

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ
ΜΥΚΗΤΑ T. HARZIANUM ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Του φοιτητή

ΚΟΥΤΣΚΟΥΔΗ ΔΗΜΗΤΡΗ

A.M: 2010050055

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Κ. Τσάνης

Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φαινόμενο της αλατότητας των εδαφών έχει προκύψει ως ένα από τα πιο σοβαρά γεωργικά προβλήματα παγκοσμίως, ιδιαίτερα σε ξηρές ή ημίξηρες περιοχές. Η αλάτωση των εδαφών οδηγεί σε υποβάθμιση της γονιμότητας του εδάφους και παρεμποδίζει την αγροτική παραγωγή. Το Τυμπάκι βρίσκεται στο Νότιο τμήμα της κεντρικής Κρήτης και είναι μια ημίξηρη παράκτια πεδιάδα με μεγάλο αριθμό εγκατεστημένων θερμοκηπίων, που αποτελούν έναν απ' τους κύριους χρήστες των περιορισμένων υδατικών πόρων, της περιοχής. Η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων έχει οδηγήσει σε υφαλμύριση του υδροφορέα, δηλαδή σημαντική εισχώρηση του θαλασσινού νερού στα υπόγεια ύδατα. Για τη διερεύνηση των επιπτώσεων της εδαφικής αλατότητας εξαιτίας του υποβαθμισμένου νερού άρδευσης στην καλλιέργεια τομάτας πραγματοποιήθηκε πείραμα σε θερμοκήπιο του Πολυτεχνείου Κρήτης, το οποίο αποτέλεσε προσομοίωση της περιοχής μελέτης που είναι το Τυμπάκι. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας με ελεγχόμενη άρδευση, ενώ η φύτευση των φυτών έγινε σε γλάστρες. Ακολούθησε ελεγχόμενη άρδευση με χαμηλή (1,1 dS/m) και υψηλή (3,5 dS/m) αλατότητα σε ημερήσια βάση. Ακόμη για την εξισορρόπηση των αρνητικών συνεπειών που επέφερε η άρδευση με αλμυρό νερό, τα μισά φυτά είχαν αποικιστεί με τον ωφέλιμο μύκητα *T. harzianum*. Άρα το θερμοκήπιο περιλάμβανε τέσσερις σειρές αποτελούμενες από πέντε γλάστρες η κάθε μία. Δύο σειρές αρδεύονταν με χαμηλή και υψηλή EC_w αντίστοιχα, ενώ οι άλλες δύο περιλάμβαναν την προσθήκη τριχόδερματος. Για την ποιοτική αξιολόγηση της παραγωγής τομάτας μελετήθηκε η συμπεριφορά της αντίστασης σάρκας στην πίεση (firmness) του χρώματος των καρπών, του ασκορβικού οξέος (Ascorbic Acid, ASA), της ολικής οξύτητας (Total Acidity, TA) και των ολικών διαλυτών στερεών (Total Soluble Solids, TSS). Για την απόδοση της παραγωγής μετρήθηκε το πλήθος και το μέγεθος των καρπών και μετέπειτα η απόδοση της συνολικής και εμπορεύσιμης παραγωγής. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας άρδευσης (EC_w) μείωσε την απόδοση της συνολικής και εμπορεύσιμης παραγωγής, και βελτίωσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών της τομάτας. Η προσθήκη του *T. harzianum* επέδρασε θετικά στην συνολική και εμπορεύσιμη παραγωγή, κυρίως για άρδευση υψηλής EC_w όπου αύξησε την απόδοση παραγωγής κατά 10% και 6% αντίστοιχα. Ακόμα βελτίωσε και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, αυξάνοντας το περιεχόμενο σε ASA (8,5%) και TSS (3,9%) αλλά μειώνοντας το περιεχόμενο της TA (24%). Η θετική επίδραση του *T. harzianum* είναι εμφανής, αλλά θα ήταν προτιμότερο η χρήση καθαρότερου νερού άρδευσης από μια εναλλακτική πηγή.

ABSTRACT

Over the past decades, the phenomenon of the salinity of the soil has emerged as one of the most serious agricultural problem worldwide, particularly in arid or semiarid regions. The salinization of soils leads to deterioration of soil fertility and hinders agricultural production. Timbaki is located in southern part of central Crete, is a semi-dry coastal plain with a large number of installed greenhouses, which is one from the main users of limited water resources in the region. The over-exploitation of groundwater has led to salinization of the aquifer, i.e. a significant intrusion of seawater into groundwater. To investigate the effects of soil salinity because of substandard irrigation water in the tomato crop, there has been a greenhouse experiment in TUC, which was the simulation of the study area (Timbaki). Specifically, a greenhouse tomato crop with controlled irrigation took place while the planting of plants was potted. Followed controlled irrigation with low (1,1 dS / m) and high (3,5 dS / m) electrical conductivity of irrigation (EC_w) daily. Even to balance the negative effects brought about by irrigation with salty water, half of the plants were colonized with the beneficial fungus *T. harzianum*. So the glass included four rows of five pots each. Two rows were irrigated with low and high EC_w respectively, while the other two involved the addition of *Trichoderma*. For the qualitative evaluation of tomato production was studied the behavior of the pulp resistance to pressure (hardness), the color of the fruits, ascorbic acid (ascorbic acid, ASA), total acidity (total acidity, TA) and total soluble solids (Total Soluble solids, TSS). For the yield production measurements of the number and size of the fruits took place and subsequent performance of the marketable production. The results of the experiment showed that the increase in EC_w reduced total and marketable yield production, and improved quality features in tomato fruit. The addition of *T. harzianum* impacted positively on total and marketable yield production, mainly for irrigation with high EC_w which led to an increase by 10% and 6% respectively. Even improved and the quality characteristics of the fruit, increasing the content of ASA (8,5%) and TSS (3,9%) but reducing the content of TA (24%). The positive effect of *T. harzianum* is evident, but it would be preferable to use purer irrigation water from an alternative source.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δρ. Ι. Τσάνη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου ένα ενδιαφέρον και σημαντικό θέμα διπλωματικής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ Ι. Δαλιακόπουλο του Εργαστηρίου Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων και Παράκτιας Μηχανικής για την καθοδήγησή του στα πλαίσια της εργασίας μου και την πολύτιμη βοήθειά του για την ομαλή διεξαγωγή αυτής της εργασίας. Ακόμη, ευχαριστώ τον Αντώνη Αποστολάκη του Εργαστηρίου Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων και Παράκτιας Μηχανικής για την ανταπόκρισή του σε κάθε μου απορία. Ακόμη, ευχαριστώ τον Δρ. Α. Σταματάκη του Μεσογειακού Αγρονομικού Ινστιτούτου Χανίων για την καθοδήγησή του όσον αφορά τις εργαστηριακές αναλύσεις που πραγματοποίησα στην παρούσα εργασία.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, τον πατέρα μου Παναγιώτη, τη μητέρα μου Δέσποινα και τον αδελφό μου Γιάννη, για κάθε μορφής στήριξη που μου προσέφεραν στα πλαίσια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ABSTRACT	iv
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	vi
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Το πρόβλημα της αλατότητας	1
1.2 Συνέπειες αλατότητας αρδευτικού νερού	1
1.3 Το φυτό της τομάτας	2
1.3.1 Γενικά στοιχεία	2
1.4 Καταγωγή του φυτού	2
1.5 Η εξάπλωση της καλλιέργειας σήμερα	2
1.5.1 Χαρακτηριστικά Καρπού	3
1.5.2 Κλίμα και έδαφος	4
1.6 Το Θερμοκήπιο	4
1.7 Επίδραση της αλατότητας στην καλλιέργεια της τομάτας	5
1.8 Ο μύκητας <i>Trichoderma harzianum</i>	6
1.9 Σκοπός	7
2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	16
2.1 Απόδοση της Παραγωγής	16
2.1.1 Μέγεθος φυτών	16
2.1.2 Αριθμός και Μέγεθος καρπών	16
2.2 Ποιότητα Παραγωγής (Ανάλυση Καρπών)	18
2.2.1 Χρώμα καρπών	18
2.2.2 Αντίσταση σάρκας στην πίεση	21
2.2.3 Βιταμίνη C	22
2.2.4 Ολική Οξύτητα	24

2.2.5	Ολικά Στερεά (TSS).....	25
3	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	27
3.1	Γεωγραφική Περιγραφή	27
3.2	Φυσικό Περιβάλλον.....	27
3.2.1	Γεωλογία και Έδαφος.....	27
3.2.2	Χρήσεις Γης	28
3.2.3	Κλίμα.....	29
3.3	Η υφαλμύριση στην περιοχή του Τυμπακίου	
3.4	Πειραματική διαδικασία	30
4	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	33
4.1	Αποτελέσματα απόδοσης παραγωγής	33
4.1.1	Αριθμός και μέγεθος καρπών.....	35
4.2	Επικύρωση συστηματικής συγκομιδής	37
4.2.1	Χρώμα καρπών.....	37
4.2.2	Αντίσταση σάρκας στην πίεση.....	39
4.3	Αποτελέσματα ποιοτικών χαρακτηριστικών	40
4.3.1	Ασκορβικό οξύ.....	40
4.3.2	Ολική οξύτητα.....	41
4.3.3	TSS.....	43
4.3.4	Λόγος TSS:TA	44
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47
5.1	Απόδοση παραγωγής	47
5.2	Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπού.....	48
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το πρόβλημα της αλατότητας

Η αλάτωση αποτελεί ένα βασικό παράγοντα υποβάθμισης των εδαφικών πόρων ενώ συγχρόνως οδηγεί στην παρεμπόδιση της φυσιολογικής ανάπτυξης των φυτών. Σύμφωνα με τους Carden et al. (2003) περισσότερα από 800 Mha γης πλήττονται από το φαινόμενο της αλάτωσης παγκοσμίως, ενώ ο Rengasamy (2006) προσδιόρισε την έκταση αυτή στα 932,2 Mha. Η έκταση αυτή ξεπερνά το 10% της συνολικής αρδευόμενης επιφάνειας του πλανήτη, ενώ χώρες που πλήττονται περισσότερο είναι το Πακιστάν, η Κίνα, η Ινδία, οι Ηνωμένες Πολιτείες, το Σουδάν και η Αργεντινή. Στην Ευρώπη πλήττονται 30.7 Mha γης (3.3% των εδαφών παγκοσμίως) (Daliakopoulos et al., 2016) μεγάλο μέρος των οποίων βρίσκεται στην Μεσόγειο (Brandt et al., 2003). Στην Ελλάδα περίπου το 9% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης είναι επηρεασμένο από την αλάτωση, έκταση που αντιστοιχεί σε 1,4 Mha (OECD, 2009).

Η αλάτωση του εδάφους προέρχεται είτε από φυσικές δραστηριότητες (πρωτογενής αλάτωση) είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες (δευτερογενής αλάτωση). Η πρωτογενής αλάτωση πραγματοποιείται κυρίως από τη φυσική ή χημική μεταφορά των αλάτων μέσω του αέρα, μέσω γεωλογικών αποθέσεων ή έπειτα από την υφαλμύριση των υπογείων υδάτων. Αντίθετα, η δευτερογενής αλάτωση προκαλείται εξαιτίας της χρήσης αρδευτικού ύδατος υποβαθμισμένης ποιότητας καθώς και λόγω της εφαρμογής λανθασμένων πρακτικών άρδευσης σε συνδυασμό με συνθήκες χαμηλής αποστράγγισης του εδάφους (Brandt et al., 2003; Daliakopoulos et al., 2016; Dubois et al., 2011).

1.2 Συνέπειες αλατότητας αρδευτικού ύδατος

Η άρδευση καλλιεργειών με αλμυρό ή υφάλμυρο νερό οδηγεί σε συσσώρευση άλατος στο έδαφος με αρνητικές επιπτώσεις τόσο στη γονιμότητα του εδάφους όσο και στην παραγωγή της καλλιέργειας (Cheeseman, 1988). Αναφορικά με το έδαφος, η αλάτωση οδηγεί σε μειωμένη πρόσληψη νερού και θρεπτικών από το φυτό, ανισορροπία και τοξικότητα ιόντων, μη διανομή των απαραίτητων ιόντων στον ιστό του φυτού και άρα μοριακές βλάβες ή σε συνδυασμό των παραπάνω (Fernandez-garcía et al., 2004; Greenway and Munns, 1980). Ακόμα αυξάνεται το pH του εδάφους το οποίο επηρεάζει την διαθεσιμότητα των θρεπτικών του εδάφους (όπως N, Zn, Fe κ.ά.) γεγονός που καθιστά την περεταίρω ανάπτυξη του φυτού προβληματική και πολλές φορές αδύνατη (Hamdy and Guelloubi, 2005).

1.3 Το φυτό της τομάτας

1.3.1 Γενικά στοιχεία

Η τομάτα είναι κατά κανόνα ένα ετήσιο λαχανικό, αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές. Ενώ οι επιστήμονες υποστηρίζουν με σιγουριά ότι οι τομάτες είναι φρούτα, επειδή είναι καρποί ενός φυτού που βγάζει σπόρους το Ανώτατο Δικαστήριο των ΗΠΑ (1983) έχει αντίθετη άποψη και έκρινε την τομάτα ως λαχανικό (επειδή οι τομάτες τρώγονται συνήθως μαγειρεμένες ή σε σαλάτα μαζί με το φαγητό και όχι μετά από αυτό). Καλλιεργείται για τον καρπό της ο οποίος καταναλώνεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέραιος (αποφλοιωμένος ή μη) ή σε πολτό (ποικίλου βαθμού συμπύκνωσης). Η τομάτα είναι ιδιαίτερα δημοφιλής διότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες, και ιδιαίτερα με ασκορβικό οξύ, έχει ελκυστικό κόκκινο χρώμα και χαρακτηριστικό άρωμα, γεγονός που το καθιστά αρεστό στη διατροφή (Κατσογιάννη, 2010; Ολύμπιος, 1996). Τυπικά φτάνει τα 1-3 m ύψος, αλλά δεν έχει αρκετά ανθεκτικό κορμό και απαιτεί υποστήριξη.

1.4 Καταγωγή του φυτού

Η τομάτα είναι ένα φυτό της οικογένειας *Solanaceae* και είναι ένα από τα 8-10 πολύ συγγενικά είδη του γένους *Lycopersicum*, το οποίο περιλαμβάνει είδη που είναι κυρίως ετήσιοι θάμνοι, βραχείας διάρκειας, με βιολογικό κύκλο που διαρκεί έως 5 μήνες. Όλα τα είδη είναι ιθαγενή φυτά της ΝΑ Αμερικής, ενώ η χώρα καταγωγής της τομάτας είναι το Μεξικό (Κατσογιάννη, 2010). Μεταφέρθηκε στην Ευρώπη από τον Κολόμβο το 1498, και αρχικά καλλιεργήθηκε στην Ιταλία (1554) και στην Αγγλία (1576). Στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην Αθήνα εισήχθη περί το 1818 ως κηπευτικό προϊόν (Αγγίδης, 1996; Ολύμπιος, 1996). Μέχρι τον 20° αιώνα στην Ευρώπη επικρατούσε η άποψη πως η τομάτα περιείχε τοξικές ουσίες, γεγονός που οφείλεται στην σολανίνη ένα αλκαλοειδές τοξικό για τον άνθρωπο, που συναντάται κυρίως στα φύλλα της τομάτας και που εν συνεχεία εμποδίζει την κατανάλωσή της. Η λέξη τομάτα προέρχεται από τη λέξη *tomatl* της γλώσσας *Ναχουάτλ*. Τον 18° αιώνα στη Γερμανία ο Λινναίος έδωσε το επιστημονικό όνομα της τομάτας *Lycopersicum esculentum*, δηλαδή *εδώδιμο ροδάκινο του λύκου*.

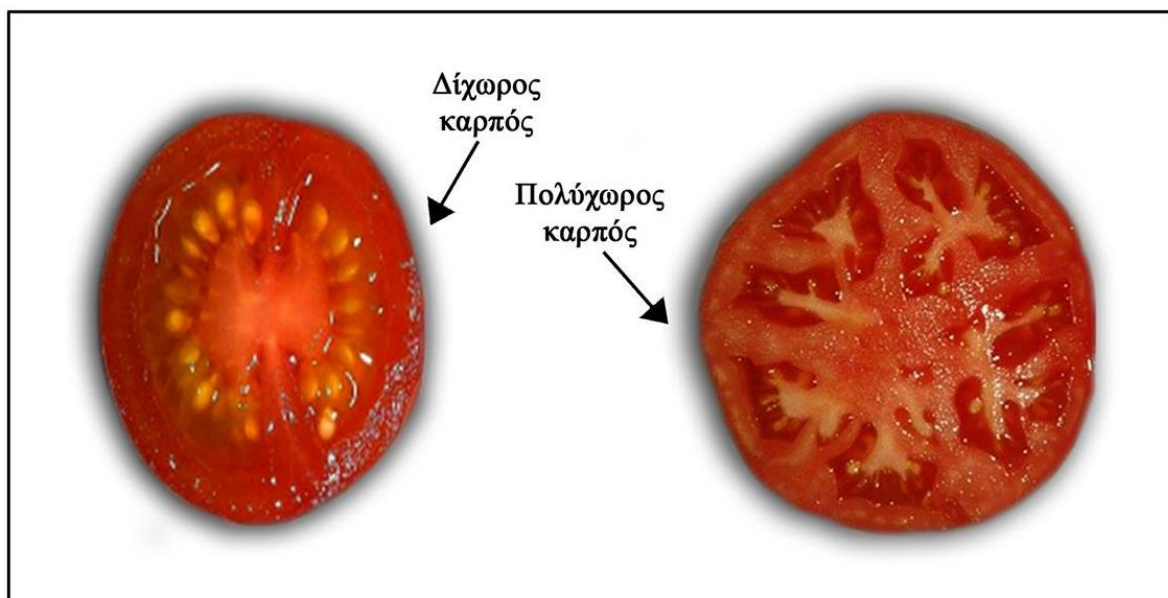
1.5 Η εξάπλωση της καλλιέργειας σήμερα

Κατά κανόνα η καλλιέργεια της τομάτας είναι εκτατική, ενώ πολύ συνηθισμένη είναι και η καλλιέργεια εκτός εποχής σε θερμοκήπια ή άλλες κατασκευές υπό κάλυψη (Sargent and Moretti, 2004). Σύμφωνα με το Δελτίο Τύπου της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, η συνολική παραγωγή θερμοκηπιακής τομάτας για τα έτη 2011 – 2013 ήταν, 250,4, 220,8 και 246,7

χιλιάδες τόνοι, αντίστοιχα. Η συνολική παραγωγή συμπεριλαμβανομένων των βιομηχανικών και υπαίθριων καλλιεργειών τομάτας αγγίζει τους 1.294,6 τόνους για το 2011, 1.234,3 τόνους για το 2012 και 1.221,2 τόνους για το 2013. Οι μέσοι ετήσιοι όροι κατανάλωσης του φρούτου ανά άτομο να κυμαίνονται γύρω από τα 17 kg, ενώ εξαίρεση αποτελούν η Ιταλία και η Ελλάδα με αντίστοιχους μέσους όρους μεταξύ των 55-60 kg (Brandt et al., 2006; Goyette et al., 2012).

1.5.1 Χαρακτηριστικά Καρπού

Ο καρπός της τομάτας είναι πολύχωρος ράγα, με ποικίλα σχήματα (Εικόνα 1.1). Οι καρποί των ποικιλιών με δύο χωρίσματα (χώρους) ή *δίχωροι* είναι συνήθως στρογγυλοί, ενώ αντίθετα οι καρποί με τρία ή περισσότερα χωρίσματα ονομάζονται πολύχωροι και είναι πεπλατυσμένοι και πιθανόν ακανόνιστοι.



Εικόνα 1.1: Δίχωρος (αριστερά) και Πολύχωρος (δεξιά) καρπός τομάτας.

Ο καρπός της τομάτας αποτελείται από το φλοιό (εξωκάρπιο), το περικάρπιο (σάρκα) 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 ωρίμανσης. Η σάρκα διαμορφώνει τους χώρους των κελιών και είναι ανάλογα με την ποικιλία, λιγότερο ή περισσότερο σημαντική ποσοτικά, πλούσια σε χυμό. Μέσα στα κελιά βρίσκονται οι σπόροι οι οποίοι περιβάλλονται από ζελατινώδη κύτταρα παρεγχύματος (ζελατινώδης ουσία), και ξανά ανάλογα με τη ποικιλία είναι πολλοί ή λίγοι σε αριθμό. Τα γειτονικά κελιά χωρίζονται από ένα διάφραγμα, αποκαλούμενο επίσης ακτινωτό ή διαγώνιο τοιχίο, το οποίο εκτείνεται από το κέντρο του καρπού έως την επιδερμίδα (Heuvelink, 2005; Madhavi and Salunkhe, 1998; Αγγίδης, 1996). Το χρώμα των καρπών της τομάτας αποδίδεται σε δύο χρωστικές, την καροτίνη (κίτρινο) και

την λυκοπίνη (κόκκινο) και επηρεάζεται από τη σχέση τους και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η καλύτερη θερμοκρασία για την ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος είναι 18-25 °C (Αγγίδης, 1996). Το σχήμα είναι το πιο σταθερό χαρακτηριστικό της ποικιλίας. Με βάση το σχήμα οι τομάτες διακρίνονται σε i) σφαιρικές, ii) με ραβδώσεις και iii) επιμήκεις.

1.5.2 Κλίμα και έδαφος

Η τομάτα είναι φυτό που καλλιεργείται κατά τη θερμή περίοδο του έτους, απαιτεί δηλαδή θερμό κλίμα ενώ η έκθεση σε θερμοκρασίες κάτω των 12 °C προκαλεί ζημιές σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Βέλτιστη βλαστική ανάπτυξη παρατηρείται στους 18,5 – 26,5 °C, ενώ είναι ταχύτερη όταν η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στη μέρα και τη νύχτα (θερμοπεριοδισμός) είναι 4 έως 5 °C (J. Benton Jones, 2008). Βέλτιστες θερμοκρασίες για την ολοκλήρωση της καρπόδεσης είναι οι 16 – 22 °C. Είναι ακόμα δυνατή και ευρέως διαδεδομένη η καλλιέργειά της εκτός εποχής σε προστατευόμενη θερμοκηπιακή καλλιέργεια.

