσον αφορά τα σκασίματα των καρπών.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των διχτυών στα σκασίματα του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,463 ( $>0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς τα σκασίματα των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι δεν πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των διχτυών.

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2008 και που αφορούσαν στην επιφάνεια σκασιμάτων των καρπών.



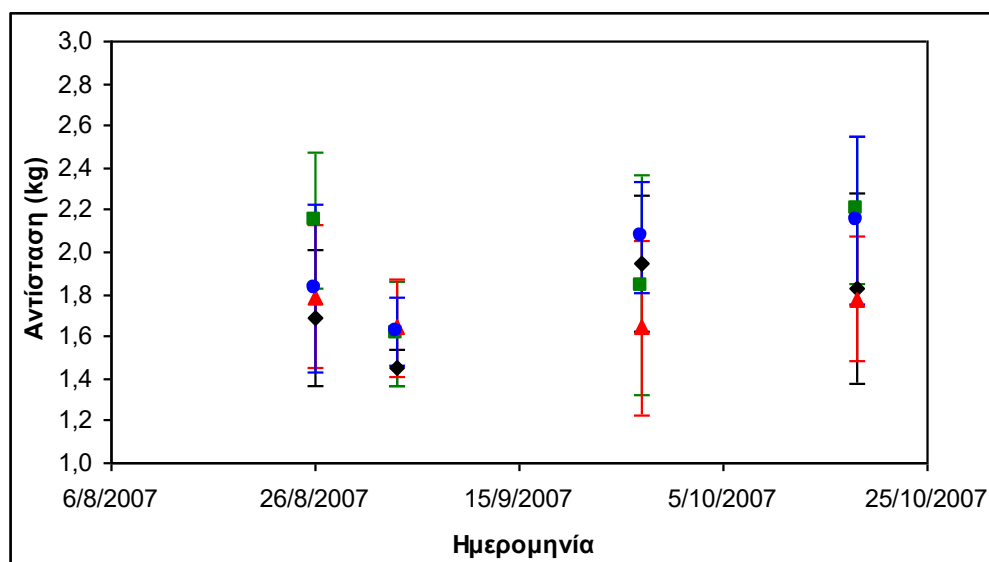
**Σχήμα 9:** Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων για τα σκασίματα συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (\*)).

Από τα δεδομένα του καλοκαιριού 2008 (Σχήμα 9) εξάγονται τα ίδια συμπεράσματα με αυτά που προέρχονται από τις μετρήσεις της περασμένης χρονιάς, ενώ και σ' αυτή την περίπτωση, όσον αφορά στο χρόνο αφαίρεσης των διχτυών, αλλά και την παλαιότητα των διχτυών δε φαίνεται να επηρεάζουν τα σκασίματα των καρπών.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δίχτων στα σκασίματα του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,620 ( $>0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς τα σκασίματα των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι δεν πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δίχτων.

#### 4.2.5. Δεδομένα αντίστασης σάρκας

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2007 και που αφορούσαν στην αντίσταση σάρκας των καρπών.



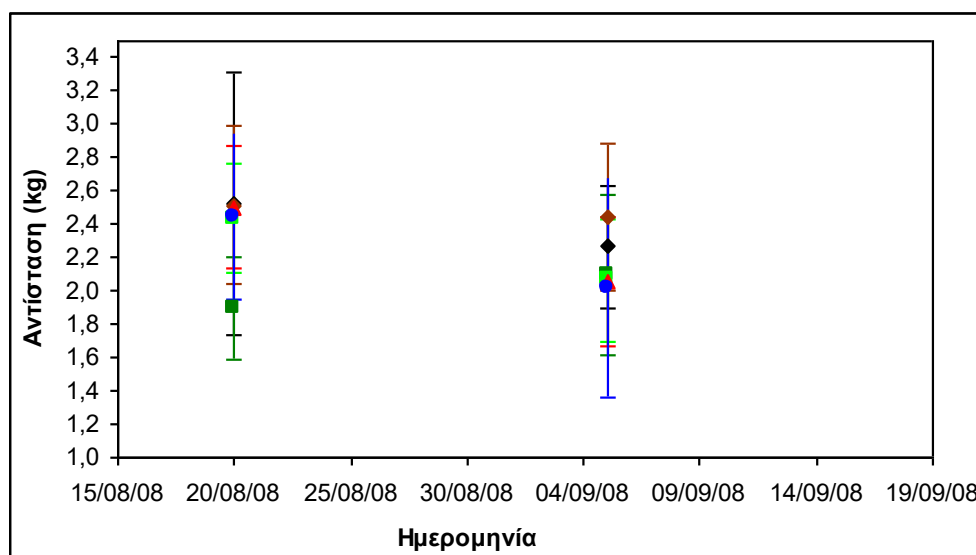
Σχήμα 10: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων αντίστασης σάρκας συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (\*)).

Από τα δεδομένα για την αντίσταση σάρκας των καρπών (Σχήμα 10) φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία σταθερά οι καρποί που προέρχονται από το κόκκινο και το μαύρο δίχτυ (ανεξάρτητα από το πότε πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες) να εμφανίζουν σταθερά μικρότερη αντίσταση σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ οι καρποί που προέρχονται από το πράσινο δίχτυ να εμφανίζουν μεγαλύτερη αντίσταση σάρκας σε σχέση με το μάρτυρα, ειδικά κατά την περίοδο κορύφωσης της παραγωγής (κατά το μήνα Αύγουστο). Γενικά, οι τιμές αντίστασης της σάρκας, σε όλες τις περιπτώσεις, κυμαίνονται σε επιθυμητά επίπεδα και δίνουν τη

δυνατότητα στον παραγωγό της άνετης διακίνησης του προϊόντος, χωρίς την ανάγκη ψύξης και για αποστάσεις λογικά εντός του επόμενου 12ώρου από την ώρα συγκομιδής. Όσον αφορά στο χρόνο αφαίρεσης των δίχτων δε φαίνεται αυτός να επηρεάζει την αντίσταση σάρκας του καρπού, οπότε η αφαίρεση ή η παραμονή τους κρίνεται από άλλες παραμέτρους. Σε όλες, λοιπόν, τις περιπτώσεις συμπεραίνεται ότι τα δίχτυα, χωρίς να είναι δυνατή κάποια διάκριση ως προς το χρώμα και το ποσοστό της απορροφούμενης ακτινοβολίας από αυτά, μάλλον ασκούν ελάχιστη επίδραση όσον αφορά την αντίσταση σάρκας των καρπών.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δίχτων στην αντίσταση σάρκας του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,001 ( $<0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον ασκούν, ως προς την αντίσταση σάρκας των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δίχτων, αφού το μαύρο και το κόκκινο δίχτυα διαφέρουν σημαντικά από το πράσινο και το μάρτυρα.

Στο Σχήμα 11 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2008 και που αφορούσαν στην αντίσταση σάρκας των καρπών.



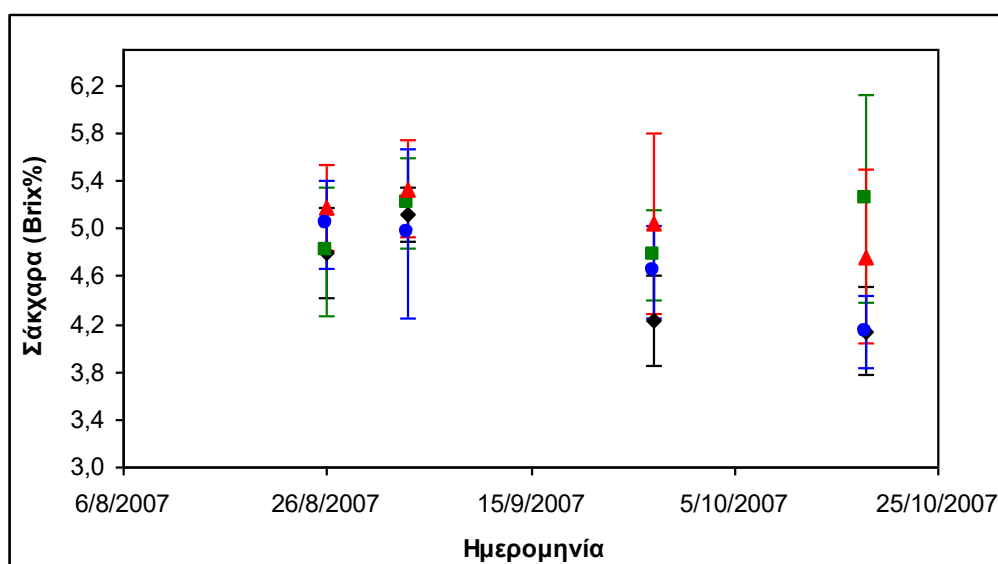
**Σχήμα 11:** Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων αντίστασης σάρκας συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (★)).

