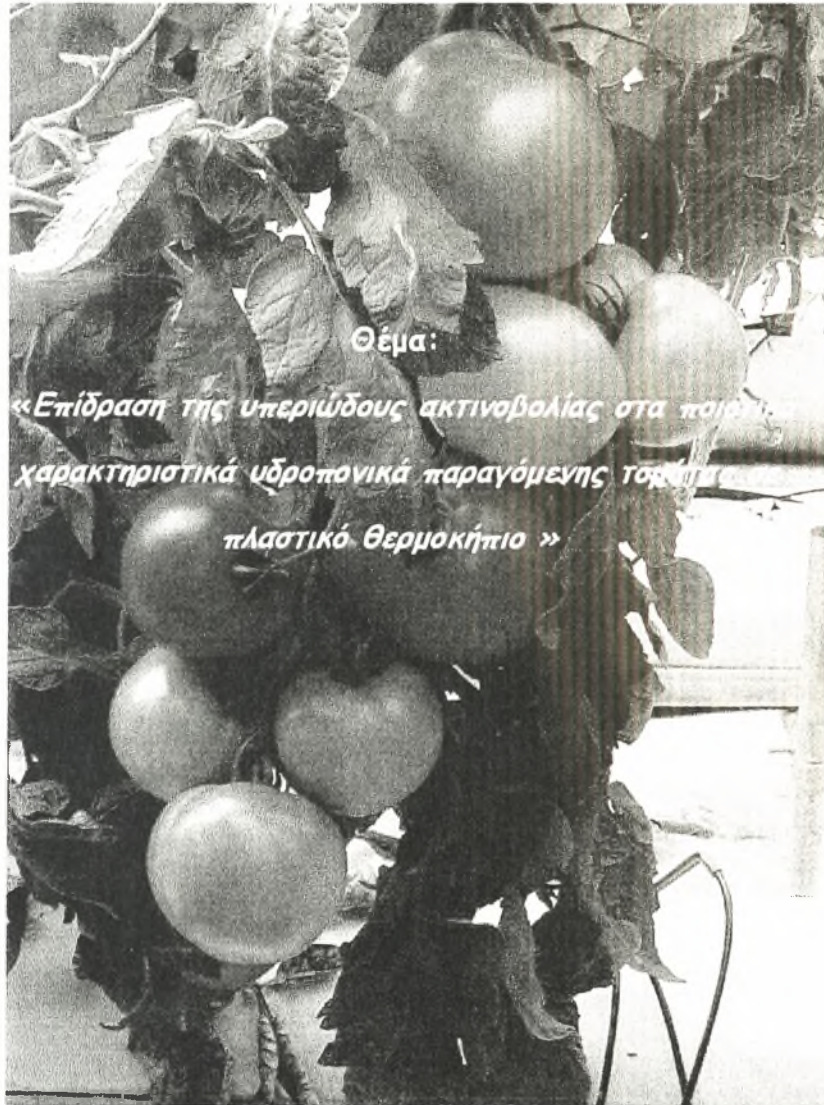


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
Γεωργική Μηχανική - Διαχείριση Φυσικών Πόρων  
Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος



Θέμα:

«Επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά υδροπονικά παραγόμενης τομάτας σε πλαστικό θερμοκήπιο »

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΠΕΡΣΕΦΟΝΗ ΜΑΛΕΤΣΙΚΑ

Επιβλέπων Καθηγητής:

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΙΤΤΑΣ

Βόλος 2004



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

Αριθ. Εισ.: 4964/1  
Ημερ. Εισ.: 03-10-2006  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
635.642 85  
ΜΑΛ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
Γεωργική Μηχανική - Διαχείριση Φυσικών Πόρων  
Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

*Θέμα: «Επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας στα  
ποιοτικά χαρακτηριστικά υδροπονικά παραγόμενης τομάτας  
σε πλαστικό θερμοκήπιο».*

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Μαλέτσικα Περσεφόνη

Τριμελής επιτροπή: Κωνσταντίνος Κίττας, Καθηγητής  
Αναστάσιος Σιώμος, Επίκουρος Καθηγητής  
Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα, Επίκουρος Καθηγητής

Βόλος 2004

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Κωνσταντίνου Κίττα στο εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Αποτελεί όμως τη συνισταμένη προσπάθειας και συνεργασίας και άλλων εργαστηρίων: του εργαστηρίου Λαχανοκομίας, του Τομέα Οπωροκηπευτικών και Αμπέλου του τμήματος Γεωπονίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και του εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τώρα που η επίπονη, αλλά συνάμα συναρπαστική προσπάθεια έφτασε στο τέλος της αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που συντέλεσαν ουσιαστικά στην ολοκλήρωσή της.

Τον κ. Κωνσταντίνο Κίττα, Καθηγητή της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, καθώς και για την καθοδήγηση και την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της πραγματοποίησης της παρούσας διατριβής. Για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την ενθάρρυνση στις δυσκολίες που αντιμετώπιζα και για τις πολύτιμες συμβουλές του. Για την ευκαιρία που μου έδωσε να συναντήσω και να συνεργαστώ με τους πολύτιμους συνεργάτες του, επιστήμονες και δραστήριοι άνθρωποι, πρόθυμοι να προσφέρουν τη γνώση τους και να βοηθήσουν τους νεότερους, ώστε να συνεισφέρουν με τη σειρά τους στην επιστημονική κοινότητα.

Τον κ. Αναστάσιο Σιώμο, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την αμεσότητα της συμμετοχής του και τις πολύτιμες επισημάνσεις του στην οργάνωση του πειράματος και τη διάρθρωση του κειμένου, που συνέβαλαν ουσιαστικά στη διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής.

Τους κ. Αναστάσιο Σιώμο, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και κ. Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη συμμετοχή τους στην Τριμελή Συμβουλευτική Επιτροπή.

Τον κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, του οποίου η συμβολή στην πραγματοποίηση των εργαστηριακών μετρήσεων του πειράματος ήταν καθοριστική. Η διάθεση του εργαστηρίου του και του εξοπλισμού του στάθηκε πολύτιμη.

Τον κ. Γεώργιο Νάνο, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, γιατί ήταν πάντα πρόθυμος να ακούσει τους προβληματισμούς μου για τη διατριβή και να προσφέρει τις πολύτιμες συμβουλές του.

Την κ. Παπαϊωάννου Χρυσούλα Υποψήφια Διδάκτορα και Καθηγήτρια στο ΤΕΙ Λάρισας, για την συνεχή παρουσία της στο πλευρό μου, το απόλυτο ενδιαφέρον της και την ανεκτίμητη βοήθεια που μου παρείχε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της παρούσας διατριβής. Δεν υπήρξε μόνο άπογη συνεργάτιδα αλλά και φίλη, η κατανόηση και η καθημερινή ηθική συμπαράστασή της βοήθησαν σε κάθε βήμα του πειράματος και της συγγραφής της διατριβής. Της είμαι ευγνώμων!

Τον κ. Dany El Obeid, Υποψήφιο Διδάκτορα, ο οποίος εκτός από συνεργάτη υπήρξε και φίλος, γιατί έλυνε πάντα τα προβλήματα που παρουσιάζονταν και για τις «σοφές» συμβουλές του.

Τον κ. Νικόλαο Κατσούλα, Διδάκτορα και Επιστημονικό Συνεργάτη του εργαστηρίου, ο οποίος δεν υπάρχει όργανο μέτρησης που να μην ξέρει να το μεταχειρίζεται. Η παρέμβασή του, πάντα την κατάλληλη στιγμή, συντέλεσε καθοριστικά στο να ολοκληρωθεί η διατριβή.

Τους Επιστημονικούς Συνεργάτες του εργαστηρίου Θωμά Μπαρτζάνα, Διδάκτορα, Χρήστο Λύκα, Υποψήφιο Διδάκτορα και τη Γραμματέα του εργαστηρίου Ματούλα Καρνάβα, που με την προθυμία τους και τη βοήθειά τους συνέβαλαν με τον τρόπο του ο καθένας στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Τη βιομηχανία «Πλαστικά Κρήτης», για την παροχή των πλαστικών υλικών κάλυψης απορροφητικών της υπεριάδους ακτινοβολίας, των θερμοκηπίων που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

Τους γονείς μου για την ηθική και υλική συμπαράσταση που με βοήθησαν να ολοκληρώσω τις μακροχρόνιες σπουδές μου.

Τους καλούς μου φίλους που με ενθάρρυναν με διάφορους τρόπους σε όλο το διάστημα της εργασίας μου.

*Μαλέτσια Περσεφόνη  
Βόλος 2004*

## Περίληψη

Η εφαρμογή πλαστικών φύλλων πολυαιθυλενίου στην κάλυψη των θερμοκηπίων είναι ευρύτατα διαδεδομένη και οι νέες τάσεις στην κατασκευή τους, τα πλαστικά τρίτης γενεάς όπως ονομάζονται, αφορούν σε μεγάλο βαθμό τα φωτοεκλεκτικά υλικά (photosensitive), τμήμα των οποίων αποτελούν τα υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-blocking), που εξετάζονται εδώ. Δηλαδή τα τελευταία, απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα τα φυτά που καλλιεργούνται κάτω από τα καλύμματα αυτά να αναπτύσσονται σε συνθήκες απουσίας υπεριώδους ακτινοβολίας.

Στο Κεφάλαιο I περιγράφονται οι νέες τάσεις στον τομέα των υλικών κάλυψης που αφορούν πλαστικά υλικά εφοδιασμένα αφενός με τους γνωστούς σταθεροποιητές της υπεριώδους ακτινοβολίας, για την αντιμετώπιση της γήρανσης, καθώς και με πρόσθετες ουσίες που απορροφούν εντελώς το φάσμα της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, αφετέρου.

Τα υλικά αυτά υπερτερούν έναντι των συμβατικών πλαστικών γιατί η καλλιέργεια σε συνθήκες απουσίας υπεριώδους ακτινοβολίας, δεν ευνοεί τον πολλαπλασιασμό και την ανάπτυξη των μυκήτων. Παράλληλα, αποπροσανατολίζει τα βλαβερά έντομα και κατ' επέκταση μειώνει τη μετάδοση των ιώσεων. Επομένως η χρήση τους μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ολοκληρωμένη διαχείριση αυτών και επομένως στην εισαγωγή εναλλακτικών μεθόδων για μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων.

Γεννάται όμως το ερώτημα αν οι καρποί που αναπτύσσονται σε συνθήκες απουσίας της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι ποιοτικοί η όχι. Την απάντηση αυτή φιλοδοξεί να δώσει η συγκεκριμένη μελέτη, η οποία αναφέρεται σε καλλιέργεια τομάτας.

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί ιδιαίτερα η ζήτηση προϊόντων υψηλής ποιότητας. Το ίδιο ισχύει και για την τομάτα, της οποίας τα κυριότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την αποδοχή της από τον καταναλωτή, είναι το χρώμα του καρπού, η απουσία ελαττωμάτων και ζημιών, η υφή του καρπού, η γεύση, η υψηλή θρεπτική αξία, το μέγεθος και το σχήμα των καρπών. Αυτά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά περιγράφονται αναλυτικά, στο Κεφάλαιο I.

Στο Κεφάλαιο II, παρουσιάζονται οι συνθήκες πραγματοποίησης του πειράματος και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών της τομάτας. Συγκεκριμένα, συγκρίνονται τομάτες που παρήχθησαν σε δύο θερμοκήπια, (Θ1, Θ2), με την ίδια διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (55%) με τομάτες που παρήχθησαν σε θερμοκήπιο, (Θ3), με μηδαμινή, (1,6%), διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία. Οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των καρπών ήταν ως επί το πλείστον οι ίδιοι.

Τέλος στο Κεφάλαιο III, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίδρασης της διαφορετικής περατότητας στην υπεριώδη ακτινοβολία στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών της τομάτας και τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα εξής:

- Διαπιστώθηκε μείωση στο ποσοστό των προσβολών των καρπών από έντομα, στο θερμοκήπιο με το απορροφητικό κάλυμμα στην υπεριώδη ακτινοβολία, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της εμπορευσιμότητας της παραγωγής.
- Η εξέλιξη του χρώματος των καρπών κατά την ωρίμανση ήταν ίδια και για τα τρία θερμοκήπια, παρατηρήθηκε όμως μία αύξηση της έντασης του χρώματος στο θερμοκήπιο με τη μηδαμινή διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Τέλος, δεν βρέθηκαν ουσιαστικές διαφορές στη θρεπτική αξία και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν μεταξύ των καρπών των τριών θερμοκηπίων.

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο Ι.....	8
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	8
I-1 Υλικά κάλυψης απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας και επίδρασή της στην καλλιέργεια και το περιβάλλον .....	9
1.1 Φως και φυτά .....	9
1.2 Χαρακτηριστικά της υπεριώδους ακτινοβολίας .....	11
1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία .....	11
1.4 Χρωστικές και υπεριώδης ακτινοβολία.....	12
1.5 Βιολογική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας.....	13
1.5.1 Επίδραση της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά .....	13
1.5.2 Βιολογική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας στη βιόσφαιρα.....	14
1.6 Έντομα και υπεριώδης ακτινοβολία.....	16
1.7 Υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων .....	16
1.7.1 Εφαρμογές των νέων υλικών κάλυψης .....	19
1.8 Επίδραση του τροποποιημένου φάσματος που προκύπτει από τα υλικά τα απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας στα καλλιεργούμενα φυτά .....	20
I-2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού της τομάτας.....	24
2.1 Η Καλλιέργεια της Τομάτας .....	24
2.1.1 Γενικά .....	24
2.1.2 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας .....	24
2.1.3 Ιστορική αναδρομή .....	25
2.1.4 Γενετική Βελτίωση.....	26
2.2 Μορφολογία και Ανατομία του καρπού της τομάτας .....	27
2.3 Σύσταση του καρπού της τομάτας .....	28
2.4 Ανάπτυξη του καρπού της τομάτας .....	31
2.5 Ωρίμανση του καρπού της τομάτας και επίδρασή της στα ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	34
2.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά της τομάτας .....	36
2.7 Παράγοντες που επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά .....	38
2.8 Ανωμαλίες στον καρπό της τομάτας.....	44
2.9 Εχθροί και Ασθένειες .....	48
Κεφάλαιο ΙΙ.....	50
Υλικά και Μέθοδοι .....	50
2.1 Τοποθεσία πειράματος .....	51
2.2 Τα θερμοκήπια .....	51
2.2.1 Τύπος θερμοκηπίων, προσανατολισμός, διαστάσεις .....	51
2.2.2 Αερισμός.....	52
2.2.3 Θέρμανση .....	52
2.2.4 Υπόστρωμα της καλλιέργειας.....	53
2.3 Άρδευση/ Λίπανση.....	53
2.4 Η καλλιέργεια .....	54
2.4.1 Ποικιλία/ Εγκατάσταση της καλλιέργειας.....	54
2.4.2 Διάταξη των φυτών .....	54
2.5 Καλλιεργητικές τεχνικές.....	55
2.5.1 Στήριξη των φυτών .....	55

2.5.2 Βλαστολόγημα .....	55
2.5.3 Αραιώμα και Αποφύλλωση .....	55
2.5.4 Κορυφολόγημα .....	55
2.5.5 Επεμβάσεις με χημικά .....	55
2.5.6 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών .....	56
2.5.7 Συγκομιδή καρπών .....	56
2.6 Μετρήσεις .....	56
2.6.1 Παραγωγή .....	56
2.6.2 Σχήμα των καρπών .....	57
2.6.3 Ειδικός όγκος των καρπών .....	57
2.6.4 Ζημιές, ανωμαλίες, μικροκαρπία .....	57
2.6.5 Χρώμα καρπών .....	59
2.6.6 Περιεκτικότητα των καρπών σε διαλυτά στερεά .....	63
2.6.7 pH και ογκομετρούμενη οξύτητα .....	63
2.6.8 Περιεκτικότητα των καρπών σε ασκορβικό οξύ .....	63
2.6.9 Περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο .....	63
2.7 Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων .....	64
<b>Κεφάλαιο III .....</b>	<b>65</b>
<b>Αποτελέσματα-Συζήτηση .....</b>	<b>65</b>
III-1 Εμπορική ποιότητα των καρπών .....	65
III-2 Σύσταση των καρπών .....	65
III-1 Εμπορική ποιότητα των καρπών .....	67
1.1 Συνολική παραγωγή (εμπορεύσιμη και μη) .....	67
1.2 Χωρική κατανομή της συνολικής παραγωγής ανά θερμοκήπιο .....	68
1.3 Συνολική παραγωγή φυτού .....	69
1.4 Συνολική παραγωγή ανά ταξικαρπία .....	69
1.5 Παραγωγή εμπορεύσιμων καρπών .....	71
1.6 Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή .....	72
1.6.1 Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας Α .....	72
1.6.2 Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας Β .....	73
1.7 Εξέλιξη του ποσοστού προσβολής των καρπών από έντομα .....	73
1.8 Ειδικός όγκος των καρπών .....	77
1.9 Σχήμα των καρπών .....	79
1.10 Εξέλιξη του χρώματος των καρπών συγκεκριμένου δείγματος .....	81
III-2 Σύσταση των καρπών .....	84
2.1 Χρώμα των καρπών ανά συγκομιδή .....	84
2.2 Περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο .....	86
2.3 Περιεκτικότητα των καρπών σε ασκορβικό οξύ .....	91
2.4 Περιεκτικότητα των καρπών σε διαλυτά στερεά .....	92
2.5 Περιεκτικότητα των καρπών σε κιτρικό οξύ και pH του χυμού .....	94
<b>Κεφάλαιο IV .....</b>	<b>97</b>
<b>Συμπεράσματα .....</b>	<b>97</b>
Βιβλιογραφία .....	101



# Κεφάλαιο Ι

## Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

---

## I-1 Υλικά κάλυψης απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας και επίδρασή της στην καλλιέργεια και το περιβάλλον

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι:

- Η κατανόηση της δράσης της υπεριώδους ακτινοβολίας στη βιόσφαιρα και οι κυριότεροι παράγοντες που την τροποποιούν.
- Η περιγραφή της τάσης που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια ως προς τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων.
- Η επίδραση της μείωσης της υπεριώδους ακτινοβολίας όπως αυτή τροποποιείται από τα απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας υλικά κάλυψης, στα φυτά, στα έντομα, στους μύκητες και τους ιούς, που αποτελούν και αντικείμενα της μελέτης των υλικών κάλυψης απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας.

### 1.1 Φως και φυτά

Σύμφωνα με τον **Νόμο των Grotthuss–Drapper**, **μόνο το φως που απορροφάται μπορεί να προκαλέσει χημική αλλαγή** (Aphalo, 2001). Ο νόμος αυτός μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση και στη σύνθεση αυτής της εργασίας, εξαιτίας της δυσκολίας της συσχέτισης της υπεριώδους ακτινοβολίας με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της τομάτας.

Μία πλήρης περιγραφή του προσπίπτοντος φωτός στα φυτά απαιτεί την ένταση (ενέργεια ακτινοβολίας), τη διάρκεια, την ποιότητα (σύνθεση του φάσματος) και τη διεύθυνση του (η θέση της πηγής φωτισμού, ο βαθμός σκεδασμού).

Το φως αποτελεί συγχρόνως πηγή ενέργειας και πηγή πληροφόρησης για τα φυτά. Είναι πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση και πηγή πληροφόρησης για το φωτοπεριοδισμό (διάρκεια νύχτας/ημέρας), το φωτοτροπισμό (διεύθυνση φωτός) και για τη φωτομορφογένεση (ποσότητα και ποιότητα φωτός).

Τα φυτά παράγουν και λαμβάνουν φωτεινά σήματα. Διάφοροι **φωτουποδοχείς** εμπλέκονται στην πρόσληψη αυτών των σημάτων τα οποία χρησιμοποιούνται από τα φυτά για τη συλλογή πληροφοριών για το μέγεθος και τη θέση άλλων φυτών κοντά σ' αυτά. Η ευαισθησία των φυτών στο φως, τους προσδίδει την αίσθηση της όρασης η οποία βεβαίως είναι πολύ διαφορετική από αυτή των ανθρώπων και ζώων.

Υπάρχει ένας αριθμός μορίων απορροφητικών του φωτός που επιτρέπουν στα φυτά να αντιδρούν στις αλλαγές του φωτός στο περιβάλλον. Η βλάστηση, η έκπτυξη των φύλλων, η επιμήκυνση των βλαστών, η έναρξη της άνθησης και η σύνθεση των χρωστικών είναι διαδικασίες που ρυθμίζονται από το φως. Όλες αυτές οι αντιδράσεις των φυτών στο φως αποτελούν τη **φωτομορφογένεση** και συμβάλουν ριζικά στην επιβίωση των φυτών.

**Οι φωτουποδοχείς**, δηλαδή οι χρωστικές, είναι μόρια που απορροφούν φως (320nm έως 760nm). Τα μόρια αυτά απορροφώντας φως διεγείρονται. Η ενέργεια που απελευθερώνεται από αυτή τη διέγερση μπορεί να αναμεταδοθεί ως φως, να διασκορπιστεί ως θερμότητα ή να μεταφερθεί σε άλλα μόρια. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι αυτή η ενέργεια μπορεί να προκαλέσει χημικές αλλαγές, όπως μεταφορά ηλεκτρονίων, φωσφορυλίωση ή αλλαγές προσαρμογής.

Οι χρωστικές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: 1) αυτές που το ποσό της απορροφούμενης ενέργειας είναι σχετικά μεγάλο κομμάτι της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, (mass pigments), επειδή βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στους

ιστούς του φυτού και 2) αυτές που απορροφούν ένα μικρό κομμάτι της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, (sensor pigments).

Οι χρωστικές της πρώτης κατηγορίας είτε απορροφούν φωτόνια που οδηγούν σε μεταβολικές διαδικασίες, (συλλέγουν ενέργεια), όπως οι χλωροφύλλες, ή απορροφούν ζημιογόνα φωτόνια (προστατεύουν τους ευαίσθητους ιστούς από το φως) όπως τα φλαβονοειδή, οπότε διασκορπίζουν την φωτεινή ενέργεια υψηλής έντασης και προστατεύουν άλλα συστατικά του κυττάρου. Επίσης οι χρωστικές αυτές εμπλέκονται στην προσέλκυση των επικονιαστών (στα άνθη).

Οι χρωστικές της δεύτερης κατηγορίας (συλλέγουν πληροφορίες) αισθάνονται το φως του περιβάλλοντος. Η λειτουργία αυτών των χρωστικών είναι να προσαρμόζουν την ανάπτυξη και τη συμπεριφορά των φυτών στο περιβάλλον τους (εποχή και τοποθεσία). Αυτές οι χρωστικές (φωτουποδοχείς) υποδιαιρούνται σε 3 κατηγορίες: 1) φυτοχρώματα, 2) blue / UV-A και 3) UV-B.

**1) Φυτοχρώματα:** είναι χρωστικές που αλλάζουν χρώμα όταν απορροφούν φως. Κάθε φυτόχρωμα υπάρχει σε δύο τύπους  $P_r$  (απορρόφηση στο κόκκινο) και  $P_{fr}$  (απορρόφηση στο υπέρυθρο). Το  $P_{fr}$  είναι η βιολογικά ενεργή μορφή.

**2) Οι φωτουποδοχείς Blue/UV-A, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες (Πίνακας 1):**

- 1) φλαβοπρωτεΐνες: λέγονται κρυπτοχρώματα (CRY1, CRY2)
- 2) φωτοτροπίνη (NPH1)
- 3) ξανθοφύλλη

**3) Φωτουποδοχείς UV-B:**

φλαβοπρωτεΐνη (CHS), (Aphalo, 2001).

**Πίνακας 1.** Αντιδράσεις των φυτών που συνδέονται με τους φωτουποδοχείς Blue / UV-A. Το + σημαίνει αυξημένη αντίδραση, το - αρνητική, το 0 καμία, το ? άγνωστη. Τα στοιχεία αποτελούν δοκιμαστική κατάταξη και βασίζονται σε γονίδια του *Arabidopsis thaliana*, (Aphalo, 2001).

Αντιδράσεις των φυτών	CRY1	CRY2	NPH1
Βλαστικότητα	?	?	?
Έκπτυξη του υποκοτυλίου	-	-	0
Ανθοκυανίνη	+	?	?
Ανθοφορία	0	+	0
Φωτοτροπισμός	(+)	(+)	+
Άνοιγμα στομάτων	0	0	0

## 1.2 Χαρακτηριστικά της υπεριώδους ακτινοβολίας

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) υποδιαιρείται σε τρεις κατηγορίες: τη UV-C (200-280nm), τη UV-B (280-315nm), και τη UV-A (315-400nm).

Είναι γνωστό ότι η ενέργεια ενός φωτονίου της ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος και επομένως η UV-C είναι η πιο ενεργητική μορφή της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η UV-C απορροφάται πλήρως από το οξυγόνο και το όζον της ατμόσφαιρας και δεν διεισδύει στην ατμόσφαιρα. Η UV-B και η UV-A διεισδύουν στην βιόσφαιρα και μετά την μερική απορρόφηση τους από το στρώμα του όζοντος που περιβάλλει τη γη, φθάνουν στην επιφάνειά της. Όσο μικραίνει το μήκος κύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση από τη μείωση του στρώματος του όζοντος, (Nigel et al., 2003). Δηλαδή σύμφωνα με την κατάταξη της υπεριώδους ακτινοβολίας στην αρχή της συγκεκριμένης παραγράφου, μεγαλύτερη επίδραση από τη μείωση του στρώματος του όζοντος, υφίσταται η UV-B ακτινοβολία.

Η μεγαλύτερη ανησυχία αφορά την αύξηση της διείσδυσης της UV-B στην επιφάνεια της γης, καθώς το φάσμα αυτό της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα δραστικό στο να προκαλεί φωτοχημικές αντιδράσεις. Το κομμάτι αυτό της UV-B ακτινοβολίας, αν και αποτελεί λιγότερο από 0,5% της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης, μπορεί να έχει σημαντικές βιολογικές επιδράσεις, (Caldwell et al., 1994).

## 1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία

Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης.

**1) Το όζον της στρατόσφαιρας:** Το 90% περίπου του ατμοσφαιρικού όζοντος βρίσκεται στη στρατόσφαιρα (Caldwell et al., 1994b) σε ύψος μεταξύ 25 με 40 χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της γης. Η απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας από το όζον, όπως προαναφέρθηκε, μειώνεται με την αύξηση του μήκους κύματος

**2) Το γεωγραφικό πλάτος:** Αν και το περισσότερο στρατοσφαιρικό όζον σχηματίζεται σε μικρά γεωγραφικά πλάτη, οι κινήσεις των αέριων μαζών στη στρατόσφαιρα, έχει σαν αποτέλεσμα, τη μεγάλη συσσώρευση του όζοντος στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, (Caldwell et al., 1994b).

**3) Η εποχή:** Η εποχή παίζει ρόλο στη συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα, σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Σ' αυτά, υπάρχουν εποχιακές διακυμάνσεις στη στήλη του όζοντος. Έτσι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται νωρίς την άνοιξη και οι μικρότερες το φθινόπωρο.

**4) Το ύψος του ήλιου:** Όταν το ύψος του ήλιου είναι μικρό, το μήκος της πορείας που διανύει η ακτινοβολία κατά τη διείσδυσή της στην ατμόσφαιρα, είναι μεγάλο, μεγιστοποιώντας έτσι την απορρόφηση της UV από το όζον. Το ύψος του ήλιου συμβάλλει στις διαφοροποιήσεις της UV, με το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή, την ημέρα, οι οποίες κατά συνέπεια είναι πιο σημαντικές για τη UV-B από τη UV-A, (Caldwell et al., 1994a; Nigel et al., 2003).

**3) Υψόμετρο:** Η αύξηση των επιπέδων της υπεριώδους ακτινοβολίας με το υψόμετρο οφείλεται στην μείωση των αιρούμενων σωματιδίων που την απορροφούν ή τη σκεδάζουν. Μετά από μετρήσεις βρέθηκε να είναι μεγαλύτερη από 10% ανά 1000m.

**4) Νεφώσεις:** Οι νεφώσεις έχουν μεγάλη επίδραση στη βιολογικά ενεργή υπεριώδη ακτινοβολία γιατί μειώνεται η έντασή της.

**5) Ρύπανση της τροπόσφαιρας:** Η ρύπανση της τροπόσφαιρας από διάφορα αιωρούμενα σωματίδια φυσικά ή ανθρωπογενή, έχει σαν αποτέλεσμα την απορρόφηση της UV, ειδικά της UV-B.

**6) Ανάκλαση επιφανειών:** Οι περισσότερες επιφάνειες ανακλούν μικρά ποσά υπεριώδους ακτινοβολίας και κυρίως UV-B. Όμως μερικοί τύποι άμμου και κυρίως το χιόνι εξαιρούνται, καθώς η ανάκλαση της UV ακτινοβολίας από το χιόνι μπορεί να φτάσει και το 80%.

**7) Σκίαση και καλλιέργειες:** Οι σκιάσεις και/ή η πρόσληψη της UV από τις καλλιέργειες μπορεί να έχει μεγάλες επιδράσεις στο μικροκλίμα της UV ακτινοβολίας. Τα φύλλα των περισσότερων φυτών αντανακλούν λιγότερο από 10% της UV, ενώ εξαιρούνται τα φύλλα που διαθέτουν κηρούς στην επιδερμίδα όπως ο *Eucalyptus spp* που αντανακλά περισσότερο από το 30% των UV-B και UV-A, (Nigel et al., 2003).

## 1.4 Χρωστικές και υπεριώδης ακτινοβολία

Τα **φλαβονοειδή** είναι υδατοδιαλυτά φαινολικά συστατικά που παράγονται από τα φυτά. Τα φλαβονοειδή συντίθενται κυρίως στην επιδερμίδα των φυτών αν και έχουν εντοπισθεί και στο μεσόφυλλο. Η UV-A μπορεί να οδηγήσει σε σύνθεση φλαβονοειδών, αν και σε πολλά είδη, η σύνθεσή τους συνδέεται αποκλειστικά με τη UV-B, (Cockell et al., 2003).

Τα φλαβονοειδή είναι ιδιαίτερα σημαντικά στη σχέση των φυτών με την υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς απορροφούν ισχυρά στο φάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας και λίγο στο φάσμα του ορατού. Αυτές οι χρωστικές είναι ευρέως διαδεδομένες στα ανώτερα φυτά. Ένας στόχος των φλαβονοειδών είναι η προστασία των φυτών από τη UV-A και τη UV-B. Βέβαια αυτό ποικίλει ανάλογα με το είδος.

Η αυξημένη UV-B ακτινοβολία, έχει αποδειχθεί ότι οδηγεί σε αυξημένη σύνθεση των φλαβονοειδών, ακόμα και στο περιβάλλον του αγρού. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή μειώνει τη διαπερατότητα της επιδερμίδας των φυτών σε UV-B ακτινοβολία και μετριάζει την ζημιογόνο δράση της, (Caldwell et al., 1994b). Οι κυριότερες χρωστικές στον καρπό της τομάτας είναι τα καροτενοειδή. Έχει διαπιστωθεί ότι η παρουσία της UV-B, φαίνεται να διεγείρει εκτός από τη βιοσύνθεση συστατικών απορροφητικών της UV-B, και των καροτενοειδών στα επιδερμικά κύτταρα των φυτών. Και τα δύο εκτελούν φωτοπροστατευτική λειτουργία. Τα καροτενοειδή εμπλέκονται στην άμεση προστασία των φωτοσυστημάτων από τη UV-B, καθώς η UV-B είναι ένας δυναμικός οξειδωτικός παράγοντας, (Fillela et al., 1999). Αυτή η αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών σε συνθήκες αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας δεν οδηγεί σε κάποιο συμπέρασμα, για την επίδραση της μείωσης της υπεριώδους σ' αυτές τις

χρωστικές αφού η αυξημένη συγκέντρωση είναι αντίδραση των φυτών στην κακουχία που τους προκαλεί η αύξηση τη υπεριώδους ακτινοβολίας.

## 1.5 Βιολογική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας

### 1.5.1 Επίδραση της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά

Τα τελευταία χρόνια, ένα από τα μείζονα θέματα που έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα είναι η επίδραση της αύξησης της υπεριώδους ακτινοβολίας στο οικοσύστημα εξαιτίας της μείωσης της στοιβάδας του όζοντος.

Έχει βρεθεί ότι η UV-B ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό παράγοντα κακουχίας των φυτών. Βέβαια η ευαισθησία των φυτών στην υπεριώδη ακτινοβολία εξαρτάται από το είδος του φυτού, (Ziska et al., 1992; Teramura et al., 1994).

Οι κυριότερες επιπτώσεις που απορρέουν από την αυξημένη υπεριώδη ακτινοβολία και συγκεκριμένα τη UV-B, που αποτελεί τη βιολογικά ενεργή μορφή της UV ακτινοβολίας είναι:

**1) Στους ιστούς του φυτού:** Παρεμπόδιση της λειτουργίας του φωτοσυστήματος II της φωτοσύνθεσης, ζημιογόνος δράση της στο DNA, σχηματισμός ελεύθερων ριζών, φωτομορφογενετικές μεταβολές, (Caldwell et al., 1994a).

**2) Σε ολόκληρο το φυτό:** Μείωση της καθαρής φωτοσύνθεσης, παρεμπόδιση της αύξησης, αλλαγές στη μορφολογία και ανατομία, αύξηση των φλαβονοειδών και παρεμπόδιση της βλαστικότητας της γύρης και της ανάπτυξης των γυρεοσωλήνων. Για τη δράση της UV-B έχουν ιδιαίτερη σημασία το είδος του φυτού και ο γενότυπος ακόμα και μέσα στο ίδιο είδος, δηλαδή αν το φυτό είναι μονοκότυλο ή δικότυλο (Caldwell et al., 1994b; Pal Madan et al., 1997), ο προσανατολισμός των φύλλων, καθώς και το αν το φυτό ανήκει στην κατηγορία C<sub>3</sub> ή C<sub>4</sub>, (Pal Madan et al., 1997).

Επίσης έχει βρεθεί ότι η UV-B ακτινοβολία μειώνει τη βιομάζα, τη φυλλική επιφάνεια, το ύψος του φυτού και τη φωτοσύνθεση. Οι περισσότερες έρευνες που αφορούν τις επιπτώσεις της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας έχουν πραγματοποιηθεί σε τεχνητές συνθήκες, σε ειδικούς θαλάμους ή θερμοκήπια, (Pal Madan et al., 1997).

Δεν πρέπει να παραβλεφθεί το γεγονός ότι τις περισσότερες φορές η μελέτη της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας βασίζεται σε τεχνητές συνθήκες οι οποίες προκαλούν κακουχίες στα φυτά, και παρουσιάζουν ακραίες μεταβολές οι οποίες δεν παρατηρούνται στη φύση.

Η τομάτα αναφέρεται ως μία από τις 9 καλλιέργειες που είναι ευαίσθητες στο συνδυασμό της επίδρασης της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας και του CO<sub>2</sub>. Φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν σε τεχνητές συνθήκες αυξημένης UV-B ακτινοβολίας ήταν σημαντικά κοντύτερα, τα φύλλα ήταν μικρότερα και το συνολικό και των βλαστών ξηρό βάρος μειωμένο. Τα υψηλά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας δεν επηρέασαν την καθαρή φωτοσύνθεση, (Xao et al., 1997).

## 1.5.2 Βιολογική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας στη βίωση

Η UV-A ακτινοβολία έχει ως γνωστό, μικρότερο ενεργειακό φορτίο από την UV-B. Απορροφάται από πολλές πρωτεΐνες, όπως και από σημαντικούς φωτοϋποδοχείς. Χρησιμοποιείται από τα έντομα στην αίσθηση της οράσεως, (αναλύεται σε επόμενη ενότητα). Επηρεάζει τη μορφολογία των φυτών και ενεργοποιεί συγκεκριμένες λειτουργίες όπως το άνοιγμα των στομάτων. Είναι επίσης υπεύθυνη για το σχηματισμό τεσσάρων χρωστικών, (Nigel et al., 2003).

Εκτός από τα έντομα, μερικά μήκη κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι ωφέλιμα για κάποιους άλλους οργανισμούς, όπως η UV-A, χρησιμοποιείται από πολλά ζώα και ψάρια, για την όραση, (Cockell et al., 2000).

Σε πολλούς μύκητες, η υπεριώδης ακτινοβολία έχει φωτομορφογενετική επίδραση, συμπεριλαμβανομένης και της σποριοποίησης σε πολλά είδη, όπως στο *Botrytis cinerea*, (Nigel P. et al 2003). Συγκεκριμένα τη σποριοποίηση του *Botrytis cinerea*, άλλα μήκη κύματος την ευνοούν και άλλα την παρεμποδίζουν. Το κοντινό υπεριώδες (300-400nm) και το μακρινό κόκκινο (>720nm) προωθεί τη παραγωγή κονιδίων ενώ το μπλε (380-530nm) την παρεμποδίζει (αναλύεται παρακάτω), (Elad, 1997).

Επίσης αναφέρεται ότι η UV μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά ως μια πηγή πληροφόρησης για το περιβάλλον τους. Ένας τρόπος αντίδρασης των φυτών στη UV-B, είναι μία σειρά από χημικές μεταβολές. Ιδιαίτερα κοινές είναι οι αλλαγές στο μεταβολισμό των φαινολικών τα οποία αυξάνονται, όπως τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα, τα οποία απορροφούν ισχυρά τη UV-B αλλά τα οποία έχουν επίσης και άλλους οικολογικούς ρόλους όπως άμυνα ενάντια στους διάφορους εχθρούς και παθογόνα.

Εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι πολλοί καρποί, κυρίως αυτοί που είναι μαύροι ή μπλε αντανακλούν ισχυρά τη UV ακτινοβολία και έτσι αναμένεται να είναι ιδιαίτερα εμφανείς σε ζώα με όραση στο UV, (Nigel et al., 2003).

Αποδείχθηκε ότι σε συστήματα που αποκλείουν την υπεριώδη ακτινοβολία, όπως και τα υλικά κάλυψης τα απορροφητικά της UV ακτινοβολίας, προκαλείται η μη σύνθεση φλαβονοειδών, γεγονός που μπορεί να τροποποιήσει τη γευστικότητα (palatability) μερικών φυτών για κάποιους εχθρούς τους (herbivores). Επίσης σε αυτά τα οικοσυστήματα μπορεί να είναι επιθυμητή η UV-A για να επιτρέπεται η όραση και η επιτυχία των επικονιαστών.

Επιπλέον στα συστήματα αυτά που τροποποιούν τα φάσμα της εισερχόμενης UV ακτινοβολίας, οι διαφορετικές αναλογίες του φάσματος της υπεριώδους, μπορεί να προκαλέσουν κάποια φαινόμενα όπως, τα εξής: η UV-B εμπλέκεται στη σύνθεση φλαβονοειδών που προστατεύουν τα φυτά από την ίδια και τη UV-A. Επίσης η UV-A και το μπλε (blue) είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση (induction) της φωτολύσης (photolyase) που απαιτείται για την επιδιόρθωση των διμερών θυμίνης, στο DNA, που προκαλούνται από τη UV-B. Άρα αλλαγές στη UV σε τεχνητά οικοσυστήματα, μπορεί να προκαλέσουν μη γραμμικές βιολογικές συνέπειες, (Cockell et al., 2000).

Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο φυσικό περιβάλλον, έχει βρεθεί ότι σε περιοχές αυξημένης UV ακτινοβολίας, τα φυτά παρουσιάζουν διάφορους τρόπους άμυνας στη UV-B ακτινοβολία.

Έχει αναφερθεί μία ποικιλία αντιδράσεων των φυτών που στοχεύουν στη μείωση της διείσδυσης της βιολογικά ενεργούς UV ακτινοβολίας, της UV-B, στο μεσόφυλλο. Αλλαγές στην ανατομία της επιδερμίδας των φυτών, ποσοτικές και ποιοτικές αλλαγές στους επιδερμικούς κηρούς, αύξηση του πάχους των φύλλων ή του ειδικού βάρους

των φύλλων, μπορούν να μειώσουν την διείσδυση της UV-B ακτινοβολίας σε ευαίσθητους στόχους των κυττάρων, (Teramura et al., 1994; Fillela et al., 1999).

Ένας τρόπος άμυνας των φυτών στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι η ανάκλασή της στην επιφάνεια των φύλλων και η σημαντικότητά της, ως προστατευτικός μηχανισμός, ποικίλει ανάλογα με το είδος. Στην πλειοψηφία των φυτών που έχουν μελετηθεί, η ανάκλαση είναι λιγότερη από το 10% της προσπίπτουσας, αν και σε μερικά είδη είναι μεγαλύτερη. Ο πιο σημαντικός μηχανισμός προστασίας από τη UV-B φαίνεται να είναι η απορρόφηση της από την επιδερμίδα, (Teramura et al., 1994; Fillela et al., 1999). Χρωστικές (όπως προαναφέρθηκε) που βρίσκονται σε επιδερμικά κύτταρα, (φλαβονοειδή), μειώνουν τη διείσδυση της UV-B προστατεύοντας τους εσωτερικούς ιστούς, χωρίς να επεμβαίνουν στη φωτοσύνθεση. Άρα ποιοτικές και ποσοτικές αλλαγές στη συσσώρευση αυτών των χρωστικών στην επιδερμίδα των φύλλων μπορεί να είναι σημαντικές στον καθορισμό της ευαισθησίας στη UV-B. Φαίνεται η παρουσία της UV-B να διεγείρει τη βιοσύνθεση και των συστατικών απορροφητικών της UV-B καθώς και των καροτενοειδών. Και τα δύο εκτελούν φωτοπροστατευτική λειτουργία. Τα καροτενοειδή εμπλέκονται στην άμεση προστασία των φωτοσυστημάτων από τη UV-B, καθώς η UV-B είναι ένας δυναμικός οξειδωτικός παράγοντας. Μερικές μελέτες έχουν δείξει αύξηση στο λόγο καροτενοειδή / χλωροφύλλη α, δηλαδή φυτοπροστατευτικές / φωτοεκλεκτικές χρωστικές, με αύξηση της UV-B.

