ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της οργανικής λίπανσης σε δύο υβρίδια βιομηχανικής τομάτας»

Επιβλέπων Καθηγητής
Ηλίας Τραυλός

Νικολίνα Χ. Χειμώνα

Αθήνα 2017

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της οργανικής λίπανσης σε δύο υβρίδια βιομηχανικής τομάτας»

Νικολίνα Χ. Χειμώνα

Επιβλέπων Καθηγητής

Ηλίας Τραυλός

Αθήνα 2017

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της οργανικής λίπανσης σε δύο υβρίδια βιομηχανικής τομάτας»

Νικολίνα Χ. Χειμώνα

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

_____

Επιβλέπων: Ηλίας Τραυλός, Επίκουρος Καθηγητής

_____

1^{ο} Μέλος: Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής

_____

2^{ο} Μέλος: Αικατερίνη – Γιολάντα Παπαθεοχάρη, Επίκουρη Καθηγήτρια

Στον παππού Νίκο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσοι συνέβαλαν με τον δικό τους τρόπο στη διεξαγωγή της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης.

Καταρχάς, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα Καθηγητή μου, κ. Ηλία Τραυλό, για τη σημαντική καθοδήγηση και υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Δημήτριο Μπιλάλη, καθώς και την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Γιολάντα Παπαθεοχάρη για τον χρόνο που αφιέρωσαν να εξετάσουν την εργασία μου και για τις πολύτιμες συμβουλές τους κατά την εκπόνηση και συγγραφή της παρούσας μελέτης.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη βιομηχανία επεξεργασίας τομάτας Δ. Νομικός Α.Ε. για την προσφορά του απαραίτητου φυτικού υλικού για τη διεξαγωγή του πειράματος.

Ευχαριστώ θερμά τόσο τους συναδέλφους κ. Αντώνη Μαυροειδή, κ. Αλέξανδρο Ταταρίδα και κ. Χρήστο Κανή όσο και τους συμφοιτητές μου από το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών για την πολύτιμη βοήθειά τους στον πειραματικό αγρό. Ευχαριστώ επίσης τα μέλη και τους υποψήφιους Διδάκτορες του Εργαστηρίου Γεωργίας για την εποικοδομητική και αρμονική συνεργασία μας.

Ακόμη, όσον αφορά στη συνεργασία μου με το Εργαστήριο Σχεδιασμού και Ανάλυσης Διεργασιών της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Μαγδαληνή Κροκίδα, την Διδάκτορα Κωνσταντίνα Κυριακοπούλου, αλλά και την υποψήφια Διδάκτορα Μαρίνα Στραμάρκου, με την καθοδήγηση και τη συμβολή των οποίων πραγματοποιήθηκε σημαντικό μέρος των πειραματικών μετρήσεων.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω το μεγαλύτερο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και τη συνάδελφο και φίλη κ. Ζωή Σκουρλέτου για την ουσιαστική βοήθεια και τη συνεχή ενθάρρυνσή τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας έρευνας υπήρξε η μελέτη της επίδρασης της οργανικής λίπανσης στα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά δύο υβριδίων βιομηχανικής τομάτας βιολογικής καλλιέργειας. Η καλλιέργεια έλαβε χώρα στον βιολογικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, την περίοδο 22 Απριλίου με 4 Αυγούστου 2016.

Χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο των Υπο-υποδιαιρεμένων Τεμαχίων με 2 επαναλήψεις. και ως παράγοντας κύριων τεμαχίων επιλέχθηκε το υβρίδιο (Dexter F1, Heinz 3402). Ο παράγοντας λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) εφαρμόσθηκε τυχαία στα υποδιαιρεμένα τεμάχια εντός των κύριων τεμαχίων και η επέμβαση της επιμόλυνσης της ρίζας με μυκόρριζα στα υπο-υποδιαιρεμένα τεμάχια. Η συνολική έκταση του πειραματικού αγρού ήταν 175 m^2, με 24 υποτεμάχια στο σύνολο, έκτασης 6m^2 το καθένα. Συνολικά, μεταφυτεύτηκαν 504 σπορόφυτα τομάτας. Οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 0,6 m μεταξύ των γραμμών και 0,6 m επί της γραμμής (0,6 x 0,6).

Τα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν τα ακόλουθα: το νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου μέρους, η φυλλική επιφάνεια, ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, το μέσο βάρος καρπού, η μέση διάμετρος καρπού, η απόδοση καρπού, η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (μετρούμενη σε °Brix), η ενεργός οξύτητα (pH), η ολική οξύτητα, το χρώμα (χρωματικό μοντέλο CIELab), η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο, καθώς και το ποσοστό αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα.

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η οργανική λίπανση είχε θετική επίδραση στην περιεκτικότητα του καρπού σε λυκοπένιο. Παράλληλα, σημειώθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών τομάτας. Συγκεκριμένα, ο λόγος των χρωματικών παραγόντων a*/b* παρουσίασε θετική συσχέτιση με τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά και την ενεργό οξύτητα του καρπού. Αντίθετα, ο λόγος a*/b* παρουσίασε αρνητική συσχέτιση με την ολική οξύτητα.

Όσον αφορά τις συσχετίσεις μεταξύ των αγρονομικών χαρακτηριστικών του φυτού, η απόδοση σε καρπό συσχετίσθηκε θετικά τόσο με τον αριθμό των καρπών ανά φυτό όσο και με το μέσο βάρος καρπού. Επιπρόσθετα, η φυλλική επιφάνεια συσχετίσθηκε θετικά με την απόδοση καρπού.

Παρόμοια σημαντική συσχέτιση παρατηρήθηκε και μεταξύ της ολικής οξύτητας από τη μια πλευρά και της απόδοσης και του μέσου βάρους καρπού από την άλλη. Τέλος, η αλληλεπίδραση των τριών παραγόντων δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές για κανένα από τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν.

Η παρούσα μελέτη καταδεικνύει τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει η οργανική λίπανση στην παραγωγή προϊόντων τομάτας υψηλής θρεπτικής αξίας και ταυτόχρονα δίνει κίνητρο για περαιτέρω έρευνα που θα οδηγήσει στην βαθύτερη γνώση και κατανόηση των αγρονομικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτού της τομάτας.

Λέξεις κλειδιά: *Dexter, Heinz 3402, λυκοπένιο, μυκόρριζα, οργανική λίπανση.*

SUMMARY

The objective of the current research was to investigate the effect of the organic fertilization on the agronomic and quality characteristics of two, organically grown, processing tomato hybrids. The crop was cultivated in the organic experimental field of the Laboratory of Crop Production at the Agricultural University of Athens, during the period from April 22 to August 4, 2016.

The experiment was based on a split-split-plot design with two replications. Hybrid (Dexter F1, Heinz 3402) was the whole-plot factor, fertilization (organic, inorganic and control) was the sub-plot factor and inoculation with mycorrhizal fungi was the sub-sub plot factor. Block and block interactions in all treatments described above were random factors. The total area of the experimental field was 175 m^2, with 24 subplots in total, of 6 m^2 each. 504 processing tomato seedlings were transplanted in total. Plant spacing amounted to 0.6 m between the rows and 0.6 m within the rows (0.6 x 0.6).

The agronomic and quality characteristics which were studied were the following: fresh and dry weight of the upper plant, leaf area of the plant, number of fruits per plant, mean fruit weight, mean fruit diameter, fruit yield, total soluble solid content (measured in °Brix), active acidity (pH), total acidity, color analysis (CIELab color scale), lycopene content and percentage of arbuscular mycorrhizal fungus colonization.

The results of the present study showed that the organic fertilization had a positive effect on lycopene content. In addition, correlations between the quality characteristics of tomato fruits were noticed. More specifically, a positive correlation between total soluble solids and pH on the one hand and a*/b* ratio on the other hand was noted. However, the a*/b* ratio was negatively correlated to total acidity.

Positive correlations between the agronomic characteristics of the tomato plant were also observed. In particular, the fruit yield was positively correlated to the number of fruits per plant and the mean fruit weight. Moreover, there was a positive correlation between leaf area index and fruit yield.

Strong correlations between the total acidity, fruit yield and mean fruit weight were observed. Finally, the interaction of the three experimental factors did not show any statistically significant differences with respect to the characteristics under review.

The present study indicates the influence of the organic fertilization on the nutritional quality of tomato products and the need for further research of the interactions between the agronomic and quality characteristics of the tomato plant.

Key words: *Dexter F1*, *Heinz 3402*, *lycopene*, *mycorrhiza*, *organic fertilization*.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ..... **v**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ..... **vi**

SUMMARY ..... **viii**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ..... **x**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ..... **xiii**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ..... **xv**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ..... **xvi**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ **1**

1.1 Ιστορική αναδρομή 1

1.2 Βοτανική ταξινόμηση 2

1.3 Βιομηχανική επεξεργασία τομάτας 2

1.3.1 Βιομηχανική τομάτα 2

1.3.2 Προϊόντα βιομηχανικής επεξεργασίας τομάτας 3

1.3.3 Παραπροϊόντα βιομηχανικής επεξεργασίας τομάτας 4

1.4 Οικονομική σημασία καλλιέργειας 5

1.5 Βιολογική και συμβατική παραγωγή 7

1.6 Μορφολογία Φυτού 10

1.6.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά 10

1.6.2 Τρόπος ανάπτυξης φυτού 12

1.6.3 Σύσταση καρπού τομάτας 12

1.6.4 Ποικιλίες – Υβρίδια 16

1.7 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις 17

1.7.1 Κλίμα 17

1.7.2 Έδαφος 18

1.8 Θρέψη φυτού 19

1.8.1 Άζωτο 19

1.8.2 Φωσφόρος 21

1.8.3 Κάλιο 22

1.8.4 Ασβέστιο 24

1.8.5 Ιχνοστοιχεία 25

1.9 Άρδευση και λίπανση 26

1.9.1 Απαιτήσεις σε νερό 26

1.9.2 Οργανική και ανόργανη λίπανση 27
1.10 Ζιζάνια – Εχθροί – Ασθένειες 28
1.10.1 Κυριότερα ζιζάνια 28
1.10.2 Κυριότεροι εχθροί και ασθένειες 29
1.11 Μυκόρριζα 29
1.11.1 Γενικά 29
1.11.2 Τύποι μυκορριζών 30
1.11.3 Αύξηση και θρέψη των φυτών 31
1.11.4 Πρόσληψη φωσφόρου 32
1.12 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά καρπού 33
1.12.1 Χρώμα 33
1.12.2 Σχήμα και μέγεθος 36
1.12.3 Συνεκτικότητα 37
1.12.4 Γεύση 37
1.12.5 Διατροφική αξία 38
1.12.6 Φυσιολογικές ανωμαλίες καρπού 39
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 42
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ 43
3.1 Φυτικό υλικό 43
3.2 Λιπάσματα 44
3.3 Μικροοργανισμοί (Μυκόρριζα) 45
3.4 Πειραματικό σχέδιο 46
3.5 Εγκατάσταση πειραματικού αγρού και καλλιεργητικές τεχνικές 48
3.6 Μετεωρολογικά δεδομένα 50
3.7 Προσδιορισμοί- μετρήσεις 52
3.7.1 Αγρονομικά χαρακτηριστικά 52
3.7.1.1 Νωπό-ξηρό βάρος υπέργειου μέρους φυτού 52
3.7.1.2 Φυλλική επιφάνεια φυτού 52
3.7.1.3 Αριθμός καρπών ανά φυτό και μέσο βάρος καρπού 53
3.7.1.4 Μέση διάμετρος καρπού 53
3.7.1.5 Απόδοση σε καρπό 54
3.7.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά 54
3.7.2.1 Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά 54
3.7.2.2 Ενεργός οξύτητα 55

3.7.2.3 Ολική οξύτητα 55
3.7.2.4 Εκτίμηση χρώματος καρπού 55
3.7.2.5 Απόδοση σε λυκοπένιο 57
3.7.3 Αποικισμός ρίζας με μυκόρριζα 63
3.8 Στατιστική ανάλυση 63
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 64
4.1 Αγρονομικά Χαρακτηριστικά 64
4.1.1 Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους φυτού 64
4.1.2 Φυλλική επιφάνεια φυτού 68
4.1.3 Αριθμός καρπών ανά φυτό 70
4.1.4 Μέσο βάρος καρπού 72
4.1.5 Μέση διάμετρος καρπού 74
4.1.6 Απόδοση σε καρπό 76
4.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά 77
4.2.1 Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά 77
4.2.2 Ενεργός οξύτητα 78
4.2.3 Ολική οξύτητα 79
4.2.4 Εκτίμηση χρώματος καρπού 80
4.2.4.1 Color L* 80
4.2.4.2 Color a*/b* 82
4.2.5 Απόδοση σε λυκοπένιο 83
4.3 Αποικισμός ρίζας με μυκόρριζα 84
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 86
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 93

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 3.1. Μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία αέρα πειραματικού αγρού από 21/04/16 έως 04/08/16. 51
Γράφημα 3.2. Επίπεδα βροχόπτωσης στον πειραματικό αγρό από 21/04/16 έως 04/08/16. 51
Γράφημα 3.3. Συγκέντρωση λυκοπενίου σε διαδοχικούς χρόνους εκχύλισης. 58
Γράφημα 4.1. Νωπό βάρος υπέργειου μέρους για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 64
Γράφημα 4.2. Ξηρό βάρος υπέργειου μέρους για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 66
Γράφημα 4.3. Ξηρό βάρος υπέργειου μέρους για τις διαφορετικές λιπάνσεις (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 57,76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 67
Γράφημα 4.4. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας(Leaf Area Index) για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 68
Γράφημα 4.5. Αριθμός καρπών ανά φυτό για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 70
Γράφημα 4.6. Μέσο βάρος καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 72
Γράφημα 4.7. Μέσο βάρος καρπού για τις διαφορετικές λιπάνσεις (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 73
Γράφημα 4.8. Μέση διάμετρος καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 74
Γράφημα 4.9. Μέση διάμετρος καρπού για τα τρία επίπεδα λίπανσης (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90

ΗΑΜ). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 75
Γράφημα 4.10. Αποδόσεις καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητα α= 0,05. 76
Γράφημα 4.11. Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 77
Γράφημα 4.12. Ενεργός οξύτητα (pH) για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 78
Γράφημα 4.13. Χρωματικός παράγοντας L* (Color L*) καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητα α= 0,05. 80
Γράφημα 4.14. Χρωματικός παράγοντας L* (Color L*) καρπού για τις διαφορετικές λιπάνσεις (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 81
Γράφημα 4.15. Λόγος χρωματικών παραγόντων a*/b* (Color a*/b*) καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 82
Γράφημα 4.16. Περιεκτικότητα καρπού σε λυκοπένιο για τις διαφορετικές λιπάνσεις (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 83
Γράφημα 5.1. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ των αποδόσεων και της ολικής οξύτητας στους καρπούς της βιομηχανικής τομάτας. 89
Γράφημα 5.2. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του μέσου βάρους και της ολικής οξύτητας στους καρπούς της βιομηχανικής τομάτας. 90
Γράφημα 5.3. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ των αποδόσεων καρπού και της φυλλικής επιφάνειας των φυτών βιομηχανικής τομάτας. 91
Γράφημα 5.4. Γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης καρπού με τον αριθμό καρπών ανά φυτό και το μέσο βάρος καρπού της καλλιέργειας. 92

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1. Σχηματική απεικόνιση άνθους και καρπού τομάτας. 11

Εικόνα 1.2. Αλλαγές στο εξωτερικό και εσωτερικό χρώμα του καρπού κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του (Heuvelink, 2005). 36

Εικόνα 1.3. Ηλιακό έγκαυμα (αριστερά) και ξηρή σήψη της κορυφής (δεξιά) σε καρπούς τομάτας. 40

Εικόνα 1.4. Κηλιδωτή ωρίμανση (αριστερά) και μεταχρωματισμοί -green shoulders- (δεξιά) σε καρπούς τομάτας. 40

Εικόνα 1.5. Σχισίματα (αριστερά) και παραμόρφωση –Catfacing- (δεξιά) σε καρπούς τομάτας. 41

Εικόνα 3.1. Σπορόφυτα υβριδίου Dexter F1. 43

Εικόνα 3.2. Σπορόφυτα υβριδίου Heinz 3402. 44

Εικόνα 3.3. Ενσωμάτωση μολύσματος μυκόρριζας στις γραμμές φύτευσης. 45

Εικόνα 3.4. Σχεδιάγραμμα πειραματικού αγρού. 47

Εικόνα 3.5. Χάραξη πειραματικού αγρού. 49

Εικόνα 3.6. Μεταφύτευση νεαρών σπορόφυτων βιομηχανικής τομάτας. 49

Εικόνα 3.7. Στάγδην σύστημα άρδευσης της καλλιέργειας. 50

Εικόνα 3.8. Απλοποιημένο τρισδιάστατο μοντέλο της χρωματικής κλίμακας CIE L* a* b*. 56

Εικόνα 3.9. Αποχρωματισμός ξηρού προϊόντος τομάτας κατά τη διάρκεια της εκχύλισης των καροτενοειδών με χρήση υπερήχων. 58

Εικόνα 3.10. Φάσμα απορρόφησης εκχυλίσματος σε αιθανόλη (αραίωση 1:20). 60

Εικόνα 3.11. Φάσμα απορρόφησης λυκοπενίου σε εξάνιο 60

Εικόνα 3.12. HPLC Χρωματογράφημα καροτενοειδών από εκχύλισμα ξηρού προϊόντος τομάτας στα 472 και 505nm. 62

Εικόνα 3.13. HPLC Χρωματογράφημα καροτενοειδών από εκχύλισμα ξηρού παραπροϊόντος τομάτας. Οι κορυφές που ταυτοποιήθηκαν είναι: (1) all-trans-λουτεΐνη, (2) 9-cis- λουτεΐνη, (3) 13-cis-λουτεΐνη, (4) all-trans-β-καροτένιο, (5) 9-cis-β-καροτένιο, (6) 13-cis-β-καροτένιο, (7) all-trans-λυκοπένιο (Strati et al., 2012). 62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1. Παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση βιομηχανικής τομάτας περιόδου 2005-2010 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων). 5
Πίνακας 1.2. Στοιχεία εγχώριας καλλιέργειας και παραγωγής βιομηχανικής τομάτας περιόδου 2004-2015 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων). 6
Πίνακας 1.3. Περιεκτικότητα των κυριότερων συστατικών σύνθεσης της τομάτας (Gould, 1992). 13
Πίνακας 1.4. Περιεκτικότητα καροτενοειδών στην τομάτα (mg/ 100 g νωπού βάρους) (Belitz *et al.,* 2009).....15
Πίνακας 1.5. Σημαντικότερα υβρίδια βιομηχανικής τομάτας που χρησιμοποιούνται στην ελληνική βιομηχανία μεταποίησης (Μπουλέκου, 2010). 17
Πίνακας 1.6. Απόδοση καρπού και επιπτώσεις από ξηρή κορυφή της ποικιλίας τομάτας "Floradel" όπως επηρεάστηκε από τις διαφορετικές αναλογίες NO3: NH4. 20
Πίνακας 1.7. Απαιτήσεις της καλλιέργειας της τομάτας σε ιχνοστοιχεία σύμφωνα με τους Lorenz & Maynard και Vitosh *et al*.....25
Πίνακας 1.8. Στάδια εμπορικής ωριμότητας – χρωματισμός καρπού τομάτας (Sargent & Moretti, 2004).....34
Πίνακας 1.9. Σύνθεση καρπού τομάτας σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης. Οι καρποί συγκομίστηκαν στα ακόλουθα στάδια ωρίμανσης: (Cantwell, 2000).....35
Πίνακας 1.10. Σχέση ανάμεσα στα επίπεδα σακχάρων και ολικών οξέων ως προς την γεύση καρπού νωπής τομάτας (Kader *et al.*,1978). 38
Πίνακας 3.1. Σύσταση οργανικής και ανόργανης λίπανσης που εφαρμόστηκε στον πειραματικό αγρό. 44
Πίνακας 3.2. Ανάλυση εδάφους του πειραματικού αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. 48
Πίνακας 4.1. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76 , 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....64
Πίνακας 4.2. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76 , 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....65
Πίνακας 4.3. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 67

Πίνακας 4.4. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της φυλλικής επιφάνειας, ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....68
Πίνακας 4.5. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της φυλλικής επιφάνειας, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....69
Πίνακας 4.6. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αριθμού καρπών ανά φυτό, ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....70
Πίνακας 4.7. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αριθμού καρπών ανά φυτό, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 και 105 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05 71
Πίνακας 4.8. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του μέσου βάρους καρπού, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....73
Πίνακας 4.9. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της μέσης διαμέτρου καρπού, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05 75
Πίνακας 4.10. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) των αποδόσεων καρπού (kg/m^2), ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....76
Πίνακας 4.11. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) των ολικών στερεών διαλυτών, ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....78
Πίνακας 4.12. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της ενεργού οξύτητας (pH), ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....79
Πίνακας 4.13. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της ολικής οξύτητας, ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....79

Πίνακας 4.14. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του χρωματικού παράγοντα L*, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητα α= 0,05 81
Πίνακας 4.15. Επίδραση του υβριδίου (Dexter F1, Heinz 3402) και της λίπανσης (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στον χρωματικό παράγοντα L* (Color L*) του καρπού στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 82
Πίνακας 4.16. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του λόγου των χρωματικών παραγόντων a*/b* , ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 83
Πίνακας 4.17. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της περιεκτικότητας λυκοπενίου, ως προς τους παράγοντες των κύριων τεμαχίων, υβρίδιο (Dexter F1, Heinz 3402), των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 84
Πίνακας 4.18. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα (%), ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων, υβρίδιο (Dexter F1, Heinz 3402), στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.....84
Πίνακας 4.19. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα (%), ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05. 85
Πίνακας 4.20. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα (%), ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05 85

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία της τομάτας είναι μια ιστορία τριών ηπείρων: της Νότιας Αμερικής, της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Το ευρωπαϊκό κεφάλαιο ξεκίνησε στις αρχές του 16^{ου} αιώνα, όταν Ισπανοί και Πορτογάλοι εξερευνητές επιστρέφοντας στις χώρες τους έφεραν μαζί τους ασυνήθιστα λαχανικά, ανάμεσα στα οποία και την τομάτα (Jones, 2007).

Η τομάτα αρχικά καλλιεργήθηκε σαν καλλωπιστικό φυτό καθώς οι καρποί της θεωρούνταν δηλητηριώδεις και επικίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία, όπως και οι υπόλοιποι καρποί των φυτών της οικογένειας Solanaceae. Αιτία αποτέλεσε το γεγονός ότι τα είδη της προαναφερθείσας οικογένειας περιέχουν (κυρίως στα φύλλα τους) το αλκαλοειδές σολανίνη, που είναι τοξικό τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα ζώα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την μεγάλη ομοιότητα της τομάτας με το φυτό μπελαντόνα (*Atropus belladonna*), το οποίο ήταν γνωστό από την αρχαιότητα για τις φαρμακευτικές και δηλητηριώδεις ιδιότητές του, αποτέλεσαν τους κυριότερους λόγους για την αντιμετώπιση της τομάτας με επιφυλακτικότητα (Leoni, 1993).

Η πρώτη βιβλιογραφική αναφορά του φυτού γίνεται στο βιβλίο βοτανικής Herbal του Ιταλού Pierto Andrea Matthiolus (1544) με το όνομα *pomi d'oro* (χρυσό μήλο) πιθανότατα εξαιτίας του κίτρινου χρώματος του καρπού που παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στην Ιταλία. Για δύο περίπου αιώνες θεωρείτο επικίνδυνο είδος, για τους λόγους που αναφέρθηκαν, και την χρησιμοποιούσαν μόνο στην Ισπανία, την Ιταλία και τη Γαλλία, όπου έγινε δημοφιλής με το όνομα *pomme d'amour* (μήλο της αγάπης). Τον 18^{ο} αιώνα η τομάτα ονοματίζεται από τον Λινναίο ως *Solanum lycopersicum* και αρχίζει να καλλιεργείται σαν εδώδιμο φυτό (Leoni, 1993).

Στην Ελλάδα εισήχθη το 1818 από τον Φραγκίσκο Μονιέ, υπεύθυνο μοναχό της Μονής Καπουτσίνων στην Αθήνα. Η καλλιέργεια της τομάτας διαδόθηκε με βραδύτητα και μέχρι τις αρχές του 1900 καταλάμβανε μόνο περιορισμένη έκταση (Αυγουλάς & Παπαστυλιανού, 2009).

Η βιομηχανική επεξεργασία και η κονσερβοποίηση της τομάτας ξεκίνησε από το 1920 περίπου, στις ανεπτυγμένες χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής, δίνοντας μεγάλη ώθηση στην επέκταση της καλλιέργειας και δημιουργώντας συνεχώς νέες ποικιλίες και υβρίδια κατάλληλα για τη βιομηχανία, καθώς επίσης και πολλά προϊόντα βιομηχανικής επεξεργασίας, με την τομάτα να βρίσκει συνεχώς νέες χρήσεις.

Παράλληλα έγινε εκτενώς κατανοητή η υψηλή διατροφική αξία της τομάτας, καθώς αποδείχθηκε ότι αποτελεί για τον άνθρωπο μία εξαιρετική πηγή κάλυψης των αναγκών του σε βιταμίνες και ιχνοστοιχεία.

Βοτανικά, η τομάτα αναγνωρίζεται ως φρούτο, λόγω όμως του τρόπου που χρησιμοποιείται συγκαταλέγεται στα λαχανικά. Σήμερα μάλιστα αποτελεί το δεύτερο πιο αγαπητό λαχανικό παγκοσμίως (μετά την πατάτα), απαραίτητο συμπλήρωμα στη διατροφή του ανθρώπου, είτε ως νωπό λαχανικό, είτε ως μεταποιημένο βιομηχανικό ή οικιακό προϊόν (Αγγίδης, 1996).

1.2 Βοτανική ταξινόμηση

Η βοτανική ταξινόμηση της τομάτας είναι η ακόλουθη:

Βασίλειο	Plantae
Υποβασίλειο	Tracheobionia
Συνομοταξία	Magnoliophyta
Ομοταξία	Magnoliopsida
Υφομοταξία	Asteridae
Τάξη	Solanales
Οικογένεια	Solaneceae
Γένος	*Solanum*
Είδος	***Solanum lycopersicum* L.**

Το γένος *Solanum* αποτελεί ένα μεγάλο και ποικιλόμορφο γένος φυτών, που περιλαμβάνει δύο καλλιέργειες υψηλής οικονομικής σημασίας, την πατάτα και την τομάτα. Παρόλο που υπάρχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ των δύο φυτών, το χρώμα των ανθέων (κίτρινο για τη τομάτα και λευκό ή μωβ για την πατάτα) καθώς και το σχήμα και ο τρόπος ανοίγματός τους αποτελούν τα χαρακτηριστικά που τα διαφοροποιούν (Jones, 2007).

1.3 Βιομηχανική επεξεργασία τομάτας

1.3.1 Βιομηχανική τομάτα

Από την έναρξη της βιομηχανικής επεξεργασίας της τομάτας έως σήμερα αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός ποικιλιών και υβριδίων τομάτας που ευδοκιμούν σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες και είναι κατάλληλα για βιομηχανική χρήση.

Γενικά, μία ποικιλία τομάτας που προορίζεται για βιομηχανική χρήση πρέπει να συγκεντρώνει κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως υψηλή περιεκτικότητα σε ολικά στερεά, υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα, έντονο κόκκινο χρώμα, χαμηλή οξύτητα, λεία επιφάνεια χωρίς πτυχώσεις, αντοχή στη μεταφορά και τις ασθένειες, υψηλή παραγωγικότητα και υψηλό ποσοστό καρπών πρώτης κατηγορίας (Goose & Binsted, 1964).

Οι απαιτήσεις αυτές καθορίζουν τις κατάλληλες για βιομηχανική χρήση ποικιλίες τομάτας, αν και η ποιότητα της πρώτης ύλης εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα τις εδαφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες, τον τρόπο καλλιέργειας και την εποχή της συλλογής.

Η συλλογή της βιομηχανικής τομάτας πραγματοποιείται με αυτόματες μηχανές και σπανιότερα χειρονακτικά. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί ποικιλίες που αντέχουν στη μηχανική καταπόνηση.

Η συγκομιδή της τομάτας ξεκινά από τις 20-25 Ιουλίου για τις πρώιμες ποικιλίες, ενώ τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο συγκομίζεται ο κύριος όγκος της παραγωγής που προέρχεται από τις μεσοπρώιμες ποικιλίες. Ανάλογα με τις καιρικές και εδαφολογικές συνθήκες η συγκομιδή μπορεί να συνεχιστεί μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου με τις όψιμες ποικιλίες. Τη συγκομιδή της τομάτας ακολουθεί η μεταφορά της στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και η μεταποίησή της.

1.3.2 Προϊόντα βιομηχανικής επεξεργασίας τομάτας

Ο καρπός της τομάτας εμφανίζει σχετική ευκολία στη σύνθλιψη και τη συμπύκνωση, με αποτέλεσμα να έχουν αναπτυχθεί πολλές διεργασίες επεξεργασίας της, παρέχοντας στην κατανάλωση πληθώρα προϊόντων τομάτας. Οι ολόκληρες τομάτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν νωπές ή αποφλοιωμένες σε κονσέρβες, αφού υποστούν θερμική επεξεργασία. Με σύνθλιψη δίνουν χυμό, ο οποίος μπορεί να καταψυχθεί, να κονσερβοποιηθεί ή να επεξεργαστεί περαιτέρω δίνοντας συμπυκνωμένο πολτό, πάστα ή ακόμα και σκόνη τομάτας. Η τομάτα καταναλώνεται κυρίως με τη μορφή διαφόρων προϊόντων επεξεργασίας της, όπως ο χυμός, η πάστα, η σάλτσα πίτσας και ζυμαρικών ή διάφορων προϊόντων κύβων τομάτας. Τα περισσότερα από αυτά τα προϊόντα παράγονται με συμπύκνωση διαφόρων βαθμών και αποθηκεύονται στη συμπυκνωμένη τους μορφή μέχρι την κατανάλωσή τους, οπότε και αραιώνονται έτσι ώστε να προκύψει το τελικό προϊόν με την επιθυμητή σύσταση (Denny, 1997; Goose & Binsted, 1964; Gould, 1992).

Τα σημαντικότερα προϊόντα τομάτας είναι τα εξής:

- Τοματοπολτός

- Χυμός τομάτας ή συμπυκνωμένος χυμός τομάτας
- Κοκτέιλ χυμού τομάτας
- Κέτσαπ
- Αποφλοιωμένη τομάτα ολόκληρη κονσερβοποιημένη
- Σπασμένη αποφλοιωμένη τομάτα (Αγγίδης, 2006).

Από τα προϊόντα αυτά το πλέον διαδεδομένο στην παγκόσμια αγορά είναι ο τοματοπολτός. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, ως τοματοπολτός ορίζεται το προϊόν το οποίο προέρχεται από την εν κενώ συμπύκνωση του σαρκώδους χυμού των νωπών καρπών τομάτας στον επιθυμητό βαθμό.

Ανάλογα με το βαθμό συμπύκνωσης διακρίνονται τα εξής είδη τοματοπολτού:

- Ημισυμπυκνωμένος τοματοπολτός με περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά τουλάχιστον 16%.
- Τοματοπολτός απλής συμπύκνωσης με περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά τουλάχιστον 22%.
- Τοματοπολτός διπλής συμπύκνωσης με περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά τουλάχιστον 28%.
- Τοματοπολτός τριπλής συμπύκνωσης με περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά τουλάχιστον 36%.

1.3.3 Παραπροϊόντα βιομηχανικής επεξεργασίας τομάτας

Με βάση τις ποσότητες της βιομηχανικής τομάτας που παράγονται κάθε χρόνο στη χώρα μας και υπολογίζοντας ότι το 5-10% της τομάτας καταλήγει ως παραπροϊόν βιομηχανικής επεξεργασίας (τσίπουρο) προκύπτει ότι κάθε χρόνο παράγονται 19,5-39x10^6 kg παραπροϊόντος. Το παραπροϊόν αυτό είτε διατίθεται ως λίπασμα σε παρακείμενους αγρούς είτε διατίθεται μετά από ξήρανση ως ζωοτροφή. Μεγάλο μειονέκτημα για την περαιτέρω αξιοποίηση του παραπροϊόντος είναι η διασπορά των μονάδων επεξεργασίας τομάτας σε όλη τη χώρα.

Τα παραπροϊόντα της βιομηχανικής επεξεργασίας της τομάτας που αποτελούν σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα περιλαμβάνουν τόσο υγρά όσο και στερεά ρεύματα. Τα υγρά προκύπτουν από την πλύση των καρπών, από τα διαλύματα των χημικών ουσιών, από την αποφλοίωση και από τα νερά καθαρισμού. Τα στερεά περιλαμβάνουν το χώμα, τη λάσπη και τις υπόλοιπες προσμίξεις που βρίσκονται προσκολλημένες στον καρπό.

Οι σπόροι, οι φλοιοί, καθώς και οι ελαττωματικοί καρποί δεν θεωρούνται απόβλητα, αλλά παραπροϊόντα, γιατί μπορούν να αποτελέσουν πρώτη ύλη για την παραλαβή πολλών θρεπτικών συστατικών, αφού κυμαίνονται από 5% έως 25% της

πρώτης ύλης, συνήθως δε οι φλοιοί και οι σπόροι αποτελούν το 2-3% της πρώτης ύλης.

1.4 Οικονομική σημασία καλλιέργειας

Η καλλιέργεια της τομάτας είναι ευρύτατα διαδεδομένη σε παγκόσμια κλίμακα με την παγκόσμια παραγωγή να ανέρχεται σε 30-40 εκατομμύρια τόνους (**Πίνακας 1.1**). Η παραγωγή και η κατανάλωση των προϊόντων της τομάτας αυξάνεται κατά μέσο όρο 3% ετησίως τις τελευταίες δύο δεκαετίες σε παγκόσμιο επίπεδο, με αποτέλεσμα από τους 25 εκατ. τόνους το 1995 να φτάσει στους 32 εκατ. τόνους το 2005 και τους 41 εκατ. τόνους το 2015. Την ίδια περίοδο, το παγκόσμιο εμπόριο των προϊόντων της τομάτας έχει επίσης αυξηθεί, διπλασιάζοντας την αξία του μεταξύ του 2005 και του 2013, φτάνοντας τα 6,9 δις δολάρια το 2014. Η Ιταλία παραμένει ο μεγαλύτερος εξαγωγέας προϊόντων τομάτας στον κόσμο με περισσότερους από 1,2 εκατ. τόνους κονσερβοποιημένης τομάτας (χυμός τομάτας) να έχουν εξαχθεί το 2015, ενώ στη δεύτερη θέση βρίσκεται η Ισπανία, η οποία είχε εξάγει μόλις 145 χιλιάδες τόνους. Στις εξαγωγές τοματοπολτού (πελτέ) η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας με 990 χιλιάδες τόνους, ακολουθεί η Ιταλία με 656 χιλιάδες τόνους και οι ΗΠΑ με 459 χιλιάδες τόνους.

Πίνακας 1.1. Παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση βιομηχανικής τομάτας περιόδου 2005-2010 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων).

Παγκόσμια Παραγωγή Βιομηχανικής Τομάτας (σε 1.000 tn)						
	2005	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Ευρωπαϊκή Ένωση	10.450	8.190	8.634	8.874	11.152	9.127
Υπόλ.Ευρώπη & Μέση Ανατολή	5.184	4.614	5.186	6.628	6.181	5.020
Βόρεια Αμερική	9.867	10.222	12.054	11.737	13.142	12.209
Νότια Αμερική	2.441	2.154	2.411	2.170	2.329	3.144
Αφρική	240	225	212	201	240	195
Ασία & Ειρηνικός	4.050	5.121	5.342	7.075	9.440	7.932
ΣΥΝΟΛΟ	**32.232**	**30.526**	**33.839**	**36.685**	**42.484**	**37.627**
Παγκόσμια Κατανάλωση		**32.000**	**33.000**	**36.600**	**38.300**	**38.700**

Παρά το γεγονός ότι έχουμε μεταποίηση της τομάτας σε πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο, οι δέκα μεγαλύτερες χώρες παραγωγής αντιπροσωπεύουν το 87% του συνολικού όγκου των 41,3 εκατ. τόνων που μεταποιήθηκαν το 2015.

Η παγκόσμια κατανάλωση των προϊόντων τομάτας αυξήθηκε με ένα ετήσιο ρυθμό της τάξης του 3,3% κατά τη διάρκεια των τελευταίων 18 ετών, φτάνοντας στους 39 εκατ. ισοδύναμους τόνους φρέσκιας βιομηχανικής τομάτας το 2014. Η μέση κατά κεφαλή κατανάλωση φθάνει σήμερα τα 5,4 κιλά το χρόνο, όταν το 1996-97 ήταν μόνο 4 κιλά το χρόνο. Σε χώρες της Δυτικής Ευρώπης και στη Βόρεια Αμερική η κατά κεφαλή κατανάλωση είναι σταθερά υψηλή στα επίπεδα των 22 κιλών το χρόνο, ενώ παράλληλα αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς η κατανάλωση στην Αφρική, την Ασία, τη Νότιο Αμερική και τη Μέση Ανατολή, όπου αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 50% του συνολικού όγκου που καταναλώνεται, σε σύγκριση με το 30% που ήταν πριν από 15 χρόνια.