Από τα δεδομένα για την αντίσταση σάρκας των καρπών κατά το καλοκαίρι του 2008 (Σχήμα 11) φαίνεται ότι οι τιμές, σε όλες τις περιπτώσεις, κυμαίνονται σε επιθυμητά επίπεδα. Όμως, δεν είναι εφικτό να εξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα ούτε ως προς την επίδραση των διχτύων (τόσο για το είδος όσο και για την παλαιότητα) στην αντίσταση της σάρκας, ούτε ως προς το χρόνο αφαίρεσης των διχτύων. Σε όλες, λοιπόν, τις περιπτώσεις συμπεραίνεται ότι τα δίχτυα μάλλον ασκούν επίδραση όσον αφορά την αντίσταση σάρκας των καρπών.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των διχτύων στην αντίσταση σάρκας του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,025 ( $<0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον ασκούν, ως προς την αντίσταση σάρκας των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των διχτύων, αφού το πράσινο νέο δίχτυ διαφέρει σημαντικά από τα μαύρο νέο, μαύρο παλιό καθώς και το μάρτυρα.

#### 4.2.6. Δεδομένα περιεχόμενων σακχάρων στο χυμό καρπού (Brix%)

Στο Σχήμα 12 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2007 και που αφορούσαν στα περιεχόμενα σάκχαρα στο χυμό των καρπών.

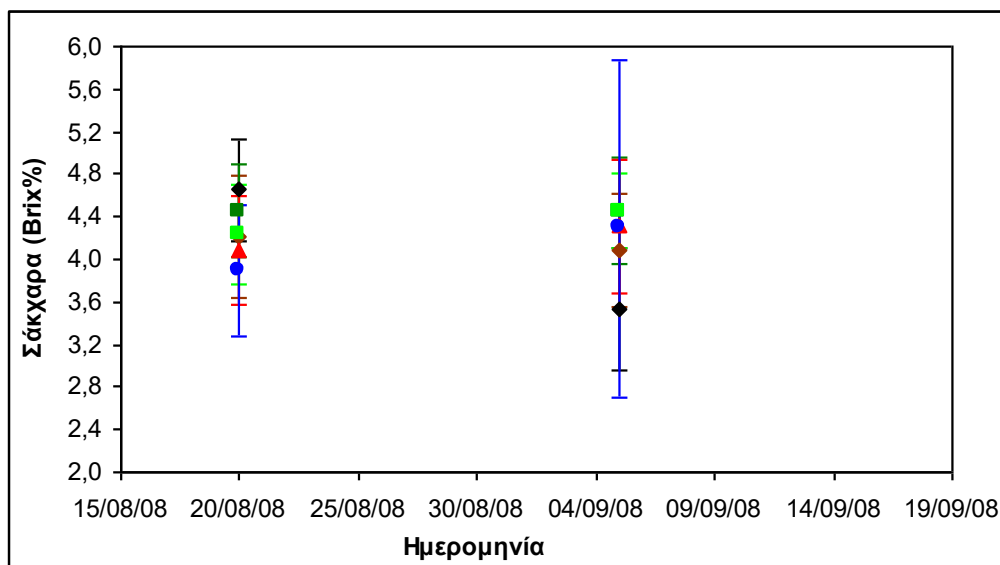


Σχήμα 12: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων περιεχομένων σακχάρων στο χυμό συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (★)).

Από τα δεδομένα για τα περιεχόμενα σάκχαρα (ολικά στερεά) των καρπών (Σχήμα 12) φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία οι καρποί που προέρχονται από το κόκκινο και το πράσινο δίκτυ (ειδικά όταν η καλλιέργεια παρατείνεται μέχρι τον Οκτώβριο) να κρατούν τα περιεχόμενα σάκχαρα σε υψηλότερο βαθμό σε σχέση με το μάρτυρα (ο καρπός "ζαχαρώνει"). Γενικά, οι τιμές των περιεχομένων σακχάρων στο πλείστο των περιπτώσεων κυμαίνονται σε επιθυμητά επίπεδα (εκτός του μαύρου δικτυού και του μάρτυρα κατά τον Οκτώβριο). Όσον αφορά στο χρόνο αφαίρεσης των δικτυών, φαίνεται ότι όταν πρόκειται για το πράσινο και το κόκκινο δίκτυ καλό είναι να παραμένουν μέχρι το τέλος της καλλιέργειας. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι το κόκκινο και πράσινο δίκτυ μπορεί να επιδράσουν θετικά στην ικανότητα του καρπού να συγκρατεί τα σάκχρά του σε άριστο επίπεδο (επιθυμητό ποιοτικό χαρακτηριστικό), ειδικά κατά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, όταν οι αποδόσεις στην παραγωγή μειώνονται.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δικτυών στα περιεχόμενα σάκχαρα στο χυμό του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,001 ( $<0,05$ ), δηλαδή τα δίκτυα μάλλον ασκούν, ως προς τα περιεχόμενα σάκχαρα των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δικτυών, αφού το μαύρο δίκτυ και ο μάρτυρας διαφέρουν σημαντικά από τα πράσινο και κόκκινο δίκτυα.

Στο Σχήμα 13 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2008 και που αφορούσαν στα περιεχόμενα σάκχαρα στο χυμό των καρπών.



**Σχήμα 13:** Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων περιεχομένων σακχάρων στο χυμό συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008(δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (\*)).

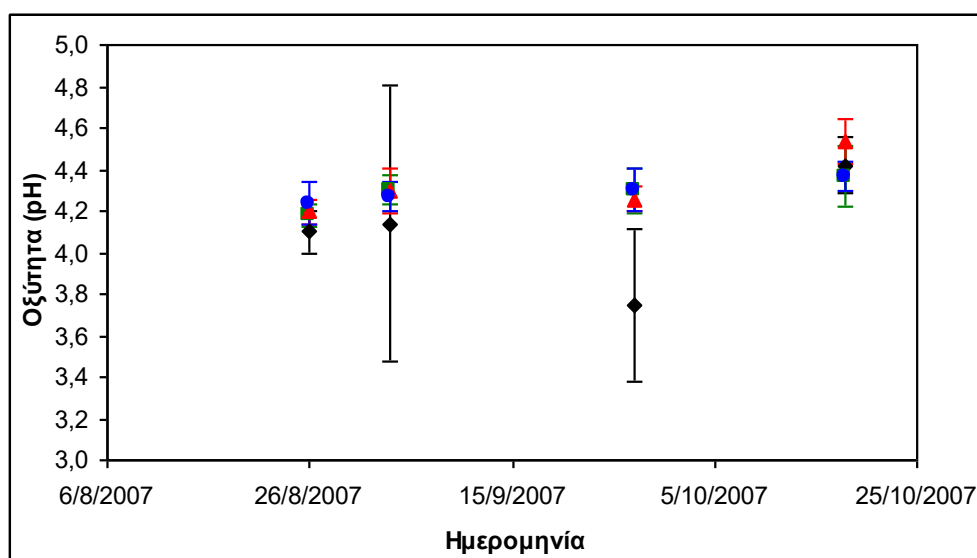
Από τα δεδομένα για τα περιεχόμενα σάκχαρα των καρπών κατά το καλοκαίρι του 2008 (Σχήμα 13) φαίνεται ότι οι τιμές στο μαύρο δίχτυ (τόσο στο παλιό όσο και στο νέο) στις αρχές Σεπτεμβρίου κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα. Όμως, δεν είναι εφικτό να εξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα ούτε ως προς την επίδραση των διχτυών (τόσο για το είδος όσο και για την παλαιότητα) στα περιεχόμενα σάκχαρα των καρπών, ούτε ως προς το χρόνο αφαίρεσης των διχτυών. Συνεπώς, γενικά τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν επίδραση όσον αφορά στα περιεχόμενα σάκχαρα των καρπών.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των διχτυών στα περιεχόμενα σάκχαρα στο χυμό του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,385 ( $>0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς τα περιεχόμενα σάκχαρα των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι δεν πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των διχτυών.



#### 4.2.7. Δεδομένα οξύτητας στο χυμό καρπού (pH)

Στο Σχήμα 14 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2007 και που αφορούσαν στην οξύτητα (pH) στο χυμό των καρπών.