Επίσης αναφέρεται ότι οι τρίχες στα φύλλα, μπορούν να προστατεύουν από τη UV-B είτε με ανάκλαση είτε με απορρόφηση, όταν διαθέτουν συστατικά απορροφητικά της UV-B. Επίσης τα φύλλα που εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία είναι λιγότερο ευαίσθητα από αυτά που σκιάζονται, ενώ συγχρόνως παρουσιάζουν διαφορετικό πάχος και διαφορετική συγκέντρωση συστατικών απορροφητικών της UV-B.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα φυτά *Q. ilex* και *R. ferrugineum*, μελετήθηκε η απορρόφηση στο φάσμα της UV-B, η αντανάκλαση της UV-B και του ορατού, η συγκέντρωση σε καροτενοειδή, το πάχος των φύλλων, το ειδικό βάρος των φύλλων και η πυκνότητα σε τρίχες, σε υψόμετρα που κυμαίνονταν από 200 έως 2200m. Επίσης μελετήθηκαν οι ίδιες παράμετροι για φύλλα σε σκιά και ήλιο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι χρωστικές απορροφητικές της υπεριώδους ακτινοβολίας ήταν κατά 15% αυξημένες σε φύλλα του *Q. ilex* εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία και 3 φορές περισσότερο στο *R. ferrugineum* στα μεγαλύτερα υψόμετρα σε σχέση με τα χαμηλότερα ( $p < 0,1$ ). Και στα δύο είδη και σε όλα τα υψόμετρα, φύλλα εκτεθειμένα στον ηλιακή ακτινοβολία είχαν περισσότερες χρωστικές απορροφητικές της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η ανάκλαση σε σχέση με το υψόμετρο έδειξε μεγαλύτερες τιμές στα χαμηλότερα υψόμετρα στα 280-300nm ενώ στα 300-400nm, η ανάκλαση ήταν μεγαλύτερη στα μεγαλύτερα υψόμετρα. Επίσης η αντανάκλαση ήταν μεγαλύτερη για τα φύλλα που ήταν εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία. Ο λόγος καροτενοειδή / χλωροφύλλη α αυξήθηκε με το υψόμετρο για εκτεθειμένα στον ήλιο φύλλα, ενώ γι' αυτά στη σκιά δεν βρέθηκαν διαφορές. Το ειδικό βάρος των φύλλων ήταν υψηλότερο κατά 19% για το *Q. ilex*. Επίσης φύλλα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία είχαν μεγαλύτερο βάρος. Το πάχος των φύλλων ήταν αντίστοιχο. Η πυκνότητα σε τρίχες δεν παρουσίασε διαφορές μεταξύ των διαφορετικών υψόμετρων, ενώ φύλλα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία είχαν μεγαλύτερη πυκνότητα, στα χαμηλότερα υψόμετρα. Τα φύλλα στη σκιά μόλις που παρουσίασαν τρίχωμα, (Fillela et al., 1999).



## 1.6 Έντομα και υπεριώδης ακτινοβολία

Τα έντομα διαθέτουν μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να ανιχνεύουν και να επιλέγουν τους κατάλληλους ξενιστές για τη βρώση και την απόθεση των αυγών. Τα έντομα χρησιμοποιούν την όραση (χρώμα, σχήμα, μέγεθος του ξενιστή) και την όσφρηση (η οσμή του ξενιστή) για να προσανατολίζονται προς τα φυτά-ξενιστές. Το χρώμα και οι αντιθέσεις των χρωμάτων χρησιμοποιούνται από τα έντομα για να διακρίνουν μεταξύ του ξενιστή και του γύρω περιβάλλοντος.

**Φωτοτακτική συμπεριφορά του αλευρώδη και της αφίδας (phototactic action spectrum):** Ο αλευρώδης *Bemisia tabaci* προσελκύεται από δύο ομάδες μήκους κύματος, η μία είναι το μπλε / υπεριώδες και η άλλη το κίτρινο. Συσχετίστηκε η αντίδραση στην UV ακτινοβολία με τη μεταναστευτική συμπεριφορά του εντόμου, ενώ το κίτρινο με τη συμπεριφορά προς τη βλάστηση που μπορεί να είναι μέρος του μηχανισμού επιλογής ξενιστή. Το ίδιο ισχύει και για τον αλευρώδη των θερμοκηπίων, *Trialeurodes vaporariorum*. Για τις αφίδες, έχει προταθεί ότι η ευαισθησία τους στο χρώμα μπορεί να συνδέεται με το εύρος των ξενιστών για κάθε είδος.

**Φωτοτακτική συμπεριφορά του θρίπα (phototactic action spectrum):** Οι θρίπες που τρέφονται με τα πράσινα τμήματα των φυτών δείχνουν μικρή προτίμηση για οποιοδήποτε μήκος κύματος, ενώ οι θρίπες που προτιμούν τα άνθη προσελκύονται από χρώματα, που ταιριάζουν με αυτά των ανθέων, όπως χαμηλή UV, λευκό, μπλε και κίτρινο και κάποιοι προσελκύονται από το πράσινο, το κόκκινο και το μαύρο.

Αποδείχθηκε ότι ο θρίπας *Frankliniella occidentalis* προσελκύεται κυρίως από το μπλε, κίτρινο και την υπεριώδη (350-390nm). Η υπεριώδης είναι σημαντική για την προσγείωση του θρίπα στον ξενιστή. Προτάθηκε λοιπόν ότι ο θρίπας διαθέτει τρεις φωτουποδοχείς, όπως οι μέλισσες, έναν στην υπεριώδη στα 350-360nm, έναν στο μπλε στα 440-450nm και έναν στο κίτρινο στα 540-570nm, (Antignus, 2000).

## 1.7 Υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει επιτευχθεί μία θεαματική εξέλιξη στον τομέα των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Οι τύποι των υλικών κάλυψης που είναι διαθέσιμοι στις μέρες μας κυριαρχούνται από τα πολυμερή πλαστικά, που κυμαίνονται από εύκαμπτα φύλλα έως δομημένες πλαστικές επιφάνειες.

Η επιλογή του υλικού κάλυψης έχει τεράστια επίδραση στην παραγωγή της καλλιέργειας. Επίσης, επηρεάζει το ποσό και τον τύπο της ακτινοβολίας που εισέρχεται και φτάνει στην καλλιέργεια και κατά συνέπεια την ανάπτυξη των φυτών. Επιπλέον το μικροκλίμα του θερμοκηπίου, όπως η υγρασία και η συγκέντρωση σε CO<sub>2</sub>, επηρεάζονται έμμεσα από το σύστημα κάλυψης.

Στην επιλογή ενός υλικού κάλυψης είναι απαραίτητη η γνώση των φυσικών του ιδιοτήτων, της ευκολίας και της ασφάλειας κατά την εφαρμογή του, των φασματικών του ιδιοτήτων για την ανάπτυξη του φυτού, της αντοχής του, της διάρκειας ζωής του, της περατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία, των διαστάσεών τους και της εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί.

Υπάρχουν τρεις τύποι υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων: 1) γυαλί, 2) πλαστικά φύλλα (πολυαιθυλένιο, PVC, Mylar) και 3) άκαμπτα πλαστικά (fiberglass, πολυκαρβονικές επιφάνειες, PVC, πολυμετακρυλικό του μεθυλίου).

Επίσης, τα πλαστικά υλικά κάλυψης περιλαμβάνουν νέα λεπτά φύλλα κάλυψης όπως είναι τα LPDE (low density polyethylene), τα PVC (polyvinyl chloride) και τα EVA (ethylene vinyl acetate copolymer). Αυτά κυκλοφορούν σε μία, δύο ή και τρεις στρώσεις.

Το γυαλί είναι το υλικό κάλυψης που μπορεί να μείνει αναλλοίωτο στο χρόνο. Είναι ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία και στη ρύπανση και διατηρεί την πρωταρχική του περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Είναι όμως ευαίσθητο σε μηχανικές καταστροφές (π.χ. χαλάζι) και δημιουργεί σκίαση στην καλλιέργεια.

Όσον αφορά τα πλαστικά υλικά κάλυψης, πλεονεκτούν έναντι του γυαλιού, στη χαμηλότερη τιμή, στο μικρότερο βάρος και στην ευκολία προσαρμογής σε διάφορα σχήματα του σκελετού, και κυρίως τα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού.

Ένα από τα προβλήματα τα πιο σημαντικά των πλαστικών υλικών κάλυψης είναι η γήρανσή τους. Οι κυριότεροι παράγοντες που οδηγούν στη γήρανση του πλαστικού υλικού κάλυψης είναι: 1) η υπεριώδης ακτινοβολία, η οποία προκαλεί φωτοχημική αποικοδόμηση του πλαστικού και γενικά είναι η κυριότερη αιτία αντικατάστασης του υλικού κάλυψης, 2) ακραίες θερμοκρασίες με διάρκεια οι οποίες μπορεί να «εξασθενίσουν» το υλικό κάλυψης. Αυτό μπορεί να γίνει πρόβλημα στα σημεία επαφής του σκελετού με το πλαστικό υλικό, 3) η ρύπανση της ατμόσφαιρας και 4) οι ψεκασμοί με διάφορα χημικά σκευάσματα μπορεί να μειώσουν τη διάρκεια ζωής του πλαστικού υλικού κάλυψης.

Πλέον τα πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου έχουν αναπτυχθεί τόσο ώστε είναι τα πιο διαδεδομένα καθώς είναι αξιόπιστα και έχουν χαμηλό κόστος. Με τα διάφορα πρόσθετα συστατικά και φίλτρα που ενσωματώνονται στη σύστασή τους, παρατείνεται η διάρκεια ζωής τους και βελτιώνονται οι φασματικές τους ιδιότητες. Πλέον, όλα τα πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου έχουν ελάχιστη διάρκεια ζωής 24 μήνες, με τα νέα υλικά (EVA), να φτάνουν τα 3-4 χρόνια.

Έχει υπολογιστεί ότι η περατότητα ενός υλικού κάλυψης με σταθεροποιητή της UV, χωρίς φίλτρο για την υπέρυθη είναι αρχικά 0,87 ενώ δύο χρόνια αργότερα 0,80. Επίσης υλικό κάλυψης με σταθεροποιητή της UV και με φίλτρο για την υπέρυθη έχει αρχικά περατότητα 0,86 ενώ 18 μήνες αργότερα 0,82.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιες από τις νέες εξελίξεις στο χώρο των πλαστικών υλικών κάλυψης, που αφορούν τόσο τα ίδια τα υλικά όσο και τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των πλαστικών φύλλων για τη βελτίωση των ιδιοτήτων τους:

**Λεπτά φύλλα πολυαιθυλενίου LPDE (low density polyethylene):** Βελτιώνουν την περατότητα στο φως. Τόσο αυτά, όσο και τα EVA, έχει υπολογιστεί ότι η περατότητα τους στο φάσμα της PAR είναι 90% όταν χρησιμοποιούνται με μία στρώση και 80% όταν χρησιμοποιούνται με δύο στρώσεις.

**Φθορίζοντα φύλλα:** Διαθέτουν πρόσθετα συστατικά που επιτρέπουν την απορρόφηση σε μήκη κύματος εκτός της Φωτοσυνθετικά Ενεργούς Ακτινοβολίας (PAR) και την επανεκπομπή τους στο ορατό (φθορισμός). Τέτοια υλικά δείχνουν αυξημένη περατότητα συγκριτικά με τα συμβατικά αλλά αυτή η βελτίωση είναι αναπόφευκτα μικρή καθώς δεν είναι τόσο αποδοτική και τα πρόσθετα συστατικά εκφυλίζονται σχετικά γρήγορα.

**Υλικά απορροφητικά του μακρινού ερυθρού:** Τα υλικά αυτά απορροφούν στο μακρινό ερυθρό ενώ διατηρούν μεγάλη περατότητα στο κόκκινο. Τα υλικά αυτά ελέγχουν την ανάπτυξη των φυτών μειώνοντας την επιμήκυνση των βλαστών αφού

αυξάνεται ο λόγος R/FR. Έτσι μειώνεται η χρήση ρυθμιστών αύξησης στις ανθοκομικές καλλιέργειες. Απαραίτητο είναι όμως, τα πρόσθετα αυτά να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

**Σταθεροποιητές της υπεριώδους ακτινοβολίας:** Πρόκειται για τη χρήση του σταθεροποιητή HALS (hindered amine light stabilizer). Άλλοι τύποι είναι τα προσθετικά τύπου νικελίου.

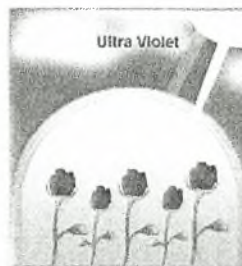
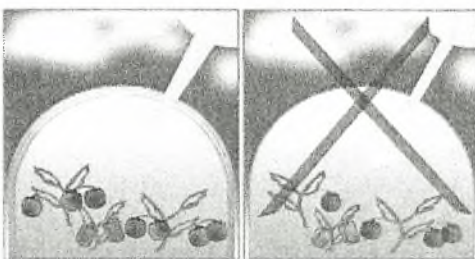
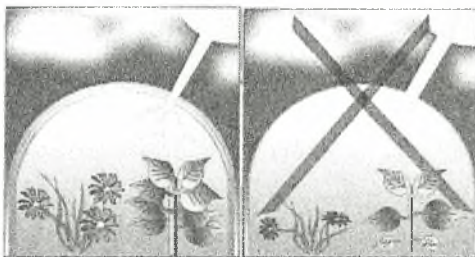
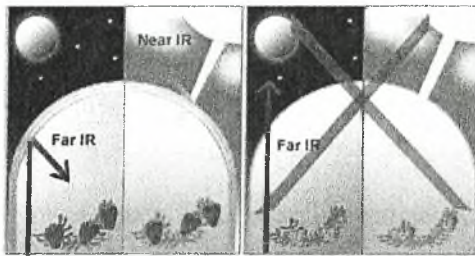
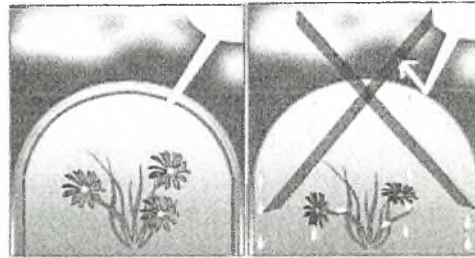
**Αντισταγονικές ιδιότητες:** Επίσης με τα νέα πρόσθετα αντισταγονικά συστατικά, αποφεύγεται το πρόβλημα τραυματισμού των φυτών, και κατά συνέπεια της ανάπτυξης και μετάδοσης ασθενειών, από τις σταγόνες που συσσωρεύονται στην οροφή.

**Υλικά που αντανάκλουν την υπέρυθρη:** Τα υλικά αυτά αντανάκλουν την υπέρυθρη από τον ήλιο, κατά τη διάρκεια της ημέρας και παράλληλα συγκρατούν την υπέρυθρη που εκπέμπεται από το έδαφος του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της νύχτας, με αποτέλεσμα την αποφυγή ακραίων θερμοκρασιών.

**Υλικά που διαχέουν το φως:** Η διάχυση της ακτινοβολίας από τα πρόσθετα συστατικά του υλικού κάλυψης, έχει ως αποτέλεσμα την πιο αποτελεσματική πρόσληψη της από τα φυτά καθώς, η διάχυτη ακτινοβολία διεισδύει βαθύτερα στην καλλιέργεια.

**Πρόσθετα συστατικά EVA:** Περιέχουν 1-5% vinyl acetate, γεγονός που βελτιώνει σημαντικά τις φυσικές ιδιότητες του πολυαιθυλενίου. Προσφέρει διάρκεια ζωής 3-4 χρόνια, αντίσταση στο σχίσιμο. Επίσης βελτιώνει τις οπτικές ιδιότητες, αυξάνοντας την διαπερατότητα στο φως. Τέλος βελτιώνει τη μόνωση του θερμοκηπίου.

**Υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας:** Αποτελούν μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές των φασματικών ιδιοτήτων των πλαστικών υλικών κάλυψης, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Εχθρών και Ασθενειών. Παρακάτω θα γίνει αναλυτική αναφορά του ρόλου αυτών των υλικών κάλυψης, (Giacomelli et al., 1993; Κίττας, 2000; Hadley et al., 2002).



**Εικόνα 1.** Οι διάφοροι τύποι πλαστικών υλικών κάλυψης

### 1.7.1 Εφαρμογές των νέων υλικών κάλυψης

Έχει βρεθεί ότι τα υλικά κάλυψης απορροφητικά του μακρινού ερυθρού, είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στις ανθοκομικές καλλιέργειες όπου πολλές φορές είναι επιθυμητά τα συμπαγή φυτά και με αρκετούς ανθοφόρους βλαστούς. Όπως προαναφέρθηκε, η αύξηση του λόγου R/FR, οδηγεί σε μείωση της επιμήκυνσης των βλαστών και κατά συνέπεια στη μείωση του ύψους των φυτών. Αναφέρεται όμως ότι τα φίλτρα αυτά, ίσως να οδηγούν σε καθυστέρηση της άνθησης, (Runkle et al., 2002).

Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση φωτοεκλεκτικού υλικού κάλυψης απορροφητικού του μακρινού κόκκινου στην ποιότητα του μαρουλιού. Παρατηρήθηκε ότι το χρώμα των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης, είχαν πιο φωτεινό πράσινο χρώμα και είχαν λιγότερο πικρή γεύση. Επίσης μειώθηκε το έγκαυμα των φύλλων. Η παραγωγή μεταξύ των θερμοκηπίων δεν διέφερε, Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο ήταν σημαντικά υψηλότερη. Επίσης είχαν λιγότερη ξηρή ουσία και χλωροφύλλη, (Kleemann, 2002).

Μελετήθηκε η επίδραση υλικού κάλυψης που αντανακλά την υπέρυθη ακτινοβολία στην καλλιέργεια της τομάτας. Η θερμοκρασία κάτω από το υλικό που αντανακλά την IR ήταν 2,5 °C χαμηλότερη. Επίσης το νερό και ξηρό βάρος των καρπών ήταν μεγαλύτερο.

Δύο εβδομάδες μετά την άνθιση, οι καρποί στο μάρτυρα ήταν μεγαλύτεροι αλλά η συγκέντρωση σε Ca μικρότερη. Η πιο γρήγορη ανάπτυξη του καρπού λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας στο μάρτυρα, μείωσε τη συγκέντρωση σε Ca στα αρχικά στάδια οπότε προκλήθηκε BER. Επίσης στο μάρτυρα η συγκέντρωση σε K ήταν υψηλότερη οπότε αυξήθηκε η οξύτητα των καρπών. Η υψηλή θερμοκρασία μείωσε τη συγκέντρωση σε Ca αλλά αύξησε τη συγκέντρωση σε K. Το υλικό κάλυψης που αντανακλά την IR μείωσε το BER με ρύθμιση της ανάπτυξης του καρπού, (Tabatabaie et al., 2002).

## 1.8 Επίδραση του τροποποιημένου φάσματος που προκύπτει από τα υλικά τα απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας στα καλλιεργούμενα φυτά

Όπως προαναφέρθηκε, η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για τη γήρανση των πλαστικών υλικών κάλυψης. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί υλικά κάλυψης που περιέχουν σταθεροποιητές ή συστατικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας, που είναι ιδιαίτερα αδιαπέραστα στην υπεριώδη ακτινοβολία αλλά που διατηρούν τη διαπερατότητά τους στο επίπεδο της PAR ακτινοβολίας.

Οι κυριότερες εφαρμογές αυτών των υλικών κάλυψης είναι η χρήση τους ως εναλλακτική μέθοδος για την αντιμετώπιση ορισμένων εντόμων, παθογόνων και ιών των θερμοκηπιακών καλλιεργειών και θα αναλυθεί διεξοδικά στη συνέχεια και η παρεμπόδιση του μαυρίσματος των πετάλων στα τριαντάφυλλα.

Το μαύρισμα των πετάλων στα τριαντάφυλλα είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο το χειμώνα σε μη θερμαινόμενα θερμοκήπια, καλυμμένα με φύλλα πολυαιθυλενίου διαπερατά σε υπεριώδη ακτινοβολία μεγαλύτερη των 300nm. Αποδείχθηκε ότι το φαινόμενο παρεμποδίστηκε όταν τα τριαντάφυλλα διατηρήθηκαν σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 18 °C, και όταν τα άνθη καλύφθηκαν με PVC φύλλα, αδιαπέραστα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV-B), κάτω των 350nm, ακόμα και όταν εκτέθηκαν σε θερμοκρασίες των 5 °C, (Mor et al., 1990).

Ένα πλήθος ερευνών έχει πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια που αφορούν τα υλικά κάλυψης, απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας και διαπιστώθηκε ότι τα υλικά αυτά μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην ολοκληρωμένη διαχείριση εχθρών και ασθενειών και επομένως στην εισαγωγή εναλλακτικών μεθόδων για μείωση της χρήσης των χημικών, (Antignus, 2000; González, 2004). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας χωρίς υπολείμματα φυτοφαρμάκων, με όλα τα οφέλη που συνεπάγεται αυτό για την υγεία του καταναλωτή, αλλά και να συμβάλει στη μείωση της ρύπανσης του οικοσυστήματος από όλα αυτά τα χημικά σκευάσματα που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρον τα τελευταία χρόνια.

Όπως προαναφέρθηκε, η οπτική συμπεριφορά των εντόμων, ξεκινάει με τον προσανατολισμό τους προς το φυτό, από μία απόσταση και τελειώνει με εγκατάστασή τους στο φυτό για τη βρώση και την απόθεση των αυγών. Από την άλλη, οι ιοί είναι υποχρεωτικά παράσιτα και χρησιμοποιούν τους μεταβολίτες του φυτού και τις διαδικασίες βιοσύνθεσης των κυττάρων για να πετύχουν την εξάπλωσή τους στους ιστούς του ξενιστή. Επίσης οι ιοί δεν έχουν αυτόνομο σύστημα διασποράς και εξαρτώνται από άλλους οργανισμούς, κυρίως έντομα, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη διάδοσή τους. Επεμβαίνοντας με διάφορους τρόπους στη διαδικασία επαφής του εντόμου-ξενιστή με το φυτό, μπορεί να προληφθεί η μετάδοση ιών. Ένας από αυτούς τους τρόπους είναι η χρήση πλαστικών υλικών κάλυψης (PE) απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας. Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο Ισραήλ την τελευταία πενταετία, παρατηρήθηκε ότι η απορρόφηση της υπεριώδους από το υλικό κάλυψης, οδήγησε στην παρεμπόδιση της ανάπτυξης των πληθυσμών των εντόμων και κατά συνέπεια στην καθυστέρηση εμφάνισης επιδημιών από ιούς.

Συγκεκριμένα, σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε tunnels και θερμοκήπια καλυμμένα με διάφορα πλαστικά υλικά κάλυψης, παρατηρήθηκαν σε μεγάλο βαθμό μειωμένες οι προσβολές από έντομα όπως τα *Bemisia tabaci*, *Frankliniella occidentalis*, *Aphis gossypii*, *Liriomyza trifolii*, και *Laphigium sp* κάτω από τα υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Επίσης σε άλλα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε tunnels, η χρήση υλικών κάλυψης απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας, μείωσε τις προσβολές των *B. tabaci*, *F. occidentalis*, *L. trifolli* και τις απαιτούμενες εφαρμογές εντομοκτόνων 50-80%.

Τέλος σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε tunnels και θερμοκήπια με υλικά κάλυψης απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας με καλλιέργειες τομάτας και πεπονιού, παρατηρήθηκε μία μεγάλη μείωση στη μετάδοση ιών από αλευρώδη. Οι προσβολές τομάτας από τον ιό TYLCV ήταν μόλις 1% σε υλικά κάλυψης απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας συγκριτικά με το μάρτυρα που παρουσίασε 80% προσβολές, (Antignus, 2000).

Επίσης σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκήπια με υλικά κάλυψης απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας στην Ισπανία, όπου μία από τις σοβαρότερες ασθένειες της καλλιέργειας της τομάτας είναι ο ιός TYLCV που μεταδίδεται με τον αλευρώδη *Bemisia tabaci*, παρατηρήθηκε επίσης μείωση των προσβολών από θρίπα όπως και μείωση των προσβολών από τον ιό. Αυτό οδήγησε σε σημαντική αύξηση της παραγωγής στις καλλιέργειες κάτω από αυτά τα υλικά κάλυψης, (Espí et al., 2002).

Σε μία άλλη έρευνα πραγματοποιήθηκε η χρήση υλικών κάλυψης απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας σε καλλιέργειες πεπονιού και τομάτας και για τη γονιμοποίηση χρησιμοποιήθηκαν βομβίνιοι, των οποίων και μελετήθηκε η συμπεριφορά. Επίσης μελετήθηκε η επίδραση του αλευρώδη και του θρίπα καθώς και η ανάπτυξη των ιώσεων Cucumber Yellow Virus, CuYV, για την καλλιέργεια του πεπονιού και των Tomato Yellow Leaf Curl Virus, TYLCV, και Tomato Spotted Wilt Virus για την καλλιέργεια της τομάτας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν για την καλλιέργεια του πεπονιού ότι ο πληθυσμός των βομβίνων στο μάρτυρα διατηρήθηκε σταθερός ενώ στα απορροφητικά της υπεριώδους μειώθηκε στο μισό ή στο τέταρτο. Αντίστοιχα με τους βομβίνους ήταν και τα αποτελέσματα για την καρπόδεση.

Και στις δύο καλλιέργειες παρατηρήθηκε θεαματική μείωση των επιζήμιων εντόμων, αλευρώδη και θρίπα, στα μονο-στρωματικά υλικά κάλυψης απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας (monolayer UV-blocking) σε σχέση με το μάρτυρα, που ήταν επίσης μονο-στρωματικό υλικό κάλυψης αλλά όχι απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας. Όμως όσον αφορά τις προσβολές από αλευρώδη ήταν περισσότερες στα τρι-στρωματικά υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας ενδεχομένως λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών που αναπτύσσονται από τη χρήση των συγκεκριμένων υλικών κάλυψης.

Όσον αφορά τις ιώσεις, στην καλλιέργεια του πεπονιού δεν παρατηρήθηκαν καθόλου. Στην τομάτα και συγκεκριμένα για τον Tomato Yellow Leaf Curl Virus η εμφάνιση ήταν σαφώς μικρότερη στα υλικά κάλυψης τα απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Και στις δύο καλλιέργειες τα υλικά τα απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας, έδωσαν κατά βάση υψηλότερη παραγωγή (14-19%) από το μάρτυρα, (González, 2004).

Σε ένα άλλο πείραμα που πραγματοποιήθηκε, μελετήθηκαν οι πληθυσμοί των εντόμων αλευρώδη, θρίπα και αφίδας, σε πλαστικά θερμοκήπια απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας, τα οποία είχαν ανοιχτά πλευρικά παράθυρα. Τα χαρακτηριστικά των θερμοκηπίων ήταν: 1) τυπικό πλαστικό που απορροφά την υπεριώδη από 360nm και κάτω, 2) πλαστικό που απορροφά την υπεριώδη από 380nm και κάτω και διαθέτει και συστατικά απορροφητικά της υπέρυθρης, IR, και 3) ένα πλαστικό που απορροφά την υπεριώδη από 360nm και κάτω και διαθέτει και συστατικά απορροφητικά της υπέρυθρης, IR. Χρησιμοποιήθηκαν δύο ανθοκομικές

καλλιέργειες οι οποίες έχουν ως εχθρούς αφίδες, αλευρώδεις και θρίπες, το *Chrysanthemum sp* και το *Solidago sp* στο ένα πείραμα (χειμώνα) και το *Solidago sp* και το *Lisianthus sp* στο δεύτερο (άνοιξη-καλοκαίρι). Επίσης μελετήθηκαν το ύψος των φυτών, τα μεσογονάτια διαστήματα στο *Chrysanthemum sp*, ο αριθμός των ανθέων και των βλαστών, ή ο αριθμός των ταξιανθιών χρησιμοποιήθηκε ως μέτρηση των ανθέων ανά φυτό, και η ωρίμανση των ανθέων για το *Solidago sp* με μία κλίμακα από 1-3.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο πληθυσμός των αφίδων στα φυτά του χρυσάνθεμου ήταν σημαντικά μικρότερος στο θερμοκήπιο <380nm+IR συγκριτικά με τα άλλα δύο. Για το *Solidago sp* δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές, ενώ για καμία καλλιέργεια δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων <360nm και <360nm+IR. Οι παγίδες έδειξαν ότι ο αριθμός των αφίδων ήταν σημαντικά μικρότερος στο θερμοκήπιο <380nm+IR.

Όσον αφορά τον πληθυσμό των θριπών στα φυτά του *Solidago sp*, ήταν σημαντικά μικρότερος στο θερμοκήπιο <380nm+IR από τα άλλα δύο θερμοκήπια. Στα φυτά του χρυσάνθεμου οι πληθυσμοί ήταν πολύ μικροί για να συγκριθούν. Οι παγίδες έδειξαν ότι ο αριθμός των θριπών ήταν σημαντικά μικρότερος στο θερμοκήπιο <380nm+IR.

Τα αποτελέσματα για τον πληθυσμό του αλευρώδη τόσο στις παγίδες όσο και στα φυτά του *Solidago sp*, δεν έδειξαν διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων. Όμως στα φυτά του χρυσάνθεμου ο πληθυσμός του αλευρώδη ήταν υψηλότερος στο θερμοκήπιο <380nm+IR από τα άλλα δύο θερμοκήπια.

Όσον αφορά την εμφάνιση των φυτών του *Chrysanthemum sp*, τα φυτά ήταν σημαντικά ψηλότερα στο <380nm+IR συγκριτικά με το <360nm+IR. Τα μεσογονάτια διαστήματα, ο αριθμός των βλαστών και ο αριθμός των ανθέων ανά βλαστό δεν διέφεραν. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στα φυτά του *Solidago sp*. Την άνοιξη δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του *Solidago sp* και του *Lisianthus sp* μεταξύ των μεταχειρίσεων, (Costa et al., 2002).

Μία άλλη ιδιότητα των υλικών κάλυψης απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας, είναι η παρεμπόδιση της σποριοποίησης του *Botrytis cinerea*.

Η σποριοποίηση του *Botrytis cinerea* επηρεάζεται από το φως, άλλα μήκη κύματος την προωθούν και άλλα την παρεμποδίζουν. Το κοντινό υπεριώδες (300-400nm) και το μακρινό κόκκινο (>720nm) προωθεί τη παραγωγή κονιδίων ενώ το μπλε (380-530nm) την παρεμποδίζει. Το μακρινό κόκκινο προωθεί τη σποριοποίηση που παρεμποδίζεται από το μπλε. Το κόκκινο (620-720nm), περιορίζει τη σποριοποίηση που έχει προωθηθεί από το μακρινό κόκκινο, αλλά δεν επηρεάζει τη σποριοποίηση σε καλλιέργειες που έχουν εκτεθεί στο κοντινό υπεριώδες.

Επίσης έχει βρεθεί ότι υλικά κάλυψης απορροφητικά της υπεριώδους μείωσαν τη σποριοποίηση και τις προσβολές από *Botrytis cinerea* και αποδείχθηκε ότι το μήκος κύματος 300-340nm προωθεί τη σποριοποίηση του *Botrytis cinerea*.

Επιπλέον, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε, σε καλλιέργειες τομάτας και αγγουριού, που καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπια με υλικά κάλυψης από πολυαιθυλένιο (PE) που περιείχαν συστατικά που αντανακλούν τη IR και απορροφούν τη UV (τριαζόλη), αλλά διαφέρουν στο ότι το ένα υλικό κάλυψης ήταν χρωματισμένο ελαφρό πράσινο (απομάκρυνε τα 580-800nm), το δεύτερο ήταν χρωματισμένο ελαφρό μπλε και το τρίτο δεν ήταν χρωματισμένο, παρατηρήθηκε ότι οι πληθυσμοί του *Botrytis cinerea* ήταν σημαντικά μικρότεροι στο ελαφρώς πράσινο χρωματισμένο υλικό κάλυψης, δηλαδή σ' αυτό που ήταν απορροφητικό της UV ενισχυμένο με συστατικά που απομάκρυναν το μακρινό κόκκινο, (Elad, 1997).

Ένα άλλο κομμάτι των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί στον τομέα των υλικών κάλυψης των απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας, αφορά την επίδραση του τροποποιημένου αυτού φάσματος στην ανάπτυξη των φυτών.

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε φυτά μελιτζάνας (*Solanum merongena* L.) που καλλιεργήθηκαν σε δύο πλαστικά πλαίσια καλυμμένα με πολυβινυλοχλωρίδιο, που είχαν διαπερατότητα στη UV ακτινοβολία, το ένα πάνω από τα 290 nm και το δεύτερο πάνω από 400 nm (δηλαδή απουσία της UV) αντίστοιχα, αποδείχθηκε ότι η ηλιακή υπεριώδης ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης μπορεί να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών μελιτζάνας. Κρίνοντας από τις μορφολογικές παρατηρήσεις στο πείραμα, η επιμήκυνση των βλαστών των φυτών με UV ακτινοβολία, παρεμποδίστηκε στα αρχικά στάδια ανάπτυξης (περίπου ένα μήνα μετά τη σπορά), συγκρινόμενα με αυτά χωρίς UV ακτινοβολία. Όμως, η ανάπτυξη των φυτών με UV ακτινοβολία προωθήθηκε κάπως, στα επόμενα στάδια (τρεις μήνες μετά τη σπορά) και η γήρανση των φύλλων σ' αυτά τα φυτά καθυστέρησε συγκριτικά με αυτά χωρίς UV ακτινοβολία. Επιπλέον, στα φυτά χωρίς UV, παρεμποδίστηκε ο χρωματισμός, δηλαδή η σύνθεση των ανθοκυάνων. Ο μεταβολισμός του άνθρακα, όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή, ο μεταβολισμός του αζώτου και τα επίπεδα πρωτεΐνης, αυξήθηκαν με τη παρουσία της UV ακτινοβολία, (Shiozaki et al., (?)).

Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση της φυσικής υπεριώδους ακτινοβολίας στην ανάπτυξη φυτών τομάτας και ρεπανιού, χρησιμοποιώντας υλικά κάλυψης από πολυβινυλοχλωρίδιο με διαφορετικές περατότητες στη UV ακτινοβολία. Η ανάπτυξη φυτών τομάτας (νωπό και ξηρό βάρος), εκτεθειμένων σε UV-A (400-320 nm), ήταν μεγαλύτερη από αυτή των φυτών που δεν ήταν καθόλου εκτεθειμένα στη UV ακτινοβολία. Επίσης, η προώθηση της ανάπτυξης των φυτών τομάτας και ρεπανιού, από την έκθεσή τους στην UV-A, συνδέεται με μία αύξηση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη και της φωτοσύνθεσης. Η σκοτεινή αναπνοή των φυτών τομάτας και ρεπανιού, επίσης προωθήθηκε από την ακτινοβολία UV-A. Τέλος η ακτινοβολία UV-A καθυστέρησε τη γήρανση των φύλλων τομάτας, (Takafumi et al., 2001).

Τέλος σε καλλιέργεια φασολιού που καλλιεργήθηκε 1) κάτω από πολυεστερικά φύλλα που φίλτραραν όλη την υπεριώδη ακτινοβολία κάτω από τα 310nm και επέτρεπαν μόνο το 23% από το μήκος των 320nm και το 86% του ορατού και 2) σε φύλλα πολυαιθυλενίου (πάχος 100μm) που επέτρεπαν την είσοδο του 90% της UV-B και το 89% του ορατού, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι απουσία της UV-B, παρατηρήθηκε μία σημαντική αύξηση στο ύψος των φυτών της καλλιέργειας του φασολιού (mung bean) και η αύξηση στο ύψος των φυτών φασολιού συνοδεύτηκε και από μία αύξηση της ξηρής ουσίας των βλαστών. Επίσης η απουσία της UV-B, δεν επηρέασε τον αριθμό των φύλλων αλλά αυξήθηκε η φυλλική επιφάνεια. και η αντίστοιχη ξηρή ουσία των φύλλων. Τέλος, απουσία UV-B, παρατηρήθηκε μία θεαματική αύξηση της φωτοσύνθεσης, (Pal Madan et al., 1997).



## I-2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού της τομάτας

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι:

- Η περιγραφή της καλλιέργειας της θερμοκηπιακής τομάτας.
- Η περιγραφή των συστατικών του καρπού της τομάτας, η κατανόηση της φυσιολογίας του καρπού και η διερεύνηση της πιθανής επίδρασης της υπερϊώδους ακτινοβολίας στα προηγούμενα.
- Η ανάλυση όλων εκείνων των ποιοτικών χαρακτηριστικών που συντελούν στην αποδοχή των καρπών της τομάτας από τους καταναλωτές και που αποτελούν αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας.

### 2.1 Η Καλλιέργεια της Τομάτας

#### 2.1.1 Γενικά

Η τομάτα ανήκει στο είδος *Lycopersicon esculentum* Mill., και στην οικογένεια Solanaceae. Σε διεθνή κλίμακα, η καλλιέργεια της τομάτας καταλαμβάνει την τρίτη σε έκταση θέση μετά την πατάτα και τη γλυκοπατάτα, ενώ στην Ελλάδα η επιτραπέζια τομάτα καταλαμβάνει τη δεύτερη σε έκταση θέση μετά την πατάτα.

Η τομάτα είναι κατά κανόνα ετήσιο λαχανικό, αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές. Καλλιεργείται για τον καρπό της, ο οποίος καταναλώνεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέραιος ή σε πολτό. Ακόμη και οι άωροι καρποί, οι οποίοι είναι τοξικοί αν καταναλωθούν νωποί, συντηρούνται σε άλμη ή ξύδι (τουρσί).

Οι λόγοι που καθιστούν την τομάτα δημοφιλές λαχανικό είναι πολλοί. Οι σπουδαιότεροι είναι ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες, και ιδίως βιταμίνη C, έχει ελκυστικό χρώμα και ιδιαίτερο άρωμα, που την καθιστά αρεστή στη διατροφή, (Ολύμπιος, 2001).

#### 2.1.2 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας

Σύμφωνα με τις στατιστικές του FAO (1998), η παγκόσμια παραγωγή τομάτας, φτάνει τους  $89.985 \times 10^3$  τόνους, από μία έκταση  $32.416 \times 10^3$  στρεμμάτων. Η παραγωγή στην Ευρώπη (2<sup>η</sup> παγκοσμίως σε συνολική παραγωγή) ανέρχεται στους  $18.845 \times 10^3$  τόνους, από μία έκταση  $6.557 \times 10^3$  στρεμμάτων και αντιστοιχεί στο 20,9% της παγκόσμιας παραγωγής. Στη χώρα μας η συνολική παραγωγή φτάνει τους  $2,013 \times 10^3$  τόνους (3<sup>η</sup> παγκοσμίως σε συνολική παραγωγή), η καλλιεργούμενη έκταση ανέρχεται στα  $356 \times 10^3$  στρέμματα και η μέση στρεμματική απόδοση τους 5,7 τον./στρ. Όλες οι παραπάνω τιμές περιλαμβάνουν την καλλιέργεια υπαίθριας τομάτας (νωπή και βιομηχανική) και την καλλιέργεια υπό κάλυψη.

Στον παρακάτω πίνακα 1, αναφέρονται στατιστικά στοιχεία που αφορούν την έκταση και παραγωγή καλλιέργειας τομάτας στην Ελλάδα για το έτος 1998, (Ολύμπιος, 2001).

**Πίνακας 1.** Έκταση σε στρέμματα, παραγωγή σε τόνους, τομάτας που καλλιεργήθηκε στην ύπαιθρο για νωπή κατανάλωση και βιομηχανική επεξεργασία και στα θερμοκήπια για το έτος 1998 (Ολύμπιος, 2001).

Έτος 1998	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τόνοι)
Θερμοκηπίου	25.640	269.410
Υπαίθρια	134.000	491.000
Νωπής κατανάλωσης	159.640	760.410
Μεταποίησης	210.700	1.248.000
Σύνολο	370.340	2.008.410

Επίσης στον πίνακα 2 που ακολουθεί, παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν την έκταση, παραγωγή και μέση απόδοση κατά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου κατά γεωγραφικό διαμέρισμα για το έτος 1997.

**Πίνακας 2.** Στοιχεία έκτασης, παραγωγής και μέσης απόδοσης κατά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου κατά γεωγραφικό διαμέρισμα για το έτος 1997 (Ολύμπιος, 2001).

Έτος 1997	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τόνοι)	Αποδόσεις (τον./στρ.)
Α. Μακεδονίας - Θράκης	582	4.754	8,2
Δ. και Κ. Μακεδονίας	4.951	40.146	8,1
Ηπείρου	1.579	16.955	10,7
Θεσσαλίας	1.282	11.625	9,1
Πελοποννήσου - Δ. Στερεάς	4.107	40.063	9,8
Αττικής – Νήσων	1.905	20.190	10,6
Κρήτης	7.897	113.450	14,4
Σύνολο	22.303	247.183	

### 2.1.3 Ιστορική αναδρομή

Η τομάτα είναι ένα από τα 8-10 πολύ συγγενικά είδη του γένους *Lycopersicon*. Τα περισσότερα είδη του είναι θάμνοι ετήσιοι, βραχείας διάρκειας, με βιολογικό κύκλο 5 ή και λιγότερους μήνες. Όλα τα είδη είναι ενδογενή φυτά της ΝΑ Αμερικής. Η άγρια μορφή της τομάτας *Lycopersicon esculentum var. cerasiformae* έχει βρεθεί επίσης στο Μεξικό, στην Κεντρική Αμερική και άλλες περιοχές της Ν. Αμερικής. Αν και αρχικά επικρατούσε η άποψη ότι χώρα καταγωγής της τομάτας είναι το Περού, σήμερα γίνεται δεκτό ότι καταγωγή της καλλιεργούμενης τομάτας είναι το Μεξικό και μάλιστα η περιοχή Vera Cruz-Puebla. Όποια και να είναι η γεωγραφική καταγωγή της τομάτας είναι σήμερα γενικά αποδεκτό, ότι άμεσος πρόγονος της καλλιεργούμενης τομάτας είναι η *var. cerasiformae*, και με μοναδικό ίσως άλλο διεκδικητή πρόγονο, την *L. pimpinellifolium*, που είναι πιθανό να είναι μάλλον παραπροϊόν, παρά μέλος της γενετικής σειράς, (Benton, 1999; Ολύμπιος, 2001).