Η τομάτα μπορεί να καλλιεργηθεί σχεδόν σε όλους τους τύπους εδαφών όπως *ελαφρά, μέσης συστάσεως, βαριά* αρκεί να στραγγίζουν καλά.

1.6 Το Θερμοκήπιο

Ως θερμοκήπιο ή Σέρα ή Ηλιακός χώρος, θεωρείται μια κατασκευή που σκοπό έχει την προστασία των περιεχόμενων καλλιεργειών από τις δυσχερείς συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν κάποιους μήνες του έτους (κυρίως τους χειμερινούς). Ακόμα και για εποχές ή περιοχές όπου η καλλιέργεια κάποιου είδους δεν είναι ενδεδειγμένη ή δεν είναι εύκολο για τις συγκεκριμένες καλλιέργειες να ευδοκιμήσουν στον ανοιχτό χώρο. Η κατασκευή του θερμοκηπίου αποτελείται από το *σκελετό*, που συνήθως είναι μια συνδεσμολογία σιδερένιων ή ξύλινων δοκών και από τις διαφανείς επιφάνειες που είναι είτε γυάλινες είτε πλαστικές και έρχονται να συμπληρώσουν το σκελετό. Η κατασκευή εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, από το καλλιεργούμενο είδος και από τις συνθήκες που είναι επιθυμητό να επιτευχθούν μέσα στο θερμοκήπιο. Άρα μια ικανότητα του θερμοκηπίου είναι οι ελεγχόμενες συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του. Η δυνατότητα δηλαδή που δίνεται στον εκάστοτε καλλιεργητή να προσομοιάσει ανάλογα με τις ανάγκες του και τις απαιτήσεις των φυτών, τις διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους που θα επικρατούν μέσα στο θερμοκήπιο. Παράμετροι είναι το ύψος της θερμοκρασίας, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, το ποσοστό της ατμοσφαιρικής υγρασίας αλλά και οι συγκεντρώσεις των διάφορων ενώσεων της ατμόσφαιρας.

1.7 Επίδραση της αλατότητας στην καλλιέργεια της τομάτας

Ο Πίνακας 1.1 παρουσιάζει παλαιότερες μελέτες σχετικά με την επίδραση της αλατότητας του νερού άρδευσης στην απόδοση της παραγωγής της καλλιέργειας και στην ποιότητα του καρπού. Οι διάφορες μελέτες έδειξαν πως η απόδοση της παραγωγής όπως και τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού της τομάτας επηρεάζονται σημαντικά από την άρδευση με υφάλμυρο νερό διαφορετικών συγκεντρώσεων άλατος (NaCl).

Μια κοινή παρατήρηση είναι η μειωμένη απόδοση της συνολικής και εμπορεύσιμης παραγωγής με την αύξηση της αλατότητας (Abdel Latef and Chaoxing, 2011; Ali and Ismail, 2014; Al-Karaki and Hammad, 2001; Boari et al., 2016; Campos et al., 2006; Dorai et al., 2001; Li et al., 1999; Magán et al., 2008; Maggio et al., 2006; N. M. Malash et al., 2008; Mulholland et al., 2002; Reina-Sánchez et al., 2005; Saito et al., 2008; Ullah et al., 1994; Yurtseven et al., 2005). Πιο συγκεκριμένα οι Ali & Ismail, (2014); Campos et al., (2006); Maggio et al., (2006); Reina-Sánchez et al., (2005); Saito et al., (2008) παρατήρησαν πως η κυριότερη αιτία αυτής της μείωσης είναι η μείωση στην μέση μάζα των καρπών της τομάτας, αφού το πλήθος των καρπών ανά φυτό δεν φάνηκε να επηρεάζεται τόσο. Για τιμές EC_w από 4,6 μέχρι 8 dS/m η απόδοση παραγωγής ελαττώθηκε για τον ίδιο λόγο με πριν, ενώ για πολύ υψηλά EC_w η μείωση του ποσοστού της απόδοσης παραγωγής οφείλεται στο μειωμένο αριθμό των φρούτων (Dorai et al., 2001). Οι Ali & Ismail (2014) παρατήρησαν μείωση στο φρέσκο και καθαρό βάρος των φρούτων της τομάτας (73,5 % και 52 % αντίστοιχα), αύξηση του EC από 2,5 σε 5 dS/m οδήγησε σε μείωση της απόδοσης παραγωγής κατά 37 % σύμφωνα με τον Yurtseven et al., (2005), ενώ οι Pasternark et al. (1979) και Pasternak & De Malach, (1996) παρατήρησαν 37 % μείωση της απόδοσης παραγωγής για EC ίσα με $2,6 \pm 3,2$ dS/m και περίπου 44% για EC κοντά στα 6,2 dS/m (Li et al., 1999).

Ακόμα, πολλές μελέτες που αφορούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, έδειξαν πως το περιεχόμενο των ολικών διαλυτών στερεών (TSS) αυξήθηκε με αύξηση της αλατότητας (Al-Karaki and Hammad, 2001; Boari et al., 2016; Campos et al., 2006; Favati et al., 2009; Li et al., 1999; Maggio et al., 2004; N. M. Malash et al., 2008; Mulholland et al., 2002; Reina-Sánchez et al., 2005; Yurtseven et al., 2005) και ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εν γένει βελτιώθηκαν με την αύξηση της αλατότητας (Dorai et al., 2001; Mitchell et al., 1991). Η μέθοδος άρδευσης με σταγόνες σε συνδυασμό με ηλεκτρική αγωγιμότητα από 3 dS/m και πάνω αύξησαν το περιεχόμενο των TSS (ποσοστό μεγαλύτερο των 4,6% °Brix) (N. M. Malash et al., 2008).

Αύξηση του περιεχομένου σε ασκορβικό οξύ (ASA), ολική οξύτητα αλλά και αντίστασης σάρκας στην πίεση ως αποτέλεσμα της αύξησης του επιπέδου αλατότητας άρδευσης

παρατήρησαν οι Ali and Ismail, (2014); Boari et al., (2016); Dorai et al., (2001); Favati et al., (2009); Mitchell et al., (1991) και Reina-Sánchez et al., (2005). Ποιο συγκεκριμένα οι Ali & Ismail, (2014) παρατήρησαν 609,6% αύξηση του περιεχόμενου σε ASA με αύξηση της αλατότητας του νερού άρδευσης, ενώ ο Boari et al. (2016) παρατήρησε αύξηση της TA κατά 25% και αντιθέτως 17% πτώση της αντίστασης της σάρκας στην πίεση, για αύξηση της EC από 0,85 σε 4,41 dS/m. Ο Ullah et al. (1994) παρατήρησε 30,5% αύξηση της TA, όπως και αύξηση του περιεχομένου σε ASA με την αύξηση της αλατότητας. Ενώ EC_w στην περιοχή των 3,5 – 9,0 dS/m βελτιώνουν την ποιότητα του φρούτου της τομάτας, ενώ για υψηλότερα EC_w μειώνεται η ογκομετρούμενη οξύτητα TA, βελτιώνεται η γλυκύτητα της τομάτας καθώς και η συνολική ένταση της γεύσης αυτής (Dorai et al., 2001).

1.8 Ο μύκητας *Trichoderma harzianum*

Η χρήση λιπασμάτων αλλά και παρασιτοκτόνων βοηθά στην καταπολέμηση διαφόρων ασθενειών ή προβλημάτων στην ανάπτυξη του φυτού και αποτελεί γνώριμη πρακτική των καλλιεργητών τομάτας. Ο μύκητας *T. harzianum* έχει μελετηθεί ευρέως για τις αντιβιοτικές του ιδιότητες στην καταπολέμηση της εξάπλωσης και επιβλαβούς δραστηριότητας των παθογόνων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στο φυτό της τομάτας, σε παγκόσμια κλίμακα (Bal and Altintas, 2006; Howell, 2003; Nzanza et al., 2011; Yedidia and Benhamou, 1999). Ακόμη από τους Vastola & Vitti (2015) βρέθηκε ότι βοηθά στην αδρανοποίηση των παθογόνων ενζύμων αλλά και στην καταπολέμηση ασθενειών όπως CMV (Cucumber Mosaic Virus). Επιπρόσθετα παρουσιάζει επιτυχή ανάπτυξη ως παράγοντας βιολογικού ελέγχου ενάντια σε νηματοειδείς σχηματισμούς της ριζικής περιοχής του φυτού και της αναπαραγωγής τους και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εδαφοβελτιωτικό (Al-Hazmi and TariqJaveed, 2016). Έχει παρατηρηθεί σε παλαιότερες μελέτες ότι το *T. harzianum* ενισχύει την ανάπτυξη του φυτού και κατ' επέκταση την απόδοση της παραγωγής (Lorito et al., 2010; Mastouri et al., 2010). Αύξηση της συνολικής και εμπορεύσιμης απόδοσης παραγωγής κατά 1,4% με προσθήκη *T. harzianum* πριν τη σπορά παρατήρησαν οι Nzanza et al. (2012) ενώ 200% αύξηση 1,23 kg/plant με τη προσθήκη *T. harzianum* έναντι των αρχικών συνθηκών 0,41 kg/plant παρατήρησαν οι Hossain & Manjurul (2012). Ακόμη έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνει την ανθεκτικότητα του φυτού σε αβιοτικούς παράγοντες, όπως η αλατότητα καθώς ενισχύει την πρόσληψη νερού από τα φυτά (Bae et al., 2009; Harman et al., 2008; P. Adams et al., 2007). Σχετικά με τη ποιότητα των καρπών της τομάτας, οι Singh et al. (2013) υπολόγισαν ότι το περιεχόμενο των καρπών σε ASA αυξήθηκε κατά 11,05% μετά από εμβολιασμό με *T. harzianum* BHU51 και BHU105, ενώ οι Hossain & Manjurul, (2012) αναφερόμενοι στον

Trichoderma harzianum T22 υπολόγισαν ότι αυξήθηκε με ποσοστό 46,4%. Το περιεχόμενο των φρούτων της τομάτας σε TSS αυξήθηκε κατά 10,8% μετά την προσθήκη *T. harzianum* (Hossain and Manjurul, 2012).

1.9 Σκοπός

Η περιοχή μελέτης είναι μια άκρως γεωργική περιοχή όπου οι αυξημένες ανάγκες για νερό άρδευσης έχουν οδηγήσει σε υπεράντληση του διαθέσιμου γλυκού νερού και τελικά σε υφαλμύριση του υπόγειου υδροφορέα. Ως αποτέλεσμα οι καλλιεργητές της περιοχής, μην έχοντας άλλη πηγή αρδευτικού νερού πλην των γεωτρήσεων αρδεύουν τις καλλιέργειες τους με υφάλμυρο νερό, γεγονός που επιφέρει συνέπειες τόσο στο έδαφος όσο και στη καλλιέργεια. Στη παρούσα εργασία μελετώνται οι επιδράσεις της άρδευσης με υφάλμυρο νερό στην απόδοση της παραγωγής καθώς και στη ποιότητα του καρπού σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας. Επιπρόσθετα, για την ενίσχυση της ανάπτυξης των φυτών ενάντια στη πίεση της αλατότητας χρησιμοποιήθηκε ο ωφέλιμος μύκητας *T. harzianum*. Σχετικά με την απόδοση της παραγωγής εξετάστηκε το πλήθος και το μέγεθος των καρπών για κάθε συγκομιδή που πραγματοποιήθηκε, ενώ για την επαλήθευση της ορθής στιγμής συγκομιδής εξετάστηκε το χρώμα και η αντίσταση σάρκας του καρπού στη πίεση. Για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του καρπού πραγματοποιήθηκαν μια σειρά εργαστηριακών αναλύσεων. Συγκεκριμένα αναλύθηκε η περιεκτικότητα του καρπού της τομάτας σε ολικά διαλυτά στερεά (TSS), βιταμίνη C (ASA) και ολική οξύτητα (TA). Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η αντιμετώπιση των επιδράσεων της αλατότητας και ταυτόχρονα η διατήρηση της ποιότητας και της ποσότητας των καρπών στα αποδεκτά επίπεδα που στοχεύει στη βιωσιμότητα των καλλιεργειών τομάτας στη περιοχή του Τυμπακίου. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας θα οδηγήσει στην επιλογή της βέλτιστης μεταχείρισης και θα είναι δυνατή η ενημέρωση των τοπικών καλλιεργητών με τις κατάλληλες γεωργικές πρακτικές.

Πίνακας 1.1: Παρατηρήσεις και αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών σχετικά με την επίδραση της αλατότητας στην απόδοση και ποιότητα παραγωγής.

Βιβλιογραφική αναφορά	Ποιότητα	Παραγωγή
Dorai et al., 2001	EC _w στην περιοχή των 3,5 – 9,0 dS/m βελτιώνουν την ποιότητα του καρπού. Αυξάνοντας το EC _w με NaCl μειώνεται η ΤΑ. Το περιεχόμενο σε ΑΣΑ αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας.	Για EC _w στο όριο των 4,6 – 8 dS/m , η απόδοση παραγωγής μειώθηκε λόγω μειωμένου μεγέθους των καρπών. Σε υψηλά EC _w η απόδοση παραγωγής μειώθηκε λόγω μείωσης στο πλήθος των καρπών. Αναφέρονται μελέτες, όπου EC _w άνω των 2,3 – 5,1 dS/m οδήγησαν σε ανεπιθύμητη μείωση της παραγωγής.
N.M. Malash et al., 2008	EC _w από 3 dS/m και πάνω αύξησαν το περιεχόμενο των ΤSS (> 4,9 %).	Για EC _w από 3 dS/m και πάνω παρατηρήθηκε μειωμένη απόδοση παραγωγής (15 % μείωση για 3 dS/m, 31 % για 4,5 dS/m). Η άρδευση με σταγόνες είχε ευνοϊκότερα αποτελέσματα στη συνολική παραγωγή συγκριτικά με άρδευση με αυλάκια. Συνδυασμός άρδευσης με σταγόνες και 3 dS/m μείωσε την παραγωγή μόνο κατά 8%, αποτέλεσμα σχεδόν ισάξιο με πότισμα μηδενικής αλατότητας. Η μείωση στη παραγωγή λόγω αλατότητας οφείλεται κυρίως στη μείωση του μέσου όρου βάρους. Αναφέρονται έρευνες που σημείωσαν

Βιβλιογραφική αναφορά	Ποιότητα	Παραγωγή
		σημαντική μείωση στον αριθμό και βάρος για άρδευση στα 4,5 dS/m.
Kuscu et al., 2014	Μειώνοντας το βαθμό ποτίσματος σε γενικές γραμμές βελτίωσε τα TSS, την T.A.	Η μεγαλύτερη εμπορεύσιμη παραγωγή παρατηρήθηκε με full irrigation (1 x E _{pan}).
Ali and Ismail, 2014	<p>Η αλατότητα έδωσε αυξημένο περιεχόμενο σε ASA: $79,41 \pm 6,88$ (ASA) $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ νωπού βάρους, έναντι $11,19 \pm 1,095$ (ASA) $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ νωπού βάρους</p> <p>Η αλατότητα μείωσε το περιεχόμενο σε Λυκοπένιο & β-καροτίνη με σημαντική μείωση της δεύτερης. (Αυτή η μείωση μπορεί να συνδέεται σε μείωση της φωτοσυνθετικής διαδικασίας, διότι η αλατότητα ίσως περιορίζει τη βιο-συνθετική μεταβολική οδό των καροτενοειδών μέσω της απαγόρευσης γονιδίων που κωδικοποιούν ένζυμα που συνδέονται με τη λυκοπίνη β-κυκλάση, το ένζυμο που μετατρέπει τη λυκοπίνη σε β-καροτίνη).</p>	<p>Σε γενικές γραμμές η άρδευση με αλατότητα οδήγησε σε μείωση της φρέσκιας και ξηρής βιομάζας και του όγκου (διάμετρος, μήκος) των καρπών: $26,95 \pm 2,7$ (g νωπού βάρους ανά φρούτο) στις αρχικές συνθήκες και $7,14 \pm 0,81$ με την προσθήκη αλατότητας.</p>
Maggio et al., 2004	Για EC = 4,37 dS/m, το περιεχόμενο σε TSS υπολογίστηκε ίσο με 5,10 °Brix %. Η TA υπολογίστηκε ίση με 0,31 (% citric acid).	Για EC = 4,37 dS/m, απόδοση παραγωγής ήταν ίση με 51,3 t/ha. Η εμπορεύσιμη απόδοση παραγωγής υπολογίστηκε 43,7 t/h.

Βιβλιογραφική αναφορά	Ποιότητα	Παραγωγή
Brandt et al., 2006	Τιμή του παράγοντα a για συγκομιδή στις 18 Ιουνίου, 25 Ιουνίου, 9 Ιουλίου αντίστοιχα: $28,5 \pm 1,8$, $30,6 \pm 2,2$, $32,1 \pm 2,1$. Το ποσοστό των TSS αντίστοιχα ήταν: $6,4 \pm 0,46$ °Brix %, $6,1 \pm 0,29$ °Brix %, $6,0 \pm 0,13$ °Brix %. Ενώ το ποσοστό της ολικής οξύτητας υπολογίστηκε αντίστοιχα: $4,6 \pm 0,09$ % νωπού βάρους, $5,1 \pm 0,35$ νωπού βάρους, $4,3 \pm 0,24$ νωπού βάρους.	-
Favati et al., 2009	Το περιεχόμενο των TSS σε °Brix % για 20, 40, 60 mm ET _c ήταν: 5,30, 5,81, 5,82 για το έτος 2002 και 5,10, 5,11, 5,10 για το έτος 2003. Το περιεχόμενο της ολικής οξύτητας TA % για 20, 40, 60 mm ET _c ήταν: 0,33, 0,37, 0,39 για το έτος 2002 και 0,35, 0,40, 0,39 για το έτος 2003. Το περιεχόμενο της βιταμίνης C σε gr/100gr για 20, 40, 60 mm ET _c ήταν: 20,05, 20,44, 18,61 για το έτος 2002 και 28,14, 28,44, 25,72 για το έτος 2003.	Η απόδοση παραγωγής σε t / ha για 20, 40, 60 mm ET _c ήταν: 48,61, 54,54, 57,62 για το έτος 2002 και 35,6, 38,7, 37,6 για το έτος 2003.
Marouelli and Silva, 2007	Η μέση TA που παρατηρήθηκε ήταν 0,31 % κιτρικού οξέος. Το περιεχόμενο των TSS είχε μέση τιμή 4,4 %.	Η μέγιστη απόδοση παραγωγής παρατηρήθηκε για τιμή αλατότητας 35 kPa ($\log[\text{kPa}] = 1.54$) και ισούται με 133 Mg/ha ή 146,607 t / ha. Η ελάχιστη απόδοση παραγωγής παρατηρήθηκε για τιμή

Βιβλιογραφική αναφορά	Ποιότητα	Παραγωγή
		αλατότητας 120 kPa και αντιστοιχεί σε 18 % μείωση της μέγιστης απόδοσης παραγωγής.
Garcia and Barrett, 2006	Μέσος όρος παρατηρήσεων για δυο χρονιές σε διαφορετικές ποικιλίες και βαθμό ωριμότητας, περιέχεται στα όρια 4,5 και 6,25 °Brix %. Ομοίως η μέση TA ισούται με 0,35 % κιτρικού οξέος.	-
Thakur et al., 1996	Η μέση TA ισούται με 0,35 % κιτρικού οξέος.	-
Mitchell et al., 1991	Η αλατότητα αύξησε τα TSS κατά περίπου 8 % (ενώ στα εμπορεύσιμα φρούτα τα διαλυμένα στερεά δεν μεταβλήθηκαν ιδιαίτερα). Βελτιωμένη ποιότητα καρπών σε όρους TSS και ίσως TA.	Η απόδοση παραγωγής που σημειώθηκε για δύο χρονιές (1985 / 1986) ισούται με 90,2 και 86,2 t/ha αντίστοιχα για αρχικές συνθήκες, ενώ στην περίπτωση αλατότητας 92,6 και 87,6 t/ha.
Maggio et al., 2007	-	Η αλατότητα μείωσε πολύ την απόδοση της παραγωγής (45–50 %), κάτι που οφείλεται κυρίως σε μείωση της μέσης μάζας των φρούτων και όχι του αριθμού.
Reina-Sánchez et al., 2005	Η TA και το περιεχόμενο σε TSS αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας. Ο λόγος TA/TSS > 1 (meq NaOH / °Brix) άρα μεγαλύτερη συγκέντρωση οξέων παρά διαλυμένων στερεών.	Η απόδοση παραγωγής για τέσσερις ποικιλίες τομάτας μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας (για EC = 4,7 dS/m παρατηρήθηκε 38 % μείωση) και οφείλεται κυρίως σε μείωση του μεγέθους του φρούτου (σε σχετικά μικρές αλατότητες κυρίως

Βιβλιογραφική αναφορά	Ποιότητα	Παραγωγή
Saito et al., 2008	-	<p>μειώνεται η μέση μάζα των φρούτων και όχι ο αριθμός).</p> <p>Παρατηρήθηκε μειωμένη απόδοση παραγωγής. Σε χαμηλά EC την απόδοση παραγωγής επιδεινώνει περισσότερο η μείωση στην μέση μάζα των καρπών. Ενώ σε περισσότερο ισορροπημένα EC το μικρό πλήθος καρπών οφείλεται για την μείωση της απόδοσης παραγωγής.</p>
Yurtseven et al., 2005	Το περιεχόμενο σε TSS αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας άρδευσης και ποικίλει από 5,43 °Brix %, 5,71 °Brix % μέχρι 7,51 °Brix % για αντίστοιχα EC 0,25 dS/m, 2,5 dS/m και 5 dS/m.	Σημειώθηκε μείωση της απόδοσης παραγωγής με την αύξηση της αλατότητας (αύξηση του EC από 2,5 σε 5 dS/m οδήγησε σε μείωση της απόδοσης κατά 37 %).
Magán et al., 2008	-	<p>Η ολική και εμπορεύσιμη απόδοση παραγωγής μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της αλατότητας (από τιμές EC μεταξύ 3 και 4 dS/m και άνω μειώθηκε γραμμικά). Για χαμηλά EC η μέση μάζα των φρούτων ευθύνεται για την μείωση της απόδοσης παραγωγής (η μείωση του συνολικού αριθμού των καρπών δεν ήταν μηδενική).</p>

Βιβλιογραφική αναφορά	Ποιότητα	Παραγωγή
Alsadon et al., 2015	-	Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μείωση της συνολικής απόδοσης παραγωγής οφείλεται σε μείωση στη μέση μάζα και όχι σε μείωση στον μέσο αριθμό των καρπών.
Abdel Latef and Chaoxing, 2011	-	Το νωπό βάρος και η απόδοση παραγωγής μειώθηκαν με την αύξηση της αλατότητας.
Mulholland et al., 2002	Η αύξηση της αλατότητας οδήγησε σε αύξηση των περιεχόμενων TSS (τιμές από 3,5 – 5,5 °Brix %).	Η απόδοση παραγωγής μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας (η μελέτη αναφέρεται σε διαμέτρους καρπών < 67 mm).
Boari et al., 2016	Το περιεχόμενο σε TSS αυξήθηκε 18,7 % με αύξηση της αλατότητας (έτος 2007: 7,1, 7,5 και 8,6 °Brix %, για EC ίσα με $0,85 \pm 0,10$, $2,80 \pm 1,66$ και $4,41 \pm 2,24$ dS/m αντίστοιχα)(έτος 2008: 5,4, 5,5 και 6,5 °Brix %, για EC ίσα με $0,85 \pm 0,10$, $2,80 \pm 1,66$ και $4,41 \pm 2,24$ dS/m αντίστοιχα)(έτος 2009: 4,7, 5,0 και 5,3 °Brix %, για EC ίσα με $0,85 \pm 0,10$, $2,80 \pm 1,66$ και $4,41 \pm 2,24$ dS/m αντίστοιχα). Η αντίσταση σάρκας στη πίεση ήταν 17 % μεγαλύτερη σε EC = $0,85 \pm 0,10$ από ότι σε EC = $4,41 \pm 2,24$ dS/m (5,3 και 4,2 kg/cm ² για το έτος 2008, ενώ 5,7 και 5,0 kg/cm ² για το έτος 2008). Η ολική οξύτητα	Αύξηση της αλατότητας (από $0,85 \pm 0,10$ dS/m σε EC = $4,41 \pm 2,24$ dS/m) οδήγησε σε 42 %, 55 %, 35 % μείωση της απόδοσης παραγωγής (με αντίστοιχες τιμές 89,1 → 51,6 t/ha, 144,6 → 64,9 t/ha, 125,6 → 82,1 t/ha) και 46 %, 66 %, 37 % μείωση της εμπορεύσιμης απόδοσης παραγωγής αντίστοιχα (με αντίστοιχες τιμές 85 → 46 t/ha, 108,7 → 37,2 t/ha, 117,4 → 74,4 t/ha) για τις χρονιές 2007, 2008, 2009. Η κύρια αιτία για τη μείωση της απόδοσης παραγωγής είναι η μείωση στη μέση μάζα των καρπών.