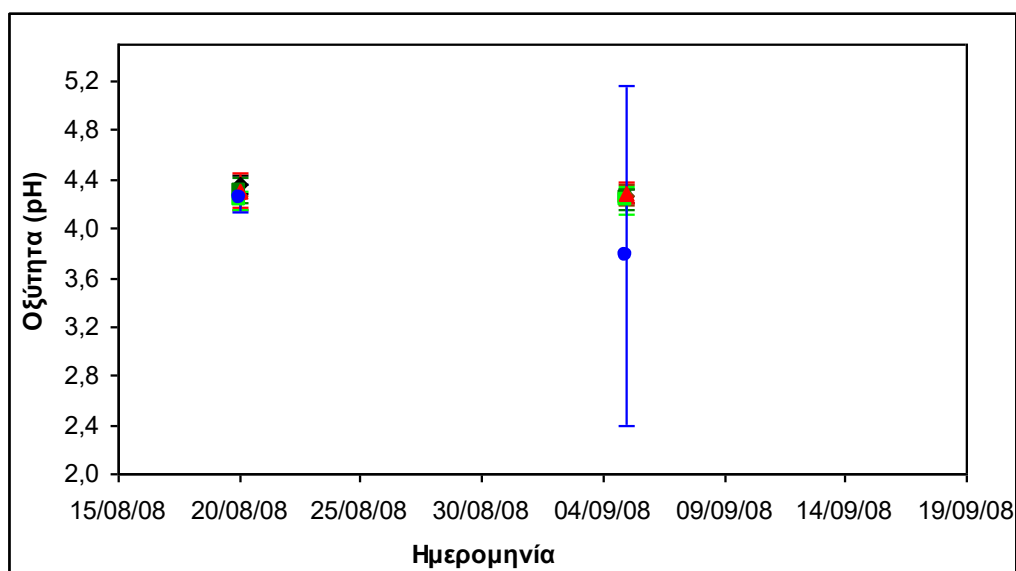


Σχήμα 14: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων οξύτητας στο χυμό συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (★)).

Από τα δεδομένα για το pH στο χυμό των καρπών (Σχήμα 14) συμπεραίνεται ότι οι τιμές του pH κυμαίνονται σε επιθυμητά επίπεδα ( $pH \approx 4,5$  εκτός του μαύρου δίχτυου στην τρίτη δειγματοληψία που οι μετρήσεις δεν θα πρέπει να ληφθούν υπόψη λόγω τεχνικού προβλήματος). Φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία όσο η καλλιέργεια οδεύει προς το τέλος της, οι καρποί από οποιαδήποτε μεταχείριση τείνουν να δίνουν χυμό με ελαφρώς μεγαλύτερο pH (λιγότερο "όξινη" γεύση σε αντίθεση με το "ζαχάρωμα" λόγω αυξημένων περιεχόμενων σακχάρων), γεγονός που είναι απόλυτα φυσιολογικό για την καλλιέργεια τομάτας.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δίχτυων στην οξύτητα στο χυμό του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,000 ( $<0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον ασκούν, ως προς την οξύτητα στο χυμό των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δίχτυων, αφού το μαύρο δίχτυ διαφέρει σημαντικά από όλες τις άλλες μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 15 παρουσιάζεται το ανάλογο γράφημα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2008 και που αφορούσαν στην οξύτητα (pH) στο χυμό των καρπών.



Σχήμα 15: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων οξύτητας στο χυμό συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (\*)).

Από τα δεδομένα για το pH στο χυμό των καρπών (Σχήμα 15) για το καλοκαίρι 2008 συμπεραίνεται ότι οι τιμές του pH είναι χαμηλότερες σε σχέση με την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο και κυμαίνονται σε αποδεκτά επίπεδα οριακά ( $\text{pH} > 4,0$ ). Επίσης και σε αυτή τη χρονιά, φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία όσο η καλλιέργεια οδεύει προς το τέλος της, οι καρποί από οποιαδήποτε μεταχείριση (πλην του μάρτυρα, χωρίς όμως να έχουμε πρόσθετα δεδομένα μέχρι το τέλος της καλλιέργειας υπό κανονικές συνθήκες) τείνουν να διατηρούν (ή πιθανώς και να αυξάνουν) το pH στο χυμό.

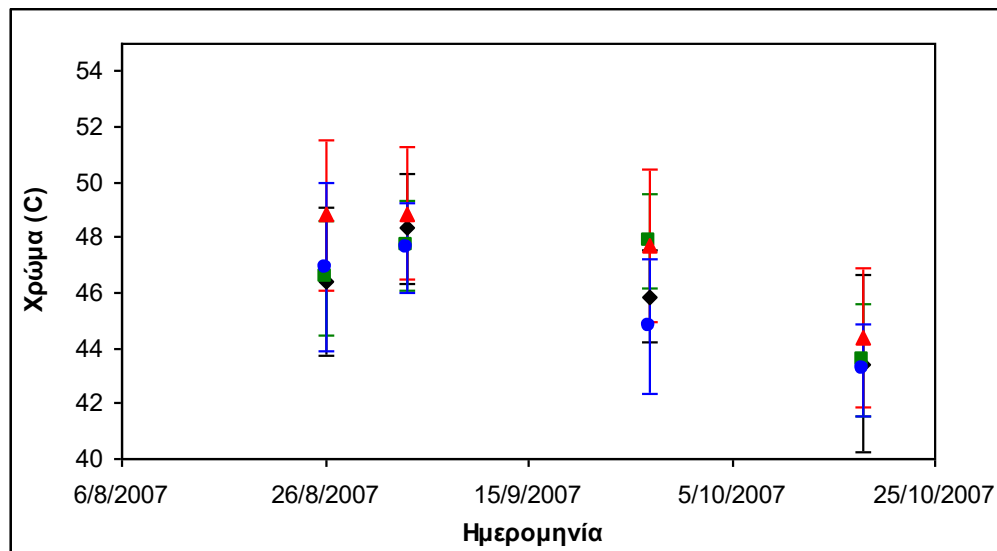
Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δίχτυων στην οξύτητα στο χυμό του καρπού, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,011 ( $< 0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον ασκούν, ως προς την οξύτητα στο χυμό των καρπών, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δίχτυων, αφού το μαύρο

νέο και το κόκκινο παλιό δίχτυα διαφέρουν σημαντικά από το πράσινο παλιό δίχτυ καθώς και το μάρτυρα.

#### 4.2.8. Δεδομένα χρώματος καρπών

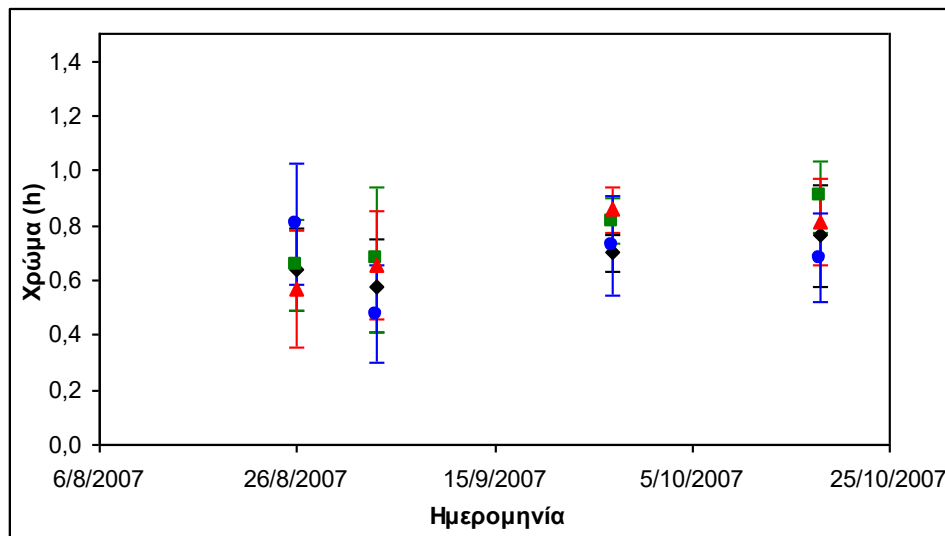
Στα Σχήματα 16 και 17 παρουσιάζονται τα ανάλογα γραφήματα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2007 και που αφορούσαν στους χρωματικούς δείκτες  $C^*$  και  $h^\circ$  των καρπών.

*Χρωματικός δείκτης  $C^*$*



**Σχήμα 16:** Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων χρώματος (δείκτης  $C^*$ ) συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (★)).

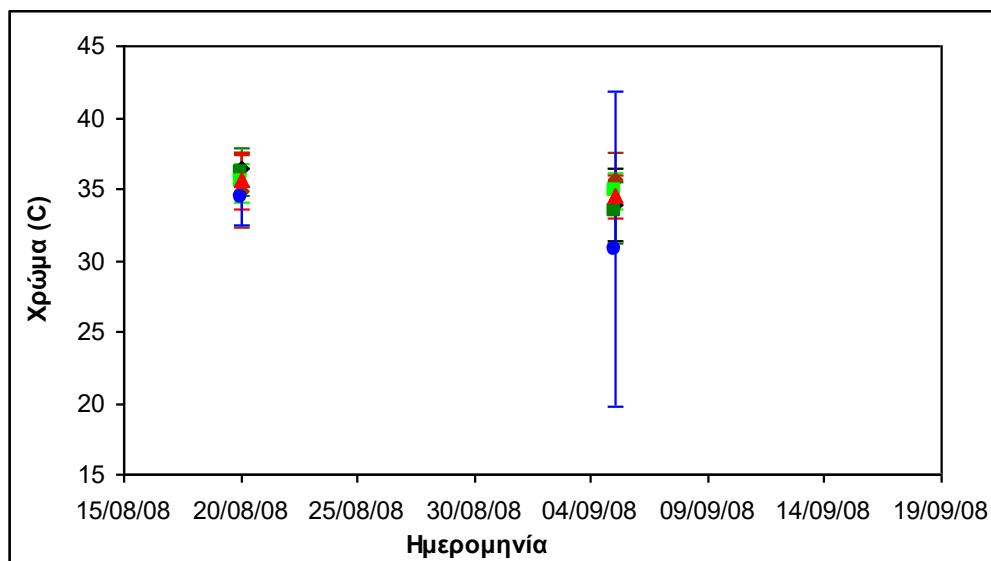
Χρωματικός δείκτης  $h^*$



Σχήμα 17: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων χρώματος (δείκτης  $h^*$ ) συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (★)).