Στην Ελλάδα ο τομέας παραγωγής τομάτας για μεταποίηση κατείχε περίοπτη θέση μεταξύ των κλάδων της αγροτικής οικονομίας της χώρας επί σειρά ετών έως και το έτος 2004, χρονιά που αποτέλεσε αφετηρία συνεχούς πτωτικής πορείας. Πλέον η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας έχει περιοριστεί και η χώρα μας παράγει περίπου 500 χιλιάδες τόνους, όταν στα τέλη του 1990 είχε φτάσει μέχρι και τους 1,2 εκατ. τόνους. Παραμένει ωστόσο μια από τις 10 κορυφαίες εξαγωγικές δυνάμεις στον τοματοπολτό με περισσότερους από 50 χιλιάδες τόνους ετησίως. Η παραγωγή εντοπίζεται κυρίως στους νομούς Ηλείας, Βοιωτίας, Φθιώτιδας, Λάρισας, Μαγνησίας και Σερρών.

Πίνακας 1.2. Στοιχεία εγχώριας καλλιέργειας και παραγωγής βιομηχανικής τομάτας περιόδου 2004-2015 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων).

Εμπορική Περίοδος (εσοδεία)	Μεταποιηθείσα πρώτη ύλη (τόνοι)	Καλλιεργηθείσα έκταση (στρ.)	Μ.Ο Απόδοσης (τόνοι/στρ.)
2004	1.187.592,0	183.162,5	6,5
2005	880.450,0	127.630,0	6,9
2006	720.400,0	105.587,2	6,8
2007	614.203,0	99.876,5	6,1
2008	639.748,3	77.994,2	8,2
2009	818.555,8	113.000,5	7,2
2010	661.914,7	90.799,6	7,3

2011	330.000,0	40.000,0	8,3
2012	390.000,0	58.000,0	6,7
2013	432.554,0	45.554,0	9,5
2014	463.961,0	49.923,0	9,3
2015	512.695,2	55.200,0	9,3

Συγκεκριμένα, ενώ το 2004 καλλιεργήθηκαν 183.000 στρέμματα με παραγωγή 1.187.000 τόνους πρώτης ύλης και 237.000 τόνους τελικών προϊόντων, το 2011 κατέληξε να καλλιεργηθεί έκταση μόλις 40.000 στρεμμάτων με παραγωγή 330.000 τόνους σε πρώτη ύλη και 84.000 τόνους σε τελικά προϊόντα (**Πίνακας 1.2**).

Επισημαίνεται ότι η χώρα μας στο πλαίσιο εφαρμογής της Κοινής Οργάνωσης Αγορών οπωροκηπευτικών του 2007 αποφάσισε, μετά από αλλεπάλληλες συσκέψεις με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, να διατηρήσει το καθεστώς της συνδεδεμένης ενίσχυσης μέχρι και την 31/12/2010 σε ποσοστό 30% επί της συνολικής συνιστώσας του τομέα της βιομηχανικής τομάτας (αντίστοιχο συνολικό ποσό στρεμματικής ενίσχυσης 10.719.900 €/έτος).

Από 01/01/2011 ίσχυσε το καθεστώς της Ενιαίας Ενίσχυσης (οι παραγωγοί λαμβάνουν ενίσχυση βάση των δικαιωμάτων που έχουν αποκτήσει).

Στο πλαίσιο εφαρμογής του άρθρου 52 του Κοινοτικού Κανονισμού (ΕΕ)1307/2013 η βιομηχανική τομάτα εντάχθηκε από 1/1/2015 στο καθεστώς της συνδεδεμένης ενίσχυσης με στόχο τη διατήρηση της παραγωγής.

1.5 Βιολογική και συμβατική παραγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ολοένα αυξανόμενη ευαισθητοποίηση των καταναλωτών για την ασφάλεια των τροφίμων και την προστασία του περιβάλλοντος, παράλληλα με τις πολιτικές των περισσότερων χωρών για ενίσχυση της αειφόρου γεωργίας έχουν δώσει μια ταχεία ώθηση στην εξάπλωση των βιολογικών καλλιεργειών. Η βιολογική γεωργία συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, αφού προωθεί τη διατήρηση και αύξηση της γονιμότητας του εδάφους, τη μικρότερη επιβάρυνση του αέρα και της ατμόσφαιρας με ρύπους, την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βιοτική προστασία των φυσικών πόρων (Σιδηράς,1997).

Ακόμα, υπάρχει μια ευρέως διαδεδομένη άποψη, ότι η βιολογική γεωργία παράγει τρόφιμα καλύτερης ποιότητας και διατροφικής αξίας σε σύγκριση με τη συμβατική γεωργία (Schuphan, 1974; Woese *et al.*, 1997; Lundegårdh & Mårtensson, 2003). Αν πράγματι υπάρχει διαφορά στη διατροφική αξία των βιολογικών και των συμβατικών γεωργικών προϊόντων είναι ακόμα ασαφές (Brandt & Molgaard, 2001; Gennaro & Quaglia, 2003; Magkos *et al.*, 2003). Η σύγκριση προϊόντων βιολογικής και συμβατικής γεωργίας σε επίπεδα θρεπτικής αξίας και οργανοληπτικής ποιότητας δίνει συχνά αντικρουόμενα αποτελέσματα, έτσι, δεν μπορεί ακόμα να γίνει μια σαφής σύνδεση μεταξύ συστήματος καλλιέργειας και θρεπτικής αξίας γεωργικών προϊόντων (Woese *et al.*, 1997; Bourn & Prescott, 2002).

Για να είναι έγκυρη η σύγκριση της διατροφικής αξίας μεταξύ προϊόντων βιολογικής και συμβατικής γεωργίας, απαιτείται τα φυτά να έχουν καλλιεργηθεί σε παρόμοιες εδαφοκλιματικές συνθήκες, με ίδιες ποσότητες διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά, να έχει ληφθεί δείγμα την ίδια περίοδο και αυτό να έχει επεξεργαστεί και αναλυθεί με τον ίδιο τρόπο και με έγκυρες μεθόδους (Kumpulainen, 2001; Magkos *et al.*, 2003). Δυστυχώς, οι περισσότερες μελέτες δεν έχουν γίνει κάτω από παρόμοιες συνθήκες, γι' αυτό είναι δύσκολο να εξαχθούν γενικότερα συμπεράσματα. Ακόμα, η συγκέντρωση σε θρεπτικά συστατικά στα φυτικά προϊόντα συχνά εκφράζεται επί ξηρού βάρους. Ωστόσο, μη σημαντικές διαφορές στη σύσταση επί ξηρού βάρους, μπορεί να σημαίνουν σημαντικές διαφορές στη σύσταση επί νωπού βάρους μεταξύ προϊόντων βιολογικής και συμβατικής γεωργίας, εάν υπάρχει σημαντική διαφορά στο ποσοστό ξηράς ουσίας μεταξύ των δύο. Γι' αυτό είναι σημαντικό τα θρεπτικά συστατικά των φυτικών προϊόντων να εκφράζονται επί νωπού βάρους (Magkos *et al.*, 2003).

Πολλοί ερευνητές δηλώνουν ότι τα βιολογικά γεωργικά προϊόντα περιέχουν λιγότερα νιτρικά και υψηλότερη περιεκτικότητα σε σημαντικές θρεπτικές ουσίες σε σχέση με τα συμβατικά (Schuphan, 1974; Varis *et al.*, 1996; Rembialowska, 1999; Worthington, 2001; Bruulsema, 2002; Maggio *et al.*, 2008). Όσον αφορά στα περιεχόμενα θρεπτικά συστατικά, οι διαφορές μεταξύ βιολογικών και συμβατικών προϊόντων είναι μικρές και επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπως εδαφοκλιματικές συνθήκες, λίπανση και μεταχείριση των προϊόντων μετά τη συγκομιδή κ.ά. (Gennaro & Quaglia, 2003).

Σύμφωνα με μελέτη των Kelly & Bateman (2010), διαπιστώθηκε ότι οι καρποί βιολογικής καλλιέργειας έχουν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις μαγγανίου, ασβεστίου, χαλκού και ψευδαργύρου συγκριτικά με καρπούς συμβατικής καλλιέργειας, γεγονός που αποδίδεται στην αυξημένη δραστηριότητα μυκόρριζας στα οργανικά εδάφη. Άλλες μελέτες δείχνουν ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και ιχνοστοιχεία μεταξύ προϊόντων βιολογικής και συμβατικής γεωργίας (Warman & Haward, 1998;

Worthington, 1998; Magkos *et al.*, 2003). Γενικά, για τα περιεχόμενα ανόργανα στοιχεία δεν υπάρχει κάποια σαφής τάση, αλλά θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι ορισμένα από αυτά, όπως ο φωσφόρος, το μαγνήσιο και το κάλιο, έχουν βρεθεί σε υψηλότερη περιεκτικότητα σε τομάτες, πατάτες, καρότα, μαρούλι, σπανάκι και λάχανο βιολογικής καλλιέργειας σε σχέση με τα αντίστοιχα λαχανικά συμβατικής καλλιέργειας. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί με βάση τις διαφορές στην εδαφολογική σύσταση, η οποία έχει επιπτώσεις στο μεταβολισμό των φυτών και στην ανόργανη απορρόφηση από το έδαφος (Gennaro & Quaglia, 2003).

Ένα πιθανό ποιοτικό πλεονέκτημα των βιολογικών προϊόντων έναντι των συμβατικών είναι η υψηλότερη συγκέντρωση σε δευτερεύουσες ουσίες, όπως οι βιταμίνες και οι αντιοξειδωτικές ουσίες. Σε μελέτες που έγιναν σε αρκετά λαχανικά (τομάτα, μαρούλι, σπανάκι και λάχανο) βιολογικής καλλιέργειας, παρατηρήθηκε υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες C, A και αντιοξειδωτικές ουσίες συγκριτικά με τα λαχανικά συμβατικής καλλιέργειας (Woese *et al*., 1997; Weibel *et al.,* 2000; Heaton, 2001; Asami *et al*. 2003; Caris-Veyrat *et al*., 2004; Chassy *et al*. 2006; Hallmann, 2012; Oliveira *et al*., 2013; Vinha *et al.*, 2014). Ερευνητικά στοιχεία έδειξαν επίσης ότι βιολογικά προϊόντα περιείχαν περισσότερες βιοδραστικές ουσίες, όπως πολυφαινόλες, φλαβονοειδή και καροτενοειδή (Caris-Veyrat *et al*., 2004; Hallmann & Rembialkowska, 2007; Györe-Kisa *et al*., 2012; Hallmann, 2012; Oliveira *et al*., 2013; Vinha *et al*., 2014).

Ωστόσο, τρόφιμα υψηλής ποιότητας και διαθρεπτικής αξίας μπορούν να παραχθούν είτε με οργανική είτε με ανόργανη λίπανση των φυτών. Οι διαφορές που προκύπτουν συχνά σε ποιότητα ή αποδόσεις οφείλονται στη διαφορά των ποσοτήτων των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ οργανικών και ανόργανων λιπασμάτων και στον τρόπο που αυτά είναι διαθέσιμα για τα φυτά.

Ουσιαστικά δεν υπάρχει θρεπτική και ποιοτική υπεροχή όσον αφορά λαχανικά είτε συμβατικής είτε βιολογικής καλλιέργειας. Οι αποκλίσεις που παρατηρούνται στη βιβλιογραφία, είναι αποτέλεσμα ίσως των διαφορετικών σταδίων φυσιολογικής ωριμότητας των καρπών κατά τη συγκομιδή (Pieper & Barrett, 2009). Για τον καθορισμό της σημαντικότητας της μιας καλλιέργειας έναντι της άλλης, είναι αναγκαίο οι παράγοντες αυτοί να είναι ελεγχόμενοι και να συνυπολογίζονται στο πειραματικό πρόγραμμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των παραγόμενων βιολογικών λαχανικών είναι σύνθετοι και αλληλένδετοι, επομένως είναι απαραίτητο να γίνουν πρόσθετες μελέτες ώστε να διαπιστωθούν οι πραγματικές αλληλεπιδράσεις (Hallmann & Rembiałkowska,2007).

1.6 Μορφολογία Φυτού

1.6.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η τομάτα είναι φυτό ποώδες με βιολογικό κύκλο 5-7 μήνες στην Ευρώπη (μονοετής καλλιέργεια), ενώ σε τροπικές περιοχές η καλλιέργεια είναι πολυετής (Αγγίδης, 2006).

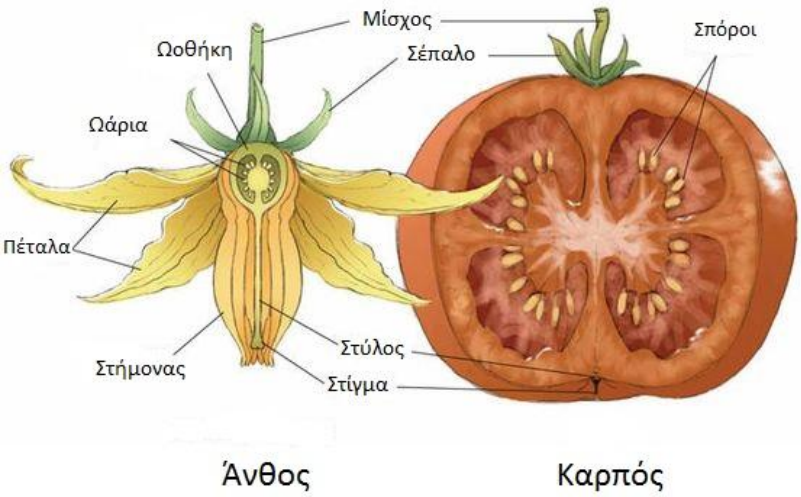
Το ριζικό της σύστημα είναι πασσαλώδες, εφόσον το φυτό προέρχεται από σπόρο που σπάρθηκε απευθείας στη μόνιμη θέση, και μπορεί να φθάσει το βάθος των 60 cm επιμηκυνόμενο κατά 2-3 cm ανά ημέρα. Όταν η τομάτα μεταφυτεύεται, η κεντρική ρίζα καταστρέφεται και παράγονται δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες, ακόμη και από τον λαιμό του φυτού, γεγονός που θεωρείται πλεονέκτημα για την εγκατάσταση του μεταφυτευθέντος φυτού (Ολύμπιος, 2001).

Ο κεντρικός βλαστός φέρει τα φύλλα, στις μασχάλες των οποίων υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν πλευρικούς βλαστούς. Είναι κυλινδρικός και εσωτερικά πλήρης. Αρχικά, είναι τρυφερός, εύθραυστος και χυμώδης, αργότερα όμως γίνεται σταδιακά πιο σκληρός και αποκτά μηχανική αντοχή, χωρίς όμως να ξυλοποιείται. Η ανάπτυξη του βλαστού, όσον αφορά το μήκος, καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες και έτσι διακρίνονται ποικιλίες με απεριόριστη ή με καθορισμένη ανάπτυξη βλαστών (Ολύμπιος, 2001).

Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα, κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παράφυλλων με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο, αλλά και το μέγεθός τους ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία και τη θέση του φύλλου επί του βλαστού. Τα φύλλα εμφανίζονται σε ελικοειδή διάταξη πάνω στον βλαστό. Η επάνω επιφάνειά τους έχει χρώμα λαμπερό βαθύ πράσινο και η κάτω ελαιώδες ανοιχτό πράσινο (Ολύμπιος, 2001). Όλα τα πράσινα μέρη του φυτού φέρουν αδενώδη τριχίδια, που όταν σπάνε αναδίδουν τη χαρακτηριστική οσμή του φυτού (Δημητράκης, 1998; Αγγίδης, 2006).

Τα άνθη της τομάτας είναι τοποθετημένα ανά 3-20 σε κυματώδεις ταξιανθίες που διακλαδίζονται συμμετρικά ή ασύμμετρα ανάλογα με την ποικιλία. Στο άκρο κάθε διακλάδωσης υπάρχει ένα άνθος που φέρει πράσινο δερματώδη κάλυκα με 5 σέπαλα, στεφάνη με 5 ή περισσότερα ενωμένα κίτρινα πέταλα και 5 ή περισσότερους στήμονες. Οι στήμονες είναι ενωμένοι στη βάση τους με τη στεφάνη και ενωμένοι κατά μήκος μεταξύ τους ώστε να σχηματίσουν κώνο γύρω από τον στύλο, που είναι συνήθως πιο βραχύς, εγκλωβισμένος από τους ανθήρες. Η ωοθήκη είναι πολύχωρη με 2-7 ή και περισσότερους χώρους και σε κάθε χώρο περιλαμβάνει πολλά ωάρια (**Εικόνα 1.1**). Τα άνθη της τομάτας είναι ερμαφρόδιτα και αυτογονιμοποιούνται. Η άνθηση δεν είναι σύγχρονη και γίνεται σταδιακά, εκτός

ορισμένων ποικιλιών για μηχανική συγκομιδή. Η βλάστηση της γύρης είναι βραδεία και γι' αυτό η γονιμοποίηση γίνεται περίπου 2 ημέρες μετά την επικονίαση και επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες (Αυγουλάς & Παπαστυλιανού, 2012).



Εικόνα 1.1. Σχηματική απεικόνιση άνθους και καρπού τομάτας.

Ο καρπός της τομάτας είναι ράγα, χρώματος κόκκινου, ρόδινου ή κίτρινου και χωρίζεται με σαρκώδη τοιχώματα σε 4-10 χώρους. Αποτελείται από τον φλοιό, τη σάρκα ή πούλπα, τους ιστούς και τους σπόρους. Το πάχος του φλοιού αυξάνει στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξης του καρπού και μετά λεπταίνει και απλώνει κατά το στάδιο της ωρίμασης. Η σάρκα σχηματίζεται στους χώρους των κελιών και είναι ανάλογα με την ποικιλία, λιγότερο ή περισσότερο σημαντική, πλούσια σε χυμό, ο οποίος χρησιμοποιείται στη μεταποίηση από τις βιομηχανίες κονσερβών. Μέσα στα κελιά βρίσκονται οι σπόροι οι οποίοι περιβάλλονται από ζελατινώδη παρεγχυματικό ιστό και ανάλογα με την ποικιλία είναι πολλοί ή λίγοι σε αριθμό (**Εικόνα 1.1**). Ο χρωματισμός του καρπού οφείλεται στις δύο χρωστικές, την λυκοπίνη (κόκκινο) και την καροτίνη (κίτρινο) και επηρεάζεται από τη αναλογία τους και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η καλύτερη θερμοκρασία για την ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος είναι 18 -25°C (Αγγίδης, 2006).

Ο σπόρος της τομάτας είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, με διάμετρο 3-5 mm, το χρώμα του είναι καφεκίτρινο και η επιφάνειά του καλύπτεται με τριχοειδείς αποφύσεις. Υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης διατηρεί τη βλαστικότητά του για τουλάχιστον 4 χρόνια μετά τη συγκομιδή, εάν όμως αποθηκευτεί σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, εύκολα διατηρεί τη βλαστικότητά του πάνω από 10 χρόνια (Ολύμπιος, 2001).

1.6.2 Τρόπος ανάπτυξης φυτού

Η μορφή της ανάπτυξης του φυτού μπορεί να είναι ακαθόριστη, ημιακαθόριστη ή καθορισμένη.

• Το κεντρικό στέλεχος αναπτύσσεται περισσότερο από τα δευτερεύοντα στελέχη. Το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων υπερβαίνει κατά μέσο όρο τα 10 cm. Η ανάπτυξη διαφοροποιείται μετά από την έκπτυξη της ταξιανθίας με έναν ακραίο οφθαλμό. Το σχήμα του φυτού είναι συνήθως κρεμοκλαδές και η μορφή της ανάπτυξης ακαθόριστη.

• Τα στελέχη παρουσιάζουν περιορισμένη ανάπτυξη, με μεσογονάτια διαστήματα μήκους περίπου 10 cm και ο ακραίος οφθαλμός άλλοτε υπάρχει και άλλοτε ελλείπει. Το σχήμα του φυτού είναι συνήθως νάνο και η μορφή της ανάπτυξης είναι ημιακαθόριστη.

• Η ανάπτυξη των στελεχών διακόπτεται από τη διαφοροποίηση των ακραίων ταξιανθιών και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων είναι μικρότερο από 10 cm. Το σχήμα του φυτού είναι θαμνώδες ή νάνο και η μορφή της ανάπτυξης είναι καθορισμένη (Αυγουλάς & Παπαστυλιανού, 2012).

1.6.3 Σύσταση καρπού τομάτας

Η καρπός της νωπής τομάτας αποτελείται κατά μέσο όρο από 97% χυμό, 1% φλοιό και 2% σπόρους. Ο χυμός της τομάτας αποτελείται κατά 93-96% από νερό. Η διακύμανση αυτή εξηγείται εν μέρει από τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε ποικιλίας καθώς και από τις κλιματολογικές συνθήκες και τις χρησιμοποιούμενες τεχνικές καλλιέργειας (Leoni, 2004). Ο φλοιός της τομάτας αποτελείται από κυτταρίνη και δεν παρουσιάζει καμία απολύτως θρεπτική αξία, ενώ οι σπόροι περιέχουν 50-60% υγρασία και λιπαρά σε ποσοστό περίπου 22% επί του ξηρού βάρους (Gould, 1974; Atherton & Rudich, 1986). Στον Πίνακα 1.3 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα στα κυριότερα συστατικά του καρπού της τομάτας.

Οι μεταποιημένες τομάτες ενδέχεται να διαθέτουν υψηλότερα επίπεδα ορισμένων θρεπτικών συστατικών, αφενός διότι η συγκέντρωσή τους μπορεί να είναι υψηλότερη σε αυτές τις μορφές και αφετέρου διότι η μεταποίηση μπορεί να επιφέρει αλλαγές στη χημική τους δομή και στη βιοδιαθεσιμότητα τους.

Πίνακας 1.3. Περιεκτικότητα των κυριότερων συστατικών σύνθεσης της τομάτας (Gould, 1992).

Συστατικό	Περιεκτικότητα (%)
Ολικά στερεά	7,0 – 8,5
Αδιάλυτα στερεά	< 1,0
Διαλυτά στερεά	4,0 – 6,0
Σάκχαρα	2,0 – 3,0
Οξέα	0,3 – 0,5
Πρωτεΐνες και αμινοξέα	0,8 – 1,2
Ανόργανα άλατα	0,3 – 0,6
Άλατα (χλωριούχο νάτριο)	0,05 – 0,1

- Στερεά

Η τομάτα περιέχει συνήθως 7,0-8,5% ολικά στερεά, εκ των οποίων το 1% αντιστοιχεί στον φλοιό και στους σπόρους (Gould, 1992). Η ποσοστιαία σύσταση των στερεών στην τομάτα ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και ιδιαίτερα με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο της ανάπτυξής της (Gould, 1992).

- Υδατάνθρακες

Τα ελεύθερα σάκχαρα είναι κυρίως αναγωγικά σάκχαρα (El-Miladi *et al.*,1969). Καθώς αντιπροσωπεύουν το 1,5-4,5% του καρπού και το 50-60% των ολικών στερεών του, τα σάκχαρα επηρεάζουν σημαντικά τη γεύση της τομάτας. Τα σάκχαρα αυτά είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη σε ίσες περίπου ποσότητες, με επικρατέστερη τη φρουκτόζη. Η σακχαρόζη περιέχεται στην τομάτα σε ποσοστό που δεν ξεπερνά το 0,1% του καρπού (Goose & Binsted, 1964).

- Πρωτεΐνες και αμινοξέα

Στον φρέσκο χυμό τομάτας υπάρχουν περίπου 19 διαλυτά αμινοξέα. Το κυριότερο από αυτά είναι το γλουταμινικό οξύ, το οποίο αποτελεί το 48,5% του συνολικού βάρους των αμινοξέων που απαντώνται στο χυμό τομάτας (El-Miladi *et al.*, 1969). Το αμέσως σημαντικότερο αμινοξύ είναι το ασπαρτικό, του οποίου η συγκέντρωση σε φρέσκο χυμό τομάτας ανέρχεται σε 5,5 mg/100 g χυμού. Κατά την επεξεργασία φρέσκου χυμού τομάτας, η περιεκτικότητα σε ελεύθερα αμινοξέα μεταβάλλεται λόγω της αποικοδόμησης και της μερικής υδρόλυσης των πρωτεϊνών (Belitz *et al.*, 2009).

- Οργανικά οξέα

Τα οξέα αποτελούν σημαντικό παράγοντα της γεύσης της τομάτας, ενώ η ολική οξύτητα αποτελεί δείκτη ικανοποιητικής επεξεργασίας των προϊόντων της (Lambeth *et al.*, 1964). Επικρατέστερο οξύ στο φρούτο της τομάτας είναι το κιτρικό οξύ και αμέσως επόμενο το μηλικό οξύ, ενώ έχουν βρεθεί και ίχνη τρυγικού, ηλεκτρικού, οξικού και οξαλικού οξέος. Η επεξεργασία του χυμού τομάτας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ολικής οξύτητας στο τελικό προϊόν. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχει αναφερθεί αύξηση της περιεκτικότητας σε οξικό οξύ σε ποσοστό 32% και αποδόθηκε στην οξείδωση αλδεϋδών και αλκοολών χυμού τομάτας κατά την επεξεργασία (Crean, 1966).

- Μεταλλικά στοιχεία

Η περιεκτικότητα της τομάτας σε μεταλλικά στοιχεία εξαρτάται μερικώς από την φύση του εδάφους και τις τεχνικές καλλιέργειας, ενώ είναι σταθερή υποδηλώνοντας ότι το φυτό είναι επιλεκτικό στην απορρόφηση μεταλλικών ιόντων από το έδαφος (Leoni, 1993). Τα μεταλλικά στοιχεία απαντώνται στην τομάτα σε ποσοστό που κυμαίνεται από 0,3-0,6%. Τα κυριότερα από αυτά είναι το κάλιο, το μαγνήσιο, ο φωσφόρος, το ασβέστιο και το νάτριο (Belitz *et al.,*2006) και διαδραματίζουν δευτερεύοντα ρόλο στην ποιότητα των προϊόντων τομάτας (Gould, 1992).

- Πηκτίνες

Η χαρακτηριστική σαρκώδης υφή της τομάτας οφείλεται στην παρουσία πηκτινών που αποτελούν φυσικό συστατικό της ώριμης τομάτας. Οι πηκτίνες είναι πολυμερή α-β-γαλακτουρονικού οξέος που συνδέονται μεταξύ τους με 1,4 δεσμούς. Όπως συμβαίνει με τους περισσότερους πολυσακχαρίτες, οι πηκτίνες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μήκος της αλυσίδας και συνεπώς το μοριακό τους βάρος . Επίσης, μπορούν να εστεροποιηθούν σε διάφορους βαθμούς με ομάδες μεθυλεστέρων. Οι πηκτίνες μικρού βαθμού εστεροποίησης ονομάζονται πτητικά οξέα, ενώ οι πηκτίνες μεγαλύτερου βαθμού εστεροποίησης είναι γνωστές ως πηκτινικά οξέα.

Το αναπτυσσόμενο φυτό σχηματίζει αρχικά ένα αδιάλυτο συστατικό που ονομάζεται πρωτοπηκτίνη, το οποίο συνδέει τα κύτταρα μεταξύ τους. Καθώς το φρούτο ωριμάζει, η πρωτοπηκτίνη μετατρέπεται σε πηκτίνη, η οποία εξακολουθεί να ενώνει τα κύτταρα μεταξύ τους, όχι όμως τόσο σταθερά με αποτέλεσμα το φρούτο να μην είναι πλέον τόσο σκληρό. Περαιτέρω ανάπτυξη της τομάτας έχει ως αποτέλεσμα την αποικοδόμηση της πηκτίνης σε διαλυτά συστατικά, τα οποία έχουν μικρότερη συνδετική δύναμη με συνέπεια το υπερώριμο φρούτο να είναι αρκετά

μαλακό. Αυτές οι μετατροπές των πηκτινών είναι αποτέλεσμα της δράσης ενζύμων που σχηματίζονται στα κύτταρα του φυτού καθώς αυτό αναπτύσσεται. Η δράση των συγκεκριμένων ενζύμων συνεχίζεται και κατά τη συγκομιδή και την επεξεργασία της τομάτας, με αποτέλεσμα να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των τελικών προϊόντων τομάτας (Gould, 1992).

- Λιπαρά συστατικά

Το λιπιδικό περιεχόμενο της τομάτας είναι γενικά χαμηλό, αποτελεί το 0,2% του συνολικού βάρους της τομάτας και απαντάται κυρίως στα σπόρια, ενώ τα καροτενοειδή περιέχονται σε μεγάλες ποσότητες (Leoni, 1993).

Πίνακας 1.4. Περιεκτικότητα καροτενοειδών στην τομάτα (mg/ 100 g νωπού βάρους) (Belitz *et al.*, 2009).

Καροτενοειδή	Περιεκτικότητα (mg/ 100 g νωπού βάρους)
Ολικά καροτενοειδή	5,1 – 8,5
Φυτοένιο	1,3
Φυτοφλουένιο	0,7
β- καροτένιο	0,59
ζ- καροτένιο	0,84
Λυκοπένιο	4,7
α,β- κρυπτοξανθίνη	0,5
Λουτεΐνη	0,12

- Βιταμίνες

Οι φρέσκιες τομάτες, ο χυμός τομάτας, καθώς και άλλα προϊόντα τομάτας συνεισφέρουν σημαντικά στη διατροφή του ανθρώπου λόγω της περιεκτικότητάς τους σε θρεπτικά συστατικά (Gould, 1992).

Η σπουδαιότητα των καρπών της τομάτας και των προϊόντων της έγκειται στο ότι αποτελούν μία από τις κυριότερες πηγές βιταμίνης C, η οποία εμφανίζεται υπό τη μορφή ασκορβικού οξέος. Η μέση περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος στον καρπό της τομάτας είναι περίπου 23 mg/100 g νωπού βάρους. Η τομάτα αποτελεί επίσης σημαντική πηγή βιταμίνης A (1000 IU/100 g), η οποία απαντάται με τη μορφή καροτενίου. Άλλες βιταμίνες που απαντώνται στο φρούτο της τομάτας είναι κάποια είδη B, όπως η θειαμίνη (0,06 mg/100 g), η νιασίνη και η ριβοφλαβίνη (0,04 mg/100g) (Gould, 1992; Belitz *et al.*, 2009).

1.6.4 Ποικιλίες – Υβρίδια

Σήμερα, η καλλιέργεια υβριδίων τομάτας είναι εκτεταμένη, εξαιτίας της βελτίωσης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του φυτού όπως η ανθεκτικότητα σε εχθρούς, ασθένειες και καταπονήσεις αλλά και της βελτίωσης χαρακτηριστικών του καρπού όπως το ομοιόμορφο μέγεθος και χρώμα, η μεγάλη διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής και η συνεκτικότητα (Atherton and Rudich, 1986).

Μια ποικιλία ή ένα υβρίδιο είναι κατάλληλα για βιομηχανική επεξεργασία όταν έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

• Ικανότητα για σχηματισμό και ανάπτυξη καρπών σε μεγάλος εύρος διαφορετικών εδαφοκλιματικών συνθηκών έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητική παραγωγή.

• Οι καρποί πρέπει να είναι συνεκτικοί και ελαστικοί, ανθεκτικοί σε μηχανικές πιέσεις κατά τη συλλογή, τη φόρτωση και τη μεταφορά.

• Συγκεντρωμένη ωρίμανση ή αυξημένη αντοχή στην υπερωρίμανση των καρπών των χαμηλότερων διακλαδώσεων του φυτού.

• Σχήμα καθορισμένο με περιορισμένη φυλλική επιφάνεια που επιτρέπει την απρόσκοπτη διέλευση των καλλιεργητικών εργαλείων μεταξύ των σειρών για την εκτέλεση των εργασιών, διευκολύνει τον εντοπισμό των καρπών κατά τη συλλογή και ταυτόχρονα προστατεύει τους καρπούς στο διάστημα της ανάπτυξης και της ωρίμανσης .

• Ολοκληρωμένη ωρίμανση των καρπών έτσι ώστε να μην υπάρχουν μέρη της επιφάνειας με πράσινο χρωματισμό τα οποία επηρεάζουν αρνητικά το χρώμα και τις οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος.

• Αυξημένη αναλογία διαλυτών στερεών συστατικών στον χυμό (υψηλές τιμές °Brix), αυξημένη περιεκτικότητα σε σάκχαρα, μέση ή χαμηλή οξύτητα και ζωηρό κόκκινο χρώμα καρπού.

• Ανθεκτικότητα σε ασθένειες (βερτιτσίλιο, φουζάριο, φυτόφθορα) και στους νηματώδεις.

• Υψηλές αποδόσεις (Αυγουλάς & Παπαστυλιανού, 2012).

Στον Πίνακα 1.5 παρουσιάζονται τα κυριότερα υβρίδια βιομηχανικής τομάτας που προορίζονται για επεξεργασία και χρησιμοποιούνται από την ελληνική βιομηχανία τομάτας.

Πίνακας 1.5. Σημαντικότερα υβρίδια βιομηχανικής τομάτας που χρησιμοποιούνται στην ελληνική βιομηχανία μεταποίησης (Μπουλέκου, 2010).

Υβρίδιο	Πρωιμότητα	Χρήση
Heinz 9780	Όψιμο	τοματοχυμός, τοματοπολτός
Heinz 9036	Όψιμο	τοματοχυμός, τοματοπολτός
Heinz 9888	Μεσοόψιμο	τοματοχυμός, τοματοπολτός
Heinz 8204	Μεσοόψιμο	κύβος τομάτας
Spunta	Πρώιμο	τοματοπολτός
Campbell 206	Πρώιμο	τοματοπολτός
Red Sea	Όψιμο	τοματοπολτός
Wally Red	Μεσοπρώιμο	τοματοπολτός, κύβος τομάτας
Vulkan	Μεσοπρώιμο	τοματοπολτός, κύβος τομάτας
All Flesh	Μεσοόψιμο	κύβος τομάτας
Gibson	Όψιμο	κύβος τομάτας

1.7 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

1.7.1 Κλίμα

Η τομάτα είναι φυτό που καλλιεργείται υπαίθρια κατά τη θερμή περίοδο του έτους και απαιτεί χρονική περίοδο διάρκειας τουλάχιστον 3–4 μηνών, από τη σπορά μέχρι την έναρξη της συγκομιδής (Τσαπικούνης, 1997).

Η θερμοκρασία είναι σημαντικός παράγοντας για το φύτρωμα των σπόρων, την ανάπτυξη των φυτών, τη γονιμοποίηση των ανθέων, την κανονική ωρίμαση των καρπών και γενικά τη φυσιολογική και παραγωγική εξέλιξη των φυτών της τομάτας. Το φύτρωμα των σπόρων επιτυγχάνεται κανονικά σε θερμοκρασία εδάφους 18-24°C και καθυστερεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (Αγγίδης, 2006). Η ανάπτυξη των φυτών επιτυγχάνεται καλύτερα σε θερμοκρασίες 18 – 26 °C κατά την ημέρα και γύρω στους 15°C κατά τη νύχτα (Δημητράκης, 1998; Αγγίδης, 2006). Η βλαστική ανάπτυξη είναι ταχύτερη όταν παρατηρείται διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα 4-5°C (Τσαπικούνης, 1997). Αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες έως 10-12°C και σε υψηλές έως 38°C, με ανάλογη αναστολή της κανονικής ανάπτυξης του φυτού (Αγγίδης, 2006). Η καρπόδεση γίνεται καλύτερα στους 16-22°C, ενώ δεν μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες άνω των 32°C και κάτω των 12-13°C, καθώς παρατηρείται ανθόρροια (Τσαπικούνης, 1997; Δημητράκης, 1998). Οι καρποί της τομάτας ωριμάζουν γρήγορα και καλύτερα, με ωραίο κόκκινο χρώμα, όταν η θερμοκρασία νύχτας είναι 18°C και η θερμοκρασία ημέρας δεν ξεπερνά τους 27°C.

Σε μικρότερες και μεγαλύτερες θερμοκρασίες η ωρίμαση γίνεται με πιο αργό ρυθμό (Αγγίδης, 2006).

Ως προς την υγρασία της ατμόσφαιρας, η τομάτα ευνοείται σε σχετική υγρασία 50-70% (Δημητράκης, 1998). Με υψηλή θερμοκρασία και υγρασία ευνοείται η ανάπτυξη ασθενειών του φυλλώματος. Επίσης, παρατηρείται ανθόρροια όταν η υγρασία του αέρα και η ένταση του φωτός είναι μικρή (Τσαπικούνης, 1997). Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει ο τύπος των ποικιλιών. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται ποικιλίες προσαρμοσμένες στις ξηροθερμικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν.

1.7.2 Έδαφος

Πριν από την εγκατάσταση της καλλιέργειας θα πρέπει να αξιολογηθεί το έδαφος με εδαφολογική ανάλυση. Η εδαφολογική ανάλυση παρέχει σημαντικές πληροφορίες τόσο για τις φυσικές (δομή, σύσταση) όσο και τις χημικές (θρεπτικά συστατικά, pH, αλατότητα, ασβέστιο) ιδιότητες του προς φύτευση εδάφους.

Το κατάλληλο για βιολογική καλλιέργεια έδαφος είναι βαθύ, καλά αεριζόμενο, με καλή διαπερατότητα, πλούσιο σε οργανική ουσία και μικροοργανισμούς. Το συμπαγές έδαφος πρέπει να αποφεύγεται διότι εμποδίζει την υγιή ανάπτυξη και τον αερισμό του ριζικού συστήματος και τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους. Οι μικροοργανισμοί και οι λοιποί οργανισμοί του εδάφους διαδραματίζουν πρωτεύοντα ρόλο στη βιολογική γεωργία, αφού αυτοί είναι υπεύθυνοι για τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους μέσα από τη διάσπαση της οργανικής ύλης και την παραγωγή ανόργανων στοιχείων.