Βιβλιογραφική αναφορά	Ποιότητα	Παραγωγή
	αυξήθηκε ελαφρώς την πρώτη χρονιά (έτος 2007 αύξηση από 0,4 σε 0,5 g/100g) με αύξηση της αλατότητας ενώ τις επόμενες παρέμεινε αμετάβλητη (2008 → 0,4 g/100g και 2009 → 0,3 g/100g).	
Ullah et al., 1994	Το ποσοστό της TA αυξήθηκε με αύξηση της αλατότητας (0,41 % κιτρικού οξέος, σε αρχικές συνθήκες ενώ 0,51 και 0,56 % για άρδευση με θαλασσινό νερό). Το περιεχόμενο σε ASA αυξήθηκε με αύξηση της αλατότητας	Η απόδοση παραγωγής μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της αλατότητας ενώ για άρδευση με θαλασσινό νερό παρατηρήθηκε 21 % μείωση.
Campos et al., 2006	Το περιεχόμενο σε TSS περιέχεται στο όριο 4 – 6 °Brix και αυξήθηκε γραμμικά σύμφωνα με την αύξηση της αλατότητας Το περιεχόμενο της TA περιέχεται στο όριο 0,3 – 0,4 g/100g (<i>Alcántar et al., 1999; De Pascale et al., 2001; Cramer et al., 2001</i>), και αυξήθηκε γραμμικά σύμφωνα με την αύξηση της αλατότητας.	Η απόδοση παραγωγής μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας (11,8 και 10,1 %) ομοίως και η απόδοση της εμπορεύσιμης παραγωγής. Οι <i>Ayers & Westcot (1999)</i> θέτουν όριο αλατότητας του νερού άρδευσης ίσο με $EC_w = 1,7$ dS/m πάνω από το οποίο η απόδοση παραγωγής μειώνεται. Ενώ τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας θέτουν $EC_w = 1$ dS/m (τιμή αλατότητας που αντιστοιχεί στη μέγιστη απόδοση παραγωγής). Η κύρια αιτία για τη μείωση της απόδοσης παραγωγής είναι η μείωση στη μέση μάζα των καρπών

Βιβλιογραφική αναφορά	Ποιότητα	Παραγωγή
Al-Karaki and Hammad, 2001	Το περιεχόμενο σε TSS αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας (από 4,7 °Brix % για EC = 1,4 dS/m σε 6,6 °Brix % για EC = 4,9 dS/m).	Η απόδοση παραγωγής μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας, ο μέσος αριθμός φρούτων και η μέση μάζα μειώθηκαν επίσης αλλά σημαντικότερη μείωση παρουσίασε η μέση μάζα των καρπών.
Li et al., 1999	Το περιεχόμενο σε TSS και TA αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας.	Η απόδοση παραγωγής μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας, ο μέσος αριθμός φρούτων και η μέση μάζα μειώθηκαν επίσης αλλά σημαντικότερη μείωση παρουσίασε η μέση μάζα των καρπών.

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Απόδοση της Παραγωγής

2.1.1 Μέγεθος φυτών

Για τον υπολογισμό του μεγέθους των φυτών, θεωρήθηκε ότι ο συνολικός όγκος (VT) που καταλαμβάνει ένα φυτό στο χώρο αποτελεί ένα νοητό κύλινδρο, με διάμετρο (d) τη μέγιστη απόσταση από ένα φύλλο σε ένα άλλο στον οριζόντιο άξονα x'x, και ύψος (h) η απόσταση από το έδαφος μέχρι το υψηλότερο σημείο που φτάνει η κορυφή του φυτού στον y'y άξονα. Έτσι, ο συνολικός όγκος κάθε φυτού υπολογίστηκε σύμφωνα με την Εξίσωση (1).

$$V_T = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h \quad (1)$$

Την περίοδο που μεσολάβησε μέχρι το δέσιμο των πρώτων καρπών, μετρήθηκαν η διάμετρος και το ύψος όλων των φυτών σε εβδομαδιαία βάση, ώστε να μελετάται ο χρόνος ανάπτυξης των φυτών υπό διαφορετικές συνθήκες (Wagner and Tsanis, 2016).

2.1.2 Αριθμός και Μέγεθος καρπών

Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος πραγματοποιήθηκε μέτρηση του μεγέθους των καρπών μια φορά την εβδομάδα. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν ειδικά δοχεία συγκεκριμένης διαμέτρου που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο όγκο όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.1). Η μέθοδος των δοχείων (Εικόνα 2.1) αν και ιδιαίτερα πρακτική για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της προόδου της απόδοσης παραγωγής, δεν αποτελούσε ακριβής μέτρηση αλλά σε ένα βαθμό προσεγγιστική.

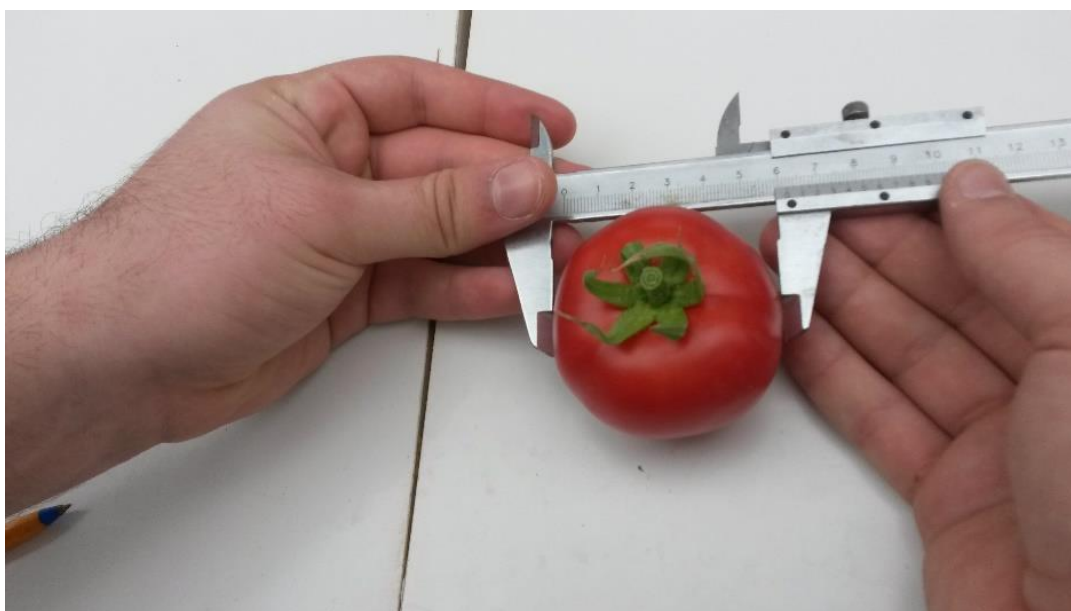
Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση μεγέθους καρπών με βάση δοχεία.

Όγκος [ml]	Διάμετρος Ø [cm]
30	4,25
60	5,6
80	6,5
125	7,1
250	8,5
>250	>8,4



Εικόνα 2.1: Μέτρηση του μεγέθους του καρπού με τη μέθοδο των δοχείων, στα πλαίσια του πειράματος.

Μια πιο εμπειριστατωμένη και αναλυτική προσπάθεια καταγραφής του μεγέθους των καρπών, όσον αφορά τη διάμετρο και τη μάζα τους, πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια κάθε συγκομιδής. Η διάμετρος των καρπών μετρήθηκε με τη βοήθεια του οργάνου *Βερνιέρος*, ενός διαστημομέτρου ακριβείας (Εικόνα 2.2) ενώ για τη μέτρηση του βάρους χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας.



Εικόνα 2.2: Μέτρηση με το διαστημόμετρο ή βερνιέρο.

Ο αριθμός των εμπορεύσιμων καρπών αποτελεί ίσως την πιο σημαντική ένδειξη της απόδοσης παραγωγής. Το μέγεθος του καρπού αποτελεί ένα βασικό κριτήριο για την εμπορευσιμότητα

της παραγωγής. Στην Ευρώπη προτείνεται ο Πίνακας 2.2 για την κατηγοριοποίηση των καρπών στις τομάτες με βάση τη διάμετρο (OJ, 2009).

Πίνακας 2.2: Κατηγοριοποίηση της τομάτας με βάση τη διάμετρο (OJ, 2009).

Κωδικός	Κατηγοριοποίηση	Διάμετρος [mm]
10	GGG	>102
9	GG	>81 ≤102
8	G	>66 ≤81
7	M	>56 ≤66
6	MM	>47 ≤56

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης οι καρποί διακρίνονται σε δυο κλάσης, την κλάση Α που περιλαμβάνει τις κατηγορίες G, GG, GGG Πίνακας 2.2 και την κλάση Β που περιλαμβάνει τις κατηγορίες M, MM. Πιο αναλυτικά, στην κλάση Α ανήκουν οι καρποί με διάμετρο > 66 mm, που πληρούν σε πολύ μεγάλο βαθμό τα εμπορικά κριτήρια και θα αναφέρονται στο εξής ως εμπορεύσιμοι (το σύνολο των καρπών που αντιστοιχούν στην εμπορεύσιμη παραγωγή). Αντίστοιχα, στην κλάση Β ανήκουν οι καρποί με διάμετρο < 66 mm και αποτελούν εμπορικό προϊόν αλλά δεν ονομάζονται εμπορεύσιμοι. Το σύνολο των καρπών που ανήκουν στις κλάσεις Α και Β αποτελούν τη συνολική παραγωγή.

2.2 Ποιότητα Παραγωγής (Ανάλυση Καρπών)

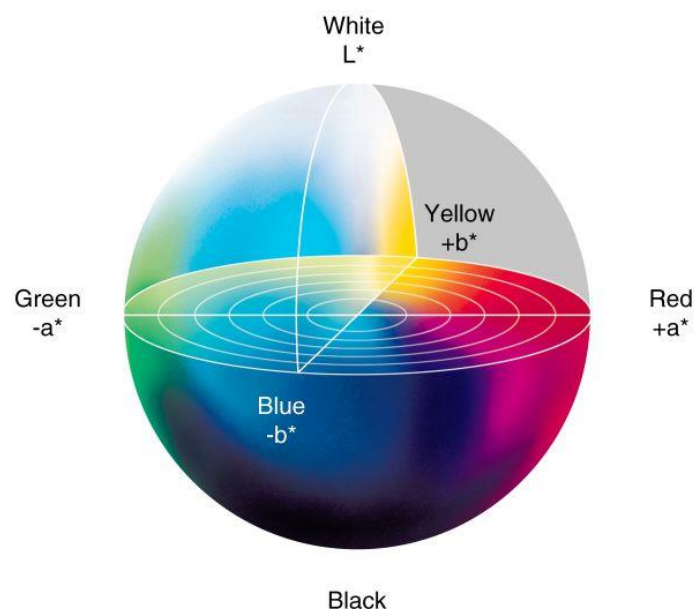
2.2.1 Χρώμα καρπών

Το χρώμα αποτελεί σημαντικό ποιοτικό κριτήριο αξιολόγησης του σταδίου ωριμότητας και της φρεσκάδας των νωπών φυτικών προϊόντων και χρησιμοποιείται στη διαλογή των καρπών σε εμπορική κλίμακα (Abbott, 1999; Κατσογιάννη, 2010). Το χρώμα σχετίζεται άμεσα με την αντίληψη των καταναλωτών για την εμφάνιση ενός προϊόντος καθώς η συγκέντρωση των χρωστικών ουσιών αποτελεί δείκτη προσδιορισμού τόσο της ωριμότητας όσο και της ποιότητας (Aramburu and Marti, 2003).

Το λυκοπένιο συμβάλλει στη βιοσύνθεση καρωτινοειδών ουσιών οι οποίες είναι μεταξύ των σημαντικότερων χρωστικών ουσιών που απαντώνται στα φρούτα. Στην τομάτα συγκεκριμένα το λυκοπένιο αντιπροσωπεύει το 90% των καρωτινοειδών και υψηλές συγκεντρώσεις λυκοπενίου (περίπου 30–100 mg/g νωπού βάρους) προσδίδουν το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα στις τομάτες (Lewinsohn et al., 2005). Η συσσώρευση του εξαρτάται από το βαθμό ωρίμανσης των καρπών και από τη συγκέντρωση αιθυλενίου στον καρπό (Lewinsohn et al.,

2005). Έτσι η συγκέντρωση λυκοπένιου αυξάνεται σημαντικά κατά την αύξηση του καρπού από το στάδιο «ώριμο πράσινο» μέχρι το «πλήρως κόκκινο» (Brandt et al., 2006; Dumas et al., 2003; Helyes et al., 2006).

Ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα συστήματα που περιγράφουν το χρώμα ενός αντικειμένου είναι το CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$ το οποίο επινοήθηκε το 1976 και το οποίο βασίζεται στις ιδιότητες του ανθρώπινου ματιού το οποίο έχει τρεις χρωματικούς δέκτες, κόκκινο, πράσινο και μπλε και όλα τα χρώματα που αντιλαμβάνεται είναι συνδυασμοί αυτών (Abbott, 1999). Το κάθε χρώμα περιγράφεται από 3 χρωματικές συντεταγμένες τις L^* , a^* και b^* που απεικονίζονται σε τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα (Εικόνα 2.3).

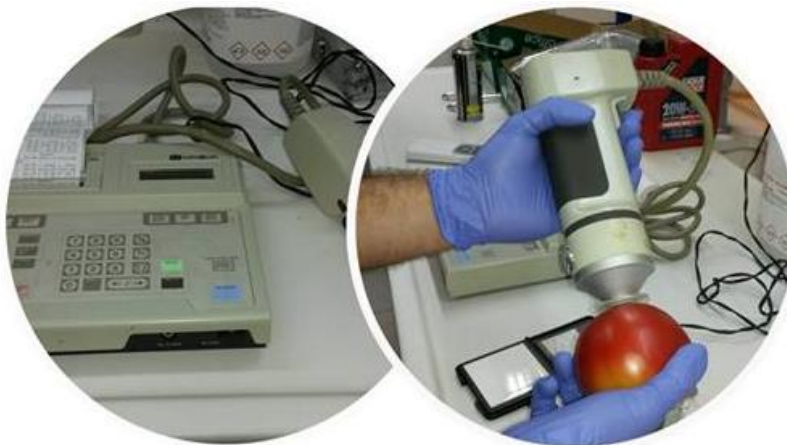


Εικόνα 2.3: Το τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων CIE $L^*a^*b^*$.

Ο παράγοντας L^* (Lightness) παρέχει πληροφορία για την φωτεινότητα του αντικειμένου παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) μέχρι 100 (λευκό). Ο παράγοντας a^* αντιπροσωπεύει αποχρώσεις του κόκκινου (θετικές τιμές) ενώ αποχρώσεις του πράσινου (αρνητικές τιμές). Ο παράγοντας b^* αντίστοιχα για θετικές τιμές αντιπροσωπεύει αποχρώσεις του κίτρινου ενώ για αρνητικές τιμές αποχρώσεις του μπλε (Abbott, 1999; Papadakis et al., 2000; Yam and Papadakis, 2004).

Στα πλαίσια του πειράματος για το προσδιορισμό του χρώματος των καρπών χρησιμοποιήσαμε το όργανο Minolta CR-300 (Εικόνα 2.4), το οποίο εμφανίζει σαν αποτέλεσμα τις σταθερές L^* , a^* , b^* . Για κάθε τομάτα πήραμε δυο μετρήσεις σε διαφορετικά σημεία της επιφάνειας της.

Οι βαθμοί ωριμότητας συνήθως εκτιμώνται από διαγράμματα χρώματος. Τα χρωματόμετρα, από την άλλη μεριά, εκφράζουν τα χρώματα σε αριθμητικούς όρους κατά μήκος των αξόνων L^* , a^* , b^* , μέσω της χρωματικής σφαίρας CIE $L^*a^*b^*$ η οποία συνήθως είναι μαθηματικά συνδεδεμένη να υπολογίζει τους καταλόγους χρώματος (Camelo and Gómez, 2004).



Εικόνα 2.4: Χρήση του οργάνου Minolta CR-300.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος για το προσδιορισμό του χρώματος του καρπού χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω κατάταξη του πίνακα (Εικόνα 2.5). Το χρώμα του καρπού αν και αποτελεί βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της ορθότητας της στιγμής συγκομιδής.



ΠΡΑΣΙΝΕΣ: Η επιφάνεια της τομάτας είναι απολύτως πράσινη. Οι αποχρώσεις του πράσινου ποικίλουν από φωτεινό σε σκοτεινό.



ΣΠΑΣΙΜΟ: Υπάρχει ένα σαφές «σπάσιμο» του χρώματος από πράσινο σε αποχρώσεις του καφέ-κίτρινου, ροζ και κόκκινου όμως δεν ξεπερνά το 10% της επιφάνειας της τομάτας.



ΓΥΡΙΣΜΑ: Οι αποχρώσεις του καφέ-κίτρινου, ροζ και κόκκινου καλύπτουν επιφάνεια της τομάτας μεγαλύτερη από το 10% και μικρότερη από το 30%.



ΡΟΖ: Ροζ και κόκκινο χρώμα καλύπτουν επιφάνεια μεγαλύτερη του 30% αλλά μικρότερη από το 90% της τομάτας.



ΕΛΑΦΡΑ ΚΟΚΚΙΝΕΣ: Το κόκκινο χρώμα δεν ξεπερνά το 90% της επιφάνειας της τομάτας ενώ αποχρώσεις ροζοκόκκινου χρώματος ξεπερνούν το 60%.



ΚΟΚΚΙΝΗ: το κόκκινο χρώμα καλύπτει περισσότερο από το 90% της επιφάνειας της τομάτας.

Εικόνα 2.5: Χρωματική κατάταξη καρπού τομάτας (Πηγή: United Fresh and Vegetable Association, U.S. Department of Agriculture Agricultural Marketing Service Fruit and Vegetable Division).

2.2.2 Αντίσταση σάρκας στην πίεση

Για τις φρέσκοις τομάτες ένας πολύ σημαντικός παράγοντας της ποιότητας είναι η υφή της σάρκας. Η υφή επηρεάζεται από την σταθερότητα και τη δύναμη της σάρκας. Ο βαθμός της σταθερότητας του φρούτου, χρησιμοποιείται σαν δείκτης ποιότητας για το φρούτο μπορεί να αποτελέσει τελική ένδειξη, βάσει της οποίας ο καταναλωτής αποφασίζει αν θα αγοράσει τις τομάτες (Gormley and Egan, 1978). Πολλές φορές, η έννοια της υφής περιλαμβάνει μηχανικές ιδιότητες που ενδιαφέρουν όχι από καταναλωτικής άποψης αλλά από εμπορικής, όπως π.χ. η ανθεκτικότητα των προϊόντων στις μηχανικές καταπονήσεις (Abbott and Harker, 2004; Knee, 2002). Ο Bourne (1982) τόνισε ότι οι μελέτες υφής θεωρούνται περισσότερο σαν μια μελέτη της αστοχίας παρά της αντοχής ενός τροφίμου. Οι εκτιμήσεις της ποιότητας των φρούτων συνήθως εμπεριέχουν μετρήσεις της αντίστασης της σάρκας χρησιμοποιώντας πενετρόμετρο (penetrometer).