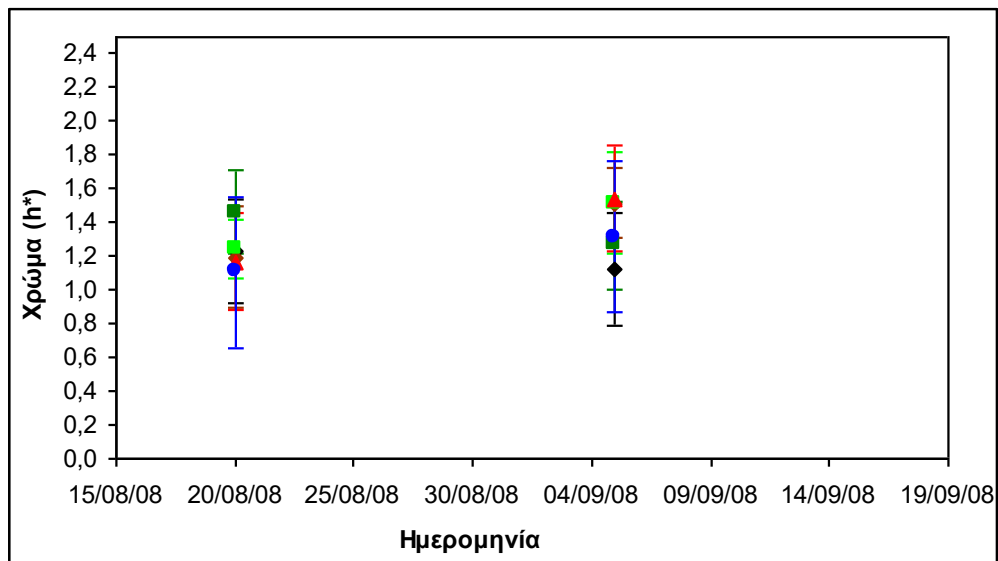
Στα Σχήματα 18 και 19 παρουσιάζονται τα ανάλογα γραφήματα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2008 και που αφορούσαν στους χρωματικούς δείκτες  $C^*$  και  $h^0$  των καρπών.

Χρωματικός δείκτης  $C^*$



Σχήμα 18: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων χρώματος (δείκτης  $C^*$ ) συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (★)).

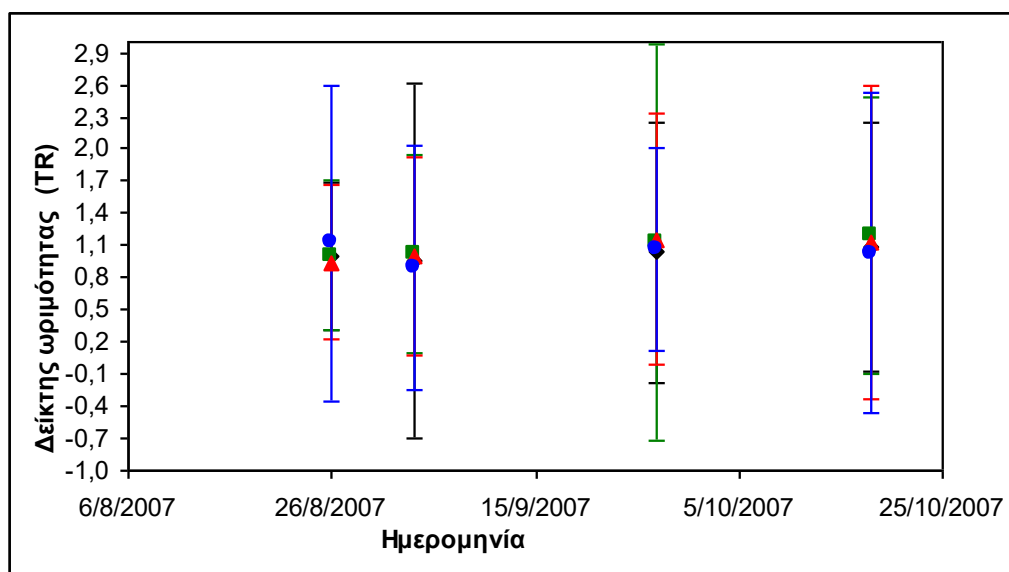
### Χρωματικός δείκτης $h^*$



Σχήμα 19: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων χρώματος (δείκτης  $h^*$ ) συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (★)).

Από τα παρατεθέντα γραφήματα (Σχήματα 16 έως 19) γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι οι καρποί που μετείχαν στις δειγματοληψίες είχαν έντονο ( $C^* > 0$ ) κόκκινο χρώμα ( $h^{\circ} > 0^{\circ}$  με απόκλιση  $1,8^{\circ}$ , δηλαδή πρόκειται για αποκλειστικά κόκκινο χρώμα). Λόγω της ευκολίας που παρουσιάζει ο δείκτης ωριμότητας TR ( $TR = a^*/b^*$ ) ως προς τη μέτρηση των χρωματικών δεικτών  $a^*$  και  $b^*$  (με χρήση φορητού χρωματομέτρου ακόμα και στον αγρό), στη συνέχεια θα παρατεθούν στα Σχήματα 20 και 21 τα ανάλογα γραφήματα για τα δεδομένα που ελήφθησαν για το θέρος 2007 και για το θέρος 2008 αντίστοιχα και που αφορούσαν στο δείκτη ωριμότητας TR των καρπών.

## Δείκτης ωριμότητας TR

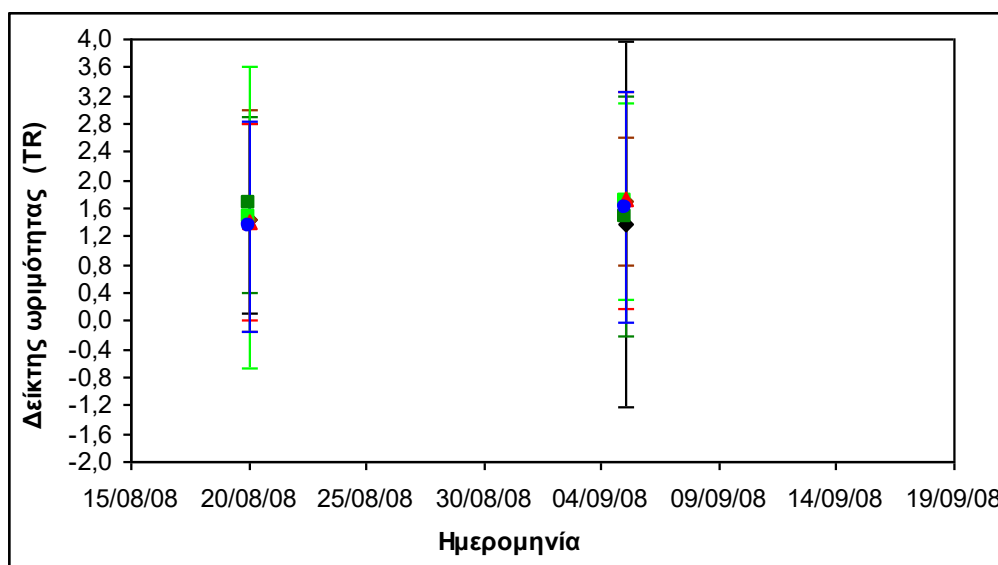


Σχήμα 20: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων δείκτη ωριμότητας (TR) συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2007 (δίχτυα: κόκκινο (▲), πράσινο (■), μαύρο (◆), μάρτυρας (\*)).

Από τα δεδομένα για το δείκτη ωριμότητας των καρπών (Σχήμα 20) συμπεραίνεται ότι οι τιμές του κυμαίνονται σε επιθυμητά επίπεδα ( $TR > 0,8$ ). Φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία, ανεξάρτητα από το χρόνο και την εξέλιξη, η καλλιέργεια και οι καρποί που αποδίδει, από οποιαδήποτε μεταχείριση, τείνουν να διατηρούν σταθερό το δείκτη TR, ανεξάρτητα από την ύπαρξη δικτυού ή όχι. Πάντως σε οποιαδήποτε περίπτωση δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα ως προς την επίδραση των δικτυών στον δείκτη ωριμότητας των καρπών και συνεπώς θεωρείται ότι τα δίχτυα δεν επιδρούν σε αυτό το χαρακτηριστικό του καρπού.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δικτυών στο δείκτη TR, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,058 ( $> 0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον δεν ασκούν, ως προς το δείκτη TR, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δικτυών, αφού το πράσινο δίχτυ διαφέρει σημαντικά από το μάρτυρα.