Η τομάτα δεν θεωρείται απαιτητική όσον αφορά στο έδαφος, αλλά ιδανικότερα θεωρούνται εδάφη μέσης σύστασης, βαθιά, διαπερατά, πλούσια σε οργανική ουσία, με καλή αποστράγγιση και αρδευόμενα (Δημητράκης, 1998). Τα ελαφρά, αμμοαργιλώδη εδάφη είναι πιο θερμά, σχετικά φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία, με χαμηλή Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (Ι.Α.Κ) και χαμηλό βαθμό υδατοϊκανότητας, δίνουν όμως ικανοποιητικές αποδόσεις και πρώιμη παραγωγή (Δημητράκης, 1998; Αγγίδης, 2006). Όταν δεν ενδιαφέρει η πρωιμότητα, αλλά οι υψηλές αποδόσεις, τότε προτιμώνται τα αργιλοαμμώδη εδάφη, τα οποία είναι πιο ψυχρά, έχουν όμως μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα και συγκρατούν μεγαλύτερες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων (Δημητράκης, 1998; Αγγίδης, 2006). Τα βαριά αργιλώδη εδάφη δεν προτιμώνται γιατί συγκρατούν περίσσεια υγρασίας, γεγονός το οποίο παρεμποδίζει την φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών, ενώ παράλληλα ευνοεί την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών (Αγγίδης, 2006).

Καλύτερες αποδόσεις έχουν τα ελαφρώς όξινα ή ουδέτερα εδάφη με pH που κυμαίνεται από 5,8 έως 7,0. Το pH επιδρά στην πρόσληψη από τα φυτά των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων. Σε χαμηλό pH ελαττώνεται η δυνατότητα αφομοίωσης του φωσφόρου και δημιουργούνται τροφοπενίες ασβεστίου, μαγνησίου και καλίου. Σε πολύ υψηλό pH παρατηρείται έλλειψη σιδήρου και μαγγανίου. Επίσης, το pH επηρεάζει τη δράση των μικροοργανισμών του εδάφους και την ανάπτυξη ασθενειών (Αγγίδης, 2006).

Είναι σημαντικό το χωράφι που προορίζεται για καλλιέργεια βιομηχανικής τομάτας να είναι σχετικά επίπεδο. Το μέγεθος και το σχήμα του χωραφιού πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να διευκολύνεται η διέλευση των αγροτικών μηχανημάτων που απαιτούνται για την καλλιέργεια και τη συγκομιδή και να ελαχιστοποιείται ο αριθμός στροφών τους. Ακόμα, θα πρέπει να υπάρχουν ελάχιστες έως καθόλου πέτρες και ελάχιστα μεγάλα συσσωματώματα εδάφους (Gould, 1992).

Το χωράφι δεν πρέπει να έχει καλλιεργηθεί με τομάτα τα προηγούμενα τρία χρόνια. Ακόμα, πρέπει να αποφεύγονται χωράφια που κατά τα προηγούμενα έτη είχαν καλλιεργηθεί με φυτά της οικογένειας Solanaceae στην οποία ανήκει και η τομάτα, δηλαδή πατάτες, πιπεριές και μελιτζάνες, προς αποφυγή εγκατάστασης φυτοπαθογόνων. Χωράφια με ιστορικό ασθενειών όπως το βακτηριακό έλκος, η αλτερναρίωση ή οι ιολογικές ασθένειες του κηλιδωτού μαρασμού και του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς, πρέπει, αν είναι δυνατό, να αποφεύγονται. Πρέπει επίσης να αποφεύγεται, όσο είναι δυνατόν, η εγκατάσταση αγρών βιομηχανικής τομάτας κοντά σε καλλιέργειες άλλων λαχανικών, κυρίως κολοκυνθοειδών, ή καλωπιστικών φυτών, για αποφυγή μολυσμάτων μυκητολογικών ασθενειών και ιώσεων. Τα κολοκυνθοειδή αποτελούν συχνά πηγή μόλυνσης αλτερναρίωσης.

Τέλος, χωράφια με μεγάλους πληθυσμούς ζιζανίων, κυρίως πολυετών αλλά και ετήσιων ή παρασιτικών ζιζανίων, θα πρέπει να αποφεύγονται (Gould, 1992). Πιο συγκεκριμένα, αγροί με έντονη παρουσία αγριοτοματιάς ή οροβάγχης δεν θεωρούνται κατάλληλοι για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

1.8 Θρέψη φυτού

1.8.1 Άζωτο

Περιεκτικότητα στο φυτό

Η αναγκαία περιεκτικότητα σε άζωτο (N) στα φύλλα τομάτας κυμαίνεται από 2,7% έως 5% επί του ξηρού βάρους, ενώ η βέλτιστη τιμή της ποικίλλει ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης. Γενικά, η περιεκτικότητα σε N, ως ποσοστό επί του ξηρού

βάρους, είναι υψηλότερη κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του φυτού και στη συνέχεια μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Λειτουργία

Το άζωτο είναι ένα κύριο συστατικό των αμινοξέων και πρωτεϊνών, τα οποία διαδραματίζουν ουσιώδη ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών. Από όλα τα απαραίτητα στοιχεία, το N έχει πιθανώς μεγαλύτερη συνολική επιρροή στην ανάπτυξη των φυτών σε σύγκριση με τα υπόλοιπα κύρια στοιχεία και επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών, καθώς και την απόδοση και την ποιότητα καρπού.

Αμμωνιακά και νιτρικά ιόντα

Οι δύο ιοντικές μορφές του αζώτου που χρησιμοποιούνται από τα φυτά της τομάτας είναι το αμμωνιακό κατιόν (NH_4^+) και το νιτρικό ανιόν (NO_3^-). Όταν το NH_4^+ αποτελεί την κύρια πηγή αζώτου, τοξικότητα μπορεί να προκύψει, οδηγώντας σε σημαντική μείωση των αποδόσεων (Baker & Mills, 1980). Από την άλλη πλευρά, το NH_4^+ είναι πιο άμεσα διαθέσιμο από το φυτό της τομάτας στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, γεγονός το οποίο ευνοεί την αρχική βλαστική ανάπτυξη του φυτού.

Ωστόσο, όταν το φυτό εισέλθει στο αναπαραγωγικό στάδιο, το NH_4^+ μπορεί να υπάρξει καθοριστικό επιδρώντας τόσο στην ανάπτυξη του φυτού και στην απόδοση καρπού όσο και στις επιπτώσεις της ξηρής σήψης της κορυφής (blossom-end root, BER) στον καρπό, ένα φαινόμενο που έχει συχνά παρατηρηθεί και αναφερθεί (Pill *et al.*, 1978; Pill & Lambeth, 1997). Σε ένα μακράς διάρκειας πείραμα σε υπό κάλυψη καλλιέργεια τομάτας οι Bruce *et al.* (1980) περιγράφουν ότι η αλλαγή στη μορφή του N από αμμωνιακή (NH4-N) σε νιτρική (NO3-N), σχεδόν εξαφάνισε την ύπαρξη ξηρής σήψης κορυφής στους καρπούς, καθώς και τη νέκρωση του φυτού από αγγειακή φθορά.

Οι Hartman *et al.* (1986) μελέτησαν την επίδραση διάφορων αναλογιών NH_4^+:NO_3^- στον ρυθμό ανάπτυξης του φυτού, στην απόδοση του καρπού τομάτας, καθώς και στις επιπτώσεις της ξηρής σήψης της κορυφής, χρησιμοποιώντας υδροπονική καλλιέργεια. Ένα μέρος των αποτελεσμάτων τους παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1.6. Απόδοση καρπού και επιπτώσεις από ξηρή κορυφή της ποικιλίας τομάτας "Floradel" όπως επηρεάστηκε από τις διαφορετικές αναλογίες NO3: NH4.

NO_3^-: NH_4^+ (%)	Αριθμός καρπών	Μέσο βάρος καρπού (g)	Αριθμός καρπών με ξηρή κορυφή
100:0	20	1161	6
75:25	20	679	14
50:50	17	413	11
25:75	18	490	12

Στο εδαφικό διάλυμα όταν η αναλογία του NH_4^+ ήταν μεγαλύτερη από 25% του συνολικού N, παρατηρήθηκε μείωση στον αριθμό καρπών και σημαντική μείωση στο νωπό βάρος καρπού. Επιπρόσθετα, ο αριθμός των καρπών με ξηρή σήψη κορυφής διπλασιάστηκε όταν το NH_4^+ υπήρχε στο θρεπτικό διάλυμα, ανεξάρτητα από την αναλογία του με το NO_3^-, γεγονός που υποδηλώνει ότι η παρουσία NH_4^+ μπορεί να αυξήσει σημαντικά το ποσοστό εμφάνισης της ξηρής σήψης της κορυφής.

Εκτός από τις αλλαγές στην απόδοση καρπού, οι Hartmen *et al.* (1986) παρατήρησαν επίσης σημαντικές αλλαγές στη σύνθεση των θρεπτικών στοιχείων του φυτού. Συγκεκριμένα, με αύξηση του ποσοστού NH_4^+ στο θρεπτικό διάλυμα παρατηρήθηκε ανάλογη αύξηση της περιεκτικότητας σε φωσφόρο και σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο.

Στον καρπό, η περιεκτικότητα του φωσφόρου αυξήθηκε, του καλίου μειώθηκε ενώ εκείνες του ασβεστίου και του μαγνησίου δεν επηρεάστηκαν.

Ο Adams (1986) αναφέρει ότι η επάρκεια N είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη του φυτού, επηρεάζοντας των αριθμό των ανθέων και την απόδοση καρπού. Όμως, υπερβολική ποσότητα N μπορεί να αυξήσει σημαντικά το ποσοστό της κηλιδωτής ωρίμανσης των καρπών (Grierson & Kader, 1986).

1.8.2 Φωσφόρος

Περιεκτικότητα στο φυτό

Η περιεκτικότητα σε φωσφόρο (P) στα φύλλα της τομάτας κυμαίνεται από 0,25% έως 0,7% επί του ξηρού βάρους. Η συγκέντρωση του P σε νεαρά φυτά είναι συχνά αρκετά υψηλή (0,5-1%) και στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Όπως και στο N, η συνολική πρόσληψη P αυξάνει έως την περίοδο της καρπόδεσης και στη συνέχεια μειώνεται απότομα.

Λειτουργία

Βιοχημικά, ο φωσφόρος διαδραματίζει πολύ βασικό ρόλο στην σύστημα μεταφοράς ενέργειας του φυτού. Η φωσφορική ομάδα είναι συστατικό του DNA, του RNA και του ATP, και επίσης των φωσφολιπιδίων, από τα οποία σχηματίζονται οι κυτταρικές μεμβράνες. Έτσι έλλειψη P επιβραδύνει σημαντικά την ανάπτυξη του φυτού καθώς και την ωρίμανση του καρπού.

Διαθεσιμότητα φωσφόρου

Η μόλυνση και ο εποικισμός των ριζών με ενδοτροφικούς μυκορριζικούς μύκητες, ενισχύει την ανάπτυξη των φυτών αυξάνοντας τον ρυθμό απορρόφησης των

φωσφορικών. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη επιφάνεια απορροφήσεως του συνδυασμού ρίζας-μύκητα, που επιτρέπει μεγαλύτερη εξερεύνηση και εκμετάλλευση του εδάφους για φωσφορικά ιόντα αλλά και στην έκλυση εξωκυτταρικών φωσφατασών που διαλυτοποιούν τον φώσφορο. Η επίδραση των μυκορριζών στην απορρόφηση των φωσφορικών ιόντων και συνεπώς στην ανάπτυξη των φυτών, είναι ιδιαίτερα εμφανής σε εδάφη πτωχά σε P. Στα εδάφη αυτά μάλιστα η μόλυνση των ριζών με μυκορριζικούς μύκητες είναι ευκολότερη και αυτό αποδίδεται στα μεγάλα ποσά υδατανθράκων που περιέχουν οι ρίζες φυτών που τρέφονται ανεπαρκώς με P. Το υψηλό ποσοστό υδατανθράκων στις ρίζες θεωρείται προϋπόθεση για την ικανοποιητική ανάπτυξη μυκορριζών (Jasper *et al.*, 1979).

Μια άλλη σημαντική επίδραση των ριζών στη διαλυτοποίηση και συνεπώς τη διαθεσιμότητα P είναι η επίδρασή τους στο pH της ριζόσφαιρας. Στην επιφάνεια των ριζών το pH μπορεί να διαφέρει μέχρι και μία μονάδα από εκείνο του υπόλοιπου εδάφους. Η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στο διαφορετικό ρυθμό απορρόφησης ανιόντων και κατιόντων και στην επαγόμενη για τη διατήρηση της ηλεκτρικής ουδετερότητας, εκροή OH^- και H^+ αντίστοιχα. Για παράδειγμα, όταν στα φυτά παρέχεται N υπό τη μορφή νιτρικών (NO_3-N), η απορρόφηση των ανιόντων είναι μεγαλύτερη από την απορρόφηση των κατιόντων και από την ρίζα εκλύονται OH^- ή HCO_3^-. Το pH της ριζόσφαιρας καθίσταται τότε περισσότερο αλκαλικό από το pH του λοιπού εδάφους. Αντίθετα, όταν στα φυτά παρέχεται N από τη μορφή αμμωνιακών (NH_4-N), η απορρόφηση κατιόντων είναι μεγαλύτερη, οι ρίζες εκλύουν στο έδαφος H^+ και η ριζόσφαιρα καθίσταται περισσότερο όξινη.

Ο διαλυτός φωσφόρος συνήθως, όχι πάντα, αυξάνει με την αύξηση του pH, στο εύρος μεταξύ 4 και 6,5, ενώ για τιμές από 6,5 έως 8,3, που το έδαφος γίνεται ασβεστούχο, ο διαλυτός φωσφόρος, μειώνεται με την αύξηση του pH. Συνεπώς, η επίδραση της NH_4-θρέψης, συνεπάγεται οξίνιση της ριζόσφαιρας και άρα αύξηση της διαθεσιμότητας του P σε αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη. Η επίδραση της NO_3-θρέψης που συνεπάγεται αύξηση του pH οδηγεί επίσης σε αύξηση διαθεσιμότητας του P σε αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη. Ένα πλήθος μικροοργανισμών παράγουν επίσης οξέα και χηλικές ενώσεις οι οποίες επηρεάζουν συνήθως θετικά τη διαλυτοποίηση των φωσφορικών του εδάφους και των λιπασμάτων.

1.8.3 Κάλιο

Περιεκτικότητα στο φυτό

Το κάλιο είναι το κυρίαρχο ανόργανο στοιχείο στο φυτό της τομάτας, του οποίου το εύρος επάρκειας κυμαίνεται από 2,5% έως 5% επί του ξηρού βάρους. Όπως

συμβαίνει στο N και στον P, η συγκέντρωση του K στο φυτό είναι αρχικά υψηλή (μεγαλύτερη από 5%), αλλά στη συνέχεια μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Το K μπορεί εύκολα να απορροφηθεί από τις ρίζες και να συσσωρεύεται στο φυτό σε επίπεδα μεγαλύτερα από εκείνα που απαιτούνται για την φυσιολογική λειτουργία του φυτού.

Η πρόσληψη του K είναι αυξημένη κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης και μειώνεται ραγδαία μετά την καρποφορία. Το K ασκεί σημαντική επίδραση στην μετασυλλεκτική ποιότητα των καρπών τομάτας. Φυτά με ανεπάρκεια K κατά τη διάρκεια της κρίσιμης φάσης ανάπτυξης θα παράγουν καρπούς με αισθητά μειωμένη ποιότητα. Ως εκ τούτου, η απαίτηση σε K είναι υψηλότερη από αυτή που απαιτείται απλώς για την επάρκεια K στο φυτό. Ωστόσο, η πτωχή ποιότητα των καρπών που οφείλεται σε άλλα στοιχεία, για παράδειγμα σε υψηλά επίπεδα N, δεν μπορεί να ξεπεραστεί αυξάνοντας την περιεκτικότητα σε K. Εφόσον το K είναι ευκίνητο στοιχείο εντός του φυτού, μπορεί να κινηθεί γρήγορα από τους μεγαλύτερης ηλικίας ιστούς στους νεότερους ιστούς, όπως είναι οι αναπτυσσόμενοι καρποί και τα άνθη. Έλλειψη K μπορεί να οδηγήσει άμεσα σε ορατά συμπτώματα σε μεγαλύτερους σε ηλικία φυτικούς ιστούς. Η διαθεσιμότητα K στο φυτό της τομάτας μπορεί να επηρεάσει τόσο το ίδιο το φυτό όσο και την ανάπτυξη και την ποιότητα του καρπού, επομένως συνετή διαχείριση είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί επάρκεια του στοιχείου.

Λειτουργία

Το κάλιο είναι απαραίτητο για την ενεργοποίηση πολλών ενζύμων, αλλά και τη διατήρηση της σωστής ισορροπίας μεταξύ των ιόντων στο φυτό. Επιπρόσθετα, συμβάλλει στη σύνθεση και διακίνηση των υδατανθράκων μέσα σε αυτό. Το ιόν K^+ δρα ως ωσμωρυθμιστικά ενεργό υλικό που αλλάζει το ωσμωτικό δυναμικό στο κυτταρικό διαμέρισμα και επομένως την σπαργή, αλλά και ως φορέας φορτίου που αλλάζει το δυναμικό της κυταρρικής μεμβράνης. Ακόμη αποτελεί βασικό στοιχείο της λειτουργίας των στοματίων. Συγκεκριμένα, έλλειψη K έχει ως αποτέλεσμα το κλείσιμο των στοματίων, το οποίο με τη σειρά του μειώνει τη διαπνοή και την πρόσληψη νερού από το φυτό, μειώνοντας έτσι τον ρυθμό φωτοσύνθεσης.

Ισορροπία μεταξύ κατιόντων

Υπάρχει μια κρίσιμη ισορροπία μεταξύ των ιόντων K^+, Ca^{2+}, και Mg^{2+}, η οποία όταν διαταράσσεται έχει ως αποτέλεσμα το φυτό να βρίσκεται σε συνθήκες καταπόνησης (stress). Όταν το K είναι υψηλό σε σύγκριση με το Ca ή το Mg, το πιο πιθανό αποτέλεσμα είναι να προκύψει έλλειψη Mg. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα η έλλειψη ισορροπίας μεταξύ των κατιόντων μπορεί να προκαλέσει και έλλειψη Ca. Έλλειψη ισορροπίας μεταξύ των τριών κατιόντων είναι συνήθως αποτέλεσμα υπερβολικής καλιούχου λίπανσης, λόγω του ότι το K απορροφάται και

μετακινείται ευκολότερα μέσα στο φυτό σε σύγκριση με τα άλλα δύο στοιχεία. Αυτός ο ανταγωνισμός είναι μεγαλύτερος μεταξύ K και Mg παρά μεταξύ K και Ca. Μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται προκειμένου να διασφαλιστεί η διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ K από τη μία πλευρά και Ca και Mg από την άλλη, έτσι ώστε να αποφευχθεί τροφοπενία είτε του ενός είτε του άλλου στοιχείου (Steiner, 1980). Για την καλύτερη ανάπτυξη και καρποφορία σε φυτά τομάτας, η περιεκτικότητα σε K και Ca σε πρόσφατα ώριμα φύλλα θα πρέπει να είναι περίπου ίδια με εκείνη όταν το φυτό βρίσκεται στην περίοδο καρποφορίας του.

1.8.4 Ασβέστιο

Περιεκτικότητα στο φυτό

Το εύρος επάρκειας Ca σε φύλλα τομάτας κυμαίνεται μεταξύ 0,9% και 3,2% επί του ξηρού βάρους. Πηγές αναφέρουν ότι οι απαιτήσεις σε Ca για τα φυτά είναι πολύ χαμηλές (περίπου 0,08% επί του ξηρού βάρους) παρόμοιες με εκείνες ενός ιχνοστοιχείου με υψηλότερες συγκεντρώσεις να απαιτούνται για την αποτοξίνωση της παρουσίας άλλων κατιόντων, ιδιαίτερα των βαρέων μετάλλων όπως των Mn, Cu, και Zn (Wallace, 1971). Δεν έχει αποδειχθεί εάν κάτι τέτοιο ισχύει και στην περίπτωση της τομάτας. Μερικοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι το επίπεδο διαλυτού ασβεστίου στο φυτό είναι εκείνο που καθορίζει την επάρκεια του συγκεκριμένου στοιχείου παρά η συνολική περιεκτικότητά του.

Η πρόσληψη ασβεστίου εξαρτάται από τη συγκέντρωση του στο μέσο ριζοβολίας και τον ρυθμό διαπνοής, καθώς το ιόν Ca^{2+} μεταφέρεται παθητικά με το ρεύμα διαπνοής. Κατά συνέπεια, παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό διαπνοής θα επηρεάσουν και τη μεταφορά Ca^{2+} προς τα εναέρια τμήματα του φυτού. Ο ρυθμός πρόσληψης Ca είναι μικρότερος από εκείνον του K, και παραμένει αρκετά σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του φυτού. Ο ρυθμός πρόσληψης Ca εξαρτάται επίσης από τα αντισταθμιστικά ιόντα στο διάλυμα και είναι υψηλότερος όταν το ιόν $NO3^-$ είναι παρόν στο θρεπτικό διάλυμα. Με την ωρίμανση, η μετακίνηση του Ca γίνεται περιορισμένη και η εισροή του σε φύλλα και αναπτυσσόμενους καρπούς, επιβραδύνεται.

Λειτουργία

Το ασβέστιο αποτελεί κύριο δομικό στοιχείο της μεσοκυττάριας στοιβάδας των κυτταρικών τοιχωμάτων. Διατηρεί την ακεραιότητα της μεμβράνης, γεγονός που είναι η κύρια και ενδεχομένως η μοναδική σημαντική λειτουργία του στα φυτά.

Ξηρή σήψη κορυφής και Ca

Η έλλειψη Ca είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εμφάνιση της ξηρής σήψης της κορυφής στους καρπούς. Οι Grierson & Kader (1986) διαπίστωσαν ότι, όταν το ποσοστό της συγκέντρωσης Ca στη ξηρή μάζα καρπού ήταν 0,12%, δεν εμφανιζόταν ξηρή σήψη κορυφής, αλλά εμφανιζόταν όταν το ίδιο ποσοστό ήταν 0,08%. Είναι σημαντικό βέβαια να σημειωθεί ότι η εμφάνιση αυτής της φυσιολογικής ανωμαλίας του καρπού δεν οφείλεται αποκλειστικά στην έλλειψη ασβεστίου, αλλά συνδέεται και με άλλους παράγοντες που περιορίζουν την κίνηση του Ca μέσα στον καρπό. Ο πιο κοινός περιοριστικός παράγοντας είναι η υδατική καταπόνηση, εξαιτίας περίσσειας ή έλλειψης νερού. Κάτω από συνθήκες υψηλής υγρασίας ή υπερεπάρκειας νερού, η διαπνοή του φυτού μειώνεται. Εφόσον το Ca μετακινείται στο φυτό διαμέσου του ρεύματος της διαπνοής, μείωση στην κίνηση του νερού μέσα στο φυτό έχει ως αποτέλεσμα και μείωση της ποσότητας ασβεστίου που φθάνει στον αναπτυσσόμενο καρπό. Κάτω από συνθήκες έλλειψης νερού παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο και ξηρή σήψη κορυφής εμφανίζεται στον αναπτυσσόμενο καρπό.

Οποιοσδήποτε παράγοντας που είναι ικανός να μειώσει την πρόσληψη Ca μέσω των ριζών, όπως χαμηλό εδαφικό pH ή έλλειψη ισορροπίας μεταξύ των βασικών ιόντων K^+, Mg^{2+} και NH_4^+, είτε στο έδαφος είτε στο θρεπτικό διάλυμα, μπορεί να επηρεάζει την πρόσληψη Ca. Οι Hartman *et al.* (1986) παρατήρησαν σημαντική μείωση στα επίπεδα Ca σε φυτά τομάτας με αύξηση των ιόντων NH_4^+ στο θρεπτικό διάλυμα σε συνδυασμό με αύξηση της εμφάνισης της ξηρής σήψης της κορυφής. Η ύπαρξη επαρκούς συγκέντρωσης Ca στο έδαφος είναι σημαντική, όμως συχνά η ισορροπία ανάμεσα στα βασικά κατιόντα είναι εκείνη που επιδρά στην πρόσληψη του Ca (Voogt,1993; Barber, 1995).

1.8.5 Ιχνοστοιχεία

Παρόλο που τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα στοιχεία και έλλειψη αυτών μπορεί να προκύψει, τυγχάνουν μικρότερης προσοχής από τα βασικά στοιχεία. Οι απαιτήσεις της τομάτας σε ιχνοστοιχεία παρουσιάζονται από τους Lorenz & Maynard (1988) και Vitosh *et al.* (1994) στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1.7. Απαιτήσεις της καλλιέργειας της τομάτας σε ιχνοστοιχεία σύμφωνα με τους Lorenz & Maynard και Vitosh *et al*.

Ιχνοστοιχείο	Lorenz & Maynard	Vitosh *et al.*
Βόριο (B)	Μέτρια	Μέτρια
Χλώριο (Cl)	-	Άγνωστη

Χαλκός (Cu)	Μέτρια	Υψηλή
Σίδηρος (Fe)	Υψηλή	Υψηλή
Μαγγάνιο (Mn)	Μέτρια	Μέτρια
Μολυβδαίνιο (Mo)	Μέτρια	Μέτρια
Ψευδάργυρος (Zn)	Μέτρια	Μέτρια

Οι τροφοπενίες ιχνοστοιχείων δεν είναι συνηθισμένες εκτός από τα πολύ αμμώδη και αλκαλικά εδάφη ή στις περιπτώσεις όπου προκύπτει ανισορροπία των κύριων στοιχείων. Υψηλές συγκεντρώσεις μαγγανίου μπορούν να προκύψουν σε πολύ όξινα εδάφη ή όταν τα εδάφη έχουν δεχθεί απολύμανση με ατμό (Brooks, 1969; Wittwer & Honma, 1969; Ward, 1977).

1.9 Άρδευση και λίπανση

1.9.1 Απαιτήσεις σε νερό

Η άρδευση της τομάτας επηρεάζει σημαντικά την απόδοση και την ποιότητα της καλλιέργειας. Η βιομηχανική τομάτα, όπως και όλες οι υπαίθριες καλλιέργειες λαχανικών, εκτίθεται σε ένα μεγάλο αριθμό ασθενειών (βακτήρια, μύκητες, νηματώδεις, ιώσεις) που ευνοούνται από την υγρασία. Γι' αυτό συνιστάται το πότισμα με σταγόνες, διότι έτσι αποφεύγεται η υγρασία στα φύλλα που ευνοεί τις προσβολές, και επιπλέον επιτυγχάνεται εξοικονόμηση νερού.

Συνιστάται βαθύ πότισμα σε αραιά διαστήματα και όχι ελαφρύ πότισμα σε μικρά διαστήματα, διότι δεν είναι επιθυμητός ένας μικρός ορίζοντας υγρασίας όπου τα φυτά θα είναι επιπολαιόρριζα. Συνολικά χρειάζονται περίπου 400-500 m^3 νερού ανά στρέμμα, ανάλογα και με τη σύσταση του εδάφους.

Ο προγραμματισμός της άρδευσης είναι ιδιαιτέρως σημαντικός στην απόδοση της καλλιέργειας, διότι μέσω αυτής ελέγχεται η βλαστική ανάπτυξη, η κανονική ανάπτυξη του καρπού και η ομοιομορφία ωρίμασης των καρπών. Η ακανόνιστη άρδευση μπορεί να προκαλέσει σχίσιμο καρπών. Σε πρώτη φάση το φυτό πρέπει να στρεσαριστεί για να επιτευχθεί μέγιστο ποσοστό ανθοφορίας ανά φυτό με αποτέλεσμα μεγαλύτερο ποσοστό καρπόδεσης. Από το στάδιο της καρπόδεσης μέχρι το γυάλισμα του καρπού συνιστάται η εφαρμογή επαρκών αρδευτικών ποσοτήτων για την παραγωγή υψηλών παραγωγικών ποσοτήτων. Το τελευταίο πότισμα θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μετά το γυάλισμα και όταν το ποσοστό ώριμων καρπών πλησιάζει το 15-20%, έτσι ώστε να γίνει όσο το δυνατόν ομοιόμορφη ωρίμαση καρπών. Η ομοιόμορφη ωρίμαση των καρπών είναι σημαντική στην καλλιέργεια βιομηχανικής τομάτας γιατί αυτή συνήθως

συγκομίζεται μηχανικά σε μία δόση (Ολύμπιος, 1994; Τσαπικούνης, 1997; Σάνδρος, 2007).

1.9.2 Οργανική και ανόργανη λίπανση

Η βιομηχανική τομάτα μπορεί να δώσει υψηλές αποδόσεις αν χορηγηθούν στην καλλιέργεια τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Πολύ καλά αποτελέσματα στις αποδόσεις και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος μπορεί να δώσει η προσθήκη οργανικής λίπανσης.

Η οργανική λίπανση εμπλουτίζει το έδαφος σε οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία, ενθαρρύνει την ανάπτυξη των εδαφικών οργανισμών (γαιοσκώληκες, έντομα κ.ά.) και μικροοργανισμών, ευνοεί τη δομή (πορώδες) και την υφή του εδάφους με αποτέλεσμα την καλύτερη εκμετάλλευση νερού από τα φυτά, τον καλύτερο αερισμό των ριζών και την καλύτερη θέρμανση του εδάφους. Ακόμα, τα θρεπτικά στοιχεία στην οργανική λίπανση απαντώνται σε οργανικές μορφές οπότε αποδεσμεύονται αργά, μειώνοντας έτσι τις απώλειες στο περιβάλλον, με έκπλυση στο έδαφος ή με εξάτμιση (Σιδηράς, 1997).

Σε μία απόδοση 5,5 τόνων ανά στρέμμα, υπολογίζεται ότι η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας απορροφά από το έδαφος:

- 9,5-12 κιλά N
- 5-5,5 κιλά P_2O_5
- 20-25 κιλά K_20

Οι μεγαλύτερες ανάγκες της καλλιέργειας σε θρεπτικά στοιχεία εντοπίζονται στο διάστημα από την άνθηση μέχρι την ωρίμανση. Η ανόργανη λίπανση συνηθέστερα χωρίζεται σε βασική πριν ή κατά τη διάρκεια της σποράς ή της μεταφύτευσης και επιφανειακή λίγο πριν την άνθηση. Οι ποσότητες των λιπασμάτων εφαρμόζονται σε όλη την επιφάνεια του αγρού ή παράλληλα με τις γραμμές σποράς ή μεταφύτευσης.

Ενδεικτικά προγράμματα λίπανσης που μπορούν να εφαρμοστούν στην καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας είναι:

- Προσθήκη 100-110 kg/στρέμμα μικτού λιπάσματος 11-15-15 λίγο πριν ή κατά τη σπορά ή τη μεταφύτευση. Σε περιπτώσεις έλλειψης ασβεστίου συνιστάται επιφανειακή λίπανση με 10 – 20 kg/στρέμμα ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας στην αρχή του δεσίματος των καρπών.
- Προσθήκη 80-100 kg/στρέμμα υπερφωσφορικού λιπάσματος τύπου 0-20-0, 20-30 kg/στρ. θειικό κάλιο (0-0-48). Η ποσότητα του φωσφορικού λιπάσματος που χορηγείται αντιστοιχεί σε 10-20 kg P_2O_5/στρέμμα, ενώ στα

ελαφρά αμμώδη εδάφη και σε περιπτώσεις έλλειψης καλίου, οι ποσότητες K_20 που χορηγούνται πρέπει να είναι 8-25 μονάδες/στρέμμα.
Τα φωσφορικά και καλιούχα λιπάσματα και η μισή ποσότητα της αζωτούχου λίπανσης χορηγούνται μία τουλάχιστον εβδομάδα πριν τη σπορά ή τη μεταφύτευση κατά το τελευταίο όργωμα και η υπόλοιπη ποσότητα του αζώτου αργότερα στην επιφανειακή λίπανση σε μία ή δύο δόσεις.

- Προσθήκη 80 kg/στρέμμα φωσφορικής αμμωνίας του τύπου 20-10-0 και 30kg/στρέμμα θειικού καλίου του τύπου 0-0-48, πριν τη σπορά ή τη μεταφύτευση. Προστίθενται ακόμη 15 kg/στρέμμα θειικού μαγνησίου κατά τη σπορά ή τη μεταφύτευση δίπλα στο αυλάκι ή στη γραμμή σποράς και αργότερα 30 kg/στρέμμα θειικής ή ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας κατά το πρώτο σκάλισμα και 20 kg/στρέμμα νιτρικού καλίου μετά το δέσιμο του δεύτερου σταυρού.

Διαφυλλικά λιπάσματα χρησιμοποιούνται όταν διαπιστώνεται έλλειψη κάποιου στοιχείου ή όταν επιδιώκεται βελτίωση της ανάπτυξης φυτών σε όψιμη καλλιέργεια (Αυγουλάς & Παπαστυλιανού, 2012).

1.10 Ζιζάνια – Εχθροί – Ασθένειες

1.10.1 Κυριότερα ζιζάνια

Τα σπουδαιότερα ζιζάνια της καλλιέργειας είναι η αγριοτοματιά (*Solanum nigrum*), το τραχύ βλήτο (*Amaranthus retroflexus*), η οροβάγχη (*Orobanche* spp.), η λουβουδιά (*Chenopodium album*), η αντράκλα (*Portulaca oleracea*), ο τάτουλας (*Datura stramonium*), το πολυκόμπι (*Polygonum aviculare*), η περιπλοκάδα (*Convolvulus arvensis*), ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*), η αγριάδα (*Cynodon dactylon*), η κίτρινη κύπερη (*Cyperus esculentus*), η μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*), η σετάρια (*Setaria spp.*)κ.ά.

Ο έλεγχος τους στη βιολογική καλλιέργεια αποτελεί αναμφίβολα πρωταρχική αναγκαιότητα και επιτυγχάνεται με τους ακόλουθους τρόπους:

- Προληπτικά μέτρα
- Βοτάνισμα
- Μηχανική κοπή ζιζανίων
- Καλλιεργητικά μέτρα
- Κάλυψη του εδάφους
- Ηλιοαπολύμανση του εδάφους
- Βιοζιζανιοκτόνα
- Φυτά με αλληλοπαθητική δράση (Ελευθεροχωρινός, 2009).

1.10.2 Κυριότεροι εχθροί και ασθένειες

Οι σπουδαιότεροι εχθροί της καλλιέργειας είναι ο τετράνυχος (*Tetranychus cinnabarinus*), οι αφίδες, ο αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*), η γρυλλοτάλπα (*Gryllotalpa gryllotalpa*), το πράσινο σκουλήκι (*Helicoverpa armigera*), ο φυλλορύκτης (*Tuta absoluta*), η βρωμούσα (*Nezara viridula*) κ.ά. Σημαντικό πρόβλημα της καλλιέργειας αποτελούν οι ιώσεις. Οι σπουδαιότερες είναι ο ιός του μωσαικού της τομάτας (TMV), ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) και ο ιός της πατάτας (PVY). Τέλος, σοβαρές είναι και οι προσβολές που υφίσταται το ριζικό σύστημα των φυτών τομάτας από τους μύκητες *Fusarium oxysporum* και *Rhizoctonia solani*, αλλά και από τους κομβονηματώδεις (*Meloidogyne* spp.).

Στο πλαίσιο της βιολογικής γεωργίας, η προστασία από τους εχθρούς και τις ασθένειες βασίζεται σε προληπτικά μέτρα, χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών και σε εγκεκριμένα προϊόντα φυτοπροστασίας. Σύμφωνα μάλιστα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 834/2007, μια από τις βασικές αρχές της βιολογικής γεωργίας είναι «η διατήρηση της υγείας των φυτών με προληπτικά μέτρα, όπως η προστασία των φυσικών εχθρών των παρασίτων» απ' όπου προκύπτει και ο κανόνας «η πρόληψη των ζημιών που προκαλούνται από βλαβερούς οργανισμούς βασίζεται, μεταξύ άλλων, στην προστασία των φυσικών εχθρών».

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η διατήρηση και αύξηση, εάν είναι δυνατόν, των πληθυσμών των φυσικών εχθρών σε έναν αγρό βιολογικής διαχείρισης, είναι απαραίτητη. Η διατήρηση συνίσταται στη μη λήψη μέτρων που θα οδηγούσαν σε καταστροφή ή μείωση του πληθυσμού των φυσικών εχθρών. Η αύξηση συνίσταται στη λήψη μέτρων που συμβάλλουν στην αύξηση της διάρκειας ζωής και της αναπαραγωγικής ικανότητας των φυσικών εχθρών, καθώς και στην αύξηση της ελκυστικότητας ενός ενδιαιτήματος ως προς τους φυσικούς εχθρούς (Λυκουρέσης, 1995).