**Εικόνα 2.** Τομάτες του Κόσμου

Η τομάτα ήρθε στην Ευρώπη τον 16<sup>ο</sup> αιώνα από το Μεξικό μέσω των Ισπανών εξερευνητών και στη συνέχεια διασκορπίστηκε σε αρκετές περιοχές της γης. Για δύο περίπου αιώνες το φυτό της τομάτας θεωρείται επικίνδυνο, καλλιεργείται ως καλλωπιστικό, ενώ καταναλώνεται μόνο από τους Ιταλούς και τους Ισπανούς. Πιστεύεται όμως ότι οι Ινδιάνοι κατανάλωναν τον καρπό της τομάτας αρκετό καιρό πριν. Οι Βόρειο-Ευρωπαίοι αντιμετωπίζουν την τομάτα με πολύ σκεπτικισμό μέχρι το 18<sup>ο</sup> αιώνα οπότε υπάρχουν και οι πρώτες αναφορές για εμπορία τομάτας από μεσογειακές χώρες. Παρόμοια επιφυλακτικότητα υπήρχε και στη Βόρεια Αμερική, όπου η τομάτα έφτασε με τους Ευρωπαίους εποίκους στα μέσα του 17<sup>ου</sup> αιώνα, (Γεωργία-Κτηνοτροφία, 2002). Στην Ελλάδα η εισαγωγή της έγινε αρχικά το 1818, (Ολύμπιος, 2001).

Τον κυριότερο λόγο της επιφυλακτικότητας για την κατανάλωση της τομάτας, αποτέλεσε η μεγάλη ομοιότητα της τομάτας με το φυτό Άτροπος, *Atropis belladonna*, της ίδιας οικογένειας, το οποίο ήταν γνωστό από την αρχαιότητα για τις φαρμακευτικές και δηλητηριώδεις ιδιότητες του. Λόγω των διάφορων ιστοριών γύρω από την τομάτα, στη Γερμανία την έλεγαν 'ροδάκινο του λύκου', κάτι που κατέγραψε ο Λινναίος, τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, όταν έδωσε το επιστημονικό όνομα στην τομάτα *Lycopersicon esculentum*, δηλαδή εδάδιμο ροδάκινο του λύκου, (Benton, 1999; Ολύμπιος, 2001; Γεωργία-Κτηνοτροφία, 2002).

#### 2.1.4 Γενετική Βελτίωση

Σήμερα η καλλιέργεια της τομάτας εκτείνεται από τις τροπικές περιοχές μέχρι και μερικές μοίρες από τον αρκτικό κύκλο, καθώς ποικιλίες της έχουν εγκλιματιστεί σε ένα μεγάλο εύρος τύπων εδάφους και κλίματος.

Όλα τα είδη του γένους *Lycopersicon* έχουν τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων ( $2n = 24$ ) και πολύ σπάνια έχουν αναφερθεί περιπτώσεις αυτοπολυπλοϊδίας. Το *Lycopersicon esculentum* και οι στενοί συγγενείς, είναι γενικά αυτογονιμοποιούμενα είδη. Αντίθετα τα άλλα είδη του γένους *Lycopersicon* είναι αυτόστειρα, και επομένως σταυρογονιμοποιούνται πλήρως με διάφορα είδη μελισσών.

Η τομάτα *Lycopersicon esculentum* μπορεί να διασταυρωθεί με μικρή ή μεγάλη δυσκολία, με όλα τα άλλα είδη του γένους και να δημιουργήσει υβρίδια. Η διαδικασία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση τα τελευταία 50 χρόνια, με αποτέλεσμα αρκετά επιθυμητά χαρακτηριστικά (γόνοι), να έχουν μεταφερθεί και ενσωματωθεί στις καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβρίδια.

Η εφαρμογή μοντέρνων μεθόδων γενετικής βελτίωσης, είχε σαν αποτέλεσμα τη διασταύρωση και επιλογή εκατοντάδων ποικιλιών και υβριδίων, κατάλληλων για ποικίλες συνθήκες (τροπικές, υποτροπικές, ψυχρές) και σκοπούς (νωπή κατανάλωση, μεταποίηση, για καλλιέργεια στην ύπαιθρο, στα θερμοκήπια κ.λπ.). Λόγω μάλιστα του μεγάλου αριθμού ποικιλιών και υβριδίων που παράγονται σε σύντομο διάστημα, η αντικατάσταση ποικιλιών και υβριδίων με νέα, γίνεται με γρήγορο ρυθμό. Οι πιο σημαντικές επιτυχίες που επιτεύχθηκαν με τη γενετική βελτίωση στην τομάτα είναι: 1) αύξηση της παραγωγής με αύξηση του μεγέθους του καρπού, 2) βελτίωση της ποιότητας, σχήμα, χρώμα, άρωμα, υφή, ομοιομορφία σε όλα τα χαρακτηριστικά, 3) οι συνθήκες του φυτού για διευκόλυνση των καλλιεργητικών περιποιήσεων και συγκομιδής. Σημαντικό γεγονός αποτελεί η ανακάλυψη γενετικά ελεγχόμενης ανάπτυξης, 4) βελτίωση της αντοχής του καρπού στις μεταχειρίσεις και στην αποθήκευση, 5) πρωιμότητα στην παραγωγή, 6) δυνατότητα καρπόδεσης σε αντίξοες συνθήκες, 7) αντοχή στους εχθρούς και ασθένειες, 8) δημιουργία υβριδίων των οποίων οι καρποί έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής μετά τη συγκομιδή (Long life ή semi long life). Η καλλιέργεια των υβριδίων αυτών στο θερμοκήπιο έχει επεκταθεί σημαντικά σε πολλές χώρες της Μεσογείου, γιατί διευκολύνεται η μεταφορά των καρπών χωρίς πρόβλημα σε αγορές που βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις. Η μεγάλη διάρκεια ζωής έχει εξασφαλιστεί με την ενσωμάτωση στις καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβριδίων γόνων ανωριμότητας (non ripening genes). Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η ποιότητα των παραγόμενων καρπών, ενώ έχει άριστα χαρακτηριστικά όσον αφορά το σχήμα, το χρώμα, τη συνεκτικότητα και την ομοιομορφία, εν τούτοις, υστερεί όσον αφορά τη γεύση, το άρωμα και γενικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, (Ολύμπιος, 2001).

Επίσης έχουν επιτευχθεί διάφορες προσπάθειες από τους γενετιστές με σκοπό τη δημιουργία ποικιλιών με βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Κάποιες από τις προσπάθειες ήταν η αύξηση της περιεκτικότητας του καρπού σε στερεά, η τροποποίηση της περιεκτικότητας του καρπού σε οξέα, η βελτίωση του χρώματος και των συστατικών του αρώματος.

Γενικά οι προσπάθειες των γενετιστών για υψηλότερη περιεκτικότητα των καρπών σε στερεά δεν ήταν επιτυχείς εξαιτίας της αρνητικής σχέσης μεταξύ απόδοσης και περιεκτικότητας σε στερεά. Η επιτυχημένη επιλογή γονιδίων για υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά είναι δύσκολη λόγω της επίδρασης του περιβάλλοντος στην περιεκτικότητα σε στερεά. Η ευπάθεια σε διάφορα παθογόνα η οποία επηρεάζει την πρόσληψη νερού από τα φυτά μπορεί να έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στα στερεά απ' ό,τι ο γενότυπος. Επίσης η άρδευση, η δομή του εδάφους, η ανθεκτικότητα σε παθογόνα κ.α. μπορεί να έχουν μεγάλες επιδράσεις στην περιεκτικότητα σε στερεά. Αποδείχτηκε λοιπόν πιο σημαντική η κατανόηση των παραγόντων των φυσιολογικών παραγόντων οι οποίοι επιδρούν στην περιεκτικότητα του καρπού σε στερεά, (Stevens et al., 1986).

## 2.2 Μορφολογία και Ανατομία του καρπού της τομάτας

Ο καρπός της τομάτας είναι σαρκώδης ράγα ή, στη βοτανική ορολογία, μία διογκωμένη ωθήκη. Το σώμα του καρπού που σχηματίζεται από το τοίχωμα της ωθήκης, το οποίο περιβάλλει και περικλείει τα σπέρματα είναι γνωστό ως περικάρπιο, (Καραουλάνης, 2003). Το περικάρπιο αποτελείται από το εξωκάρπιο ή επιδερμίδα, ένα παρεγχυματικό μεσοκάρπιο με αγγειώδεις δεσμίδες και το ενδοκάρπιο που πλαισιώνει τις κοιλότητες, (Ho et al., 1986).

Η συνέχεια του περικαρπίου διακόπτεται από μικρές κοιλότητες στις οποίες υπάρχουν τα σπέρματα μέσα σε ένα ζελατινοειδή παρεγχυματικό ιστό, ο οποίος προέρχεται από εμβρυακό ιστό. Ο αριθμός των κοιλοτήτων ποικίλει από 2 και πάνω και είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας, (Καραουλάνης, 2003). Στο κέντρο του καρπού βρίσκεται ο πλακούντας (placental tissue).

Από νωρίς, κατά την ανάπτυξη του καρπού ο πλακούντας, αρχίζει να επεκτείνεται στις κοιλότητες ώστε να περιβάλλει τους σπόρους στο διάστημα των 10 ημερών και στις επόμενες ημέρες γεμίζει ολόκληρη την κοιλότητα. Στους ανώριμους καρπούς, ο πλακούντας είναι σφιχτός, αλλά καθώς ο καρπός ωριμάζει, τα κυτταρικά τοιχώματα εκφυλίζονται, και ο ιστός στις κοιλότητες του ώριμου πράσινου καρπού αποκτά ζελατινοειδή υφή. Στα επόμενα στάδια, στις κοιλότητες συσσωρεύεται ενδοκυτταρικό υγρό, (Ho et al., 1986).

### 2.3 Σύσταση του καρπού της τομάτας

Οι καλής ποιότητας καρποί περιέχουν 94-94,5% νερό. Η εκατοστιαία σύσταση των καρπών της τομάτας είναι χυμός 97%, φλοιός 1% και σπέρματα 2%, (Καραουλάνης, 2003). Επίσης η περιεκτικότητα των ώριμων καρπών σε ξηρή ουσία κυμαίνεται μεταξύ 5-7,5% και τα 100gr νωπής τομάτας περιέχουν 20 θερμίδες.

Στον παρακάτω πίνακα 4, παρουσιάζονται τα κυριότερα συστατικά του καρπού της τομάτας ως ποσοστό της ξηρής ουσίας:

**Πίνακας 4.** Σύσταση ώριμου καρπού (% ξηρής ουσίας) (Davies and Hobson, 1981).

<b>Σάκχαρα</b>	
Γλυκόζη	22
Φρουκτόζη	25
Σουκρόζη	1
<b>Στερεά μη διαλυτά στην αλκοόλη</b>	
Πρωτεΐνες	8
Πηκτίνες (Pectic substances)	7
Ημικυτταρίνη (Hemicellulose)	4
Κυτταρίνη (Cellulose)	6
<b>Οργανικά οξέα</b>	
Κιτρικό οξύ	9
Μηλικό οξύ	4
<b>Μέταλλα</b>	
(κυρίως K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , P)	8
<b>Άλλα</b>	
Λιπίδια	2
Δικαρβοξυλικά αμινοξέα (Dicarboxylic amino acids)	2
Χρωστικές	0.4
Ασκορβικό οξύ	0.5
Πτητικές ουσίες (volatiles)	0.1
Άλλα αμινοξέα, βιταμίνες και πολυφαινόλες	1.0

Από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρούνται οι μεγάλες αναλογίες σακχάρων και οργανικών οξέων, τα οποία συμβάλλουν καθοριστικά στη γεύση του καρπού. Όσον αφορά τις βιταμίνες, αν και αποτελούν ένα μικρό ποσοστό της συνολικής ξηρής ουσίας είναι πολύ σημαντικές για τη διατροφή, (Grieson et al., 1986).

Στον παρακάτω πίνακα 5, παρουσιάζεται η περιεκτικότητα του ώριμου καρπού τομάτας σε βιταμίνες:

**Πίνακας 5.** Περιεκτικότητα του ώριμου καρπού τομάτας σε βιταμίνες (μονάδες ανά 100g καρπού). (Davies and Hobson, 1981)

Βιταμίνη Α (β-καροτένιο)	900-1271 i.u. *
Βιταμίνη Β1 (θειαμίνη)	50-60 µg
Βιταμίνη Β2 (ριβοφλαβίνη)	20-50 µg
Βιταμίνη Β3 (παντοθενικό οξύ)	50-750 µg
Σύμπλοκο βιταμίνης Β6	80-110 µg
Νικοτινικό οξύ (νιασίνη)	500-700 µg
Φολικό οξύ	6,4-20 µg
Βιοτίνη	1,2-4 µg
Βιταμίνη C	15000-23000 µg
Βιταμίνη Ε (α-τοκοφερόλη)	40-1200 µg

\* 1 i.u. (international unit) = 0.6 µg β-καροτένιο

Επίσης υπάρχουν περισσότερα από 200 πτητικά συστατικά, των οποίων η σημαντικότητα στη γεύση (flavour) και στο άρωμα δεν είναι ξεκάθαρα, (Grieson et al., 1986).

Έχει βρεθεί ότι οι κόκκινοι και ώριμοι καρποί περιέχουν 0,14-0,15% άμυλο, (Καραουλάνης, 2003).

Εξαιτίας της σημαντικότητας των χρωστικών στην ποιότητα των καρπών της τομάτας, θα γίνει εκτενέστερη αναφορά.

Τα καροτενοειδή που είναι οι κυριότερες χρωστικές στον καρπό της τομάτας, είναι τετρατερπένια, δηλαδή ενώσεις που περιέχουν στο μόριό τους 40 άτομα άνθρακα και συνεπώς προέρχονται από οκτώ ισοπρενικές ομάδες. Είναι λιποδιαλυτές χρωστικές, με χρώμα ερυθρό, πορτοκαλί ή κίτρινο. Όπως οι χλωροφύλλες έτσι και τα καροτενοειδή είναι βυθισμένα στα θυλακοειδή των χλωροπλαστών και συμμετέχουν ως βοηθητικές χρωστικές στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, ενώ ταυτόχρονα εμποδίζουν ορισμένες οξειδώσεις κατά τη διεξαγωγή της φωτοσύνθεσης. Από χημική άποψη μπορεί να είναι άκυκλα (π.χ. λυκοπένιο), μονοκυκλικά (π.χ. γ-καροτένιο) ή δικυκλικά (π.χ. α-καροτένιο, β-καροτένιο κ.λ.π.). Διακρίνονται σε δύο κυρίως μεγάλες ομάδες, τα καροτένια και τις ξανθοφύλλες, (Εικόνες 3,4).

Τα καροτένια είναι υδατάνθρακες με 40 άτομα άνθρακα. Εμφανίζουν μια ποικιλία σε ότι αφορά τους ακόρεστους δεσμούς. Το κίτρινο ή πορτοκαλί χρώμα τους οφείλεται στην ύπαρξη ενός ελάχιστου αριθμού διπλών δεσμών στο μόριό τους.

Οι ξανθοφύλλες είναι οξυγονούχα παράγωγα των αντίστοιχων καροτένιων.

Κατά τη βιοσύνθεση των καροτενοειδών το φυτοένιο θεωρείται πρόδρομη ένωση όλων των καροτενοειδών. Με βάση το φυτοένιο τα καροτενοειδή σχηματίζονται με αφυδρογόνωση και κυκλοποίηση των ακραίων ομάδων. Με τη διαδικασία αυτή από το φυτοένιο σχηματίζεται το λυκοπένιο. Παραπέρα αφυδρογόνωση και κυκλοποίηση των ακραίων ομάδων καταλήγει στο σχηματισμό των καροτένιων.

Εξαιτίας της σημαντικότητας των φλαβονοειδών στην έρευνα της υπερϊώδους ακτινοβολίας θα γίνει αναφορά και σε αυτές τις χρωστικές παρά τη μικρότερη σημασία τους στην ποιότητα της τομάτας, συγκριτικά με τα καροτενοειδή. Τα

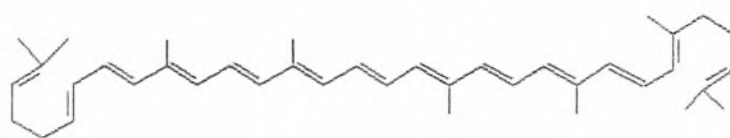
φλαβονοειδή είναι φαινολικά παράγωγα. Ο βασικός ανθρακικός σκελετός ενός φλαβονοειδούς περιέχει 15 άτομα άνθρακα σε μία διάταξη με δύο αρωματικούς δακτυλίους, που συνδέονται με μία γέφυρα τριών ατόμων άνθρακα. Η ονομασία τους προέρχεται από το κίτρινο χρώμα (flavus = κίτρινο) μερικών ενώσεων της ομάδας αυτής. Τρεις ομάδες φλαβονοειδών παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη φυσιολογία των φυτών. Οι ομάδες αυτές είναι οι ανθοκυανίνες, οι φλαβόνες και οι φλαβονόλες, (Καράταγλης, 1999).

Αρχικά το πράσινο χρώμα των άγουρων καρπών τομάτας προέρχεται από την παρουσία μίγματος χλωροφυλλών, οι οποίες φαίνεται ότι παίζουν ένα καθοριστικό φωτοσυνθετικό ρόλο κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Με την έναρξη της ωρίμανσης, οι πορτοκαλί χρωστικές, β-καροτίνη και ξανθοφύλλες παράγονται και γίνονται περισσότερο εμφανείς, καθώς η περιεχόμενη χλωροφύλλη ελαττώνεται. Επίσης η συγκέντρωσή λυκοπενίου, που είναι η βασική κόκκινη χρωστική, του αυξάνει σταθερά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (αναφέρονται παρακάτω πιο αναλυτικά).

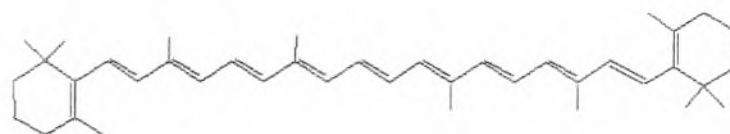
Μία άλλη κατηγορία χρωστικών που υπάρχει στον καρπό της τομάτας είναι οι φλαβόνες. Με τον όρο φλαβόνες εννοούμε όλες τις ενώσεις των οποίων η κατασκευή βασίζεται σε αυτόν της φλαβόνης (2-φαινυλοχρωμόνη) και περιλαμβάνει τις χρωστικές, ανθοξανθίνη (κίτρινο) και ανθοκυάνη (πορτοκαλί, κόκκινο και μπλε). Αυτές είναι δυνατόν να βρεθούν στους καρπούς της τομάτας τόσο σε ελεύθερη μορφή όσο και σε συνδυασμό με σάκχαρα, ως γλυκοζίτες.

Ο σχηματισμός των χρωστικών ουσιών στο στρώμα των επιδερμικών κυτταρικών τοιχωμάτων, επιδρά στην εμφάνιση του χρώματος των καρπών της τομάτας. Ερευνητές, οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση του ελεγχόμενου φωτισμού στην παραγωγή των κίτρινων χρωστικών στην επιδερμίδα των καρπών της τομάτας, βρήκαν ότι αυτή φαίνεται να είναι μία φλαβόνη. Επίσης άλλοι ερευνητές οι οποίοι απομόνωσαν τις φλαβόνες ναριγκίνη (naringenin), και κουερσεγκίνη από την επιδερμίδα τριών ποικιλιών τομάτας, δεν μπόρεσαν να επισημάνουν φλαβόνες στη σάρκα των καρπών (Καραουλάνης, 2003).

Επίσης η χαλκοναριγκίνη (chalconaringenin), η ναριγκίνη και τα m- και p-κουμαρικό οξύ, έχουν προσδιοριστεί στην επιδερμίδα τριών ποικιλιών τομάτας. Η περιεκτικότητα της επιδερμίδας σε φαινολικά αυξήθηκε σημαντικά από το στάδιο του ανώριμου πράσινου στο ώριμο πράσινο, από 2,8 σε 61  $\mu\text{g cm}^{-2}$ . Το κουμαρικό οξύ, αυξήθηκε κατά την ανάπτυξη του καρπού από 2 σε 24  $\mu\text{g cm}^{-2}$ . Τα φλαβονοειδή συντέθηκαν κυρίως κατά την κλιμακτήριο. Η σύνθεση των φλαβονοειδών ελέγχθηκε από την ποιότητα του φάσματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, το κόκκινο διευκόλυσε το σχηματισμό της χαλκοναριγκίνης, (Hunt et al., 1980).

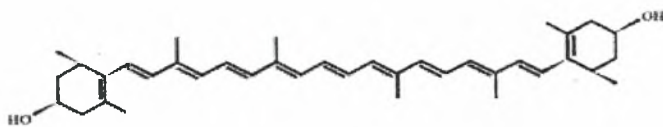


Lycopene ( $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ )

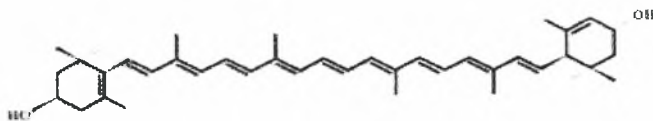


$\beta$ -carotene ( $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ )

**Εικόνα 3.** Χημική δομή λυκοπενίου και β-καροτένιου, (Kanchan N. et al. 1999).



**Zeaxanthin**



**Lutein**

**Εικόνα 4.** Χημική δομή λουτεΐνης και ζεαξανθίνης, (Sujak et al., 2002).

## 2.4 Ανάπτυξη του καρπού της τομάτας

Ο χρόνος που απαιτείται για να αναπτυχθεί μία γονιμοποιημένη ωθήκη σε ώριμο κόκκινο καρπό είναι 7-9 εβδομάδες, ανάλογα με την ποικιλία, τη θέση του καρπού στην ταξικαρπία και το περιβάλλον. Το μέγεθος του καρπού εξαρτάται κυρίως από τη θέση του καρπού στην ταξικαρπία και από τον αριθμό των καρπών στην ταξικαρπία γιατί οι καρποί ανταγωνίζονται ως προς την πρόσληψη θρεπτικών. Καρποί που καθυστερούν να αναπτυχθούν ειδικά σε ταξικαρπίες με μεγάλο φορτίο καρπών, δεν έχουν τη δυνατότητα να ανταγωνιστούν τους υπόλοιπους και να αναπτυχθούν το ίδιο, (Ho et al., 1986).

### α) Ρυθμός αύξησης και φυσιολογικές αλλαγές

Ο καρπός της τομάτας αναπτύσσεται από μία ωθήκη βάρους 5-10 mg σε ένα τελικό βάρος που κυμαίνεται από 15g (π.χ. cherry type) έως 450g (π.χ. beefsteak type) ανάλογα με την ποικιλία, οπότε ο ρυθμός αύξησης διαφέρει σημαντικά.



**Εικόνα 5.** Τύποι τομάτας



Ο ρυθμός αύξησης των καρπών μπορεί να περιγραφεί από μία σιγμοειδή καμπύλη η οποία μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις περιόδους:

- Πρώτα, υπάρχει μία περίοδος αργής αύξησης διάρκειας 2-3 εβδομάδων, όπου η αύξηση σε βάρος αποτελεί λιγότερο του 10% του τελικού βάρους. Η αύξηση μιας ωοθήκης παύει στην άνθιση αλλά ξαναρχίζει μετά τη γονιμοποίηση. Η εισαγωγή των θρεπτικών από το φύλλο στην ωοθήκη αυξάνεται σημαντικά εντός δύο ημερών από τη γονιμοποίηση και ο ημερήσιος ρυθμός συσσώρευσης ξηρής ουσίας αυξάνεται από 30mg έως 150mg μέχρι το τέλος των δύο πρώτων εβδομάδων.
- Στη συνέχεια ακολουθεί μία περίοδος γρήγορης αύξησης, διάρκειας 3-5 εβδομάδων. Μέχρι τα μισά της περιόδου αύξησης, ο ρυθμός ημερήσιας αύξησης ανέρχεται στο μέγιστο του νωπού βάρους, του ξηρού βάρους ή του όγκου, 20-25 ημέρες από την άνθιση. Το περισσότερο βάρος του καρπού έχει συσσωρευτεί μέχρι το στάδιο του ώριμου πράσινου.
- Τελικά υπάρχει μία περίοδος αργής αύξησης για 2 εβδομάδες, όπου υπάρχει μικρή αύξηση του βάρους του καρπού αλλά κατά την οποία συμβαίνουν εντατικές αλλαγές στο μεταβολισμό. Η πρώτη αλλαγή του χρώματος συμβαίνει 2-3 ημέρες μετά το στάδιο του ώριμου πράσινου και σταδιακά αναπτύσσεται από κίτρινο σε πορτοκάλι και κόκκινο.

Η αρχική αργή αύξηση είναι αποτέλεσμα της διαίρεσης των κυττάρων και της αρχικής μεγέθυνσής τους, ενώ η επόμενη περίοδος γρήγορης αύξησης που ακολουθεί οφείλεται συνολικά, στη μεγέθυνση των κυττάρων. Όμως ενώ ο ρυθμός απόλυτης αύξησης είναι μικρός αρχικά, ο ρυθμός σχετικής αύξησης του όγκου του καρπού ανέρχεται απότομα στο μέγιστο του  $0,8 \text{ ml ml}^{-1} \text{ day}^{-1}$  μέχρι το τέλος της πρώτης εβδομάδας και στη συνέχεια φθίνει λογαριθμικά για το υπόλοιπο της περιόδου αύξησης.

Η εισαγωγή θρεπτικών στον καρπό σταματά περίπου 10 ημέρες από την πρώτη αλλαγή του χρώματος και οφείλεται στο σχηματισμό της στοιβάδας αποκοπής μεταξύ του κάλυκα και του καρπού.

Η μεγέθυνση του περικαρπίου σχετίζεται θετικά με τη δράση της αυξίνης στον καρπό, ενώ η μεγέθυνση των κοιλοτήτων (locular tissue) επηρεάζεται από την ανάπτυξη του σπόρου. Το σχήμα του καρπού είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής αύξησης της ωοθήκης στους πόλους και την περιοχή του ισημερινού πριν την άνθιση. Επιπλέον αν η αύξηση του περικαρπίου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του πλακούντα (placental tissue) μετά την άνθιση, ο καρπός γίνεται φουσκωμένος (puffy) ή γωνιώδης.

Το τελικό μέγεθος του καρπού της τομάτας συσχετίζεται άμεσα με τον αριθμό ή το βάρος των σπόρων και τον αριθμό των κοιλοτήτων. Για διαφορετικές ποικιλίες ο αριθμός των ωαρίων ανά ύπερο ποικίλει από 250 έως 1000 και η αναλογία των ωαρίων που αναπτύσσονται σε σπόρους ποικίλει από 20% έως 50% με μία μεγαλύτερη αναλογία όταν υπάρχουν λιγότερα ωάρια. Αυτή η ποικιλία εξαρτάται από την ποικιλία. Η συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των σπόρων και του τελικού βάρους του καρπού είναι σημαντική μέσα σε μια ποικιλία αλλά η σχέση είναι διαφορετική μεταξύ των ταξικαρπιών της ίδιας καλλιέργειας ή κάτω από διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης. Όμως, δεν έχει ακόμα αποδειχτεί αν η αύξηση του καρπού ρυθμίζεται άμεσα από τους σπόρους ή έμμεσα από την αυξίνη που παράγεται από τους σπόρους.

## β) Χημικές μεταβολές κατά την ανάπτυξη του καρπού

Κατά την αύξηση του καρπού, η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία, ως ποσοστό του νωπού βάρους, μειώνεται, καθώς αυξάνονται τα ποσά νερού που συσσωρεύονται. Πριν τη γονιμοποίηση, η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία υπολογίζεται στο 17% του βάρους της ωθήκης. Όταν ο καρπός αρχίζει να αυξάνεται, η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία μειώνεται σε λιγότερο από 10% μέχρι τη 10 ημέρα και μετά σε 5-7% ως την 20 ημέρα, μένοντας σταθερή μέχρι την ωρίμανση. Όμως η περιεκτικότητα σε άνθρακα, ως ποσοστό ξηρής ουσίας, δεν αλλάζει σημαντικά αλλά μένει σταθερή περίπου στο 39%. Μεταξύ των μετάλλων, το κάλιο μαζί με το άζωτο και το φώσφορο αποτελούν το 90% της συνολικής περιεκτικότητας σε μέταλλα. Κατά την ανάπτυξη του καρπού το άζωτο και ο φώσφορος μειώνονται ελαφρά από 3% και 0,6% σε 2% και 0,4% της ξηρής ουσίας αντίστοιχα, ενώ το κάλιο παραμένει σταθερό, περίπου 3-4% της ξηρής ουσίας.

Τα σάκχαρα, κυρίως γλυκόζη και φρουκτόζη, αποτελούν περίπου το μισό της ξηρής ουσίας ή το 65% των συνολικών διαλυτών στερεών ενός ώριμου καρπού τομάτας. Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα κυμαίνεται από 1,7% έως 4% του νωπού βάρους του καρπού, και τα συνολικά διαλυτά στερεά 4% έως 9% της ξηρής ουσίας ανάλογα με την ποικιλία. Η περιεκτικότητα σε συνολικά διαλυτά στερεά είναι αντιστρόφως ανάλογη με την απόδοση του καρπού αλλά θετικά σχετιζόμενη με το λόγο φυλλικής επιφάνειας προς αριθμό καρπών. Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα είναι μεγαλύτερη στα τοιχώματα απ' ό,τι στις κοιλότητες.

Η σουκρόζη αποτελεί μόνο το 1% της ξηρής ουσίας ή το 0,1-0,2% του νωπού βάρους του καρπού αλλά ο μεταβολισμός της είναι σημαντικός για την αύξηση του καρπού. Μετά τη γονιμοποίηση, η περιεκτικότητα σε ανάγοντα σάκχαρα και άμυλο αυξάνεται απότομα, αλλά η σουκρόζη μειώνεται από 1% του νωπού βάρους της ωθήκης σε 0,2% του νωπού βάρους του καρπού μέσα σε 8 ημέρες. Αν και η σουκρόζη είναι το κυριότερο εισαγόμενο θρεπτικό, η περιεκτικότητα του καρπού σε σουκρόζη παραμένει χαμηλή.

Ο ρυθμός συσσώρευσης του αμύλου κατά την περίοδο της γρήγορης αύξησης έχει μεγάλη επίδραση στην τελική περιεκτικότητα των συνολικών διαλυτών στερεών. Η μέγιστη περιεκτικότητα σε άμυλο υπολογίζεται να είναι 20% της ξηρής ουσίας, 25-30 ημέρες μετά την άνθιση. Περισσότερο άμυλο ανά νωπό βάρος συσσωρεύεται στις κοιλότητες και τον πλακούντα απ' ό,τι στο τοίχωμα του περικαρπίου κατά την περίοδο της γρήγορης αύξησης. Ο εκφυλισμός του αμύλου αρχίζει όταν ο ρυθμός απόλυτης αύξησης του καρπού φτάνει στο μέγιστό του και η περιεκτικότητα σε άμυλο είναι περίπου το 1% της ξηρής ουσίας στο στάδιο του ώριμου πράσινου ή το 0,03% του νωπού βάρους του καρπού στην ωρίμανση. Καθώς ο εκφυλισμός του αμύλου συνδέεται με τη γρήγορη συσσώρευση των ανάγοντων σακχάρων (reducing sugars), υπάρχει μία μεγάλη συσχέτιση μεταξύ του αμύλου στους πράσινους καρπούς και των συνολικών διαλυτών στερεών στον ώριμο καρπό μεταξύ των ποικιλιών.

Η περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα, ως ποσοστό του νωπού βάρους του καρπού, αυξάνεται κατά την ανάπτυξη του καρπού και το pH του χυμού του ώριμου πράσινου καρπού είναι περίπου 4. Η περιεκτικότητα σε οξέα είναι υψηλότερη στις κοιλότητες απ' ό,τι στο τοίχωμα του περικαρπίου και τον πλακούντα. Τα οργανικά οξέα στον καρπό της τομάτας αποτελούνται κυρίως από κιτρικό οξύ και μηλικό και αποτελούν το 13% της ξηρής ουσίας. Κατά την αρχική αύξηση το μηλικό οξύ είναι αυτό που επικρατεί ενώ το κιτρικό οξύ αποτελεί μόνο το 25% της συνολικής οξύτητας, (Grieson et al., 1986).

## 2.5 Ωρίμανση του καρπού της τομάτας και επίδρασή της στα ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η μετατροπή του καρπού της τομάτας από το στάδιο του ώριμου πράσινου, στο πλήρως ώριμο στάδιο περιλαμβάνει ραγδαίες αλλαγές στο χρώμα, στη σύσταση, στο άρωμα, στη γεύση (flavour) και στην υφή του καρπού. Η ωρίμανση εξαρτάται από ένα μεγάλο εύρος αντιδράσεων σύνθεσης και εκφυλισμού. Αυτές περιλαμβάνουν μεταβολές στο μεταβολισμό και την έκφραση γονιδίων τα οποία έχουν τεράστια επίδραση στην ποιότητα των καρπών. Οι διάφορες φάσεις της ωρίμανσης εμφανίζονται να ρυθμίζονται από τις ορμόνες του φυτού αλλά μπορεί να τροποποιούνται από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, (Grieson et al., 1986).

Μερικές από τις σημαντικές αλλαγές που συμβαίνουν στη σύσταση του καρπού κατά την ωρίμανση φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 3:

**Πίνακας 3.** Αλλαγές στη σύσταση του καρπού της τομάτας κατά την ωρίμανση, (Grieson et al., 1986).

- 
- Εκφυλισμός του αμύλου και παραγωγή γλυκόζης και φρουκτόζης
  - Απώλεια της χλωροφύλλης
  - Σύνθεση των χρωστικών όπως του β-καροτένιου και του λυκοπενίου
  - Αύξηση των διαλυτών πηκτινών ως αποτέλεσμα του εκφυλισμού του κυτταρικού τοιχώματος και του μαλακώματός του
  - Παραγωγή των συστατικών της γεύσης και του αρώματος
  - Αύξηση του λόγου κιτρικό προς μηλικό οξύ
  - Αύξηση του γλουταμικού οξέος
  - Εκφυλισμός του τοξικού αλκαλοειδούς, α-τοματίνη
- 

Πολλές από αυτές τις αλλαγές μπορούν να πραγματοποιηθούν και όταν ο καρπός συγκομιστεί στο στάδιο του ώριμου πράσινου και αφεθεί να ωριμάσει. Αυτό σημαίνει ότι από κάποιες απόψεις η ωρίμανση εξαρτάται από το μεταβολισμό των συστατικών που ήδη υπάρχουν στον καρπό και όχι από τον εφοδιασμό συστατικών από το φυτό. Όμως αυτό δεν σημαίνει ότι η ποιότητα του καρπού που ωριμάζει αφού έχει συγκομιστεί είναι ίδια με αυτή που προκύπτει όταν ο καρπός επιτρέπεται να ωριμάσει πλήρως στο φυτό.

Όπως προαναφέρθηκε μία από τις σημαντικότερες αλλαγές κατά την ωρίμανση είναι η σύνθεση του κόκκινου χρώματος του καρπού και θα εξεταστεί πιο αναλυτικά. Το κόκκινο του ώριμου καρπού οφείλεται στην καταστροφή της χλωροφύλλης και την εκτεταμένη συσσώρευση των καροτενοειδών, β-καροτένιου και λυκοπενίου, καθώς οι χλωροπλάστες μεταπίπτουν σε χρωμοπλάστες. Αν και τα πλαστίδια του πράσινου καρπού συνθέτουν μικρές ποσότητες καροτενοειδών, η συσσώρευσή τους στον καρπό συνδέεται με τη λειτουργία ενός συνόλου ενζύμων που ενεργοποιούνται με το ξεκίνημα της ωρίμανσης.

Κατά την ωρίμανση των καρπών, το α- και β- καροτένιο φτάνουν σε μία μέγιστη συγκέντρωση κατά το στάδιο της έναρξης αλλαγής χρωματισμού ή του ελαφρά κόκκινου χρώματος. Το πορτοκαλί χρώμα του μισο-ώριμου καρπού έχει να κάνει με την αύξηση της περιεκτικότητας του β-καροτένιου ενώ το κόκκινο χρώμα του ώριμου καρπού οφείλεται στη γρήγορη συσσώρευση της λυκοπενίου, το οποίο φτάνει τα 40-180μg g<sup>-1</sup> νωπού βάρους σε διάφορες ποικιλίες και το οποίο αποτελεί το 50-76% των

συνολικών χρωστικών. Άλλες χρωστικές όπως το ζ- και το γ-καροτένιο, συσσωρεύονται επίσης στον ώριμο καρπό, όπως και οι άχρωμοι πρόδρομοι αυτών φυτοΐνη και φυτοφλουνένη.

Η συσσώρευση της λυκοπένιου κατά την ωρίμανση είναι πολύπλοκη, καθώς είναι ένας μεσάζων στη βιοσύνθεση του β-καροτένιου. Αυτή η εμφανής ανωμαλία (αφού το λυκοπένιο συσσωρεύεται όταν ο καρπός είναι ώριμος πια), θα μπορούσε να εξηγηθεί αν υπήρχαν ξεχωριστά ενζυμικά συστήματα για τη σύνθεση του λυκοπένιου και του β-καροτένιου. Το γεγονός ότι η σύνθεση του λυκοπένιου, αλλά όχι του β-καροτένιου, παρεμποδίζεται σε θερμοκρασίες 30-35 °C, υποστηρίζει την άποψη δύο ενζυμικών συστημάτων. Η συσσώρευση του λυκοπένιου θα μπορούσε επίσης να εξηγηθεί με την παρεμπόδιση της κυκλοποίησης (cyclization step), διαδικασίας που οδηγεί στη σύνθεση των καροτένιων.

Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία σε χρώματα και ομοιομορφία στις διάφορες ποικιλίες που ελέγχονται γενετικά, (Grieson et al., 1986).

Έχει βρεθεί ότι η περιεκτικότητα σε άμυλο, φτάνει σε ένα μέγιστο ακριβώς πριν οι καρποί αρχίσουν να κοκκινίζουν και κατόπιν ελαττώνεται απότομα καθώς προχωρεί η ωρίμανση. Παρατηρήθηκε επίσης ότι σε ηλιοκαμένους καρπούς ή τραυματισμένους καρπούς καθυστερεί η διάσπαση του αμύλου. Τέλος ο λόγος αμυλοπηκτικής / αμυλόζης, ελαττώνεται καθώς οι καρποί διογκώνονται αλλά αυξάνει με την ωρίμανση, (Καραουλάνης, 2003).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, αυτή αυξάνεται με την ωρίμανση και ειδικότερα όταν εξαφανίζεται το κίτρινο χρώμα από τον καρπό.

Όπως προαναφέρθηκε οι διαλυτοί υδατάνθρακες των καρπών της τομάτας, που έχουν εμπορική αξία, αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από ανάγοντα σάκχαρα. Τα σάκχαρα αποτελούν το 1,5-4,5% του νωπού βάρους του ώριμου καρπού και το 65% των συνολικών διαλυτών στερεών, πράγμα που έχει ως συνέπεια την επίδρασή τους στη γεύση του ώριμου καρπού. Τα ελεύθερα σάκχαρα αποτελούν η γλυκόζη και η φρουκτόζη, σε ίσες περίπου αναλογίες με ελαφρώς υψηλότερη την τελευταία. Η σακχαρόζη δεν υπερβαίνει το 0,1% του νωπού βάρους.

Έχει παρατηρηθεί, ότι τη μεγαλύτερη οξύτητα την έχουν οι τομάτες, όταν εμφανιστεί το ροζ χρώμα. Βρέθηκε ότι το μηλικό οξύ ελαττώνεται με την ωρίμανση, ενώ το κιτρικό αυξάνει και πέραν του πρασινοκίτρινου σταδίου και κατόπιν είτε ελαττώνεται είτε παρουσιάζει πολύ μικρές αλλαγές, (Καραουλάνης, 2003). Η συγκέντρωση σε κιτρικό οξύ αυξάνει σε ένα μέγιστο στο στάδιο του ώριμου πράσινου και διατηρείται σε αυτό το επίπεδο κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, ενώ η συγκέντρωση του μηλικού οξέος μειώνεται. Κατά συνέπεια, ο λόγος του μηλικού προς κιτρικό οξύ μειώνεται από 1,3 σε 0,6 κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού και το κιτρικό οξύ αποτελεί το μισό της συνολικής οξύτητας του ώριμου καρπού. Υπάρχουν διαφορές στις διάφορες ποικιλίες όσον αφορά το λόγο των δύο αυτών οξέων.

Ένας αριθμός παραγόντων, όπως ο γενότυπος, η ακτινοβολία και η καλιούχος λίπανση, η θερμοκρασία κατά την ωρίμανση, επιδρούν στο χρώμα, την οξύτητα και την περιεκτικότητα σε σάκχαρα και θα εξεταστούν πιο αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο, (Grieson et al., 1986).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C βρέθηκε ότι αυξάνει με την ωρίμανση και είτε συνεχίζει να αυξάνει ελαφρώς είτε ελαφρώς ελαττώνεται στα τελευταία στάδια της. Μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρείται στις ποικιλίες, οι οποίες ωριμάζουν γρήγορα, και μικρότερη σε αυτές που καθυστερούν να ωριμάσουν.