## Δείκτης ωριμότητας TR



Σχήμα 21: Απεικόνιση των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων των μετρήσεων δείκτη ωριμότητας (TR) συγκομισμένων καρπών κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού 2008 (δίχτυα: κόκκινο παλιό (▲), πράσινο παλιό (■), πράσινο νέο (■), μαύρο παλιό (◆), μαύρο νέο (◆), μάρτυρας (\*)).

Από τα δεδομένα για το δείκτη ωριμότητας των καρπών για το καλοκαίρι 2008 (Σχήμα 21) παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο σταθερότητας των μέσων όρων των τιμών του δείκτη όπως και την προηγούμενη χρονιά, όμως οι τιμές του κυμαίνονται σε ελαφρώς καλύτερα επίπεδα σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι δειγματοληψίες διενεργούνταν σε συγκομιδές κατόπιν παραγγελιών προς διάθεση των προϊόντων, οπότε το πιθανότερο είναι μεταξύ των δυο δειγματοληψιών να υπάρχει μεγάλο χρονικό διάστημα με συνέπεια να ωρίμασαν οι καρποί κάπως παραπάνω σε σχέση πάντα με τις δειγματοληψίες της προηγούμενης χρονιάς.

Εξάλλου, κατά την ανάλυση με τη μέθοδο Duncan για τη διαπίστωση της επίδρασης των δίχτυων στο δείκτη TR, βρέθηκε ότι η μέση τιμή της σημαντικότητας είναι 0,021 ( $<0,05$ ), δηλαδή τα δίχτυα μάλλον ασκούν, ως προς το δείκτη TR, επίδραση στην καλλιέργεια. Επίσης, η ανάλυση Duncan έδειξε ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δίχτυων, αφού το μαύρο νέο δίχτυ διαφέρει σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις εκτός του μάρτυρα.

Εξαιτίας της αργοπορημένης εγκατάστασης των δίχτων και των αισθητήρων μέτρησης τόσο το καλοκαίρι του 2007 όσο και αυτό του 2008 (λόγω τεχνικών προβλημάτων και προβλημάτων εφοδιασμού – διοικητικών) δε στάθηκε δυνατή η διερεύνηση της επίδρασης των υψηλών θερμοκρασιών στους πρώτους καρπούς κατά το μήνα Ιούνιο και συνεπώς δεν είναι δυνατό να διατυπωθεί άποψη για την επίδραση των δίχτων σε αυτούς. Στη συνέχεια και λόγω του προηγούμενου γεγονότος, αποφασίστηκε να μην πραγματοποιηθούν δειγματοληψίες κατά τον Ιούλιο ώστε να μην ληφθούν μετρήσεις που αφορούν σε καρπούς οι οποίοι προέρχονταν από τις πρώτες ταξιανθίες που πιθανόν υπέστησαν τις αρνητικές επιδράσεις των υψηλών θερμοκρασιών του Ιουνίου. Γνωρίζουμε, όμως, ότι τα δίχτυα επιδρούν θετικά στην παραγωγή δίνοντας μεγαλύτερο βάρος συνολικής συγκομισθείσας παραγωγής και μεγαλύτερο συνολικό αριθμό συγκομισθέντων καρπών σε σχέση με τον μάρτυρα. Δηλαδή με τη σκίαση της καλλιέργειας επιτεύχθηκε μια σχετική αύξηση της παραγωγής κατά 45% περίπου. Όσον αφορά το βάρος της εμπορεύσιμης παραγωγής και τον αριθμό των εμπορεύσιμων καρπών των μεταχειρίσεων που προστατεύονται από τα δίχτυα σκίασης ήταν σχεδόν διπλάσια σε σχέση με του μάρτυρα (Ρηγάκης Ν.Ρ., 2005). Η ποσοτική αύξηση της παραγωγής υποδηλώνει την καλύτερη φυσιολογική κατάσταση των σκιασμένων φυτών, η οποία εξασφαλίζει τις απαραίτητες ποσότητες φωτοσυνθετικών προϊόντων για την αύξηση των καρπών. Δεδομένου του ίσου αριθμού εμφανισθέντων ανθέων, σε όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος, αλλά και του μεγαλύτερου αριθμού συγκομισθέντων καρπών των μεταχειρίσεων με δίχτυ σκίασης συμπεραίνεται ότι από ένα ποσοστό ανθέων δεν προκύψανε καρποί. Η μερική σκίαση της καλλιέργειας είχε θετικά αποτελέσματα μειώνοντας την απόρριψη ανθέων για τα φυτά των μεταχειρίσεων με δίχτυ σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα.

Η προστασία που προσέφεραν τα δίχτυα ενάντια στα ηλιακά εγκαύματα ήταν απόλυτη, δεδομένου ότι το ποσοστό των καρπών με ηλιακό έγκαυμα μειώθηκε στο 0%, ειδικά κατά τις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες, αφού οι καρποί που προέρχονταν από το μάρτυρα και παρουσίαζαν ηλικάυματα ούτε καν συλλέγονταν για δειγματοληψία. Αυτό συμφωνεί απόλυτα με τη βιβλιογραφία (Ρηγάκης Ν.Ρ., 2005) και μαζί με το γεγονός ότι τα δίχτυα προσφέρουν ένα πιο ομοιόμορφο περιβάλλον (αποφυγή τοπικών εξάρσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας) αποτελεί το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χρήσης δίχτων σκίασης. Είναι, όμως, προφανές ότι η ημερομηνία εγκατάστασης των δίχτων δεν ήταν η



ενδεδειγμένη (τέλος Ιουνίου – αρχές Ιουλίου και στις δυο καλλιεργητικές περιόδους) και ως εκ τούτου η ημερομηνία εγκατάστασης των δίχτων του πειράματος κρίνεται μη ικανοποιητική. Σίγουρο είναι ότι τα δίχτυα, για να αποδώσουν ικανοποιητικά για όλη την καλλιεργητική περίοδο, θα πρέπει να εγκαθίστανται νωρίς κατά το μήνα Ιούνιο, ίσως και κατά το τέλος του μήνα Μαΐου.

Συμπερασματικά, όσον αφορά την επίδραση της σκίασης στα βιολογικά δεδομένα αυτή μπορεί να ταξινομηθεί σε κατηγορίες: θετικής, αρνητικής, αδιάφορης και αμφίβολης επίδρασης. Έτσι:

Ηλιοκαύματα καρπών: με την ικανότητα των δίχτων να δημιουργούν μια σχεδόν ομοιόμορφη ατμόσφαιρα, χωρίς τοπικές εξάρσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, κατέστη εφικτό το ποσοστό των καρπών με ηλιακό έγκαυμα να μειωθεί στο 0%. Αυτό ισχύει για όλες τις μεταχειρίσεις με δίχτυα (τόσο για τα καινούρια όσο και για τα παλαιότερα) έναντι του μάρτυρα. Συνεπώς, η θετική επίδραση των δίχτων στη μείωση των ηλιοκαυμάτων των καρπών ήταν καταλυτική.

Βάρος καρπών: Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα δίχτυα επιδρούν θετικά στην αύξηση του βάρους των καρπών (Ρηγάκης Ν.Ρ., 2005), όπου σε ανάλογο πείραμα η σκίαση επέδρασε θετικά και στην αύξηση του μεγέθους (gr/καρπό) των καρπών, άσχετα με το ποσοστό σκίασης των δίχτων (θεωρητικά η αύξηση του μεγέθους των καρπών οφείλεται στη βελτίωση των μικροκλιματικών παραγόντων, η οποίοι επηρεάζουν θετικά το φωτοσυνθετικό μηχανισμό, ευνοώντας τον καλύτερο εφοδιασμό των καρπών με απαραίτητα για την ανάπτυξή τους φωτοσυνθετικά προϊόντα). Στα πειράματα, όμως και των δυο καλλιεργητικών περιόδων, κάτι τέτοιο δεν επαληθεύτηκε (πιθανώς γιατί κατά τις δειγματοληψίες δεν ελήφθη υπόψη πιθανή πρωίμηση της καλλιέργειας από τη χρήση δίχτων με συνέπεια να συλλέγονται καρποί από διαφορετικά στάδια ωρίμανσης μεταξύ της καλλιέργειας υπό σκίαση και του μάρτυρα), αντιθέτως παρατηρήθηκε μια τάση κατά την οποία παρατεταμένη χρήση των δίχτων (ιδίως μετά τα μέσα προς τέλη Σεπτέμβρη) οδηγεί στην παραγωγή ελλιποβαρών καρπών. Άρα θα δεχτούμε ότι η επίδραση των δίχτων στο βάρος των καρπών είναι θετική κατά τη διάρκεια κορύφωσης της καλλιέργειας (μέσα Ιουλίου – μέσα Σεπτεμβρίου), αφού δε στάθηκε εφικτό να αποδειχτεί κάτι αντίθετο, αλλά είναι σχεδόν βέβαιο ότι, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα η χρήση οποιασδήποτε σκίασης επιδρά ελαφρώς αρνητικά στο βάρος των καρπών. Συνεπώς, συνολικά και με βάση τη στατιστική ανάλυση, δεχόμαστε ότι τα δίχτυα δεν ασκούν κάποια επίδραση στην καλλιέργεια.