1.11 Μυκόρριζα

1.11.1 Γενικά

Σχεδόν όλες οι ρίζες των ανώτερων φυτών αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις με μύκητες. Το δομικό και λειτουργικό σύμπλεγμα που δημιουργείται μεταξύ μιας ρίζας και ενός μύκητα ονομάζεται μυκόρριζα. Παλαιοντολογικά ευρήματα δείχνουν ότι μυκόρριζες σχημάτιζαν και τα πρώτα φυτικά είδη τα οποία εμφανίστηκαν στη γη. Ο σχηματισμός μυκορριζών είναι φαινόμενο πολύ διαδεδομένο σε όλες τις φυτοκοινότητες της γης. Πολλά είδη αυτότροφων οργανισμών, που δεν

σχηματίζουν ριζικά τριχίδια ή και ρίζες, μπορούν να υπάρχουν σε ορισμένες περιοχές, γιατί σχηματίζουν μυκόρριζες (Βερεσόγλου, 2002).

Στην αμοιβαίως επωφελή αυτή σχέση, ο μύκητας προμηθεύει το φυτό με ανόργανα ιόντα (κυρίως φωσφόρο) και το φυτό τροφοδοτεί τον μύκητα με φωτοσυνθετικά προϊόντα (οργανικό άνθρακα). Όταν υπάρχει επαρκής παροχή των απαραίτητων στοιχείων και ειδικά φωσφόρου, τότε πολλά φυτά αναπτύσσονται χωρίς την παρουσία μυκορριζικών μυκήτων. Σε περίπτωση όμως έλλειψης ανόργανων ιόντων, τα φυτά αδυνατούν να αναπτυχθούν αν δεν συμβιώσουν με μυκορριζικούς μύκητες. Κατά συνέπεια, αφθονότερες μυκόρριζες διαμορφώνονται στα φυτά τα οποία διαβιούν σε εδάφη με χαμηλή διαθεσιμότητα σε θρεπτικά στοιχεία. Το μυκήλιο αναπτύσσεται γύρω από τη ρίζα και επεκτείνεται μέσα στο έδαφος. Έτσι, δημιουργείται ένα εκτεταμένο δίκτυο από ελεύθερες υφές που εκτείνεται πέρα από την επιφάνεια της ρίζας. Οι μυκηλιακές υφές αντικαθιστούν τα ριζικά τριχίδια, και σχηματίζουν μεγαλύτερη απορροφητική επιφάνεια από εκείνη της ρίζας με αποτέλεσμα τα μυκήλια να μπορούν να εκμεταλλεύονται αποτελεσματικότερα μεγαλύτερο όγκο εδάφους (Δεληβόπουλος, 1994).

1.11.2 Τύποι μυκορριζών

Οι πιο κοινές και γνωστές σήμερα μυκόρριζες είναι οι ενδομυκόρριζες και οι εκτομυκόρριζες (Kottke, 2002; Brundrett, 2004). Οι εκτομυκόρριζες απαντούν στα δασικά είδη των εύκρατων και των αρκτικών περιοχών. Σχηματίζονται στις ρίζες των δέντρων από έναν βασιδιομύκητα ή ασκομύκητα. Στις εκτομυκόρριζες, ο μύκητας σχηματίζει ένα μανδύα γύρω από τη ρίζα, ένα δίκτυο υφών μεταξύ των κυττάρων του φλοιού της ρίζας και ένα εκτεταμένο μυκήλιο στο έδαφος. Επίσης οι εκτομυκόρριζες φαίνεται να συμβάλλουν στην επιτυχή εγκατάσταση δασικών δενδρυλλίων (Βερέσογλου, 2002). Στις ενδομυκόρριζες, ο μύκητας δεν σχηματίζει μανδύα γύρω από τη ρίζα, αλλά οι υφές εισβάλλουν εντός των κυττάρων του ξενιστή (Brundrett *et al*., 1984; Smith & Read, 1997; Kottke 2002).

Η χρησιμότητα των μυκορριζικών μυκήτων για τους ξενιστές τους έγκειται στο γεγονός ότι μεγιστοποιούν την πρόσληψη κάποιων θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του φωσφόρου. Σε εδάφη με χαμηλή διαθεσιμότητα φωσφόρου, τα φυτά με μυκορριζικούς μύκητες, αυξάνονται περισσότερο απ' ό,τι τα φυτά χωρίς μυκορριζικούς μύκητες.

Οι ενδομυκόρριζες περιλαμβάνουν τρεις τύπους. Οι δύο είναι πολύ εξειδικευμένοι και συναντώνται στα φυτικά είδη της τάξης Ericales και της οικογένειας Orchidaceae. Ο τρίτος τύπος ενδομυκορριζών είναι ο δενδρόμορφος (arbuscular), ο οποίος στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως AMF από τα αρχικά των λέξεων

Arbuscular Mycorrhiza Fungi και είναι ο συνηθέστερος, δεδομένου ότι απαντά στις περισσότερες οικογένειες των φυτών (Trappe, 1987), όπως επίσης σε πτέριδες και βρυόφυτα (Βερεσόγλου, 2002). Τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια Brassicaceae (Cruciferae) αποτελούν μία από τις ελάχιστες εξαιρέσεις οικογένειας φυτών που δεν σχηματίζουν μυκόρριζες. Είδη της τάξης Glomales σχηματίζουν κυρίως τις δενδρόμορφες ενδομυκόρριζες (Morton & Benny, 1990).

Πολύ σπουδαίο για την αξιοποίηση των ενδομυκορριζικών μυκήτων είναι το γεγονός ότι δεν έχουν συγκεκριμένο ξενιστή. Συνεπώς, ο εμβολιασμός διαφόρων καλλιεργούμενων ειδών πραγματοποιείται εύκολα είτε μέσω του ίδιου του φυτού είτε μέσω των υπολλειμάτων του εδάφους φυτών που είχαν καλλιεργηθεί και έφεραν μυκορριζικούς μύκητες.

1.11.3 Αύξηση και θρέψη των φυτών

Ο συσχετισμός μεταξύ της ανάπτυξης των δενδρόμορφων μυκορριζικών μυκήτων και της μεγαλύτερης αύξησης του ξενιστή έγινε από τον Asai (1994) στις μελέτες του για τον αποικισμό από μυκορριζικούς μύκητες και τον σχηματισμό φυματίων σε έναν μεγάλο αριθμό ψυχανθών. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο αποικισμός ήταν σπουδαίος τόσο στην αύξηση των φυτών όσο και στην ανάπτυξη των φυματίων. Μεταγενέστερα, πολλοί ερευνητές πραγματοποίησαν έναν μεγάλο αριθμό πειραμάτων τα οποία γενικώς έδειξαν ότι ο αποικισμός ακολουθείται από σημαντική διέγερση της αύξησης.

Μεγαλύτερη αύξηση έχει αποδειχθεί για μια πολύ ευρεία ποικιλία φυτικών ειδών συμπεριλαμβανομένων και πολλών καλλιεργούμενων φυτών και δένδρων. Είναι προφανές ότι τόσο η μεγαλύτερη αύξηση των ριζών όσο και των βλαστών μείωσε τον λόγο ρίζα/βλαστός και αύξησε τις συγκεντρώσεις των ιστών σε φωσφόρο (Sanders *et al.,* 1977). Σε λίγα φυτικά είδη παρατηρήθηκε αυξημένη παραγωγή ανθέων και καρπών. Επίσης, ο σχηματισμός φυματίων και η αζωτοδέσμευση σε ψυχανθή με μυκορριζικούς είναι αυξημένες με αποτέλεσμα τις υψηλότερες συγκεντρώσεις σε N στους συτικούς ιστούς (Barea *et al.,* 1983). Οι επιδράσεις στην αύξηση μπορούν να αποδοθούν, αμέσως ή εμμέσως, στη βελτίωση της ανόργανης θρέψης. Η χρήση οργανικού άνθρακα από τους μύκητες έχει άμεσες επιδράσεις στο μέγεθος, σχήμα ή περιεχόμενο σε θρεπτικά των φυτών.

Οι επιδράσεις της αυξημένης πρόσληψης P και N (NH_4^+ και πιθανόν NO_3^-) στην αύξηση των φυτών είναι η άμεση επίδραση του αποικισμού και συχνά συνδέονται με μεγαλύτερη αύξηση όταν το υπό συζήτηση θρεπτικό στοιχείο είναι περιοριστικό. Τέτοια δεδομένα έχουν ληφθεί από πειράματα σε γλάστρες σε αποστειρωμένο ή μερικώς αποστειρωμένο έδαφος και αναφέρονται σε έναν πολύ μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών συνδεδεμένων με πολλούς διαφορετικούς μυκορριζικούς μύκητες

(Smith *et al.,* 1997). Έμφαση έχει δοθεί στη μεγάλη επίδραση του αποικισμού στην αύξηση και πρόσληψη P. Αυτή η σπουδαία επίδραση έχει κάνει δύσκολο τον καθορισμό της συνεισφοράς των δενδρόμορφων μυκορριζών στην πρόσληψη άλλων θρεπτικών στοιχείων ή νερού.

1.11.4 Πρόσληψη φωσφόρου

Ρίζες με μυκορριζικούς μύκητες είναι πιο αποτελεσματικές στην πρόσληψη ανόργανων θρεπτικών στοιχείων απ' ό,τι οι μη αποικισμένες. Τα μυκορριζικά φυτά είναι συχνά όχι μόνο μεγαλύτερα, αλλά επίσης περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις φωσφόρου στους ιστούς τους σε σχέση με τα φυτά μάρτυρες. Ωστόσο, αυξημένη αποτελεσματικότητα πρόσληψης ανά μονάδα ριζικού ιστού δεν είναι η μόνη εξήγηση για αυτό. Αυξημένο συνολικό μήκος ρίζας στα μυκορριζικά φυτά συντελεί σε αυξημένη πρόσληψη, αλλά αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα και αυξημένη συγκέντρωση στους ιστούς. Εάν η αύξηση συμβάδιζε με την πρόσληψη φωσφόρου, όπως θα συνέβαινε αν η προμήθεια φωσφόρου ήταν ο περιοριστικός παράγοντας, οι συγκεντρώσεις στους ιστούς θα έπρεπε να παραμείνουν σταθερές. Αν οι συγκεντρώσεις στους ιστούς αυξηθούν, κάποιος άλλος παράγοντας εκτός από τον φωσφόρο είναι περιοριστικός της αύξησης (Pairunan *et al*., 1980; Stribley *et al.*, 1980). Αυτό πιθανόν προκύπτει από αυξημένη χρήση υδατανθράκων στα φυτά με μυκορριζικούς μύκητες, γεγονός που σημαίνει ότι τα μυκορριζικά φυτά μπορεί να έχουν περιοριστικό τον άνθρακα και να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου.

Πιθανές αιτίες για αυτήν αυξημένη ικανότητα της πρόσληψης φωσφόρου καταδεικνύονται εν συντομία παρακάτω:

- Σε έδαφος που δεν έχουν αναπτυχθεί οι ρίζες του φυτού, οι υφές των δενδρόμορφων μυκήτων μπορούν να απορροφήσουν φωσφόρο από το εδαφικό διάλυμα και να τον μεταφέρουν στη ρίζα. Αυτές οι διαδικασίες μαζί με την επακόλουθη μεταφορά από τον μύκητα στο φυτό, είναι πολύ πιο γρήγορες από τη διάχυση μέσω του εδάφους. Επομένως, η μεταφορά μέσω των υφών αυξάνει τους ρυθμούς πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες.
- Οι υφές είναι πιο αποτελεσματικές (λόγω του μεγέθους και της χωρικής κατανομής τους) απ' ό,τι οι ρίζες στο να ανταγωνίζονται με «ελευθέρως ζώντες» μικροοργανισμούς του εδάφους για φωσφόρο που έχει προσφάτως ανοργανοποιηθεί ή διαλυτοποιηθεί.
- Η κινητική της πρόσληψης φωσφόρου εντός των υφών μπορεί να διαφέρει από εκείνη των ριζών, με υψηλότερη πρόσληψη που οδηγεί σε αποτελεσματικότερη απορρόφηση από χαμηλές συγκεντρώσεις στο

εδαφικό διάλυμα και πιθανόν χαμηλότερες κατώτερες τιμές, κάτω από τις οποίες σταματά η πρόσληψη. Η απορροφητική ικανότητα τόσο των υφών όσο και των ριζών θα είναι πιο σπουδαία στον καθορισμό της ποσότητας φωσφόρου που απορροφάται όταν εκείνες αναπτύσσονται σε έδαφος στο οποίο δεν έχουν εξαντληθεί τα θρεπτικά στοιχεία.

- Ρίζες αποικισμένες με δενδρόμορφους μυκορριζικούς μύκητες ίσως μπορούν να εκμεταλλευτούν πηγές φωσφόρου στο έδαφος οι οποίες κανονικά είναι μη διαθέσιμες στα φυτά. Αυτές οι πηγές περιλαμβάνουν σχετικά αδιάλυτες μορφές φωσφόρου, όπως φωσφορικά ορυκτά και φωσφορικά άλατα Fe και Al.

Οι Pairunan *et al.* (1980) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα μυκορριζικά φυτά δεν είχαν αυξημένη πρόσβαση σε αποθέματα φωσφόρου. Οι παραπάνω έρευνες έδειξαν ότι είναι απαραίτητο να γίνει σύγκριση της αύξησης χρησιμοποιώντας τόσο διαλυτές όσο και αδιάλυτες μορφές λιπασμάτων. Οι καμπύλες διαλυτότητας για τα υπερφωσφορικά λιπάσματα και τους φωσφορίτες είναι ίδιας μορφής, αλλά υπάρχουν σημαντικές ποσοτικές διαφορές μεταξύ τους.

Οι μηχανισμοί που αποτελούν τη βάση της αυξημένης πρόσληψης εξαρτώνται και από την εκμετάλλευση του εδαφικού όγκου από τις υφές. Επιπροσθέτως, τόσο η συνεργιστική δράση μεταξύ των μυκορριζικών μυκήτων και των μικροοργανισμών που διαλυτοποιούν τον φωσφόρο, καθώς και η πιθανή έκκριση H^+ ή υδροξέων από τις υφές, θα αυξήσουν τη διαθεσιμότητα των φωσφορικών ορυκτών στα φυτά με μυκορριζικούς μύκητες (Smith 1980).

1.12 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά καρπού

1.12.1 Χρώμα

Το χρώμα είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας ποιοτικής αξιολόγησης για όλα σχεδόν τα τρόφιμα και αυτό γιατί αποτελεί το πρώτο χαρακτηριστικό που παρατηρεί ο καταναλωτής. Είναι σημαντικό επομένως το χρώμα να δημιουργεί μια θετική πρώτη εντύπωση. Στην περίπτωση της τομάτας και των επεξεργασμένων προϊόντων τομάτας, η χρωματική ποιότητα πρακτικά αντιπροσωπεύει και τη συνολική ποιότητα του προϊόντος. Με βάση αυτό η βιομηχανία μεταποίησης τομάτας επιδιώκει να προμηθεύεται σταθερά πρώτη ύλη υψηλής χρωματικής ποιότητας (Gould, 1992).

Πίνακας 1.8. Στάδια εμπορικής ωριμότητας – χρωματισμός καρπού τομάτας (Sargent & Moretti, 2004).

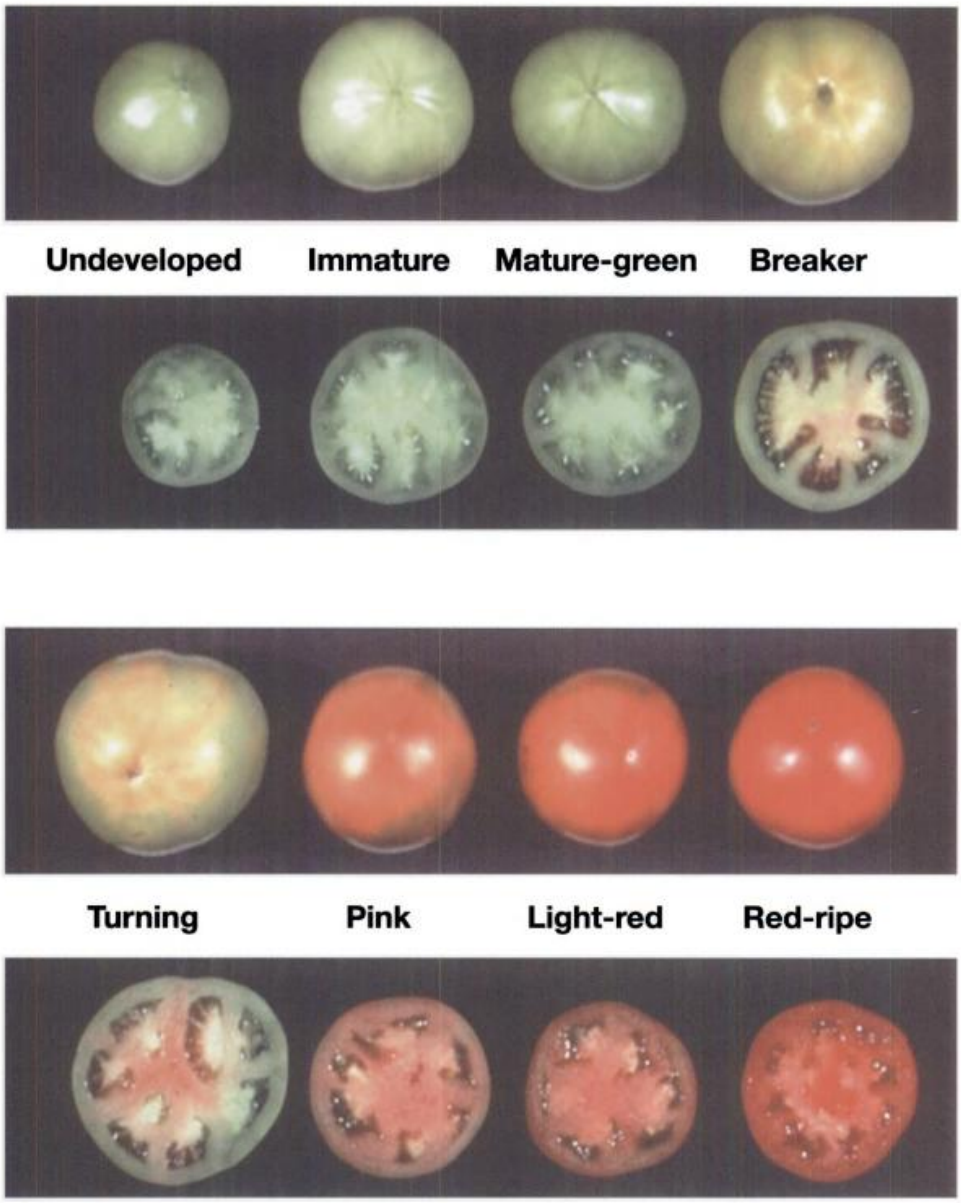
Στάδια Εμπορικής Ωρίμανσης	Εξωτερικός Χρωματισμός Καρπού
Ανώριμος (Immature)	Ο καρπός δεν έχει αναπτυχθεί επαρκώς ώστε να ωριμάσει εμπορικά σε αποδεκτά επίπεδα ποιότητας. Κάποιοι καρποί προοδευτικά θα ωριμάσουν εμπορικά, αλλά θα προκύψουν προϊόντα χαμηλής ποιότητας.
Ώριμος πράσινος (Mature – green)	Ο καρπός θα ωριμάσει εμπορικά σε αποδεκτά επίπεδα ποιότητας. Η επιφάνεια του καρπού είναι αποκλειστικά πράσινη. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τα τέσσερα στάδια φυσιολογικής ωριμότητας (MG-1, MG-2, MG-3, και MG-4).
Σπάσιμο (Breaker)	Υπάρχει ένα χαρακτηριστικό «σπάσιμο» στο χρώμα του καρπού από πράσινο σε φαιοκίτρινο, ροζ ή κόκκινο σε μια περιοχή του καρπού μικρότερη από το 10% της επιφάνειάς του.
Αλλαγή (Turning)	Η επιφάνεια του καρπού δεν είναι πράσινη σε ποσοστό 10-30%. Στο σύνολο, υπάρχει χαρακτηριστική αλλαγή από το πράσινο χρώμα σε καφέ-κίτρινο, ροζ, κόκκινο ή συνδυασμό αυτών.
Ρόδινος (Pink)	Το 30-60% της επιφάνειας δεν είναι πράσινο. Στο σύνολο η επιφάνεια του καρπού παρουσιάζει ρόδινο ή κόκκινο χρώμα.
Ανοικτό κόκκινο (Light red)	Το 60-90% της επιφάνειας δεν είναι πράσινο. Στο σύνολο, ο καρπός εμφανίζει ροζ-κόκκινο ή κόκκινο χρώμα.
Ώριμος κόκκινος (Red – ripe)	Περισσότερο από 90% της επιφάνειας δεν είναι πράσινο. Στο σύνολο, ο καρπός έχει κόκκινο χρώμα.

Αρκετές αλλαγές προκύπτουν καθώς οι τομάτες ωριμάζουν όσον αφορά τόσο στην εξωτερική εμφάνιση (**Πίνακας 1.8**) όσο και στη σύνθεση του καρπού (**Πίνακας 1.9**). Οι πιο εμφανείς εξωτερικές αλλαγές στον καρπό συνδέονται με την απώλεια χλωροφύλλης και τη συσσώρευση λυκοπενίου. Το λυκοπένιο αρχικά γίνεται εμφανές στο κάτω μέρος του καρπού και προχωράει σταδιακά προς το επάνω μέρος. Έτσι, ο καρπός μπορεί να είναι μερικώς πράσινος και μερικώς κόκκινος κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Εφόσον όμως ολοκληρωθεί η ωρίμανση ένας καρπός υψηλής ποιότητας πρέπει να έχει ενιαίο κόκκινο χρώμα σε όλη την επιφάνεια του (Heuvelink, 2005). Το λυκοπένιο και το β-καροτένιο αυξάνονται από 0,0 σε περίπου 48 και 4,3 μg/g, αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (**Πίνακας 1.9**).

Πίνακας 1.9. Σύνθεση καρπού τομάτας σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης. Οι καρποί συγκομίστηκαν στα ακόλουθα στάδια ωρίμανσης: (Cantwell, 2000).

Στάδιο ωρίμανσης	Διαλυτά στερεά (%)	Μείωση σακχάρων (%)	pH	Ολική οξύτητα (%)	β-καροτένιο (μg/g)	Λυκοπένιο (μg/g)	Ασκορβικό οξύ (mg/100 g)
Ώριμος πράσινος	2,37	0,81	4,20	0,28	0,0	0,0	12,5
Σπάσιμο	2,42	0,85	4,17	0,39	0,40	0,52	18,0
Ώριμος κόκκινος	5,15	1,62	4,12	0,43	4,33	48,3	22,5

Το χρώμα του καρπού μπορεί να προσδιοριστεί είτε υποκειμενικά είτε αντικειμενικά. Αναφορές σε πρότυπες κάρτες που παρουσιάζουν εικόνες καρπών στα διαφορετικά στάδια ωρίμανσης (**Εικόνα 1.2**) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν την ορθότητα και την ακρίβεια υποκειμενικών αξιολογήσεων της ωρίμανσης καρπού. Αντικειμενικές μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν μετρώντας φασματοσκοπικά τη συγκέντρωση μεμονωμένων χρωστικών ουσιών που εξάγονται με εκχύλιση με τη βοήθεια οργανικών διαλυτών. Παρόλα αυτά, τέτοιες διαδικασίες είναι περισσότερο κατάλληλες για εργαστηριακές έρευνες παρά για προσδιορισμό της ωρίμανσης του καρπού σε εμπορική κλίμακα. Η συγκέντρωση χρωστικών ουσιών, η εμφάνιση και το στάδιο ωρίμανσης του καρπού, μπορούν να μετρηθούν αντικειμενικά με ειδικό εξοπλισμό που μετράει το χρώμα του καρπού και διατίθεται στην αγορά. Το τριχρωματικό χρωματόμετρο, Hunterlab Color and Color Difference Meter, υπήρξε ένα από τα πρώτα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης του χρώματος στην κλίμακα X, Y και Z του συστήματος CIE(Commission International de l'Eclavigne). Σήμερα, όργανα όπως το χρωματόμετρο Minolta δίνουν μετρήσεις σε οποιοδήποτε σύστημα μέτρησης, με το L*, A*, B* να αποτελεί το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο χρωματικό σύστημα (Heuvelink, 2005).



Εικόνα 1.2. Αλλαγές στο εξωτερικό και εσωτερικό χρώμα του καρπού κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του (Heuvelink, 2005).

1.12.2 Σχήμα και μέγεθος

Για κάθε ποικιλία ή υβρίδιο τομάτας υπάρχει ένα χαρακτηριστικό σχήμα καρπού. Υψηλής ποιότητας καρποί πρέπει να διαθέτουν αυτό το χαρακτηριστικό σχήμα της ποικιλίας ή του υβριδίου. Συγκεκριμένα, στις επιτραπέζιες τομάτες, οι καρποί θεωρούνται παραμορφωμένοι όχι μόνο όταν παραμορφώνονται έντονα αλλά ακόμη και όταν το σχήμα τους διαφέρει έστω και λίγο από το προδιαγεγραμμένο

(Heuvelink, 2005). Στην περίπτωση βέβαια της βιομηχανικής τομάτας, το σχήμα αποτελεί έναν ποιοτικό παράγοντα με μικρότερη σημασία.

Το μέγεθος του καρπού συνήθως αξιολογείται μετρώντας τη μέγιστη διάμετρο του, λόγω του σχετικά σφαιρικού σχήματος του καρπού της.

1.12.3 Συνεκτικότητα

Η συνεκτικότητα του περικαρπίου αποτελεί ένα βασικό συστατικό ποιότητας τόσο για τις βιομηχανικές όσο και για τις επιτραπέζιες ποικιλίες τομάτας, ειδικά όταν οι τελευταίες διακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις.

Το μαλάκωμα (softening) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του ώριμου πράσινου καρπού προωθείται από την έκθεση σε αυξημένα επίπεδα αιθυλενίου και υψηλές θερμοκρασίες, πάνω από 30°C, ενώ παρεμποδίζεται σε θερμοκρασίες πάνω από 35°C. Έκθεση των καρπών της τομάτας σε υψηλές θερμοκρασίες (35-40°C) για μικρό χρονικό διάστημα (1-2 ημέρες) καθυστερεί την ωρίμανση για λίγες μέρες χωρίς να επιδρά στην ποιότητα (Heuvelink, 2005).

Οι ακριβείς μοριακές αλλαγές που οδηγούν στο μαλάκωμα του καρπού είναι άγνωστες, αλλά είναι γνωστό ότι ένας αριθμός υδρολυτικών ενζύμων του κυτταρικού τοιχώματος συμβάλλει στην απώλεια συνεκτικότητας των ιστών και στη δημιουργία δεσμών προσκόλλησης μεταξύ των κυττάρων (Fisher and Bennet, 1991). Οι κυριότερες κατηγορίες περιλαμβάνουν πολυγαλακτουρονάσες, πηκτινάσες, πηκτινομεθυλεστεράσες και καρβοξυμεθυλοκυτταρίνες.

Μεγάλος όγκος ερευνών έχει αφιερωθεί προκειμένου να αναπτυχθούν μετασυλλεκτικές μεταχειρήσεις (εμβάπτιση σε ασβέστιο, ελεγχόμενες συνθήκες) ικανών να διατηρούν τη συνεκτικότητα των ώριμων καρπών.

1.12.4 Γεύση

Η αξιολόγηση της γεύσης της τομάτας είναι μία σύνθετη διαδικασία. Η ένταση των ιδιοτήτων της γεύσης των καρπών της προσδιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ποσότητα των σακχάρων (κυρίως της φρουκτόζης και της γλυκόζης), την περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα (κυρίως κιτρικό, μηλικό, και ολική οξύτητα) και τη σύνθεση των πτητικών ενώσεων. Συνήθως, οι καταναλωτές στις οργανοληπτικές δοκιμές θεωρούν ως καλύτερη γεύση εκείνη που συνδέεται με την υψηλή περιεκτικότητα διαλυτών στερεών ή υψηλές αναλογίες διαλυτών στερεών/ ολικής οξύτητας (**Πίνακας 1.10**). Γενικά, υψηλά επίπεδα σακχάρων και οξέων στον καρπό έχουν ευνοϊκή επίδραση στη γεύση του (Mikkelsen, 2005).

Πίνακας 1.10. Σχέση ανάμεσα στα επίπεδα σακχάρων και ολικών οξέων ως προς την γεύση καρπού νωπής τομάτας (Kader *et al.*,1978).

	Σάκχαρα	
Ολική οξύτητα	Υψηλή τιμή	Χαμηλή τιμή
Υψηλή τιμή	**Καλή**	**Στυφή**
Χαμηλή τιμή	**Ήπια**	**Χωρίς γεύση**

Τα διαλυτά στερεά και τα ολικά οξέα επιδρούν στη γεύση όχι μόνο μέσα από την περιεκτικότητά τους (περίπου 50% του ξηρού βάρους είναι διαλυτά στερεά και 12% ολικά οξέα), αλλά και μέσω της σχετικής αναλογίας τους. Τα σάκχαρα συσσωρεύονται μέσω της εισαγωγής τους από τα ενεργά φωτοσυνθετικά φύλλα και μετά τη συγκομιδή από την υδρόλυση του αποθηκευμένου αμύλου. Αποθήκευση των καρπών μετά τη συγκομιδή σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών επισπεύδει όχι μόνο την ωρίμανση αλλά και την απώλεια, μέσω της αναπνοής, των αποθηκευμένων υδατανθράκων.

Μεγάλη διακύμανση παρατηρείται μεταξύ των διαφόρων γονοτύπων τομάτας ως προς το pH και την ολική οξύτητα. Μία ώριμη τομάτα θα πρέπει να είναι όξινη και το pH της να κυμαίνεται από 4,1 έως 4,8. Η αποθήκευση και οι μετέπειτα διαδικασίες μεταχείρισης του ώριμου καρπού θα πρέπει να γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρούν το pH του σε τιμή ίση ή μικρότερη από το 4,7 προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών, όπως το Κλωστηρίδιο της Αλλαντίασης (*Clostridium botulinum*). Αποθήκευση σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών αυξάνει το pH και διευκολύνει τον μεταβολισμό των οργανικών οξέων. Επιπλέον, προσβολές από μύκητες (π.χ με *Fusarium solani*) τείνουν να αυξάνουν το pH των μολυσμένων και των γειτονικών ιστών. Τέλος, ενώ τα οργανικά οξέα αποτελούν μόνο το 0,4% του νωπού βάρους του καρπού, η διακύμανση στη περιεκτικότητα τους μπορεί να επηρεάσει περισσότερο τη γεύση του καρπού σε σύγκριση με την περιορισμένη διακύμανση που συναντάται στην περιεκτικότητα των σακχάρων, μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών (Heuvelink, 2005).

1.12.5 Διατροφική αξία

Οι ώριμες τομάτες είναι καλή πηγή πολλών βιταμινών, όπως οι βιταμίνες Α και C. Η μεγάλη κατά κεφαλήν κατανάλωση προϊόντων τομάτας κάνει τις τομάτες μια εξαιρετική πηγή αυτών των βιταμινών. Τα φυτά δεν περιέχουν βιταμίνη Α, όμως ο ανθρώπινος οργανισμός μετατρέπει τα καροτενοειδή, που την περιέχουν, σε βιταμίνη Α. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α ενός καρπού τομάτας προσδιορίζεται από την περιεκτικότητα του σε καροτένιο. Γενικά, ποικιλίες με καλύτερο χρώμα

(βαθύ κόκκινο, ομοιόμορφα κατανεμημένο κόκκινο) έχουν υψηλότερα επίπεδα βιταμίνης Α, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί τον κανόνα. Ποικιλίες που περιέχουν υψηλά επίπεδα β-καροτένιου έχουν αναπτυχθεί, αλλά συχνά δίνουν μια πορτοκαλί απόχρωση στον καρπό, η οποία μπορεί να μην είναι τόσο αποδεκτή από τον καταναλωτή (Heuvelink, 2005).

Το λυκοπένιο και τα υπόλοιπα καροτενοειδή δεν περιέχουν βιταμίνη Α, όμως το λυκοπένιο είναι πολύ ωφέλιμο για την ανθρώπινη υγεία. Αποτελεί το κυρίαρχο καροτενοειδές της τομάτας, που είναι υπεύθυνο για το κόκκινο χρώμα του καρπού της. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών, καθώς εκτός από το χρώμα που προσδίδει στα προϊόντα στα οποία περιέχεται θεωρείται ότι έχει και ευεργετικές ιδιότητες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Αποτελεί φυσικό αντιοξειδωτικό που εξουδετερώνει τη δράση των ελευθέρων ριζών, ουσίες που παράγονται στον οργανισμό και σχετίζονται με την ανάπτυξη καρδιαγγειακών νοσημάτων και πολλών μορφών καρκίνου. Έτσι, η πρόσληψη λυκοπενίου μέσω της διατροφής συνδέεται με την πρόληψη εμφάνισης διαφόρων μορφών καρκίνου και τον περιορισμό του κινδύνου εμφάνισης εμφράγματος (Μπουλέκου, 2010).

1.12.6 Φυσιολογικές ανωμαλίες καρπού

Ανάμεσα στα χαρακτηριστικά ποιότητας του καρπού της τομάτας είναι και η απουσία οποιουδήποτε ελαττώματος του καρπού και η απουσία ξένων υλών από την πρώτη ύλη που θα παραλάβει το εργοστάσιο μεταποίησης. Τα κυριότερα ελαττώματα του καρπού της τομάτας παρουσιάζονται παρακάτω.

Ηλιακό έγκαυμα (Sunscald). Σε περίπτωση έντονης ηλιοφάνειας οι εκτεθειμένοι καρποί εμφανίζουν τοπικά εγκαύματα που έχουν τη μορφή αποχρωματισμένων υδαρών κηλίδων και η ζημιά είναι μόνιμη. Συμβαίνει σε ποικιλίες τομάτας με αραιό φύλλωμα ή σε φυτά που έχασαν φύλλωμα για διάφορους λόγους ή απλά σε όσους καρπούς τυχαίνει να είναι εκτεθειμένοι. Οι κατεστραμμένοι ιστοί αποτελούν εστίες δευτερογενών μολύνσεων, συνήθως μυκητολογικών προσβολών (Ολύμπιος, 2001; Αγγίδης, 2006).

Ξηρή σήψη της κορυφής (Blossom-end rot). Παρουσιάζεται νέκρωση και ξήρανση σε σχήμα βούλας χρώματος καφέ ή μαύρου στο αντίθετο του ποδίσκου άκρο. Οφείλεται σε απορρόφηση νερού του καρπού από τα φύλλα σε περιόδους έντονης διαπνοής ή σε δυσκολίες στην απορρόφηση του εδαφικού νερού από το φυτό γενικότερα. Η εκδήλωση της ξηράς κορυφής συχνά συνδέεται με έλλειψη ασβεστίου ή δυσκολία απορρόφησής του, με αλάτωση του εδάφους, υπερβολικό άζωτο, ανώμαλη άρδευση και ζημιές στο ριζικό σύστημα του φυτού. Η ξηρή κορυφή

σχεδόν πάντα αποτελεί εστία μυκητολογικής προσβολής, οπότε οδηγεί στη σήψη του καρπού (Ολύμπιος, 2001, Αγγίδης, 2006).

Εικόνα 1.3. Ηλιακό έγκαυμα (αριστερά) και ξηρή σήψη της κορυφής (δεξιά) σε καρπούς τομάτας.

Κηλιδωτή ωρίμανση (Blotchy ripening). Αυτή η ανωμαλία περιλαμβάνει ανισομερή ωρίμανση με κάποιες περιοχές(συνήθως κοντά στην περιοχή του κάλυκα) που διατηρεί τη χλωροφύλλη και δεν συσσωρεύει αρκετό λυκοπένιο για να χρωματίσει κόκκινο τον καρπό. Πρώιμες και μεσοπρώιμες ποικιλίες/υβρίδια είναι περισσότερο επιρρεπή. Ακατάλληλη θρέψη φυτού, προσβολές από έντομα και περιβαλλοντικές καταπονήσεις μπορούν να συμβάλλουν στην εμφάνιση της. Οι κηλιδωτές περιοχές περιέχουν λιγότερα νιτρικά συστατικά, οργανικά οξέα, άμυλο, σάκχαρα και ξηρή ουσία. Μικρές συγκεντρώσεις ανόργανου αζώτου και καλίου στο έδαφος σχετίζονται με αύξηση της εμφάνισης της κηλιδωτής ωρίμανσης. Εάν αυτό είναι δυνατόν, η θερμοκρασία αέρα πρέπει να διατηρείται κάτω από τους 30°C για μείωση του αριθμού των ελαττωματικών καρπών.

Μεταχρωματισμοί (Green shoulders). Η περιοχή γύρω από τον κάλυκα παραμένει σκληρή, με εξωτερικό χρωματισμό κίτρινο ή πράσινο και λευκό ή πράσινο εσωτερικό ιστό. Η ακριβής αιτία είναι άγνωστη, αλλά παράγοντες όπως η έκθεση σε υπερβολική θερμότητα και η ανεπάρκεια καλιούχου και φωσφορούχου λίπανσης θεωρούνται παράγοντες που προδιαθέτουν την εμφάνιση αυτής της φυσιολογικής ανωμαλίας του καρπού.

Εικόνα 1.4. Κηλιδωτή ωρίμανση (αριστερά) και μεταχρωματισμοί -green shoulders- (δεξιά) σε καρπούς τομάτας.

Σχισίματα (Cracking). Παρουσιάζονται σχισμές περιμετρικά ή κάθετα στο μίσχο του καρπού. Το φαινόμενο εμφανίζεται με την άνοδο της θερμοκρασίας κυρίως σε

υπαίθριες καλλιέργειες και οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας εντός του καρπού με τη θερμοκρασία του αέρα. Το φαινόμενο συχνά εκδηλώνεται σε περίοδο υπερβολικής υγρασίας ή άρδευσης, ύστερα από περίοδο ξηρασίας (Ολύμπιος, 2001).