Η συγκέντρωση των πτητικών ενώσεων αυξάνει με την ωρίμανση. Σε εργασίες που έγιναν βρέθηκε ότι η συγκέντρωση της ακεταλδεϋδης και της αιθυλικής αλκοόλης αυξάνει κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού της τομάτας. Οι

ευρισκόμενες σε μικρές ποσότητες πτητικές ουσίες συμμετέχουν σημαντικά στο άρωμα και τη γεύση που έχουν οι τομάτες αμέσως μετά τη συγκομιδή τους. Σημαντική ποσότητα από το άρωμα έχει σχέση με την ύπαρξη του κάλυκα, ο οποίος συνήθως απομακρύνεται πριν ο καρπός φτάσει στη κατανάλωση. Η τυπική οσμή της τομάτας περιλαμβάνει αλκοόλες, καρβονυλικές ενώσεις καθώς και ακόρεστες ενώσεις, μεταβαλλόμενη από την παρουσία ιχών τερπενίων.

Τα περιεχόμενα ανόργανα συστατικά κατά τη διάρκεια σχηματισμού του καρπού της τομάτας ελαττώνονται ελαφρώς αρχικά, αλλά κατόπιν αυξάνουν με την ωρίμανση.

Η σκληρότητα του καρπού μειώνεται προοδευτικά κατά την ωρίμανση και είναι αποτέλεσμα της βαθμιαίας υδρόλυσης της πρωτοπηκτίνης σε πηκτίνη στα κυτταρικά τοιχώματα. Ο ρόλος των αδιάλυτων πηκτικικών ουσιών είναι πολύ σημαντικός τόσο κατά το σχηματισμό των καρπών όσο και κατά την ωρίμανση. Στους νεαρούς καρπούς δρουν σαν υλικό υποστηρίξεως, το οποίο ενισχύει πολύ την υφή, ενώ επιτρέπει συγχρόνως το πρωτόπλασμα να πάρει μέγεθος και σχήμα. Αυτές κατόπιν υφίστανται διασπάσεις από ενζυμικούς μηχανισμούς, στα τελευταία στάδια της ωρίμανσης, με αποτέλεσμα να χάνουν οι καρποί τελείως τη σκληρότητα και τη συνεκτικότητά τους, (Καραουλάνης, 2003).

## 2.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά της τομάτας

Η ποιότητα ενός προϊόντος καθορίζεται από όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά και ιδιότητες που εμπλέκονται στο να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις, τις ανάγκες και τις προσδοκίες του ατόμου που κρίνει το προϊόν. Γι' αυτό οι παραγωγοί ενδιαφέρονται οι τομάτες τους να έχουν καλή εμφάνιση και λίγα ελαττώματα. Επίσης γι' αυτούς, μία χρήσιμη ποικιλία τομάτας πρέπει να δίνει υψηλή παραγωγή, να είναι ανθεκτική σε ασθένειες, οι καρποί να συγκομίζονται εύκολα και να μεταφέρονται χωρίς να μειώνεται η ποιότητα τους. Από την άλλη οι παραλήπτες και οι διανομείς της τομάτας στην αγορά θεωρούν ως σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά την εμφάνιση, τη σταθερότητα των καρπών, τη συμπεριφορά ωρίμανσης του καρπού και τη διάρκεια ζωής του. Τέλος οι καταναλωτές θεωρούν καλής ποιότητας τομάτες αυτές που έχουν καλή εμφάνιση, είναι σταθερές (σφιχτές), που έχουν καλή γεύση και υψηλή θρεπτική αξία, (Grieson et al., 1986).

Παρακάτω εξετάζονται διεξοδικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών της τομάτας, όπως έχουν μελετηθεί τα τελευταία χρόνια από ένα πλήθος ερευνητών.

Όπως είναι γνωστό το εξωτερικό χρώμα στις τομάτες είναι το αποτέλεσμα του χρώματος τόσο της σάρκας όσο και της επιδερμίδας, (Grieson et al., 1986). Επίσης η όψη των αγγείων, που επεκτείνονται μέσω του περικαρπίου σε όλο τον καρπό, επηρεάζεται από το επίπεδο χρωματισμού του καρπού, και συμβάλλει επίσης στην εμφάνιση του καρπού, (Hetherington et al., 1992).

Υπάρχουν γενότυποι στην τομάτα οι οποίοι δίνουν χρώματα ροζ-πορφυρό, πορτοκαλί, σκούρο κίτρινο, ανοιχτό κίτρινο, κίτρινο με ροζ κορυφή και άλλα χρώματα. Βέβαια οι περισσότεροι καταναλωτές προτιμούν τις τομάτες που έχουν βαθύ ομοιόμορφο κόκκινο χρώμα, (Grieson et al., 1986).

Έχει βρεθεί ότι το χρώμα στις τομάτες είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό που επιδρά στην αγοραστική απόφαση του καταναλωτή και είναι επίσης ένα πολύ σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό για τη βιομηχανία τομάτας.

Όπως προαναφέρθηκε, η τομάτα το οφείλει το ελκυστικό χρώμα της στα καροτενοειδή, και κυρίως στο β-καροτένιο και στο λυκοπένιο.

Όμως τα καροτενοειδή είναι σημαντικά όχι μόνο για το χρώμα που προσδίδουν στους καρπούς αλλά και για τη θρεπτική τους αξία και τα οφέλη που προσφέρουν στην υγεία. Τα καροτενοειδή μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης ορισμένων μορφών καρκίνου, αρτηριοσκλήρωσης, καταρράκτη και παίζουν ένα ρόλο στην πρόληψη ασθενειών. Το β-καροτένιο αποτελεί τη βιταμίνη Α, ενώ το λυκοπένιο δρα ως αντιοξειδωτικό, αντικαρκινικό και αντι-μεταλλαξιγόνο, (Arias et al., 2000).

Η βιταμίνη Α αποτελεί ένα από τα κυριότερα θρεπτικά στοιχεία του καρπού της τομάτας ο οποίος αποτελεί μία σημαντική πηγή αυτής, για τη διατροφή. Η δραστηριότητα της βιταμίνης Α καθορίζεται από την περιεκτικότητα σε β-καροτένιο. Γενικά, ποικιλίες που έχουν καλύτερο χρώμα έχουν περισσότερη βιταμίνη Α, χωρίς να είναι πάντα απόλυτο, (Stevens et al., 1986).

Επίσης εκτός από το χρώμα του καρπού, ένα άλλο σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό, για τους αγοραστές και τους καταναλωτές είναι η υφή του καρπού. Η υφή επηρεάζεται από τη σταθερότητα της σάρκας και την αντίσταση της επιδερμίδας. Το μαλάκωμα του καρπού που συμβαίνει κατά την αποθήκευση, τη διανομή και την ωρίμανση των καρπών της τομάτας μπορεί να είναι μεγάλο πρόβλημα γιατί αυξάνει την ευπάθεια σε ζημιές. Η σκληρότητα, (firmness), έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης ποιότητας και μπορεί να είναι ο τελικός δείκτης με βάση τον οποίο οι καταναλωτές αποφασίζουν να αγοράσουν τομάτες, (Batu, 2004).

Επίσης άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι αν και το πρώτο που διακρίνεται είναι το χρώμα, μπορεί να μην είναι ο κυριότερος παράγοντας επιλογής από τον καταναλωτή και αποδείχθηκε ότι το μέγεθος είναι ο κυριότερος, ακολουθεί η καλή κατάσταση του καρπού και στη συνέχεια το χρώμα, ((Hetherington et al., 1992).

Ένα άλλο πολύ σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό είναι η σύμπλοκη γεύση, (flavor), του καρπού, η οποία περιλαμβάνει εκτός από την καθαυτό γεύση, (taste), που οφείλεται στα σάκχαρα και οξέα των φρούτων και λαχανικών και το άρωμα, που οφείλεται στα πτητικά τους συστατικά.

Η ποιότητα καθορίζεται άριστα από τον αγοραστή και αποτελεί κομμάτι ενός μεγάλου εύρους παραγόντων που οδηγούν στην αποδοχή από τον καταναλωτή.

Μερικοί ερευνητές αναφέρουν ότι ο λόγος Διαλυτά στερεά / Ογκομετρούμενη οξύτητα είναι σημαντικός για τον καθορισμό της γεύσης μεταξύ των ποικιλιών ενώ άλλοι αναφέρουν ότι η γεύση αυξάνεται με αύξηση των συνολικών σακχάρων και οξέων στον καρπό. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα επίπεδα σακχάρων και οξέων στην τομάτα επηρεάζουν όχι μόνο τη γεύση αλλά και τη γλυκύτητα και την αλμυρότητα, (Malundo et al., 1995).

Έχει αποδειχθεί ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ του pH και των σακχάρων καθορίζουν τις διαφορές στη γλυκύτητα και τη γεύση μεταξύ των ποικιλιών. Αυτά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά καθορίζονται σημαντικά από την κατανομή των θρεπτικών στα αναπτυσσόμενα μέρη και από τη φυσική σύνδεση μεταξύ των εφοδιαστών και των παραληπτών των θρεπτικών. Αυτή η σχέση επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, την ηλιακή ακτινοβολία, το CO<sub>2</sub>, το νερό και τα θρεπτικά συστατικά, (Traka et al., 1995).

Η γεύση συνδέεται με τις διαφορές στην περιεκτικότητα σε οξέα και σάκχαρα. Η παραλλακτικότητα στην περιεκτικότητα σε οξέα έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στη γεύση απ' ότι η παραλλακτικότητα στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα.

Διαφορές στη σύσταση μεταξύ των ιστών του περικαρπίου και των κοιλοτήτων, μπορεί να έχουν τεράστια επίδραση στη γεύση. Οι πιο σημαντικές διαφορές βρίσκονται στη διαφορετική περιεκτικότητα σε οξέα. Οι κοιλότητες περιέχουν πολύ μεγαλύτερα επίπεδα οξέων από το περικάρπιο. Αποτελούν το 14-35% του συνολικού

βάρους του καρπού. Ο ιστός του περικαρπίου περιέχει περισσότερο από 20% των αναγόντων σακχάρων και 36% περισσότερο γλυκόζη από τις κοιλότητες, ενώ δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε φρουκτόζη, (Stevens et al., 1986).

Η σταθερότητα, το χρώμα, η σφαιρικότητα, η απουσία ελαττωμάτων, η ομοιομορφία στο μέγεθος είναι τα μη-καταστροφικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται ευρέως από τους καταναλωτές και του διανομείς στην εκτίμηση της ποιότητας της τομάτας, (Hobson, 1995).

Επίσης άλλα χαρακτηριστικά που αφορούν την ποιότητα της τομάτας είναι το σχήμα του καρπού, τα ελαττώματα και η εμφάνιση ασθeneιών (αναφέρονται παρακάτω). Η προτίμηση για συγκεκριμένο μέγεθος καρπών τομάτας ποικίλει ανάλογα με τον καταναλωτή και εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από τη χρήση αυτών των καρπών. Το μέγεθος των καρπών ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία, (Grieson et al., 1986).

Όπως προαναφέρθηκε ένας από τους λόγους που η τομάτα είναι τόσο δημοφιλές λαχανικό είναι ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνη C, η οποία αποτελεί την πιο σημαντική βιταμίνη για την ανθρώπινη διατροφή. Τα ασκορβικό οξύ, AA (L-ascorbic acid), αποτελεί τη βασική βιολογικά ενεργή μορφή της, αλλά και το άνυδρο-ασκορβικό οξύ, DHA (L-dehydroascorbic acid), ένα προϊόν οξείδωσης, παρουσιάζεται επίσης βιολογικά ενεργό και αποτελεί το 10% της βιταμίνης C.

Η βιταμίνη C, είναι απαραίτητη για την πρόληψη του σκορβούτου και τη διατήρηση υγιούς επιδερμίδας, ούλων και αιμοφόρων αγγείων. Επίσης είναι γνωστή για το ρόλο της στη δόμηση του κολλαγόνου, την απορρόφηση του ανόργανου σιδήρου και τη μείωση της χοληστερίνης. Είναι αντιοξειδωτικό και μειώνει τον κίνδυνο για αρτηριοσκλήρωση, καρδιαγγειακά νοσήματα και μερικούς τύπους καρκίνου, (Seung et al., 2000).

## **2.7 Παράγοντες που επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά**

### **α) Παράγοντες που επηρεάζουν το χρώμα των καρπών**

Η βιοσύνθεση των καροτενοειδών είναι πολύ ευαίσθητη στη θερμοκρασία. Η ανάπτυξη του λυκοπένιου κατά την ωρίμανση αναστέλλεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 30 °C. Η βιοσύνθεση του β-καροτένιου εμφανίζεται να είναι λιγότερο ευαίσθητη στη θερμοκρασία, ενώ μέρος του β-καροτένιου που βρέθηκε σε ώριμο καρπό, υπάρχει ήδη στον πράσινο καρπό, συνδεδεμένο με τους χλωροπλάστες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα καρποί που δεν ωριμάζουν κάτω από τις κατάλληλες θερμοκρασίες (suboptimum) μπορεί να έχουν πιο πορτοκαλί χρώμα από το επιθυμητό, εξαιτίας της αλλαγής του λόγου β-καροτένιου και λυκοπένιου, (Stevens et al., 1986).

Είναι γνωστό ότι οι καρποί της τομάτας όταν εκτίθενται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 32 °C, δείχνουν μία μείωση στη σύνθεση των καροτενοειδών και μία επιδείνωση στο χρώμα του καρπού. Αποδείχθηκε ότι η παραγωγή ABA που επιδρά στη σύνθεση του λυκοπένιου από τη νευροσπορίνη, παρεμποδίστηκε σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 30 °C. Επίσης η επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας στη σύνθεση των καροτενοειδών, εξαρτάται από το γενότυπο της ποικιλίας. Επίσης οι ποικιλίες που είχαν λιγότερα καροτενοειδή είχαν λιγότερη φυτοφλουονίνη και ήταν πιο ευπαθείς στην υψηλή θερμοκρασία. Η φυτοφλουονίνη που είναι ένα άχρωμο καροτενοειδές, και πρόδρομος όλων των έγχρωμων καροτενοειδών, χάνεται πιο

γρήγορα και περισσότερο από όλα τα έγχρωμα καροτενοειδή σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών, (Tohjiima, 1995).

Έχει βρεθεί ότι το άριστο επίπεδο θερμοκρασίας για τη μέγιστη σύνθεση του χρώματος, κυμαίνεται γύρω στους 21-22 °C. Το χρώμα είναι πολύ φτωχό όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από 13 °C, και επίσης, η σύνθεσή του περιορίζεται όταν η θερμοκρασία ανέρχεται πέρα από των 24 °C. Ειδικότερα για το λυκοπένιο, η σύνθεσή του επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες από 10-30 °C. Όσον αφορά τις συνθήκες φωτός το λυκοπένιο σχηματίζεται με την επίδραση του διάχυτου φωτός υπό σκιά.

Το καροτένιο δίνει το κίτρινο-πορτοκαλί χρώμα στον καρπό της τομάτας και η σύνθεσή του επιτυγχάνεται επίσης σε θερμοκρασίες από 10-30 °C, αλλά για να συντεθεί χρειάζεται απαραίτητα την άμεση ακτινοβολία.

Όταν οι θερμοκρασίες είναι μικρότερες από 10 °C, οι καρποί παραμένουν πράσινοι, γιατί δεν συντίθεται καμία από τις δύο χρωστικές, (Ολύμπιος 2001).

Πολλές φορές παρατηρούνται ανωμαλίες στο χρωματισμό του καρπού κατά την ωρίμανση, όπως πρασίνισμα της βάσης του καρπού γύρω από τον ποδίσκο, κηλιδώσεις πράσινες και κίτρινες κ.α. Τα αίτια μπορεί να οφείλονται σε κλιματικούς παράγοντες, αλλά και σε ανισορροπίες στη θρέψη του φυτού. Έλλειψη καλίου και μαγνησίου προκαλεί ανομοιομορφίες στο χρωματισμό επομένως θα πρέπει να αυξηθεί η χορηγούμενη ποσότητα. Ο φώσφορος δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε μεγάλες ποσότητες ούτε σε μειωμένες. Το άζωτο έχει πολύπλοκη δράση και το ασβέστιο έχει μικρή επίδραση στο χρωματισμό, (Ολύμπιος 2001).

Άλλη παρατήρηση είναι ότι το φως βελτιώνει το χρώμα των έτοιμων για συγκομιδή πράσινων καρπών ενώ άλλοι ερευνητές έδειξαν ότι ο σχηματισμός του λυκοπένιου εξαρτάται από την παρουσία του O<sub>2</sub>. Εν τούτοις ο φωτισμός των πράσινων καρπών στην κατάλληλη θερμοκρασία δρα ως υποκατάστατο, πιθανώς δια του σχηματισμού ικανού οξυγόνου μέσω της φωτοσύνθεσης.

Ερευνητές, οι οποίοι μελέτησαν το χρώμα σε συντηρημένους καρπούς τομάτας, έδειξαν ότι, μεταξύ 21 και 24 °C, το λυκοπένιο αυξάνει με το φωτισμό και μετά την εξαφάνιση της χλωροφύλλης. Τα καροτένια επίσης αυξάνουν υπό φωτισμό στους ευρισκόμενους σε οποιοδήποτε στάδιο ωριμότητας καρπούς τομάτας.

Άλλοι ερευνητές μελέτησαν την επίδραση της σκιάς στους καρπούς και βρήκαν, ότι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης, του καροτένιου και της ξανθοφύλλης, ήταν μεγαλύτερη στους εκτεθειμένους στο φως καρπούς ενώ του περιεχόμενου λυκοπένιου ήταν μικρότερη. Τέλος αρκετοί ερευνητές βρήκαν ότι ο σχηματισμός των χρωστικών εξαρτάται από το φωτισμό, (Καραουλάνης, 2003).

## **β) Παράγοντες που επηρεάζουν την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C**

**Κλιματικές συνθήκες:** Αν και το φως δεν είναι απαραίτητο για τη σύνθεση του ασκορβικού οξέος, η ποσότητα και η ένταση της ακτινοβολίας κατά την ανάπτυξη του καρπού, έχουν καθοριστική επίδραση στο ποσό του ασκορβικού οξέος που συντίθεται. Το ασκορβικό οξύ συντίθεται από τα σάκχαρα που σχηματίζονται κατά τη φωτοσύνθεση. Καρποί που εκτίθενται σε ηλιακή ακτινοβολία υψηλής έντασης, περιέχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βιταμίνης C, από τους σκιαζόμενους, (Seung et al., 2000).

Ακόμα και στον ίδιο καρπό η περιεκτικότητα των διαφόρων τμημάτων του σε βιταμίνη C, εξαρτάται από το κατά πόσο αυτά είναι εκτεθειμένα στο φως του ήλιου. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος μειώνεται καθώς μεγαλώνει η απόσταση από την επιδερμίδα και ότι η μεγαλύτερη συγκέντρωση είναι στο ζελέ ο οποίος περιβάλλει τα σπέρματα, (Καραουλάνης, 2003).



**Καλλιεργητικές τεχνικές:** Η αζωτούχος λίπανση ιδιαίτερα σε υψηλές ποσότητες, αποδεικνύεται να μειώνει τη συγκέντρωση σε βιταμίνη C σε πολλά φρούτα και λαχανικά.

Οι διάφορες καλλιεργητικές τεχνικές όπως το κλάδεμα και το αραίωμα, που καθορίζουν το φορτίο της καλλιέργειας και το μέγεθος των καρπών, μπορεί να επηρεάσουν τη σύσταση των καρπών. Επίσης η χρήση παρασιτοκτόνων και ρυθμιστών αύξησης, μπορεί έμμεσα να επηρεάζουν την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C.

**Στάδιο ωρίμανσης κατά τη συγκομιδή:** Καρποί τομάτας που συγκομίστηκαν πράσινοι και ωρίμασαν στους 20 °C περιέχουν λιγότερο ασκορβικό οξύ από αυτούς που συγκομίστηκαν στο ώριμο στάδιο. Επίσης καρποί που συγκομίστηκαν στο στάδιο της έναρξης αλλαγής χρωματισμού περιείχαν μόνο το 69% του ασκορβικού οξέος που θα μπορούσαν να έχουν στο ώριμο στάδιο.

**Μέθοδος συγκομιδής:** Μηχανικοί τραυματισμοί κατά τη συγκομιδή επιταχύνουν τις απώλειες σε βιταμίνη C, (Seung et al., 2000).

**Γενότυπος:** Υπάρχει μία μεγάλη παραλλακτικότητα σε βιταμίνη C, μεταξύ των ποικιλιών και των ειδών. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, μπορεί να κυμαίνεται από 8 έως 119 mg 100g<sup>-1</sup>. Επίσης υπάρχει μία σχέση μεταξύ υψηλής περιεκτικότητας σε βιταμίνη C και χαμηλής παραγωγής, (Stevens et al., 1986)

#### γ) Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα και το μέγεθος του καρπού

Οι διάφορες ποικιλίες διαφέρουν ως προς το σχήμα των καρπών το οποίο μπορεί να είναι σφαιρικό, πεπλατυσμένο, επίμηκες, ή απιοειδές. Επιπρόσθετα, στην περιγραφή των παραπάνω σχημάτων, ο λόγος της πολικής διαμέτρου προς τη διάμετρο του ισημερινού, ή ο λόγος της μέγιστης προς την ελάχιστη διάμετρο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες του σχήματος των καρπών. Ενώ το σχήμα του καρπού δεν έχει καμία επίδραση στη γεύση ή την υφή του καρπού, μπορεί να έχει έμμεση επίδραση στην εσωτερική δομή του καρπού (λόγος περικαρπίου / κοιλότητες). Επίσης ένα ανώμαλο σχήμα μπορεί να σημαίνει ανωριμότητα ή κενό καρπό. Συνήθως ανωμαλίες στο σχήμα έχουν να κάνουν με φτωχή γονιμοποίηση και ανώμαλη ανάπτυξη ορισμένων κοιλοτήτων. Καρποί που παρουσιάζουν τέτοιες ανωμαλίες, συνήθως απορρίπτονται, (Grieson et al., 1986). Το σχήμα και το μέγεθος του καρπού εξαρτώνται από την ποικιλία, το περιβάλλον, το ποσοστό καρπόδεσης αλλά και από τη λίπανση. Μικρές και υπερβολικές ποσότητες αζώτου και μαγνησίου, όπως και υπερβολικές ποσότητες καλίου, προκαλούν το σχηματισμό μικρών καρπών. Αντίθετα, μικρές ποσότητες καλίου και μέση συγκέντρωση αζώτου προκαλεί το σχηματισμό μεγάλων καρπών, αλλά υποβαθμισμένης ποιότητας, (Ολύμπιος 2001).

#### δ) Παράγοντες που επηρεάζουν τη συνεκτικότητα των καρπών

Αύξηση του καλίου αυξάνει τη συνεκτικότητα και την οξύτητα των καρπών, (βελτίωση γεύσης) και μειώνει το ποσοστό των κενών χώρων στον καρπό. Αυξημένες δόσεις φωσφόρου αυξάνουν τα κενά στο εσωτερικό των καρπών και μειώνουν την

οξύτητά τους, δηλαδή υποβαθμίζεται η ποιότητα. Το ασβέστιο συμβάλλει στην αύξηση της συνεκτικότητας του καρπού, (Ολύμπιος 2001).

### **ε) Παράγοντες που επηρεάζουν τη γεύση του καρπού**

Έχει αποδειχθεί ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ του pH και των σακχάρων καθορίζουν τις διαφορές στη γλυκύτητα και τη γεύση μεταξύ των ποικιλιών. Αυτά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά καθορίζονται σημαντικά από την κατανομή των θρεπτικών στα αναπτυσσόμενα μέρη και από τη φυσική σύνδεση μεταξύ των εφοδιαστών και των παραληπτών των θρεπτικών. Αυτή η σχέση επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, την ηλιακή ακτινοβολία, το CO<sub>2</sub>, το νερό και τα θρεπτικά συστατικά, (Traka et al., 1995).

Διαφορές στη σύσταση μεταξύ των ιστών του περικαρπίου και των κοιλοτήτων, μπορεί να έχουν τεράστια επίδραση στη γεύση. Οι πιο σημαντικές διαφορές βρίσκονται στη διαφορετική περιεκτικότητα σε οξέα. Οι κοιλότητες περιέχουν πολύ μεγαλύτερα επίπεδα οξέων από το περικάρπιο. Αποτελούν το 14-35% του συνολικού βάρους του καρπού. Ο ιστός του περικαρπίου περιέχει περισσότερο από 20% των αναγόντων σακχάρων και 36% περισσότερο γλυκόζη από τις κοιλότητες, ενώ δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε φρουκτόζη, (Stevens et al., 1986).

Στις περισσότερες περιπτώσεις η παραγωγή και η περιεκτικότητα σε συνολικά διαλυτά στερεά είναι αντιστρόφως ανάλογα. Η πυκνότητα φύτευσης, τα θρεπτικά και η αλατότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επηρεάσουν την παραγωγή και τη σύσταση του καρπού, (Hobson, 1995).

Αλλαγές στα επίπεδα σακχάρων στον καρπό, οφείλονται στις διαφορές στην ένταση φωτισμού κατά την περίοδο της σύνθεσής τους, καθώς και από τη χρονική περίοδο. Για παράδειγμα οι καρποί που συγκομίστηκαν την άνοιξη έχουν περισσότερα σάκχαρα, από αυτούς που συγκομίστηκαν το φθινόπωρο. Επίσης καρποί που συγκομίστηκαν τον Ιούνιο έδειξαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα από αυτούς που συγκομίστηκαν τον Αύγουστο.

Γενικά η λίπανση με βασικά στοιχεία έχει μικρή επίδραση στη συγκέντρωση των σακχάρων, ενώ η υψηλή λίπανση με άζωτο έχει ακριβώς τα αντίθετα αποτελέσματα, (Καραουλάνης, 2003).

Το αφθονότερο οξύ στις ώριμες τομάτες είναι το κιτρικό οξύ και ακολουθεί το μηλικό. Άλλα οξέα που συναντώνται είναι το μυρμηκικό, το οξικό, το trans ακονιτικό, καθώς και ίχνη του γαλακτικού και φουμαρικού οξέος στα επεξεργασμένα προϊόντα της τομάτας. Οι διάφορες ποικιλίες μπορεί να διαφέρουν σημαντικά στην οξύτητα. Επίσης παρατηρήθηκε ότι πρώιμες ποικιλίες έχουν υψηλό λόγο μηλικού / κιτρικού οξέος, ενώ οι όψιμες ποικιλίες περιέχουν περισσότερο κιτρικό οξύ.

Φαίνεται ότι υπάρχει στενή σχέση μεταξύ K και οξύτητας στους καρπούς της τομάτας και ότι πολύ σημαντικές θετικές συσχετίσεις έχουν βρεθεί μεταξύ του περιεχόμενου K και της συνολικής ογκομετρούμενης οξύτητας. Κάθε παράγοντας ο οποίος συντελεί στην αύξηση του περιεχόμενου K στον καρπό, προκαλεί συγχρόνως και μια αντίστοιχη αύξηση σε οργανικά οξέα, ώστε το pH του καρπού να παραμένει σταθερό. Κανονικά αυτό θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 4.0 και 4.5 ενώ έχει βρεθεί να υπάρχει μια θετική λογαριθμική σχέση μεταξύ οξύτητας και περιεχομένου K.

Τέλος η λίπανση με N αυξάνει την οξύτητα ενώ με φώσφορο την ελαττώνει. Αλλά και η μορφή της αζωτούχου λίπανσης έχει σχέση με το ποσοστό της οξύτητας π.χ. με εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης υπό μορφή αμμωνίας, οι τομάτες έχουν μικρότερη οξύτητα, απ' ότι όταν χρησιμοποιούμε νιτρικό άζωτο. Η συνδυασμένη

επίδραση του υψηλού N και K όχι μόνο έχει σημασία για την οξύτητα αλλά και για τη δραστηριότητα των πηκτικικών ενζύμων, την υψηλή παραγωγή καρπών και την ελάττωση των φυσιολογικών ανωμαλιών που παρατηρούνται κατά την ωρίμανση. Το Ca και Mg έχουν μικρή επίδραση στην οξύτητα της τομάτας, ενώ υψηλή περιεκτικότητα σε Ca μαζί με υψηλή περιεκτικότητα K ελαττώνουν την οξύτητα, (Καραουλάνης, 2003).

Επίσης, υπάρχει μία τεράστια ποικιλία γενοτύπων ως προς το pH και την ογκομετρούμενη οξύτητα. Έχει βρεθεί μία ποικιλία του pH από 4,26 έως 4,82 και του ποσοστού σε κιτρικό οξύ από 0,40 έως 0,91%, (Stevens et al., 1986)

### **στ) Παράγοντες που επηρεάζουν την πρόσληψη θρεπτικών από τον καρπό**

Η πρόσληψη θρεπτικών από τον καρπό της τομάτας μπορεί να παίζει ένα σημαντικό ρόλο σε κάποια από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως η γεύση, και σε κάποιες φυσιολογικές ανωμαλίες, όπως η ξηρή σήψη κορυφής, γι' αυτό θεωρείται απαραίτητο, να αναλυθεί πιο διεξοδικά.

Η πρόσληψη θρεπτικών αυξάνεται με την ηλικία του φυτού. Όταν όμως τα ώριμα φυτά φτάσουν σε μία ισορροπία μεταξύ ανάπτυξης και αφαίρεσης καρπών και φύλλων, η πρόσληψη θρεπτικών γίνεται σχεδόν σταθερή. Για παράδειγμα η πρόσληψη K αυξάνεται σε ένα μέγιστο 10 εβδομάδες μετά τη φύτευση και στη συνέχεια μειώνεται σε μια σταθερή τιμή, ανακλώντας τις αλλαγές στο φορτίο των καρπών. Έχει βρεθεί μία γραμμική σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε ξηρή ουσία και της περιεκτικότητας σε K, γεγονός που δείχνει ότι η πρόσληψη K σχετίζεται άμεσα με τη συσσώρευση της ξηρής ουσίας στον καρπό. Όμως από τη στιγμή που η πρόσληψη των θρεπτικών K και Ca συσχετίζονται σημαντικά με την πρόσληψη νερού, αλλαγές που παρατηρούνται στην πρόσληψη νερού με την αύξηση της ηλικίας των φυτών συνδέονται με αλλαγές που σχετίζονται με το περιβάλλον όπως η θερμοκρασία αέρα. Σε αντίθεση με το K, ο ρυθμός πρόσληψης ασβεστίου, μειώνεται μετά από 6 εβδομάδες ανάπτυξης. Γι' αυτό ο λόγος K/Ca αυξάνεται σ' αυτή τη φάση της ανάπτυξης.

Η πρόσληψη θρεπτικών από τα φυτά τομάτας επηρεάζονται από τη συγκέντρωση του θρεπτικού διαλύματος, από την αλατότητα και από τη θερμοκρασία και αερισμό στο περιβάλλον της ρίζας.

Η κατάσταση του Ca και K στα φυτά και στους καρπούς καθορίζεται αρχικά από τις συγκεντρώσεις Ca και K στις ρίζες. Επίσης οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θρεπτικών μπορεί να προκαλέσουν ξηρή σήψη κορυφής. Για παράδειγμα πολύ υψηλά επίπεδα N, K ή Mg στις ρίζες μπορεί να μειώσει την πρόσληψη Ca και άρα την περιεκτικότητα Ca στους καρπούς. Η θέρμανση στο περιβάλλον της ρίζας είναι πολύ σημαντικός παράγοντας, καθώς η αύξηση θερμοκρασίας αυξάνει το ρυθμό αύξησης του φυτού, τη διαπνοή και την πρόσληψη ιόντων. Πάντως υπολογισμοί έχουν δείξει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας, αυξάνει περισσότερο την πρόσληψη Ca σε σχέση με την πρόσληψη K.

**Αερισμός:** Γενικά η πρόσληψη νερού και θρεπτικών μειώνεται με κακό αερισμό στο περιβάλλον της ρίζας. Καλός αερισμός τη νύχτα μπορεί να είναι ευεργετικός στη διατήρηση επαρκούς μεταφοράς Ca στους καρπούς, αφού ο ανταγωνισμός των φύλλων για Ca είναι μειωμένος σε σχέση με τη μέρα.

**Αλατότητα:** Αύξηση της αλατότητας, περιορίζει την πρόσληψη νερού και θρεπτικών και έτσι περιορίζει την ανάπτυξη του φυτού. Η αλατότητα μειώνει την ανάπτυξη και έτσι την παραγωγή αλλά βελτιώνει την ποιότητα και τη γεύση των καρπών.

**Μεταφορά θρεπτικών στο βλαστό:** Η μεταφορά K και Ca διαφέρουν αφού το K κινείται τόσο στο φλοιώμα όσο και στο ξύλωμα, ενώ η κίνηση του Ca γίνεται στο ξύλωμα. Αυτό συνεπάγεται διαφορετική μεταφορά των δύο στοιχείων σε αλλαγές του περιβάλλοντος. Επίσης η είσοδος των θρεπτικών επηρεάζεται από τη διαπνοή.

**Μεταφορά θρεπτικών μεταξύ φύλλων και καρπών:** Το K μεταφέρεται από τα φύλλα στον καρπό, ενώ από την άλλη το Ca μεταφέρεται από τη ρίζα στον καρπό, αφού δεν μπορεί να μεταφερθεί μέσω του φλοιώματος από τα φύλλα. Το Ca πηγαίνει στα φύλλα μέσω της διαπνοής και μένει εκεί. Συνεπώς τα παλιά φύλλα συσσωρεύουν μεγάλες συγκεντρώσεις Ca (>10% της ξηρής ουσίας) ενώ στους καρπούς παραμένει σε πολύ χαμηλά επίπεδα (<0,1%).

**Αλατότητα στις ρίζες:** Η μεταφορά K και Ca στα φύλλα και τον καρπό επηρεάζεται διαφορετικά από την αλατότητα στο θρεπτικό διάλυμα. Όταν η αλατότητα αυξήθηκε με προσθήκη NaCl, η συγκέντρωση K στα φύλλα μειώθηκε λίγο ενώ του Ca κατά πολύ. Η αντίστοιχη μείωση στις συγκεντρώσεις στον καρπό ήταν δύο φορές μεγαλύτερη για το Ca σε σχέση με το K. Αφού ο καρπός έχει πολύ μικρή διαπνοή μόνο μια μικρή ποσότητα νερού εισέρχεται μέσω του ξυλώματος, γι' αυτό και η μικρή συγκέντρωση Ca. Το K από την άλλη εισέρχεται στον καρπό μέσω του φλοιώματος, έτσι ο ρυθμός μεταφοράς επηρεάζεται λιγότερο από την αλατότητα. Γι' αυτό η αλατότητα μειώνει τη συσσώρευση Ca στον καρπό περισσότερο από το K. Αυξάνοντας την αλατότητα μειώνεται η περιεκτικότητα Ca στον. Αυτή η μείωση ήταν ακόμα πιο σημαντική όταν το Ca στη ρίζα ήταν χαμηλό. Πάντως η αύξηση της αλατότητας προσθέτοντας άλλα βασικά θρεπτικά και όχι NaCl, οδηγεί σε περισσότερη μείωση του Ca.

Ανεξάρτητα από την πηγή αλατότητας, αυξάνοντας την αλατότητα, αυξάνεται η συγκέντρωση σε K και οξέα στον καρπό εξαιτίας της μείωσης της περιεκτικότητας σε νερό.

**Υγρασία:** Η υψηλή υγρασία μειώνει τη διαπνοή και επομένως μειώνεται ο ρυθμός μεταφοράς K και Ca στα φύλλα ειδικά στα ακραία φυλλάρια με τη γρήγορη ανάπτυξη των νεαρών φύλλων. Η μεταφορά Ca στους καρπούς επηρεάζεται επίσης από την υγρασία, αφού αύξηση της υγρασίας την ημέρα, οδηγεί σε μείωση της διαπνοής και επομένως μείωση της μεταφοράς Ca στα φύλλα και έτσι το περισσότερο από το Ca μένει διαθέσιμο στους καρπούς και αυξάνεται η συγκέντρωση Ca στους καρπούς. Γι' αυτό η υγρασία στο θερμοκήπιο πρέπει να ελέγχεται για την ισορροπία του Ca τόσο στα φύλλα όσο και στους καρπούς για υγιή φυτά και καλή ποιότητα καρπών.

**Διάθεση θρεπτικών στον καρπό:** Η διάθεση K και Ca στα διάφορα τμήματα του καρπού της τομάτας διαφέρει ανάλογα με τον τύπο μεταφοράς τους στον καρπό.

**Κάλιο:** Ο καρπός παίρνει το 60% του προσλαμβανόμενου K. Το K αποτελεί σχεδόν το 90% των κατιόντων που υπάρχουν στον καρπό της τομάτας και το περικάρπιο συσσωρεύει περισσότερο K από τις κοιλότητες π.χ. 60% και 40% του συνολικού. Παρ' όλα αυτά η οξύτητα στις κοιλότητες είναι μεγαλύτερη από το περικάρπιο. Το K είναι το πιο σημαντικό θρεπτικό για την ποιότητα του καρπού και τη γεύση.

**Ασβέστιο:** Το Ca συγκεντρώνεται κυρίως στη βάση του καρπού, (στον κάλυκα) και η συγκέντρωσή του μειώνεται έντονα στην κορυφή του. Αυτή η ανομοιομορφή

μεταφορά του Ca στον καρπό προκαλείται κυρίως από τη μικρή ανάπτυξη του ξυλώματος στη βάση. Έτσι η κορυφή, αν και συγκεντρώνει το 24% της ξηρής ουσίας του καρπού, το ποσοστό της σε Ca είναι μόνο 13%. Κατά συνέπεια στην περιοχή αυτή αναπτύσσεται αρχικά, η ξηρή σήψη κορυφής, ως αποτέλεσμα της διάρρηξης των μεμβρανών του κυττάρου και της διαρροής του περιεχόμενου.

Υπάρχει μία αντίστροφη σχέση μεταξύ του μεγέθους του καρπού και της οξύτητας. Μικροί καρποί έχουν μεγαλύτερες κοιλότητες και άρα υψηλό K και οξέα. Ποικιλίες με μεγάλο μέγεθος καρπούς ή μεγάλο φορτίο καρπών είναι πιο ευαίσθητες στην ξηρή σήψη κορυφής. Επίσης η ευπάθεια στην ξηρή σήψη κορυφής, συνδέεται με τις υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες οδηγούν σε γρήγορη αύξηση των καρπών, και με χαμηλή υγρασία, με αποτέλεσμα κατά τη διαπνοή, το Ca κινείται προς τα φύλλα και όχι προς τους καρπούς, (Adams et al., 1995).

## 2.8 Ανωμαλίες στον καρπό της τομάτας

Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότερες ανωμαλίες που μπορεί να παρατηρηθούν στους καρπούς της τομάτας και οι οποίες μπορεί να οφείλονται στο γενότυπο της ποικιλίας, στη φυσιολογία του καρπού, στη θρέψη ή σε κλιματικούς παράγοντες. Όλες αυτές οι ανωμαλίες, αποτελούν παράγοντες που συμβάλλουν αρνητικά στην ποιότητα και κατά συνέπεια στην εμπορευσιμότητα των καρπών της τομάτας.

### 1. Σχίσσιμο ή Σχάσιμο του καρπού (cracking)

Στον καρπό της τομάτας συμβαίνουν δύο διαφορετικοί τύποι σχισίματος, είτε περιμετρικά του ώμου του καρπού, είτε κάθετα προς το μίσχο. Είναι δυνατόν να εμφανίζονται και οι δύο τύποι στον ίδιο καρπό, (Ολύμπιος, 2001).

Το φαινόμενο εμφανίζεται κυρίως το καλοκαίρι, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών, της μεγάλης έντασης ακτινοβολίας και του μεγάλου ελλείμματος κορεσμού ή όταν ο έλεγχος του κλίματος του θερμοκηπίου είναι προβληματικός. Το φαινόμενο επιτείνεται όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας, υγρασίας.

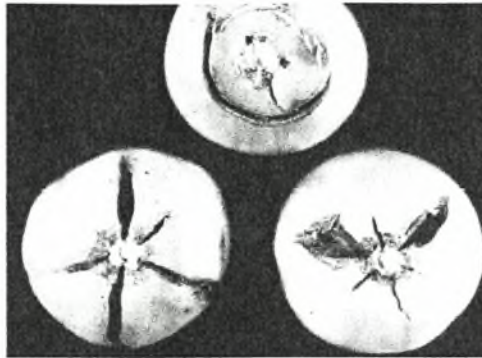
Επίσης αναφέρεται ότι το σχίσσιμο του καρπών, παρουσιάζεται και το φθινόπωρο όταν η υγρασία στο χώρο του θερμοκηπίου είναι πολύ υψηλή, (Maroto et al., 1995).

Το σχίσσιμο είναι μία φυσιολογική ανωμαλία που σχετίζεται με την εισαγωγή του νερού στον καρπό. Συμβαίνει όταν η ελαστικότητα της επιδερμίδας ξεπερνάει το όριο αντοχής της, εξαιτίας της εσωτερικής πίεσης, κυρίως σε περιόδους έντονης ανάπτυξης του καρπού, (Bertin et al., 2000). Οι διάφορες ποικιλίες παρουσιάζουν διαφορετική ευπάθεια στο σχίσσιμο. Το σχίσσιμο μπορεί να συμβαίνει σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του καρπού αλλά καθώς ωριμάζει, καθίσταται πιο ευπαθής, ιδιαίτερα όταν αρχίζει η ανάπτυξη του χρώματός του. Επίσης, διαφορές θερμοκρασίας εντός του καρπού τον κάνουν ευαίσθητο στο σχίσσιμο.