Η αρχή λειτουργίας του πενετρόμετρου είναι ένα εξάρτημα παρακέντησης που αποτελείται από ένα λείο ή κυρτό άκρο, το οποίο διαπερνά το δέρμα της τομάτας και καταγράφει την μέγιστη δύναμη που ασκείται. Ανάλογα με το είδος του φρούτου που θέλουμε να μετρήσουμε υπάρχουν διάφορα εξαρτήματα παρακέντησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Μερικά ενδεικτικά εξαρτήματα παρακέντησης φαίνονται στον Πίνακα 2.3. Σύμφωνα με τον Πίνακα 2.3 μια αποδεκτή τιμή της αντίστασης της σάρκας στην πίεση για τις τομάτες είναι 4 kg/cm^2 , με εξάρτημα παρακέντησης διαμέτρου 3 mm. Στο πείραμα η αντίσταση της σάρκας στη πίεση μετρήθηκε με το όργανο GY-2 Penetrometer (Zhejiang Top Instrument, China) (Εικόνα 2.6), με εξάρτημα παρακέντησης διαμέτρου 3,5 mm. Τρυπήθηκαν τυχαία δύο μεριές της τομάτας και τα αποτελέσματα εκφράσθηκαν σε μονάδες kg/cm^2 .

Πίνακας 2.3: Ενδεικτικά εξαρτήματα παρακέντησης του GY-2 Penetrometer.

Προσδιορισμός βυθίσματος					
Καρπός	Διάμετρος [mm]	3	3	8	11
	Εύρος [kg/cm ²]	15	4	24	12
Μήλο					X
Τομάτα			X		
Αβοκάντο				X	
Μπανάνα			X		
Ροδάκινο Βερίκοκο				X	
Κίτρο Πεπόνι Λοτός				X	
Μούρο Κεράσι Σταφύλι			X		
Νεκταρίνι Αχλάδι Ακτινίδιο				X	



Εικόνα 2.6: Το GY-2 Penetrometer (αριστερά) και ο τρόπος χρήσης του (δεξιά).

2.2.3 Βιταμίνη C

Ένας από τους λόγους που καθιστούν την τομάτα ιδιαίτερα δημοφιλή είναι ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες και ιδιαίτερα με ασκορβικό οξύ (ASA). Το ASA γνωστό και ως $C_6H_8O_6$ είναι μια αντιοξειδωτική ουσία, άρα μια κατάλληλη μέθοδος για τον ποσοτικό προσδιορισμό της συγκέντρωσής της είναι η χρήση μιας οξειδοαναγωγικής ογκομέτρησης.

Το ασκορβικό οξύ στους καρπούς της τομάτας καθορίστηκε με την ογκομετρική μέθοδο της 2,6 – Διχλωροινδοφαινόλης (AOAC, 1995). Για την προετοιμασία του δείγματος, αρχικά το

κάθε δείγμα μεμονωμένα τεμαχίστηκε και έπειτα υποβλήθηκε σε μερικές σύντομες αναμίξεις σε μπλέντερ. Στη συνέχεια ο πολτός που δημιουργήθηκε στραγγίστηκε με ειδικό τούλι, ενώ από το χυμό που προέκυψε χρησιμοποιήθηκαν 5 mL. Για την εύρεση της βιταμίνης C, στα 5 mL δείγματος προστέθηκαν 5 mL απιονισμένο νερό, 1 mL μεταφωσφορικό οξικό οξύ και 1 mL μεταφωσφορικόθειικό οξύ, ενώ η τιτλοδότηση έγινε με διάλυμα βαφής (*Dye Solution*) (Εικόνα 2.7). Το *Dye Solution* προετοιμάστηκε διαλύοντας 84 mg NaHCO_3 και 100 mg της 2,6 – Διγλωρινδοφαινόλης σε 400 mL απεσταγμένο νερό. Το διάλυμα με το μεταφωσφορικό οξικό οξύ προετοιμάστηκε διαλύοντας σφαιρίδια 15 g HPO_3 σε 40 mL CH_3COOH και 200 mL H_2O . Το μίγμα αραιώθηκε σε περίπου 500 mL και διηθήθηκε ταχέως σε μια φιάλη με γυάλινο πώμα. Με παρόμοιο τρόπο προετοιμάστηκε το διάλυμα μεταφωσφορικούθειικού οξέος αντικαθιστώντας το H_2O με 0,3 N H_2SO_4 . Πρότυπο διάλυμα ασκορβικού οξέος (1 mg/mL) παρασκευάστηκε με τη μεταφορά 50 mg προτύπου ασκορβικού οξέος σε μια ογκομετρική φιάλη 50 mL και έγινε αραιώση σε όγκο αμέσως με απιονισμένο νερό. Διαλύματα ασκορβικού οξέος από 0,2, 0,5, 0,7, 1 και 1,2 mg ασκορβικού οξέος παρασκευάστηκαν σε φιάλες των 50 mL. Προστέθηκε 1 mL διαλύματος μεταφωσφορικού οξέος-οξικού οξέος και 1 mL διαλύματος μεταφωσφορικού οξέος-οξικού οξέος -θειικό οξύ. Ισχύει η παραδοχή, ότι 7,3071 mL από το *Dye Solution* αντιστοιχούν σε 1 mL ασκορβικού οξέος. Μετά την ογκομέτρηση το διάλυμα απέκτησε ένα κίτρινο χρώμα (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7: Διαδικασία υπολογισμού της βιταμίνης C με οξειδοαναγωγική ογκομέτρηση.

Η συγκέντρωση της βιταμίνης C (g/100 g) υπολογίζεται ως εξής:

$$ASA = \frac{V}{V_{ASA}} \quad (1)$$

όπου V, τα mL του διαλύματος βαφής που χρησιμοποιήθηκαν για τη ογκομετρική ανάλυση του δείγματος και V_{ASA} , τα mL του διαλύματος βαφής που ισοδυναμούν με 1mg ασκορβικού οξέος. Τέλος, τα δεδομένα εκφράζονται σε g ασκορβικού οξέος ανά 100 mL χυμού τομάτας.

Σύμφωνα με μελέτες του J. Benton Jones, (2008), τα όρια για τη βιταμίνη C σε 100 g τομάτας κυμαίνονται μεταξύ 20–25 mg και οι παρατηρήσεις των Thakur et al. (1996) συμφωνούν καθώς

υπολόγισαν αποδεκτές τιμές γύρω 23 mg/100 g τομάτας. Σε παρόμοια αποτελέσματα (19–21 mg/100g χυμού τομάτας) κατέληξε και ο Baker (1947) για τις ώριμες τομάτες. Ο Frusciante et al. (2007) μετά από μελέτες που αφορούν διαφορετικούς τύπους τομάτας παρατήρησε χαμηλότερες τιμές ορίων 8–16,3 mg για 100 g νωπού βάρους της τομάτας, ενώ οι Zoran et al. (2014) αναφερόμενοι στη ποικιλία *Elpida* συγκεκριμένα παρατήρησαν 13,7–14,33 g ανά 100 g τομάτας.

2.2.4 Ολική Οξύτητα

Τα οξέα επηρεάζουν σημαντικά τη γεύση της τομάτας αλληλοεπιδρώντας με τα σάκχαρα και δημιουργώντας οξύτητα (Kader et al., 1977). Το κιτρικό και το μηλεϊνικό οξύ είναι από τα αφθονότερα οργανικά οξέα στο φρούτο (4% μηλεϊνικό και 9% κιτρικό, σε βάση ξηρής μάζας), με το κιτρικό να παίζει μεγαλύτερο ρόλο στην ξινή γεύση του φρούτου. Η συγκέντρωση των διαφόρων οργανικών οξέων, όπως μηλεϊνικό, κιτρικό και τρυγικό, οξύ μειώνονται καθώς τα φρούτα ωριμάζουν. Η συγκέντρωση των οξέων διαφοροποιείται καθ' όλη τη διάρκεια της ωρίμανσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν κριτήριο συγκομιδής καθώς είναι πολύ σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό. Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των οξέων χρησιμοποιείται ογκομετρική ανάλυση με αλκαλικό διάλυμα. Για την ογκομετρική ανάλυση του δείγματος χρησιμοποιήθηκε αλκαλικό διάλυμα NaOH 0,1 (M) και φαινολοφθαλεΐνη σαν δείκτης που θεωρείται ασθενές οξύ, το οποίο είναι διάφανο ενώ το ιόν του είναι ροζ. Κατά την τιτλοδότηση μετατοπίζεται η ισορροπία της αντίδρασης προς τα αριστερά και μετατρέπεται το δείκτη σε διάφανο. Προσθέτοντας ιόντα υδροξειδίου απομακρύνονται τα υδρογονωμένα ιόντα και η ισορροπία μετατοπίζεται προς τα δεξιά για να τα αποκαταστήσει με αποτέλεσμα ο δείκτης να μετατρέπεται σε ροζ. Η διαφορά χρώματος εμφανίζεται σε pH = 8,2, καθώς σε αυτό το pH εξουδετερώνονται όλα τα οργανικά οξέα που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Για την προετοιμασία του δείγματος, αρχικά το κάθε δείγμα μεμονωμένα τεμαχίστηκε και έπειτα υποβλήθηκε σε μερικές σύντομες αναμίξεις σε μπλέντερ. Στη συνέχεια ο πολτός που δημιουργήθηκε στραγγίστηκε με ειδικό τούλι, ενώ από το διάλυμα που προέκυψε χρησιμοποιήθηκαν 5 mL. Για την εύρεση της ολικής οξύτητας, στα 5 mL δείγματος προστέθηκαν 5 mL απιονισμένο νερό, και μία σταγόνα φαινολοφθαλεΐνης, ενώ η τιτλοδότηση έγινε με αλκαλικό διάλυμα NaOH 0,1 M (Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8: Διαδικασία προσδιορισμού ΤΑ με ογκομετρική ανάλυση.

Η συγκέντρωση της ολικής οξύτητας (g/100 mL) υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Citric Acid} \left[\frac{\text{g}}{100 \text{ mL}} \right] = \text{mL (0.1 N NaOH)} * 0.06404 \quad (2)$$

όπου: 0,06404 εκφράζουν τα mL του ισοδύναμου βάρους κιτρικού οξέος.

Τέλος τα δεδομένα εκφράζονται σε g κιτρικού οξέος ανά 100 mL χυμού τομάτας. Η μέση ολική οξύτητα των καρπών της τομάτας είναι γύρω από το όριο του 0.35% σύμφωνα με μελέτες του Thakur et al. (1996). Μεταβολές στην ολική οξύτητα του φρούτου της τομάτας οφείλονται περισσότερο στο στάδιο ωριμότητας του φρούτου και λιγότερο σε γενετικές διαφορές μεταξύ των φρούτων, ενώ οι λιγότερο ώριμες τομάτες έχει παρατηρηθεί ότι παράγουν πάστες με υψηλότερη ΤΑ (Garcia and Barrett, 2006; Kader et al., 1977).

2.2.5 Ολικά Διαλυτά Στερεά (TSS)

Τα TSS είναι ένας δείκτης για την αναλογία των διαλυτών στερεών σε ένα διάλυμα. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για το άθροισμα των σακχάρων (σακχαρόζη και εξόζη, 65%) οξέων (κιτρικό 4% και μιλικό 9%) και άλλων δευτερευόντων συστατικών όπως φαινόλες, αμινοξέα μέταλλα, πρωτεΐνες και ανόργανα άλατα που περιέχονται στον πολτό του φρούτου της τομάτας (Kader, 2008; María E. Balibrea et al., 2006). Αποτελούν ένα πολύ σημαντικό παράγοντα για την ποιότητα της τομάτας καθώς σχετίζονται με την συγκέντρωση των σακχάρων (υψηλά επίπεδα TSS συνεπάγεται υψηλή συγκέντρωση περιεχόμενων σακχάρων) και γενικότερα της γλυκύτητας (Hayashi et al., 2014; Johnstone et al., 2005). Αυτό είναι ένα κριτήριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό κατάλληλης ώρας συγκομιδής των φρούτων, καθώς κατά την περίοδο ωρίμανσης η συγκέντρωση των σακχάρων αυξάνεται πολύ γρήγορα. Τα περιεχόμενα σάκχαρα των τοματών περιλαμβάνουν κυρίως τη γλυκόζη και τη φρουκτόζη. Στην περίπτωση που η τομάτα ποτίζεται με αλατόνερο παρατηρείται αύξηση στη συσσώρευση του άμυλου και των σακχάρων (Saito et al., 2008).

Για τον προσδιορισμό των TSS χρησιμοποιήθηκε διάλυμα του κάθε δείγματος, το οποίο μετρήθηκε στο ρεφρακτόμετρο ATAGO PR-100 (Εικόνα 2.9) που εκφράζει το αποτέλεσμα σε βαθμούς Brix %. Ένας βαθμός Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) αντιστοιχεί σε 1 g σακχάρου σε 100g διαλύματος και εκπροσωπεί τη δύναμη του διαλύματος ως επί της εκατό κατά βάρος. Στην περίπτωση της τομάτας, επειδή εκτός των σακχάρων περιέχονται και άλλα διαλυμένα στερεά οι βαθμοί Brix αποτελούν κατά προσέγγιση την περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά.



Εικόνα 2.9: ATAGO PR-100.

Σύμφωνα με τον Thakur et al. (1996) οι καλλιεργητές τομάτας έχουν καταβάλει ένα σημαντικό βαθμό προσπάθειας ώστε να παράγουν καρπούς με υψηλά περιεχόμενα TSS, ενώ για κάποιες τομάτες έχουν παρατηρηθεί πολύ υψηλές συγκεντρώσεις των περιεχόμενων TSS (11-15%) (Triano and Clair, 1995). Η κοινή υπό επεξεργασία τομάτα παρουσιάζει μια μέση διακύμανση των περιεχόμενων TSS μεταξύ 4,5 και 6,25% (Poysa, 1992).

3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Γεωγραφική Περιγραφή

Η πεδιάδα της Μεσσαράς είναι μια εύφορη πεδιάδα στα νότια του νομού Ηρακλείου, με προσανατολισμό από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Περιορίζεται βόρεια από το ορεινό συγκρότημα του Ψηλορείτη, νότια από τα Αστερούσια Όρη, ανατολικά από το Όρος Δίκτη ενώ δυτικά καταλήγει στον Κόλπο της Μεσσαράς (Λιβυκό Πέλαγος). Το Τυμπάκι υπάγεται στον Δήμο της Φαιστού. Η λεκάνη απορροής της περιοχής του Τυμπακίου, συνορεύει ανατολικά με την πεδιάδα της Μεσσαράς και τον ποταμό Γεροπόταμο μέσω του φαραγγιού του Φαιστού (κοντά στο αρχαίο Μινωικό ανάκτορο του Φαιστού). Ο υδροκρίτης του Τυμπακίου περιβάλλει μια περιοχή 50 km². Το υψόμετρο της λεκάνης ξεκινάει από το επίπεδο της θάλασσας και φτάνει μέχρι τα 2,440 m. Τοπογραφικά το Τυμπάκι είναι επίπεδο με απότομες κλίσεις στα Βόρειο-Ανατολικά με το υψηλότερο σημείο να ανήκει στο Ψηλορείτη (Tsanis and Daliakopoulos, 2015).

3.2 Φυσικό Περιβάλλον

3.2.1 Γεωλογία και Έδαφος

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στη Κρήτη είναι η ύπαρξη μεγάλων παράκτιων και υποθαλάσσιων υφάλμυρων καρστικών πηγών μαζί με τις αντίστοιχα μεγάλες καρστικές πηγές με καλής ποιότητας υπόγειο νερό. Η ανυπαρξία γεωλογικών φραγμών σε εκτεταμένες ανθρακικές εμφανίσεις προς τη θάλασσα σε συνδυασμό με παλαιογεωγραφικά αίτια έχουν συντελέσει στην υφαλμύριση σημαντικών καρστικών υδροφορέων. Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της κάθε περιοχής εξαρτώνται άμεσα από τις αντίστοιχες γεωλογικές, τεκτονικές και μορφολογικές συνθήκες (Panagopoulos et al., 2013; A Vafidis et al., 2013).

Πέραν των καρστικών συστημάτων, υφαλμύριση συναντάται και στους παράκτιους κοκκώδεις υδροφορείς εξαιτίας της υπεράντλησης του υπόγειου νερού (Τυμπάκι, Ρέθυμνο, κλπ.). Στις αποθέσεις τέλος των νεογενών σχηματισμών όπως και στο φυλλιτικό κάλυμμα συναντώνται, εκτεταμένα κατά θέσεις, στρώματα γύψων (νότια της πόλης του Ηρακλείου, περιοχή Αμπελούζου κλπ.). Η υψηλή διαπερατότητα των γύψων τους καθιστά αξιόλογους υδροφορείς με προβλήματα όμως ποιότητας εξαιτίας της διάλυσης τους και της ρύπανσης του υπόγειου νερού με θειικά άλατα. Κατά θέσεις επίσης στα νεογενή στρώματα (περιοχή Μεσσαράς) συναντώνται εβαπορίτες (ορυκτό άλας) που έχει ως αποτέλεσμα τις μεγάλες συγκεντρώσεις σε Cl των υπογείων νερών χωρίς αυτό να συνδέεται με διείδυση της θάλασσας (Panagopoulos et al., 2013).

3.2.2 Χρήσεις Γης

Το Τυμπάκι λόγω των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών όλη τη διάρκεια του έτους αποτελεί μια έντονα εκμεταλλεύσιμη αγροτική περιοχή. Τα ελαιόδεντρα με ποσοστό 43%, οι αροτραίες καλλιέργειες με ποσοστό 39% και τα κηπευτικά με 16% συγκροτούν τους κύριους τύπους καλλιεργειών, με τα θερμοκήπια να παίζουν κύριο ρόλο για τη δεύτερη κατηγορία (Πίνακας 3.1). Η Ελληνική Στατιστική Αρχή (HSA, 2008) έχει αναγνωρίσει 2.500 ha καλλιεργήσιμης γης στην περιοχή του Τυμπακίου, ενώ άλλες υποθέσεις (Paritsis, 2005; A. Vafidis et al., 2013) αναγνωρίζουν 7.800 ha εκ των οποίων τα 4.000 ha αρδεύονται ολοκληρωτικά με άντληση από νερό του υπόγειου υδροφορέα. Η πλειονότητα των 1.694 θερμοκηπίων που καταγράφηκαν στο νομό Ηρακλείου (Tsakiridi, 2010) βρίσκονται στο Τυμπάκι και καλύπτουν μια έκταση 3.580 m² (Spyridaki, 2008). Η συγκομιδή των καλλιεργειών συνήθως πραγματοποιείται δυο φορές το χρόνο και περιλαμβάνει μη-εγχώρια είδη, κυρίως τομάτα (*Solanum lycopersicum*), αγγούρι (*Cucumis sativus*), κολοκύθι (*Cucurbita pepo*), μελιτζάνα (*Solanum melongena*), πιπεριά (*Capsicum annuum*) και φασολάκια (*Phaseolus vulgaris*) (Thanopoulos et al., 2008).

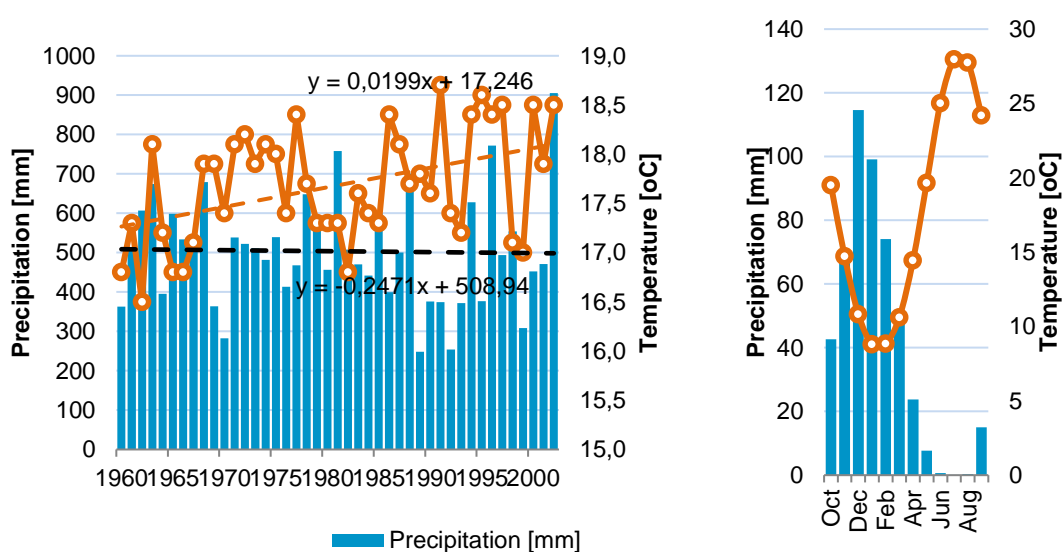
Πίνακας 3.1: Κύριες καλλιέργειες στην περιοχή του Τυμπακίου και της Φαιστού. Μονάδες σε εκτάρια (% του συνόλου) (HSA, 2008).

Περιοχή	Ελιές	Αροτραίες	Κηπευτικά	Εσπεριδοειδή	Αμπελώνες	Σύνολο
Τυμπάκι	1.100 (43%)	1.005 (39%)	401,5 (16%)	37,0 (1%)	3,0 (0%)	2.540,2 (100%)
Φαιστός	13.090 (79%)	1.805 (11%)	1.404,3 (8%)	187,5 (1%)	62,4 (0%)	16.549,2 (100%)

Η αυξημένη ζήτηση νερού για την κάλυψη των αγροτικών αναγκών στη λεκάνη του Τυμπακίου έχει προκαλέσει φαινόμενα υφαλμύρισης. Μάλιστα, ο εντοπισμός του μετώπου της υφαλμύρισης αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος MEDIS το 2005 (Paritsis, 2005). Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη γίνεται σαφές ότι η βάση του μετώπου στο νότιο άκρο βρίσκεται 550 με 600 m σε οριζόντια απόσταση από την ακτογραμμή. Αντίστοιχα, στο βόρειο τμήμα η βάση του μετώπου βρίσκεται σε οριζόντια απόσταση 1500 m από την ακτογραμμή (Tsanis and Daliakopoulos, 2015). Η διαφοροποίηση αυτή αποδίδεται στην παροχή γλυκού νερού από τον Γεροπόταμο, του οποίου η εκβολή βρίσκεται στο νότιο τμήμα της λεκάνης του Τυμπακίου (Panagopoulos et al., 2013).