Παραμορφώσεις (Misshapen fruit). Ανολοκλήρωτη γονιμοποίηση και διαφορετικός ρυθμός ανάπτυξης στα διάφορα μέρη του καρπού μπορούν να οδηγήσουν σε παραμορφωμένους καρπούς.

Εικόνα 1.5. Σχισίματα (αριστερά) και παραμόρφωση –Catfacing- (δεξιά) σε καρπούς τομάτας.

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα μελέτη σχεδιάσθηκε με σκοπό να διερευνήσει την επίδραση της οργανικής λίπανσης τόσο στα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά όσο και στην απόδοση καρπού δύο υβριδίων βιομηχανικής τομάτας καθώς και την αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων (λίπανση x υβρίδιο).

Ένας ακόμη παράγοντας του οποίου η επίδραση, στα παραπάνω χαρακτηριστικά, θεωρήθηκε άξια διερεύνησης ήταν η επιμόλυνση της ρίζας με μυκόρριζα. Άξια διερεύνησης θεωρήθηκε και η αλληλεπίδραση μεταξύ των τριών παραγόντων (επιμόλυνση με μυκόρριζα x λίπανση x υβρίδιο).

Τέλος, η αξιολόγηση τυχόν συσχετίσεων μεταξύ των μετρούμενων χαρακτηριστικών του πειράματος υπήρξε ένας επιπλέον στόχος της παρούσας διατριβής.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Φυτικό υλικό

Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν ανήκαν στα υβρίδια Dexter F1 και Heinz 3402 και χορηγήθηκαν από την Εταιρία Δ. Νομικός Α.Ε.. Τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

Εικόνα 3.1. Σπορόφυτα υβριδίου Dexter F1.

<u>DEXTER F1</u>

- Μεσοπρώιμο υβρίδιο με παχιά και ανθεκτικά τοιχώματα.
- Σταθερά υψηλές τιμές °Brix
- Ζωηρό κόκκινο χρώμα καρπών, εξωτερικά και εσωτερικά.
- Μέσο βάρος καρπού: 80g
- Τα εξαιρετικά παχιά και σκληρά τοιχώματα των καρπών προσφέρουν:
    - Μεγάλη ανθεκτικότητα στην υπερωρίμανση, τις μεταφορές και την αναμονή στις πλατφόρμες παράδοσης.
    - Υψηλές αποδόσεις στις γραμμές αποφλοίωσης και κυβοποίησης.
    - Φυτό ζωηρό και ανθεκτικό με άριστη κάλυψη καρπών.
- Ανθεκτικότητες: *Verticillium* spp., *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Pseudomonas syringae* , κομβονηματώδεις (*Meloidogyn*e spp.)

Εικόνα 3.2. Σπορόφυτα υβριδίου Heinz 3402.

HEINZ 3402

- Μεσοπρώιμο υβρίδιο
- Υψηλές τιμές °Brix ≅ 5,1
- Λείοι, ομοιόμορφοι καρποί
- Μέσο βάρος καρπού: 66 g
- Υπό ξηρές αλλά και υγρές συνθήκες αγρού δίνει άριστες αποδόσεις. Οι καρποί διατηρούνται καλά χάρη στο χαρακτηριστικό της παρατεταμένης διατήρησης στον αγρό του υβριδίου.
- Ανθεκτικότητες: *Verticillium* spp., *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Pseudomonas syringae* , κομβονηματώδεις (*Meloidogyn*e spp.)

3.2 Λιπάσματα

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα και η μέση σύσταση αυτών.

Πίνακας 3.1. Σύσταση οργανικής και ανόργανης λίπανσης που εφαρμόστηκε στον πειραματικό αγρό.

Οργανική λίπανση (Biogen)	
Άζωτο (N)	ολικό 7 % (οργανικό 100 %)
Φωσφόρος (P_2O_5)	ολικός 4 % (διαλυτός στο ουδέτερο κιτρικό αμμώνιο 65 %, υδατοδιαλυτός 60 %)
	7 % (υδατοδιαλυτό 100 %)

Κάλιο (K_2O)	
Μαγνήσιο (MgO)	2 %
Βόριο (B)	0,2 %
Οργανική ύλη	33 %

Ανόργανη λίπανση (Fertiblue)

Άζωτο (N)	ολικό 12 % (NO_3 6 %, NH_4 6%)
Φωσφόρος (P_2O_5)	12 %
Κάλιο (K_2O)	17 %
Μαγνήσιο (MgO)	2 %
Θείο (S)	6 %

Η διασπορά των λιπασμάτων έγινε με το χέρι, ομοιόμορφα και ακολούθησε πότισμα του πειραματικού αγρού για την καλύτερη ενσωμάτωση αυτών.

3.3 Μικροοργανισμοί (Μυκόρριζα)

Για την επιμόλυνση της ρίζας με μυκόρριζα χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα Mycogel. Πρόκειται για ένα μόλυσμα μυκόρριζας του μύκητα *Glomus intraradices* σε μορφή γέλης (gel), το οποίο περιέχει όλα τα πολλαπλασιαστικά όργανα (σπόρια, βλαστικές υφές και ριζοειδή τμήματα) βιώσιμα και ενεργά σε συγκέντρωση 5 x 10^6 πολλαπλασιαστικά όργανα /100 ml σκευάσματος.

Εικόνα 3.3. Ενσωμάτωση μολύσματος μυκόρριζας στις γραμμές φύτευσης.

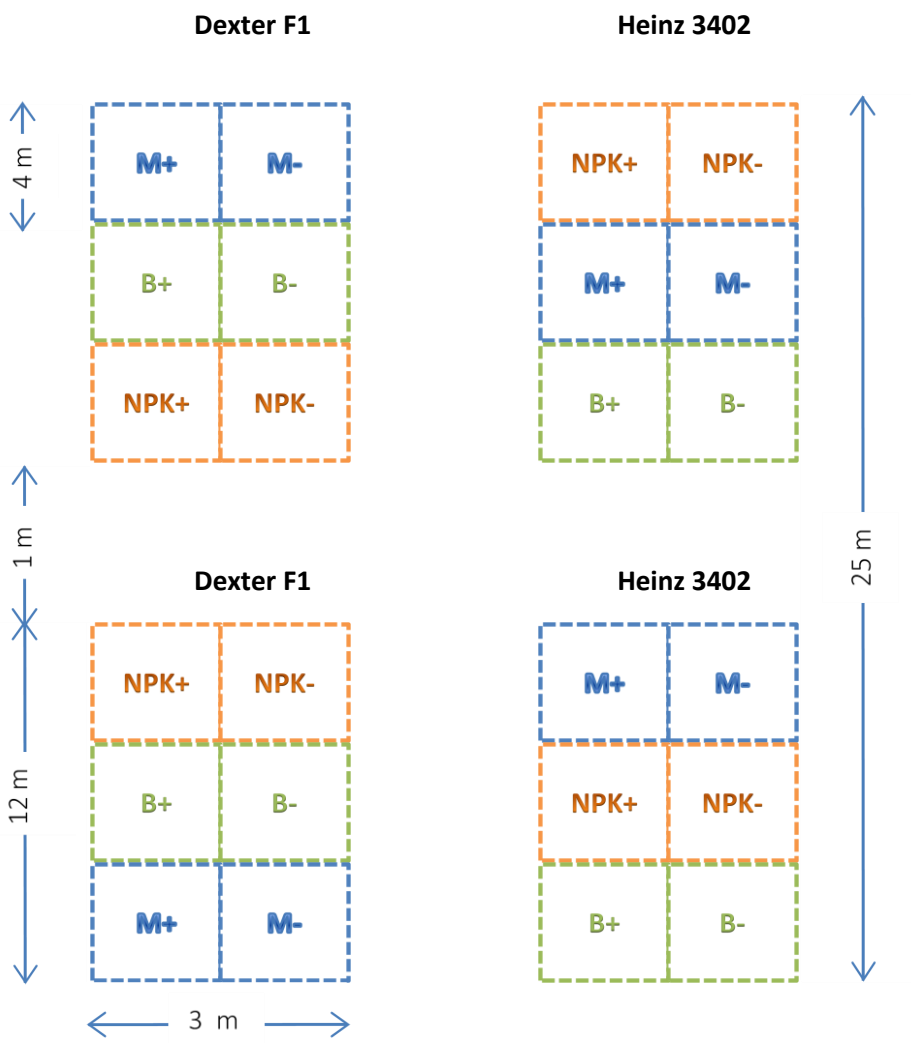
Σύμφωνα με την παρασκευάστρια εταιρία το εν λόγω σκεύασμα ευνοεί την αύξηση του ριζικού συστήματος, καθώς και την καλύτερη απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά. Επίσης, συμβάλλει στην ενεργοποίηση της ανάπτυξης των φυτών σε συνθήκες stress και ισχυροποιεί το σύστημα αυτοάμυνας των φυτών ενάντια σε παθογόνα και εντομολογικούς εχθρούς.

Η εφαρμογή του σκευάσματος έγινε μία φορά, κατά τη διάρκεια της μεταφύτευσης, με εμβάπτιση του ριζικού συστήματος του σπορόφυτου σε διάλυμα Mycogel και στη συνέχεια ριζοπότισμα (**Εικόνα 3.3**).

3.4 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι το Σχέδιο των Υπο-υποδιαιρεμένων Τεμαχίων (Split-Split-Plot Design) με δύο επαναλήψεις και τον παράγοντα υβρίδιο (Dexter F1, Heinz 3402) να εφαρμόζεται τυχαία στα κύρια τεμάχια. Ο παράγοντας λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) εφαρμόσθηκε επίσης τυχαία στα υποδιαιρεμένα τεμάχια εντός των κύριων τεμαχίων και η επέμβαση της επιμόλυνσης της ρίζας με μυκόρριζα στα υπο-υποδιαιρεμένα τεμάχια.

Η συνολική έκταση του πειραματικού αγρού ήταν 175 m^2. Ειδικότερα, υπήρχαν 12 πειραματικά υποτεμάχια, καθένα από τα οποία είχε εμβαδόν 12m^2. Σε κάθε υποτεμάχιο υπήρχαν 6 γραμμές και 7 σειρές φύτευσης. Κάθε υποτεμάχιο χωριζόταν σε δύο υπό-υποτεμάχια. Το εμβαδόν κάθε υπο- υποτεμαχίου ήταν 6m^2. Σε κάθε υπο- υποτεμάχιο υπήρχαν 3 γραμμές και 7 σειρές φύτευσης. Οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 0,6 m μεταξύ των γραμμών και 0,6 m επί της γραμμής (0,6 x 0,6). Συνολικά, μεταφυτεύτηκαν 504 σπορόφυτα βιομηχανικής τομάτας (**Εικόνα 3.4**).



Λίπανση

M	Μάρτυρας
B	Οργανική
NPK	Ανόργανη

Εμβολιασμός με μυκόρριζα

+	ναι
-	όχι

Εικόνα 3.4. Σχεδιάγραμμα πειραματικού αγρού.

3.5 Εγκατάσταση πειραματικού αγρού και καλλιεργητικές τεχνικές

Η καλλιέργεια έλαβε χώρα στον βιολογικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (γεωγραφικό πλάτος 37° 59΄ 1,47΄΄ Β, γεωγραφικό μήκος 23° 42΄ 6,98΄΄ Α, 170m από την επιφάνεια της θάλασσας). Ο συγκεκριμένος αγρός υφίσταται βιολογική διαχείριση από το 1995.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται αναλυτικά η σύσταση του εδάφους του πειραματικού αγρού.

Πίνακας 3.2. Ανάλυση εδάφους του πειραματικού αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Πειραματικός Αγρός Εργαστηρίου Γεωργίας		
CaCO3	15,99 %	Μαργώδες
Οργανική ουσία	2,37 %	Ικανοποιητική περιεκτικότητα
$NO3^-$	104,3 ppm	Επαρκώς εφοδιασμένο
P (Olsen)	9,95 ppm	Οριακά εφοδιασμένο
Na^+	110 ppm	Υψηλή περιεκτικότητα
pH(1:1 H_2O)	7,29	Ελαφρώς αλκαλικό
Κοκκομετρική σύσταση	Clay Loam (CL)	Αργιλλοπηλώδες

<u>Καλλιεργητικές εργασίες</u>

Στις 21 Απριλίου του 2016 πραγματοποιήθηκε φρεζάρισμα του πειραματικού αγρού σε βάθος 25cm. Την ίδια μέρα έλαβε χώρα και η χάραξη του αγρού.

Εικόνα 3.5. Χάραξη πειραματικού αγρού.

Την επόμενη μέρα, στις 22 Απριλίου, πραγματοποιήθηκε η μεταφύτευση και η εφαρμογή του μολύσματος μυκόρριζας στα επιλεγμένα υπο-υποτεμάχια. Σε κάθε υποτεμάχιο υπήρχαν 7 γραμμές φύτευσης και οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 0.60 m μεταξύ των γραμμών και 0.60 m επί της γραμμής (0.60 x 0.60 m). Η συνολική πυκνότητα φυτών ήταν 504 φυτά τομάτας ανά 175 m^2, δηλαδή 2880 ανά στρέμμα.

Εικόνα 3.6. Μεταφύτευση νεαρών σπορόφυτων βιομηχανικής τομάτας.

Μετά τη φύτευση και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος έως και τη συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στάγδην άρδευση του πειραματικού αγρού με μέση κατανάλωση 10 κυβικά νερού ανά πότισμα.

Εικόνα 3.7. Στάγδην σύστημα άρδευσης της καλλιέργειας.

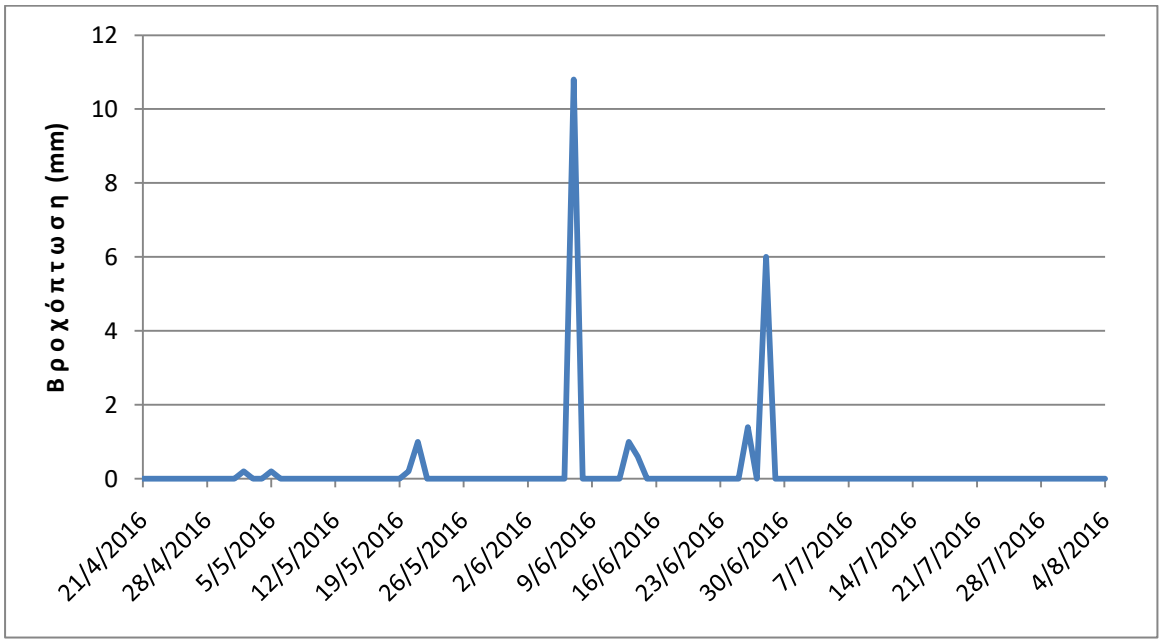
Η ενσωμάτωση των λιπασμάτων πραγματοποιήθηκε ένα μήνα μετά τη μεταφύτευση των νεαρών σπορόφυτων τομάτας, στις 25 Μαΐου. Δεν πραγματοποιήθηκε συμπληρωματική λίπανση έως το τέλος του πειράματος.

Τέλος για την αντιμετώπιση των ζιζανίων έλαβαν χώρα 6 σκαλίσματα – βοτανίσματα στις 15, 24, 43, 61, 83 και 97 ημέρες από τη μεταφύτευση (ΗΑΜ).

3.6 Μετεωρολογικά δεδομένα

Παρακάτω παρουσιάζονται η μέγιστη θερμοκρασία αέρα και το επίπεδο βροχόπτωσης που παρατηρήθηκαν κατά τους μήνες της καλλιέργειας. Τα δεδομένα προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό που είναι εγκατεστημένος στον αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (**Γραφήματα 3.1,3.2**).

Γράφημα 3.1. Μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία αέρα πειραματικού αγρού από 21/04/16 έως 04/08/16.



Γράφημα 3.2. Επίπεδα βροχόπτωσης στον πειραματικό αγρό από 21/04/16 έως 04/08/16.

3.7 Προσδιορισμοί- μετρήσεις

3.7.1 Αγρονομικά χαρακτηριστικά

3.7.1.1 Νωπό-ξηρό βάρος υπέργειου μέρους φυτού

Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις νωπού και ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού, κατά τις ακόλουθες ημερομηνίες:

Μέτρηση	Ημέρες Από Μεταφύτευση
1η	57
2η	76
3η	90

Για τη μέτρηση του νωπού βάρους έγινε τυχαία επιλογή ενός φυτού ανά υπο-υποτεμάχιο το οποίο κοβόταν από τη βάση του, στη συνέχεια αφαιρούνταν από τους βλαστούς, με κλαδευτικό ψαλίδι, τα άνθη και οι καρποί και τέλος ζυγιζόταν σε ζυγό ακριβείας (KERN & Sohn GmbH).

Για τη μέτρηση του ξηρού βάρους, το ίδιο φυτό τοποθετούνταν σε κλίβανο σε θερμοκρασία 64 °C μέχρι να αποκτήσει σταθερό βάρος και ύστερα ζυγιζόταν σε ζυγό ακριβείας (KERN & Sohn GmbH).

3.7.1.2 Φυλλική επιφάνεια φυτού

Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας των ώριμων φύλλων του κεντρικού και των πλάγιων βλαστών του φυτού, κατά τις ακόλουθες ημερομηνίες:

Μέτρηση	Ημέρες Από Μεταφύτευση
1η	57
2η	76
3η	90

Για τις μετρήσεις επιλέχθηκε τυχαία ένα φυτό ανά υπο-υποτεμάχιο και χρησιμοποιήθηκε η συσκευή LI-3100 AREA METER (LI-COR, inc., Lincoln, Nebraska USA). Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index), με την βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης:

$$LAI = \frac{\text{εμβαδόν των φύλλων ενός φυτού}}{\text{εμβαδόν του εδάφους που καταλαμβάνει το φυτό}}$$

Έτσι, η αξιολόγηση της φυλλικής επιφάνειας του εκάστοτε φυτού έγινε με βάση τον παραπάνω δείκτη.

3.7.1.3 Αριθμός καρπών ανά φυτό και μέσο βάρος καρπού

Πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις του αριθμού των καρπών ανά φυτό, κατά τις ακόλουθες ημερομηνίες:

Μέτρηση	Ημέρες Από Μεταφύτευση
1η	57
2η	76
3η	90
4η	105

Για την κάθε μέτρηση επιλέχθηκαν 3 φυτά ανά υπο-υποτεμάχιο. Η επιλογή των φυτών έγινε αρχικά με τυχαίο τρόπο και ακολούθησε σήμανση των συγκεκριμένων φυτών για τις επόμενες μετρήσεις.

Καταστροφική μέτρηση ενός φυτού ανά υποτεμάχιο πραγματοποιούνταν σε κάθε μια από τις παραπάνω ημερομηνίες προκειμένου να υπολογιστεί και το μέσο βάρος καρπού. Την 105η ημέρα από τη μεταφύτευση πραγματοποιήθηκε καταστροφική μέτρηση και των 3 φυτών ανά υποτεμάχιο που είχαν σημανθεί και για τις τελικές τιμές των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος τους.

Ο συνολικός αριθμός των καρπών ζυγιζόταν σε ζυγό ακριβείας (KERN & Sohn GmbH) και στη συνέχεια υπολογιζόταν ο μέσος όρος του βάρους του.

3.7.1.4 Μέση διάμετρος καρπού

Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας των ώριμων φύλλων του κεντρικού και των πλάγιων βλαστών του φυτού, κατά τις ακόλουθες ημερομηνίες:

Μέτρηση	Ημέρες Από Μεταφύτευση

1η	57
2η	76
3η	90

Για την μέτρηση της μέσης διαμέτρου καρπού χρησιμοποιήθηκε ένα φυτό ανά υπο-υποτεμάχιο και μετρήθηκαν 10 αντιπροσωπευτικοί καρποί από τον συνολικό αριθμό καρπών του φυτού. Η συγκεκριμένη μέτρηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση παχύμετρου Vernier.

3.7.1.5 Απόδοση σε καρπό

Για την εκτίμηση της απόδοσης της καλλιέργειας σε καρπούς χρησιμοποιήθηκαν τα 3 φυτά ανά υπο-υποτεμάχιο που επιλέχθηκαν και σημάνθηκαν για την παρακολούθηση του αριθμού των καρπών. Την 105η ημέρα από τη μεταφύτευση έγινε η συγκομιδή, μέτρηση και ζύγιση των καρπών και εκτιμήθηκαν η στρεμματική απόδοση σε kg/m^2 ή τον/στρ. Σημειώνεται ότι μόνο οι ώριμοι και υγιείς καρποί συμπεριλήφθηκαν στις μετρήσεις, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν πολλές απώλειες από ελαττωματικούς καρπούς.

3.7.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Για την εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του καρπού συλλέχθηκαν δείγματα καρπών την 105η ημέρα από τη μεταφύτευση. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από την 3η ταξικαρπία από 3 διαφορετικά φυτά σε κάθε υπο-υποτεμάχιο. Για κάθε μία από τις παρακάτω μετρήσεις -εκτός από εκείνη της απόδοσης σε λυκοπένιο- χρησιμοποιήθηκαν 3 καρποί ανά υπο-υποτεμάχιο. Η τελική τιμή για κάθε υπο-υποτεμάχιο εκτιμήθηκε ως ο μέσος όρος των μετρήσεων.

3.7.2.1 Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά

Ο προσδιορισμός των διαλυτών στερεών έγινε με τη βοήθεια διαθλασίμετρου χειρός Schmidt & Haensch HR32B. Οι καρποί τεμαχίζονταν στη μέση με ανοξείδωτο μαχαίρι και στη συνέχεια τα 4 από τα 8 τεμάχια που προέκυπταν πολτοποιούνταν με οικοιακό αναμίκτη και μία σταγόνα χυμού τοποθετούνταν στην ειδική υποδοχή του οργάνου προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ανάγνωση με ακρίβεια 0,2 °Brix. Για κάθε δείγμα λαμβάνονταν δύο μετρήσεις. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία 20 °C.

3.7.2.2 Ενεργός οξύτητα

Μέρος του πολτού που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών, τοποθετήθηκε αδιάλυτο σε γυάλινο ποτήρι ζέσεως και μετρήθηκε το pH του με ηλεκτρονικό πεχάμετρο (Radiometer MeterLab PHM 250) με ακρίβεια 0,01. Κάθε φορά, πριν την έναρξη των μετρήσεων γινόταν βαθμονόμηση του οργάνου χρησιμοποιώντας δύο διαλύματα buffer με pH= 7 και pH=4,05.

3.7.2.3 Ολική οξύτητα

Ο προσδιορισμός των ολικών οξέων πραγματοποιήθηκε τιτλοδοτώντας ένα μέρος του δείγματος με μια βάση γνωστής συγκέντρωσης και ένα κατάλληλο δείκτη για να προσδιοριστεί το τελικό σημείο της αντίδρασης εξουδετέρωσης. Η τιτλοδότηση μετράει και εκφράζει την οξύτητα του διαλύματος ως προς το επικρατές οξύ, στην περίπτωση της τομάτας το κιτρικό οξύ (Gould, 1992).

Για την αντίδραση εξουδετέρωσης χρησιμοποιήθηκε διάλυμα NaOH N/50 (0,8 g NaOH σε 1 L απεσταγμένου νερού) με δείκτη φαινολοφθαλεΐνη 1 % (1 g φαινολοφθαλεΐνης σε 100 mL αιθυλικής αλκοόλης 95 %).

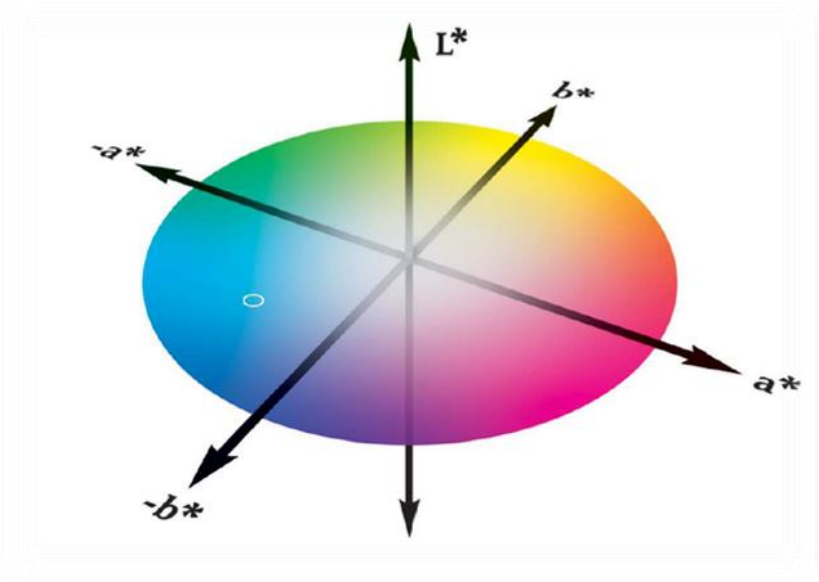
Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι η εξής: οι καρποί πολτοποιήθηκαν με οικιακό αναμίκτη, έπειτα ζυγίστηκαν με ακρίβεια 10 g πολτού και μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο. Ο ογκομετρικός κύλινδρος συμπληρώθηκε μέχρι τα 200 mL με απεσταγμένο νερό. Μετά από καλή ανατάραξη ακολούθησε διήθηση με τη χρήση πτυχωτού ηθμού (Macherey-Nagel MN 617we). Από το διήθημα παραλήφθηκαν 2 κλάσματα των 50 mL, τα οποία τοποθετήθηκαν σε ποτήρια ζέσεως. Ακολούθως προστέθηκαν 1-2 σταγόνες διαλύματος φαινολοφθαλεΐνης 1 % και έγινε η τιτλοδότηση με διάλυμα NaOH N/50, μέχρι να εμφανιστεί ροδόχρους χροιά διάρκειας 30 δευτερολέπτων.

Τα mL του NaOH N/50 που απαιτήθηκαν για την εξουδετέρωση της οξύτητας του δείγματος (α mL) με βάση την ποσότητα του χυμού που χρησιμοποιήθηκε (10g) και τον όγκο του διαλύτη (νερό – 200 mL), εκφράστηκαν σε γραμμάρια κιτρικού οξέος ανά 100 g νωπού βάρους καρπού (% w/w), σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$g\ \kappa\iota\tau\rho\iota\kappa o\acute{\upsilon}\ o\xi\acute{\varepsilon}o\varsigma\ /100\ g\ \kappa\alpha\rho\pi o\acute{\upsilon} = \mathrm{mL\ NaOH} \times 0{,}0512$$

3.7.2.4 Εκτίμηση χρώματος καρπού

Το χρώμα του καρπού μετρήθηκε με χρωματόμετρο Minolta CR-200 (Minolta Co., Chuo-Ku, Osaka, Japan). Πρότυπη άσπρη πλακέτα της Minolta χρησιμοποιήθηκε για την βαθμονόμηση του οργάνου σύμφωνα με τις συνθήκες της CIE (Commission International de L'Eclairage). Για την μέτρηση του χρώματος πραγματοποιήθηκαν 2 μετρήσεις στον κέντρο κάθε καρπού. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν στην κλίμακα CIE L* a* b*.



Εικόνα 3.8. Απλοποιημένο τρισδιάστατο μοντέλο της χρωματικής κλίμακας CIE L* a* b*.

Οι τιμές a* και b* είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες του χρώματος (συχνά ονομάζονται χρωματικότητα) πάνω στο επίπεδο διατομής του χρώματος, κάθετο στον άξονα μαύρου-άσπρου. Εάν ένα δείγμα έχει μηδενική τιμή για τα a* και b* πρέπει να βρίσκεται πάνω στον άξονα μαύρου-άσπρου, να έχει δηλαδή κάποια απόχρωση του γκρι. Μία θετική τιμή για το a* υποδεικνύει κόκκινο χρώμα (redness), ενώ μία αρνητική τιμή πράσινο χρώμα (greeness). Μία θετική τιμή για το b* υποδεικνύει κίτρινο χρώμα (yellowness), ενώ μία αρνητική τιμή μπλε χρώμα (blueness). Το L* εκφράζει την φωτεινότητα (λαμπρότητα) του χρώματος (**Εικόνα 3.8**).

3.7.2.5 Απόδοση σε λυκοπένιο

Προετοιμασία δείγματος

Με τυχαία δειγματοληψία επιλέχθηκε η πρώτη ύλη που προοριζόταν να χρησιμοποιηθεί για παραλαβή λυκοπενίου, καταψύχθηκε στους -20 °C και αποψύχθηκε στην απαιτούμενη ποσότητα κάθε φορά πριν τη χρήση.

Χρησιμοποιήθηκε ένας καρπός βιομηχανικής τομάτας από κάθε υποτεμάχιο ο οποίος αρχικά ομογενοποιήθηκε σε οικιακό αναμίκτη, ξηράνθηκε σε συσκευή λυοφιλίωσης (Leybold-Heraeus GT 2A, Koln, Germany) και στη συνέχεια ομογενοποιήθηκε σε εργαστηριακό μύλο. Τα δείγματα στην συνέχεια διαχωρίστηκαν σε δοκίμια 0,5 g όπου χρησιμοποιήθηκαν περαιτέρω για τον προσδιορισμό του περιεχομένου καροτενοειδών και λυκοπενίου της εκάστοτε ντομάτας.

Εκχύλιση δείγματος

Πραγματοποιήθηκε εκχύλιση με χρήση υπερήχων (Ultrasound Assisted Extraction) η οποία βασίστηκε στις βελτιστοποιημένες συνθήκες που προτάθηκαν σε πρόσφατη έρευνα των Eh & Teoch (2012) και οι οποίες ήταν: 45,6 min (ολικός χρόνος εκχύλισης), 47.6 °C (θερμοκρασία εκχύλισης) και 74,4:1 (αναλογία διαλύτη: λυοφιλιωμένου δείγματος τομάτας).

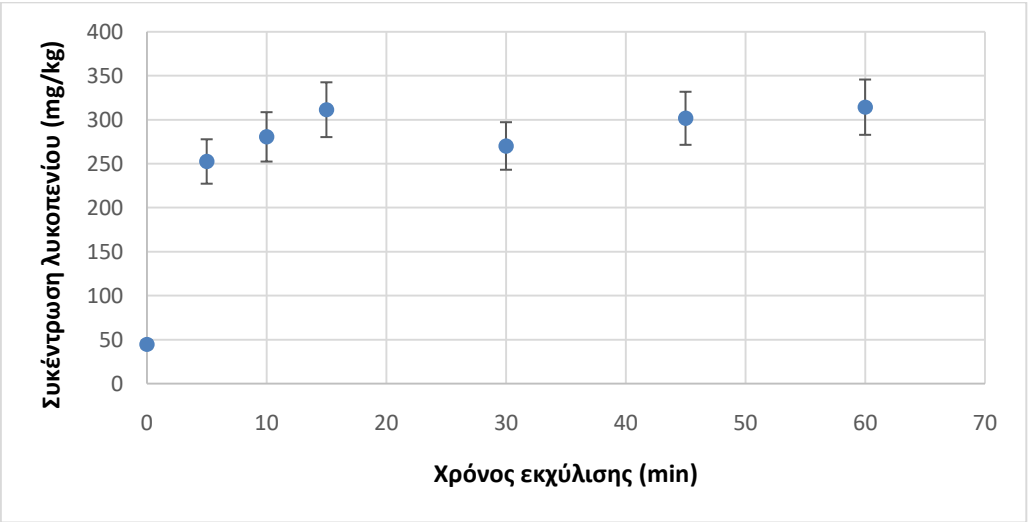
Η εκχύλιση με χρήση υπερήχων επιτυγχάνει τη διάρρηξη του κυτταρικού τοιχώματος και τη διαλυτοποίηση των ανακτώμενων συστατικών στο διαλύτη αποτελεσματικά και σε σύντομο χρονικό διάστημα. Λόγω της δημιουργίας κοιλοτήτων, οι ρωγμές που δημιουργούνται στο κυτταρικό τοίχωμα αυξάνουν τη διαπερατότητα των φυτικών ιστών και διευκολύνουν την είσοδο του διαλύτη στο εσωτερικό του υλικού καθώς και την έκπλυση των εκχυλιζόμενων συστατικών (Στρατή, 2015).

Η συσκευή υπερήχων που χρησιμοποιήθηκε ήταν η XO-SM50 Ultrasonic Microwave Reaction System (Nanjing Xianou Instruments Manufacture co., Ltd., Nanjing City, China), στην οποία δείγματα λυοφιλιωμένης τομάτας (0,5 g) τοποθετήθηκαν σε ειδικό γυάλινο δοχείο με μανδύα ψύξης μαζί με 50 mL διαλύτη. Ο διαλύτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν μίγμα από n-εξάνιο: ακετόνη: αιθανόλη (2:1:1 v/v/v). Η συχνότητα των υπερήχων ήταν 25 kHz και η ισχύ ρυθμίστηκε στα 140 Watt. Το βήμα βομβαρδισμού του δείγματος με υπερήχους ήταν 1,5:1,5 δευτερόλεπτά (βομβαρδισμός: παύση). Η θερμοκρασία με την βοήθεια του ψυκτικού μανδύα σταθεροποιήθηκε στους 45 °C. Δείγματα παρελήφθησαν ανά τακτά χρονικά

διαστήματα (0,5,10,15,30,45,60 min) με σκοπό να προσδιοριστεί το πέρας της εκχύλισης καροτενοειδών (**Εικόνα 3.9**).

Εικόνα 3.9. Αποχρωματισμός ξηρού προϊόντος τομάτας κατά τη διάρκεια της εκχύλισης των καροτενοειδών με χρήση υπερήχων.

Τα εκχυλίσματα που παραλήφθηκαν εξετάστηκαν φασματοφωτομετρικά ως προς το περιεχόμενό τους σε καροτενοειδή και λυκοπένιο. Η φασματοφωτομετρική ανάλυση παρουσιάζει γραμμική συσχέτιση συγκέντρωσης απορρόφησής σε ένα συγκεκριμένο εύρος απορροφήσεων. Για το λόγο αυτό τα εκχυλίσματα εν συνεχεία αραιώθηκαν σε διάφορες αναλογίες με σκοπό την δημιουργία διαλυμάτων που εμπίπτουν στο γραμμικό κομμάτι. Για τις εκχυλίσεις 0,5 gr ξηρής τομάτας σε 50 mL διαλύτη επιλέχθηκε η αναλογία αραίωσης 1:5.



Γράφημα 3.3. Συγκέντρωση λυκοπενίου σε διαδοχικούς χρόνους εκχύλισης.

Από τα δείγματα που παραλήφθηκαν σε διαδοχικούς χρόνους εκχύλισης, παρουσιάζεται ότι η συγκέντρωση των καροτενοειδών λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στα 15 λεπτά (**Γράφημα 3.3**) και επομένως αυτός ο χρόνος ορίστηκε ως χρόνος εκχύλισης και για όλα τα δείγματα τα οποία μελετήθηκαν.