Για την αποφυγή του σχισίματος του καρπού μπορούν να ληφθούν ορισμένα προληπτικά μέτρα όπως:

- Αποφυγή απευθείας έκθεσης του καρπού στον ήλιο κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι, με σκίαση του θερμοκηπίου.
- Να αφήνεται περισσότερο φύλλωμα στο φυτό κατά το κλάδεμα για κάλυψη του καρπού.
- Συχνά ποτίσματα με μικρή ποσότητα νερού.
- Συγκομιδή των καρπών πριν την πλήρη ωρίμανση (Ολύμπιος, 2001).

- Επιλογή ποικιλίας ανθεκτικής στην πάθηση, (Olson, 2004).



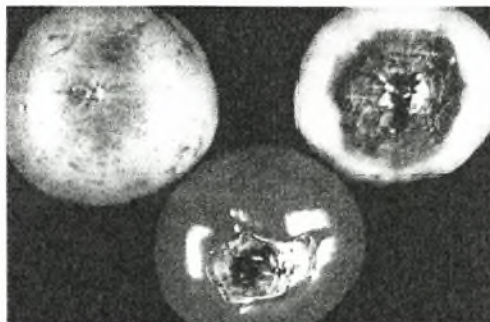
Εικόνα 6. Σχίσσιμο καρπού, (Olson, 2004).

## 2. Ξηρή σήψη κορυφής καρπού (Blossom-end rot)

Η ξηρή σήψη κορυφής προκαλείται από τοπική έλλειψη Ca στον αναπτυσσόμενο καρπό. Αρχίζει με την εμφάνιση περιοχών χρώματος ανοιχτού κίτρινου-καφέ, οι οποίες στη συνέχεια διευρύνονται και μετατρέπονται σε μαύρες και δερματώδεις. Κυρίως συμβαίνει στο κάτω άκρο του καρπού αλλά, μπορεί να συμβεί και στα πλαϊνά, (Olson, 2004). Αναφέρεται ότι οφείλεται στην κίνηση του νερού προς τη φυλλική επιφάνεια, (διαπνοή), σε βάρος της ποσότητας του νερού που προσλαμβάνουν οι καρποί. Επίσης μπορεί να οφείλεται σε δυσκολίες στην απορρόφηση και διακίνηση του Ca, καθώς και σε κάθε αίτιο που προκαλεί δυσκολίες στις υδατικές σχέσεις φυτού – εδάφους.

Οι συνθήκες που αυξάνουν το φαινόμενο είναι: έλλειψη Ca από το έδαφος, υψηλές συγκεντρώσεις N, υψηλές συγκεντρώσεις διαλυτού K και Mg στο έδαφος, μεγάλη αλατότητα, χαμηλή υγρασία, ανεπαρκής εδαφική υγρασία ή υπερβολική εδαφική υγρασία, ζημιά του ριζικού συστήματος από νηματώδεις ή παθογόνα, αυστηρό κλάδεμα, (Olson, 2004).

Το καλοκαίρι στις Μεσογειακές περιοχές η ξηρή σήψη κορυφής επιτείνεται εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών, της μεγάλης έντασης της ακτινοβολίας και του μεγάλου ελλείμματος κορεσμού κυρίως όταν ο έλεγχος του κλίματος του θερμοκηπίου είναι προβληματικός, (Maroto et al., 1995).



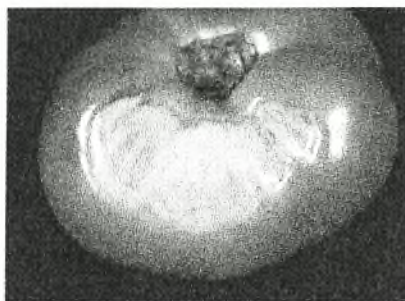
Εικόνα 7. Συμπτώματα ξηρής σήψης κορυφής, (Olson, 2004).

### 3. Ηλιόκαυμα (Sunscald)

Σε περίπτωση έντονης ηλιοφάνειας, εκτεθειμένοι καρποί εμφανίζουν τοπικά εγκαύματα που παίρνουν τη μορφή αποχρωματισμένων κηλίδων, (Ολύμπιος, 2001).

Άλλες αναφορές, διαχωρίζουν το ηλιόκαυμα σε δύο τύπους: α) νεκρωτικό (lethal) και β) ημι-νεκρωτικό (sub lethal). Το ημι-νεκρωτικό έγκαυμα μπορεί να περιγραφεί σαν κίτρινες, σκληρές περιοχές που συνήθως εμφανίζονται στον ώμο των καρπών. Συμβαίνει, όταν η θερμοκρασία στους ιστούς, ξεπερνά τους 30 °C, (86 °F). Η υψηλή αυτή θερμοκρασία στους ιστούς, δεν επιτρέπει στην κόκκινη χρωστική να αναπτυχθεί, ούτε στη σάρκα να μαλακώσει, αντίθετα, επιτρέπει στις κίτρινες χρωστικές να αναπτυχθούν. Στο νεκρωτικό έγκαυμα, ο ιστός γίνεται λευκός και νεκρώνεται, ενώ μπορεί στη συνέχεια, παρουσία μυκήτων, να γίνει μαύρος. Το νεκρωτικό έγκαυμα, συμβαίνει όταν οι θερμοκρασία ξεπεράσει τους 104 °F. Η ζημιά συνήθως παρουσιάζεται όταν οι καρποί εκτίθενται ξαφνικά στην ηλιακή ακτινοβολία, όπως μετά από συγκομιδή, που αποκαλύπτονται καρποί που πριν σκιάζονταν. Επίσης το αυστηρό κλάδεμα, ιδιαίτερα στα υψηλότερα τμήματα του φυτού, μπορεί να επιτείνει το φαινόμενο αυτό, (Olson, 2004).

Το ηλιόκαυμα μπορεί να αποφεύγεται ή με τον περιορισμό της αποφύλλωσης, ώστε οι καρποί να βρίσκονται υπό σκιά ή με τη σκίαση του θερμοκηπίου. (Hao et al., 1997).



Εικόνα 8. Καρπός με έγκαυμα, (Olson, 2004).

### 4. Κενοί καρποί (puffiness)

Όταν το πρόβλημα αυτό είναι μικρό, μπορεί να μην γίνει αντιληπτό, μέχρι να κοπεί ο καρπός. Όταν το πρόβλημα είναι έντονο, ο καρπός εμφανίζεται πεπλατυσμένος στα πλαϊνά ή γωνιώδης. Όταν ο καρπός κοπεί, τότε διακρίνονται μεγάλες κοιλότητες μεταξύ των σπόρων και του περικαρπίου. Επίσης οι καρποί είναι ελαφριοί συγκριτικά με το μέγεθός τους. Το πρόβλημα αυτό οφείλεται σε οποιοδήποτε παράγοντα επηρεάζει το δέσιμο του καρπού (fruit set), όπως ανεπαρκής γονιμοποίηση ή ανάπτυξη του σπόρου, πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ποσότητα N, χαμηλής έντασης ακτινοβολία, (Olson, 2004).



Εικόνα 9. Κούφιος καρπός, (Olson, 2004).

## 5. Παραμόρφωση τύπου Catface

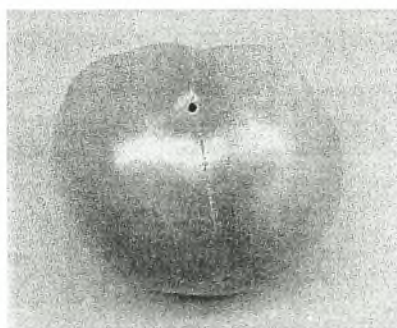
Πρόκειται για ένα γενικό όρο που χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα καρπό τομάτας, ο οποίος παρουσιάζει μεγάλη παραμόρφωση και συνήθως είναι μη εμπορεύσιμος. Το ελάττωμα αυτό συνήθως παρουσιάζεται στο κάτω άκρο του καρπού (blossom end). Προκαλείται από εσωτερικό ή εξωτερικό αίτιο, κατά το σχηματισμό του άνθους και έχει ως συνέπεια τη μη κανονική ανάπτυξη του καρπού. Κάποιοι από τους παράγοντες που συνδέονται με το πρόβλημα, είναι: χαμηλές θερμοκρασίες που μπορεί να αναπτυχθούν περίπου 3 εβδομάδες πριν την άνθιση, μείωση της αυξίνης στο φυτό μετά από αφαίρεση των αναπτυσσόμενων σημείων, υπολείμματα από ζιζανιοκτόνα όπως το 2,4-D, έντονη προσβολή του νεαρού καρπού από θρίπες μπορεί να προκαλεί κάποιο τύπο catface, μηχανικοί τραυματισμοί των καρπών σε πολύ νεαρό στάδιο ανάπτυξης, γενετική προδιάθεση, (Olson, 2004).



Εικόνα 10. Παραμόρφωση τύπου catface, (Olson, 2004).

## 6. Ουλή τύπου Zippering

Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να περιγράψει καρπούς που παρουσιάζουν λεπτές ουλές που επεκτείνονται μερικώς ή πλήρως από το μίσχο έως το κάτω άκρο του καρπού. Επίσης μπορεί να παρατηρούνται και τρύπες στις κοιλότητες του καρπού μαζί με την ουλή. Συνήθως κάποιος ανθήρας, μένει συνδεδεμένος με το νεοσχηματιζόμενο καρπό και προκαλεί αυτή την ουλή. Πρόκειται για χαρακτηριστικό της ποικιλίας, (Olson, 2004).



Εικόνα 11. Ουλή τύπου zipper, (Olson, 2004).



## 7. Γκριζα τοιχώματα (Graywall) καρπού

Ο καρπός στο στάδιο του πράσινου παρουσιάζει γκριζες ή γκριζοκαφέ ραβδώσεις στα εξωτερικά τοιχώματα και σε διάφορες θέσεις, κυρίως όμως στα πλευρά και στη βάση, ενώ η περιοχή κοντά στον ποδίσκο είναι ομαλή χωρίς καθίζηση, (Ολύμπιος, 2001; Olson, 2004).

## 8. Ανομοιόμορφη (κηλιδωτή) ωρίμανση καρπού (Blotchy ripening)

Η ανωμαλία αυτή είναι προχωρημένη μορφή της προηγούμενης, στον ώριμο ή σχεδόν ώριμο καρπό. Ο καρπός παρουσιάζει ανομοιόμορφο χρωματισμό. Τα αίτια που προκαλούν τις δύο αυτές ανωμαλίες είναι: χαμηλή ένταση φωτισμού, χαμηλές θερμοκρασίες, υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες, υψηλή εδαφική υγρασία, υψηλά επίπεδα αζώτου, χαμηλά επίπεδα καλίου, γενετική ευπάθεια, (Ολύμπιος, 2001; Olson, 2004)

## 9. Εσωτερική καστάνωση του καρπού (Internal Browning or Bronzing)

Ο καρπός εμφανίζει εσωτερικά προς το μέρος του ποδίσκου πλατειές καφέ ραβδώσεις. Εξωτερικά η περιοχή αυτή του καρπού παρουσιάζεται σκληρή, ανώμαλη και συχνά καθιζάνουσα. Το πρόβλημα εμφανίζεται συνήθως σε μία ή δύο ταξιανθίες του φυτού. Τα συμπτώματα συχνά αναφέρεται ότι οφείλονται σε προσβολή του φυτού και καρπού από τον ιό του μωσαϊκού του καπνού (TMV). Η εσωτερική καστάνωση του καρπού εμφανίζεται σε φυτά που έχουν υδαρή και υπερβολική βλάστηση, (Ολύμπιος, 2001).

## 2.9 Εχθροί και Ασθένειες

Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότεροι εχθροί και ασθένειες που παρουσιάζονται στην καλλιέργεια τομάτας:

### 1. Αφίδες - διάφορα είδη

Προσβάλλουν φύλλα και νεαρούς καρπούς.

### 2. Θρίπες – *Thrips tabaci*

Προσβάλλουν τα φύλλα και μπορούν να μεταδώσουν ιώσεις.

### 3. Φυλλορόκτης της τομάτας - *Liriomyza solani*

Προκαλεί στοές στο μεσόφυλλο.

### 4. Τετράνυχος – *Tetranychus urticae*

Προσβάλλει κυρίως τα φύλλα.

### 5. Αλευρώδης - *Trialeurodes vaporariorum*

Προσβάλλει τα φύλλα.

### 10. Ντιντιμέλλα – *Didymella lycopersici*

Προσβάλλει κυρίως το στέλεχος αλλά και τα φύλλα και τους καρπούς.

**11. Φαϊά σήψη – *Botrytis cinerea***

Προσβάλλει στελέχη, φύλλα καρπούς και άνθη, όταν η θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή <18 °C.

**12. Ώψιμος περονόσπορος – *Phytophthora infestans***

Προσβάλλει όλα τα τρυφερά μέρη του φυτού όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και η υγρασία υψηλή.

**13. Πρώιμος περονόσπορος – *Alternaria solani***

Προσβάλλει το λαιμό των νεαρών φυτών και στα ανεπτυγμένα φυτά τα φύλλα, τους βλαστούς και τους καρπούς.

**14. Κλαδοσπορίαση – *Cladosporium fulvum***

Προσβάλλει τα κατώτερα φύλλα. Ευνοείται σε θερμοκρασίες μεταξύ 18-24 °C και υγρασία 95%.

**15. Ωίδιο – *Leveillula taurica***

Προσβάλλει κυρίως τα κατώτερα φύλλα. Ευνοείται σε υψηλές θερμοκρασίες.

**17. Βακτηριακός καρκίνος – *Corynebacterium michiganense***

Προσβάλλει τα φύλλα, καρπούς και σε σοβαρές προσβολές τους βλαστούς, όπου προκαλεί καρκίνο.

**18. Μωσαϊκό του καπνού – TMV**

Προσβάλλει το φυτό και προκαλεί μικροφυλλία και τα χαρακτηριστικά συμπτώματα του μωσαϊκού.

**19. Κίτρινο καρούλιασμα των φύλλων - TYLCV**

Προσβάλλει ολόκληρο το φυτό, αλλά κυρίως τη βλαστώνουσα κορυφή και προκαλεί βράχυνση των μεσογονατίων και παραμόρφωση, (Ολύμπιος, 2001).

# Κεφάλαιο ΙΙ

## Υλικά και Μέθοδοι

---

## 2.1 Τοποθεσία πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Βελεστίνου, 18 χιλιόμετρα από το Βόλο και νοτιοδυτικά του νομού Μαγνησίας, όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

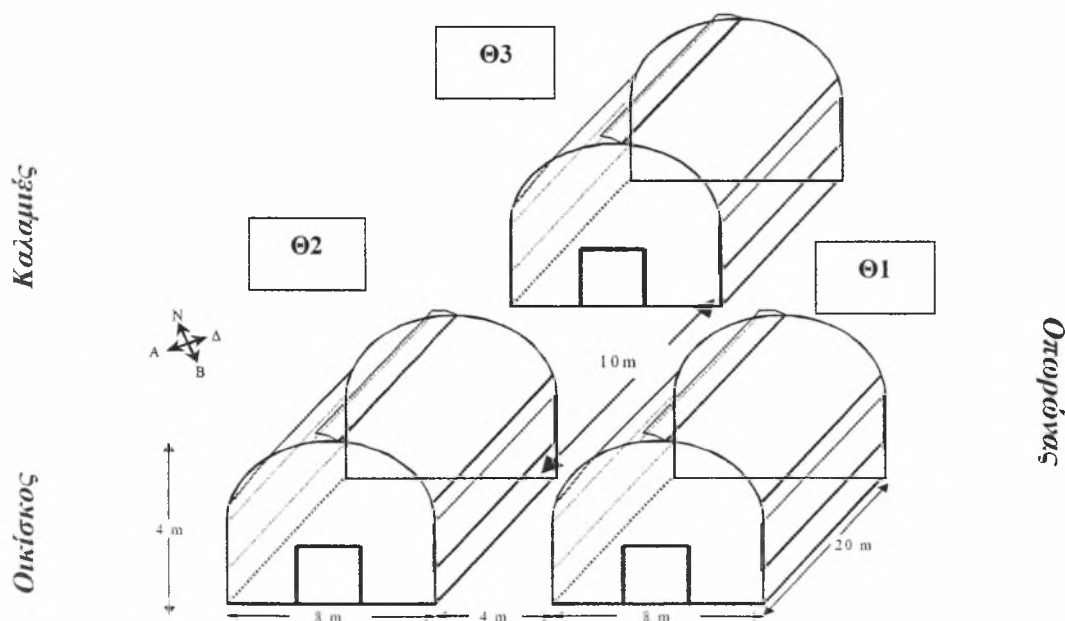
## 2.2 Τα θερμοκήπια

### 2.2.1 Τύπος θερμοκηπίων, προσανατολισμός, διαστάσεις

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε 3 πανομοιότυπα τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια (Σχήμα 1), επιφάνειας  $160\text{m}^2$  (20 μέτρα μήκος και 8 μέτρα πλάτος) το καθένα, με μέγιστο ύψος 4,1m στον κορφιά, ενώ το ύψος του ορθοστάτη έφτανε τα 2,9 μέτρα. Το υλικό του σκελετού ήταν γαλβανισμένος χάλυβας. Το έδαφος των θερμοκηπίων ήταν πλήρως καλυμμένο με αδιαφανές, διπλής όψεως ασπρόμαυρο πλαστικό.

Τα κοντινότερα εμπόδια προς αυτά ήταν, όπως φαίνεται στο σχήμα 1, στην ανατολική πλευρά δέντρα ύψους 4 μέτρων, που λειτουργούσαν ως ανεμοθραύστες, και καλαμιές, τα οποία δεν σκίαζαν τα θερμοκήπια, επειδή απείχαν 15 μέτρα. Αριστερά του Θ2 βρίσκονταν ένας οικίσκος. Δεξιά του θερμοκηπίου Θ1, υπήρχε οπωρώνας, ενώ στην μπροστινή του πλευρά, βρισκόταν άλλο θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας. Το θερμοκήπιο Θ3 απείχε από τον οπωρώνα διπλάσια απόσταση από ότι το Θ1.

Επιπλέον, ο προσανατολισμός των θερμοκηπίων ήταν ανατολή-δύση και δεν προκαλούσαν σκίαση το ένα στο άλλο ή άλλες ανεπιθύμητες αντιδράσεις.



Θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας

Σχήμα 1. Τα τρία πειραματικά τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια.

Το κάλυμμα των θερμοκηπίων ήταν πολυαιθυλένιο με πρόσθετα βελτίωσης των ιδιοτήτων του, στον τρίτο και τελευταίο χρόνο χρησιμοποίησής τους. Και τα προηγούμενα χρόνια τα θερμοκήπια είχαν χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια τομάτας. Η διαφορά μεταξύ των τριών καλυμμάτων εντοπίζονταν στο ότι ένα από αυτά είχε πρόσθετα, απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας, (UV-blockers). Μ' αυτό το υλικό ήταν καλυμμένο το Θ3, του προηγούμενου σχήματος.

Τα υλικά κάλυψης όταν κατασκευάστηκαν το 2001, μετρήθηκε η διαπερατότητα τους στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και βρέθηκε το επίπεδο της υπεριώδους ακτινοβολίας στο εσωτερικό του μάρτυρα, (θερμοκήπιο Θ1), να είναι 5% της εξωτερικής προσπίπτουσας υπεριώδους ακτινοβολίας. Αντίστοιχα στο δεύτερο θερμοκήπιο, Θ2, ήταν 3% ενώ στο τρίτο θερμοκήπιο, Θ3, 0%.

Με την πάροδο του χρόνου, τα καλύμματα ως γνωστόν υπέστησαν γήρανση λόγω της έκθεσής τους στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα οι παραπάνω διαπερατότητες να αυξηθούν όπως ήταν αναμενόμενο. Κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης του συγκεκριμένου πειράματος, οι τιμές της διαπερατότητας στα τρία θερμοκήπια ήταν οι εξής:

**Πίνακας 1.** Διαπερατότητα των τριών υλικών κάλυψης στην UV ακτινοβολία

<b>Διαπερατότητα των τριών υλικών κάλυψης στην UV ακτινοβολία</b>			
<b>UV ακτινοβολία</b>	<b>Θ1</b>	<b>Θ2</b>	<b>Θ3</b>
<b>UV-A</b>	29%	29%	0,7%
<b>UV-B</b>	26%	26%	0,9%

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα 1, οι διαπερατότητες των θερμοκηπίων 1 και 2, είναι οι ίδιες.

Τα υλικά κάλυψης είχαν πάχος 0,18 mm και κατασκευάστηκαν από τη βιομηχανία «Πλαστικά Κρήτης».

### 2.2.2 Αερισμός

Στα θερμοκήπια υπήρχαν ανοίγματα πλαϊνά, κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών, διαστάσεων 1m×18m. Ο αερισμός ελεγχόταν αυτόματα στα θερμοκήπια, όταν η θερμοκρασία ξεπερνούσε τους 23°C..

### 2.2.3 Θέρμανση

Η θέρμανση των θερμοκηπίων ήταν επιδαπέδια. Η θερμοκρασία θερμοστάτη ορίστηκε στους 15 °C κατά τη διάρκεια της νύχτας και 21 °C κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι θερμοστάτες και στα τρία θερμοκήπια τοποθετήθηκαν στο κέντρο των θερμοκηπίων, 2 m πάνω από το έδαφος. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιήθηκε πετρέλαιο.

## 2.2.4 Υπόστρωμα της καλλιέργειας

Χρησιμοποιήθηκε σύστημα υδροπονίας προκειμένου να μειωθεί η παραλλακτικότητα από τον παράγοντα: έδαφος. Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν περλίτης<sup>®</sup>, σε σάκους μήκους 1 μέτρου. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 136 σάκοι σε κάθε θερμοκήπιο, οι οποίοι τοποθετήθηκαν 0,5m πάνω από το έδαφος.

## 2.3 Άρδευση/ Λίπανση

Η δόση άρδευσης, ο χρόνος και η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος, γίνονταν αυτόματα με το πρόγραμμα MACQU (Management, control, Quality. Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια ήταν  $2,1 \text{ mScm}^{-1}$  και το pH ήταν 5,6. Η άρδευση γινόταν αρχικά 4 φορές την ημέρα και είχε διάρκεια 4 λεπτά. Βαθμιαία γινόταν πιο συχνά κι έτσι στα τέλη Απριλίου έφτασε τις 8 φορές ημερησίως με διάρκεια 10 λεπτά κάθε φορά. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 2.

**Πίνακας 2.** Σύσταση του θρεπτικού διαλύματος

Μακροστοιχεία	
$\text{K}^+$	280ppm
$\text{Ca}^{2+}$	164ppm
$\text{Mg}^{2+}$	46ppm
$\text{SO}_4^{2-}$	40ppm
$\text{PO}_4^{2-}$	40ppm
$\text{NO}_3^-$	233ppm

Οι συγκεντρώσεις των παραπάνω μακροστοιχείων καθορίστηκαν βάση του νερού άρδευσης.

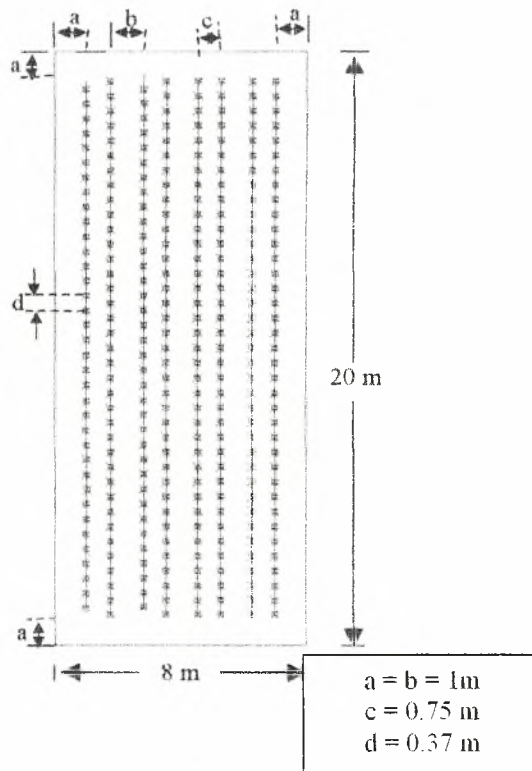
## 2.4 Η καλλιέργεια

### 2.4.1 Ποικιλία/ Εγκατάσταση της καλλιέργειας

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας, (*Lycopersicon esculentum*), ποικιλία Belladonna. Πρόκειται για ποικιλία αυτογονιμοποιούμενη, με χαρακτηριστικό τη μεγάλη διάρκεια ζωής στον καρπό. Τα φυτά τομάτας μεταφύτεύτηκαν στις 8 Μαρτίου, σε ηλικία 32 ημερών από τη σπορά, (είχαν εκπτυχθεί τα 6 φύλλα). Η καλλιέργεια ολοκληρώθηκε στις 10 Ιουλίου

### 2.4.2 Διάταξη των φυτών

Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε τέσσερις διπλές σειρές με αποστάσεις φύτευσης 0,37 m επί της γραμμής και 0,75 m μεταξύ των γραμμών της διπλής σειράς, με πυκνότητα 2,4 φυτά/m<sup>2</sup>. Το πλάτος του διαδρόμου ήταν 1m. (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Διάταξη και Αποστάσεις των φυτών τομάτας

Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις, ήταν επισημασμένα και το μέγεθος του δείγματος ήταν της τάξης του 6 για την κάθε επανάληψη, και 4 επαναλήψεις σε κάθε θερμοκήπιο, δηλαδή 24 φυτά στο σύνολο του κάθε θερμοκηπίου.

Οι τέσσερις επαναλήψεις, κατανεμήθηκαν συμμετρικά ως προς το κέντρο του θερμοκηπίου. Οι δύο διπλές σειρές κοντά στα παράθυρα δεν συμπεριλήφθηκαν στο δείγμα. Ο διαχωρισμός του δείγματος σε τέσσερις επαναλήψεις, στοχεύει στη μείωση της παραλλακτικότητας από τη διαφορετική κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας (ανατολή ή δύση) λόγω του προσανατολισμού του θερμοκηπίου, (βόρειο ή νότιο τμήμα).

ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας (ανατολή ή δύση) λόγω του προσανατολισμού του θερμοκηπίου, (βόρειο ή νότιο τμήμα).

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων καταστράφηκαν κάποια από τα φυτά του δείγματος και ενδεχομένως να μειώνεται η ομοιομορφία του πειραματικού υλικού. Συγκεκριμένα, στο θερμοκήπιο Θ2 και στις επαναλήψεις 1 και 2 το ένα από τα 6 φυτά κορυφολογήθηκε αρκετά νωρίς στην 4<sup>η</sup> ταξικαρπία. Το ίδιο συνέβη και στην 4<sup>η</sup> επανάληψη αλλά σε τρία φυτά. Επίσης στο ίδιο θερμοκήπιο, στην 4<sup>η</sup> επανάληψη ένα από τα φυτά παρουσίασε *Botrytis cinerea* και απομακρύνθηκε εγκαίρως. Όσον αφορά το θερμοκήπιο Θ3 στις επαναλήψεις 1, 3 και 4, το ένα από τα 6 φυτά κορυφολογήθηκε αρκετά νωρίς 4<sup>η</sup> ταξικαρπία.

Τα φυτά αυτά δεν συμπεριλήφθηκαν στα παραγωγικά στοιχεία.

## 2.5 Καλλιεργητικές τεχνικές

Ακολουθήθηκαν οι παρακάτω καλλιεργητικές τεχνικές και στα τρία θερμοκήπια, όμοιες με αυτές που εκτελούν οι παραγωγοί.

### 2.5.1 Στήριξη των φυτών

Τα φυτά αναπτύχθηκαν μονοστέλεχα. Αναρτήθηκαν και αφέθηκαν να αναπτυχθούν κατακόρυφα, ενώ οριζόντια σύρματα πάνω από την καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκαν για την στήριξη των φυτών.

### 2.5.2 Βλαστολόγημα

Δύο φορές την εβδομάδα αφαιρούνταν οι λαίμαργοι βλαστοί.

### 2.5.3 Αραίωμα και Αποφύλλωση

Μετά τη συγκομιδή των καρπών της πρώτης ταξικαρπίας αφαιρέθηκαν τα υποκείμενα φύλλα, ώστε να δημιουργηθούν καλύτερες συνθήκες σχετικής υγρασίας στο μικρο-περιβάλλον του φυτού. Το ίδιο επαναλήφθηκε στην δεύτερη ταξικαρπία. Επίσης, σε κάθε ταξικαρπία αφέθηκαν 5 καρποί.

### 2.5.4 Κορυφολόγημα

Η κορυφή των φυτών, αφαιρέθηκε όταν τα φυτά έφτασαν στην όγδοη ταξικαρπία.

### 2.5.5 Επεμβάσεις με χημικά

Επεμβάσεις με χημικά έγιναν δύο φορές. Η πρώτη, αφορούσε την καταπολέμηση της εξάπλωσης των μυκήτων και πραγματοποιήθηκε στις 3-4-2004, με το σκεύασμα



Daconil. Η δεύτερη αφορούσε την καταπολέμηση των ακάρεων. Πραγματοποιήθηκε στις 3-5-2004, με το σκεύασμα Omite για τα ακμαία και Apollo για τα αυγά.

### 2.5.6 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών

Στα θερμοκήπια γινότανε έλεγχος των εντόμων και των ασθενειών. Τοποθετήθηκαν μπλε και κίτρινες παγίδες για τον έλεγχο του θρίπα και του αλευρώδη.

### 2.5.7 Συγκομιδή καρπών

Η συγκομιδή των καρπών πραγματοποιούταν δύο φορές την εβδομάδα, όταν οι καρποί βρίσκονταν στο ελαφρά κόκκινο στάδιο ωρίμανσης σύμφωνα με την κατάταξη USDA, (USDA, 1997).

## 2.6 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν:

- Η παραγωγή των τριών θερμοκηπίων (εμπορεύσιμη και μη εμπορεύσιμη).
- Το σχήμα των παραγόμενων καρπών.
- Ο ειδικός όγκος των καρπών.
- Οι ζημιές των καρπών από έντομα.
- Οι ανωμαλίες στο περικάρπιο των καρπών.
- Η συμπεριφορά των καρπών κατά την ωρίμανση, με τη μέτρηση του χρώματος στα έξι στάδια ωρίμανσης σύμφωνα με την κατάταξη USDA.
- Οι συνιστώσες  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , του χρώματος σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB, που υιοθετήθηκε από τη CIE 1976 (International Commission de l' Eclairage).
- Η περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο.
- Η περιεκτικότητα των καρπών σε Ασκορβικό οξύ.
- Η περιεκτικότητα των καρπών σε διαλυτά στερεά (BRUX %).
- Η ογκομετρούμενη οξύτητα των καρπών και το pH του χυμού.

### 2.6.1 Παραγωγή

Οι μετρήσεις που αφορούν τα παραγωγικά στοιχεία αναφέρονται στο χρονικό διάστημα 12-5-2004 (DAT = 65) έως 28-6-2004 (DAT = 112) της καλλιεργητικής περιόδου.

Όπως είναι γνωστό η παραγωγή των φυτών τομάτας καθορίζεται τόσο από το βάρος των καρπών όσο και από τον αριθμό των καρπών. Συνεπώς υψηλές παραγωγές τομάτας εξαρτώνται από την καρπόδεση και την ανάπτυξη των καρπών. Όμως η αγοραστική αξία των καρπών καθορίζεται επίσης και από την ποιότητα τους (μέγεθος, σχήμα, σταθερότητα, χρώμα, γεύση, περιεκτικότητα σε στερεά, απουσία ελαττωμάτων) αλλά και από τη ζήτηση της αγοράς, η οποία ποικίλλει με την εποχή, (Ho et al., 1986).

Οι συγκομισθέντες καρποί ζυγίζονταν κάθε φορά και υπολογίζονταν:

- 1) η συνολική παραγωγή ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ),
- 2) η παραγωγή φυτού ( $\text{kg}$ ),
- 3) η παραγωγή ανά ταξικαρπία ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ),
- 4) ο αριθμός καρπών ανά  $\text{m}^2$
- 5) ο αριθμός καρπών ανά  $\text{m}^2$  ανά ταξικαρπία ,
- 6) η εμπορεύσιμη παραγωγή ανά θερμοκήπιο ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ),
- 7) η μη εμπορεύσιμη παραγωγή ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) και
- 8) το βάρος καρπού ( $\text{g}$ ) (εμπορεύσιμου και μη εμπορεύσιμου).

Οι μετρήσεις βάρους πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτρονικό ζυγό, (Model Presica 60000 G SCS), διακριτικότητας 5000g. Η συνολική ακρίβεια των μετρήσεων είναι της τάξεως του  $\pm 0,01\text{g}$ .

### 2.6.2 Σχήμα των καρπών

Το σχήμα των καρπών προέκυψε από τη μέτρηση των δύο διαμέτρων, μέγιστης και ελάχιστης, του ισημερινού των καρπών και της πολικής διαμέτρου.

Το σχήμα των καρπών είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής αύξησης της ωοθήκης στους πόλους και στην περιοχή του ισημερινού πριν την άνθιση. Όπως είναι γνωστό ο λόγος της πολικής διαμέτρου προς τη διάμετρο του ισημερινού, καθώς και ο λόγος της μέγιστης προς την ελάχιστη διάμετρο του ισημερινού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες του σχήματος των καρπών, (Grieson et al., 1986).

Όταν ο λόγος της πολικής διαμέτρου προς τη διάμετρο του ισημερινού, τη μέγιστη στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι μικρότερος της μονάδας σημαίνει ότι οι καρποί είναι πεπλατυσμένοι. Επίσης όταν ο λόγος της μέγιστης προς την ελάχιστη διάμετρο του ισημερινού είναι μεγαλύτερος της μονάδας τότε οι καρποί είναι επιμήκεις.

### 2.6.3 Ειδικός όγκος των καρπών

Ο όγκος μετρήθηκε κατά το χρονικό διάστημα 1-6-04 έως 28-6-04.

Όταν η αύξηση του περικαρπίου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του πλακούντα (placental tissue), μετά την άνθιση, ο καρπός γίνεται φουσκωμένος ή γωνιώδης. Το τελικό μέγεθος των καρπών της τομάτας σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό ή το βάρος των σπόρων. Ενώ η μεγέθυνση του περικαρπίου σχετίζεται θετικά με τη δράση της αυξίνης στον καρπό, η μεγέθυνση των κοιλοτήτων επηρεάζεται από την ανάπτυξη του σπόρου, (Ho et al., 1986).

Για τη μέτρηση του όγκου των καρπών, (ml), ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

Σε ένα βαθμονομημένο ποτήρι ζέσεως, μετρούνταν η άνοδος της στάθμης συγκεκριμένης ποσότητας νερού, λόγω της εμβάπτισης του καρπού. Στη συνέχεια ο υπολογισμός του ειδικού όγκου σε  $\text{g}/\text{cm}^3$ , γινόταν διαιρώντας το βάρος ( $\text{g}$ ) του καρπού με τον όγκο του (ml).

### 2.6.4 Ζημιές, ανωμαλίες, μικροκαρπία

Στους ζημιωμένους καρπούς πραγματοποιούνταν διάγνωση της ζημιάς και προσδιορισμός του μεγέθους της.

Οι διάφορες ανωμαλίες που παρατηρούνται στους καρπούς της τομάτας και οι οποίες μπορεί να οφείλονται στο γενότυπο της ποικιλίας, στη φυσιολογία του καρπού, στη θρέψη, ή σε κλιματικούς παράγοντες, καθώς και σε προσβολές από έντομα και οι διάφορες ασθένειες, αποτελούν παράγοντες που συμβάλλουν αρνητικά στην ποιότητα και κατά συνέπεια στην εμπορευσιμότητα των καρπών της τομάτας. Οι ζημιές στους καρπούς μπορεί να είναι α) Ελαττώματα (Defects), β) Σχισίματα (Breaks), γ) Ουλές (Scars), δ) Παραμορφώσεις (Disorders), ε) Ζημιές από έντομα, στ) Ξηρή σήψη κορυφής (Blossom end rot).

Στους συγκομισμένους καρπούς λαμβάνονταν κάθε φορά παρατηρήσεις που αφορούσαν τα παραπάνω, και τα οποία είναι τα εξής:

- 1) ξηρή σήψη κορυφής (BER),
- 2) σχίσσιμο των καρπών,
- 3) παραμορφώσεις τύπου zipper και catface,
- 4) παραμορφώσεις του σχήματος και
- 5) ηλιόκαυμα.
- 6) προσβολές από έντομα, που στην πλειοψηφία τους οφείλονταν σε θρίπα και ελάχιστα σε αλευρώδη, αφίδα, βρωμούσα.
- 7) λιποβαρείς θεωρήθηκαν οι καρποί που ζύγιζαν λιγότερο από 100g.

Η αξιολόγηση της ζημιάς με βάση την κλίμακα 1-5, σύμφωνα με τους *Siomos et al*, γίνονταν ως εξής:

- 1 = κανένα ελάττωμα
- 2 = ελαφρά ελαττώματα
- 3 = μέτρια ελαττώματα
- 4 = έντονα ελαττώματα
- 5 = υπερβολικά ελαττώματα

- 1 = κανένα σχίσσιμο
- 2 = ελαφρά σχισίματα (μήκος σχισίματος έως 1 cm)
- 3 = μέτρια σχισίματα (μήκος σχισίματος έως 1,1 - 2 cm)
- 4 = έντονα σχισίματα (μήκος σχισίματος έως 2,1-3 cm)
- 5 = υπερβολικά σχισίματα (μήκος σχισίματος >3,1 cm)

Ομοίως και για τις ουλές, παραμορφώσεις και ζημιές από έντομα.

Για την ξηρή σήψη κορυφής:

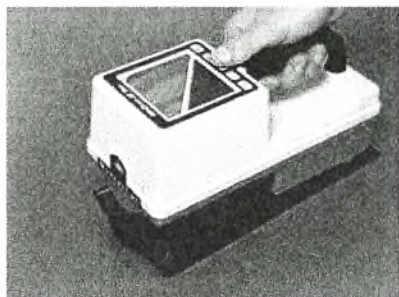
- 1 = κανένα σύμπτωμα
- 2 = ελαφρά συμπτώματα (διάμετρος έως 1 cm)
- 3 = μέτρια συμπτώματα (διάμετρος 1,1 - 2 cm)
- 4 = έντονα συμπτώματα (διάμετρος 2,1 - 3 cm)
- 5 = υπερβολικά συμπτώματα (διάμετρος > 3,1 cm)

Ως μη εμπορεύσιμοι θεωρήθηκαν οι καρποί που το μέγεθος της ζημιάς που παρουσίαζαν, ήταν μεγαλύτερο του 3, σύμφωνα με την παραπάνω κλίμακα.

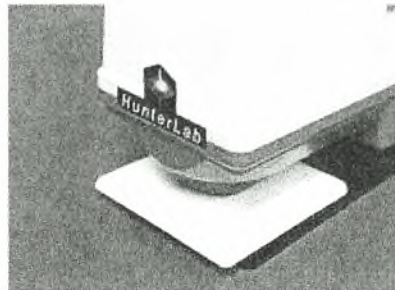
## 2.6.5 Χρώμα καρπών

Η μέτρηση του χρώματος πραγματοποιήθηκε με το χρωματόμετρο MiniScan XE Plus της HunterLab, μοντέλο 4500L. Η βαθμονόμηση του οργάνου γινόταν με το λευκό και μαύρο εργοστασιακό πρότυπο.

Αυτό γίνεται τοποθετώντας αρχικά τη μαύρη γυάλινη πλάκα και στη συνέχεια τη λευκή πλάκα στην ειδική βάση όπως φαίνεται παρακάτω στις εικόνες 2 και 3.

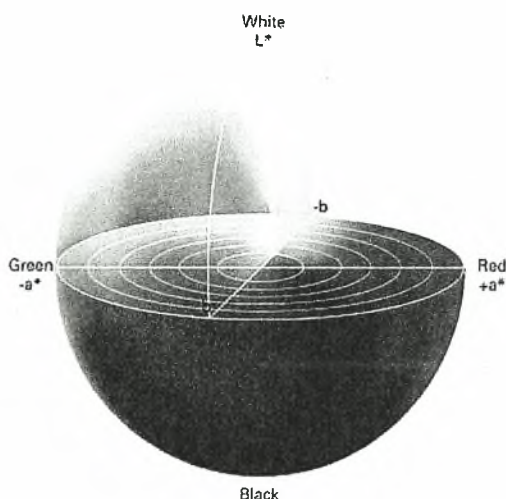


Εικόνα 1. Βαθμονόμηση με τη μαύρη γυάλινη πλάκα



Εικόνα 2. Βαθμονόμηση με τη λευκή πλάκα

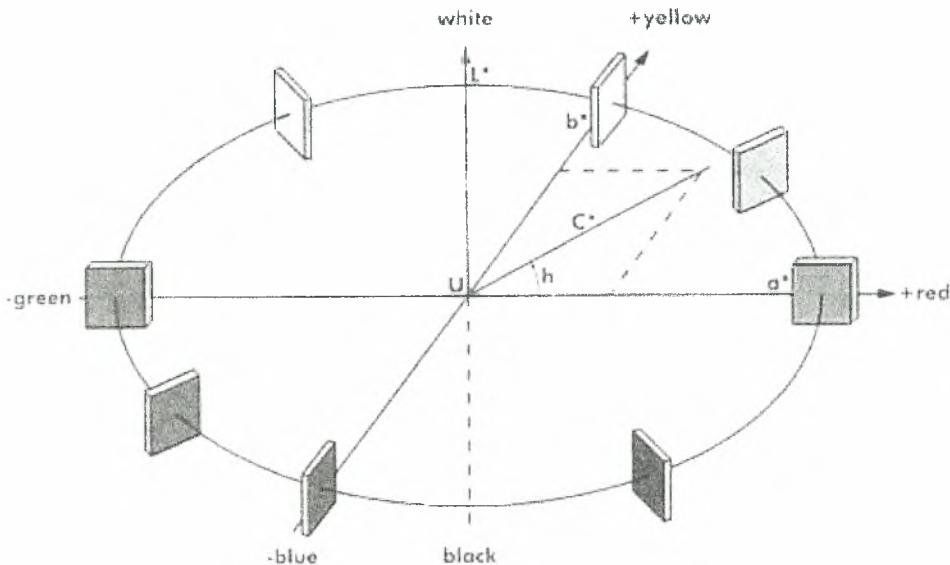
Έγινε σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB. Στο CIE 1976 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), συντομογραφία CIELAB, ο συντελεστής φωτεινότητας  $L^*$ , κυμαίνεται από μαύρο = 0 έως λευκό = 100. Για κάθε μέτρηση, φωτεινότητας,  $L^*$ , οι συντεταγμένες ( $a^*$ ,  $b^*$ ) δίνουν το χρώμα σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων κάθετο στον  $L^*$  άξονα, στο  $L^*$ . Το χρώμα στην αρχή των αξόνων, ( $a^*=0$ ,  $b^*=0$ ), είναι γκρι. Στον οριζόντιο άξονα, θετικές τιμές του  $a^*$ , υποδεικνύουν ένα χρώμα κόκκινο-μωβ, ενώ οι αρνητικές τιμές του  $a^*$ , μπλε-πράσινο. Στον κάθετο άξονα, θετικές τιμές του  $b^*$ , υποδεικνύουν ένα χρώμα κίτρινο και οι αρνητικές μπλε, (Εικόνα 4).