Όγκος καρπών: Από τα δεδομένα και των δυο καλλιεργητικών περιόδων το μόνο συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί ως προς τον όγκο των καρπών φαίνεται να υπάρχει μια τάση κατά την οποία οι υπό σκίαση καρποί παρουσιάζουν ελαφρώς μειωμένο όγκο σε παρατεταμένη χρήση των δίχτων σκίασης, ιδίως από το τέλος Σεπτεμβρίου και μετά. Συνεπώς, με βάση και τη στατιστική ανάλυση, μπορεί να ειπωθεί ότι η επίδραση των δίχτων επιδρούν στην καλλιέργεια είναι αμφίβολη.

Διαστάσεις καρπών: Από τα δεδομένα και των δυο καλλιεργητικών περιόδων φαίνεται πως τα δίχτυα δεν επιδρούν καθόλου στο τελικό σχήμα του καρπού, αφού η ποικιλία belladonna σε όλες τις περιπτώσεις έδωσε το αναμενόμενο από τα γενετικά χαρακτηριστικά της σχήμα.

Επιφάνεια σκασιμάτων καρπών: Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η σκίαση της φυτείας ευνοεί και τη μείωση του ποσοστού των σκισμένων καρπών έως και 50% περίπου, κυρίως λόγω της αποφυγής της απευθείας έκθεσης των καρπών στον ήλιο και δευτερευόντως λόγω της ελαφρώς μεγαλύτερης σχετικής υγρασίας που διατηρείται κάτω από τα δίχτυα (Ρηγάκης Ν.Ρ., 2005). Τα δεδομένα και των δυο καλλιεργητικών περιόδων δεν δείχνουν να επιβεβαιώνουν τα παραπάνω. Επίσης, τόσο το χρώμα και το ποσοστό σκίασης όσο και η παλαιότητα των δίχτων δεν φαίνεται να παίζουν κάποιο ρόλο. Συνεπώς, δεχόμαστε ότι η ύπαρξη σκίασης δεν επιδρά στη μείωση του ποσοστού των σκασιμάτων στους καρπούς.

Αντίσταση σάρκας καρπών: Η ύπαρξη των δίχτων φαίνεται να ευνοεί ελαφρώς (ιδίως από τα δεδομένα της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου και κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οπότε κορυφώνεται η παραγωγή) την αντίσταση της σάρκας των καρπών σε σχέση με το μάρτυρα, χωρίς όμως να είναι εφικτή κάποια ιδιαίτερη διάκριση στο χρώμα, στο ποσοστό σκίασης ή στην παλαιότητα των δίχτων.

Σάκχαρα (Brix%) χυμού: Το κόκκινο και το πράσινο δίχτυ φαίνεται να ευνοούν ελαφρώς (ιδίως από τα δεδομένα της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου και κυρίως από τα μέσα Σεπτεμβρίου έως το τέλος της καλλιέργειας) την περιεκτικότητα σε σάκχαρα των καρπών σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις και το μάρτυρα, χωρίς όμως να είναι εφικτή κάποια διάκριση ως προς το χρόνο αφαίρεσής τους ή την παλαιότητά τους. Συμπερασματικά, μπορούμε να θεωρήσουμε αμφίβολη την επίδραση των δίχτων στα περιεχόμενα σάκχαρα στο χυμό καρπών τομάτας.

Οξύτητα (pH) χυμού: Από τα δεδομένα και των δυο καλλιεργητικών περιόδων φαίνεται πως τα δίχτυα επιδρούν θετικά στην οξύτητα του χυμού των καρπών.

Ωστόσο, το συμπέρασμα αυτό είναι επισφαλές, αφού οι καρποί σε όλες τις περιπτώσεις έδωσαν το επιθυμητό pH στο χυμό, ανεξάρτητα από την ύπαρξη σκίασης ή όχι και χωρίς να είναι εφικτή κάποια διάκριση μεταξύ των διχτυών. Συνεπώς, θα δεχτούμε ότι η επίδραση των διχτυών, γι' αυτόν τον παράγοντα, είναι αμφίβολη.

Χρώμα καρπών (δείκτης ωριμότητας, TR): Από τα δεδομένα και των δυο καλλιεργητικών περιόδων φαίνεται πως η επίδραση των διχτυών είναι αμφίβολη στον δείκτη ωριμότητας και γενικότερα στα χαρακτηριστικά χρώματος των καρπών, αφού αυτοί σε όλες τις περιπτώσεις των δειγματοληψιών, που λάμβαναν χώρα σε ημερομηνίες συγκομιδής, εμφάνιζαν το πλέον κατάλληλο χρώμα (θεωρώντας το χρώμα ως δείκτη ωριμότητας για συγκομιδή του καρπού), ανεξάρτητα από την ύπαρξη σκίασης ή όχι.

Περιεχόμενο λυκοπένιο: Παρόλη την ύπαρξη μεθόδων χρωματομετρικής συσχέτισης στηριζόμενης στους χρωματικούς συντελεστές  $a^*$  και  $b^*$  με σκοπό τον προσδιορισμό του περιεχόμενου λυκοπενίου στο χυμό καρπών τομάτας όπως αυτής των Anthon και Barrett, επειδή τη περίοδο που ελήφθησαν οι χρωματικοί δείκτες, η μέθοδος αυτή δεν ήταν γνωστή, δεν μετρήθηκαν οι δείκτες στο χυμό των καρπών που παράγονταν κατά τη μέτρηση της οξύτητας (pH). Συνεπώς, μόνο από τις μετρήσεις του χρώματος σε νωπούς καρπούς, δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια το περιεχόμενο λυκοπένιο στους καρπούς, αφού η συνολική εκτίμηση απαιτεί η μέτρηση να γίνεται στο χυμό που προέρχεται από αυτούς.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση 3 καινούριων διαφορετικών διχτύων σκίασης κατά την 1<sup>η</sup> καλλιεργητική περίοδο και 2 καινούριων και 3 παλαιότερων διχτύων σκίασης κατά την 2<sup>η</sup> καλλιεργητική περίοδο στο μικροκλίμα και στα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών υπαίθριας καλοκαιρινής καλλιέργειας τομάτας. Σημαντική παράμετρος που λήφθηκε υπόψη ήταν οι φροντίδες και η ανθρώπινη παρέμβαση στην καλλιέργεια να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πρακτική της καλλιέργειας που εφαρμόζεται από το Ε.Α.Κ.Κ.Ν. Κασσαβετίας. Οι παράγοντες του μικροκλίματος που μελετήθηκαν ώστε να αξιολογηθεί η επίδραση των διχτύων σκίασης ήταν η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα της καλλιέργειας. Στο βιολογικό μέρος της μελέτης καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν επιλεγμένες παράμετροι ποιοτικού και ποσοτικού χαρακτηρισμού των καρπών, ώστε αυτοί να είναι κατάλληλοι για εμπορία με σκοπό τη βρώση τους.

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

1. Τα δίχτυα σκίασης προστάτευσαν την καλλιέργεια από τις υπερβολικά υψηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα ένα ομοιόμορφο μικροπεριβάλλον απορρίπτοντας τις τοπικές εξάρσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Έτσι, δημιουργείται ένα περιβάλλον που, κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της καλλιέργειας, εξασφαλίζονται οι ιδανικές συνθήκες κλίματος για καρποφορία και ικανοποιητικές αποδόσεις.
2. Τα δίχτυα, τουλάχιστον για τις τοπικές κλιματικές συνθήκες, δε φαίνεται να έχουν σημαντικές διαφορές ως προς τις επιδράσεις τους στους καρπούς τομάτας τόσο ως προς το χρώμα και το ποσοστό της απορροφούμενης ακτινοβολίας όσο και ως προς την παλαιότητά τους. Όσον αφορά το τελευταίο φαίνεται πως άνετα μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν και για δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, αρκεί φυσικά να συντηρούνται σωστά (αποφυγή δημιουργίας οπών, ενδεδειγμένη επισκευή όταν αυτές προκύψουν κ.ά.). Αυτό το γεγονός επιδρά θετικά στην οικονομικότητα της καλλιέργειας.
3. Φαίνεται πως για κάποια βιολογικά χαρακτηριστικά των καρπών καλό είναι τα δίχτυα να αφαιρούνται μετά τα μέσα Σεπτεμβρίου (π.χ. βάρος καρπών, όγκος καρπών). Αντίθετα, σε άλλες περιπτώσεις τα δίχτυα αν όχι αυξάνουν, τουλάχιστον εξασφαλίζουν μια σταθερότητα σε κάποια ποιοτικά

χαρακτηριστικά του καρπού (π.χ. περιεχόμενα σάκχαρα στο χυμό, pH του χυμού) έως το τέλος της καλλιέργειας. Θεωρητικά, ο χρόνος αφαίρεσης των δίχτυων εναπόκειται στην κρίση του παραγωγού, με βάση τα ακριβή χαρακτηριστικά που επιθυμεί να έχει το παραγόμενο προϊόν. Συνεπώς, τα δίχτυα παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα έχουν οι παραγόμενοι καρποί, ιδίως κατά το τέλος της καλλιέργειας που η παραγωγή ως προς την ποσότητα μειώνεται αισθητά.