<u>Ποσοτικός προσδιορισμός ολικών καροτενοειδών και λυκοπενίου</u>

- **Με μοριακή Φασματομετρία Υπεριώδους-Ορατού, UV-Vis**

Η ποσοτικοποίηση των ολικών καρατενοειδών και του λυκοπενίου της τομάτας πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ψηφιακό φασματοφωτόμετρο Bel Photonics UV-Vis 501 spectrometer στο βέλτιστο μήκος κύματος λmax (μήκος κύματος με μέγιστη απορρόφηση) του λυκοπενίου στο διαλύτη έναντι του συγκεκριμένου διαλύτη ως τυφλού δείγματος. Ως διαλύτης χρησιμοποιήθηκε η αιθανόλη.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των καροτενοειδών, C (mg/L), στα εκχυλίσματα, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση:

$$C = \frac{A_{\lambda max} \times 10^4}{A_{1cm}^{1\%}}$$

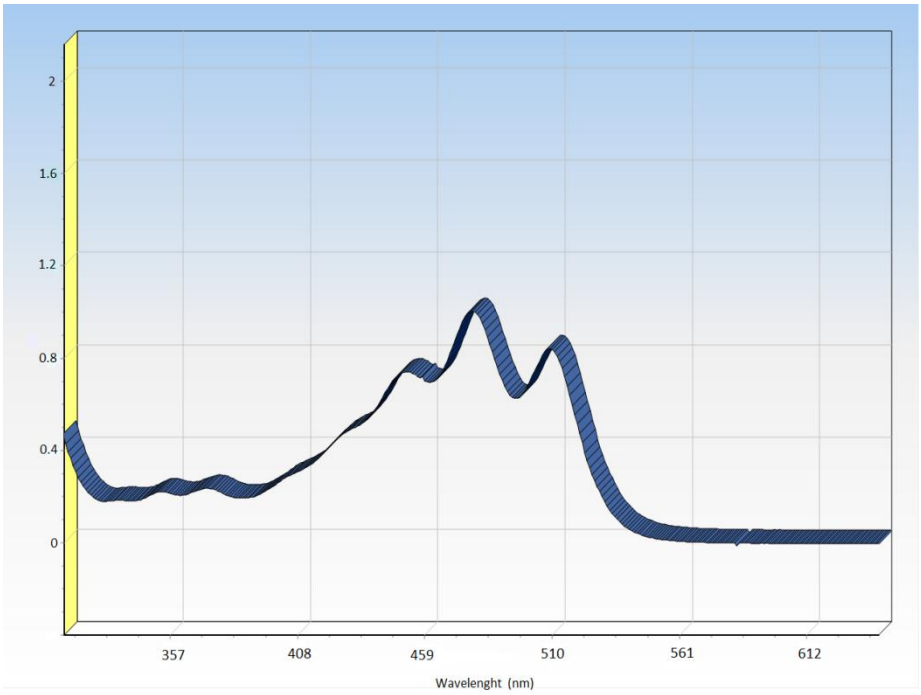
όπου A λmax είναι η απορρόφηση στο λmax όπως ορίστηκε για τον διαλύτη, $A^{1\%}_{1cm}$ ο συντελεστής απορρόφησης του λυκοπένιου (απορρόφηση στο μέγιστο μήκος κύματος διαλύματος 1 % της ουσίας σε κυψελίδα φασματοφωτόμετρου διαδρομής 1 cm) στο χρησιμοποιούμενο διαλύτη.

Ο συντελεστής απορρόφησης προσδιορίστηκε πειραματικά από τις καμπύλες βαθμονόμησης προτύπων διαλυμάτων λυκοπένιου σε διάφορους διαλύτες και για την αιθανόλη ήταν 3950 σε λmax =472 nm. Παρά το γεγονός ότι η ακρίβεια των συντελεστών απορρόφησης επιτυγχάνεται δύσκολα και ενδέχεται να σημειωθούν αποκλίσεις, η τιμή που προσδιορίστηκε ήταν παραπλήσια με δημοσιευμένες στη βιβλιογραφία (Britton, 1995; Naviglio et al., 2008; Taungbodhitham et al., 1998).

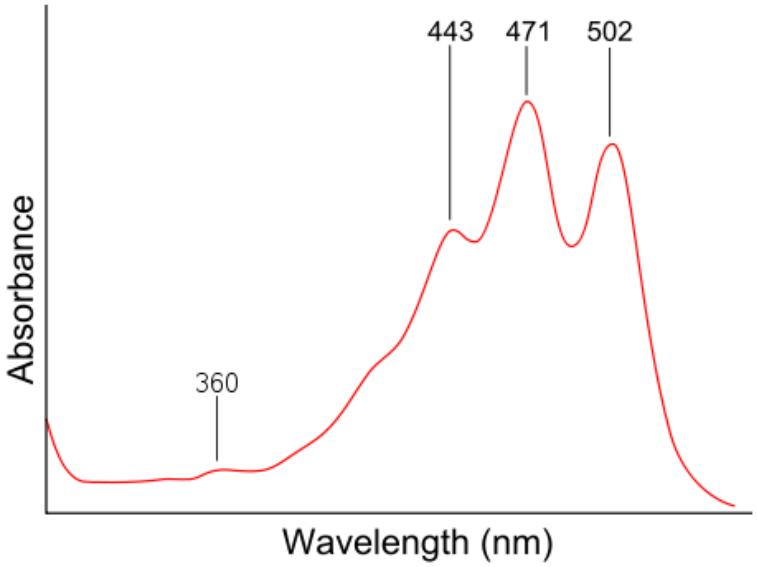
Η απόδοση σε ολικά καροτενοειδή (*CY*), εκφραζόμενη ως λυκοπένιο, υπολογίσθηκε από την εξίσωση:

$$CY = C \times V / W$$

όπου *C* η συγκέντρωση (mg/L) των καροτενοειδών στον διαλύτη, υπολογισμένη από την προηγούμενη εξίσωση, *V* ο όγκος του εκχυλίσματος (L) και *W* το ξηρό βάρος του παραπροϊόντος βιομηχανικής τομάτας που χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη εκχύλιση (kg).



Εικόνα 3.10. Φάσμα απορρόφησης εκχυλίσματος σε αιθανόλη (αραίωση 1:20).



Εικόνα 3.11. Φάσμα απορρόφησης λυκοπενίου σε εξάνιο .

Συγκρίνοντας τα δύο φάσματα απορρόφησης (**Εικόνες 3.10, 3.11**) παρατηρείται ότι το εκχύλισμα παρουσιάζει ίδιο προφίλ με αυτό του λυκοπενίου συνηγορώντας ότι

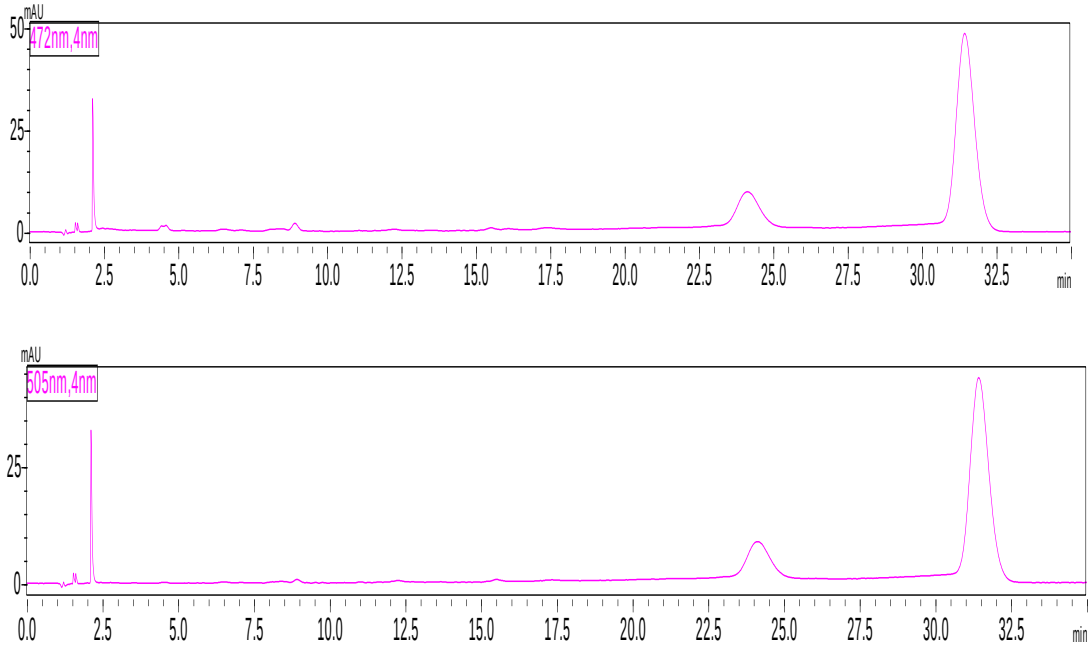
το καροτένιο αποτελεί την πλειοψηφία των καροτενοειδών που υπάρχουν στο εκχύλισμα.

Ταυτοποίηση λυκοπενίου

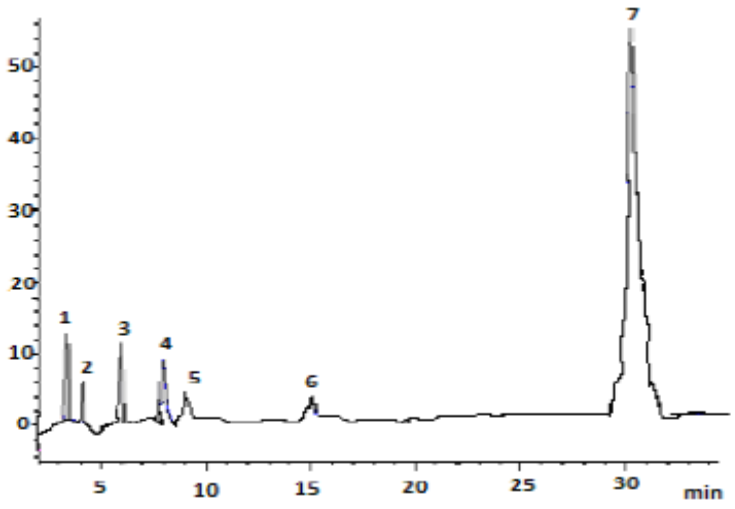
- **Με Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (HPLC)**

Για την επιβεβαίωση του περιεχόμενου λυκοπενιού των εκχυλισμάτων επιλέχθηκε ένα από τα προς μέτρηση εκχυλίσματα και αναλύθηκε σε υγρό χρωματογράφο υψηλής απόδοσης (HPLC), που αποτελείται από αντλία βαθμωτής έκλουσης HP 1100 και ανιχνευτή συστοιχίας φωτοδιόδων (Diode Array Detector, DAD) (Hewlett-Packard, Waldbronn, Germany), συνδεδεμένα με στήλη YMC C30 column 250 × 4.6 mm I.D., 5 μm particle (Tokyo, Japan) με σκοπό το διαχωρισμό και την ταυτοποίση του λυκοπενίου.

Η μέθοδος που εφαρμόστηκε στηρίχθηκε στη μέθοδο βαθμωτής έκλουσης που πρότειναν οι Lin & Chen (2003) για το διαχωρισμό καροτενοειδών από επεξεργασμένο τοματοχυμό. Τα συστήματα διαλυτών που επιλέχθηκαν βασίστηκαν σε προηγούμενες μελέτες ερευνητών (Lee & Chen, 2001; Chen et al., 1995) και σε προκαταρκτικά πειράματα χρησιμοποιώντας πρότυπες ουσίες καροτενοειδών. Το πλέον κατάλληλο σύστημα διαλυτών αποτελούνταν από ακετονιτρίλιο (διαλύτης Α), 1-βουτανόλη (διαλύτης Β) και χλωριούχο μεθυλένιο (διαλύτης Γ). Η αρχική σύσταση της κινητής φάσης ήταν 69.3% Α, 29.7% Β και 1.0% Γ, ενώ μεταβαλλόταν γραμμικά σε 67.2% Α, 28.8% Β και 4.0% Γ στα πρώτα 10 min της ανάλυσης, σε 61.6% Α, 26.4% Β και 12.0% Γ μετά 20 min, 49% Α, 21% Β και 30% Γ μετά 40 min και τέλος επανερχόταν σε 69.3% Α, 29.7% Β και 1.0% Γ μετά 50 min και ολοκληρωνόταν η ανάλυση. Η ροή του συστήματος διαλυτών παρέμενε σταθερή σε όλα τα στάδια σε 2 mL/min, ενώ ο όγκος του εισαγόμενου δείγματος ήταν 20 μL. Ως βασικά μήκη κύματος για την ανίχνευση των συστατικών επιλέχθηκαν τα 472 και 505 nm που ανταποκρίνονται σε χαρακτηριστικά σημεία των ταινιών απορρόφησης του λυκοπενίου, χωρίς να παρατηρηθούν διαφορές.



Εικόνα 3.12. HPLC Χρωματογράφημα καροτενοειδών από εκχύλισμα ξηρού προϊόντος τομάτας στα 472 και 505nm.



Εικόνα 3.13. HPLC Χρωματογράφημα καροτενοειδών από εκχύλισμα ξηρού παραπροϊόντος τομάτας. Οι κορυφές που ταυτοποιήθηκαν είναι: (1) all-trans-λουτεΐνη, (2) 9-cis- λουτεΐνη, (3) 13-cis-λουτεΐνη, (4) all-trans-β-καροτένιο, (5) 9-cis-β-καροτένιο, (6) 13-cis-β-καροτένιο, (7) all-trans-λυκοπένιο (Strati et al., 2012).

Συγκρίνοντας τα χρωματογραφήματα των εκχυλισμάτων στα 472 και 505 nm (**Εικόνα 3.12**) με αυτά της βιβλιογραφίας των Strati et al.,2011 (**Εικόνα 3.13**),

παρατηρείται ότι τα δείγματα περιέχουν καροτενοειδή με το λυκοπένιο να αποτελεί την κύρια κορυφή στα 30 min.

3.7.3 Αποικισμός ρίζας με μυκόρριζα

Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα, κατά τις ακόλουθες ημερομηνίες:

Μέτρηση	Ημέρες Από Μεταφύτευση (ΗΑΜ)
1η	57
2η	76
3η	90

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με σιδερένιο κύλινδρο όγκου 100cm^3, λαμβάνοντας από τον αγρό δείγματα εδάφους με ριζικό σύστημα. Τα δείγματα από τα τμήματα του ριζικού συστήματος τοποθετήθηκαν σε τρυβλία με διηθητικό χαρτί και δέχθηκαν χρώση με φουξίνη. Με τη χρήση του στερεοσκοπίου και τη βοήθεια του προγράμματος Motic Image Plus 2.0 (2009) υπολογίσθηκε το ποσοστό αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα, σύμφωνα με τη μέθοδο των Giovanneti & Mosse (1980).

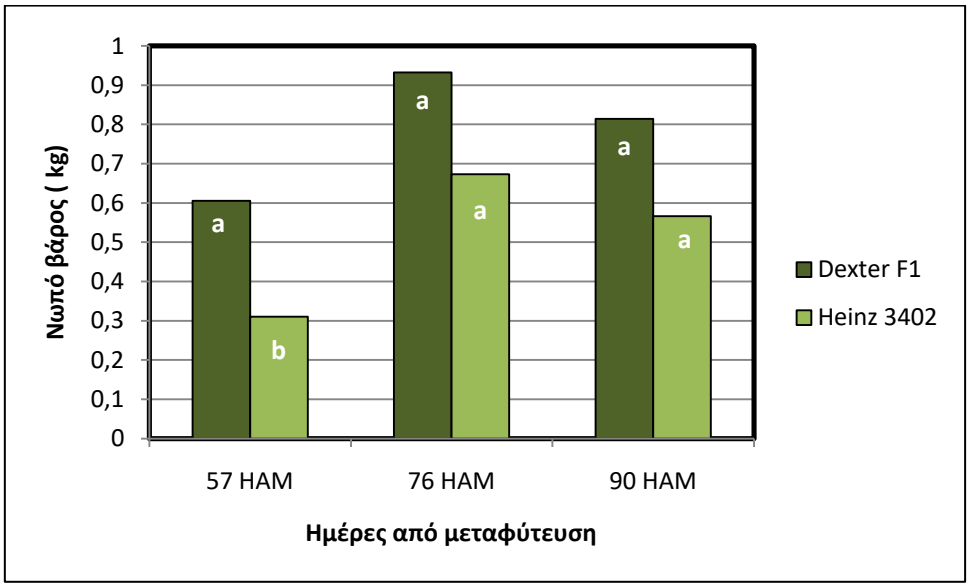
3.8 Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA) χρησιμοποιώντας το στατιστικό πρόγραμμα Statistica 7.0, με κύριο παράγοντα το υβρίδιο (Dexter F1, Heinz 3402) και δευτερεύοντες παράγοντες τη λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) και την επιμόλυνση της ρίζας με μυκόρριζα (ναι, όχι). Στις περιπτώσεις που η ανάλυση της διαφοράς έδειξε την ύπαρξη αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων του πειράματος, οι πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων όρων για στατιστικά σημαντικές διαφορές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αγρονομικά Χαρακτηριστικά

4.1.1 Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους φυτού



Γράφημα 4.1. Νωπό βάρος υπέργειου μέρους για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύμφωνα με την Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας, οι μετρήσεις του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους του φυτού, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι την **57**^{η} ημέρα από τη μεταφύτευση το υβρίδιο **Dexter F1** έδειξε κατά **95%** υψηλότερη τιμή νωπού βάρους σε σύγκριση με το υβρίδιο **Heinz 3402**. Αντίθετα, στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν 76 και 90 ημέρες μετά τη μεταφύτευση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο υβριδίων (**Γράφημα 4.1**).

Πίνακας 4.1. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76 , 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

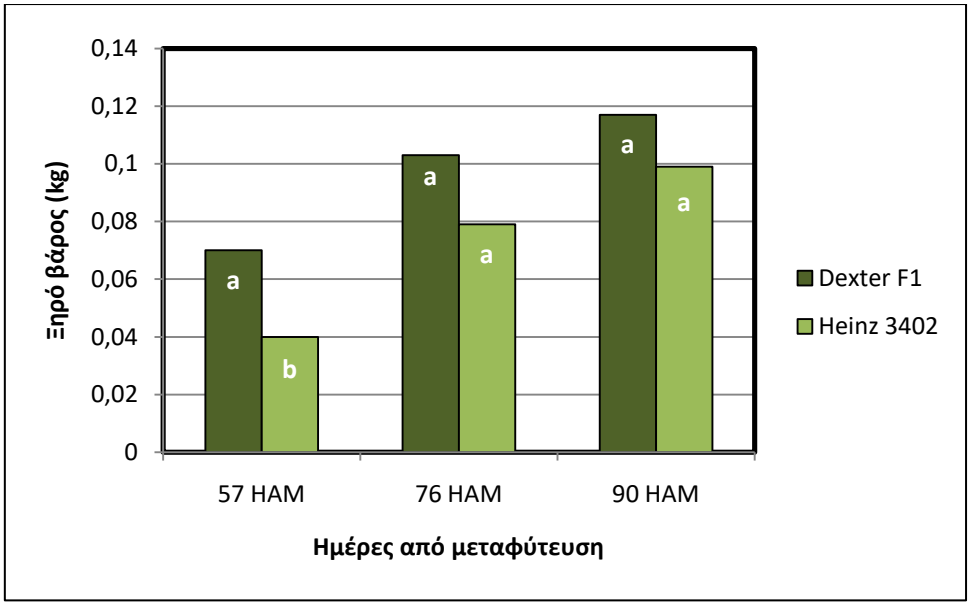
Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
57 HAM			
	[1] M=0,455	**[2]** M=0,316	**[3]** M=0,601
Ανόργανη **[1]**		0,327225	0,303176

Μάρτυρας **[2]**	0,327225		0,052148
Οργανική **[3]**	0,303176	0,052148	
76 ΗΑΜ			
	[1] M=0,702	**[2]** M=0,741	**[3]** M=0,965
Ανόργανη **[1]**		0,813497	0,118745
Μάρτυρας **[2]**	0,813497		0,179793
Οργανική **[3]**	0,118745	0,179793	
90 ΗΑΜ			
	[1] M=0,74850	**[2]** M=0,622	**[3]** M=0,699
Ανόργανη **[1]**		0,284604	0,673705
Μάρτυρας **[2]**	0,284604		0,509507
Οργανική **[3]**	0,673705	0,509507	

Πίνακας 4.2. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76 , 90 ΗΑΜ) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

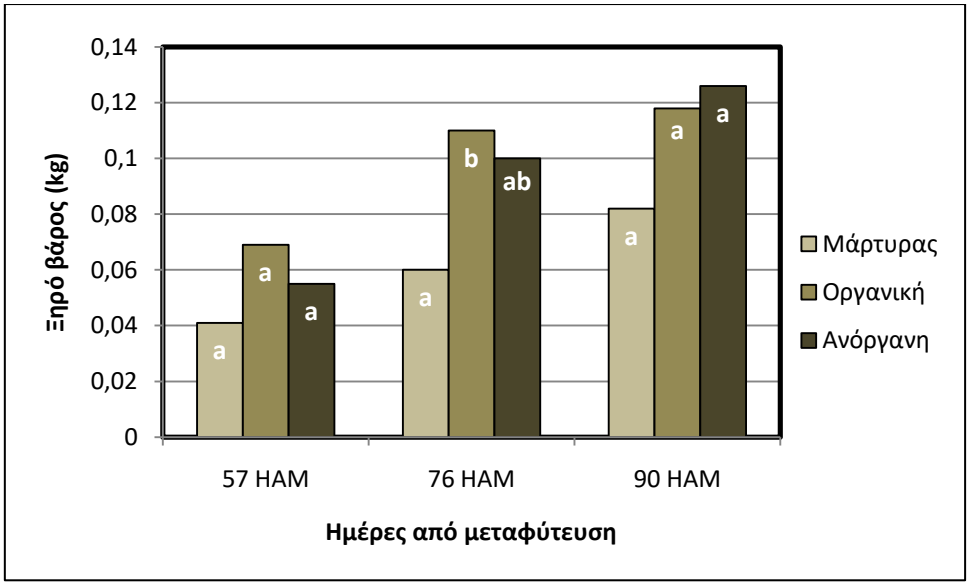
Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
57 ΗΑΜ		
	[1] M=0,473	**[2]** M=0,442
Ναι **[1]**		0,798775
Όχι **[2]**	0,798775	
76 ΗΑΜ		
	[1] M=0,788	**[2]** M=0,817
Ναι **[1]**		0,830735
Όχι **[2]**	0,830735	
90 ΗΑΜ		
	[1] M=0,698	**[2]** M=0,682
Ναι **[1]**		0,866550
Όχι **[2]**	0,866550	

Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και των υπο-υποτεμαχίων, λίπανση και επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πίνακες 4.1, 4.2**).



Γράφημα 4.2. Ξηρό βάρος υπέργειου μέρους για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Όσον αφορά τις μετρήσεις του ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους του φυτού, τα αποτελέσματα έδειξαν πως εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι την **57**^{η} ημέρα από τη μεταφύτευση το υβρίδιο **Dexter F1** έδειξε κατά **75%** υψηλότερη τιμή ξηρού βάρους σε σύγκριση με το υβρίδιο **Heinz 3402.** Αντίθετα, στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν 76 και 90 ημέρες μετά τη μεταφύτευση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο υβριδίων (**Γράφημα 4.2**).



Γράφημα 4.3. Ξηρό βάρος υπέργειου μέρους για τις διαφορετικές λιπάνσεις (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 57,76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

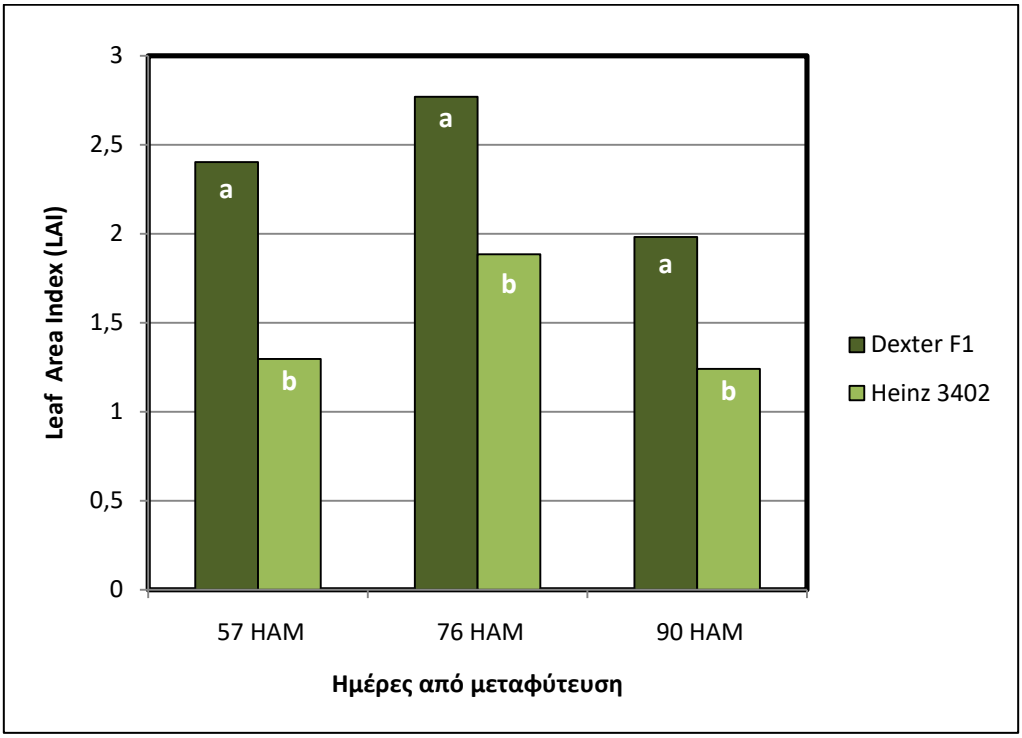
Επιπρόσθετα, οι μετρήσεις του ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους του φυτού παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων (λίπανση). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι την **76**^{η} ημέρα από τη μεταφύτευση η **οργανική** λίπανση έδειξε κατά **66%** υψηλότερη τιμή ξηρού βάρους σε σύγκριση με τον **μάρτυρα**. Αντίθετα, στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν 57 και 90 ημέρες μετά τη μεταφύτευση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επιπέδων λίπανσης (**Γράφημα 4.3**).

Πίνακας 4.3. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
57 HAM		
	[1] M=0,056	**[2]** M=0,055
Ναι **[1]**		0,958516
Όχι **[2]**	0,958516	
76 HAM		
	[1] M=0,094	**[2]** M=0,088
Ναι **[1]**		0,754827
Όχι **[2]**	0,754827	
90 HAM		
	[1] M=0,118	**[2]** M=0,099
Ναι **[1]**		0,352111
Όχι **[2]**	0,352111	

Αντίθετα, στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων δεν παρατηρήθηκαν (**Πίνακας 4.3**).

4.1.2 Φυλλική επιφάνεια φυτού



Γράφημα 4.4. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας(Leaf Area Index) για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Ακόμη, στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων (υβρίδιο) σημειώθηκαν και στις μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας του φυτού. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι κατά την **57η**, **76η** και **90η** ημέρα από τη μεταφύτευση το υβρίδιο **Dexter F1** έδειξε κατά **85%**, **47%** και **60%**, αντίστοιχα, υψηλότερες τιμές δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) σε σύγκριση με το υβρίδιο **Heinz 3402** (**Γράφημα 4.4**).

Πίνακας 4.4. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της φυλλικής επιφάνειας, ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
57 HAM			
	[1] M=1,900	**[2]** M=1,278	**[3]** M=2,373

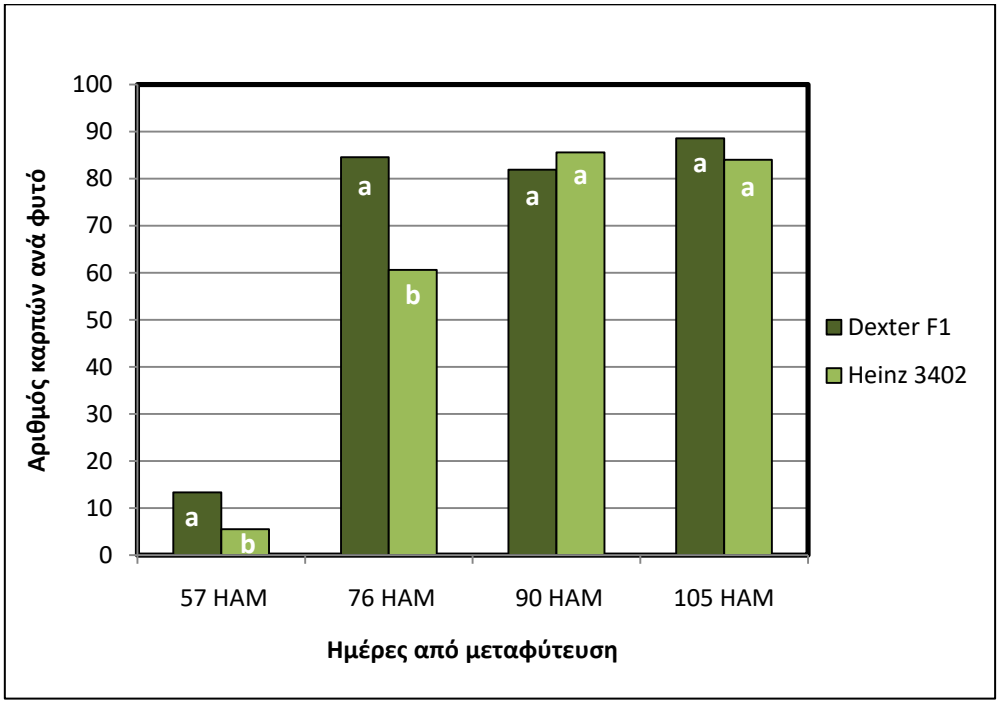
Ανόργανη **[1]**		0,265131	0,393536
Μάρτυρας **[2]**	0,265131		0,056769
Οργανική **[3]**	0,393536	0,056769	
76 ΗΑΜ			
	[1] M=1,988	**[2]** M=2,210	**[3]** M=2,786
Ανόργανη **[1]**		0,674254	0,139641
Μάρτυρας **[2]**	0,674254		0,279956
Οργανική **[3]**	0,139641	0,279956	
90 ΗΑΜ			
	[1] M=1,618	**[2]** M=1,603	**[3]** M=1,6123
Ανόργανη **[1]**		0,962537	0,985538
Μάρτυρας **[2]**	0,962537		0,976988
Οργανική **[3]**	0,985538	0,976988	

Πίνακας 4.5. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της φυλλικής επιφάνειας, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 ΗΑΜ) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
57 ΗΑΜ		
	[1] M=1,911	**[2]** M=1,790
Ναι **[1]**		0,800179
Όχι **[2]**	0,800179	
76 ΗΑΜ		
	[1] M=2,347	**[2]** M=2,309
		0,930955
Ναι **[1]**	0,930955	
Όχι **[2]**		
90 ΗΑΜ		
	[1] M=1,703	**[2]** M=1,519
Ναι **[1]**		0,489901
Όχι **[2]**	0,489901	

Εν τούτοις, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και των υπο-υποτεμαχίων, λίπανση και επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πίνακες 4.4, 4.5**).

4.1.3 Αριθμός καρπών ανά φυτό



Γράφημα 4.5. Αριθμός καρπών ανά φυτό για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύμφωνα με την Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας, οι μετρήσεις του αριθμού καρπών ανά φυτό, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων(υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι την **57**^{η} και **76**^{η} ημέρα από τη μεταφύτευση το υβρίδιο **Dexter F1** έδειξε κατά **142%** και **39%**, αντίστοιχα, υψηλότερες τιμές αριθμού καρπών ανά φυτό σε σύγκριση με το υβρίδιο **Heinz 3402**. Αντίθετα την 90^{η} και 105^{η} ημέρα από τη μεταφύτευση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο υβριδίων (**Γράφημα 4.5**).

Πίνακας 4.6. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αριθμού καρπών ανά φυτό, ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
57 HAM			
	[1] M=9,1250	**[2]** M=8,0000	**[3]** M=11,125
Ανόργανη **[1]**		0,741005	0,557926
Μάρτυρας **[2]**	0,741005		0,362766

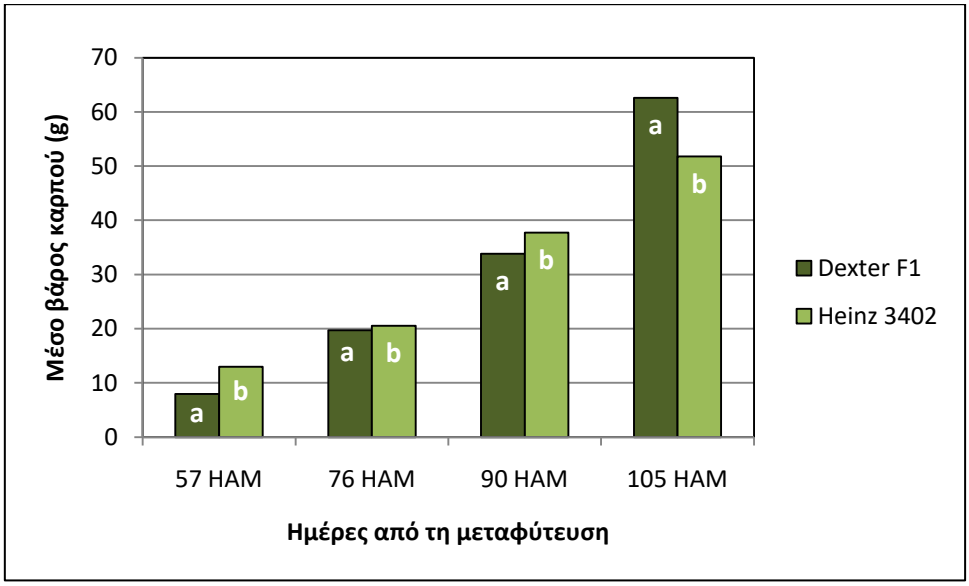
Οργανική **[3]**	0,557926	0,362766	
76 ΗΑΜ			
	[1] M=63,875	**[2]** M=70,875	**[3]** M=83,000
Ανόργανη **[1]**		0,622377	0,186494
Μάρτυρας **[2]**	0,622377		0,396376
Οργανική **[3]**	0,186494	0,396376	
90 ΗΑΜ			
	[1] M=79,500	**[2]** M=92,250	**[3]** M=79,500
Ανόργανη **[1]**		0,401530	1,000000
Μάρτυρας **[2]**	0,401530		0,401530
Οργανική **[3]**	1,000000	0,401530	
105 ΗΑΜ			
	[1] M=87,625	**[2]** M=85,250	**[3]** M=86,000
Ανόργανη **[1]**		0,548099	0,680412
Μάρτυρας **[2]**	0,548099		0,848983
Οργανική **[3]**	0,680412	0,848983	

Πίνακας 4.7. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αριθμού καρπών ανά φυτό, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 και 105 ΗΑΜ) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05 .

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
57 ΗΑΜ		
	[1] M=8,9167	**[2]** M=9,9167
Ναι **[1]**		0,717373
Όχι **[2]**	0,717373	
76 ΗΑΜ		
	[1] M=70,833	**[2]** M=74,333
Ναι **[1]**		0,766563
Όχι **[2]**	0,766563	
90 ΗΑΜ		
	[1] M=81,583	**[2]** M=85,917
Ναι **[1]**		0,724028
Όχι **[2]**	0,724028	

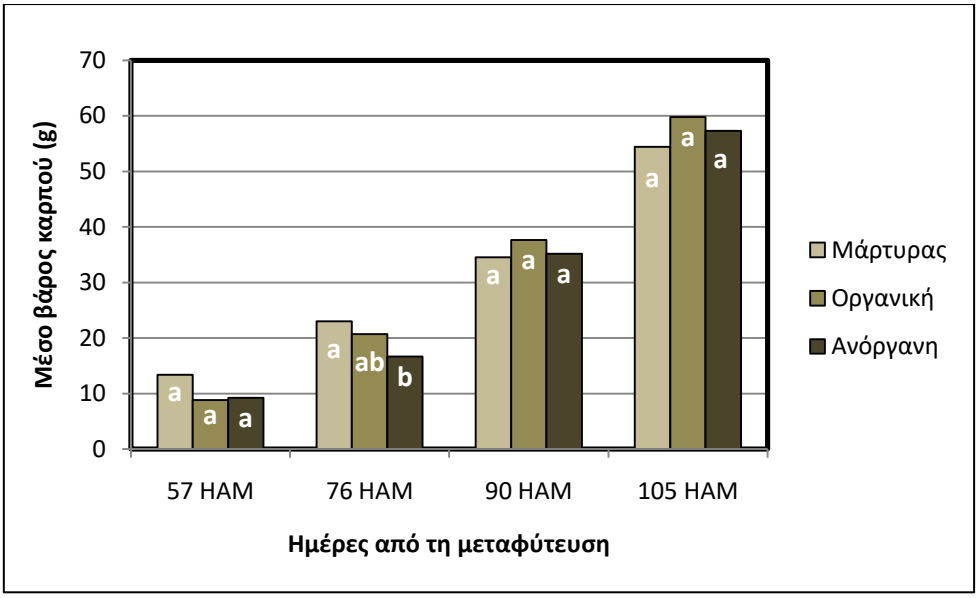
Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και των υπο-υποτεμαχίων, λίπανση και επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πίνακες 4.6, 4.7**).

4.1.4 Μέσο βάρος καρπού



Γράφημα 4.6. Μέσο βάρος καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Όπως φαίνεται παραπάνω, οι μετρήσεις του μέσου βάρους καρπού παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι κατά την **57**^{η} ,**76**^{η} και **90**^{η} ημέρα από τη μεταφύτευση το υβρίδιο **Heinz 3402** έδειξε κατά **63%, 4%, 11%**, αντίστοιχα, **υψηλότερες τιμές μέσου** βάρους καρπού σε σύγκριση με το υβρίδιο **Dexter F1**. Αντίθετα, την **105**^{η} ημέρα το υβρίδιο **Dexter** έδειξε κατά **21%** υψηλότερη τιμή μέσου βάρους καρπού συγκρινόμενο με το υβρίδιο **Heinz 3402** (**Γράφημα 4.6**).



Γράφημα 4.7. Μέσο βάρος καρπού για τις διαφορετικές λιπάνσεις (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Οι μετρήσεις του μέσου βάρους καρπού παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων (λίπανση). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι την **76**η ημέρα από τη μεταφύτευση ο **μάρτυρας** έδειξε **38%** υψηλότερη τιμή μέσου βάρους καρπού σε σύγκριση με την **ανόργανη λίπανση**. Αντίθετα, στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν 57, 90 και 105 ημέρες μετά τη μεταφύτευση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επιπέδων λίπανσης (**Γράφημα 4.7**).