Εικόνα 3. Σύστημα μέτρησης CIELAB

Η σωστή ποσοτικοποίηση των τρισδιάστατων χρωματικών στοιχείων βασίζεται σε τριγωνομετρικές εξισώσεις. Ένας χρωματικός κύκλος έχει  $360^\circ$ , με το κόκκινο-

μωβ να βρίσκεται στο δεξιό άκρο (ή σε μία γωνία 0°), το κίτρινο, μπλε-πράσινο και μπλε ακολουθούν αντίθετα προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού στις 90°, 180° και 270° (Εικόνα 5).



**Εικόνα 5.** Χρωματικός κύκλος

Η μέτρηση του χρώματος μπορεί να βρεθεί κατά τον υπολογισμό της γωνίας του χρώματος, hue angle (Hue°) και της έντασης, Chroma C\*, που υπολογίζονται από τα a\*, b\*.

Το Chroma C\*, υπολογίζεται ως εξής:

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

και αντιπροσωπεύει την υποτείνουσα ενός ορθογώνιου τριγώνου που δημιουργείται από την ένωση των τριών σημείων (0,0), (a\*, b\*) και (a\*,0).

Η γωνία hue angle, είναι η γωνία μεταξύ της υποτείνουσας και του άξονα του a\*. Το H° υπολογίζεται από το τόξο της εφαπτομένης του b\*/ a\* ως εξής (Raymond et al., 1992):

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

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

Τα στάδια ωρίμανσης αποτυπώνονται σε διάφορες κλίμακες ή χρωματικούς χάρτες, (Grieson et al., 1986). Στο πείραμα ακολουθήθηκε η κατάταξη σύμφωνα με την κλίμακα, όπως φαίνεται στον πίνακα 3 που ακολουθεί.

**Πίνακας 3.** Στάδια ωρίμανσης στην τομάτα, κατά USDA, (USDA, 1997)

Διαβάθμιση	Στάδιο	Περιγραφή
1	<b>Ώριμο πράσινο</b>	Ολόκληρη η επιφάνεια του καρπού παρουσιάζει πλήρως πράσινο χρώμα.
2	<b>Έναρξη αλλαγής χρωματισμού</b>	Παρατηρείται μία αλλαγή στο χρώμα από πράσινο σε ανοιχτό κίτρινο, ροζ, κόκκινο ή συνδυασμό αυτών αλλά σε λιγότερο από 10% της επιφάνειας.
3	<b>Αλλαγή χρωματισμού</b>	Περισσότερο από 10% αλλά όχι περισσότερο από 30% της επιφάνειας δείχνει μία αλλαγή στο χρώμα από πράσινο σε ανοιχτό κίτρινο, ροζ, κόκκινο ή συνδυασμό αυτών.
4	<b>Ρόδινο</b>	Περισσότερο από 30% αλλά όχι περισσότερο από 60% της επιφάνειας είναι ροζ ή κόκκινο.
5	<b>Ελαφρά κόκκινο</b>	Περισσότερο από 60% της επιφάνειας είναι ροζ-κόκκινο ή κόκκινο αλλά λιγότερο από 90% κόκκινο.
6	<b>Κόκκινο</b>	Περισσότερο από 90% της επιφάνειας είναι κόκκινο

Η μέτρηση του χρώματος των καρπών αποσκοπούσε:

- 1) Στον προσδιορισμό της εξέλιξης του χρώματος των καρπών κατά την ωρίμανση.
- 2) Στην επιλογή καρπών του ίδιου σταδίου ωρίμανσης, για περαιτέρω ανάλυση, (μέτρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, του Brix (%), του pH, της ογκομετρούμενης οξύτητας, και της θρεπτικής αξίας των καρπών μετρώντας την περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ και λυκοπένιο).

Συγκεκριμένα, για τον προσδιορισμό της εξέλιξης του χρώματος των καρπών κατά την ωρίμανση, επιλέχθηκαν 16 καρποί από τη δεύτερη ταξικαρπία, σε κάθε θερμοκήπιο. Οι καρποί αυτοί ήταν εμπορεύσιμοι, παρόμοιων διαστάσεων και ίδιου βαθμού έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι μετρήσεις του χρώματος γίνονταν σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία στον ισημερινό των καρπών. Η πρώτη μέτρηση του χρώματος πραγματοποιήθηκε, στις 7-5-2004, (DAT=60), όταν οπτικά το χρώμα των καρπών ήταν άωρο πράσινο. Αρχικά η μέτρηση γινόταν δύο φορές την εβδομάδα ενώ όταν οι καρποί έφτασαν στο στάδιο της έναρξης αλλαγής χρωματισμού, η μέτρηση επαναλαμβανόταν σχεδόν καθημερινά, εξαιτίας της ραγδαίας αλλαγής του χρώματος. Οι μετρήσεις ολοκληρώθηκαν στις 10-6-04, (DAT=94).

Για την επιλογή καρπών ίδιου σταδίου ωρίμανσης, για περαιτέρω ανάλυση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, οι συγκομισμένοι εμπορεύσιμοι καρποί που εμφάνιζαν τα ίδια όρια στις τιμές του χρώματος, κατά τη χρωματομέτρηση, (άρα είχαν και την ίδια ωρίμανση), χρησιμοποιούνταν για τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά (BRIX %), τη μέτρηση του pH, της ογκομετρούμενης οξύτητας, της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ και σε λυκοπένιο.

Εξαιτίας των διαφορετικών συνθηκών του περιβάλλοντος, που επικράτησαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, τα όρια του χρώματος άλλαξαν. Δηλαδή οι καρποί είχαν πλέον πιο πορτοκαλί χρώμα, (μεγαλύτερο H<sup>o</sup>) και πιο έντονο, (μεγαλύτερο C\*), ενώ η μεταβολή στη φωτεινότητα L\*, δεν ήταν τόσο εμφανής. Η αλλαγή αυτή έγινε στις 17-6-04, (DAT = 101).

Τα όρια του χρώματος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.

**Πίνακας 4.** Όρια των παραμέτρων του χρώματος που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή των καρπών.

Συγκομιδές	Φωτεινότητα L*	Χρώμα Hue <sup>o</sup>	Ένταση Chroma*	Φωτεινότητα L*	Χρώμα Hue <sup>o</sup>	Ένταση Chroma*
Έως DAT = 99 (Ημ. 15-6-04)	47	46,73	49,34	52	49,09	39,70
Από DAT = 101 (Ημ. 17-6-04)	47	49,79	52,38	52	53,39	43,60

(DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση)

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δείγμα 2 ή τριών καρπών της ίδιας ταξικαρπίας και της ίδιας επανάληψης ανά θερμοκήπιο. Οι καρποί συγκομίστηκαν στο στάδιο του ελαφρά κόκκινου και ακολούθησε μία σειρά από αναλύσεις με σκοπό να προσδιοριστούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και η θρεπτική αξία τους.

## 2.6.6 Περιεκτικότητα των καρπών σε διαλυτά στερεά (BRIX %)

Η μέτρηση των διαλυτών στερεών, πραγματοποιήθηκε με το φορητό διαθλασίμετρο, μοντέλο 53000 C, της εταιρίας SOLO STRUMENTI PROFESSIONALI, tr<sup>®</sup>. Τα χαρακτηριστικά του οργάνου αυτού ήταν : διαβάθμιση της κλίμακας °Brix από 0 - 32 %, αυτόματη αντιστάθμιση της θερμοκρασίας, ανάλυση 0,2 %.

Οι καρποί ομογενοποιούνταν σε αναμείκτη και στη συνέχεια πραγματοποιούνταν η μέτρηση σε μικρή ποσότητα του πολτοποιημένου δείγματος, μετά τη διήθησή της με κατάλληλο ηθμό.

## 2.6.7 pH και ογκομετρούμενη οξύτητα

Ο προσδιορισμός του pH και της ογκομετρούμενης οξύτητας, πραγματοποιούνταν σε 50ml εκχύλισματος, (10g πολτοποιημένου δείγματος αναμιγνύονταν με 100ml απεσταγμένου νερού). Το εκχύλισμα, μετά από προσθήκη 3-4 σταγόνων δείκτη φαινολοφθαλείνης (αλκοολικό διάλυμα φαινολοφθαλείνης 1%), τιτλοδοτούνταν με διάλυμα NaOH συγκέντρωσης 0,01 N, (μέχρι αλλαγή του χρώματος του δείκτη). Η ογκομετρούμενη οξύτητα εκφράζονταν ως ποσοστό % του κιτρικού οξέος.

## 2.6.8 Περιεκτικότητα των καρπών σε Ασκορβικό οξύ

Για τη μέτρηση του ασκορβικού οξέος, 30g πολτοποιημένου δείγματος ομογενοποιούνταν με 50ml διαλύματος 1% οξαλικού οξέος, σε ομογενοποιητή. Μετά γίνονταν φυγοκέντρηση, στα 5000g για 20 min. Προσδιορίζονταν η περιεκτικότητα του ασκορβικού οξέος στο εκχύλισμα, με το ρεφλεκτόμετρο RQflex (Merck, Darmstadt, Germany), σε mg/l. Η μετατροπή της σε mg/100g νωπού βάρους καρπού, γίνονταν με αναγωγή στον γνωστό όγκο και βάρος του δείγματος.

## 2.6.9 Περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο

Για τη μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε λυκοπένιο ακολουθήθηκε η εξής μεθοδολογία:

Ποσότητα 1g πολτοποιημένου δείγματος ομογενοποιούνταν σε ειδικά φιαλίδια, με 25ml ακετόνης. Ακολουθούσε ανακίνηση διάρκειας μιας ώρας, στις 150 στροφές/λεπτό σε σκοτάδι, (παρεμποδίζονταν η φωτο-επαγωγική οξειδωση του λυκοπενίου) και στη συνέχεια φυγοκέντρηση στα 5000g για 20 min. Το υπερκείμενο διάλυμα μεταφέρονταν σε ογκομετρική φιάλη και συμπληρώνονταν με ακετόνη μέχρι τελικού όγκου 25 ml. Η απορρόφηση του εκχυλίσματος μετρούνταν με φασματοφωτόμετρο, σε μήκος κύματος 503nm. Η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο υπολογίζονταν με βάση την εξίσωση της απορρόφησης, (*Εργαστηριακές σημειώσεις Χημείας Δρ. Ν. Τσιρόπουλου*):

$$A = \epsilon c d$$

Όπου **A**: η απορρόφηση

**$\epsilon$** : ο συντελεστής μοριακής απόσβεσης  $17,2 \times 10^4 \text{ mol.cm}^{-1}$

**d**: το πλάτος της κυψελίδας, το οποίο είναι 1cm



c: η ζητούμενη συγκέντρωση του καρπού σε λυκοπένιο mol/l

**M.B. λυκοπένιου: 536,85**

Στη συνέχεια η συγκέντρωση σε λυκοπένιο εκφράστηκε σε mg/100g νωπού βάρους.

## 2.7 Στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων

Για τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων που προαναφέρθηκαν, έγινε χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS.

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις που αφορούν την εμπορική ποιότητα των καρπών, ήταν τυχαιοποιημένες πλήρεις ομάδες, εκτός από τις μετρήσεις της εξέλιξης του χρώματος των καρπών που δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο πειραματικό σχέδιο.

Για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο και αφορούν τη σύσταση των καρπών επιλέχθηκε το πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο, με τέσσερις επαναλήψεις και δύο με τρεις καρπούς ανά επανάληψη.

Η σύγκριση των μέσων όρων των μετρήσεων έγινε με το τεστ πολλαπλών ευρών Duncan, για πιθανότητα  $p < 0,05$ .

## **Κεφάλαιο III**

### **Αποτελέσματα-Συζήτηση**

#### **III-1 Εμπορική ποιότητα των καρπών**

#### **III-2 Σύσταση των καρπών**

---

## Συντομογραφίες

- DAT** Ημέρες από τη μεταφύτευση (Days After Transplanting)
- UV-A** Υπεριώδης- A ακτινοβολία (315-400 nm)
- UV-B** Υπεριώδης- B ακτινοβολία (280-315 nm)
- GH** Θερμοκήπιο (Greenhouse)
- Θ1** Θερμοκήπιο με 55% διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία
- Θ2** Θερμοκήπιο με 55% διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία
- Θ3** Θερμοκήπιο με 1,6% διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία
- DAT 65** Ημερομηνία 12-5-2004
- DAT 74** Ημερομηνία 20-5-2004
- DAT 77** Ημερομηνία 24-5-2004
- DAT 80** Ημερομηνία 27-5-2004
- DAT 85** Ημερομηνία 1-6-2004
- DAT 87** Ημερομηνία 3-6-2004
- DAT 91** Ημερομηνία 7-6-2004
- DAT 94** Ημερομηνία 10-6-2004
- DAT 98** Ημερομηνία 14-6-2004
- DAT 101** Ημερομηνία 17-6-2004
- DAT 105** Ημερομηνία 21-6-2004
- DAT 108** Ημερομηνία 24-6-2004
- DAT 112** Ημερομηνία 28-6-2004

### III-1 Εμπορική ποιότητα

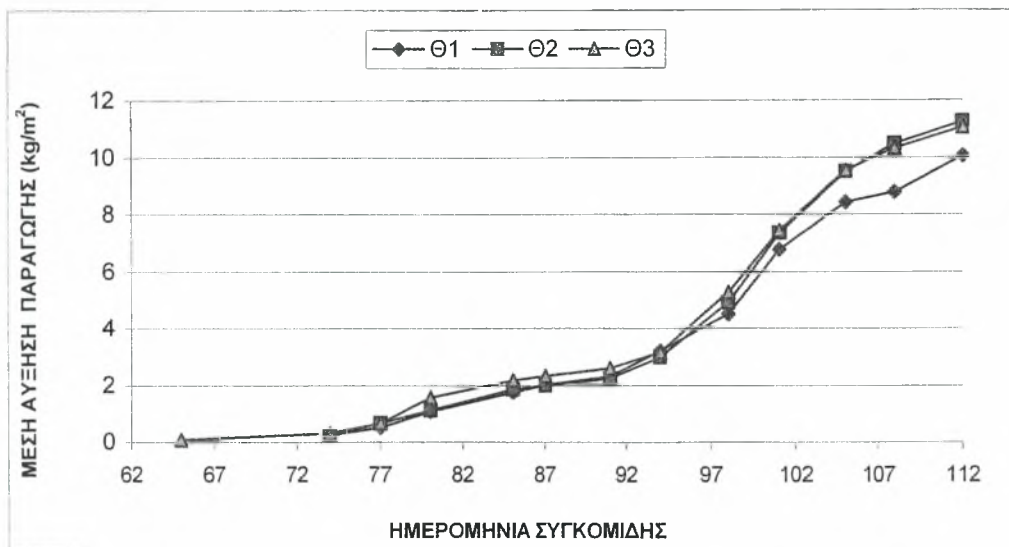
#### 1.1 Συνολική παραγωγή (εμπορεύσιμη και μη)

Πίνακας 1. Συνολική παραγωγή ( $\text{kg/m}^2$ ) (εμπορεύσιμη και μη).

Συνολική Παραγωγή (εμπορεύσιμη και μη) ( $\text{kg/m}^2$ )		
Θερμοκήπιο	n (Αριθμ. Επαναλ.)	
Θ1	4	10,06 a
Θ2	4	11,26 a
Θ3	4	11,06 a
Sig.		0,108

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα ίδια γράμματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Όπως διαπιστώνεται από τον πίνακα 1, που δείχνει τη συνολική παραγωγή σε  $\text{kg/m}^2$ , οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των τριών θερμοκηπίων, δεν είναι στατιστικώς σημαντικές.



Γράφημα 1. Αύξηση συνολικής παραγωγής ( $\text{kg/m}^2$ ).

Από το παραπάνω γράφημα 1, που παρουσιάζει την καμπύλη αύξησης της παραγωγής σε  $\text{kg/m}^2$ , σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, παρατηρείται η ίδια αυξητική τάση μεταξύ των τριών θερμοκηπίων έως την DAT=102. Οι διαφορές των θερμοκηπίων Θ2 και Θ3, με το θερμοκήπιο Θ1 τις δύο τελευταίες συγκομιδές, (DAT=107 DAT=112), οφείλονται στο γεγονός ότι το Θ1 στις τελευταίες ταξικαρπίες παρουσίασε μία υστέρηση στην παραγωγή η οποία ενδεχομένως αν οι συγκομιδές συνεχίζονταν να μειωνόταν.

**Πίνακας 2.** Βάρος καρπού (g) και αριθμός καρπών ανά m<sup>2</sup>.

Θερμοκήπιο	n (Αρ. Επαναλ.)	Βάρος καρπού (g)	Αριθμός καρπών ανά m <sup>2</sup>
Θ1	4	228,58 a	44,00 a
Θ2	4	222,10 a	48,88 a
Θ3	4	232,82 a	47,44 a
Sig.		0,193	0,127

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα ίδια γράμματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές.

Από τον παραπάνω πίνακα 2, που δείχνει το βάρος καρπού σε g και τον αριθμό καρπών ανά m<sup>2</sup>, διαπιστώνεται ότι οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των τριών θερμοκηπίων, δεν είναι στατιστικώς σημαντικές.

## 1.2 Χωρική κατανομή της συνολικής παραγωγής ανά θερμοκήπιο

**Πίνακας 3.** Συνολική παραγωγή φυτού (kg) ανά επανάληψη για το θερμοκήπιο Θ1.

Συνολική παραγωγή φυτού (kg) ανά επανάληψη						
Επανάληψη	n (Αριθμ. Φυτών)	Θ1	n (Αριθμ. Φυτών)	Θ2	n (Αριθμ. Φυτών)	Θ3
1	6	4,564 a	5	4,353 a	5	4,512 a
2	6	4,711 a	5	4,523 a	6	4,849 a
3	6	3,624 a	6	4,746 a	5	4,410 a
4	6	3,869 a	2	5,138 a	5	4,660 a
Sig.		0,095		0,214		0,305

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα ίδια γράμματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 3, που δείχνει το συνολικό βάρος φυτού ανά επανάληψη για κάθε θερμοκήπιο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

### 1.3 Συνολική παραγωγή φυτού

**Πίνακας 4.** Συνολική παραγωγή φυτού (kg)

Συνολική παραγωγή φυτού (kg)		
Θερμοκήπιο	n (Αρ. Επαναλ.)	
Θ1	4	4,192 a
Θ2	4	4,690 a
Θ3	4	4,608 a
Sig.		0,108

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα ίδια γράμματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 4, που δείχνει τη συνολική παραγωγή φυτού, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων.

### 1.4 Συνολική παραγωγή ανά ταξικαρπία

**Πίνακας 5.** Συνολική παραγωγή ανά ταξικαρπία ( $\text{kg/m}^2$ ).

Συνολική παραγωγή ανά ταξικαρπία ( $\text{kg/m}^2$ )							
Ταξικαρπία	1	2	3	4	5	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	1,480 a n = 4	1,720 a n = 4	2,575 a n = 4	2,028 a n = 4	1,653 a n = 4	1,463 a n = 4	0,990 a n = 4
Θερμοκήπιο Θ2	1,808 b n = 4	1,873 a n = 4	2,633 a n = 4	2,278 a n = 4	1,653 a n = 4	1,275 a n = 4	0,960 a n = 3
Θερμοκήπιο Θ3	1,860 b n = 4	1,818 a n = 4	2,695 a n = 4	2,135 a n = 4	1,758 a n = 4	1,440 a n = 4	0,780 a n = 4
Sig.	<0,05	0,471	0,685	0,536	0,671	0,406	0,511

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Όπως αποδεικνύεται από τον πίνακα 5, που δείχνει τη συνολική παραγωγή ανά ταξικαρπία ( $\text{kg/m}^2$ ), μόνο στην πρώτη ταξικαρπία, παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η υποκείμενη φυλλική επιφάνεια της πρώτης ταξικαρπίας στο θερμοκήπιο Θ1 ήταν μικρότερη των δύο άλλων, όπως αποδεικνύεται από μετρήσεις οι οποίες δεν παρουσιάζονται εδώ.

Στις επόμενες ταξικαρπίες δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων.

**Πίνακας 6.** Σύγκριση της συνολικής παραγωγής ανά ταξικαρπία (kg/m<sup>2</sup>).

**Πίνακας 6-α**

Βάρος ταξικαρπίας (kg/m <sup>2</sup> ) για το θερμοκήπιοΘ1		
Ταξικαρπία	n	
1	4	1,480 ac
2	4	1,720 a
3	4	2,575 b
4	4	2,028 a
5	4	1,653 a
6	4	1,463 ac
7	4	0,990 c
Sig.		<0,05

**Πίνακας 6-β**

Βάρος ταξικαρπίας (kg/m <sup>2</sup> ) για θερμοκήπιο Θ2		
Ταξικαρπία	n	
1	4	1,808 ac
2	4	1,873 ac
3	4	2,633b
4	4	2,278 bc
5	4	1,653 ad
6	4	1,275 de
7	3	0,960 e
Sig.		<0,05

**Πίνακας 6-γ**

Βάρος ταξικαρπίας (kg/m <sup>2</sup> ) για το θερμοκήπιοΘ3		
Ταξικαρπία	n	
1	4	1,860 ac
2	4	1,818 ac
3	4	2,695 b
4	4	2,135 ab
5	4	1,758 ac
6	4	1,440 c
7	4	0,780 d
Sig.		<0,05

Όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες 6-α, 6-β και 6-γ, που δίνουν το βάρος ταξικαρπίας (kg/m<sup>2</sup>), η μεγαλύτερη παραγωγή, παρατηρείται στην τρίτη ταξικαρπία και στα τρία θερμοκήπια, ακολουθούμενη από την τέταρτη ταξικαρπία. Γενικά τα τρία θερμοκήπια εμφανίζουν την ίδια τάση αυξομείωσης της παραγωγής ανά ταξικαρπία.

**Πίνακας 7.** Μέσο βάρος καρπού ανά ταξικαρπία ανά θερμοκήπιο (g).

Βάρος καρπού ανά ταξικαρπία (g)							
Ταξικαρπία	1	2	3	4	5	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	151,81 n = 4	202,43 n = 4	266,62 n = 4	278,59 n = 4	260,98 n = 4	239,83 n = 4	230,82 n = 4
Θερμοκήπιο UV3%	165,50 n = 4	203,73 n = 4	284,65 n = 4	306,64 n = 4	240,79 n = 4	214,16 n = 4	233,30 n = 3
Θερμοκήπιο Θ3	177,56 n = 4	197,07 n = 4	282,74 n = 4	273,47 n = 4	252,21 n = 4	231,11 n = 4	227,90 n = 4
Sig.	0,076	0,743	0,387	0,394	0,530	0,467	0,903

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα ίδια γράμματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 7, που δίνει το βάρος καρπού ανά ταξικαρπία (g), δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων.

**Πίνακας 8.** Αριθμός καρπών ανά ταξικαρπία ανά m<sup>2</sup>.

Αριθμός καρπών ανά ταξικαρπία ανά m <sup>2</sup>							
Ταξικαρπία	1	2	3	4	5	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	9,70a n = 4	8,46a n = 4	9,60a n = 4	7,28a n = 4	6,38 n = 4	6,25 n = 4	4,20a n = 4
Θερμοκήπιο Θ2	10,88b n = 4	9,25a n = 4	9,37a n = 4	7,77a n = 4	6,95 n = 4	6,00 n = 4	4,00a n = 3
Θερμοκήπιο Θ3	10,50ab n = 4	8,73a n = 4	9,54a n = 4	7,66a n = 4	6,95 n = 4	6,35 n = 4	3,30a n = 4
Sig.	<0,05	0,235	0,800	0,680	0,444	0,748	0,312

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα 8, που δίνει τον αριθμό καρπών ανά ταξικαρπία ανά  $m^2$ , δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων παρά μόνο στην πρώτη ταξικαρπία.

## 1.5 Παραγωγή εμπορεύσιμων καρπών

**Πίνακας 9.** Συνολική παραγωγή εμπορεύσιμων καρπών ( $kg/m^2$ ).

Συνολική παραγωγή εμπορεύσιμων καρπών ( $kg/m^2$ )		
Θερμοκήπιο	n (Αριθμ. Επαναλ.)	
Θ1	4	7,990 a
Θ2	4	9,670 b
Θ3	4	9,595 b
Sig.		<0,05

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 9, που δείχνει τη συνολική παραγωγή εμπορεύσιμων καρπών σε ( $kg/m^2$ ), διαπιστώνεται ότι το θερμοκήπιο Θ1, έδωσε σημαντικά, ( $p < 0,05$ ), χαμηλότερη εμπορεύσιμη παραγωγή σε σχέση με τα άλλα δύο, τα οποία έδωσαν σχεδόν την ίδια. Απομένει να διερευνηθεί γιατί το θερμοκήπιο Θ3, με τη μηδαμινή διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το Θ2. Η διερεύνηση ακολουθεί στην επόμενη παράγραφο.

**Πίνακας 10.** Βάρος εμπορεύσιμου καρπού (g) και αριθμός εμπορεύσιμων καρπών ανά  $m^2$ .

Θερμοκήπιο	n (Αρ. Επαναλ.)	Βάρος εμπορεύσιμου καρπού (g)	Αριθμός εμπορεύσιμων καρπών ανά $m^2$
Θ1	4	235,63 a	33,80 a
Θ2	4	230,03 a	40,54 a
Θ3	4	243,08 a	39,68 a
Sig.		0,052	0,051

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα ίδια γράμματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επίσης όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα 10, τα βάρη καθώς και ο αριθμός εμπορεύσιμων καρπών ανά  $m^2$  δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.



## 1.6 Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή

Δεδομένης της έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί στον τομέα των απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας υλικών κάλυψης, σε σχέση με τους πληθυσμούς των εντόμων, θεωρείται σκόπιμο να εξεταστεί χωριστά το κομμάτι αυτό της παραγωγής, που παρουσιάζει προσβολές από έντομα.

Γίνεται διαχωρισμός της μη εμπορεύσιμης παραγωγής, εξαιτίας της προσβολής από έντομα, (Κατηγορία Α) και της μη εμπορεύσιμης που οφείλεται σε ξηρή σήψη κορυφής, σχίσμο καρπού, παραμορφώσεις, ηλιόκαυμα και περιλαμβάνει επίσης και τους λιποβαρείς καρπούς, (Κατηγορία Β).

### 1.6.1 Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας Α

**Πίνακας 11.** Συνολική παραγωγή μη εμπορεύσιμων καρπών κατηγορίας Α (kg/m<sup>2</sup>).

Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας Α (kg/m <sup>2</sup> )		
Θερμοκήπιο	n (Αρ. Επαναλ.)	
Θ1	4	0,594 a
Θ2	4	0,532 a
Θ3	4	0,264 a
Sig.		0,130

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα ίδια γράμματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 11, που δίνει τη συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας Α (kg/m<sup>2</sup>), δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων. Όμως το θερμοκήπιο Θ3, έδωσε χαμηλότερη μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας Α, σχεδόν τη μισή από τα άλλα δύο θερμοκήπια.

Αυτή η διαφορά του θερμοκηπίου Θ3 από τα άλλα δύο θερμοκήπια οφείλεται στους μικρότερους πληθυσμούς εντόμων που αναπτύσσονται απουσία υπεριώδους ακτινοβολίας και κατά συνέπεια στις μικρότερες προσβολές των καρπών από έντομα. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και στην ενότητα 1.7 που ακολουθεί και συμφωνεί απόλυτα με τους Costa et al. 2002, González et al. 2004, Antignus 2000; Espi et al. 2002.

## 1.6.2 Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας B

**Πίνακας 12.** Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας B (kg/m<sup>2</sup>).

Συνολική μη εμπορεύσιμη παραγωγή κατηγορίας B (kg/m <sup>2</sup> )		
Θερμοκήπιο	n (Αριθμ. Επαναλ.)	
Θ1	4	1,477 a
Θ2	4	1,130 a
Θ3	4	1,191 a
Sig.		0,169

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα ίδια γράμματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

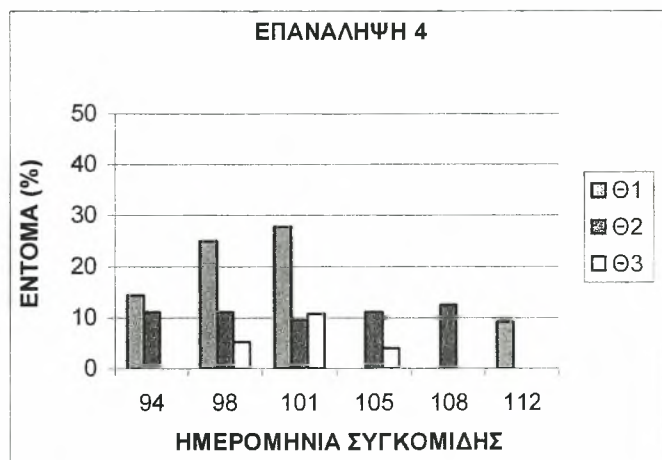
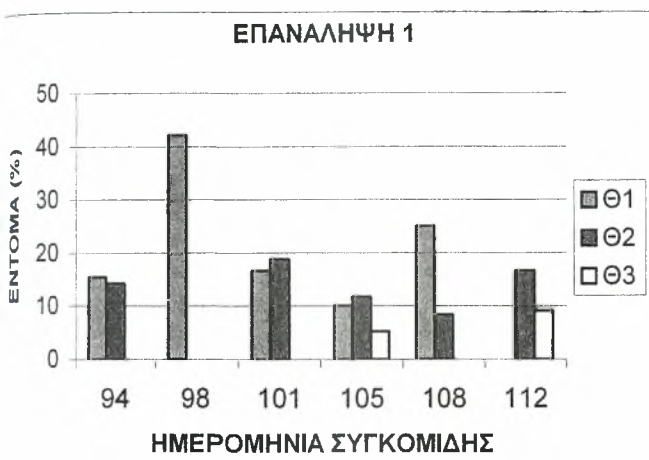
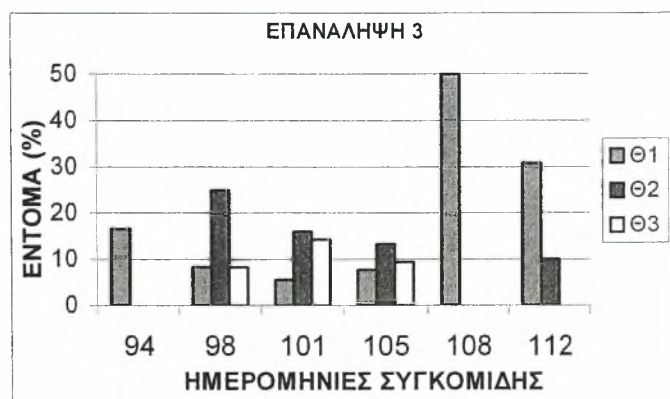
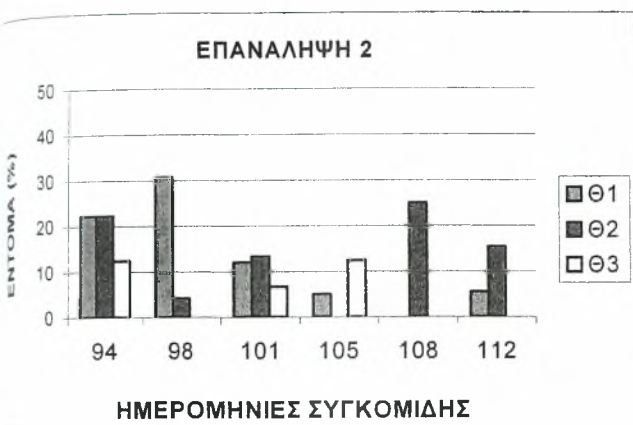
Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα 12, που δίνει τη συνολική παραγωγή κατηγορίας B, (kg/m<sup>2</sup>), δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων. Καθώς δεν βρέθηκε κάποια αναφορά που να συνδέει τις ανωμαλίες των καρπών, που προαναφέρθηκαν, και τη μικροκαρπία με την απουσία της υπερϊόδους ακτινοβολίας, είναι αναμενόμενο να μην παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων.

## 1.7 Εξέλιξη του ποσοστού προσβολής των καρπών από έντομα

Στο Κεφάλαιο: Βιβλιογραφική ανασκόπηση, αναφέρονται αναλυτικά οι διάφορες έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με τη μείωση των πληθυσμών των εντόμων σε θερμοκήπια που διέθεταν υλικά κάλυψης απορροφητικά της UV ακτινοβολίας. Γι' αυτό στην παρούσα μελέτη, θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί το φαινόμενο αυτό, αφού η μείωση των προσβολών από έντομα, οδηγεί σε μία παραγωγή καλύτερης ποιότητας και εμπορευσιμότητας.

Στην παράγραφο 1.6.1, διερευνήθηκε σε ποιο από τα τρία θερμοκήπια εμφανιζόταν η μικρότερη μη εμπορεύσιμη παραγωγή, λόγω εκτεταμένης προσβολής από έντομα και βρέθηκε να είναι μικρότερη, στο θερμοκήπιο Θ3.

Απομένει να εξεταστεί η χρονική εξέλιξη των προσβολών από έντομα στον κύριο όγκο της παραγωγής, (δηλαδή κατά το διάστημα 10-6-2004, DAT=94 έως 28-6-2004, DAT=112), σαν ποσοστό των προσβεβλημένων καρπών στο σύνολο της εκάστοτε συγκομιδής, χωρίς αποτίμηση του μεγέθους της ζημιάς. Δηλαδή συμπεριλαμβάνονταν οι καρποί με προσβολή από έντομα μεγέθους 1,2,3,4,5 και όχι μόνο 4,5 που εξετάσθηκαν στην προαναφερθείσα ενότητα. (1.6).



**Γράφημα 2.** Ποσοστό των καρπών που παρουσιάζουν προσβολές από έντομα ανά επανάληψη ανά θερμοκήπιο.

Τα γραφήματα είναι τοποθετημένα όπως και οι επαναλήψεις στα θερμοκήπια.

Για τη στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν οι εξής συμβολισμοί:

Για κάθε καρπό που δεν παρουσίαζε προσβολές από έντομα χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός 1, ενώ για κάθε καρπό που παρουσίαζε προσβολές από έντομα χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός 2.

**Πίνακας 13.** Προσβολές από έντομα ανά επανάληψη για κάθε θερμοκήπιο.

Προσβολές των καρπών από έντομα ανά επανάληψη για κάθε θερμοκήπιο							
DAT	Επανάληψη	94	98	101	105	108	112
Θερμοκήπιο Θ1	1	1,15 a	1,42 a	1,17 a	1,10 a	1,25 a	1,00 a
	2	1,22 a	1,31 a	1,12 a	1,05 a	1,00 a	1,06 a
	3	1,17 a	1,08 a	1,06 a	1,08 a	1,50 a	1,31 b
	4	1,14 a	1,25 a	1,28 a	1,00 a	1,00 a	1,09 ab
Sig.		0,720	0,103	0,072	0,266	0,097	<0,05
Θερμοκήπιο Θ2	1	1,14 a	1,00 a	1,19 a	1,12 a	1,08 a	1,17 a
	2	1,22 a	1,04 a	1,13 a	1,00 a	1,25 a	1,15 a
	3	1,00 a	1,25 b	1,16 a	1,13 a	1,00 a	1,10 a
	4	1,11 a	1,11 ab	1,10 a	1,11 a	1,13 a	1,00 a
Sig.		0,207	<0,05	0,483	0,195	0,124	0,518
Θερμοκήπιο Θ3	1	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,06 a	1,00 a	1,09 a
	2	1,13 a	1,00 a	1,07 a	1,13 a	1,00 a	1,00 a
	3	1,00 a	1,08 a	1,14 a	1,10 a	1,00 a	1,00 a
	4	1,00 a	1,05 a	1,11 a	1,04 a	1,00 a	1,00 a
Sig.		0,369	0,211	0,174	0,389	1,00	0,457

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.  
(DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση)

Στον πίνακα 13, γίνεται σύγκριση μεταξύ των επαναλήψεων, σε κάθε θερμοκήπιο, με σκοπό να δείξει, αν η διαφορετική θέση της κάθε επανάληψης μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου καθώς και η γειτνίασή του με διαφορετικά περιβάλλοντα (οπωρώνας, άλλο θερμοκήπιο, οίκημα), επηρεάζει το ποσοστό των προσβεβλημένων καρπών από τα έντομα.

Όπως διαπιστώνεται στο θερμοκήπιο Θ1, μόνο την DAT=112, παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές, ( $p < 0,05$ ), με την επανάληψη 3, να παρουσιάζει τις μεγαλύτερες προσβολές. Άλλωστε είναι η επανάληψη η οποία γειτνιάζει με τον παρακείμενο οπωρώνα. Ακολουθεί η επανάληψη 4, για τον ίδιο λόγο. Τα επίπεδα των προσβολών δεν ξεπερνούσαν το 11%, (πίνακας 16, που ακολουθεί).

Στο θερμοκήπιο Θ2, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρούνται την DAT = 98, όπου οι επαναλήψεις 3 και 4, (οι γειτονικές στο Θ1), παρουσιάζουν το μέγιστο ποσοστό προσβολής, 26%, (πίνακας 14).

Όσον αφορά το θερμοκήπιο Θ3, υπάρχει ομοιομορφία μεταξύ των επαναλήψεων, γεγονός που δικαιολογείται λόγω της μηδαμινής διαπερατότητας του καλύμματος αυτού του θερμοκηπίου σε σχέση με τη διαπερατότητα των άλλων δύο καλυμμάτων. Σε κάθε συγκομιδή, τα ποσοστά των προσβολών, είναι σαφώς μικρότερα των άλλων δύο θερμοκηπίων, τα οποία και εμφανίζουν την ίδια διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία. Η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των δύο θερμοκηπίων με την ίδια

διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, (δηλαδή του Θ1 και Θ2), η οποία σημειωτέον δεν εμφανίζεται σε δύο συγκομιδές, (DAT=101 και DAT=112, πίνακας 14) ενδεχομένως να οφείλεται στην μετακίνηση του πληθυσμού των εντόμων και στην εξάπλωσή τους από την εστία που υπήρχε δίπλα στο Θ1, (οπωρώνας).

**Πίνακας 14.** Ποσοστό των καρπών που παρουσιάζουν προσβολές από έντομα ανά θερμοκήπιο, ανά ημερομηνία συγκομιδής.

Προσβολές από έντομα (%)						
DAT	94	98	101	105	108	112
Θερμοκήπιο Θ1	17,14a n = 4	26,55a n = 4	15,50a n = 4	5,67a n = 4	18,75a n = 4	11,35a n = 4
Θερμοκήπιο Θ2	11,90ab n = 4	10,07ab n = 4	14,40a n = 4	9,05a n = 4	11,46a n = 4	10,51a n = 4
Θερμοκήπιο Θ3	3,13b n = 4	3,40b n = 4	7,92a n = 4	7,82a n = 4	0,00a n = 4	2,27a n = 4
Sig.	<0,05	<0,05	0,168	0,372	0,126	0,219

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. (DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση)

Μελετώντας την διακύμανση του ποσοστού προσβολής από έντομα ανά θερμοκήπιο, (πίνακας 14), η οποία δηλώνει και την παρουσία αντίστοιχου πληθυσμού εντόμων, παρατηρείται ότι τα έντομα εμφανίζονται την 94<sup>η</sup> ημέρα αρχικά στο Θ1, (λόγω της παρακείμενης εστίας πρωτευόντων ξενιστών - οπωρώνα), σε ποσοστό μεγαλύτερο από τα άλλα δύο θερμοκήπια. Στη συνέχεια η προσβολή στο θερμοκήπιο αυτό αυξάνεται κατά την επόμενη συγκομιδή, (98<sup>η</sup> ημέρα), όπου παρατηρείται και το μέγιστο, (26,55%), παράλληλα τα έντομα μετακινούνται και στο διπλανό θερμοκήπιο, (Θ2), με αποτέλεσμα το Θ2 να εμφανίζει το μέγιστο την αμέσως επόμενη συγκομιδή, (101<sup>η</sup> ημέρα), ίσο με 14,40%. Στις συγκομιδές αυτές, στο Θ3 παρατηρείται η μεγαλύτερη προσβολή ίση με 7,92%. Σε όλη τη διάρκεια της συγκομιδής το Θ2 έχει μικρότερες προσβολές από το Θ1 γιατί αριστερά του υπάρχει οικίσκος, ο οποίος δεν συνηγορεί στην αύξηση του πληθυσμού των εντόμων.