4. Η μερική ρύθμιση του κλίματος επέδρασε θετικά στη φυσιολογική κατάσταση της υπό σκίαση καλλιέργειας διότι μειώθηκε η μεσημβρινή κατάθλιψη (θερμική και υδατική καταπόνηση) της καλλιέργειας, κάτι που προφανώς δημιουργεί τις κατάλληλες προϋποθέσεις για ποιοτικότερη παραγωγή καρπών.
5. Η σκίαση της καλλιέργειας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής, ενώ και η εμπορεύσιμη παραγωγή είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τον μάρτυρα, συνυπολογίζοντας πάντα και τους ανάλογους καρπούς του μάρτυρα, που λόγω των ηλιοκαυμάτων, απορρίπτονται από την εμπορία. Άρα η χρήση σκίασης επιδρά θετικά στο βάρος των καρπών.
6. Ανάλογη θετική επίδραση, σε μικρότερο βαθμό, φαίνεται πως υπάρχει και στον όγκο των παραγόμενων καρπών.
7. Προφανώς, λόγω του ευνοϊκού μικροπεριβάλλοντος και των επιδράσεων της σκίασης στο βάρος και στον όγκο των καρπών, παρατηρείται μια τάση οι καρποί να εμφανίζουν μια σταθερότητα ως προς το σχήμα τους (λόγος διαστάσεων), με βάση το γενετικά καθορισμένο ιδανικό σχήμα που πρέπει να έχουν ανάλογα με τον προορισμό τους προς κατανάλωση.
8. Επίσης, λόγω του ευνοϊκού μικροπεριβάλλοντος από τη σκίαση, μπορεί να υπάρξει μείωση και στα σκασίματα των καρπών.
9. Τα δίχτυα φαίνεται να ασκούν κάποια θετική επίδραση στην αντίσταση της σάρκας των καρπών.
10. Τα δίχτυα σκίασης, ενώ αμφίβολη επίδραση ασκούν στα περιεχόμενα σάκχαρα (Brix%) και στην οξύτητα (pH) του χυμού των καρπών κατά την κορύφωση της παραγωγής, φαίνεται ότι προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου προσδίδουν κάποιας μορφής "σταθερότητας" στη διατήρηση των χαρακτηριστικών.
11. Όσον αφορά το χρώμα, φαίνεται αμφίβολη η επίδραση των δίχτυων στον δείκτη ωριμότητας και γενικότερα στα χαρακτηριστικά χρώματος των

καρπών. Σημαντικό γεγονός παραμένει η χρήση του δείκτη ωριμότητας (TR) ως μια απλή μέθοδος εκτίμησης στον αγρό του επιπέδου ωριμότητας των καρπών της καλλιέργειας με σκοπό τον προγραμματισμό και την έγκαιρη εκτέλεση των συγκομιδών.

12. Παρόλο που δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε εάν υπάρχει επίδραση της σκίασης στο περιεχόμενο λυκοπένιο στο χυμό καρπών τομάτας, αξίζει η αναφορά σε μεθόδους όπως αυτής των Anthon και Barrett, ως μια απλή μέθοδο εκτίμησης του περιεχομένου λυκοπενίου κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων εργαστηριακών μετρήσεων στο χυμό των καρπών.

### **Προτάσεις για συνέχιση της ερευνητικής εργασίας**

Ένας προβληματισμός κατά την εκτέλεση του πειράματος ήταν ο χρόνος εγκατάστασης των διχτύων σκίασης, αφού και στις δυο καλλιεργητικές περιόδους τα δίχτυα εγκαταστάθηκαν αργά, έχοντας η καλλιέργεια υποστεί τις αρνητικές επιδράσεις των αυξημένων θερμοκρασιών του Ιουνίου. Έτσι, δεν ήμασταν σε θέση να εκτιμήσουμε το ποσοστό που βλάφτηκε η καλλιέργεια εξαιτίας αυτού του γεγονότος, αλλά και ούτε να εκτιμήσουμε το κατά πόσον το ξεπέρασε και απέδωσε σωστά στη συνέχεια. Το κριτήριο που χρησιμοποιείται συνήθως για την εγκατάσταση των διχτύων είναι η έναρξη υψηλής έντασης ηλιακής ακτινοβολίας. Σίγουρα, τα αποτελέσματα θα ήταν διαφορετικά και ίσως να προσδιορίζονταν η επίδραση των διχτύων στην καλλιέργεια πιο ευδιάκριτα. Πάντως, σε μια τέτοια περίπτωση, θα ήταν ευκολότερος και ο προσδιορισμός του κατάλληλου χρόνου έναρξης της σκίασης σε σχέση τόσο με το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας όσο και με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται πως είχε και η τεχνική της εγκατάστασης. Πέραν των πλεονεκτημάτων που προσφέρθηκαν κατά τον τρόπο εγκατάστασης των διχτύων στην 2<sup>η</sup> καλλιεργητική περίοδο, καλό θα ήταν με μικρή προσπάθεια ακόμα να δημιουργηθούν διχτυοκήπια, χρησιμοποιώντας δίχτυα διαφόρων χρωματισμών. Θα ήταν ενδιαφέρον ο καθορισμός των καλλιεργειών που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν με εμπορική επιτυχία εντός τέτοιων κατασκευών, καθώς και η διερεύνηση της καταλληλότητας τέτοιων κατασκευών για τις ελληνικές κλιματικές συνθήκες, καθώς και ο τρόπος που επιδρούν τα δίχτυα σε αυτές τις περιπτώσεις.

Στη παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι επιδράσεις των διχτύων σε βάθος χρόνου μέχρι και 2<sup>ης</sup> καλλιεργητικής περιόδου. Αξιόλογη θα ήταν μια προσπάθεια, αν

και πιο μακροχρόνια, διερεύνησης της επίδρασης της παλαιότητας των δικτυών σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου, τέτοιου που τα δίχτυα πλέον θα πρέπει να αντικατασταθούν. Καλό θα ήταν επίσης να διερευνηθεί το κατά πόσον επηρεάζει αυτή η παρατεταμένη χρήση των δικτυών την οικονομικότητα της καλλιέργειας.

Επίσης, σε μελλοντικά πειράματα καλό είναι να διερευνηθεί η πρωιμότητα σε σχέση με το ποσοστό σκίασης που παρέχουν τα δίχτυα. Η πρωιμότητα συνδυασμένη με την ποσοτικά και ποιοτικά αυξημένη παραγωγή καρπών και συχνότερες συγκομιδές είναι απολύτως επιθυμητή.

Τέλος, η χρήση των δυο μεθόδων που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, αυτή του δείκτη ωριμότητας (TR) και των χρωματομετρικών συσχετίσεων (όπως αυτή των Anthon και Barrett) θα πρέπει να εφαρμοστούν ευρύτερα, γιατί αποτελούν σύγχρονες και λειτουργικές μεθόδους που μπορούν να αντικαταστήσουν άλλες πιο πολύπλοκές και οικονομικά ασύμφορες.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική βιβλιογραφία

- Αγγίδης Α.Θ., 2000. Τομάτα υπαίθρια: Επιτραπέζια-Βιομηχανική, Καλλιέργεια-Αξιοποίηση. Εκδόσεις Μ. Τριανταφύλλου & Σία Ο.Ε.. Θεσσαλονίκη 1995. σελ. 14.
- Ολύμπιος, Χ.Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης.
- Ρηγάκης, Ν.Ρ., 2005. Επίδραση διαφορετικών διχτυών σκίασης στο μικροκλίμα και στην ανάπτυξη υπαίθριας καλλιέργειας τομάτας. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος 2005.