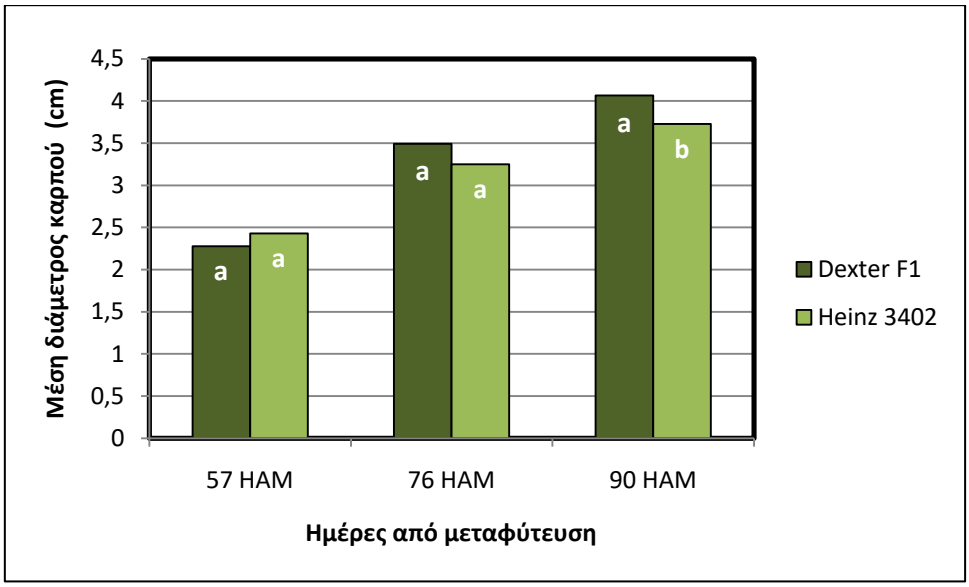
Πίνακας 4.8. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του μέσου βάρους καρπού, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
57 HAM		
	[1] M=12,171	**[2]** M=8,7776
Ναι **[1]**		0,259908
Όχι **[2]**	0,259908	
76DAP		
	[1] M=21,108	**[2]** M=19,153
Ναι **[1]**		0,416604
Όχι **[2]**	0,416604	
90DAP		
	[1] M=34,076	**[2]** M=37,450
Ναι **[1]**		0,376395
Όχι **[2]**	0,376395	

105DAP		
	[1] M=57,276	**[2]** M=57,067
Ναι **[1]**		0,949908
Όχι **[2]**	0,949908	

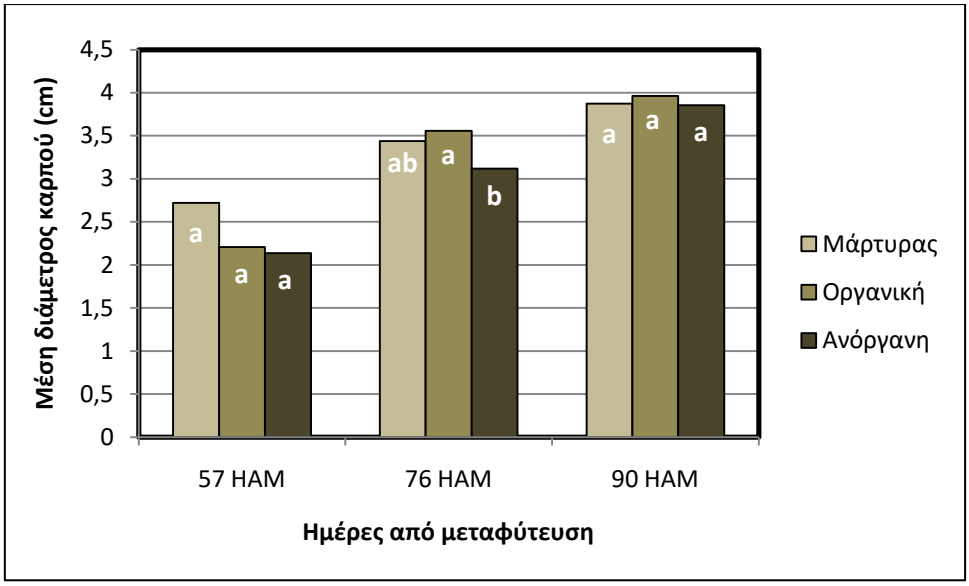
Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα της επιμόλυνσης με μυκόρριζα (**Πίνακας 4.8**).

4.1.5 Μέση διάμετρος καρπού



Γράφημα 4.8. Μέση διάμετρος καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάζουν και οι μετρήσεις της μέσης διαμέτρου καρπού ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι την **90**^{η} ημέρα από τη μεταφύτευση το υβρίδιο **Dexter F1** έδειξε κατά **9%** υψηλότερη τιμή μέσης διαμέτρου καρπού σε σύγκριση με το υβρίδιο **Heinz 3402**. Αντίθετα, στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν 57 και 76 ημέρες μετά τη μεταφύτευση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο υβριδίων **(Γράφημα 4.8**).



Γράφημα 4.9. Μέση διάμετρος καρπού για τα τρία επίπεδα λίπανσης (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM). Τα γράμματα a, b επισημαίνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

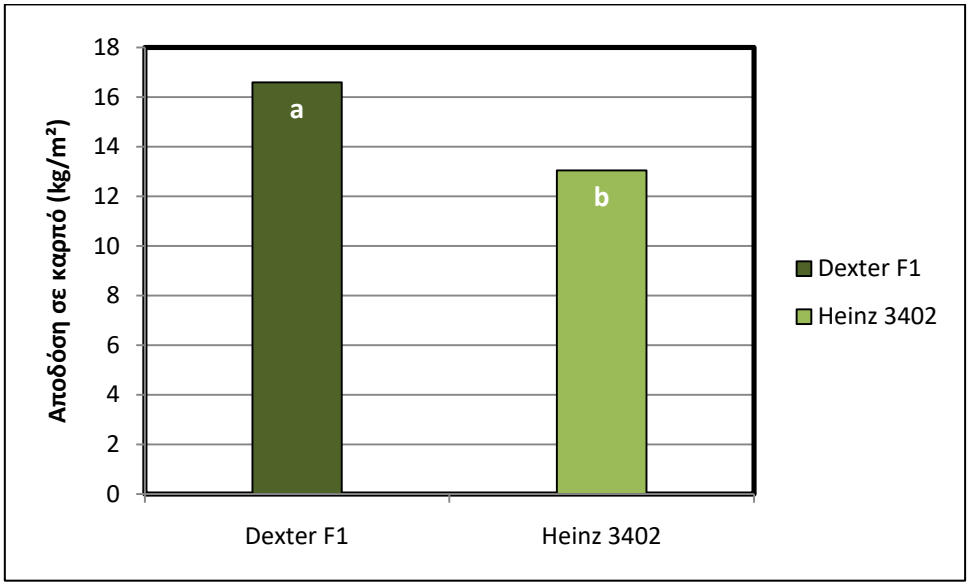
Επιπλέον, οι μετρήσεις της μέσης διαμέτρου καρπού παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων (λίπανση). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι την **76**^{η} ημέρα από τη μεταφύτευση η **οργανική** λίπανση έδειξε **14%** υψηλότερες τιμή μέσης διαμέτρου καρπού σε σύγκριση με την **ανόργανη** λίπανση. Αντίθετα, στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν 57 και 90 ημέρες μετά τη μεταφύτευση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επιπέδων λίπανσης (**Γράφημα 4.9**).

Πίνακας 4.9. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της μέσης διαμέτρου καρπού, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 HAM) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05 .

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
57 HAM		
	[1] M=2,544	**[2]** M=2,163
Ναι **[1]**		0,262397
Όχι **[2]**	0,262397	
76 HAM		
	[1] M=3,425	**[2]** M=3,317
Ναι **[1]**		0,542296
Όχι **[2]**	0,542296	
90 HAM		
	[1] M=3,876	**[2]** M=3,917
Ναι **[1]**		0,779902
Όχι **[2]**	0,779902	

Ενώ, οι μετρήσεις του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων (**Πίνακας 4.9**).

4.1.6 Απόδοση σε καρπό



Γράφημα 4.10. Αποδόσεις καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητα α= 0,05.

Συγχρόνως, οι τελικές αποδόσεις της καλλιέργειας (kg/m^2) παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι ο μέσος όρος των αποδόσεων για το υβρίδιο **Dexter F1** ήταν κατά **27%** υψηλότερος από εκείνον του υβριδίου **Heinz 3402** (**Γράφημα 4.10**).

Πίνακας 4.10. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) των αποδόσεων καρπού (kg/m^2), ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

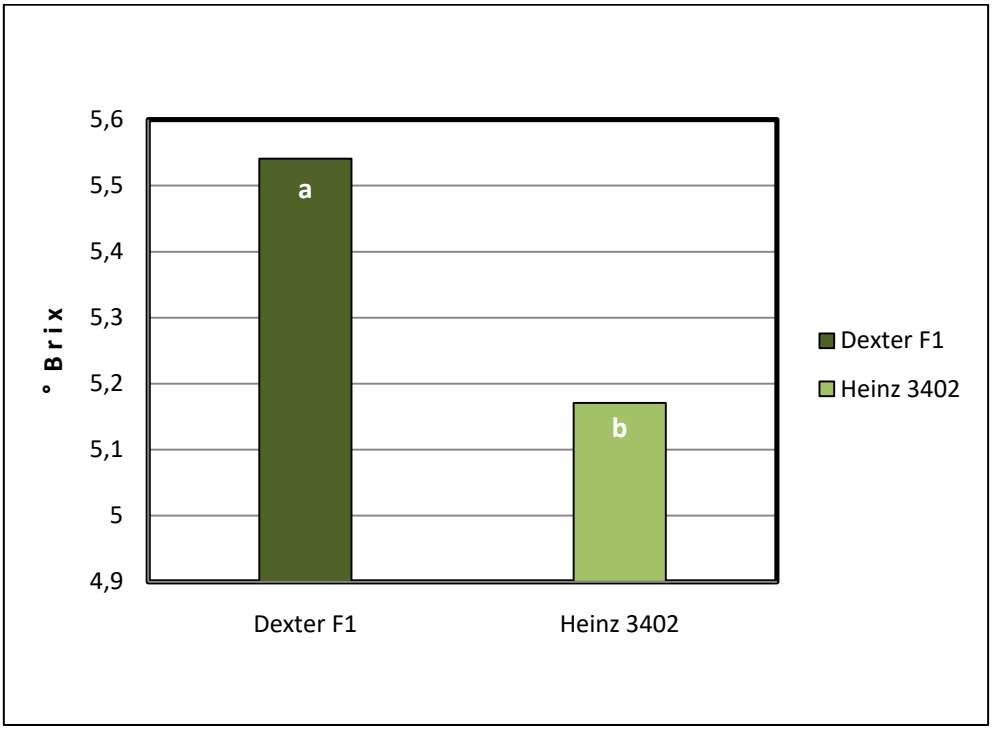
Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
ΛΙΠΑΝΣΗ	**[1]** M=15,116	**[2]** M=13,953	**[3]** M=15,396
Ανόργανη **[1]**		0,363792	0,824753
Μάρτυρας **[2]**	0,363792		0,262052
Οργανική **[3]**	0,824753	0,262052	
ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	**[1]** M=14,973	**[2]** M=14,670	

Ναι **[1]**		0,772220	
Όχι **[2]**	0,772220		

Ωστόσο, σύμφωνα με την Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και των υπο-υποτεμαχίων, λίπανση και επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πίνακας 4.10**).

4.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

4.2.1 Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά



Γράφημα 4.11. Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

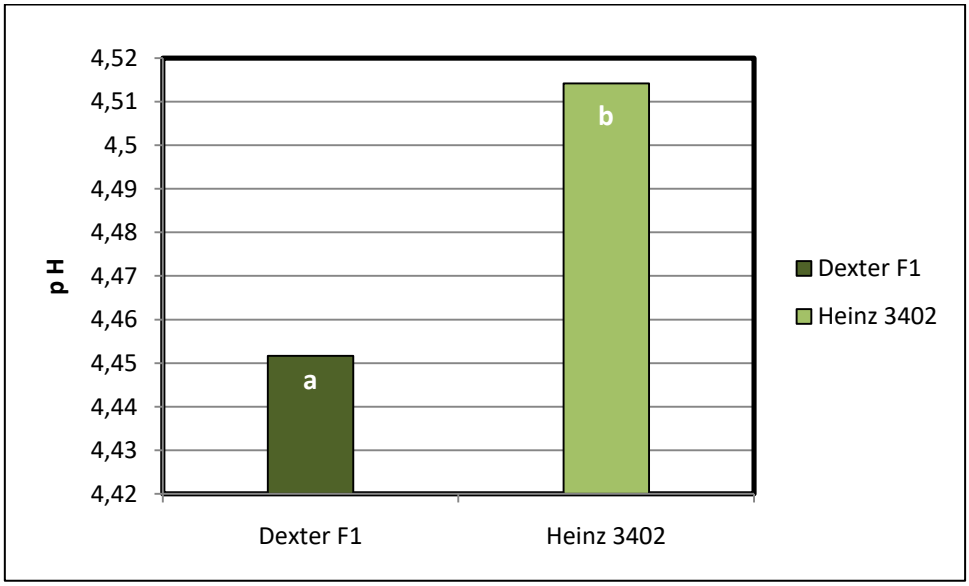
Σύμφωνα με την Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας, οι μετρήσεις των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών καρπού, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, το υβρίδιο **Dexter F1** έδειξε κατά **7%** υψηλότερη τιμή ολικών διαλυτών στερεών σε σύγκριση με το υβρίδιο **Heinz 3402** (**Γράφημα 4.11**).

Πίνακας 4.11. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) των ολικών στερεών διαλυτών, ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
ΛΙΠΑΝΣΗ	**[1]** M=5,316	**[2]** =5,386	**[3]** M=5,365
Ανόργανη **[1]**		0,750285	0,824478
Μάρτυρας **[2]**	0,750285		0,922946
Οργανική **[3]**	0,824478	0,922946	
ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	**[1]** M=5,326	**[2]** M=5,386	
Ναι **[1]**		0,732234	
Όχι **[2]**	0,732234		

Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και των υπο-υποτεμαχίων, λίπανση και επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πίνακας 4.11**).

4.2.2 Ενεργός οξύτητα



Γράφημα 4.12. Ενεργός οξύτητα (pH) για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Παρομοίως οι μετρήσεις της ενεργού οξύτητας, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, το υβρίδιο **Heinz 3402** έδειξε κατά **1,3**% υψηλότερη τιμή ενεργού οξύτητας σε σύγκριση με το υβρίδιο **Dexter F1** (**Γράφημα 4.12**).

Πίνακας 4.12. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της ενεργού οξύτητας (pH), ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
ΛΙΠΑΝΣΗ	**[1]** M=4,5025	**[2]** M=4,4625	**[3]** M=4,4837
Ανόργανη **[1]**		0,173439	0,516100
Μάρτυρας **[2]**	0,173439		0,462407
Οργανική **[3]**	0,516100	0,462407	
ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	**[1]** M=4,4708	**[2]** M=4,4950	
Ναι **[1]**		0,307358	
Όχι **[2]**	0,307358		

Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και των υπο-υποτεμαχίων, λίπανση και επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πίνακας 4.12**).

4.2.3 Ολική οξύτητα

Πίνακας 4.13. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της ολικής οξύτητας, ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

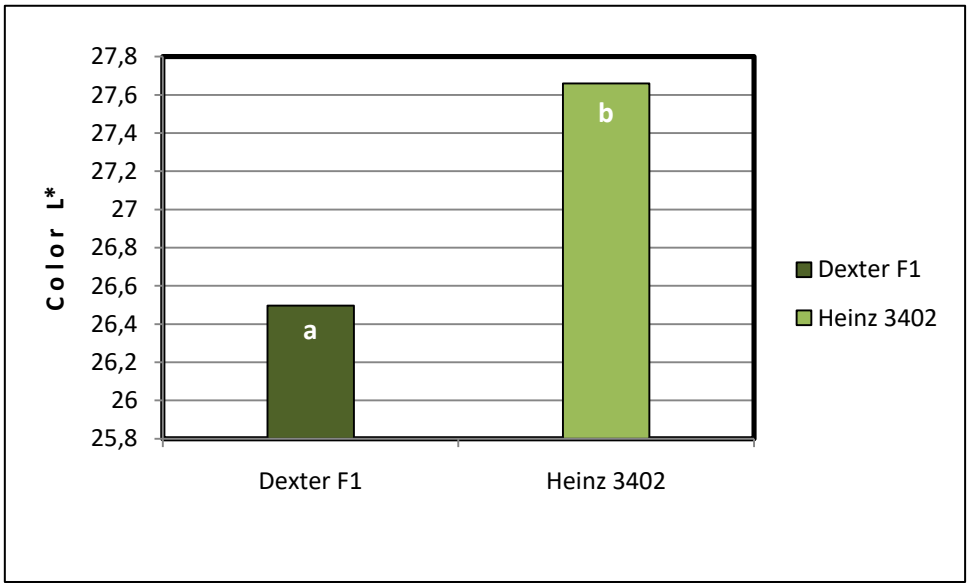
Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
ΥΒΡΙΔΙΟ	**[1]** M=0,57333	**[2]** M=0,57333	
Dexter F1 **[1]**		1,000000	
Heinz 3402 **[2]**	1,000000		
ΛΙΠΑΝΣΗ	**[1]** M=0,58375	**[2]** M=0,55750	**[3]** M=0,57875
Ανόργανη **[1]**		0,353984	0,858457
Μάρτυρας **[2]**	0,353984		0,451438
Οργανική **[3]**	0,858457	0,451438	
ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	**[1]** M=0,57000	**[2]** M= 0,57667	
Ναι **[1]**		0,770517	
Όχι **[2]**	0,770517		

Ως προς την ολική οξύτητα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε ως προς τον παράγοντα κύριων τεμαχίων, υβρίδιο αλλά ούτε και ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και των υπο-υποτεμαχίων, λίπανση και επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πίνακας 4.13**).

Ένας δευτερεύων δείκτης ποιότητας που δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε ως προς τους παράγοντες των κύριων τεμαχίων και των υποτεμαχίων από τη μία πλευρά, ούτε και ως προς τα υπο-υποτεμάχια από την άλλη, ήταν ο λόγος σακχάρων(°Brix)/ οξέων (ολική οξύτητα).

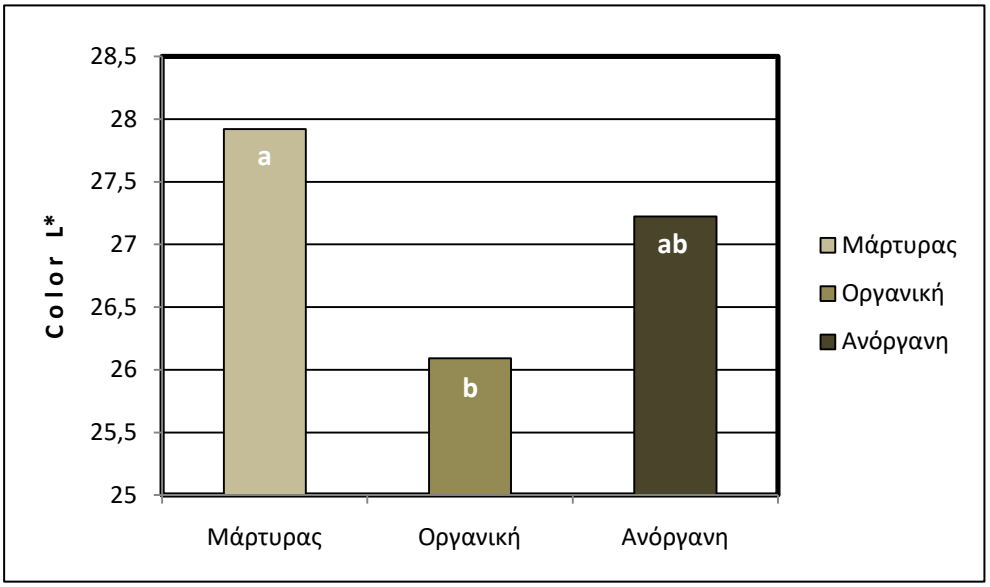
4.2.4 Εκτίμηση χρώματος καρπού

4.2.4.1 Color L*



Γράφημα 4.13. Χρωματικός παράγοντας L* (Color L*) καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητα α= 0,05.

Ταυτόχρονα, οι μετρήσεις του χρωματικού παράγοντα L* του καρπού παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, το υβρίδιο **Heinz 3402** έδειξε κατά **4%** υψηλότερη τιμή χρωματικού παράγοντα L* σε σύγκριση με το υβρίδιο **Dexter F1** (**Γράφημα 4.13**).



Γράφημα 4.14. Χρωματικός παράγοντας L* (Color L*) καρπού για τις διαφορετικές λιπάνσεις (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Ακόμα, οι μετρήσεις του χρωματικού παράγοντα L* του καρπού παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, τη λίπανση. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι ο **μάρτυρας** έδειξε κατά **7%** υψηλότερη τιμή χρωματικού παράγοντα L* σε σύγκριση με την **οργανική λίπανση** (**Γράφημα 4.14**).

Πίνακας 4.14. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του χρωματικού παράγοντα L*, ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητα α= 0,05 .

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	**[1]** M=27,171	**[2]** M=26,986
Ναι **[1]**		0,734773
Όχι **[2]**	0,734773	

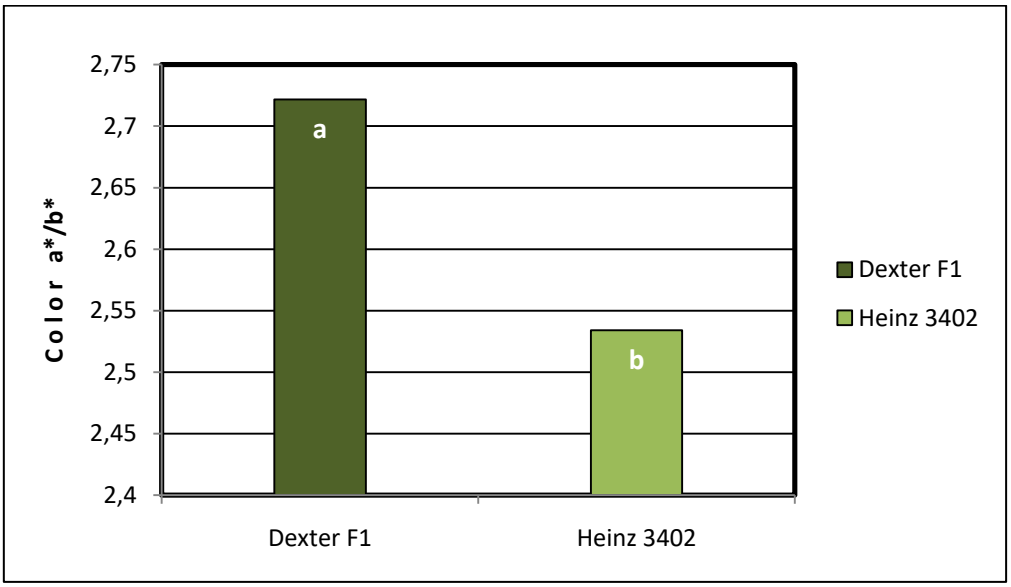
Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, δηλαδή την επιμόλυνση με μυκόρριζα (**Πίνακας 3.14**).

Πίνακας 4.15. Επίδραση του υβριδίου (Dexter F1, Heinz 3402) και της λίπανσης (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στον χρωματικό παράγοντα L* (Color L*) του καρπού στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσα Τετράγωνα	F	p
Intercept	17597,67	1	17597,67	293294,5	0,001176
Επανάληψη	0,06	1	0,06	0,0	0,926021
Υβρίδιο	8,12	1	8,12	1,8	0,404084
Υβρίδιο x Επανάληψη	4,40	1	4,40	6,9	0,017976
Λίπανση	13,65	2	6,82	10,8	0,001091
Υβρίδιο x Λίπανση	2,21	2	1,11	1,7	0,206146
Σφάλμα	10,14	16	0,63		

Σύμφωνα με την Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας η αλληλεπίδραση του παράγοντα κύριων τεμαχίων με τον παράγοντα υποτεμαχίων (υβρίδιο Χ λίπανση) δεν φάνηκε να είναι στατιστικά σημαντική (**Πίνακας 4.15**).

4.2.4.2 Color a*/b*



Γράφημα 4.15. Λόγος χρωματικών παραγόντων a*/b* (Color a*/b*) καρπού για τα δύο υβρίδια (Dexter F1, Heinz 3402) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Όσον αφορά τις μετρήσεις του λόγου χρωματικών παραγόντων a*/b* του καρπού παρατηρήθηκε ότι παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον

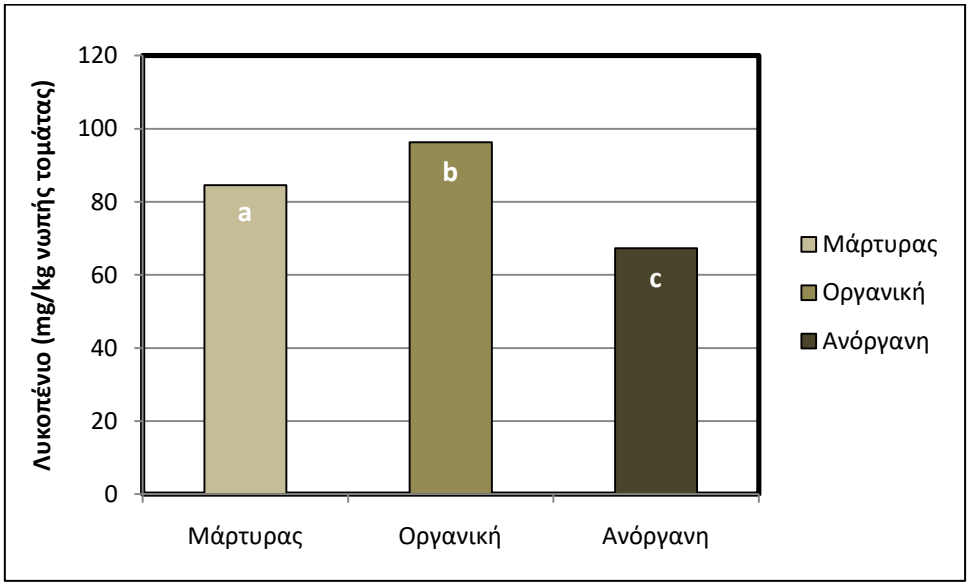
παράγοντα κύριων τεμαχίων (υβρίδιο). Πιο συγκεκριμένα, το υβρίδιο **Dexter F1** έδειξε κατά **7%** υψηλότερη τιμή λόγου a*/b* σε σύγκριση με το υβρίδιο **Heinz 3402** (**Γράφημα 4.15**).

Πίνακας 4.16. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του λόγου των χρωματικών παραγόντων a*/b* , ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
ΛΙΠΑΝΣΗ	**[1]** M=2,575	**[2]** M=2,606	**[3]** M=2,702
Ανόργανη **[1]**		0,658515	0,081616
Μάρτυρας **[2]**	0,658515		0,181854
Οργανική **[3]**	0,081616	0,181854	
ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	**[1]** M=2,632	**[2]** M=2,624	
Ναι **[1]**		0,901992	
Όχι **[2]**	0,901992		

Εν τούτοις, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και των υπο-υποτεμαχίων, λίπανση και επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πινακας 4.16**).

4.2.5 Απόδοση σε λυκοπένιο



Γράφημα 4.16. Περιεκτικότητα καρπού σε λυκοπένιο για τις διαφορετικές λιπάνσεις (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση, σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Αναφορικά με την περιεκτικότητα του καρπού σε λυκοπένιο τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, τη λίπανση. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι η **οργανική** λίπανση έδωσε κατά **43**% και **14**% υψηλότερη τιμή περιεκτικότητας λυκοπενίου σε σύγκριση με την **ανόργανη** λίπανση και τον **μάρτυρα**, αντίστοιχα (**Γράφημα 4.16**).

Πίνακας 4.17. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) της περιεκτικότητας λυκοπενίου, ως προς τους παράγοντες των κύριων τεμαχίων, υβρίδιο (Dexter F1, Heinz 3402), των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) και των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα στις 105 ημέρες από τη μεταφύτευση και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
ΥΒΡΙΔΙΟ	**[1]** M=85,022	**[2]** M=80,386
Dexter F1 **[1]**		0,405645
Heinz 3402 **[2]**	0,405645	
ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	**[1]** M=81,654	**[2]** M=82,704
Ναι **[1]**		1,000000
Όχι **[2]**	1,000000	

Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε ως προς τον παράγοντα κύριων τεμαχίων, υβρίδιο αλλά ούτε και ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, αντίστοιχα (**Πίνακας 4.17**).

4.3 Αποικισμός ρίζας με μυκόρριζα

Πίνακας 4.18. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα (%), ως προς τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων, υβρίδιο (Dexter F1, Heinz 3402), στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 ΗΑΜ) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
57 ΗΑΜ		
	[1] M=52,583	**[2]** M=46,500
Dexter F1 **[1]**		0,236342
Heinz 3402 **[2]**	0,236342	
76 ΗΑΜ		
	[1] M=69,417	**[2]** M=66,167
Dexter F1 **[1]**		0,279600
Heinz 3402 **[2]**	0,279600	
90 ΗΑΜ		
	[1] M=71,917	**[2]** M=73,000
Dexter F1 **[1]**		0,774820
Heinz 3402 **[2]**	0,774820	

Αναφορικά με τον αποικισμό της ρίζας με μυκόρριζα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον παράγοντα κύριων τεμαχίων (**Πίνακας 4.18**).

Πίνακας 4.19. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα (%), ως προς τον παράγοντα των υποτεμαχίων, λίπανση (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας), στις 57, 76, 90 και 105 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90, 105 ΗΑΜ) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05.

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)			
57 ΗΑΜ			
	[1] M=47,625	**[2]** M=49,750	**[3]** M=51,250
Ανόργανη **[1]**		0,744023	0,578446
Μάρτυρας **[2]**	0,744023		0,817593
Οργανική **[3]**	0,578446	0,817593	
76 ΗΑΜ			
	[1] M=67,750	**[2]** M=65,000	**[3]** M=70,625
Ανόργανη **[1]**		0,449864	0,429829
Μάρτυρας **[2]**	0,449864		0,130193
Οργανική **[3]**	0,429829	0,130193	
90 ΗΑΜ			
	[1] M=72,125	**[2]** M=70,500	**[3]** M=74,750
Ανόργανη **[1]**		0,727630	0,574605
Μάρτυρας **[2]**	0,727630		0,366414
Οργανική **[3]**	0,574605	0,366414	

Πίνακας 4.20. Πολλαπλή Ανάλυση Παραλλακτικότητας (MANOVA) του αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα (%), ως προς τον παράγοντα των υπο-υποτεμαχίων, επιμόλυνση με μυκόρριζα, στις 57, 76 και 90 ημέρες από τη μεταφύτευση (57, 76, 90 ΗΑΜ) και σε επίπεδο σημαντικότητας α= 0,05 .

Σύγκριση μέσων με τη μέθοδο LSD (Least Significant Difference)		
57 ΗΑΜ		
	[1] M=54,417	**[2]** M=44,667
Ναι **[1]**		0,051082
Όχι **[2]**	0,051082	
76 ΗΑΜ		
	[1] M=69,667	**[2]** M=65,917
Ναι **[1]**		0,210074
Όχι **[2]**	0,210074	
90 ΗΑΜ		
	[1] M=76,417	**[2]** M=68,500
Ναι **[1]**		0,027212
Όχι **[2]**	0,027212	

Τέλος, ως προς αυτό το χαρακτηριστικό δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε ως προς τους παράγοντες των υποτεμαχίων και υπο-υποτεμαχίων (**Πίνακες 4.19, 4.20**).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις του παράγοντα επιμόλυνση της ρίζας με μυκόρριζα για κανένα από τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν. Πιθανή αιτία αυτού του γεγονότος είναι ότι η καλλιέργεια έλαβε χώρα σε βιολογικό αγρό. Αναλυτικότερα, τα βιολογικά συστήματα καλλιέργειας έχουν την τάση να είναι λιγότερο επιζήμια για τους συμβιωτικούς μυκορριζικούς μικροοργανισμούς, καθώς αποκλείουν τη χρήση υδατοδιαλυτών λιπασμάτων και των περισσότερων βιοκτόνων, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερα ποσοστά αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα και σε αυξημένη πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών (Gosling *et al.* 2006). Έτσι, ακόμη και τα υποτεμάχια που δεν είχαν επιμολυνθεί με τον μύκητα *Glomus intraradices* παρουσίασαν παρόμοια ποσοστά αποικισμού σε σύγκριση με εκείνα που είχαν δεχθεί την επέμβαση με μυκόρριζα.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω έρχεται η μελέτη των Xu *et al.* (2001), στην οποία καταδεικνύεται ότι ο εμβολιασμός με ωφέλιμο μικροοργανισμό, σε δύο διαφορετικά επίπεδα οργανικής λίπανσης, είχε θετική επίδραση στη συγκέντρωση βιταμίνης C και στην απόδοση καρπού φυτών τομάτας. Αξίζει να σημειωθεί ότι το παραπάνω πείραμα έγινε σε γλάστρες, υπό κάλυψη. Παρομοίως, οι Nzanza *et al.* (2011) επισημαίνουν ότι στο πείραμα τους, σε υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας, η επιμόλυνση της ρίζας με τον μύκητα *Glomus mosseae* οδήγησε σε αύξηση του ποσοστού των πολύ μεγάλων καρπών επί του συνολικού αριθμού των καρπών, στην πρωίμιση της καλλιέργειας, αλλά και στη βελτίωση της ποιότητας μέσω της αύξησης των διαλυτών στερεών.

Όσον αφορά τη λίπανση, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις των τριών διαφορετικών επιπέδων της (οργανική, ανόργανη, μάρτυρας) στην περιεκτικότητα του καρπού σε λυκοπένιο. Συγκεκριμένα, η οργανική λίπανση έδωσε υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ανόργανη και τον μάρτυρα. Η μελέτη των Copetta *et al*. (2011) επιβεβαιώνει ότι η λίπανση με compost είχε θετική επίδραση στην συγκέντρωση των καροτενοειδών. Επιπρόσθετα, οι Barrett et al. (2007) εντόπισαν σημαντική θετική επίδραση του συστήματος παραγωγής στην απόδοση λυκοπενίου, με τα αποτελέσματα όμως να διαφέρουν από παραγωγό σε παραγωγό. Αντίθετα αποτελέσματα φανερώνει η μελέτη των Pieper & (2009), η οποία δεν αναφέρει επίδραση του παράγοντα μεταξύ βιολογικού και συμβατικού καλλιεργητικού συστήματος παραγωγής.

Παράλληλα, στην παρούσα μελέτη δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την απόδοση καρπού μεταξύ ανόργανης και οργανικής λίπανσης, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία και με άλλες συγκριτικές μελέτες (Bocek *et al.,* 2008; Pieper & Barrett, 2009; Murmu *et al.,* 2013).

Ως προς τη συγκέντρωση των σακχάρων στον καρπό, η οργανική λίπανση δεν παρουσίασε κάποια θετική επίδραση σε σύγκριση με την ανόργανη λίπανση, σε αντίθεση με την έρευνα των Xu *et al.* (2001). Παρομοίως, η ολική οξύτητα φάνηκε να μην επηρεάζεται από την λίπανση, ενώ οι Toor *et al.* (2006) αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι οι τομάτες που αναπτύσσονται σε εδαφικό διάλυμα όπου κυριαρχούν τα νιτρικά, όπως εκείνα που χρησιμοποιούνται σε συμβατικά συστήματα παραγωγής, έχουν σημαντικά χαμηλότερες τιμές ολικής οξύτητας σε σύγκριση με εκείνες που αναπτύσσονται με οργανική λίπανση ή ανόργανη λίπανση με μικρή αναλογία νιτρικών/αμμωνιακών.

Όσον αφορά τον παράγοντα των κύριων τεμαχίων, όλα τα μετρούμενα χαρακτηριστικά -εκτός από την ολική οξύτητα, την απόδοση σε λυκοπένιο και το ποσοστό αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα- παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο υβριδίων τομάτας, εξαιτίας της παραλλακτικότητας του γενετικού υλικού.

Επιπλέον, σημειώθηκε επίδραση του υβριδίου και της λίπανσης στον χρωματικό παράγοντα L*, χωρίς όμως η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων να είναι στατιστικά σημαντική. Οι Warner *et al*. (2004) πάντως αναφέρουν πως οι διαφορετικές δόσεις αζωτούχου λίπανσης δεν επηρέασαν το χρώμα καρπών τομάτας. Κατά παρόμοιο τρόπο, η αλληλεπίδραση μεταξύ του υβριδίου, της λίπανσης και επιμόλυνσης της ρίζας με μυκόρριζα δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές επιδράσεις για κανένα από τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν.

Το εξωτερικό χρώμα των καρπών αποτελεί έναν ποιοτικό παράγοντα που φαίνεται να συνδέεται στενά με την συγκέντρωση λυκοπενίου (Arias *et al.*, 2000, Helyes *et al.*, 2006, Barrett & Anthon, 2008). Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα κατέδειξαν σημαντικά θετικές συσχετίσεις των χρωματικών παραμέτρων a*, b*, hue και chroma και της περιεκτικότητας των καρπών σε λυκοπένιο. Επιπλέον, σύμφωνα πάλι με τους Heyles *et al.* (2006) και τα ολικά διαλυτά στερεά σχετίζονται θετικά και με τη συγκέντρωση λυκοπενίου. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη δεν σημειώθηκαν παρόμοιες συσχετίσεις.