Οι διαφορές είναι στατιστικώς σημαντικές μόνο στις ημερομηνίες DAT = 94 και DAT = 98, και μόνο μεταξύ του Θ3 και του Θ1, ενώ το θερμοκήπιο Θ2 δεν διαφέρει σημαντικά με κανένα. Μόνο την DAT = 105, τα θερμοκήπια Θ3 και Θ2 ξεπερνούν το Θ1 αλλά τα ποσοστά των προσβολών είναι μικρά και για τα τρία θερμοκήπια.

## 1.8 Ειδικός όγκος των καρπών

**Πίνακας 15.** Ειδικός όγκος (g/cm<sup>3</sup>) ανά ταξικαρπία.

Ειδικός όγκος (g/cm <sup>3</sup> ) ανά ταξικαρπία							
Ταξικαρπία	1	2	3	4	5	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	0,937a n = 5	0,943a n = 37	0,942a n = 65	0,946a n = 49	0,943a n = 32	0,938a n = 27	0,942a n = 9
Θερμοκήπιο Θ2	0,944a n = 3	0,949a n = 68	0,940a n = 62	0,937b n = 43	0,944a n = 42	0,939a n = 26	0,945a n = 9
Θερμοκήπιο Θ3	0,954a n = 10	0,952a n = 50	0,939a n = 58	0,937b n = 40	0,935a n = 37	0,945a n = 28	0,950a n = 7
Sig.	0,293	0,075	0,354	<0,05	0,165	0,225	0,368

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Από τον πίνακα 15, που δίνει τον ειδικό όγκο, φαίνεται ότι δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων παρά μόνο στην 4<sup>η</sup> ταξικαρπία. Σ' αυτή, το θερμοκήπιο Θ1 παρουσιάζει μεγαλύτερο ειδικό όγκο από τα άλλα δύο θερμοκήπια, τα οποία δεν διαφέρουν.

**Πίνακας 16.** Ειδικός όγκος ανά ταξικαρπία για το θερμοκήπιο Θ1.

Ειδικός όγκος (g/cm <sup>3</sup> ) ανά ταξικαρπία για το Θ1		
Ταξικαρπία	n	Ειδικός όγκος (g/cm <sup>3</sup> )
1	5	0,937a
2	37	0,943a
3	65	0,942a
4	49	0,946a
5	32	0,943a
6	27	0,938a
7	9	0,942a
Sig.		0,266

**Πίνακας 17.** Ειδικός όγκος ανά ταξικαρπία για το θερμοκήπιο UV3%.

Ειδικός όγκος (g/cm <sup>3</sup> ) ανά ταξικαρπία για το Θ2		
Ταξικαρπία	n	Ειδικός όγκος (g/cm <sup>3</sup> )
1	3	0,944a
2	68	0,949a
3	62	0,940a
4	43	0,937a
5	42	0,944a
6	26	0,939a
7	9	0,945a
Sig.		0,180

**Πίνακας 18.** Ειδικός όγκος ανά ταξικαρπία για το θερμοκήπιο Θ3.

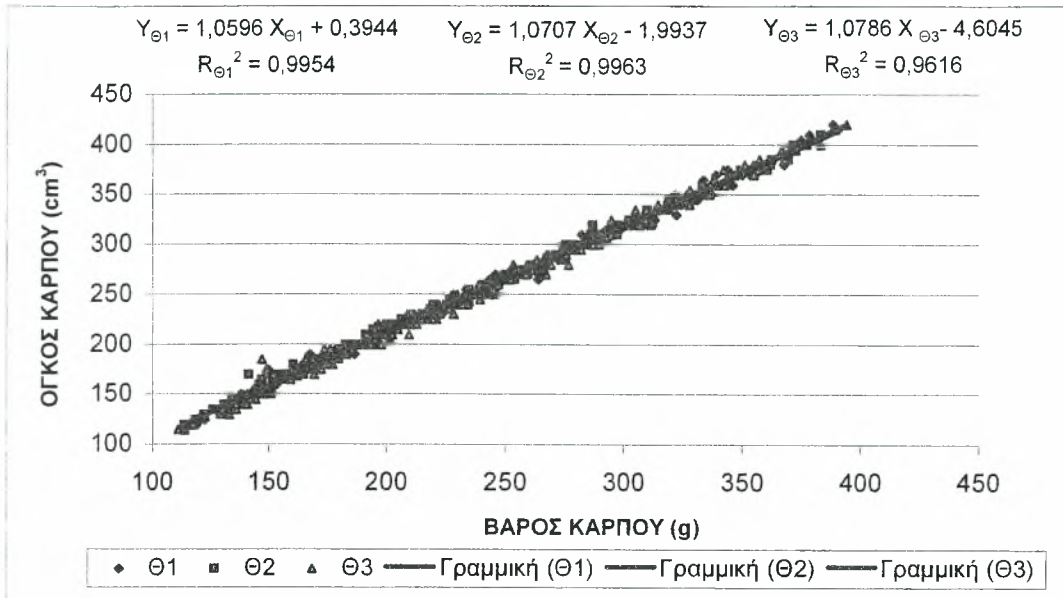
Ειδικός όγκος (g/cm <sup>3</sup> ) ανά ταξικαρπία για το Θ3		
Ταξικαρπία	n	Ειδικός όγκος (g/cm <sup>3</sup> )
1	10	0,954 a
2	50	0,952 ab
3	58	0,939 ab
4	40	0,937 ab
5	37	0,935 b
6	28	0,945 ab
7	7	0,950 ab
Sig.		<0,05

Όπου n είναι ο αριθμός των καρπών που μετρήθηκαν.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Όπως διαπιστώνεται από τους παραπάνω πίνακες 16, 17 και 18 που δείχνουν τον ειδικό όγκο ανά ταξικαρπία για κάθε θερμοκήπιο, στα θερμοκήπια Θ1 και Θ2, δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ταξικαρπιών. Στο θερμοκήπιο Θ3 οι καρποί της 5<sup>ης</sup> ταξικαρπίας έχουν το μικρότερο ειδικό όγκο, αλλά σημαντικά διαφέρουν μόνο με τους καρπούς της 1<sup>ης</sup> ταξικαρπίας, ενώ οι υπόλοιπες ταξικαρπίες δεν διαφέρουν σημαντικά.

Όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες δεν παρατηρείται κάποια συγκεκριμένη τάση μεταξύ των τριών θερμοκηπίων, αλλά ούτε και μεταξύ των ταξικαριπών του κάθε θερμοκηπίου.



**Γράφημα 3.** Συσχέτιση του βάρους του καρπού (g) με τον όγκο του καρπού (cm<sup>3</sup>) ανά θερμοκήπιο.

Επίσης από τις εξισώσεις συσχέτισης (γράφημα 3) διαπιστώνεται ότι για το ίδιο βάρος καρπών, το θερμοκήπιο Θ3, παρουσιάζει μικρότερο όγκο. Δηλαδή οι καρποί είναι πιο γεμάτοι. Ακολουθεί το θερμοκήπιο Θ2 και τέλος το Θ1.

Τέλος από το γράφημα και από τους συντελεστές συσχέτισης είναι εμφανής η απόλυτη γραμμική συσχέτιση του βάρους του καρπού με τον όγκο του. Γενικά παρατηρείται μεγάλη ομοιομορφία μεταξύ των καρπών και δεν εμφανίζονται καθόλου κούφιοι καρποί.

## 1.9 Σχήμα των καρπών

**Πίνακας 19.** Λόγος της πολικής διαμέτρου / μέγιστη διάμετρο ανά ταξικαρπία ανά θερμοκήπιο.

Λόγος πολικής / μέγιστη διάμετρο ανά ταξικαρπία							
Ταξικαρπία	1	2	3	4	5	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	0,852 a n = 87	0,893a n = 65	0,846 a n = 88	0,828 a n = 68	0,877 a n = 40	0,890 a n = 27	0,870 a n = 10
Θερμοκήπιο Θ2	0,885 b n = 95	0,887a n = 82	0,849 a n = 79	0,816 a n = 60	0,866 a n = 51	0,881 a n = 28	0,871 a n = 11
ΘερμοκήπιοΘ3	0,882 b n = 99	0,877a n = 72	0,823 a n = 83	0,840 a n = 59	0,834 a n = 51	0,836 a n = 32	0,855 a n = 7
Sig.	<0,05	0,362	0,194	0,296	0,101	0,077	0,560

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές.

Από τον πίνακα 19, που δίνει το λόγο της πολικής διαμέτρου προς τη μέγιστη ισημερινή διάμετρο του καρπού, αποδεικνύεται ότι οι καρποί και των τριών θερμοκηπίων είναι ελαφρώς πεπλατυσμένοι. Δεν παρατηρούνται όμως στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρά μόνο στην 1<sup>η</sup> ταξικαρπία, όπου οι καρποί του Θ1 είναι πιο πεπλατυσμένοι από αυτούς των άλλων δύο θερμοκηπίων. Επίσης δεν παρατηρείται κάποια συγκεκριμένη τάση μεταξύ των θερμοκηπίων.

**Πίνακας 20.** Λόγος της μέγιστης / ελάχιστη διάμετρο του ισημερινού του καρπού ανά ταξικαρπία ανά θερμοκήπιο.

Λόγος μέγιστης / ελάχιστη διάμετρο ανά ταξικαρπία							
Ταξικαρπία	1	2	3	4	5	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	1,068 a n = 87	1,046a n = 65	1,049 a n = 88	1,065 a n = 68	1,047 a n = 40	1,022 a n = 27	1,032 a n = 10
Θερμοκήπιο Θ2	1,042 b n = 95	1,049a n = 82	1,059 a n = 79	1,068 a n = 60	1,050 a n = 51	1,038 a n = 28	1,053 a n = 11
ΘερμοκήπιοΘ3	1,048 b n = 99	1,049a n = 72	1,057 a n = 83	1,058 a n = 59	1,052 a n = 51	1,056 b n = 32	1,053 a n = 7
Sig.	<0,05	0,690	0,155	0,247	0,630	<0,05	0,279

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Από τον πίνακα 24, που δείχνει το λόγο της μέγιστης προς την ελάχιστη διάμετρο του ισημερινού του καρπού ανά ταξικαρπία ανά θερμοκήπιο, συμπεραίνεται ότι οι καρποί και των τριών θερμοκηπίων είναι ελαφρώς επιμήκεις. Κατά βάση δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων, παρά μόνο στην 1<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> ταξικαρπία. Στην 1<sup>η</sup> ταξικαρπία, οι καρποί του Θ1 είναι οι πιο



πεπλατυσμένοι ενώ στην 5<sup>η</sup> ταξικαρπία οι καρποί του θερμοκηπίου Θ3, είναι οι πιο πεπλατυσμένοι. Δηλαδή και πάλι δεν παρατηρείται κάποια συγκεκριμένη τάση μεταξύ των θερμοκηπίων.

Συμπερασματικά, οι διαφορές στο σχήμα των καρπών μεταξύ των τριών θερμοκηπίων είναι ελάχιστες και δεν οδηγούν στη διεξαγωγή κάποιου συμπεράσματος.

## 1.10 Εξέλιξη του χρώματος των καρπών συγκεκριμένου δείγματος

Όπως προαναφέρθηκε επιλέχθηκαν 16 καρποί από κάθε θερμοκήπιο, με σκοπό να μελετηθεί η εξέλιξη του χρώματος των καρπών. Δηλαδή διερευνάται το ενδεχόμενο η απουσία της υπερϊώδους ακτινοβολίας να επηρεάζει το σχηματισμό του κόκκινου χρώματος κατά την ωρίμανση των καρπών ή να προκαλεί κάποιον αποχρωματισμό στους καρπούς.

**Πίνακας 21.** Σύγκριση της εξέλιξης των παραμέτρων L\*, Hue<sup>o</sup> και Chroma\* του χρώματος των καρπών μεταξύ των θερμοκηπίων.

Τα στάδια ωρίμανσης των καρπών συμβολίζονται ως εξής: 1 = ώριμο πράσινο, 2 = έναρξη αλλαγής χρωματισμού, 3 = αλλαγή χρωματισμού, 4 = ρόδινο, 5 = ελαφρά κόκκινο, 6 = κόκκινο.

Φωτεινότητα L* ανά θερμοκήπιο για κάθε στάδιο ωρίμανσης						
Στάδιο ωρίμανσης	1	2	3	4	5	6
Θερμοκήπιο Θ1	64,211 a n = 110	64,927 a n = 9	60,531 a n = 7	55,295 a n = 10	50,165 a n = 14	46,337 a n = 20
Θερμοκήπιο Θ2	63,953 a n = 135	62,104 a n = 5	58,374 b n = 5	53,304 a n = 5	49,814 a n = 16	46,124 a n = 19
Θερμοκήπιο Θ3	64,088 a n = 113	64,701 a n = 8	60,992 a n = 9	55,677 a n = 7	49,890 a n = 11	44,117 b n = 12
Sig.	0,327	<0,05	0,105	0,125	0,726	<0,05

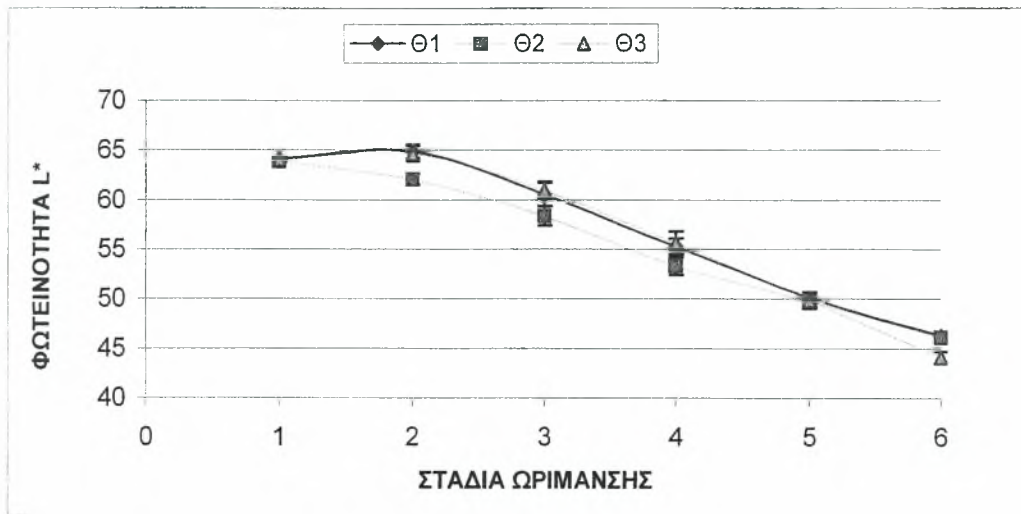
Χρώμα Hue <sup>o</sup> ανά θερμοκήπιο για κάθε στάδιο ωρίμανσης						
Στάδιο ωρίμανσης	1	2	3	4	5	6
Θερμοκήπιο Θ1	102,269 a n = 110	91,547 a n = 9	78,914 a n = 7	59,394 a n = 10	50,206 a n = 14	44,205 a n = 20
Θερμοκήπιο Θ2	103,528 b n = 135	92,079 a n = 5	73,904 a n = 5	58,631 a n = 5	50,037 a n = 16	43,765 ab n = 19
Θερμοκήπιο Θ3	103,586 b n = 113	92,285 a n = 8	76,441 a n = 9	60,950 a n = 7	50,932 a n = 11	42,555 b n = 12
Sig.	<0,05	0,659	0,106	0,241	0,394	<0,05

Ένταση Chroma* ανά θερμοκήπιο για κάθε στάδιο ωρίμανσης						
Στάδιο ωρίμανσης	1	2	3	4	5	6
Θερμοκήπιο Θ1	37,292 a n = 110	38,559 a n = 9	34,609 ab n = 7	37,985 a n = 10	42,804 a n = 14	45,283 a n = 20
Θερμοκήπιο Θ2	37,147 a n = 135	35,512 a n = 5	32,877 a n = 5	37,022 a n = 5	42,682 a n = 16	44,421 a n = 19
Θερμοκήπιο Θ3	37,376 a n = 113	38,417 a n = 8	36,737 b n = 9	40,444 a n = 7	45,754 b n = 11	47,063 b n = 12
Sig.	0,479	0,177	<0,05	0,152	<0,05	<0,05

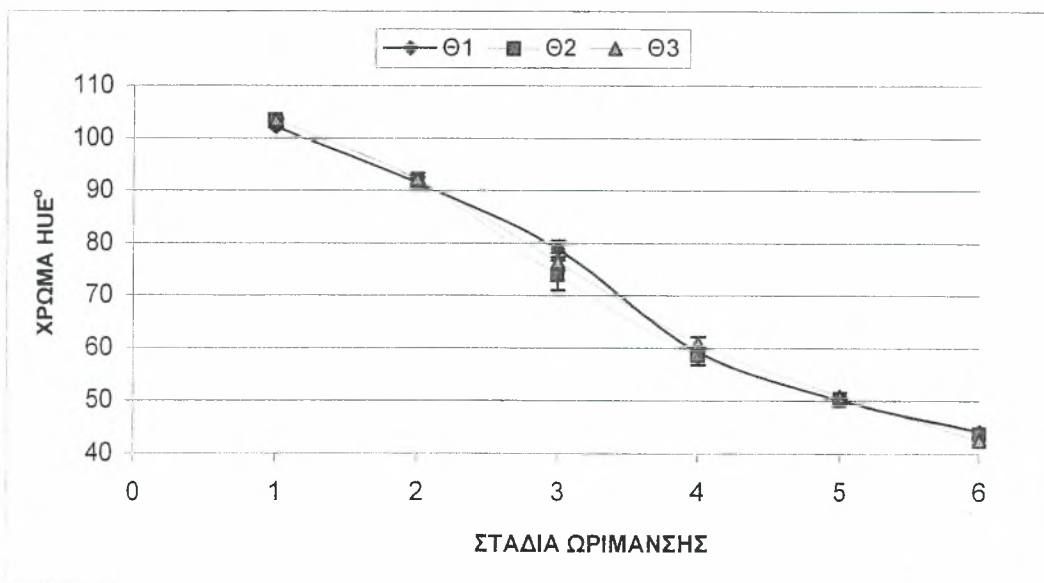
Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Από τον παραπάνω πίνακα 21, που δίνει την εξέλιξη των παραμέτρων του χρώματος των καρπών με την ωρίμανση ανά θερμοκήπιο, διαπιστώνεται ότι οι καρποί του θερμοκηπίου Θ3 παρουσιάζουν κατά βάση πιο έντονο χρώμα από τους καρπούς των άλλων δύο θερμοκηπίων κυρίως από τη στιγμή που έχει αρχίσει να αναπτύσσεται

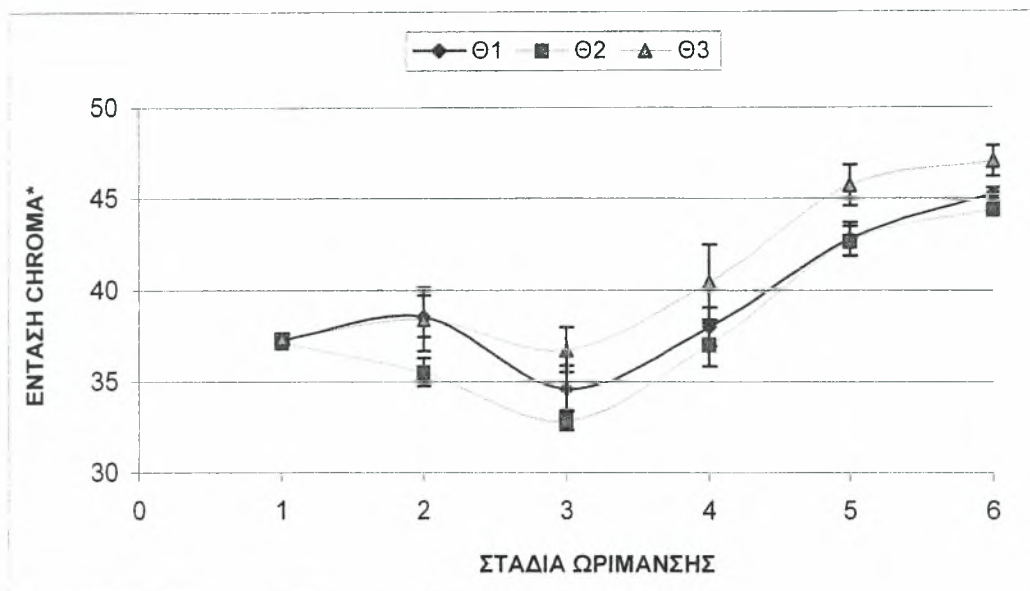
το κόκκινο χρώμα. Μάλιστα στο στάδιο της αλλαγής χρωματισμού (3), του ελαφρού κόκκινου (5) και του κόκκινου (6), η διαφορά είναι στατιστικώς σημαντική. Αυτό φαίνεται αρκετά χαρακτηριστικά στο γράφημα 6, που δείχνει την ένταση του χρώματος ανά θερμοκήπιο, που ακολουθεί.



**Γράφημα 4.** Εξέλιξη της φωτεινότητας του χρώματος των καρπών με την ωρίμανση ανά θερμοκήπιο.  
Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα



**Γράφημα 5.** Εξέλιξη του χρώματος των καρπών με την ωρίμανση ανά θερμοκήπιο.  
Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα



**Γράφημα 6.** Εξέλιξη της έντασης του χρώματος των καρπών με την ωρίμανση ανά θερμοκήπιο.

Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα

Από τα παραπάνω γραφήματα διαπιστώνεται ότι η διαφορά στο χρώμα των καρπών ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια, εντοπίζεται στην ένταση του χρώματος, (Γράφημα 6). Οι καρποί του θερμοκηπίου Θ3, έχουν πιο έντονο χρώμα από τα άλλα δύο θερμοκήπια.. Πιθανή εξήγηση της μεγαλύτερης έντασης του χρώματος των καρπών στο θερμοκήπιο Θ3 είναι η εξής: Όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο: Βιβλιογραφική ανασκόπηση, στον καρπό της τομάτας, εκτός από τα καροτενοειδή, υπάρχουν και τα φλαβονοειδή, (Καραουλάνης 2003). Επίσης όπως είναι γνωστό για τις σύνθεση των φλαβονοειδών είναι απαραίτητη η UV-B ακτινοβολία και απουσία της δεν συντίθενται (Cockell et al., 2000. Ενδεχομένως λοιπόν, η απουσία αυτών των χρωστικών από τον καρπό να οδηγεί στο να είναι το χρώμα των καρπών πιο καθαρό κόκκινο, πιο έντονο.

## III-2 Σύσταση των καρπών

### 2.1 Χρώμα των καρπών ανά συγκομιδή

**Πίνακας 22.** Όρια των παραμέτρων του χρώματος που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή των καρπών ίδιου σταδίου ωρίμανσης, σε όλη τη διάρκεια της συγκομιδής.

Συγκομιδές	Φωτεινότητα L*	Χρώμα Hue <sup>o</sup>	Ένταση Chroma*	Φωτεινότητα L*	Χρώμα Hue <sup>o</sup>	Ένταση Chroma*
Έως DAT = 99 (Ημ. 15-6-04)	47	46,73	49,34	52	49,09	39,70
Από DAT = 101 (Ημ. 17-6-04)	47	49,79	52,38	52	53,39	43,60

DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση

Στον πίνακα 22, φαίνεται η μεταβολή των ορίων των παραμέτρων του χρώματος με την πάροδο του χρόνου, λόγω των διαφορετικών συνθηκών του περιβάλλοντος (υψηλότερη θερμοκρασία, υψηλότερο έλλειμμα κορεσμού, μεγαλύτερη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας). Τα όρια χρώματος μετατέθηκαν, και στην DAT = 101, παρατηρήθηκε ιδιαίτερα έντονα αυτό το φαινόμενο, αφού όλοι οι καρποί και των τριών θερμοκηπίων δεν παρουσίαζαν πια το ίδιο χρώμα. Έτσι από την DAT = 101, επικράτησαν τα όρια όπως φαίνονται στον παραπάνω πίνακα 2. Δηλαδή οι καρποί είχαν πλέον πιο πορτοκαλί χρώμα (μεγαλύτερο H<sup>o</sup>) και πιο έντονο (μεγαλύτερο C\*). Η μεταβολή στη φωτεινότητα L\* δεν ήταν τόσο εμφανής. Ακολουθεί ο πίνακας με τις παραμέτρους του χρώματος L\*, Hue<sup>o</sup> και Chroma\*, ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής.

Πίνακας 23. Χρόμια κυπτών ανά ταξινόμηση ανά ημερομηνία συγκομιδής ανά ερπιοκήπιο Φοιτηνότητα L\*

Ημερομηνίες Συγκομιδών DAT	85	95	95	99	99	101	101	106	106	109	109	113	113
<b>Ταξινόμηση</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
⊕ερπιοκήπιο ⊕1	49,42 n=3	49,39a n=2	49,50a n=3	48,39 <sup>1</sup> n=1	47,89a n=3	49,81a n=4	48,62a n=4	48,18a n=3	49,45a n=2	49,81 n=2	49,31 n=4	49,68a n=3	49,64a n=3
⊕ερπιοκήπιο ⊕2	48,76 n=4	49,83a n=4	50,45a n=3	47,51a n=2	48,01a n=3	48,75a n=4	48,64a n=4	48,97a n=4	49,41a n=4	49,50 n=4	50,01 n=4	49,33 <sup>1</sup> n=1	50,06a n=3
⊕ερπιοκήπιο ⊕3	49,00 n=4	48,50a n=4	49,66a n=3	47,77a n=3	48,93a n=4	49,16a n=4	49,40a n=3	48,84a n=2	49,64a n=3	49,51 n=3	50,33 n=3	48,39a n=4	48,90a n=2
Sig.	0,187	0,105	0,311	0,924	0,124	0,078	0,261	0,480	0,854	0,722	0,100	0,656	0,065
<b>Χρόμιο Hue<sup>o</sup></b>													
DAT	85	95	95	99	99	101	101	106	106	109	109	113	113
<b>Ταξινόμηση</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
⊕ερπιοκήπιο ⊕1	47,73a	48,45ab	48,32a	48,02 <sup>1</sup>	46,98a	51,83a	49,89a	48,11a	50,14a	51,66a	49,03a	50,24a	49,91a
⊕ερπιοκήπιο ⊕2	47,70a	49,92a	49,31a	46,88a	47,30a	49,52b	48,90a	48,68a	49,15a	49,90a	50,25a	47,62 <sup>1</sup>	50,60a
⊕ερπιοκήπιο ⊕3	47,18a	47,42b	48,15a	47,54a	48,27a	50,19ab	49,70a	48,77a	50,44a	51,94a	52,16a	48,61a	49,81a
Sig.	0,705	<0,05	0,464	0,438	0,135	<0,05	0,400	0,741	0,441	0,123	0,106	0,729	0,249
<b>Ένταση Chroma<sup>*</sup></b>													
DAT	85	95	95	99	99	101	101	106	106	109	109	113	113
<b>Ταξινόμηση</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
⊕ερπιοκήπιο ⊕1	44,96a	43,90a	45,21a	47,48 <sup>1</sup>	46,69a	47,74a	47,34a	47,60a	47,36a	49,50a	48,65a	50,36a	50,28a
⊕ερπιοκήπιο ⊕2	45,69a	45,12a	44,41a	47,48a	46,90a	47,89a	48,21a	47,21a	48,11a	48,79a	50,23a	52,47 <sup>1</sup>	51,32a
⊕ερπιοκήπιο ⊕3	45,48a	44,60a	44,06a	47,37a	47,66a	48,26a	48,54a	48,48a	47,91a	48,33a	48,94a	50,64a	50,56a
Sig.	0,480	0,493	0,234	0,256	0,052	0,596	0,283	0,449	0,536	0,173	0,248	0,549	0,072

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan (p<0,05). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές.  
 DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση  
 \* Αναφέρεται ενδεικτικά ο μέσος όρος

Στον παραπάνω πίνακα 23, που παρουσιάζει τις παραμέτρους του χρώματος  $L^*$ ,  $Hue^\circ$  και  $Chroma^*$ , ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής, φαίνεται ότι κατά βάση τα τρία θερμοκήπια δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά, όπως ήταν αναμενόμενο. Οι όποιες στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην απόχρωση  $Hue^\circ$  οφείλονται αποκλειστικά στη διαφορετική ωρίμανση των καρπών. Όμως ακόμα και αυτές οι διαφορές είναι πολύ μικρές. Πιθανόν λόγω της μεγάλης ομοιομορφίας του δείγματος, κάποιες από τις διαφορές, αν και μικρές, προκύπτουν να είναι στατιστικώς σημαντικές. Όπως προαναφέρθηκε οι καρποί που επιλέχθηκαν ανήκαν σε συγκεκριμένα όρια χρώματος.

Ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα όλης της παραπάνω μελέτης των παραμέτρων του χρώματος είναι η μεταβολή των παραμέτρων του χρώματος με την άνοδο της θερμοκρασίας, το υψηλό έλλειμμα κορεσμού και την αύξηση της έντασης της ακτινοβολίας. Η πιο ευαίσθητη παράμετρος φαίνεται να είναι η ένταση του χρώματος. Άλλωστε όπως φαίνεται και από τα όρια που χρησιμοποιήθηκαν κάθε φορά για την επιλογή των καρπών, μικρές αλλαγές στη φωτεινότητα  $L^*$  και το χρώμα  $H^\circ$ , συνοδεύονται από μεγάλες αλλαγές στην ένταση. Από τον παραπάνω πίνακα 22, φαίνεται ότι και στα τρία θερμοκήπια η ένταση του χρώματος αυξήθηκε έως 5 μονάδες κατά το χρονικό διάστημα 1-6-04 (DAT = 85) έως 29-6-04 (DAT = 113). Το χρώμα μεταβλήθηκε και αυτό έως και 3 μονάδες, ενώ η φωτεινότητα παρέμεινε η πιο σταθερή.

Ερευνητές που μελέτησαν την ένταση του χρώματος σε σχέση με το υψηλό έλλειμμα κορεσμού, διαπίστωσαν ότι αυτό οδηγεί σε αύξηση της έντασης του χρώματος των καρπών της τομάτας (Leonardi et al. 2000).

## 2.2 Περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο

Από τον πίνακα 24, που δείχνει τη μέση περιεκτικότητα σε λυκοπένιο (mg/100g) ανά ημερομηνία συγκομιδής, διαπιστώνεται ότι δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων.

Άλλωστε δεν είναι απαραίτητη για τη σύνθεσή του λυκοπένιου η υπεριώδης ακτινοβολία. Δεν εμπλέκεται στη βιοσύνθεση των καροτενοειδών η υπεριώδης ακτινοβολία.

Τα φλαβονοειδή απορροφούν έντονα στο φάσμα της UV-B ακτινοβολίας και απουσία της UV-B, δεν συντίθενται, όπως περιγράφεται αναλυτικά στη Βιβλιογραφική Ανασκόπηση. Δεν ισχύει κάτι τέτοιο για τα καροτενοειδή και συνεπώς για το λυκοπένιο.

Χαρακτηριστικές είναι οι χαμηλές τιμές λυκοπένιου, και στα τρία θερμοκήπια. Μία εξήγηση είναι ότι μπορεί να είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας. Η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο φαίνεται να κυμαίνεται σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με την ποικιλία. Έτσι διάφοροι ερευνητές αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο είναι  $15,8 \pm 1,9$  mg/100g, άλλοι γύρω στα 13 mg/100g, άλλοι γύρω στα 10,77 mg/100g ανάλογα με τη εξεταζόμενη ποικιλία ενώ έχει επίσης αναφερθεί ότι η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο κυμαίνεται από 3,1 έως 40 mg/100g ανάλογα με την ποικιλία. (Arias et al. 2000)

Μία άλλη εξήγηση μπορεί να είναι το ότι είναι ποικιλία μεγάλης διάρκειας ζωής. Έχει βρεθεί ότι ποικιλίες που διαθέτουν γονίδια non-ripening, αυτά επιδρούν σημαντικά στο να μην εμφανίζουν οι καρποί της τομάτας το βαθύ ή έντονο χρώμα (overcolouring), το οποίο κανονικά αναπτύσσεται αρκετά πριν οι καρποί φτάσουν στο τέλος της διάρκειας ζωής τους, (Richardson et al., 1987).

Επίσης μία άλλη εξήγηση μπορεί να είναι οι υψηλές θερμοκρασίες στο περιβάλλον των θερμοκηπίων. Όταν η θερμοκρασία ξεπερνάει τους 30 °C, παρεμποδίζεται η σύνθεση του λυκοπένιου (Stevens et al., 1986). Σε όλο το χρονικό διάστημα των μετρήσεων του λυκοπένιου, η θερμοκρασία ξεπερνούσε τους 30 °C.

**Πίνακας 24.** Μέσος όρος περιεκτικότητας σε λυκοπένιο ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής για τα τρία θερμοκήπια.

Περιεκτικότητα σε λυκοπένιο (mg/100g)									
DAT	99	101	101	106	106	109	109	113	113
Ταξικαρπία	3	3	4	4	5	5	6	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	3.608a n=3	2.737a n=3	2.643a n=3	4.136a n=3	2.797 n=2	2.911a n=2	2.688a n=4	3.719a n=3	3.517 n=3
Θερμοκήπιο Θ2	3.238a n=3	2.312a n=3	2.362a n=3	2.969a n=4	3.291 n=5	2.635a n=4	2.647a n=4	4.307 <sup>1</sup> n=1	3.576 n=4
Θερμοκήπιο Θ3	3.229a n=4	2.614a n=4	2.236a n=2	3.348 <sup>1</sup> n=1	3.113 n=3	2.461a n=3	2.499a n=3	4.017a n=4	3.390 n=2
Sig.	0.151	0.164	0.316	0.187	0.300	0.282	0.717	0.691	0.518

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Στον πίνακα 25 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι παράμετροι του χρώματος L\* (φωτεινότητα), H° (χρώμα), και C\* (ένταση), των καρπών που εξετάστηκαν για την εξαγωγή της περιεκτικότητας σε λυκοπένιο (πίνακας 24). Είναι πολύ σημαντική η γνώση αυτών των παραμέτρων δεδομένου ότι πολλοί ερευνητές έχουν συσχετίσει την περιεκτικότητα σε διάφορες χρωστικές με το χρώμα του δείγματος. Το ίδιο έχει συμβεί και με το λυκοπένιο.



**Πίνακας 25.** Παράμετροι χρώματος των καρπών που αναλύθηκαν για την εξαγωγή της περιεκτικότητας σε λυκοπένιο (mg/100g), ανά ταξικαρπία ανά θερμοκήπιο ανά ημερομηνία συγκομιδής.

Παράμετροι του χρώματος του δείγματος των καρπών που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε λυκοπένιο									
L*									
DAT	99	101	101	106	106	109	109	113	113
Ταξικαρπία	3	3	4	4	5	5	6	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	47,89 a n = 3	50,03 a n = 3	48,79 a n = 3	48,18 a n = 3	49,45 a n = 2	49,81 a n = 2	49,31 a n = 4	49,68 a n = 3	49,64 a n = 3
Θερμοκήπιο Θ2	48,01 a n = 3	48,97 a n = 3	48,97 a n = 3	48,97 a n = 4	49,41 a n = 4	49,50 a n = 4	50,01 a n = 4	49,33 <sup>2</sup> n = 1	49,98 a n = 3
Θερμοκήπιο Θ3	48,93 a n = 4	49,48 a n = 4	49,86 a n = 2	48,44 <sup>1</sup> n = 1	49,64 a n = 3	49,51 a n = 3	50,33 a n = 3	48,36 a n = 4	48,90 a n = 2
Sig.	0.124	0.074	0.254	0.339	0.854	0.722	0.100	0.656	.054
Hue <sup>o</sup>									
DAT	99	101	101	106	106	109	109	113	113
Ταξικαρπία	3	3	4	4	5	5	6	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	46,98 a	52,02 b	49,82 a	48,11 a	50,14 a	51,66 a	49,03 a	50,24 a	49,91 a
Θερμοκήπιο Θ2	47,30 a	50,32 a	49,65 a	48,68 a	49,15 a	49,90 a	50,25 a	47,62 <sup>1</sup>	50,63 a
Θερμοκήπιο Θ3	48,27 a	51,20 ab	50,60 a	47,60 <sup>1</sup>	50,44 a	51,94 a	52,16 a	48,61 a	49,81 a
Sig.	0.135	<0.05	0.471	0.192	0.441	0.123	0.106	0.729	0.176
Chroma <sup>*</sup>									
DAT	99	101	101	106	106	109	109	113	113
Ταξικαρπία	3	3	4	4	5	5	6	6	7
Θερμοκήπιο Θ1	46,69 a	48,30 a	48,19 a	47,60 a	47,36 a	49,50 a	48,65 a	50,36 a	50,28 a
Θερμοκήπιο Θ2	47,66 a	48,27 a	48,06 a	47,21 a	48,11 a	48,79 a	50,23 a	52,47 <sup>1</sup>	50,99 a
Θερμοκήπιο Θ3	46,90 a	48,61 a	48,81 a	49,19 <sup>1</sup>	47,91 a	48,33 a	48,94 a	50,64 a	50,56 a
Sig.	0.052	0.710	0.441	0.934	0.536	0.173	0.248	0.549	0.261

Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

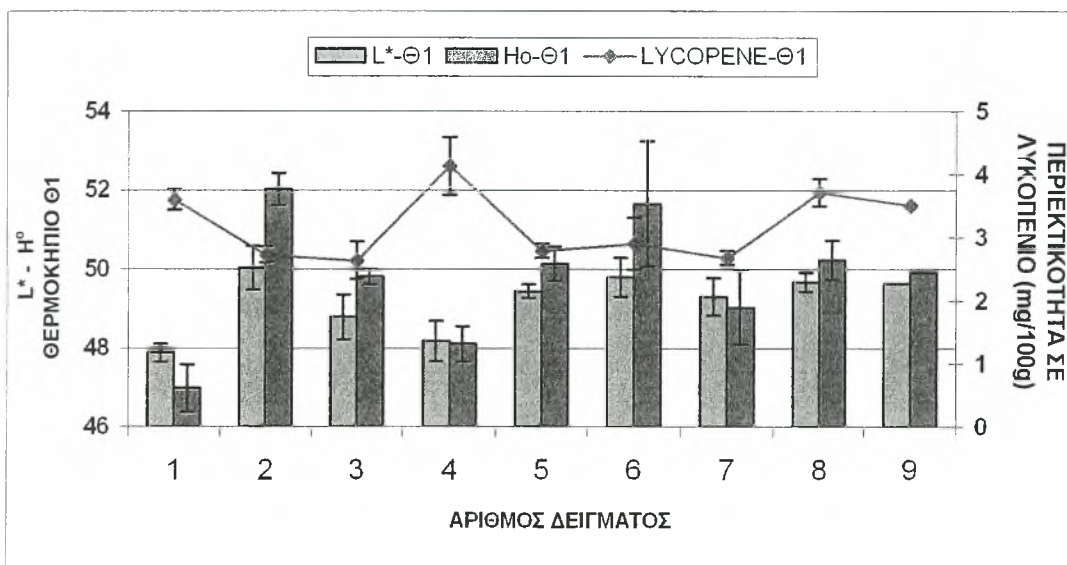
DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση

<sup>1</sup> Λόγω ανεπαρκούς δείγματος οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε μία μόνο επανάληψη και αναγράφονται ενδεικτικά οι μέσοι όροι. Η σύγκριση των άλλων δύο θερμοκηπίων και στις δύο περιπτώσεις πραγματοποιήθηκε με το t-test ( $p < 0,05$ ).

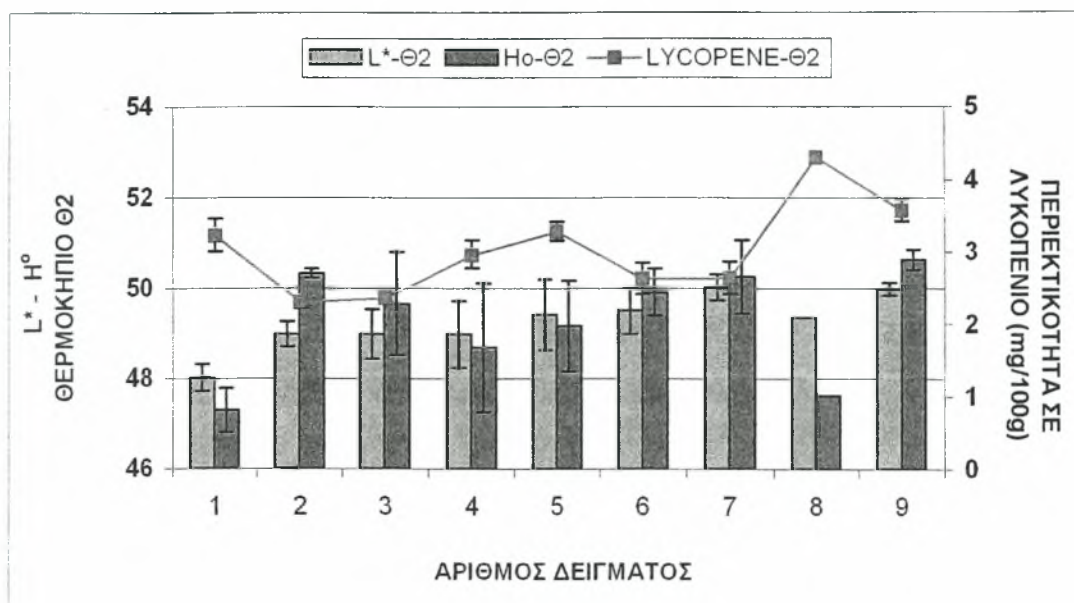
Διάφορες έρευνες έχουν γίνει προκειμένου να προσδιοριστεί η σχέση των παραμέτρων του χρώματος L\*, a\*, b\* (αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο: Υλικά και Μέθοδοι η σχέση που συνδέει τα a\*, b\* με τα H<sup>o</sup> και C\*) με την περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο, αλλά και άλλων χρωστικών με το χρώμα, και τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Μία από αυτές είναι των Arias et al. 2000, οι οποίοι, απέδειξαν ότι η φωτεινότητα L\* του χρώματος των καρπών και η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο έδωσαν πολύ μεγάλο συντελεστή συσχέτισης. Δηλαδή ενώ η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο αυξήθηκε, η τιμή L\* μειώθηκε και οι καρποί της τομάτας άλλαξαν από ένα ανοιχτό χρώμα σε ένα σκούρο. Επομένως η ωρίμανση των καρπών συνοδεύεται από τη σύνθεση του λυκοπενίου. Επίσης η αύξηση του a\* (που

δείχνει πόσο κόκκινο ή πράσινο είναι το χρώμα), συνδυάζεται με τη σύνθεση του λυκοπενίου ( $R^2 = 0,82$ ). Τέλος ο  $a^*/b^*$  και ο λόγος  $(a^*/b^*)^2$ , έδειξαν επίσης υψηλή συσχέτιση με την περιεκτικότητα σε λυκοπένιο. Κατέληξαν λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο στις τομάτες, μπορεί να προβλεφθεί με τη χρήση ενός φορητού χρωματόμετρου.