3.2.3 Κλίμα

Η πεδιάδα της Μεσσαράς χαρακτηρίζεται από ξηρό ύφυγρο κλίμα σύμφωνα με τις ενδείξεις της UNCED (1994) και άρα το υδρολογικό της έτος μπορεί να χωριστεί σε μία ξηρή και μία υγρή περίοδο (Tsanis and Apostolaki, 2008). Η Κρήτη χαρακτηρίζεται από ένα τυπικό νησιώτικο μεσογειακό περιβάλλον όπου περίπου το 53% των κατακρημνίσεων ετησίως παρατηρούνται το χειμώνα, το 23% το φθινόπωρο και το 20 % κατά την άνοιξη, ενώ το καλοκαίρι οι κατακρημνίσεις είναι αμελητέες (Koutroulis et al., 2010). Στην Εικόνα 3.1 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες κατακρημνίσεις για το Τυμπάκι. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η βροχόπτωση δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη τάση και παραμένει σταθερή σε έναν ετήσιο ρυθμό της τάξεως των 504 mm. Το κλίμα ποικίλει από ξηρό-ύφυγρο μεσογειακό μέχρι ημιάνυδρο με ήπιους νωπούς χειμώνες (μέση θερμοκρασία 12 °C, με χαμηλότερη τιμή την -0,2 °C) και ξηρά ζεστά καλοκαίρια (μέση θερμοκρασία 23 °C, με υψηλότερη τιμή την +44 °C) ενώ η μέση ετήσια βροχόπτωση εκτιμάται να είναι 500 mm.



Εικόνα 3.1: Μέση ετήσια (αριστερά) και μέση μηνιαία (δεξιά) βροχόπτωση και θερμοκρασία στο Τυμπάκι (Tsanis and Daliakopoulos, 2015).

Οι κυριότεροι παράγοντες με βαρύ αντίκτυπο στις διαθέσιμες πηγές νερού για το νησί της Κρήτης είναι η εντατική καλλιέργεια και η υψηλή τουριστική δραστηριότητα. Η ανάπτυξη των καλλιεργειών στην πεδιάδα της Μεσσαράς προκάλεσε σημαντική αύξηση της ζήτησης σε νερό, κάτι που οδήγησε σε υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων (την κυριότερη πηγή ύδρευσης και άρδευσης). Η παράτυπη άντληση νερού, η υπέρμετρη άρδευση, τα ελαττωματικά συστήματα άντλησης και οι παρατεταμένες συνθήκες ξηρασίας επιδείνωσαν το πρόβλημα και

οδήγησαν σε σημαντική πτώση στάθμης του υπόγειου υδροφορέα κατά 20 m, την τελευταία δεκαετία.

3.3 Πειραματική διαδικασία

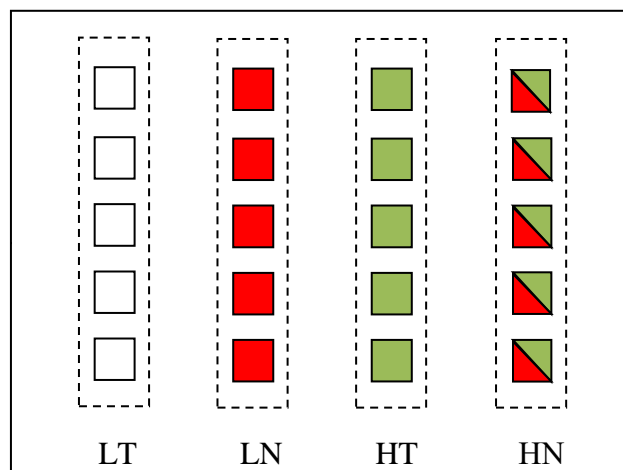
Τα πείραμα πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο, που τοποθετείται στη πολυτεχνειούπολη του Π.Κ. (35°32'00.2"N, 24°04'12.4"E) που υπάγεται στο Δήμο Ακρωτηρίου, Χανιά, Κρήτη. Στην παρούσα εργασία προσδιορίζονται οι ωφέλιμες επιδράσεις της προσθήκης του μύκητα *T. harzianum*, στη βιώσιμη παραγωγή της τομάτας *Solanum Lycopersicum*.

Αρχικά φυτέψαμε τους σπόρους της τομάτας σε γλάστρες 35 (L) λίτρων σε συνθήκες θερμοκηπίου. 20 γλάστρες που περιείχαν έναν σπόρο *S. Lycopersicum L. cv Elpida* η κάθε μία τοποθετήθηκαν σε διάταξη πεντάδας (4 πεντάδες συνολικά μέσα στο θερμοκήπιο, Εικόνα 3.2). Το χώμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν αργιλοπηλώδες έδαφος γνωστό ως «*terra rossa*» (περιεκτικότητα σε άργιλο 27 %, άμμο 52 %, ιλύς 21 %), φτωχό σε οργανικό υλικό (0.804 %) και νιτρικά (17,84 mg/kg). Αναλυτικότερα το pH του εδάφους είχε τιμή ίση με 8.41, το φωσφορικό άλας 0.49 mg / kg, ολικό ασβέστιο 12.14 mg/kg, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) ίση με 0.428 dS/m και προσαρμοσμένη ηλεκτρική αγωγιμότητα ίση με 0.679 dS/m

Η άρδευση των φυτών ρυθμίστηκε στα 1,5 L/d μέσω ενός συστήματος στάγδην άρδευσης (drip irrigation). Το σύστημα αυτό αποτελείται από τους *διανεμητές* (ή *σταλάκτες*) από όπου το νερό χορηγείται στη ζώνη της μεγαλύτερης ριζικής δραστηριότητας των φυτών (τοπική άρδευση) εκρέοντας σταγόνα-σταγόνα, για διάρκεια μιας περίπου ώρας, τις *σωληνώσεις* που αποτελούν το σύνολο των αγωγών που μεταφέρουν το νερό, τις *δεξαμενές αποθήκευσης* του ύδατος και την *πηγή πίεσης* και *παροχής* όπου για τη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκαν βυθιζόμενες αντλίες (ισχύος 400 W και συχνότητάς 50 Hz), συνδεδεμένες με το αυτόματο σύστημα άρδευσης και ενεργοποιούνταν ημερησίως μετά τη δύση του ηλίου. Για την προσομοίωση του υποβαθμισμένου αρδευτικού ύδατος πραγματοποιήθηκε προσθήκη διαφορετικών ποσοτήτων NaCl στις δυο δεξαμενές διαφορετικών μεταχειρίσεων. Η μια δεξαμενή χρησιμοποιούνταν για την άρδευση των μεταχειρίσεων χαμηλής αλατότητας (L, Low) με τιμή $EC_w = 1,1$ dS/m και η δεύτερη για τη μεταχείριση υψηλής αλατότητας (H, High) με αντίστοιχη τιμή $EC_w = 3,5$ dS/m. Η τιμή $EC_w = 1,1$ dS/m θεωρείται ελαφρώς υψηλή ενώ τιμή $EC_w = 3,5$ dS/m θεωρείται αρκετά υψηλή. Η άρδευση, ο έλεγχος και η παρακολούθηση των φυτών (ποιοτικά και ποσοτικά) αλλά και της λειτουργίας του συστήματος άρδευσης γινόταν σε καθημερινή βάση.

Η εφαρμοζόμενη μέθοδος λίπανσης αποτελείται από ένα υδροδιαλυτό μίγμα που περιείχε 10 g KNO_3 , 5 g CaNO_3 και 2,5 g KH_2PO_4 και τροφοδοτούταν στα φυτά, μέσω της άρδευσης αφού πρώτα γινόταν καλή ανάμιξη στις δεξαμενές αποθήκευσης. Αυτό συνεχίστηκε μέχρι την πρώτη καρποφορία. Μετά την πρώτη καρποφορία (60^η ημέρα) αυξήθηκε ο ρυθμός λίπανσης και το νέο μίγμα περιείχε 10 g KNO_3 , 10 g CaNO_3 , 5 g KH_2PO_4 και 2,5 g MgNO_3 . Τα λιπάσματα παρέχονταν στα φυτά με ρυθμό *δύο φορές τη βδομάδα* και μεσολαβούσαν δύο ή τρεις μέρες μεταξύ κάθε λίπανσης. Τα μισά φυτά (T) εφοδιάστηκαν με τον μύκητα σε μορφή σκόνης που περιείχε το υβρίδιο T-22 με τις ευεργετικές ιδιότητες του *T. harzianum*. Τα υπόλοιπα φυτά θα αναφέρονται με το σύμβολο (N). Έτσι προέκυψε και ο συμβολισμός των φυτών με HN / HT (υψηλή αλατότητα High, για τα φυτά των ομάδων T και N) και LN / LT (χαμηλή αλατότητα Low, για τις δύο ομάδες φυτών T και N). 5 ημέρες μετά τον εφοδιασμό με το υβρίδιο T-22, όλα τα φυτά ποτίστηκαν με νερό βρύσης ($\text{EC} = 0.5 \text{ dS/m}$) και παροχή 4 L/d, κάτι που διήρκεσε 10 ημέρες και είχε σκοπό την ορθή εγκαθίδρυση των φυτών.

Για την προστασία των καρπών από μύκητες χρησιμοποιήθηκε σκόνης θείου που διοχετεύθηκε στα φυτά με ρυθμό μία φορά κάθε δύο βδομάδες. Για την συλλογή των καρπών πραγματοποιήθηκαν εννέα συγκομιδές. Η πρώτη έγινε στις 17/2/2016 ενώ η τελευταία στις 12/4/16, με διάστημα από τη μια συγκομιδή στην άλλη περίπου μιας εβδομάδας. Μετρήθηκαν το *βάρος* και η *διάμετρος* των καρπών, χρησιμοποιώντας ζυγό ακριβείας για τη μέτρηση του βάρους ενώ χρησιμοποιήσαμε διαστημόμετρο για τον καθορισμό της διαμέτρου των καρπών. Ακολούθησαν αναλύσεις για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών απ' όπου αντλήσαμε σημαντικά αποτελέσματα και στοιχεία για τη περιεκτικότητα των καρπών σε ασκορβικό οξύ, τα ολικά στερεά (TSS), την αντίσταση σάρκας, το χρώμα καρπών αλλά και την ολική οξύτητα.



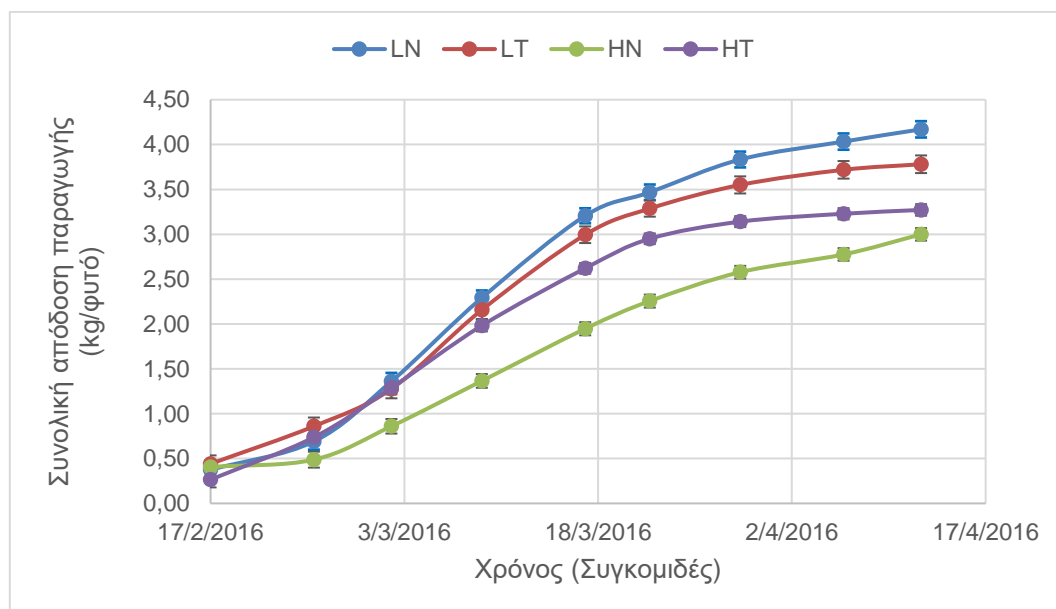
- Ποτίζεται με νερό χαμηλής αλατότητας ($EC=1,5dS/m$) και είναι εμβολιασμένο με τον μύκητα *T. harzianum*
- Ποτίζεται με νερό χαμηλής αλατότητας ($EC=1,5dS/m$) και δεν είναι εμβολιασμένο με τον μύκητα *T. harzianum*
- Ποτίζεται με νερό υψηλής αλατότητας ($EC=3,5dS/m$) και είναι εμβολιασμένο με τον μύκητα *T. harzianum*
- Ποτίζεται με νερό υψηλής αλατότητας ($EC=3,5dS/m$) και δεν είναι εμβολιασμένο με τον μύκητα *T. harzianum*

Εικόνα 3.2: Η διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελέσματα Απόδοσης παραγωγής

Στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 4.1) παρουσιάζεται η συνολική απόδοση παραγωγής (για όλες τις κατηγορίες: MMM, MM, M, G, GG, GGG) εκφρασμένη σε kg ανά φυτό, για όλες τις συγκομιδές. Οι μεταχειρίσεις άρδευσης με χαμηλή EC_w , LN και LT, παρουσίασαν την υψηλότερη παραγωγή ίση με 4,2 και 3,8 kg/φυτό, αντίστοιχα. Η μεταχείριση LN, που περιλαμβάνει φυτά τομάτας χωρίς τον ωφέλιμο μύκητα TH, οδήγησε σε υψηλότερη παραγωγή από τις τομάτες που ήταν εμβολιασμένες και αρδεύονταν με την ίδια ποιότητα ύδατος κατά 0,4 kg, περίπου. Συνολικά, η μεταχείριση HN παρουσίασε την χαμηλότερη παραγωγή με 3,0 kg/φυτό, ενώ κάτω από συνθήκες υψηλής αλατότητας ο μύκητας TH οδήγησε σε αύξηση της παραγωγής με την μεταχείριση HT να αποδίδει 3,3 kg/φυτό.



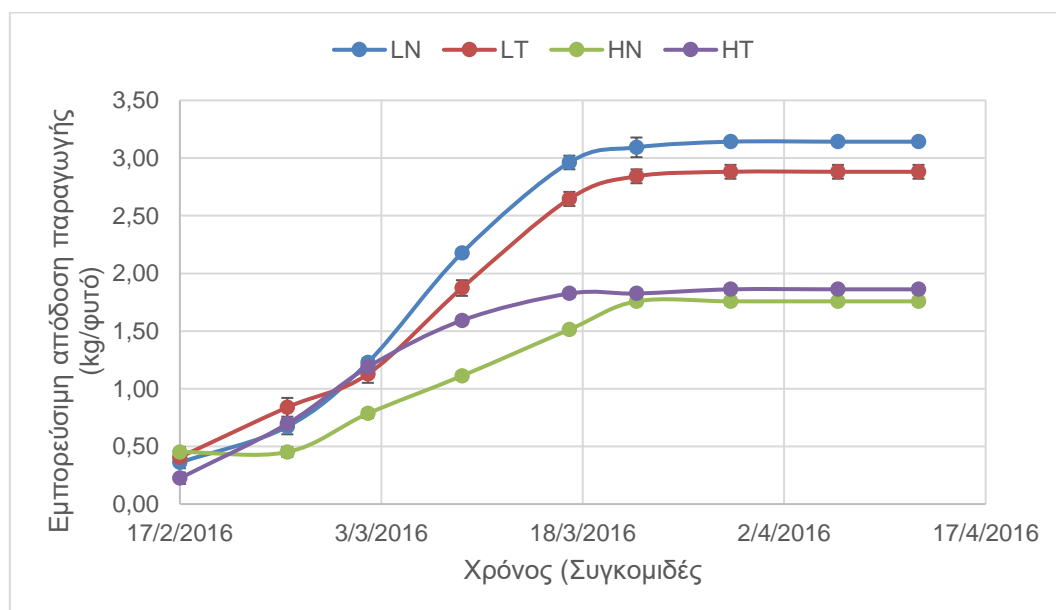
Εικόνα 4.1: Η συνολική απόδοση παραγωγής σε τόνους ανά εκτάριο για όλες τις συγκομιδές και όλες τις μεθόδους μεταχείρισης.

Στο πρώτο στάδιο εκπόνησης των μετρήσεων (1^η, 2^η, 3^η συγκομιδή), η γραμμή της LT μεταχείρισης υπέρκειται της LN (0,37, 0,69, 1,36 kg/φυτό και 0,44, 0,86, 1,28 kg/φυτό αντίστοιχα). Με την πάροδο του χρόνου φαίνεται πως η προσθήκη *T. harzianum* δεν επέδρασε θετικά για άρδευση με χαμηλή EC_w αφού η LN εμφανίζει υψηλότερες τιμές από την μεταχείριση LT μέχρι και την 9^η συγκομιδή (LN~4,17 ενώ LT~3,78 kg/φυτό). Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης με υψηλή EC_w φαίνεται η ωφέλιμη επίδραση του *T. harzianum* καθώς η γραμμή της HT υπέρκειται σε όλες τις συγκομιδές της HN μεταχείρισης με ενδεικτικές τιμές της διαφοράς HT-HN για την 3^η, 6^η και 9^η συγκομιδή ίσες με κατά μέσο όρο 0,46 kg/φυτό. Στο

δεύτερο χρονικό στάδιο που περιέχει τις συγκομιδές 3^η, 4^η και 5^η, παρατηρείται μεγαλύτερος ρυθμός αύξησης (μεγαλώνει η κλίση των γραμμών) της απόδοσης παραγωγής για όλες τις μεταχειρίσεις (τιμή 5^{ης} συγκομιδής για LN, HN, LT, HT μεταξύ 2,62 και 3,21 kg/φυτό). Στο τελευταίο χρονικό στάδιο (συγκομιδές 6^η, 7^η, 8^η, 9^η) παρατηρείται μικρότερος ρυθμός αύξησης της απόδοσης παραγωγής για όλες τις μεταχειρίσεις. Όσον αφορά την επίδραση της αλατότητας, αύξηση του EC_w από 1,1 σε 3,5 dS/m επέφερε σημαντική μείωση της συνολικής απόδοσης παραγωγής κατά 39% (1,17 kg/φυτό).

Στην Εικόνα 4.2

Εικόνα 4.2 απεικονίζεται η εμπορεύσιμη παραγωγή εκφρασμένες σε kg/φυτό, για κάθε συγκομιδή που πραγματοποιήθηκε. Κατά τις τρεις πρώτες συγκομιδές, οι μεταχειρίσεις δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες διαφορές ως προς την παραγωγή. Ωστόσο, από την τέταρτη και μετά, οι διαφορές στην παραγωγή γίνονται αισθητές με τις LN και LT να έχουν ξεπεράσει τα 2,0 kg/φυτό, ενώ οι HN και HT να έχουν αποδώσει 1,1 και 1,6 kg/φυτό αντίστοιχα. Για χαμηλή EC_w η γραμμή της LT υπέρκειται της LN μέχρι την 2^η συγκομιδή, ενώ από την 3^η συγκομιδή και μετά η LN μεταχείριση παρουσιάζει υψηλότερες τιμές από την LT. Η προσθήκη του *T. harzianum* επέφερε πολύ μικρή μείωση της εμπορεύσιμης απόδοσης παραγωγής κατά 0,26 kg/φυτό ή 8,3%. Για υψηλή EC_w η γραμμή της HT μεταχείρισης υπέρκειται ελαφρώς της HN. Μέχρι και την 5^η συγκομιδή η διαφορά μεταξύ των HT και HN είναι μεγάλη (περίπου ίση με 0,3 kg/φυτό), ενώ από την 6^η και μετά δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένες διαφορές, περίπου 0,1 kg/φυτό, με την HT να υπέρκειται της HN.



Εικόνα 4.2: Η εμπορεύσιμη απόδοση παραγωγής για όλες τις συγκομιδές και όλες τις μεταχειρίσεις.

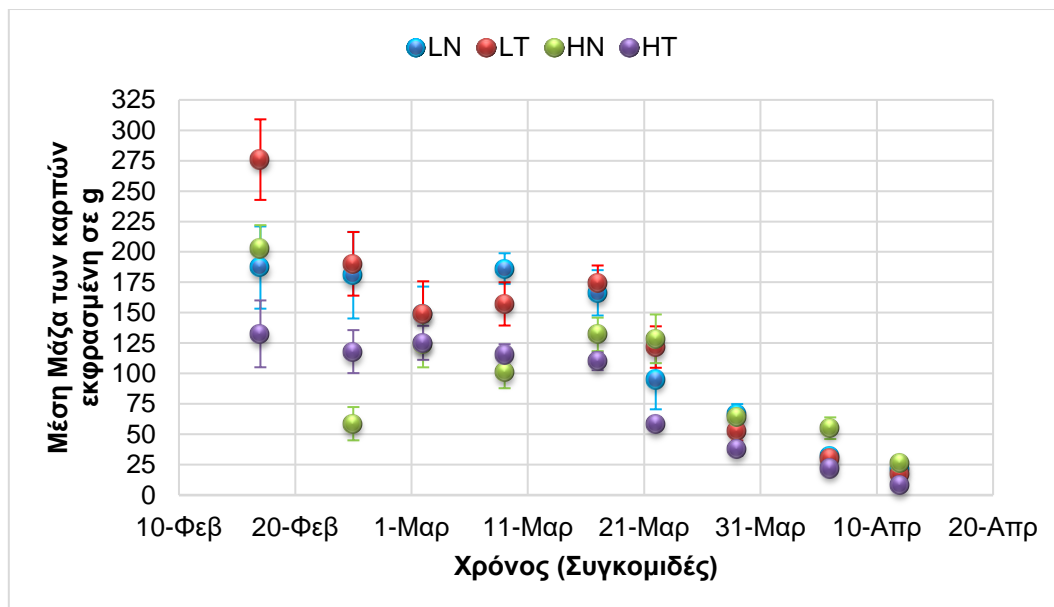
Συνεπώς φαίνεται μια οριακά θετική επίδραση του *T. harzianum* για EC_w ίση με 3,5 dS/m καθώς αύξησε την εμπορεύσιμη απόδοση παραγωγής μόνο κατά 5,6%. Όσον αφορά την αύξηση της αλατότητας άρδευσης, τα αποτελέσματα αποδεικνύουν τις αρνητικές επιπτώσεις που επιφέρει στην εμπορεύσιμη απόδοση της παραγωγής όπως έχουν παρατηρηθεί και στη βιβλιογραφία. Η γραμμή της LN υστερεί σημαντικά της HN από τη 2^η συγκομιδή και μετά, καθώς επίσης παρατηρείται μείωση της απόδοσης παραγωγής κατά 44% ή 1,38 kg/φυτό. Η προσθήκη του *T. harzianum* φαίνεται να συνδυάζεται καλύτερα με άρδευση χαμηλής $EC_w=1,1$ dS/m αφού απέδωσε 2,88 kg/φυτό, δηλαδή 35% (ή 1,02 kg/φυτό) υψηλότερη απόδοση εμπορεύσιμης παραγωγής συγκριτικά με άρδευση υψηλής EC_w (που απέδωσε 1,86 kg/φυτό).