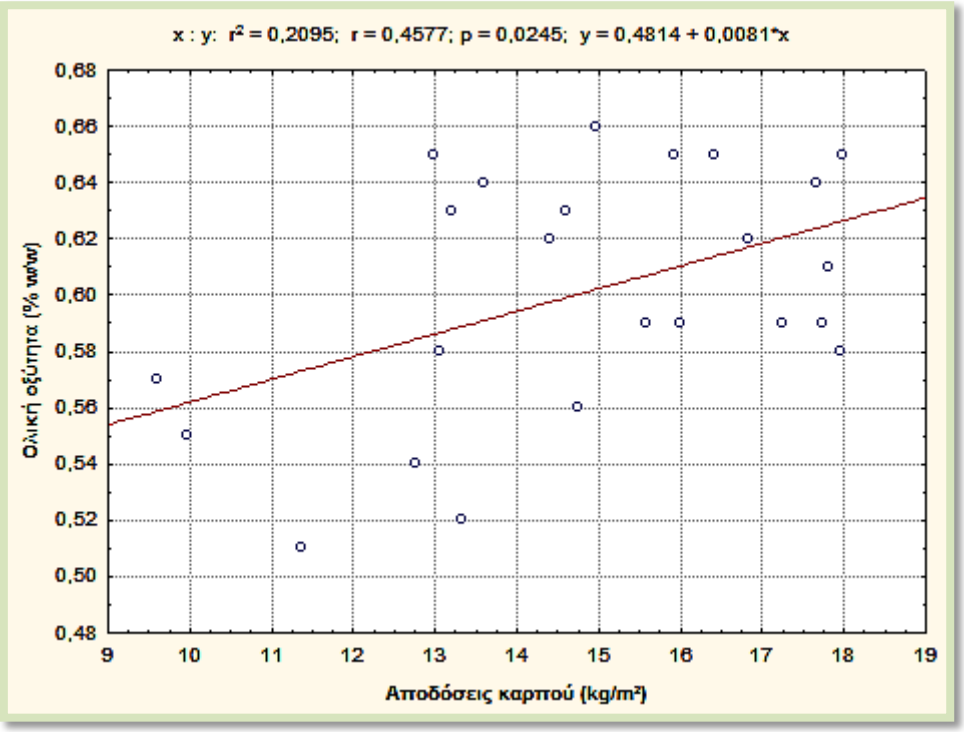
Σημειώθηκαν, όμως, συσχετίσεις μεταξύ των διαφορετικών ποιοτικών χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα, ο λόγος a*/b* παρουσιάζει θετική συσχέτιση με τα ολικά στερεά διαλυτά (μετρούμενα σε °Brix) και την ενεργό οξύτητα (pH). Αντίθετα, αρνητική συσχέτιση σημειώθηκε με την ολική οξύτητα, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 5.1**).

Πίνακας 5.1. Συσχετίσεις (R) μεταξύ των ποιοτικών χαρακτηριστικών του καρπού. Στις παρενθέσεις δίνονται οι τιμές του p και με *, **, * υποδηλώνονται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα 0.05, 0.01 και 0.001, αντίστοιχα.**

	°Brix	pH	Ολική οξύτητα
a*/b*	0,422 (0,04)	0,518 (0,009)	-0,469 (0,021)
	*	**	*

Οι παραπάνω σχέσεις δικαιολογούνται απόλυτα καθώς ο λόγος a/b, ενδεικτικός του κόκκινου χρωματισμού των καρπών, συνδέεται άμεσα με την ωρίμανση των καρπών τομάτας. Επιπλέον, η ωρίμανση των καρπών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των επιπέδων των οξέων, μείωση η οποία συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση των σακχάρων. Παράλληλα, η ενεργός οξύτητα (pH) αυξάνει με την πρόοδο της ωρίμανσης των καρπών (Garcia *et al.*, 2005). Σύμφωνα με τους Anthon *et al.* (2011) κατά το στάδιο της ωρίμανσης παρατηρείται αύξηση του pH και ταυτόχρονη μείωση της ολικής οξύτητας, λόγω της μείωσης του κιτρικού οξέος στους καρπούς. Αυτή η αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ ενεργού και ολικής οξύτητας επιβεβαιώνεται και στο παρόν πείραμα. Οι παραπάνω συσχετίσεις επιβεβαιώνουν τη σημασία αυτών των παραμέτρων για τη γεύση, την ποιότητα αλλά και για την ασφάλεια του τελικού προϊόντος.

Θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε και μεταξύ των αποδόσεων καρπού και της ολικής οξύτητας (**Γράφημα 5.1**). Αυτό επεξηγείται αν σκεφτεί κανείς ότι στο συγκεκριμένο πείραμα η συγκομιδή όλων των καρπών πραγματοποιήθηκε την ίδια ημέρα. Επομένως, η περιεκτικότητα των οξέων, και κατ' επέκταση η ολική οξύτητα, ήταν μεγαλύτερη από εκείνη των σακχάρων στους καρπούς των οποίων η ωρίμανση δεν είχε ακόμη ολοκληρωθεί. Πιθανότατα, μια τέτοια διαφορά στην ωρίμανση να σχετίζεται και με τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.



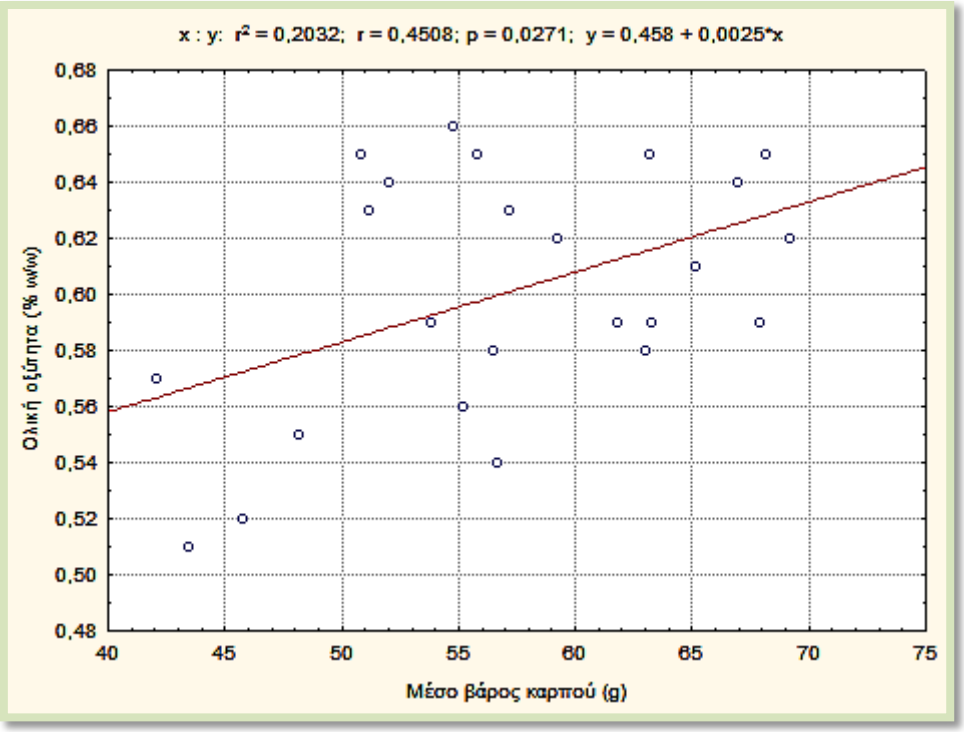
Γράφημα 5.1. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ των αποδόσεων και της ολικής οξύτητας στους καρπούς της βιομηχανικής τομάτας.

Συγκεκριμένα οι Pieper & Barrett (2009) παρατήρησαν ότι, συγκρίνοντας τα βιολογικά και συμβατικά πειραματικά πεδία κάθε αγροκτήματος, οι βιολογικοί καρποί απαιτούσαν περισσότερες ημέρες για να φθάσουν στον ίδιο βαθμό εμπορικής ωρίμανσης, όπως εκείνη καθοριζόταν από τον παραγωγό, με τους συμβατικούς καρπούς. Αυτό πρακτικά υποδηλώνει ότι εάν βιολογικές και συμβατικές τομάτες καλλιεργηθούν από τον ίδιο γεωργό και τους δοθεί ο ίδιος χρόνος ανάπτυξης, το αποτέλεσμα θα είναι η συγκομιδή λιγότερο ώριμων καρπών από το πεδίο στο οποίο έχει εφαρμοσθεί οργανική λίπανση.

Αυτή η άποψη επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη των Zhao et al. (2007) οι οποίοι κατέγραψαν ότι οι τομάτες που είχαν καλλιεργηθεί συμβατικά αξιολογήθηκαν ως

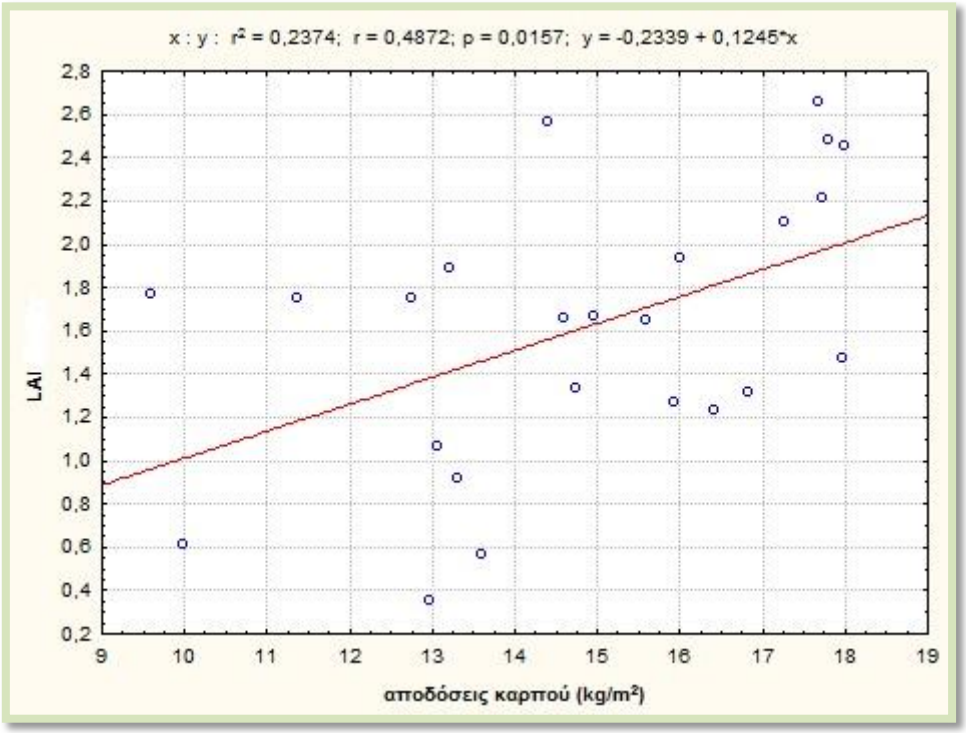
περισσότερο ώριμες στη γεύση, σε οργανοληπτική δοκιμή από καταναλωτές, σε σύγκριση με εκείνες που είχαν καλλιεργηθεί βιολογικά.

Θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε και μεταξύ της ολικής οξύτητας και του μέσου βάρους καρπού (**Γράφημα 5.2**), καθώς αύξηση στο μέγεθος του καρπού οδηγεί και σε αύξηση της συγκέντρωσης των οξέων. Η παραπάνω συσχέτιση επαληθεύεται και από άλλες συγκριτικές μελέτες (Tittonell *et al.,* 2001; Tigist *et al.*,2013; Aoun *et al.,*2013).



Γράφημα 5.2. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του μέσου βάρους και της ολικής οξύτητας στους καρπούς της βιομηχανικής τομάτας.

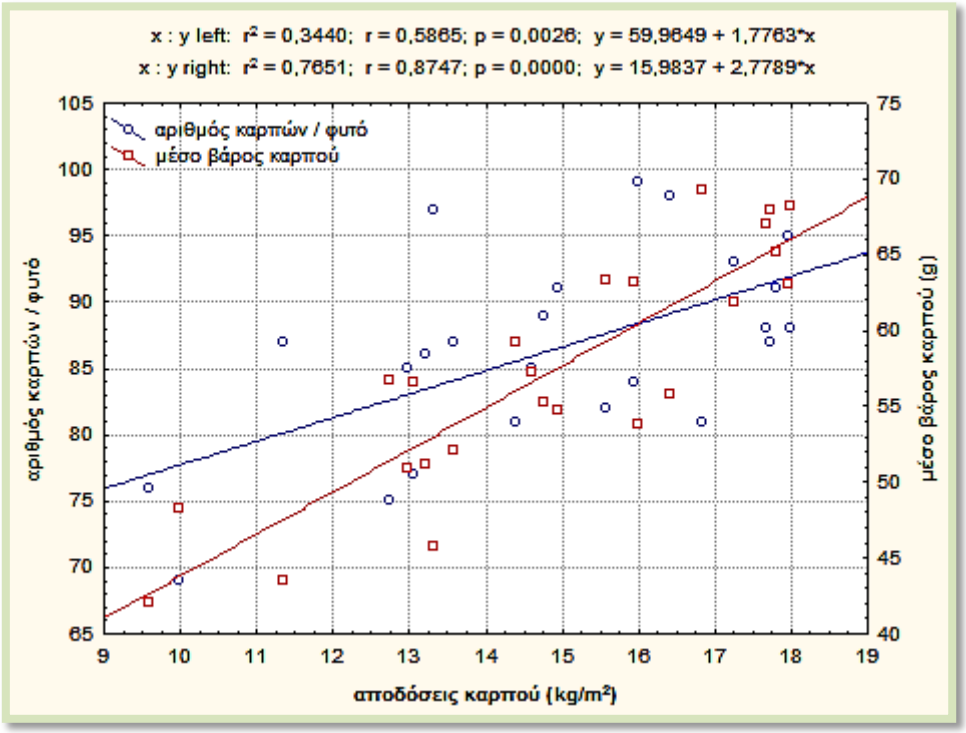
Σχετικά με το υπέργειο μέρος η φυλλική επιφάνεια συσχετίστηκε θετικά με τις αποδόσεις καρπού. Οι Zelitch (1982) και Long *et al.* (2006) επιβεβαιώνουν αυτή τη συσχέτιση. Αυξημένη φυλλική επιφάνεια οδηγεί σε αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης του υπέργειου μέρους, καλύτερο εφοδιασμό του καρπού με φωτοσυνθετικά προϊόντα και εν τέλει αυξημένες αποδόσεις καρπού (**Γράφημα 5.3**).



Γράφημα 5.3. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ των αποδόσεων καρπού και της φυλλικής επιφάνειας των φυτών βιομηχανικής τομάτας.

Σύμφωνα μάλιστα με τους Prudent *et al.* (2009) παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση της φυλλικής επιφάνειας του φυτού με το ξηρό βάρος της περιεκτικότητας σακχάρων. Συγκεκριμένα, η κύρια υπόθεση ήταν ότι όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των φύλλων ή η επιφάνεια του φύλλου, τόσο υψηλότερη είναι η παραγωγή σακχάρων μέσω της φωτοσύνθεσης και έτσι τόσο υψηλότερη η περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Ισορροπία μεταξύ της ευρωστίας του φυτού και της κατανομής των φωτοσυνθετικών προϊόντων στον καρπό αναφέρουν και οι Vaast *et al.* (2006) σε επίπεδο ολόκληρου του φυτού. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη δεν παρατηρήθηκε παρόμοια συσχέτιση.

Τέλος, θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ αριθμού καρπών, μέσου βάρους καρπού και τελικών αποδόσεων καρπού (**Γράφημα 5.4**). Παρομοίως, η μελέτη των Haydar *et al.* (2007) έδειξε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του βάρους καρπού από τη μία πλευρά και του αριθμού καρπών ανά φυτό και της απόδοσης καρπού από την άλλη. Ταυτόχρονα, οι Islam & Khan (1991) ανέφεραν ότι η απόδοση καρπού συσχετίσθηκε στενά με το μέσο βάρος καρπού.



Γράφημα 5.4. Γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης καρπού με τον αριθμό καρπών ανά φυτό και το μέσο βάρος καρπού της καλλιέργειας.

Συμπερασματικά, η καλλιέργεια δύο διαφορετικών υβριδίων βιομηχανικής τομάτας υπό οργανική λίπανση έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα με τις αποδόσεις καρπού, τα αγρονομικά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά να μην υστερούν των αντίστοιχων μετά από εφαρμογή ανόργανης λίπανσης.

Αναφορικά δε με τη συγκέντρωση λυκοπενίου στους καρπούς τομάτας, υπήρξε θετική επίδραση της οργανικής λίπανσης, δίνοντας κίνητρο για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο πεδίο.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ενθαρρύνουν την καλλιέργεια σε βιολογικά συστήματα παραγωγής, τα οποία σε συνδυασμό με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών, μπορούν να βελτιώσουν τις αποδόσεις της βιομηχανικής τομάτας διασφαλίζοντας ταυτόχρονα μια αειφόρο – παραγωγική γεωργία (Bilalis *et al.*, 2013; Bilalis *et.al.*, 2014; Efthimiadou *et al.*,2014).

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adams, P. (1986). Mineral nutrition. In The tomato crop. Springer, 281-334.

Al-Karaki, G. N., & Hammad, R. (2001). Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. Journal of plant nutrition, 24(8), 1311-1323.

Anthon, G. E., LeStrange, M., & Barrett, D. M. (2011). Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91(7), 1175-1181.

Aoun, A. B., Lechiheb, B., Benyahya, L., & Ferchichi, A. (2013). Evaluation of fruit quality traits of traditional varieties of tomato (Solanum lycopersicum) grown in Tunisia. African Journal of Food Science, 7(10), 350-354.

Arias, R., Lee, T. C., 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. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(5), 1697-1702.

Asai, T. V. (1944). Uber die Mykorrhizenbildung der leguminosen Pflanzen. Jap. J. Bot, 13, 463-485.

Asami, D. K., Hong, Y. J., Barrett, D. M., & Mitchell, A. E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. Journal of agricultural and food chemistry, 51(5), 1237-1241.

Atherton, J., & Rudich, J. (Eds.). (1986). The tomato crop: a scientific basis for improvement. Springer Science & Business Media.

Barber, S. A. (1995). Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. John Wiley & Sons.

Barea, J. M., & Azcon-Aguilar, C. (1983). Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Advances in agronomy, 36, 1-54.

Barker, A. V., & Mills, H. A. (2011). Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. Horticultural Reviews,2, 395-423.

Barrett, D. M., & Anthon, G. E. (2008). Color quality of tomato products.

Barrett, D. M., Weakley, C., Diaz, J. V., & Watnik, M. (2007). Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. Journal of food science, 72(9).

Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food Chemistry 4th ed., *Springer*, 1237-87.

Bilalis, D. J., Travlos, I. S., & Papastylianou, P. (2014). Natural vegetation as a key to sustainability of agroecosystems. Book chapter In: Sustainability behind sustainability (Ed. A.A. Zorpas), 9,123–134.

Bilalis, D., Kamariari, P. E., Karkanis, A., Efthimiadou, A., ZORPAS, A., & Kakabouki, I. (2013). Energy inputs, output and productivity in organic and conventional maize and tomato production, under mediterranean conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 41(1), 190.

Bocek, S., Maly, I., & Patockova, S. (2008). Yield and quality of bush processing tomatoes fertilized with dried organic and organomineral fertilizers. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis (Czech Republic)*.

Bourn, D., & Prescott, J. (2002). A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. Critical reviews in food science and nutrition, 42(1), 1-34.

Brandt, K., & Mølgaard, J. P. (2001). Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81(9), 924-931.

Brooks, W. M., (1969). Growing Greenhouse Tomatoes, SB-19, Cooperative Extension Service, Ohio State University, Columbus, OH.

Bruce, R. R., Pallas Jr, J. E., Harper, L. A., & Jones, J. B. (1980). Water and nutrient element regulation prescription in nonsoil media for greenhouse crop production 1. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 11(7), 677-698.

Brundrett, M. (2004). Diversity and classification of mycorrhizal associations. Biological Reviews, 79(3), 473-495.

Brundrett, M. C., Piche, Y., & Peterson, R. L. (1984). A new method for observing the morphology of vesicular–arbuscular mycorrhizae. Canadian Journal of Botany, 62(10), 2128-2134.

Bruulsema, T. W. (2002). Fertilizing for quality. In Proceedings of the Eastern Canada Agronomy Workshop (pp. 1-9).

Caris-Veyrat, C., Amiot, M. J., Tyssandier, V., Grasselly, D., Buret, M., Mikolajczak, M., ... & Borel, P. (2004). Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. Journal of agricultural and food chemistry, 52(21), 6503-6509.

Chassy, A. W., Bui, L., Renaud, E. N., Van Horn, M., & Mitchell, A. E. (2006). Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. Journal of agricultural and food chemistry, 54(21), 8244-8252.

Copetta, A., Bardi, L., Bertolone, E., & Berta, G. (2011). Fruit production and quality of tomato plants (Solanum lycopersicum L.) are affected by green compost and arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Biosystems, 145(1), 106-115.

Crean, D. E. 1966. Acid components of fruit and vegetables. 1. Production of acids by thermal processing. J. Food Technol., 1, 55.

Denny, C. (1997). Tomato Products, National Food Processors Association, Washington.

Edan, Y., Pasternak, H., Shmulevich, I., Rachmani, D., Guedalia, D., Grinberg, S., & Fallik, E. (1997). Color and firmness classification of fresh market tomatoes. Journal of Food Science, 62(4), 793-796.

Efthimiadou, A., Katsenios, N., Karkanis, A., Papastylianou, P., Triantafyllidis, V., Travlos, I., & Bilalis, D. J. (2014). Effects of presowing pulsed electromagnetic treatment of tomato seed on growth, yield, and lycopene content. The Scientific World Journal, 2014.

El-Miladi, S. S., Gould, W. A., & Clements, R. L. (1969). Heat processing effect on starch, sugars, proteins, amino acids, and organic acids of tomato juice. Food technology.

Garcia, E., & Barrett, D. M. (2006). Evaluation of processing tomatoes from two consecutive growing seasons: quality attributes, peelability and yield. Journal of food processing and preservation, 30(1), 20-36.

Gennaro,L., Quaglia,G.B. (2003), Food Safety and nutritional quality of organic vegetable. Acta-Horticulturae, 614 (2)), 675-680.

Gierson, D., & Kader, A. A. (1986). Fruit ripening and quality. In The tomato crop (pp. 241-280). Springer Netherlands.

Giovannetti, M., & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New phytologist, 84(3), 489-500.

Goose, P. G., & Binsted, R. (1964). Tomato paste, puree, juice & powder.

Goose, P. G., & Binsted, R. (1964). Tomato paste, puree, juice & powder. Food Trade Press Ltd.

Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., & Bending, G. D. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. Agriculture, Ecosystems & Environment, 113(1), 17-35.

Gould, W. A. (1983). Tomato production, processing, and quality evaluation. AVI Pub. Co..

Gould, W. A. (1992). Tomato Production, Processing, and Technology. *CTI Publications, Baltimore, MD.*

Gould, W. A. (2013). Tomato production, processing and technology. Elsevier.

Györe-Kis, G., Deak, K., Lugasi, A., Csúr-Vargaa, A., & Helyes, L. (2012). Comparison of conventional and organic tomato yield from a three-year-term experiment. Acta Alimentaria, 41(4), 486-493.

Hallmann, E. (2012). The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(14), 2840-2848.

Hallmann, E., & Rembiałkowska, E. (2007). Estimation of fruits quality of selected tomato cultivars (Lycopersicon esculentum Mill) from organic and conventional cultivation with special consideration of bioactive compounds content. J. Res. Appl. Agric. Eng, 52(3), 55.

Hartman, P. L., Mills, H. A., & Jones Jr, J. B. (1986). The influence of nitrate: ammonium ratios on growth, fruit development, and element concentration in'Floradel'tomato plants. Journal of the American Society for Horticultural Science (USA).

Haydar, A., Mandal, M. A., Ahmed, M. B., Hannan, M. M., Karim, R., Razvy, M. A., ... & Salahin, M. (2007). Studies on genetic variability and interrelationship among the different traits in tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). Middle-East Journal of Scientific Research, 2(3-4), 139-142.

Heaton, S. (2001). Organic farming, food quality and human health. Soil Association.

Helyes, L., Pék, Z., & Lugasi, A. (2006). Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity. HortScience, 41(6), 1400-1401.

Heuvelink, E. (Ed.). (2005). Tomatoes (Vol. 13). CABI.

Islam, M. S., & Khan, S. (1991). Variability and character association in tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics, 4(1-2), 49-53.

Jasper, D. A., Robson, A. D., & Abbott, L. K. (1979). Phosphorus and the formation of vesicular-arbuscular mycorrhizas. Soil Biology and Biochemistry, 11(5), 501-505.

Jones Jr, J. B. (2007). Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. CRC press.

Kader, A. A., Morris, L. L., Stevens, M. A., & Holton, M. A. (1978). Composition and Flavour Quality of Fresh Market Tomatoes as Influenced by Some Postharvest Handling Procedures. Journal of American Horticultural Science, 103(1), 6-13.

Kelly, S. D., & Bateman, A. S. (2010). Comparison of mineral concentrations in commercially grown organic and conventional crops–Tomatoes (Lycopersicon esculentum) and lettuces (Lactuca sativa). Food Chemistry, 119(2), 738-745.

Kottke, I. (2002). Mycorrhizae—rhizosphere determinants of plant communities. In Plant Roots: The Hidden Half, Third Edition (pp. 919-932). CRC Press.

Kumpulainen, J. (2001). Organic and conventional grown foodstuffs: Nutritional and toxicological quality comparisons. In The International Fertiliser Society Proceeding (Vol. 472, p. 20).

Lambeth, V. N., Fields, M. L., Huecker, D. G. (1964). The sugar-acid ratio of selected tomato varieties. Univ Miss Agric Exp Sta Res Bul. 850.

Leoni, C. (1993). Derivati Industriali del Pomodoro. Stazione Sperimentale per l' Industria delle Conserve Alimentari in Parma, Parma.

Leoni, C. (2004). The main chemical components of the tomato fruit. Tomato news, 17- 20.

Long, S. P., Zhu, X. G., Naidu, S. L., & Ort, D. R. (2006). Can improvement in photosynthesis increase crop yields?. Plant, Cell & Environment, 29(3), 315-330.

Lorenz, O. A., & Maynard, D. N. (1988). Knott's handbook for vegetable growers (No. Ed. 3). John Wiley & Sons.

Lundegårdh, B., & Mårtensson, A. (2003). Organically produced plant foods-evidence of health benefits. Acta Agriculturae Scandinavica, B, 53(1), 3-15.

Maggio, A., Carillo, P., Bulmetti, G. S., Fuggi, A., Barbieri, G., & De Pascale, S. (2008). Potato yield and metabolic profiling under conventional and organic farming. European Journal of Agronomy, 28(3), 343-350.

Magkos, F., Arvaniti, F., & Zampelas, A. (2003). Organic food: nutritious food or food for thought? A review of the evidence. International journal of food sciences and nutrition, 54(5), 357-371.

Mikkelsen, R. (2005). Tomato flavor and plant nutrition: a brief review. Better Crops with Plant Food, 89(2), 14-15.

Moral, R., Pedreño, J. N., Gómez, I., Palacios, G., & Mataix, J. (1996). Tomato fruit yield and quality are affected by organic and inorganic fertilization and cadmium pollution. Journal of plant nutrition, 19(12), 1493-1498.

Morton, J. B., & Benny, G. L. (1990). Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon, 37, 471-491.

Murmu, K., Ghosh, B. C., & Swain, D. K. (2013). Yield and quality of tomato grown under organic and conventional nutrient management. Archives of Agronomy and Soil Science, 59(10), 1311-1321.

Nzanza, B., Marais, D., & Soundy, P. (2012). Response of tomato (Solanum lycopersicum L.) to nursery inoculation with Trichoderma harzianum and arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, *62*(3), 209-215.

Oliveira, A. B., Moura, C. F., Gomes-Filho, E., Marco, C. A., Urban, L., & Miranda, M. R. A. (2013). The impact of organic farming on quality of tomatoes is associated to increased oxidative stress during fruit development. PLoS One, 8(2), e56354.

Pairunan, A. K., Robson, A. D., & Abbott, L. K. (1980). The effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizas in increasing growth and phosphorus uptake of subterranean clover from phosphorus sources of different solubilities. New Phytologist, 84(2), 327-338.

Pieper, J. R., & Barrett, D. M. (2009). Effects of organic and conventional production systems on quality and nutritional parameters of processing tomatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89(2), 177-194.

Pill, W. G., & Lambeth, V. N. (1977). Effects of NH4 and NO3 nutrition with and without pH adjustment on tomato growth, ion composition, and water relations. Journal of the American Society for Horticultural Science.

Pill, W. G., Lambeth, V. N., & Hinckley, T. M. (1978). Effects of nitrogen form and level on ion concentrations, water stress, and blossom-end rot incidence in tomato. Journal of the American Society for Horticultural Science, 103(2), 265-268.

Prudent, M., Causse, M., Génard, M., Tripodi, P., Grandillo, S., & Bertin, N. (2009). Genetic and physiological analysis of tomato fruit weight and composition: influence of carbon availability on QTL detection. Journal of Experimental Botany, 60(3), 923–937.

Rembiałkowska, E. (1999). Comparison of the contents of nitrates, nitrites, lead, cadmium and vitamin C in potatoes from conventional and ecological farms. Polish journal of food and nutrition sciences, 8(4), 17-26.

Sanders, F. E., Tinker, P. B., Black, R. L. B., & Palmerley, S. M. (1977). The development of endomycorrhizal root systems: i. Spread of infection and growth-promoting effects with four species of vesicular-arbuscular endophyte. New Phytologist, 78(2), 257-268.

Sargent, S., & Moretti, C. (2004). Tomato In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops. Beltsville, Maryland, EUA: USDA, 1, 1-7.

Schuphan, W. (1974). Nutritional value of crops as influenced by organic and inorganic fertilizer treatments. Qualitas Plantarum, 23(4), 333-358.

Smith, S. E. (1973). Asymbiotic germination of orchid seeds on carbohydraes of fungal origin. New Phytologist, 72(3), 497-499.

Smith, S. E., & Read, D. J. (2010). Mycorrhizal symbiosis. Academic press.

Steiner, A. A. (1980). The universal nutrient solution. Proceedings of the 6th International Congress of Soilless Culture, 633–650.

Strati, I. F., Sinanoglou, V. J., Kora, L., Miniadis-Meimaroglou, S., Oreopoulou, V. (2012). Carotenoids from Foods of Plant, Animal and Marine Origin: An Efficient HPLC-DAD Separation Method. *Foods*, 1(1), 52-65.

Stribley, D. P., & Read, D. J. (1980). The biology of mycorrhiza in the Ericaceae. New Phytologist, 86(4), 365-371.

Tigist, M., Workneh, T. S., & Woldetsadik, K. (2013). Effects of variety on the quality of tomato stored under ambient conditions. Journal of food science and technology, 50(3), 477-486.

Toor, R. K., Savage, G. P., & Heeb, A. (2006). Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, *19*(1), 20-27.

Trappe, J. M. (1987). Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint.

Tittonell, P., De Grazia, J., & Chiesa, A. (2000, March). Effect of nitrogen fertilization and plant population during growth on lettuce (Lactuca sativa L.) postharvest quality. In IV International Conference on Postharvest Science 553, 67-68.

Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J. J., Guyot, B., & Genard, M. (2006). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (Coffea arabica L.) under optimal conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(2), 197-204.

Varis, E., Pietilä, L., & Koikkalainen, K. (1996). Comparison of conventional, integrated and organic potato production in field experiments in Finland. Acta Agriculturae Scandinavica B-Plant Soil Sciences, 46(1), 41-48.

Vinha, A. F., Barreira, S. V., Costa, A. S., Alves, R. C., & Oliveira, M. B. P. (2014). Organic versus conventional tomatoes: Influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. Food and chemical toxicology, 67, 139-144.

Vitosh, M. L., Warncke, D. D., & Lucas, R. E. (1994). Secondary and Micronutrients for vegetables and field crops, Department of Crop and Soil Sciences, Michigan State University Extension, E-486.

Voogt,, W. (1993). Potassium and Ca ratios of your tomato crop, *Acta Hort*., 339,99–112.

Wallace, A. (1971). Regulation of the micronutrient status of plants by chelating agents and other factors (No. UCLA--34-P-51-33). 1972.

Ward, G. M. (1977). Manganese deficiency and toxicity in greenhouse tomatoes. Canadian journal of plant science, 57(1), 107-115.

Warman, P. R., & Havard, K. A. (1998). Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. Agriculture, Ecosystems & Environment, 68(3), 207-216.

Warner, J., Zhang, T. Q., & Hao, X. (2004). Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. *Canadian Journal of Plant Science*, *84*(3), 865-871.

Warner, J., Zhang, T. Q., & Hao, X. (2004). Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. *Canadian Journal of Plant Science*, *84*(3), 865-871.

Weibel, F. P., Bickel, R., Leuthold, S., & Alföldi, T. (1998, August). Are organically grown apples tastier and healthier? A comparative field study using conventional

and alternative methods to measure fruit quality. In XXV International Horticultural Congress, Part 7: Quality of Horticultural Products 517 (pp. 417-426).

Wlttwer, S. H., & Honma, S. (1969). Greenhouse Tomatoes-Guidelines for Successful Production. Greenhouse Tomatoes-Guidelines for Successful Production.

Woese, K., Lange, D., Boess, C., & Bögl, K. W. (1997). A comparison of organically and conventionally grown foods—results of a review of the relevant literature. Journal of the Science of Food and Agriculture, 74(3), 281-293.

Worthington, V. (1998). Effect of agricultural methods on nutritional quality: a comparison of organic with conventional crops. Alternative therapies in health and medicine, 4(1), 58-69.

Worthington, V. (2001). Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. The Journal of Alternative & Complementary Medicine, 7(2), 161-173.

Xu, H. L., Wang, R., & Mridha, M. A. U. (2001). Effects of organic fertilizers and a microbial inoculant on leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. *Journal of Crop Production*, *3*(1), 173-182.

Zelitch, I. (1982). The close relationship between net photosynthesis and crop yield. BioScience, 32(10), 796-802.

Zhao, X., Chambers, E., Matta, Z., Loughin, T. M., & Carey, E. E. (2007). Consumer sensory analysis of organically and conventionally grown vegetables. Journal of Food Science, 72(2), S87-S91.

Αγγίδης, Α. (2006). Τομάτα υπαίθρια, επιτραπέζια, βιομηχανική. Καλλιέργεια, αξιοποίηση, Εκδόσεις Γαρταγάνη.

Αυγουλάς, Χ. & Παπαστυλιανού, Π. (2012). Βιομηχανική τομάτα. *Πανεπιστημιακές σημειώσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.*

Βερεσόγλου, Δ. Σ. (2002). Οικολογία Β' έκδοση. Εκδόσεις «έλλα».

Δεληβόπουλος, Σ. Γ. (1994). Μορφολογία και ανατομία φυτών. Εκδόσεις Α. ΣΙΜΩΝΗ-Σ. ΧΑΤΖΗΠΑΝΤΟΥ ΟΕ.

Δημητράκης, Κ. Γ. (1998). Λαχανοκομία. Εκδόσεις Αγρότυπος,18-19.

Ελευθεροχωρινός, Η. (2009). Ζιζανιολογία. Ζιζάνια, ζιζανιοκτόνα, περιβάλλον, αρχές και μέθοδοι διαχείρισης., ΑγροΤύπος ΑΕ.

Λυκουρέσης, Π. (1995). Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση εντόμων – εχθρών των καλλιεργειών. *Πανεπιστημιακές σημειώσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών*.

Μπουλέκου, Σ. (2010). *Μελέτη της επίδρασης των παραμέτρων της διεργασίας υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης στα ένζυμα της τομάτας και εφαρμογή για την παραγωγή προϊόντων με επιθυμητά χαρακτηριστικά* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Πολυτεχνική. Τμήμα Χημικών Μηχανικών. Εργαστήριο Τεχνολογίας Βιομηχανιών Τροφίμων και Αγροτικών Βιομηχανιών).

Ολύμπιος, Χ. Μ. (1994). Στοιχεία Ειδικής Λαχανοκομίας. *Πανεπιστημιακές σημειώσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.*

Ολύμπιος, Χ. Μ. (2001). Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης, 39-40.

Σάνδρος, Γ. (2007). Η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας: Πρακτικές οδηγίες. *Περιοδικό Γεωργία-Κτηνοτροφία, 10,* 64-71.

Σιδηράς, Ν. Κ. (1997). Οργανική λίπανση και αμειψισπορές. *Εκδόσεις ΔΗΩ*.

Στρατή, Ε. Φ., & Strati, I. F. (2015). Μελέτη μεθόδων παραλαβής καροτενοειδών από παραπροϊόντα τομάτας.

Τσαπικούνης, Φ. Α. (1997). Θρέψη - λίπανση των φυτών: Λαχανικά - Βιομηχανικά φυτά - Φυτά μεγάλης καλλιέργειας, *Εκδόσεις Σταμούλη*.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

http://195.134.76.37/chemicals/chem_lycopene.htm

http://4949.gr.all.biz/viomikhanik-tomta-g26571

http://www.heinzseed.com/new/hs_var_h3402.html

http://www.missouribotanicalgarden.org/Portals/0/Gardening/Gardening%20Help/Visual%20Guides/Tomato%20Fruit%20Problems.pdf

https://gr.pinterest.com/pin/552535448009629120/

https://www.phytothreptiki.gr/userfiles/files/sintheta%20kokkodi%20GR.pdf