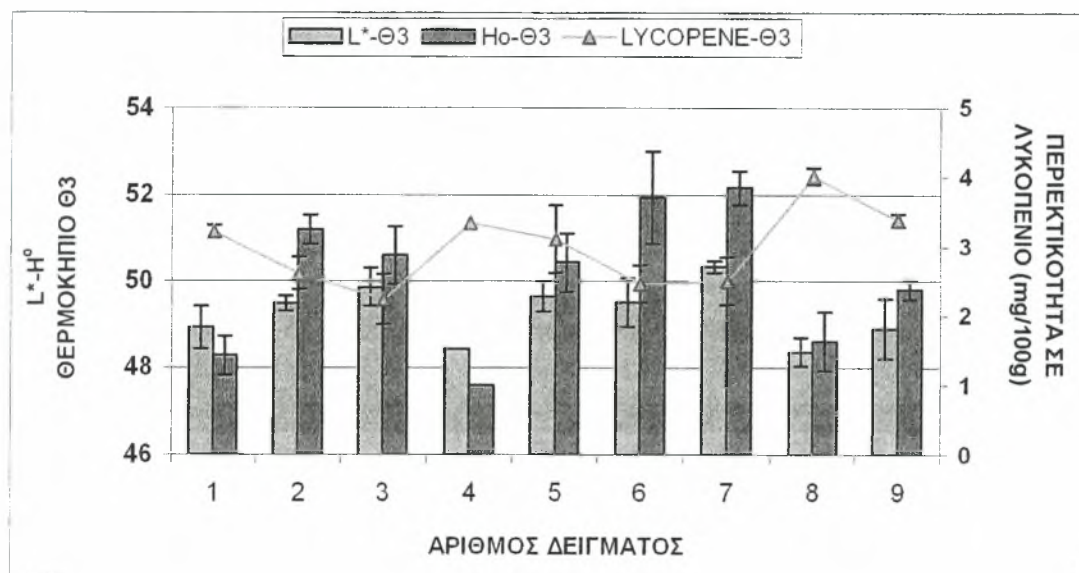
Στα παρακάτω γραφήματα 4, 5 και 6, παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο σε σχέση με τις παραμέτρους του χρώματος  $L^*$  και  $H^0$  για κάθε θερμοκήπιο. Προκύπτει λοιπόν χαρακτηριστικά το συμπέρασμα ότι οι όποιες μικρές διαφορές στη συγκέντρωση σε λυκοπένιο οφείλονται σε μικρές διαφορές στην ωρίμανση των καρπών. Όπως φαίνεται οι μεγαλύτερες τιμές στην περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο, εμφανίζονται όταν μικραίνει η τιμή της φωτεινότητας  $L^*$  και του χρώματος  $H^0$ , δηλαδή όταν οι καρποί είναι πιο ώριμοι. Η ένταση του χρώματος  $C^*$ , δεν παρουσίασε τόσο μεγάλη σχέση με την περιεκτικότητα σε λυκοπένιο, όπως οι άλλες δύο παράμετροι. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στα τρία θερμοκήπια.



**Γράφημα 7.** Περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο, σε σχέση με τις παραμέτρους  $L^*$ ,  $H^0$  για το θερμοκήπιο Θ1. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.



**Γράφημα 8.** Περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο, σε σχέση με τις παραμέτρους L\*, H° για το θερμοκήπιο Θ2. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.



**Γράφημα 9.** Περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο, σε σχέση με τις παραμέτρους L\*, H° για το θερμοκήπιο Θ3. Οι μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

Ο αριθμός δείγματος αναφέρεται στις τιμές της περιεκτικότητας των καρπών σε λυκοπένιο και των αντίστοιχων παραμέτρων L\*, H°, C\*, όπως ακριβώς αναγράφονται στους πίνακες 13 και 14, αλλά χρησιμοποιείται αύξουσα σειρά από 1 έως 9 (όσες και οι αναλύσεις).

## 2.3 Περιεκτικότητα των καρπών σε ασκορβικό οξύ

Έχει ήδη αναφερθεί, ότι ο μέσος όρος του περιεχόμενου ασκορβικού οξέος στον καρπό της τομάτας είναι περίπου 25 mg/100g νωπού βάρους. (Καραουλάνης 2003). Όπως φαίνεται από τον πίνακα 26, που δίνουν την περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ (mg/100g) ανά θερμοκήπιο ανά ημερομηνία συγκομιδής, είναι προφανές ότι οι καρποί της καλλιεργούμενης ποικιλίας Belladonna, δεν παρουσιάζουν υψηλή θρεπτική αξία ως προς την περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ. Δεν πρέπει να παραβλεφθεί όμως ότι η Belladonna είναι μία μεγαλόκαρπη ποικιλία, και υβρίδιο μεγάλης διάρκειας ζωής (non ripening genes), χαρακτηριστικά τα οποία συνδέονται με τη μειωμένη θρεπτική αξία. Ενώ αυτές οι ποικιλίες, παράγουν καρπούς, με άριστα χαρακτηριστικά όσον αφορά το σχήμα, το χρώμα, τη συνεκτικότητα και την ομοιομορφία, εν τούτοις, υστερούν όσον αφορά τη γεύση, το άρωμα και γενικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Ολύμπιος 2001).

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 26, που δίνει την περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ (mg/100g) ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής, έως την 3<sup>η</sup> ταξικαρπία και DAT = 101 (17-6-04), δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων.

Στην 4<sup>η</sup> ταξικαρπία και DAT = 101, αλλά και μέχρι την τελευταία DAT = 106 (22-6-04), οι καρποί του θερμοκηπίου Θ2 εμφανίζουν, για άγνωστο λόγο, σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ και ακολουθούν τα άλλα δύο θερμοκήπια.

Όπως έχει προαναφερθεί η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας παίζει καθοριστικό ρόλο στην περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ. Δηλαδή καρποί που εκτίθενται σε περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία περιέχουν περισσότερο ασκορβικό οξύ, (Seung et al., 2000; Καραουλάνης, 2003).

Τα τρία θερμοκήπια όμως δεν διαφέρουν ως προς την ένταση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και επίσης τα υλικά κάλυψης τα απορροφητικά της υπεριώδους δεν τροποποιούν το φάσμα της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας.

**Πίνακας 26.** Μέση περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ (mg/100g) ανά ταξικαρπία ανά θερμοκήπιο ανά ημερομηνία συγκομιδής.

Περιεκτικότητα σε Ασκορβικό οξύ (mg/100g)									
DAT	85	95	95	99	99	101	101	106	106
Ταξικαρπία	1	2	3	2	3	3	4	4	5
Θερμοκήπιο Θ1	7.58a n = 4	8.58a n = 2	7.78a n = 3	- <sup>1</sup>	6.67a n = 3	8.96a n = 4	10.13ab n = 4	6.00 a n = 3	7.25 a n = 2
Θερμοκήπιο Θ2	7.79a n = 4	7.54a n = 4	8.83a n = 3	6.92a n = 2	7.89a n = 4	8.83a n = 4	10.75a n = 4	8.46 b n = 4	11.33 b n = 5
Θερμοκήπιο Θ3	8.38a n = 4	9.17a n = 4	9.44a n = 3	7.83a n = 3	8.29a n = 4	7.83a n = 3	8.17b n = 3	6.50 ab n = 2	8.28 a n = 3
Sig.	0.343	0.238	0.171	0.586	0.220	0.447	<0.05	<0.05	<0.05

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

<sup>1</sup> Εξαιτίας ανεπαρκούς δείγματος, οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο για τα άλλα δύο θερμοκήπια και η σύγκριση έγινε με το t-test ( $p < 0,05$ ).

DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση

## 2.4 Περιεκτικότητα των καρπών σε διαλυτά στερεά

Είναι γνωστό ότι οι υψηλές θερμοκρασίες και το υψηλό έλλειμμα κορεσμού οδηγούν σε αύξηση της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά (σάκχαρα και σε οργανικά οξέα), και μείωση του βάρους του καρπού και της περιεκτικότητας σε νερό, (Leonardi et al. 2000).

Από τον πίνακα 27 (σελ. 94), που δείχνουν την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά (%) ανά ταξικαρπία ανά θερμοκήπιο ανά ημερομηνία συγκομιδής, αποδεικνύεται ότι κατά βάση δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων εκτός από τις DAT = 85, και DAT = 95 στην 3<sup>η</sup> ταξικαρπία.

Την DAT = 85 (1-6-2004) οι καρποί του Θ1 παρουσιάζουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά, σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια Θ2 και Θ3, ακολουθεί το Θ3 και τέλος το Θ2.

Στην DAT = 95, στην 3<sup>η</sup> ταξικαρπία στο θερμοκήπιο Θ3, εμφανίζεται η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά, ακολουθεί το θερμοκήπιο Θ2 χωρίς στατιστικώς σημαντική διαφορά και τέλος το Θ1 με στατιστικώς σημαντική διαφορά.

Γενικά οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των θερμοκηπίων δεν παρουσιάζουν κάποια συγκεκριμένη τάση.

Το πιο σημαντικό συμπέρασμα είναι η σημαντικότερη αύξηση της περιεκτικότητας των καρπών σε διαλυτά στερεά, και στα τρία θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος 1-6-04 έως 29-6-04, που φαίνεται στους πίνακες 28, 29 και 30 που ακολουθούν, λόγω αύξησης στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Στους πίνακες αυτούς παρουσιάζεται η έντονη εξέλιξη της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά για κάθε θερμοκήπιο με την πάροδο του χρόνου

**Πίνακας 28.** Περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά (%), ανά ημερομηνία συγκομιδής για το θερμοκήπιο Θ1.

BRIX (%)		
Θερμοκήπιο Θ1		
DAT	n	
85	4	3.98 ab
95	5	4.36 ac
99	4	4.75 cd
101	8	4.75 cd
106	5	4.90 de
109	6	5.28 e
113	7	5.80 f
Sig.		<0.05

**Πίνακας 29.** Περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά (%), ανά ημερομηνία συγκομιδής για το θερμοκήπιο Θ2.

BRIX (%)		
Θερμοκήπιο Θ2		
DAT	n	
85	4	3.50 a
95	7	4.47 b
99	5	4.70 bc
101	8	4.76 bc
106	9	4.94 c
109	8	5.44 d
113	5	6.00 e
Sig.		<0.05

**Πίνακας 30.** Περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά (%), ανά ημερομηνία συγκομιδής για το θερμοκήπιο Θ3.

BRIX (%)		
Θερμοκήπιο Θ3		
DAT	n	
85	4	3.60 a
95	7	4.61 b
99	8	4.98 bc
101	7	5.07 bc
106	6	4.88 bc
109	4	5.28 cd
113	5	5.68d
Sig.		<0.05

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

<sup>1</sup> Αναφέρεται ενδεικτικά ο μέσος όρος.

**Πίνακας 27.** Περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά (BRIX %) ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής.

Περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά (BRIX %) ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής													
DAT	85	95	95	99	99	101	101	106	106	109	109	113	113
Ταξικαρπία	1	2	3	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7
Φεριοκλήπιο	3,98a	4,25a	4,43a	4,40 <sup>1</sup>	4,87a	4,70a	4,80a	4,77a	5,10a	5,05a	5,40a	5,63a	6,03a
Φ1	n=4	n=2	n=3	n=1	n=3	n=4	n=4	n=3	n=2	n=2	n=4	n=3	n=3
Φεριοκλήπιο	3,50b	4,40a	4,57ab	4,70	4,70a	4,70a	4,83a	4,98a	4,80a	5,35a	5,53a	6,50 <sup>2</sup>	5,88a
Φ2	n=4	n=4	n=3	n=2	n=3	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=1	n=3
Φεριοκλήπιο	3,60b	4,38a	4,93b	4,87	4,93a	4,98a	5,20a	4,90a	5,03a	5,45a	5,10a	5,63a	5,75a
Φ3	n=4	n=4	n=3	n=3	n=4	n=4	n=3	n=2	n=3	n=3	n=3	n=4	n=2
Sig.	<0,05	0,623	<0,05	0,767	0,426	0,099	0,126	0,493	0,351	0,498	0,304	0,145	0,331

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση

<sup>1</sup> Στην 2<sup>η</sup> ταξικαρπία του φεριοκλήπιου Φ1 οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο σε μία επανάληψη λόγω ανεπαρκούς δείγματος, γι' αυτό αναφέρεται ενδεικτικά ο μέσος όρος. Η σύγκριση των άλλων δύο φεριοκλήπιων έγινε με το t-test ( $p \geq 0,95$ ).

<sup>2</sup> Στην 6<sup>η</sup> ταξικαρπία του φεριοκλήπιου Φ2 οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο σε μία επανάληψη λόγω ανεπαρκούς δείγματος, γι' αυτό αναφέρεται ενδεικτικά ο μέσος όρος. Η σύγκριση των άλλων δύο φεριοκλήπιων έγινε με το t-test ( $p \geq 0,95$ ).

## 2.5 Περιεκτικότητα των καρπών σε κιτρικό οξύ και pH του χυμού

Όπως είναι γνωστό υπάρχει μία τεράστια ποικιλία γενοτύπων ως προς το pH και την ογκομετρούμενη οξύτητα. Έχει βρεθεί μία ποικιλία του pH από 4,26 έως 4,82 και του ποσοστού σε κιτρικό οξύ από 0,40 έως 0,91%. (Stevens et al., 1986).

Ένας αριθμός παραγόντων, όπως ο γενότυπος, η ακτινοβολία και η καλιούχος λίπανση, η θερμοκρασία κατά την ωρίμανση, επιδρούν την οξύτητα και την περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Επίσης έχει βρεθεί ότι κάθε παράγοντας ο οποίος συντελεί στην αύξηση του περιεχόμενου Κ στον καρπό, προκαλεί συγχρόνως και μια αντίστοιχη αύξηση σε οργανικά οξέα, ώστε το pH του καρπού να παραμένει σταθερό, (Καραουλάνης, 2003).

Από τους πίνακες 31 και 32, που ακολουθούν και δείχνουν την περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ (%) ανά ημερομηνία συγκομιδής και το pH ανά ημερομηνία συγκομιδής, δεν παρατηρείται κάποια εξέλιξη των παραμέτρων αυτών με την πάροδο του χρόνου, όπως συμβαίνει με την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 31 που δίνει την περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ (%) ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής κατά βάση δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων, γεγονός το οποίο είναι αναμενόμενο, αφού πρόκειται για παράμετρο που επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν.

Στην 4<sup>η</sup> ταξικαρπία και DAT=101, οι καρποί του θερμοκηπίου Θ3 παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ. Στην 5<sup>η</sup> ταξικαρπία και DAT=109 οι καρποί του θερμοκηπίου Θ2 εμφανίζουν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ. Στην 6<sup>η</sup> ταξικαρπία και DAT=113, το θερμοκήπιο Θ1 εμφανίζει στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ. Όπως αποδεικνύεται δεν παρατηρείται καμία συγκεκριμένη τάση μεταξύ των θερμοκηπίων.

Όσον αφορά το pH, όπως φαίνεται από τον πίνακα 32 που δίνει το pH ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής, η κατάσταση είναι ακόμα πιο συγκεχυμένη. Το συμπέρασμα είναι ότι κατά βάση δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων, όπως είναι άλλωστε αναμενόμενο. Στην 3<sup>η</sup> ταξικαρπία και DAT=101, οι καρποί του θερμοκηπίου Θ3 εμφανίζουν στατιστικώς σημαντικά μικρότερο pH σε σχέση με αυτούς των άλλων δύο θερμοκηπίων. Την DAT=106, και στις δύο ταξικαρπίες 4 και 5, οι καρποί του θερμοκηπίου Θ2, για άγνωστο λόγο, παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικά μικρότερο pH σε σχέση με αυτούς των άλλων δύο θερμοκηπίων.

**Πίνακας 31.** Περιεκτικότητα σε κτηρικό οξύ (%) ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής.

DAT	Περιεκτικότητα σε κτηρικό οξύ (%) ανά ταξικαρπία ανά ημερομηνία συγκομιδής													
	85	95	95	99	99	101	101	106	106	109	109	113	113	
<b>Ταξικαρπία</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	
<b>Θερμοκτήριο</b>	0,336a n = 4	0,317a n = 2	0,305a n = 3	1 n = 3	0,323a n = 3	0,389a n = 4	0,361ab n = 4	0,378a n = 3	0,336a n = 2	0,334a n = 2	0,384a n = 4	0,422 a n = 3	0,412a n = 3	
<b>Θερμοκτήριο</b>	0,362a n = 4	0,343a n = 4	0,320a n = 3	0,388a n = 2	0,377a n = 3	0,412a n = 4	0,336a n = 3	0,408a n = 4	0,323a n = 4	0,408b n = 4	0,374a n = 4	0,435 <sup>3</sup> n = 1	0,416a n = 4	
<b>Θερμοκτήριο</b>	0,369a n = 4	0,361a n = 4	0,329a n = 3	0,420b n = 3	0,386a n = 4	0,413a n = 4	0,413b n = 3	0,329a n = 2	0,345a n = 3	0,396ab n = 3	0,361 <sup>2</sup> n = 1	0,404b n = 4	0,386a n = 2	
<b>Sig.</b>	0,086	0,282	0,365	0,337	0,118	0,438	<0,05	0,169	0,462	<0,05	0,232	<0,05	0,418	

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Duncan ( $p < 0,05$ ). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. DAT: Ημέρες από τη μεταφύτευση

<sup>1</sup> Την DAT = 99, η ανάλυση δεν πραγματοποιήθηκαν για το θερμοκτήριο Θ1 λόγω απώλειας δείγματος, ενώ η σύγκριση των άλλων δύο θερμοκτηρίων έγινε με το t-test ( $p < 0,05$ ).

<sup>2</sup> Την DAT = 109, οι αναλύσεις της 6<sup>ης</sup> ταξικαρπία του θερμοκτηρίου Θ3, πραγματοποιήθηκαν σε μία επανάληψη λόγω ανεπαρκούς δείγματος (έγινε λάθος στα δύο δείγματα) και αναγράφεται ενδεικτικά μόνο ο μέσος όρος ενώ οι σύγκριση των άλλων δύο θερμοκτηρίων έγινε με το t-test ( $p < 0,05$ ).

<sup>3</sup> Την DAT = 113, οι αναλύσεις της 6<sup>ης</sup> ταξικαρπία του θερμοκτηρίου Θ1, πραγματοποιήθηκαν σε μία επανάληψη λόγω ανεπαρκούς δείγματος και αναγράφεται ενδεικτικά μόνο ο μέσος όρος ενώ οι σύγκριση των άλλων δύο θερμοκτηρίων έγινε με το t-test ( $p < 0,05$ ).



**Πίνακας 32.** pH ανά ταξικερπία ανά ημερομηνία συγκομιδής.

Ημερομηνίες Συγκομιδών DAT	pH ανά ταξικερπία ανά ημερομηνία συγκομιδής													
	1	2	3	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7
<b>Ταξικερπία</b>														
<b>Θεριοκλήτιο Θ1</b>	3,794a n=4	3,529a n=2	3,384a n=3	3,564 <sup>1</sup> n=1	3,617a n=3	4,311a n=4	4,203a n=4	4,210a n=3	4,222a n=2	3,249a n=2	3,290a n=4	3,385a n=3	3,381a n=3	3,381a n=3
<b>Θεριοκλήτιο Θ2</b>	3,850a n=4	3,427a n=4	3,609a n=3	3,383a n=2	3,460a n=3	4,229a n=4	4,199a n=4	3,524b n=4	3,275b n=4	3,311a n=4	3,271a n=4	3,357 <sup>2</sup> n=4	3,365a n=1	3,365a n=4
<b>Θεριοκλήτιο Θ3</b>	3,890a n=4	3,457a n=4	3,304a n=3	3,449a n=3	3,455a n=4	3,632b n=4	3,976a n=3	4,229a n=2	4,189a n=3	3,344a n=3	3,239a n=3	3,394a n=3	3,392a n=4	3,392a n=2
<b>Sig.</b>	0,076	0,309	0,094	0,138	0,189	<0,05	0,324	<0,05	<0,05	0,344	0,534	0,105	0,774	0,774

<sup>1</sup> Στη συγκομιδή που πραγματοποιήθηκε την DAT = 99, οι ανάλυσεις δεν πραγματοποιήθηκαν για το θεριοκλήτιο Θ1 λόγω ανεπαρκούς δείγματος, ενώ η σύγκριση των *άλλων* δύο θεριοκλήτιων έγινε με το t-test ( $p \geq 0,95$ ).

<sup>2</sup> Στη συγκομιδή που πραγματοποιήθηκε την DAT = 113, οι ανάλυσεις της 6<sup>ης</sup> ταξικερπία του θεριοκλήτιου Θ2, πραγματοποιήθηκαν σε μία ετανάληνη λόγω ανεπαρκούς δείγματος και αναγράφεται ενδεικτικά μόνο ο μέσος όρος ενώ οι σύγκριση των *άλλων* δύο θεριοκλήτιων έγινε με το t-test ( $p \geq 0,95$ ).

# Κεφάλαιο IV

## Συμπεράσματα

---

Στη σημερινή εποχή η ζήτηση προϊόντων υψηλής ποιότητας αυξάνεται διαρκώς. Το ίδιο ισχύει και για την αγορά της νωπής τομάτας, η οποία κατέχει υψηλή θέση στις προτιμήσεις των καταναλωτών παγκοσμίως.

Η αποδοχή της τομάτας από τον καταναλωτή, εξαρτάται από το χρώμα του καρπού, την απουσία ελαττωμάτων και ζημιών, την υφή του καρπού, τη γεύση, την υψηλή θρεπτική αξία, το μέγεθος και το σχήμα των καρπών, ενώ τελευταία έχει προστεθεί και η απαίτηση για την κατανάλωση προϊόντων, απαλλαγμένων από υπολείμματα φυτοφαρμάκων.

Επομένως οι σύγχρονες καλλιεργητικές μέθοδοι στοχεύουν στην παραγωγή τομάτας που να ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις. Μία απ' αυτές τις μεθόδους είναι η χρησιμοποίηση στα θερμοκήπια, πλαστικών υλικών κάλυψης, απορροφητικών της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας. Τα υλικά αυτά, έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλουν σημαντικά στην ολοκληρωμένη καταπολέμηση των εντόμων, συνεπώς και των ιώσεων, καθώς και αρκετών ασθενειών. Αυτό συντελεί στην εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων για μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων, με όλα τα οφέλη που συνεπάγεται αυτό για το περιβάλλον και την υγεία των καταναλωτών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των νέων απορροφητικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίων, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών υδροπονικά παραγόμενης τομάτας.

Συγκεκριμένα, συγκρίνονται τομάτες που παρήχθησαν σε δύο θερμοκήπια, (Θ1, Θ2), με την ίδια διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, (55%) και αφορούν πλαστικά καλύμματα στον τρίτο χρόνο έκθεσής τους στην ατμόσφαιρα, με τομάτες που παρήχθησαν σε θερμοκήπιο με μηδενική διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, (Θ3) και έχει τον ίδιο βαθμό γήρανσης με τα άλλα δύο. Οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των καρπών ήταν ως επί το πλείστον ίδιοι.

Εξετάστηκαν τα παραγωγικά στοιχεία της καλλιέργειας και εκτιμήθηκε το ποσοστό της μη εμπορεύσιμης παραγωγής της οφειλόμενης σε εκτεταμένη προσβολή από έντομα, καθώς και το σύνολο της εμπορεύσιμης παραγωγής. Αναλύθηκαν ορισμένα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά με έμφαση σε εκείνα που ενδεχομένως να επηρεάζονται από τις συνθήκες έλλειψης της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο σύνολο της παραγωγής των τριών θερμοκηπίων. Παρόλα αυτά, τα θερμοκήπια Θ2 και Θ3 παρήγαγαν αντίστοιχα 11,26 και 11,06 kgm<sup>-2</sup>, ενώ το θερμοκήπιο Θ1 10,06 kgm<sup>-2</sup>. Η υστέρηση που εμφάνισε στην παραγωγή το θερμοκήπιο Θ1, ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι είναι αυτό που εκτίθεται σε βόρειο άνεμο. Η καλλιέργεια είναι εαρινή, (τα παράθυρα παραμένουν κατά βάση ανοιχτά) και η επίδραση του ανέμου, δεν προκαλεί την εκτεταμένη μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του, αλλά σχετίζεται περισσότερο, με την εναλλαγή θερμοκρασιών που ενδεχομένως επηρεάζει την παραγωγή. Άλλωστε ο αριθμός των θερμοβαθμίδων στα τρία θερμοκήπια, είναι ο ίδιος.

Σύμφωνα με τους, González, (2004) και Espi et al., (2002), η παραγωγή κάτω από υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας, αυξάνεται. Αυτοί όμως οι ερευνητές εκτιμούν την παραγωγή με βάση το ύψος της προσβολής από έντομα. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, η παραγωγή που απορρίπτονταν από τα τρία θερμοκήπια Θ1, Θ2 και Θ3, λόγω της εκτεταμένης προσβολής από έντομα, ήταν αντίστοιχα 594 gm<sup>-2</sup>, 532 gm<sup>-2</sup> και 264 gm<sup>-2</sup>, οπότε τα αποτελέσματα συμφωνούν απόλυτα με τους παραπάνω ερευνητές.

Κατά τη μέτρηση της εξέλιξης της προσβολής από έντομα στα τρία θερμοκήπια, βρέθηκαν τα εξής:

Κατά την πρώτη συγκομιδή, (DAT=94), το θερμοκήπιο Θ1 εμφάνισε τη μεγαλύτερη προσβολή, 17,14%, σε σχέση με τα Θ2 και Θ3, τα οποία είχαν αντίστοιχα 11,90% και 3,13%. Η ίδια τάση εμφανίστηκε και στην επόμενη συγκομιδή, (DAT=98), κατά την οποία το θερμοκήπιο Θ1 εμφάνισε το μέγιστο των προσβολών, 26,55% και στη συνέχεια το ποσοστό των προσβολών στο συγκεκριμένο θερμοκήπιο άρχισε να φθίνει. Το θερμοκήπιο Θ2 εμφάνισε το μέγιστό του στην αμέσως επόμενη συγκομιδή, (DAT=101), ίσο με 14,40%. Την ίδια ημερομηνία, εμφανίστηκε και στο θερμοκήπιο Θ3 το μέγιστο των προσβολών, 7,92%. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει τη μετακίνηση του πληθυσμού των εντόμων στα τρία θερμοκήπια, η οποία άρχισε από τον παρακείμενο οπωρώνα στο θερμοκήπιο Θ1, που αποτελούσε και την εστία των πρωτεύοντων ξενιστών και επεκτάθηκε και στα υπόλοιπα. Το θερμοκήπιο Θ2, αν και έχει την ίδια διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία με το Θ1, δεν έφτασε τα επίπεδα προσβολής του Θ1 λόγω της γειτνίασής με τον οικίσκο, η οποία αποτελεί φυσικό εμπόδιο για την εξάπλωση του πληθυσμού των εντόμων. Καθ' όλη όμως τη διάρκεια των συγκομιδών, το θερμοκήπιο Θ3 με τη μηδενική διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, παρουσίαζε σημαντικά μικρότερο ποσοστό καρπών προσβεβλημένων από έντομα. Τα παραπάνω συμφωνούν με τους, Antignus, (2000), González, (2004), Espi et al., (2002), Costa et al., (2002), οι οποίοι πειραματίστηκαν με τα ίδια υλικά.

Μεταξύ των τριών θερμοκηπίων, δεν βρέθηκαν ουσιαστικές διαφορές στο ρυθμό αύξησης της παραγωγής, στο μέσο αριθμό καρπών, στο μέσο βάρος καρπού, στην εξέλιξη του βάρους ανά ταξικαρπία και στη χωρική κατανομή της παραγωγής ανά θερμοκήπιο.

Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στον ειδικό όγκο των καρπών. Η γραμμική συσχέτιση του όγκου με το βάρος του καρπού, ήταν αντίστοιχα για τα τρία θερμοκήπια  $R^2_{\Theta1}=0,99$ ,  $R^2_{\Theta2}=0,99$  και  $R^2_{\Theta3}=0,96$ . Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο σχήμα των καρπών, δηλαδή οι λόγοι της πολικής προς τη μέγιστη διάμετρο και της μέγιστης προς την ελάχιστη διάμετρο του καρπού, ανά ταξικαρπία ήταν ως επί το πλείστον ίδιοι μεταξύ των τριών θερμοκηπίων. Άλλωστε αυτό ήταν αναμενόμενο αφού η έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν επηρεάζει άμεσα τα μεγέθη αυτά.

Κατά τη μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών, βρέθηκαν τα εξής:

Από την εξέλιξη του χρώματος των καρπών στα τρία θερμοκήπια κατά την ωρίμανση, που μελετήθηκε με βάση τις παραμέτρους  $L^*$ ,  $Hue^\circ$  και  $Chroma^*$ , διαπιστώθηκε ότι οι καρποί παρουσίασαν κατά βάση την ίδια συμπεριφορά. Όμως οι καρποί στο τρίτο θερμοκήπιο, Θ3, παρουσίασαν πιο έντονο χρώμα από τους καρπούς των άλλων δύο θερμοκηπίων κυρίως από τη στιγμή που άρχισε να αναπτύσσεται το κόκκινο χρώμα. Σύμφωνα με τους Καραουλάνης, (2003) και Hunt et al., (1980), στον καρπό της τομάτας, εκτός από τα καροτενοειδή, υπάρχουν και τα φλαβονοειδή. Για τη σύνθεση των φλαβονοειδών είναι απαραίτητη η UV-B ακτινοβολία και κατά την απουσία της, αυτά δεν συντίθενται, σύμφωνα με τους Cockell et al., (2000). Η απουσία αυτών των χρωστικών, ενδέχεται να συντελεί στην αύξηση της έντασης του χρώματος των καρπών του τρίτου θερμοκηπίου, Θ3.

Από τη μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε λυκοπένιο, ασκορβικό οξύ, διαλυτά στερεά, κιτρικό οξύ, καθώς και στη μέτρηση του pH, δεν βρέθηκαν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των καρπών των τριών θερμοκηπίων. Παρατηρήθηκε ότι τα παραπάνω χαρακτηριστικά, εξελίσσονταν με την αύξηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η τάση αυτή ήταν ίδια και στα τρία θερμοκήπια.

Τα αποτελέσματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι καρποί τομάτας παραγόμενοι σε περιβάλλον απουσίας υπεριώδους ακτινοβολίας, δεν υστερούν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και στη θρεπτική αξία. Η μείωση των προσβεβλημένων καρπών από έντομα, συμβάλλει στην αποδοχή τους από τον καταναλωτή, αφού αυτοί οι καρποί είναι απαλλαγμένοι από ζημιές και κατά συνέπεια υπολείμματα φυτοφαρμάκων. Το γεγονός αυτό συνεισφέρει στην υγεία του καταναλωτή.

Επίσης το πιο έντονο χρώμα στους καρπούς είναι επιθυμητό χαρακτηριστικό από τους καταναλωτές, αφού το χρώμα είναι ένα από τα κύρια κριτήρια επιλογής των καρπών τομάτας.

## Βιβλιογραφία

**Adams P., Ho L. November 1995.** Uptake and distribution of nutrients in relation to tomato fruit quality. *Acta Horticulturae* 412. pp 374-387.

**Agnieszka Sujak, Piotr Mazurek and Wiesław I. 2002.** Gruszecki Xanthophyll pigments lutein and zeaxanthin in lipid multibilayers formed with dimyristoylphosphatidylcholine. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.* 68(1): 39-44

**Antignus Y. 2000.** Manipulation of wavelength – dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect – born viruses. *Virus research.* 71: 213-220.

**Aphalo P.J. 2001.** Light signals and the growth and development of plants – a gentle introduction. <http://cc.ouensuu.fi/photobio/pdf/notes1.pdf>

**Arias R, Lee TC, Logendra L, Janes H. 2000.** Correlation of lycopene measured by HPLC with the L\*, a\*, b\* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *J. Agric. Food Chem.* 48: 697-702.

**Batu A. 2004.** Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. *Journal of Food Engineering.* 61: 471-475.

**Benton Jones, Jr. 1999.** Tomato plant culture. In the field, greenhouse and home garden. CRC Press.

**Bertin N., Guichard S., Leonardi C., Longuenesse J., Langois D. 2000.** Seasonal evolution of the quality of fresh glasshouse tomatoes under Mediterranean conditions, as affected by vapour pressure deficit and plant fruit load. *Annals of Botany.* 85: 741-750.

**Caldwell M., Flint S. 1994a.** Solar Ultraviolet Radiation and Ozone Layer Change: Implications for Crop Plants, in Boote, K.J., Bennett, J.M., Sinclair, T.R., and Paulsen, G.M. (eds), *Physiology and Determination of Crop Yield*, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. (in press).

**Caldwell M., Flint S. 1994b.** Stratospheric ozone reduction, Solar UV-B Radiation and Terrestrial Ecosystems. *Climatic Change:* 28: 375-394.

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

**Costa H. S., Robb K. L., Wilen C. A. 2002.** Field Trials Measuring the Effects of Ultraviolet –Absorbing Greenhouse Plastic Films on Insect Populations. *J. Econ. Entomol.* 95(1): 113-120.

**Elad Y. 1997.** Effect of filtration of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and in several diseases of greenhouse – grown vegetables. Crop production. 16 (7): 635-642.

**Espi E., Salmeron A., Monci F., Sanchez F., Moriones E. 1520-1540. S16-0-84.** TYCLV-Control with UV-Blocking Plastic Houses of Southern Spain. Symposium 16 (S16): Protected Cultivation 2002: In Search of Structures, Systems and Plant Materials for Sustainable Greenhouse Production. XXVI<sup>th</sup> International Horticultural Congress.

**Fillela I., Peñuelas J. 1999.** Altitudinal differences in UV absorbance, UV reflectance and related morphological traits of *Quercus ilex* and *Rhododendron ferrugineum* in the Mediterranean region. Plant Ecology. 145: 157-165.

**Giacomelli A. G., Roberts W. 1993.** Greenhouse Covering Systems. ASHS HortTechnology Journal. <http://ag.arizona.edu/ceac/research/archive/HortGlazing.pdf>

**González A. 2004.** Viral Diseases Control with UV-Blocking Films in Greenhouses of Southern Spain. Artículo presentado en el ‘International Symposium on Protected Culture in a Mild-Winter Climate’ Kissimmee, Florida, USA 23-27 de Marzo de 2004.

**Grieson D. and Kader A.A..1986.** Fruit ripening and quality. In: Atherton J.G. and Rudich J. (Editors). The Tomato Crop. Chapman and Hall. New York. pp. 241-280.

**Η τομάτα. 2002. Γεωργία-Κτηνοτροφία 6.**

**Hadley P., Fletcher M. J. 2002.** Developments in novel plastic films designed for greenhouse cladding. UK Controlled environment users’ group. Scientific Meeting. Summaries of papers. <http://www.biology.leeds.ac.uk/school/societies/ceug/proceedings/proceedings02.htm>

**Hao X., Hale B. A., Ormrod D. P. 1997.** The effects of Ultraviolet-B Radiation and Carbon Dioxide on Growth and Photosynthesis of Tomato. Can. J. Bot. 75: 213-219.

**Hetherington M. J., MacDougall D. B. 1992.** Optical properties and appearance characteristics of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum*). J. Sci. Food Agric. 59: 537-543.

**Ho L.C. and Hewitt J. D. 1986.** Fruit development. In: Atherton J.G. and Rudich J. (Editors). The Tomato Crop. Chapman and Hall. New York. pp. 201-239.

**Hobson G. E. November 1995.** Improved tomato fruit quality by design. Acta Horticulturae 412. pp 117-126.

**Hunt G., Baker E. 1980.** Phenolic constituents of tomato fruit cuticles. Phytochemistry. 19(7): 1415-1419.

**Kanchan Nijhawan & Patrick L. Spring 1999.** Isolation of Lycopene and b-Carotene. Holt Bellarmine University Department of Chemistry & Physics Chem. 197. Introductory Chemistry II Laboratory.

**Καραουλάνης Γ. Θεσσαλονίκη 2003.** Τεχνολογία επεξεργασίας οπωροκηπευτικών. Εκδόσεις Art of Text.

**Καράταγλης Σ. Θεσσαλονίκη 1999.** Φυσιολογία φυτών. Τρίτη Έκδοση. Εκδόσεις Art of Text.

**Κίττας Κ. Βόλος 2000.** Θερμοκήπια. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

**Kleemann M. 1340-1440. S16-P-80.** Effect of photoselective plastics on the quality of lettuce. Symposium 16 (S16): Protected Cultivation 2002: In Search of Structures, Systems and Plant Materials for Sustainable Greenhouse Production. XXVI<sup>th</sup> International Horticultural Congress.

**Malundo T.M.M., Shewfelt R.L., Scott J.W. 1995.** Flavor quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by sugar and acid levels. Postharvest Biology and Technology. 6: 103-110.

**Maroto J. V. et al. November 1995.** Influence of relative humidity in the appearance of cracking in tomato fruit. Acta Horticulturae 412. pp 306-312.

**Mor Y., Zieslin N. 1990.** UV-B induced blackening of rose petals. Environmental and Experimental Botany. 30(4): 455-462.

**Nigel P., Gwynn-Jones D. 2003.** Ecological roles of solar UV radiation: towards an integrated approach. Review. TRENDS in Ecology and Evolution. 18: 48-55.

**Olson M. Atephen. 2004.** Physiological, Nutritional, and Other Disorders of tomato fruit. HS-954. Series of the Department of Horticultural Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. IFAS Extension.

**Ολύμπιος Μ. Χρίστος. Αθήνα 2001.** Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης.

**Pal Madan, Sharma Aruna, Abrol Y.P., Sengupta U.K. 1997.** Exclusion of UV-B radiation from normal solar spectrum on the growth of mung bean and maize. Agriculture, Ecosystems and Environment. 61: 29-34.

**Raymond G. McGuire. 1992.** Reporting of Objective Color Measurements. U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service, Subtropical Horticulture Research station, 13601 Old Cutler Road, Miami, FL 33158.

**Richardson C., Hobson G. 1987.** Compositional changes in normal and mutant tomato fruit during ripening and storage. J. Sci. Food Agric. 40: 245-252.



**Runkle S. E., Heins D. R. 2002.** Stem extension and subsequent flowering of seedlings grown under a film creating a far-red deficient environment. *Scientia Horticulturae*. 96: 257-265.

**Seung K. Lee and Adel A. Kader. 2000.** Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20(3): 207-220.

**Shiozaki Noriko, Tezuka Takafumi.** Solar UV radiation on the Earth's surface is an essential factor for plant growth. School of Human Informatics, Nagoya University, Japan, [siozaki@info.human.nagoya-u.ac.jp](mailto:siozaki@info.human.nagoya-u.ac.jp).  
Abstract Number: 406, Session Number: 45, Session Name: Environmental Response & Adaptation, [webmaster@abstracts.aspb.org](mailto:webmaster@abstracts.aspb.org).

**Stevens M. A., Rick C.M. 1986.** Genetics and breeding. In: Atherton J.G. and Rudich J. (Editors). *The Tomato Crop*. Chapman and Hall. New York. pp. 35-109.

**Tabatabaie J. S., Gregory J. P., Hedley P. 0800-0900. S16-P-97.** Response of Plum Tomato (*Lycopersicon esculentum*) to Infrared Reflective Filter. Symposium 16 (S16): Protected Cultivation 2002: In Search of Structures, Systems and Plant Materials for Sustainable Greenhouse Production. XXVI<sup>th</sup> International Horticultural Congress.

**Takafumi Tezuka, Toshihiro Hotta and Ikuko Watanabe. 2001.** Growth promotion of tomato and radish plants by solar UV radiation reaching the Earth's surface. Department of Agronomy, School of Agricultural Sciences, Nagoya University, Chikusa-Ku, Nagoya 464-01 Japan.

**Teramura A. H., Sullivan J. H. 1994.** Effects of UV-B radiation on photosynthesis and growth of terrestrial plants. *Photosynthesis Research*. 39: 463-473.

**Tohjima T. November 1995.** Inheritance of heat tolerance of fruit coloring in tomato. *Acta Horticulturae* 412. pp 64-70.

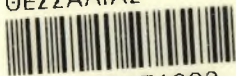
**Traka-Mavrona E., Bletsos F., Maloupa E., Grafiadelis M. November 1995.** Fruit descriptive and qualitative traits of new tomato cultivars adapted to Mediterranean climatic conditions. *Acta Horticulturae* 412. pp 160-167.

**United States Department of Agriculture.** Agricultural Marketing Service. Fruit and Vegetable Division. Fresh Products Branch. United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. Effective October 1, 1991 (*Reprinted - January 1997*).

**Ziska L. H., Teramura A. H. 1992.** Physiological Sensitivity of Plants Along an Elevational Gradient to UV-B Radiation. *American Journal of Botany*. 79(8): 863-871.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074983