4.1.1 Αριθμός και μέγεθος καρπών

Μια σημαντική πληροφορία που φαίνεται πολύ χρήσιμη για την διεξαγωγή συμπερασμάτων είναι ποια παράμετρος της απόδοσης παραγωγής, το μέγεθος ή ο αριθμός των καρπών, ευθύνεται σε μεγαλύτερο βαθμό για τα αποτελέσματα της απόδοσης. Μετά από μελέτες που πραγματοποίησαν για τον προσδιορισμό της επίδρασης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην απόδοση της συνολικής και εμπορεύσιμης παραγωγής οι Dorai et al., (2001); και Reina-Sánchez et al., (2005), προτείνουν ένα διάγραμμα μέσης μάζας προς το χρόνο και ένα διάγραμμα αριθμού καρπών προς το χρόνο.

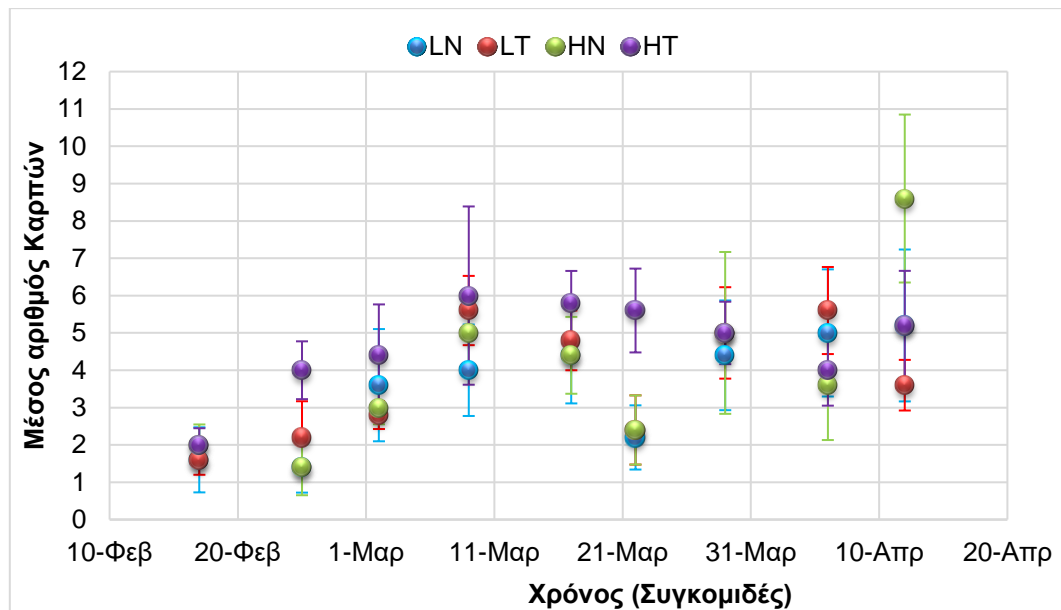
Ακολουθεί το διάγραμμα της μέσης μάζας προς τον χρόνο (Εικόνα 4.3). Στον κατακόρυφο άξονα $y'y$ φαίνεται η μάζα εκφρασμένη σε g ενώ στον οριζόντιο άξονα οι ημερομηνίες συγκομιδής. Τα αποτελέσματα των συγκομιδών παρουσιάζονται με σημεία διαφορετικού χρώματος για κάθε μεταχείριση, ενώ οι υπολογισμένες τυπικές αποκλίσεις φαίνονται με γραμμές ίδιου χρώματος εκατέρωθεν (άνω και κάτω) των κουκίδων. Γενικά φαίνεται σημαντική πτώση των παρατηρούμενων τιμών για όλες τις διαφορετικές μεταχειρίσεις με την πάροδο του χρόνου. Σε πρώτο στάδιο (1^η, 2^η, 3^η συγκομιδή) οι διακυμάνσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων είναι μεγάλες. Στο στάδιο αυτό υψηλότερες τιμές παρουσιάζει η LT ακολουθούμενη από την LN και την HT μεταχείριση, ενώ η HN παρουσιάζει έντονη μεταβολή των τιμών της, που πιθανώς να οφείλεται στην πίεση που προκαλεί στα φρούτα της τομάτας η υψηλή EC_w άρδευσης. Στο δεύτερο στάδιο που περιλαμβάνει τις συγκομιδές 4^η, 5^η και 6^η, παρατηρείται μια συγκέντρωση των τιμών όλων των μεταχειρίσεων σε χαμηλότερα όρια (κάτω από την τιμή των 200 g και πάνω την τιμή των 50 g). Σε τρίτο στάδιο (7^η, 8^η, 9^η συγκομιδή) παρατηρείται πολύ μεγάλη πτώση όλων των τιμών, που δεν ξεπερνούν το όριο των 75 g και τείνουν στο μηδέν (κυρίως στην 9^η συγκομιδή). Τις υψηλότερες τιμές στο τρίτο στάδιο παρουσιάζει η HN μεταχείριση ακολουθούμενη από την LN έπειτα την LT και τέλος την HT.

Αθροιστικά φαίνεται πως η LT μεταχείριση παράγει τους καρπούς με τη μεγαλύτερη μέση μάζα (1168,31 g), ακολουθούμενη από την LN (1083,92 g) και άρα φαίνεται η θετική επίδραση του *T. harzianum* για άρδευση με χαμηλή EC_w. Αντιθέτως για υψηλή EC_w άρδευσης η HN παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα από την HT μεταχείριση (892,7 και 728,7 g αντίστοιχα).



Εικόνα 4.3: Η παρατηρούμενη μέση μάζα των καρπών ανά συγκομιδή για όλες τις μεταχειρίσεις.

Αρχικά όλες οι μεταχειρίσεις παρουσιάζουν αύξηση του μέσου αριθμού των καρπών με την πάροδο του χρόνου. Οι μεταχειρίσεις LT, LN και HN παρουσιάζουν μεγάλη πτώση τιμών στην 6^η συγκομιδή ενώ η HT όχι (τιμή μέσου πλήθους καρπών για την 6^η συγκομιδή: 2,4, 2,2, 2,4, 5,6 αντίστοιχα). Όσον αφορά τη διαφορετική ποιότητα άρδευσης, δεν παρατηρείται κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων με υψηλή και χαμηλή αλατότητα, ενώ φαίνεται ότι η μεταχείριση HN παρουσιάζει ελαφρώς υψηλότερα αποτελέσματα από την μεταχείριση LN και ιδιαίτερα στην 9^η συγκομιδή. Παρατηρούμε ότι οι τιμές του μέσου πλήθους των καρπών για την διαφορά [LN - HN] έχει μέσο τιμή -3,6. Τα αποτελέσματα για άρδευση με χαμηλή αλατότητα παρουσιάζουν μια τάση της μεταχείρισης LT να υπέρκειται της LN (μέση τιμή διαφοράς [LN - LT] -1,8. Εξάιρεση αποτελεί η 9^η συγκομιδή που παρατηρείται το αντίθετο και άρα μιλάμε για θετική επίδραση του μύκητα *T. harzianum* στην περίπτωση άρδευσης με το λιγότερο αλμυρό νερό. Η παρατήρηση αυτή επαληθεύεται αν συγκριθούν οι μεταχειρίσεις που χρησιμοποιούν για άρδευση υψηλή EC, αφού η HT υπερτερεί σημαντικά της HN μεταχείρισης (μέση τιμή διαφοράς [HN - HT] -6,6) εκτός από την 9^η συγκομιδή όπου η HN παρουσιάζει μακράν την υψηλότερη τιμή μέσου αριθμού καρπών που παρατηρήθηκε.

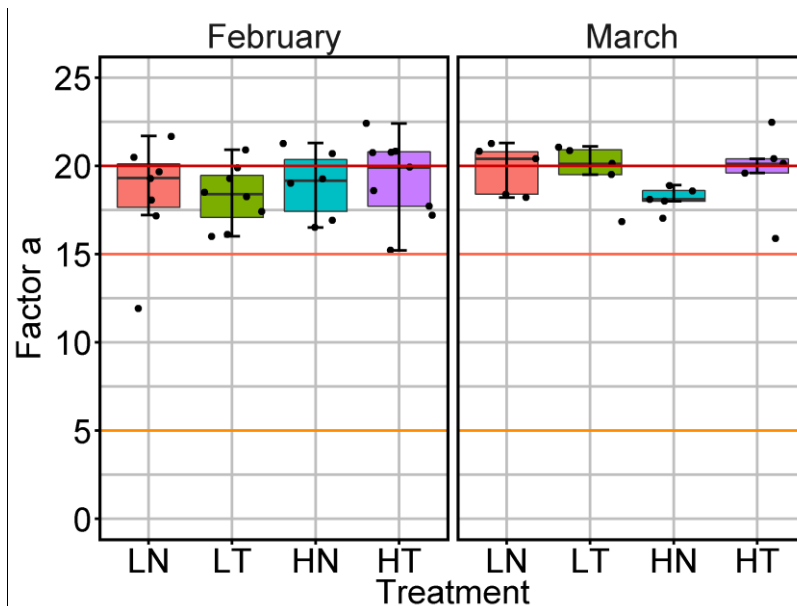


Εικόνα 4.4: Ο παρατηρούμενος μέσος αριθμός των καρπών ανά συγκομιδή για όλες τις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

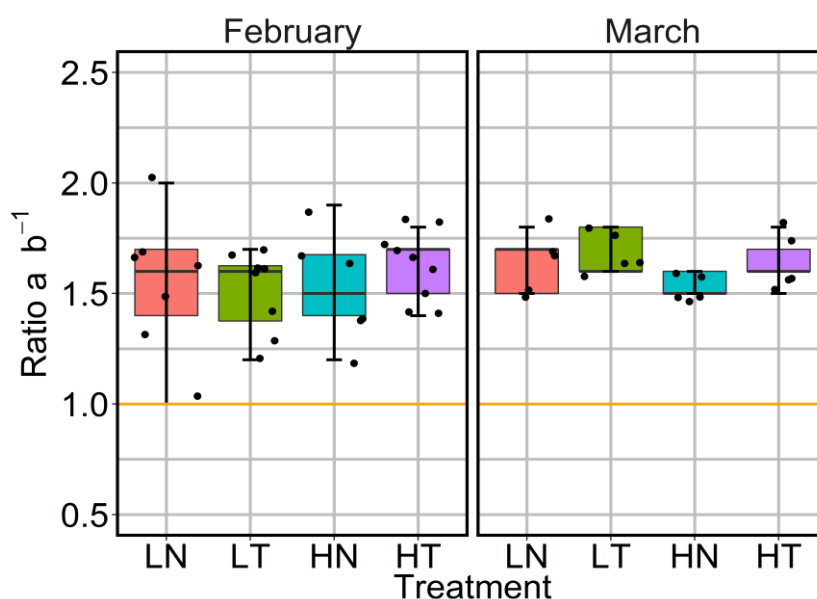
4.2 Επικύρωση συστηματικής συγκομιδής

4.2.1 Χρώμα καρπών

Ο παράγοντας a παρέχει χρήσιμη πληροφορία σχετικά με το χρώμα των καρπών. Πιο συγκεκριμένα ο παράγοντας a λαμβάνει τιμές από κόκκινο χρώμα ίσες με 20, κόκκινη ευθεία στην Εικόνα 4.5, έως το πράσινο χρώμα που ισούται με -5 (Campbell et al. 1990). Η κίτρινη απόχρωση ξεκινάει να εμφανίζεται για τιμές του παράγοντα $a=0$. Ένα ενδιάμεσο στάδιο στο οποίο επικρατεί απόχρωση κίτρινου-κόκκινου η τιμή του παράγοντα a ισούται με 5 (Campbell et al., 1990). Η κόκκινη απόχρωση ξεκινά να εμφανίζεται από τιμές του παράγοντα $a > 10$ (διακεκομμένη κόκκινη οριζόντια ευθεία στην Εικόνα 4.5) και ως εκ τούτου η τιμή αυτή θα αποτελέσει το κάτω όριο στην παρούσα μελέτη. Στην Εικόνα 4.5 απεικονίζονται οι τιμές του παράγοντα a για τις εξεταζόμενες μεταχείρισης στις δυο δειγματοληψίες ποιοτικών χαρακτηριστικών του καρπού. Και στις δυο δειγματοληψίες, ο παράγοντας a παρουσίασε τιμές > 15 για όλες τις δειγματοληψίες, ενώ σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασε την τιμή των 23. Τόσο η ποιότητα του αρδευτικού νερού όσο και ο εμβολιασμός με τον ωφέλιμο μύκητα *T. harzianum* δεν φαίνεται να επηρέασαν θετικά ή αρνητικά το χρώμα των καρπών. Ωστόσο αυτό δεν είναι απολύτως δόκιμο να ειπωθεί αφού το χρώμα αποτελεί τον πλέον βασικό παράγοντα συγκομιδής και επομένως η εγγύτητα των τιμών του παράγοντα a αποτελεί την επιβεβαίωση της ορθότητας της συγκομιδής.



Εικόνα 4.5: Η παράγοντας a σε σχέση με τις μεθόδους μεταχείρισης και το χρόνο, καθώς και τα όρια της βιβλιογραφίας.



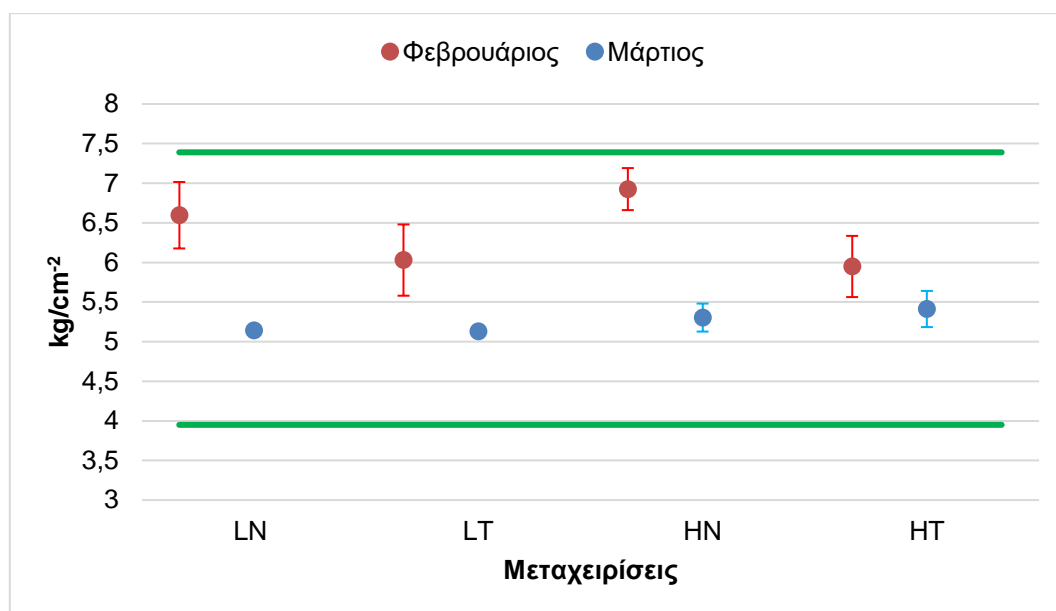
Εικόνα 4.6: Διακύμανση και όριο για το λόγο a/b σε σχέση με τις διαφορετικές μεταχειρίσεις για τους μήνες Φεβρουαρίου και Μαρτίου.

Στην Εικόνα 4.6 παρουσιάζονται οι τιμές του λόγου a/b για τις τέσσερις μεταχειρίσεις και τις δύο δειγματοληψίες ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών της τομάτας (Φεβρουάριος και Μάρτιος). Τιμή ίση με τη μονάδα για το λόγο a/b (κίτρινη οριζόντια ευθεία στη Εικόνα 4.6) αποδίδεται σε ώριμες τομάτες. Παρατηρείται ότι οι τιμές του λόγου a/b δεν παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ή των δυο δειγματοληψιών, ενώ σε κάθε περίπτωση βρίσκονται πάνω από το όριο της μονάδας. Η ομοιομορφία των τιμών μεταξύ των

μεταχειρίσεων επιβεβαιώνει την ορθότητα της εφαρμοζόμενης πρακτικής συγκομιδής, που βασίζονταν κυρίως στο χρώμα και την αντίσταση της σάρκας του καρπού.

4.2.2 Αντίσταση σάρκας στην πίεση

Στην Εικόνα 4.7 απεικονίζεται η αντίστασης της σάρκας του καρπού της τομάτας στην πίεση για τις διαφορετικές μεταχείρισης και τις δύο δειγματοληψίες (Φεβρουάριος, Μάρτιος). Όπως είχε αναφερθεί στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας το ανώτατο όριο της βιβλιογραφίας για βύσμα εξάρτημα παρακέντησης διαμέτρου 3 mm είναι $4,00 \text{ kg/cm}^2$. Επίσης στο σχήμα φαίνονται και οι παρατηρούμενες τιμές από μελέτες άλλων ερευνητών. Με πράσινο χρώμα εμφανίζονται δύο γραμμές που αναφέρονται σε αποτελέσματα ερευνών του Chen et al., (2014), μια που αντιστοιχεί στην τιμή των $7,39 \text{ kg/cm}^2$ (ανώτατο όριο) και μια που αντιστοιχεί στην τιμή των $3,95 \text{ kg/cm}^2$ (κάτω όριο) και στην Εικόνα 4.7 ταυτίζεται με το όριο της βιβλιογραφίας (4 kg/cm^2). Τον Φεβρουάριο οι τιμές είναι εντός των ορίων και παρατηρείται μια τάση των τιμών να πλησιάζουν το ανώτατο όριο των $7,39 \text{ kg/cm}^2$. Τον ίδιο μήνα η HN μεταχείριση παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές αντίστασης της σάρκας στην πίεση, ίσες με $6,93 \text{ kg/cm}^2$ ενώ τις ελάχιστες τιμές παρουσιάζει η HT, ίσες με $5,95 \text{ kg/cm}^2$. Η LN μεταχείριση ($LN \sim 6,59 \text{ kg/cm}^2$) παρουσιάζει μικρότερες τιμές έναντι της HN για τη συγκομιδή του Φεβρουαρίου, άρα άρδευση με υψηλή EC_w αυξάνει την αντίσταση σάρκας στη πίεση. Στην ίδια συγκομιδή φαίνεται πως η προσθήκη του *T. harzianum* σε άρδευση με χαμηλή EC_w μειώνει την αντίσταση της σάρκας στην πίεση κατά 8,5%, ενώ για υψηλή EC_w άρδευσης σημειώθηκε μείωση κατά 14.1% με την προσθήκη του *T. harzianum* και άρα φαίνεται η επίδραση της αλατότητας. Τον Μάρτιο δεν παρατηρούνται τόσο έντονες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (τιμές συγκεντρωμένες στα όρια των 5,0 και $5,5 \text{ kg/cm}^2$) καθώς επίσης και μια τάση των τιμών όλων των μεταχειρίσεων να πλησιάζουν το κατώτατο όριο ($3,95 \text{ kg/cm}^2$). Η Αλλαγή αυτή είναι θετική και ταυτόχρονα αναμενόμενη αφού η ωριμότητα των καρπών επηρεάζει σε πολύ σημαντικό βαθμό την αντίσταση της σάρκας τους. Στα αρχικά στάδια της ωρίμανσης το φρούτο είναι πιο σκληρό με αντίστοιχα μεγάλες τιμές αντίστασης σάρκας, ενώ σε μετέπειτα στάδια πιο μαλακό με μικρότερες τιμές αντίστασης. Η αντίσταση της σάρκας ήταν ένα κριτήριο για την ορθή συλλογή των καρπών, έτσι ώστε να είναι συγκρίσιμα τα φρούτα των επιμέρους μεταχειρίσεων, συνεπώς δεν αποτελεί καλό μέτρο σύγκρισης των μεταχειρίσεων



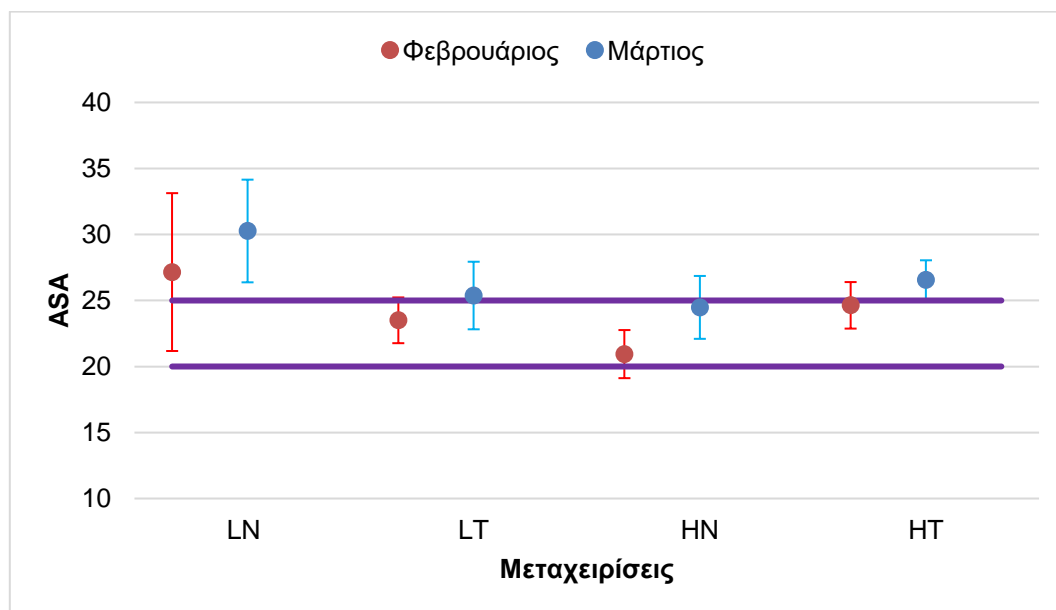
Εικόνα 4.7: Εύρος τιμών της αντίστασης σάρκας στην πίεση σε κάθε γραμμή μεταχρήρησης, για τον μήνα Φεβρουάριο και Μάρτιο. Οι πράσινου χρώματος γραμμές αναφέρονται σε αποτελέσματα του Chen (2014).