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Adbel-Mawgoud, A.M.R., El-Abd, S.O., Singer, S.M., Abou-Hadid, A.F., Hsiao, T.C., 1996. Effect of shade on the growth and yield of tomato plants. *Acta-Hortic.* 434.
- Anthon G.E., Barrett D.M., 2008. Color Quality of Tomato Products. Department of Food Science and Technology, University of California, American Chemical Society, Chapter 10, pp 131-139, 2008.
- Atherton J.C. and Rudich J., 1996. The Tomato Crop: A scientific Basis for Improvement. Chapman & Hall, New York. pp. 137-144, 146-147, 171, 175, 179, 202-205, 218-219.
- Baille, A., Kittas, C., Katsoulas, N., 2001. Influence of whitening on greenhouse microclimate and crop energy partitioning. *Agric. and For. Meteorol.* 107 4, 293-306.
- Bakker J.C., Bot G.P.A., Challa H. and Van de Braak N.J., 1995. Greenhouse climate control. *Wageningen Pers. Wageningen.*
- Benton Jones, J., 1999. Tomato plant culture. CRC Press. Boca, Raton, London, New York, Washington, D.C. pp. 18-19, 41, 43-44.
- Bjorkman, O. and Powels, S.B., 1984. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: Interaction with light level. *Planta* 161, 490-504.
- Charles-Edwards, D.A. and Ludwig, L.J., 1975. The basis of expansion of leaf photosynthetic activities (Environmental and Biological Control of Photosynthesis (ed. R. Marcelle).
- Cockshull, K.E., Graves, C.J., and C.R.J. Cave, 1992. Regulation. The influence of shading on yield of glasshouse tomato. *J. Hortic. Sci.* 67, 11-24.



- Cohen, S., Fuchs, M., 1999. Measuring and predicting radiometric properties of reflective shade nets and thermal screens .J. Agric. Engng Res. 73, 245-255.
- Davis, A.R. et al, 2003. A Rapid Spectrophotometric Method for Analyzing Lycopene Content in Tomato and Tomato Products. Postharvest Biology and Technology, Volume 28, No. 3: 2003.
- Davis, A.R. et al, 2003. A Rapid Hexane-free Method for Analyzing Lycopene Content in Watermelon", Journal of Food Science, Volume 68, No. 1: 2003.
- Dr W. Junk, The Hague, (pp.37-44). Tomato Crop, pp.144.
- El-Aidy F. and El-Afry, M., 1983. Influence of shade on growth and yield of tomatoes cultivated during the summer season in Egypt. Plasticulture 47, 2-6.
- El- Gizawy, A.M., Abdallah, M.M.F., Gomaa, H.M., Mohamed, S.S., 1992b. Effect of different shading levels on tomato plants.2. Yield and fruit quality. Acta Hortic. 323, 349-354.
- El-Gizawy, A.M., Gomaa, H.M., El-Habbasha, K.M., Mohamed, S.S., 1992a. Effect of different shading levels on tomato plants.1. Growth, flowering and chemical composition. Acta Hortic. 323, 341-347.
- Farouak, E.A., Kafr, E.S., 1984. Research on the use of plastics and shade nets on the production of some vegetable crops in Egypt. Acta Hortic. 154, 109-111.
- Fernandez-Rodriguez, E.J., Perez, D., Camacho-Ferre, F., Fernandez Vadillos , J., Kenig, A., 2001. Effects of aluminized shading screens vs whitewash on tomato photochemical efficiency under a non heated greenhouse. Acta Hortic. 559, 279-284.
- Francis, F. J., 1999. Colorants: Practical Guides for the Food Industry, St. Paul: Eagan Press, 1999.
- Hanson, P., Cultivation and breeding of tomato, 1995.
- Heuvelink <sup>1</sup>, E., 1995. Effect of plant density on biomass allocation to the fruits in tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*). Scientia Hortic. 64, 193-201.
- Heuvelink <sup>2</sup>, E., 1995. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. Scientia Hortic. 61. 77-99.
- Hideg, E., Murata, N., 1997. The irreversible photoinhibition of the photosystem II complex in leaves of *Vicia faba* under strong light. Plant Science 130, 151-158.
- Jeon, H.J. and Chung, H.D., 1982. Effect of shade on the flowering, yield and fruit composition of different red pepper, *Capsicum annum*, L. Cultivars. J. Korean. Soc. Hort. Sci. 234: 253-260.

Khattak, A.M., S. Pearson, and C.B. Johnson. 2004. The effects of far red spectral filters and plant density on the growth and development of chrysanthemums. *Sci. Hort.* 102:335–341.

Kittas, C., Baille, A., Giaglaras, P., 1999. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. *J. Agric. Engng Res.* 73, 341-351.

Lykas, C., Kittas, C., Katsoulas, N., 2008. *Gardenia jasminoides* Height Control Using a Photosensitive Polyethylene Film. *Hort. Sci.* 43(7): 2027-2033, 2008.

Lulow, M.M. and Bjorkman, O., 1984. Paraheliotropic leaf movement in *Siratro* as protective mechanism against drought-induced damage to primary photosynthetic reaction: damage by excessive light and heat. *Planta* 161, 505-518.

McCree.K.J., 1972. The action of spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agriculture Meteorology* 13, 349-357.

McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *Hort. Sci.* 27: 1254-1255.

Medina, C.L., Souza, R.P., Machado, E.C., Ribeiro, R.V., Silva, J.A.B., 2002. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. *Scientia Hort.* 96, 115-125.

Mohr H. and Schopfer P., 1995. *Plant physiology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995. pp. 551-553.

Ogren, E., 1988. Photoinhibition of photosynthesis in willow leaves under field conditions. *Planta* 175, 229-236.

Ogren, E., Evans, J.R., 1992. Photoinhibition of photosynthesis in situ in six species of *Eucalyptus*. *Austral. J. PL. Physiol.* 19, 223-232.

Ogren, E., Rosenquist, E., 1992. On the significance of photoinhibition of photosynthesis in the field and its generality among species. *Photosyn. Res* 33, 63-71.

Oquist, G. and Ogren, E., 1985. Effect of winter stress on photosynthetic electron transport and energy distribution between the two photosystems of pine as assayed by chlorophyll fluorescence kinetics. *Photosynth. Res.* 7, 19-30.

Papadakis, G., Briassoulis, D., Scarascia Mugnozza, G., Vox, G., Feuilloley, P., Stoffers, J.A., 2000. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. *J. Agric. Engng Res.* 77, 7-38.

Perkins-Veazie, P., et al, 2001. Lycopene Content Differs Among Red-Fleshed Watermelon Cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 81, No. 10: 2001.

- Powles, S.B., 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annual Rev. Pl. Physiol.* 35, 15-44.
- Quagliotti, L., Lepori, G. and Bigotti, P.G., 1974. Response to solar radiation by two varieties of peppers, *Capsicum annum*, Korean. *J. Breeding* 6, 29-33.
- Rajapakse, N.C., R.E. Young, M.J. McMahon, and R. Oi. 1999. Plant height control by photosensitive filters: Current status and future prospects. *Hort. Technology* 9:618–624.
- Rao, A.V, et al, 1998. Lycopene Content of Tomatoes and Tomato Products and Their Contribution to Dietary Lycopene. *Food Research International*, Volume 31, No. 10: 1998.
- Raveh, E., Cohen, S., Raz, T., Yakir, D., Grava, A., Goldschmidt, E.E., 2003. Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. *Jour. of Exper. Bot.* 54 381, 365-373.
- Runkle, E.S. and R.D. Heins. 2002. Stem extension and subsequent flowering of seedlings grown under a film creating a far-red deficient environment. *Sci. Hort.* 96:257–265.
- Rylski, I., Spigelman, M., 1986. Effect of shading on plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under conditions of high temperature and radiation. *Scientia. Hort.* 29 1-2, 31-35.
- Smith, H., 1982. Light quality, photoperception and plant strategy, *Annual Review of Plant Physiology* 33, 481-518.
- Smith, I.E., Savage, M.J., Mills, P., 1984. Shading effects on greenhouse tomatoes and cucumbers. *Acta Hort.* 1488, 229-237.
- Teitel, M., Peiper U.M., Zvieli Y., 1996. Shading screens for frost protection. *Agricultural and Forest Meteorology* 81 (1996) 273-286.
- Teitel, M., Peiper, U.M., Zvieli, Y., 1996. Shading screens for frost protection. *Agric. And For. Meteor.* 81, 273-286.
- Yilmaz, E., 2001. The Chemistry of Fresh Tomato Flavor. *Turk. J. Agric. For.* 25 (2001), pp. 149-155.
- Yoshi, O., 2000. CIE Fundamentals for Color Measurements, Paper for IS&T NIP16 Conference, Vancouver, Canada, Oct. 16-20, 2000.
- Varlet-Grancher, C., Moulia B., Sinoquet H., Russel G., 1993. Spectral modification of light within plant canopies: How to quantify its effects on the architecture of plant

stand. In: *Crop Structure and Light Microclimate. Characterization and Applications.* Varlet-Grancher C., Bonhomme R., Sinoquet H. eds. Paris, INRA. pp. 427-451.

Willits, D.H., 2001. The effect of cloth characteristics on the cooling performance of external shade cloths for greenhouses. *J. Agric. Res.* 79 (3), 331-340.