4.3 Αποτελέσματα ποιοτικών χαρακτηριστικών

4.3.1 Ασκορβικό οξύ

Στην Εικόνα 4.8 απεικονίζεται το περιεχόμενων των καρπών σε ασκορβικό οξύ (ASA) για κάθε μεταχείριση και δειγματοληψία. Ο J. Benton Jones, (2008) πρότεινε ένα στενό εύρος για το τυπικό περιεχόμενο ASA στον καρπό της τομάτας που κυμαίνεται από 20 έως 25 g/100 g και απεικονίζεται με οριζόντιες ευθείες μωβ χρώματος στην Εικόνα 4.8. Κατά τη δειγματοληψία του Φεβρουαρίου η μεταχείριση LN παρουσίασε το μεγαλύτερο περιεχόμενο σε ASA, ίσο με 27,1 g/100 g, ενώ η μεταχείριση HN απέδωσε το μικρότερο περιεχόμενο ASA, ίσο με 20,9 g/100 g, που εφαρμόζει καλύτερα στα όρια της βιβλιογραφίας. Η προσθήκη του μύκητα *T. harzianum* δεν παρουσίασε επίδραση ανεξάρτητα από την ποιότητα του αρδευτικού ύδατος. Σε χαμηλή EC_w οι τιμές του ASA μειώθηκαν κατά 13,5% με την προσθήκη του *T. harzianum* και φαίνεται να εφαρμόζουν καλύτερα στα όρια. Αντίθετα σε υψηλή EC_w το περιεχόμενο ASA των καρπών αυξήθηκε κατά 17,6% σε σχέση με την HN μεταχείριση. Κατά τη δειγματοληψία του Μαρτίου οι τιμές για όλες τις μεταχειρίσεις αυξάνονται. Η LN παρουσίασε ακόμα υψηλότερες τιμές του περιεχόμενου ASA, 30,3 g/100 g ενώ η HN αυξάνεται στα 24,5 g/100 g και παρέμεινε η μεταχείριση με τις χαμηλότερες τιμές. Από τις μεταχειρίσεις με *T. harzianum* διακρίνεται μια τάση της HT να ξεφεύγει από το όριο των 25 g/100 g, παρόλα αυτά οι διαφορές με την LT δεν είναι σημαντικές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν αυξημένες τιμές ASA για το

σύνολο των μεταχειρίσεων και στις δύο συγκομιδές και εφαρμόζουν καλύτερα στα όρια του J. Benton Jones (2008).



Εικόνα 4.8: Η παρατηρούμενες τιμές Ασκορβικού οξέος [g/100g] για όλες τις μεταχειρίσεις και για τις δύο συγκομιδές. Οι μωβ χρώματος γραμμές αναφέρονται στα αποτελέσματα του J. Benton Jones jr. (2008).

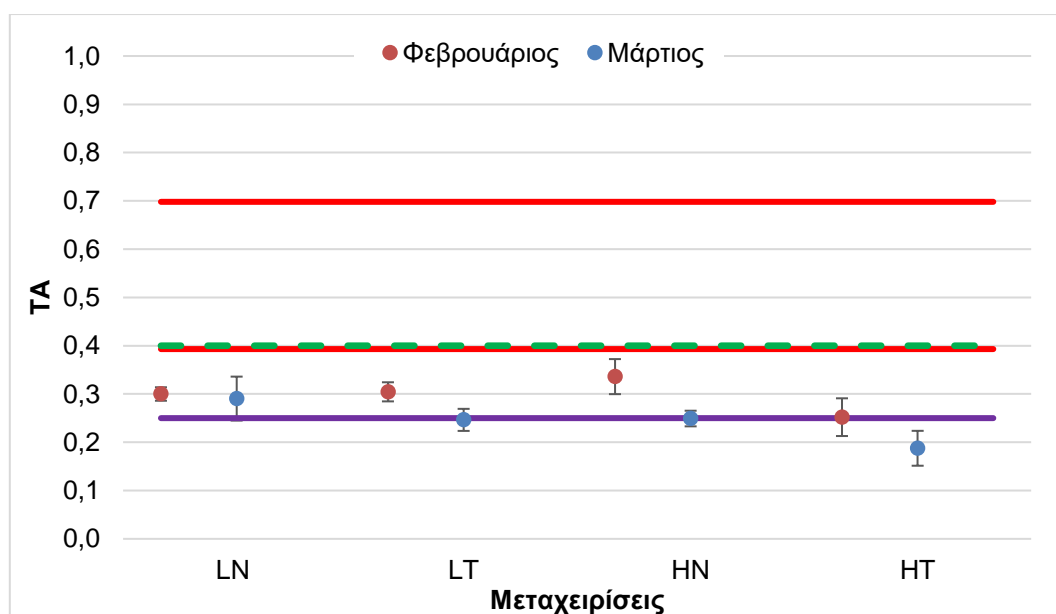
4.3.2 Ολική οξύτητα

Στην Εικόνα 4.9 παρουσιάζονται οι τιμές που λαμβάνει η TA για κάθε μεταχείριση κατά τις δυο δειγματοληψίες. Η οριζόντια διακεκομμένη γραμμή πράσινου χρώματος που αντιστοιχεί στην τιμή 0,4 g.c.a/100 g εκφράζει τη βιβλιογραφική τιμή της TA στα φρούτα της τομάτας σύμφωνα με τον Kader et al., (1977), ενώ οι ευθείες κόκκινου χρώματος, που αντιστοιχούν σε 0,39 g.c.a/100 g και 0,698 g.c.a/100 g, παρουσιάζουν το τυπικό εύρος για την TA των καρπών της τομάτας που προτείνονται από τους Piombino et al. (2013). Οι Zheng et al. (2013) ύστερα από σχετικές μελέτες στον καρπό της τομάτας αναφέρουν ως τυπική TA την τιμή των 0,25 g.c.a/100 g , η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.9 με την μωβ οριζόντια ευθεία.

Στη δειγματοληψία του Φεβρουάριου οι μεταχειρίσεις LN και LT είχαν TA ίση με 0,30 g.c.a/100 g, ενώ η HN παρουσίασε τη μεγαλύτερη τιμή και η HT τη χαμηλότερη ίσες με 0,34 και 0,25 g.c.a/100 g, αντίστοιχα.

Η μεταχείριση LN (τιμή TA Φεβρουαρίου ~ 0,30) και η HN (τιμή TA Φεβρουαρίου ~ 0,34) δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές, επίσης φαίνεται να περιέχονται στα όρια που θέτουν τα όρια των Zheng et al., (2013) και Piombino et al., (2013) με αντίστοιχες τιμές ολικής οξύτητας 0,25 και 0,393 g.c.a/100 g. Ομοίως σημαντικές διαφορές δεν φαίνεται να παρουσιάζει η LT

μεταχείριση (τιμή ΤΑ Φεβρουαρίου ~ 0,31) ενώ η ΗΤ μεταχείριση (τιμή ΤΑ Φεβρουαρίου ~ 0,25) τείνει να πλησιάζει και ίσως να ξεπερνάει το κατώτατο όριο (μωβ γραμμή) καθώς παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές για τη συγκομιδή του Φεβρουαρίου. Παρατηρείται επίσης μια γενική μέση πτώση των τιμών της ολικής οξύτητας με την πάροδο του χρόνου (από τον Φεβρουάριο στον Μάρτιο) για όλες τις μεταχειρίσεις. Η μεγαλύτερη πτώση παρατηρείται για την ΗΝ μεταχείριση με τιμή ΤΑ Φεβρουαρίου ~ 0,34 ενώ τιμή ΤΑ Μαρτίου ~ 0,25 g_{c.a}/100 g (πτώση κατά 0,09 g_{c.a}/100 g). Ακολουθεί η LT με αντίστοιχες τιμές 0,31 και 0,25 g_{c.a}/100 g και η ΗΤ με αντίστοιχες τιμές 0,25 και 0,19 g_{c.a}/100 g (πτώση των LT, ΗΤ κατά 0,06 g_{c.a}/100 g). η LN μεταχείριση με τιμή ΤΑ για τον μήνα Μάρτιο ~ 0,29 g_{c.a}/100 g παρουσιάζει τιμές υψηλότερες της LT (τιμή μέσου όρου Μαρτίου ~ 0,25 g_{c.a}/100 g) η οποία ταυτίζεται με το όριο του Zheng et al. (2013). Βλέπουμε πως η ΗΝ (~ 0,25 g_{c.a}/100 g) σημειώνει αρκετά υψηλότερες τιμές έναντι της μεταχείρισης ΗΤ (~ 0,19 g_{c.a}/100 g) που έχει απομακρυνθεί απ' το κατώτατο όριο. Άρα φαίνεται πως οι μεταχειρίσεις που περιλαμβάνουν την προσθήκη του *T. harzianum* παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές της περιεχόμενης ΤΑ. Στη δεύτερη συγκομιδή οι παρατηρήσεις για την LN μεταχείριση είναι υψηλότερες έναντι της ΗΝ που ταυτίζεται με το κατώτατο όριο. Οι τιμές της LN μεταχείρισης φαίνεται να εφαρμόζουν καλύτερα στα όρια της βιβλιογραφίας αφού πλησιάζουν τα όρια των 0,39 και 0,4 g/100 g περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση στη συγκομιδή του Μαρτίου.



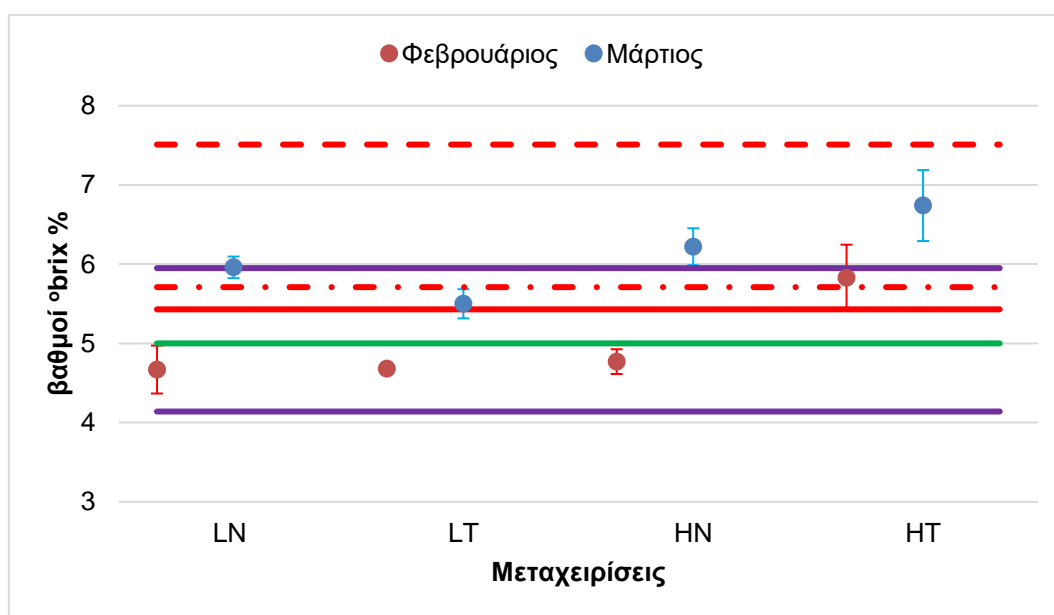
Εικόνα 4.9: Οι τιμές ολικής οξύτητας για όλες τις γραμμές μεταχειρίσεων και για τους δύο μήνες συγκομιδής. Οι κόκκινοι χρώματος γραμμές αναφέρονται στα αποτελέσματα της P. Piombino (2012), η πράσινη διακεκομμένη γραμμή στα αποτελέσματα του Kader (1977) και η μωβ γραμμή στα αποτελέσματα του J. Zheng (2013).

4.3.3 TSS

Στην Εικόνα 4.10 φαίνεται η ποσοστιαία μεταβολή των ολικών διαλυτών στερεών (TSS %) σε σχέση με την μέθοδο μεταχείρισης για τις δύο περιόδους συγκομιδής. Στα διαγράμματα των δύο μηνών έχουν τοποθετηθεί οι παρατηρούμενες τιμές των ολικών διαλυτών στερεών σε βαθμούς Brix % που προέρχονται από έρευνες άλλων μελετητών. Οι τέσσερις γραμμές με κόκκινο χρώμα αντιστοιχούν σε παρατηρήσεις του Yurtseven et al. (2005), οι δύο γραμμές με μωβ χρώμα και τιμές 4,14 °Brix % και 5,95 °Brix % αντιστοιχούν σε παρατηρήσεις της Piombino et al. (2013) και η πράσινη γραμμή που αντιστοιχεί στην τιμή των 5 °Brix % αναφέρεται σε παρατηρήσεις του Kader et al. (1977). Αρχικά παρατηρείται σημαντική αύξηση των TSS για όλες τις μεθόδους μεταχείρισης με την πάροδο του χρόνου, απομάκρυνση δηλαδή από το όριο του 5% και συγκέντρωση γύρω από το όριο των 5,95 °Brix % ενώ η μικρότερη αύξηση παρατηρήθηκε για την LT μεταχείριση (Φεβρουάριος 4,68 °Brix %, Μάρτιος 5,5 °Brix %). Τον Φεβρουάριο η μεταχείριση HN (4,77 °Brix %) σημείωσε πιο υψηλές τιμές ολικών διαλυτών στερεών σε σχέση με την μεταχείριση LN (4,67 °Brix %), οι παρατηρήσεις και για τις δύο μεταχειρίσεις όμως περιέχονται στα όρια 4,14 % και 5,71 % και δεν διαφέρουν σημαντικά.

Όσον αφορά την προσθήκη τριχοδέρματος για τον ίδιο μήνα φαίνεται πως επέδρασε θετικά και για τις δύο ποιότητες άρδευσης, με την LT (4,68 °Brix %) να εμφανίζει λίγο υψηλότερες τιμές από την μεταχείριση LN και την HT (5,83 °Brix %) να εμφανίζει πολύ υψηλότερες τιμές της μεταχείρισης HN χωρίς συγχρόνως να ξεπερνάει το όριο των 5,95 °Brix %. Δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων με άρδευση υψηλής και χαμηλής αλατότητας στην συγκομιδή του Μαρτίου, με το περιεχόμενο σε TSS των HN και LN να ισούται με 6,22 και 5,96 °Brix % αντίστοιχα. Ακόμα διακρίνεται μια τάση των τιμών της HN μεταχείρισης να συγκεντρώνονται και ελαφρώς άνω του ορίου των 5,95 °Brix % (και να πλησιάζουν το όριο των 7,51 °Brix %), κάτι που δεν ισχύει και για την LN μεταχείριση που παρουσιάζει συγκέντρωση τιμών και ελαφρώς πιο κάτω του ίδιου ορίου (πλησιάζοντας το όριο των 5,71 °Brix %). Τον ίδιο μήνα η προσθήκη τριχοδέρματος φαίνεται να λειτουργεί ευεργετικά όταν συνδυάζεται με άρδευση νερού χαμηλής αλατότητας, αφού η LT (5,5 °Brix %) παρουσιάζει λίγο μικρότερες τιμές έναντι της LN που φαίνεται να προσαρμόζονται πολύ καλά στα όρια των 5,43 (“line”) και 5,71 °Brix % (“twodashed”) που αναφέρονται σε επίπεδα ηλεκτρικής αγωγιμότητας άρδευσης 0,25 (dS/m) και 2,5 (dS/m), αντίστοιχα. Αντιθέτως τριχόδερμα σε συνδυασμό με άρδευση υψηλής EC_w παρουσιάζει κάπως αυξημένες τιμές

ολικών διαλυτών στερεών (TSS) σε σχέση με την HN μεταχείριση. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές της HT μεταχείρισης περιέχονται στα όρια των 5,95 °Brix % και 7,51 °Brix %. Δηλαδή, αν και πιθανώς να συμφωνούν με τις παρατηρήσεις του Yurtseven et al. (2005) ο οποίος αναφέρεται σε EC_w μεταξύ 2,5 (5,71 °Brix %) και 5 dS/m (7,51 °Brix %) (η EC_w = 3,5 dS/m της HT περιέχεται στα όρια) απομακρύνονται σημαντικά από τις παρατηρήσεις του Kader et al. (1977) με τιμή 5 °Brix %. Άρα δεν είναι εύκολο να διεξαχθεί κάποιο συμπέρασμα για την επίδραση του *T. harzianum* στη μεταβολή του περιεχομένου των καρπών σε TSS, για άρδευση υψηλής EC_w.



Εικόνα 4.10: Το παρατηρούμενο ποσοστό των ολικών διαλυτών στερεών για όλες τις μεταχειρίσεις και για τους δύο μήνες συγκομιδής. Οι κόκκινου χρώματος γραμμές (“line” = 5,43 %, “twodashed” = 5,71 %, “dashed” = 7,51 %) αναφέρονται σε αποτελέσματα του Yurtseven et al. (2005), οι μωβ γραμμές σε αποτελέσματα της P. Piombino (2012) και η πράσινη γραμμή σε αποτελέσματα του Kader (1977).

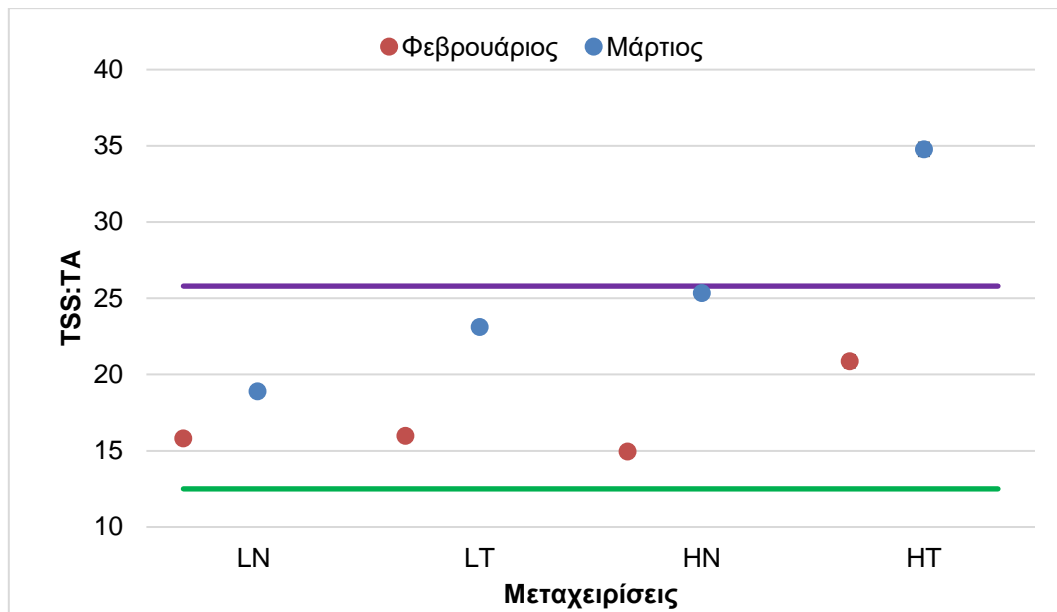
4.3.4 Λόγος TSS:TA

Τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS), η ολική οξύτητα (TA) και ο λόγος TSS:TA βοηθούν τους καλλιεργητές για την επιλογή των επιθυμητών αναλογιών γλυκιάς και ξινής γεύσης (Tandon et al., 2003). Ο λόγος TSS:TA είναι ένας χρήσιμος δείκτης για τη γεύση της τομάτας σύμφωνα με τους Grierson et al. (1986). Υψηλές τιμές του λόγου αντιστοιχούν σε υψηλά επίπεδα γλυκιάς γεύσης και αντιθέτως χαμηλά επίπεδα ξινής (Goyette et al., 2012).

Στην Εικόνα 4.11 φαίνεται η μεταβολή του λόγου TSS:TA για όλες τις μεταχειρίσεις και για τους δύο μήνες συγκομιδής. Ο Beckles, (2012) προτείνει τιμή του λόγου TSS:TA ίση με 12,5

(ελάχιστα TSS και TA, 5% και 0,4 g/100 g αντίστοιχα) για την παραγωγή επιτραπέζιας τομάτας με καλή γεύση. Οι Amico et al. (2003) μετά από μελέτες τους αναφερόμενοι σε κόκκινες-ώριμες τομάτες για EC άρδευσης ίσο με 3 dS/m, παρατήρησαν μια μέση τιμή του λόγου TSS:TA ίση με 25,8. Στην Εικόνα 4.11 το όριο του λόγου TSS:TA κατά τον Beckles απεικονίζεται με πράσινη γραμμή (12,5), ενώ η μωβ χρώματος γραμμή αναφέρεται στον Amico et al. (2003).

Αρχικά, στη συγκομιδή του Φεβρουαρίου, η υψηλότερη τιμή για το λόγο TSS:TA παρατηρείται για την μεταχείριση HT (20,9), ενώ η ελάχιστη για την HN (14,9). Δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων με άρδευση χαμηλής EC. Άρα το τριχόδερμα επιδρά θετικά στην γεύση της τομάτας σε συνδυασμό με άρδευση υψηλής EC. Με αύξηση της EC άρδευσης από 1,1 σε 3,5 dS/m η τιμή του λόγου TSS:TA μειώθηκε κατά 5,7% για τον ίδιο μήνα. Στη συγκομιδή του Μαρτίου οι τιμές είναι υψηλότερες για όλες τις μεταχειρίσεις. Τη μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάζει η HT μεταχείριση με τιμή του λόγου TSS:TA ίση με 41,2, ακολουθούμενη από την LT με αύξηση 30,7%. Τη μικρότερη αύξηση παρουσιάζει η LN μεταχείριση με την πάροδο του χρόνου, με αύξηση 16,4%. Στη συγκομιδή του Μαρτίου η αύξηση της EC άρδευσης από 1,1 σε 3,5 dS/m προκάλεσε 25,3% αύξηση του λόγου TSS:TA. Ακόμα παρατηρείται αύξηση κατά 18,3 και 38,6% του λόγου TSS:TA με την προσθήκη του *T. harzianum* σε συνδυασμό με άρδευση χαμηλής και υψηλής EC αντίστοιχα. Άρα φαίνεται η θετική επίδραση του μύκητα ανεξαρτήτως του EC, αλλά ιδιαίτερα για συνδυασμό με άρδευση υψηλής EC. Με την πάροδο του χρόνου δηλαδή από τον Φεβρουάριο στον Μάρτιο αυξάνονται αρκετά οι παρατηρούμενες τιμές του λόγου TSS:TA. Γεγονός που συμφωνεί με τον Kader et al., (1977) ο οποίος θεωρεί ο λόγος των σακχάρων προς την οξύτητα (TSS:TA) αυξάνεται καθώς η τομάτα ωριμάζει.



Εικόνα 4.11: Οι παρατηρούμενες τιμές για το λόγο TSS:TA για όλες τις μεταχειρίσεις και για τους δύο μήνες συγκομιδής. Η γραμμή πράσινου χρώματος αναφέρεται σε παρατηρήσεις του Beckles (2012), η μωβ γραμμή σε παρατηρήσεις του Amico et al. (2003).

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Απόδοση παραγωγής

Από παλαιότερες μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι υψηλή συγκέντρωση άλατος στο νερό άρδευσης μειώνει την απόδοση παραγωγής της καλλιέργειας (Malash et al., 2008; Ali & Ismail, 2014; Dorais et al., 2001; Maggio et al., 2006; Reina-Sánchez et al., 2005). Σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα οι μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν με νερό χαμηλής αλατότητας ($EC = 1,1 \text{ dS/m}$) παρουσίασαν καλύτερη απόδοση της συνολικής παραγωγής σε σχέση με τις μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν με νερό υψηλής αλατότητας ($EC = 3,5 \text{ dS/m}$). Σχετικά με τη χρήση *T. harzianum*, παρατηρήθηκε ότι στις μεταχειρίσεις χαμηλής αλατότητας υψηλότερη απόδοση παραγωγής παρουσιάζουν τα μη εμβολιασμένα φυτά (LN), ενώ στις μεταχειρίσεις υψηλής αλατότητας άρδευσης τα εμβολιασμένα φυτά (HT), γεγονός που συμφωνεί με τη διαπίστωση του (Harman, 2000), ότι το *T. harzianum* ενισχύει την ανάπτυξη του φυτού και κατ' επέκταση την απόδοση της παραγωγής ιδιαίτερα υπό περιβαλλοντικές πιέσεις όπως αποτελεί η υψηλή αλατότητα άρδευσης στη προκειμένη περίπτωση.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζει και η εμπορεύσιμη παραγωγή, με τη διαφορά ότι παρουσιάζονται πιο έντονες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων υπό άρδευση υψηλής και χαμηλής αλατότητας.

Πιο συγκεκριμένα η μείωση της συνολικής και εμπορεύσιμης απόδοσης παραγωγής οφείλεται στην μείωση του μεγέθους (μέση μάζα) των καρπών, διαπίστωση που συμφωνεί με τις παρατηρήσεις πολλών ερευνητών (Abdel Latef and Chaoxing, 2011; Ali and Ismail, 2014; Al-Karaki and Hammad, 2001; Boari et al., 2016; Campos et al., 2006; Li et al., 1999; Magán et al., 2008; Maggio et al., 2006; N. M. Malash et al., 2008; Reina-Sánchez et al., 2005; Saito et al., 2008) και όχι στην μείωση του μέσου αριθμού των καρπών που παρέμεινε σχετικά σταθερός και ίσως αυξήθηκε με τη πάροδο του χρόνου. Οι Sonneveld & Welles (1988), Y. L. Li & Stanghellini (2001) και Eltez et al. (2002) παρατήρησαν επίσης πως ο αριθμός των φρούτων δεν επηρεάστηκε από μέτρια αλάτωση του νερού άρδευσης και ότι η μείωση στην απόδοση της παραγωγής οφείλεται εξ ολοκλήρου στη μικρότερη μέση μάζα των φρούτων. Οι Susic et al. (2002) αντιθέτως παρατήρησαν σημαντικά θετική αλληλεπίδραση μεταξύ της μέσης μάζας καρπών και της απόδοσης παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα οι Patil & Bojappa (1989) κατέγραψαν υψηλή θετική επίδραση της αύξησης του πάχους του *περικαρπίου* στην αύξηση της μέσης μάζας των καρπών και άρα στην συνολική απόδοση παραγωγής.

Ο όρος BER (Blossom-End Rot) είναι μια φυσιολογική διαταραχή που προκαλείται από ανεπάρκεια ασβεστίου σε ορισμένα μέρη του καρπού (Adams and Ho, 1992; Chrétien et al., 2000) επειδή η πρόσληψη Ca^{2+} από το ριζικό σύστημα και η μεταφορά τους μέσω του κορμού είναι πολύ μειωμένες, υπό ακραίες συνθήκες αλατότητας (Belda et al., 1996; Ho et al., 1993). Σύμφωνα με τον (Zhai et al., 2015) τα κρίσιμα επίπεδα EC_w πάνω από τα οποία αυξήθηκε σημαντικά ο BER ήταν 3 dS/m~4 dS/m. Επακόλουθο ήταν η μείωση της εμπορεύσιμης απόδοσης παραγωγής κατά 20% (μέσος όρος 3 χρόνων). Στα πλαίσια του δικού μας πειράματος σύμφωνα με την εργασία των Τσάνη & Δεληγιάννη (2016) η συσσώρευση των ιόντων νατρίου (Na^+), τα οποία προέρχονται από τον ιοντισμό του άλατος στο νερό προκάλεσε μείωση (στράγγιση) των ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) κατά 94%. Επομένως αυτή η διαταραχή στην αναλογία των ιόντων του εδάφους πιθανόν να προκάλεσε μείωση της απόδοσης παραγωγής.

Στα πλαίσια του δικού μας πειράματος ο μέσος αριθμός δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές μεταξύ των μεταχειρίσεων συναρτήσει του χρόνου, ενώ θετική επίδραση του μύκητα *T. harzianum* παρατηρείται και στις δυο περιπτώσεις άρδευσης με νερό χαμηλής και υψηλής EC.

5.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπού

Σύμφωνα με παλαιότερες μελέτες, η αύξηση της αλατότητας δύναται να βελτιώσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού της τομάτας, ιδιαίτερα για EC από 3,5 dS/m και άνω (Dorai et al., 2001; Mitchell et al., 1991). Πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε αύξηση του περιεχομένου του καρπού σε βιταμίνη C με την αύξηση της αλατότητας άρδευσης, σύμφωνα με τους (Ali and Ismail, 2014; Favati et al., 2009; Ullah et al., 1994). Στα πλαίσια του πειράματος παρατηρείται μια μικρή πτώση των τιμών του ασκορβικού οξέος με την αύξηση της αλατότητας στα μη εμβολιασμένα φυτά. Ενώ μια μικρή αύξηση παρατηρείται στα εμβολιασμένα φυτά, γεγονός που οφείλεται στις ιδιότητες του ωφέλιμου μύκητα *T. harzianum* όπως έχει παρατηρήσει και ο Singh et al., (2013). Σύμφωνα με τον (Davies et al., 2016) το περιεχόμενο καρπών τομάτας σε ASA κυμαίνεται στο εύρος 9-59 g/100 g, ενώ ο Zoran et al. (2014) προσδιόρισε ως μέση τιμή περιεχομένου ASA τα 14 g/100 g. Οι παρατηρήσεις στα πλαίσια του δικού μας πειράματος είναι υψηλότερες από το όριο που θέτει ο Zoran et al. (2014) και συμφωνούν με το εύρος τιμών που προτείνει ο Davies et al. (2016).

Ο Adams (1989) παρατήρησε ότι με την αύξηση της EC_w αυξήθηκε η ξηρή μάζα των φρούτων της τομάτας, το περιεχόμενο των σακχάρων (TSS) καθώς και η οξύτητα (TA) του χυμού των φρούτων. Όσον αφορά το περιεχόμενο της ολικής οξύτητας, TA, στους καρπούς της τομάτας πολλοί μελετητές έχουν δείξει ότι αύξηση του EC του νερού άρδευσης οδήγησε σε αύξηση της

TA (Boari et al., 2016; Favati et al., 2009; Feigin et al., 1987; Martínez and Cerdá, 1989; Reina-Sánchez et al., 2005). Γεγονός που ισχύει και στη δική μας μελέτη για τις μεταχειρίσεις χωρίς τη προσθήκη *T. harzianum*. Στις μεταχειρίσεις που περιλαμβάνουν την προσθήκη του *T. harzianum*, η αύξηση της αλατότητας οδηγεί σε μείωση της TA.

Πολλές μελέτες για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά έδειξαν ότι αύξηση του EC του νερού άρδευσης επιφέρει αύξηση στο περιεχόμενο των TSS του καρπού (Campos et al., 2006; Li et al., 1999; Magán et al., 2008; Maggio et al., 2004; Yurtseven et al., 2005). Στα πλαίσια του δικού μας πειράματος η προσθήκη του *T. harzianum* σε συνδυασμό με άρδευση υψηλής αλατότητας αύξησε πολύ το περιεχόμενο των TSS, ενώ οι μεταχειρίσεις με άρδευση χαμηλής αλατότητας παρουσίασαν μικρότερες τιμές και τις δυο περιόδους συγκομιδής.

Η παρατηρούμενη ένταση της γλυκιάς γεύσης των καρπών της τομάτας ήταν ανάλογη των TSS και αντιστρόφως ανάλογη της TA, το οποίο έρχεται σε συμφωνία με τις παρατηρήσεις πολλών μελετητών (A. Kader et al., 1977; Tandon et al., 2003). Σε αντίθετα αποτελέσματα κατέληξε ο Magán et al., (2008) που παρατήρησε αύξηση των TSS και της TA κατά 13% και 22% αντίστοιχα με αύξηση του EC από 1,1 σε 3,5 dS/m. Τα όρια για το λόγο TSS:TA ποικίλουν ανάλογα με το φρούτο, συνήθως όμως είναι χαμηλότερες στους ιστούς (locules) του καρπού αντί στο περικάρπιο (Grierson et al., 1986). Ακόμα ποικίλουν ανάλογα με το αναπτυξιακό στάδιο του φρούτου, αφού η TA μειώνεται στην ύστερη φάση της ωρίμανσης. Επίσης ποικίλουν ανάλογα με τις συνθήκες ανάπτυξης, που με τη σειρά τους επηρεάζουν το μεταβολισμό (Bertin et al., 2000).

Σύμφωνα με τους Carvalho et al., (2003) και Campos et al., (2006) τα αποτελέσματα της εμπορεύσιμης απόδοσης παραγωγής δεν επαρκούν για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της υψηλής EC_w άρδευσης στους καρπούς της τομάτας. Η εμπορεύσιμη απόδοση παραγωγής και το περιεχόμενο των TSS παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση σύμφωνα και με τους δυο μελετητές, ενώ ο Campos et al., (2006) θέτει ανώτατο όριο της EC_w άρδευσης την τιμή 2,65 dS/m, πάνω από το οποίο ξεκινάει η αρνητική συσχέτιση. Ακόμα τα αποτελέσματα των Alsadon et al. (2015) έδειξαν σημαντικά θετική συσχέτιση μεταξύ της συνολικής απόδοσης παραγωγής και του μέσου αριθμού των φρούτων (0,95), της αντίστασης σάρκας στην πίεση (0,88), της μέσης μάζας των φρούτων (0,84) και του περιεχομένου Ca²⁺ (0,45).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbott, J.A., 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 15, 207–225. doi:10.1016/S0925-5214(98)00086-6
- Abbott, J.A., Harker, F.J., 2004. The commercial storage of fruits, vegetable and florists and nursery stocks.
- Abdel Latef, A.A.H., Chaoxing, H., 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzymes activity and fruit yield of tomato grown under salinity stress. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 127, 228–233. doi:10.1016/j.scienta.2010.09.020
- Adams, P., 1989. Some responses of tomatoes grown in NFT to sodium chloride, in: *Proceedings of 7th International Congress on Soilless Culture, Flevoh. ISOSC, Wageningen, The Netherlands*. pp. 59–71.
- Adams, P., Ho, L.C., 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *J. Hortic. Sci.* 67, 827–839.
- Al-Hazmi, A.S., TariqJaveed, M., 2016. Effects of different inoculum densities of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* against *Meloidogyne javanica* on tomato. *Saudi J. Biol. Sci.* 23, 288–292. doi:10.1016/j.sjbs.2015.04.007
- Ali, H.E.M., Ismail, G.S.M., 2014. Tomato fruit quality as influenced by salinity and nitric oxide. *Turk. J. Botany* 38, 122–129. doi:10.3906/bot-1210-44
- Al-Karaki, G.N., Hammad, R., 2001. Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. *J. Plant Nutr.* 24, 1311–1323. doi:10.1081/PLN-100106983
- Alsadon, A.A., Ibrahim, A.A., Wahb-Allah, M.A., Ali, A.A.M., Sadder, M.T., 2015. Tomato under salinity stress : Correlation between growth and yield components and responsive genes. doi:10.17660/ActaHortic.2015.1081.11
- Amico, M.L.D., Izzo, R., Tognoni, F., Pardossi, A., Navari-izzo, F., 2003. Application of diluted sea water to soilless culture of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill .): E ffects on plant growth , yield , fruit quality and antioxidant capacity 1, 112–116.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis of AOAC International, Association of Official Analysis Chemists International. doi:10.3109/15563657608988149
- Aramburu, J., Marti, M., 2003. The occurrence in north-east Spain of a variant of Tomato

- spotted wilt virus (TSWV) that breaks resistance in tomato (*Lycopersicon esculentum*) containing the Sw-5 gene. *Plant Pathol.* 52, 407.
- Bae, H., Sicher, R.C., Kim, M.S., Kim, S., Strem, M.D., Melnick, R.L., Bailey, B.A., 2009. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao* 60, 3279–3295. doi:10.1093/jxb/erp165
- Baker, C., 1947. *Journal of the Society of Chemical Industry* 6, 1–2.
- Bal, U., Altintas, S., 2006. Effects of *Trichoderma harzianum* on the yield and fruit quality of tomato plants (*Lycopersicon esculentum*) grown in an unheated greenhouse. *Aust. J. Exp. Agric.* 46, 131. doi:10.1071/EA04003
- Beckles, D.M., 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 63, 129–140. doi:10.1016/j.postharvbio.2011.05.016
- Belda, R.M., Fenlon, J.S., Ho, L.C., 1996. Salinity effects on the xylem vessels in tomato fruit among cultivars with different susceptibilities to blossom-end rot. *J. Hortic. Sci.* 71, 173–179.
- Bertin, N., Guichard, S., Leonardi, C., Longuenesse, J.J., Langlois, D., Navez, B., 2000. Seasonal Evolution of the Quality of Fresh Glasshouse Tomatoes under Mediterranean Conditions, as Affected by Air Vapour Pressure Deficit and Plant Fruit Load. *Ann. Bot.* 85, 741–750. doi:10.1006/anbo.2000.1123
- Boari, F., Donadio, A., Pace, B., Schiattone, M.I., Cantore, V., 2016. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. *Agric. Water Manag.* 167, 29–37. doi:10.1016/j.agwat.2015.12.021
- Bourne, M.C., 1982. Effect of temperature on firmness of raw fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 47, 440–444.
- Brandt, J., Geeson, N., Imeson, A., 2003. A DESERTIFICATION INDICATOR SYSTEM FOR.
- Brandt, S., Pék, Z., Barna, É., Lugasi, A., Helyes, L., 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *J. Sci. Food Agric.* 86, 568–572. doi:10.1002/jsfa.2390

- Camelo, A.L., Gómez, P., 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Hortic. Bras.*
- Campbell, A.D., Huysamer, M., Stotz, H.U., Greve, L.C., Labavitch, J.M., 1990. Comparison of Ripening Processes in Intact Tomato Fruit and Excised Pericarp Discs 1582–1589.
- Campos, C.A.B., Fernandes, P.D., Gheyi, H.R., Blanco, F.F., Gonçalves, C.B., Campos, S.A.F., 2006. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Sci. Agric.* 63, 146–152. doi:10.1590/S0103-90162006000200006
- Carden, D.E., Walker, D.J., Flowers, T.J., Miller, A.J., 2003. Single-Cell Measurements of the Contributions of Cytosolic Na⁺ and K⁺ to Salt Tolerance 1 131. doi:10.1104/pp.011445.growing
- Carvalho, G.A., Reis, P.R., Rocha, L.C.D., Moraes, J.C., Fuini, L.C., Ecole, C.C., 2003. Side-effects of insecticides used in tomato fields on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Acta Sci. Agron* 25, 275–279.
- Cheeseman, J.M., 1988. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiol.* 87, 547–550. doi:10.1104/pp.87.3.547
- Chen, J., Kang, S., Du, T., Guo, P., Qiu, R., Chen, R., Gu, F., 2014. Modeling relations of tomato yield and fruit quality with water deficit at different growth stages under greenhouse condition. *Agric. Water Manag.* 146, 131–148. doi:10.1016/j.agwat.2014.07.026
- Chen, W., 2014. Grafting tomato to overcome salt stress 99–107.
- Chrétien, S., Gosselin, A., Dorais, M., 2000. High electrical conductivity and radiation-based water management improve fruit quality of greenhouse tomatoes grown in rockwool. *HortScience* 35, 627–631.
- Daliakopoulos, I.N., Tsanis, I.K., Koutroulis, A., Kourgialas, N.N., Varouchakis, A.E., Karatzas, G.P., Ritsema, C.J., 2016. Science of the Total Environment The threat of soil salinity: A European scale review. *Sci. Total Environ.* 573, 727–739. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.08.177
- Davies, J.N., Hobson, G.E., McGlasson, W.B., Hobson, G.E., 2016. The constituents of tomato fruit — the influence of environment, nutrition, and genotype 248. doi:10.1080/10408398109527317
- Dorai, M., Papadopoulos, A.P., Gosselin, A., 2001. Influence of electric conductivity

- management \non greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21, 367–383. doi:10.1051/agro:2001130
- Dubois, G., Cornford, D., Hristopulos, D., Pebesma, E., Pilz, J., 2011. Introduction to this special issue on geoinformatics for environmental surveillance. *Comput. Geosci.* 37, 277–279. doi:10.1016/j.cageo.2010.06.002
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., Grolier, P., 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 83, 369–382. doi:10.1002/jsfa.1370
- Eltez, R.Z., Tüzel, I.H., Tüzel, Y., Gül, A., 2002. EFFECTS OF DIFFERENT LEACHING FRACTIONS AND SUBSTRATES ON TOMATO GROWING.
- Favati, F., Lovelli, S., Galgano, F., Miccolis, V., 2009. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia*.
- Feigin, A., Rylski, I., Meiri, A., Shalhevet, J., 1987. Nitrogen 4167. doi:10:9-16, 1787-1794
- Fernandez-garcía, N., Martínez, V., Carvajal, M., 2004. Effect of salinity on growth , mineral composition , and water relations of grafted tomato plants 616–622.
- Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M., 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Mol. Nutr.*
- Garcia, E., Barrett, D.M., 2006. Evaluation of processing tomatoes from two consecutive growing seasons: Quality attributes, peelability and yield. *J. Food Process. Preserv.* 30, 20–36. doi:10.1111/j.1745-4549.2005.00044.x
- Gormley, R., Egan, S., 1978. Firmness and colour of the fruit of some tomato cultivars from various sources during storage. *J. Sci. Food Agric.* 29, 534–538.
- Goyette, B., Vigneault, C., Marie The, 2012. Effect of hyperbaric treatments on the quality attributes of tomato. doi:10.4141/CJPS2011-168
- Greenway, H., Munns, R., 1980. Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31 149–190.
- Grierson, D., Kader, A.A., Atherton, J.G., Rudich, J., 1986. The tomato crop. *tomato Crop*.
- Hamdy, A., Guelloubi, R., 2005. Saline irrigation management for a sustainable use 42, 3–42.
- Harman, G.E., 2000. Myths and Dogmas of Biocontrol Changes in Perceptions Derived from Research on *Trichoderma harzinum* T-22. *Plant Dis.* 84, 377–393.

doi:10.1094/PDIS.2000.84.4.377

- Harman, G.E., Björkman, T., Ondik, K., Shores, M., 2008. Changing Paradigms on the Mode of Action and Uses of *Trichoderma* spp. for Biocontrol. *Outlooks Pest Manag.* 19, 24–29. doi:10.1564/19feb08
- Hayashi, H., Toyofuku, K., Taguchi, T., Ogawa, A., 2014. Cultivation methods for tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) with high soluble solids content using the vertically split root system 52, 123–129. doi:10.2525/ecb.52.123
- Helyes, L., Pék, Z., Lugasi, A., 2006. Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity. *HortScience* 41, 1400–1401.
- Heuvelink, E., 2005. *Tomatoes*. CABI.
- Ho, L.C., Belda, R., Brown, M., Andrews, J., Adams, P., 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *J. Exp. Bot.* 44, 509–518.
- Hossain, A., Manjurul, M., 2012. *Trichoderma* -Enriched Biofertilizer Enhances Production and Nutritional Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill .) and Minimizes NPK Fertilizer Use. doi:10.1007/s40003-012-0025-7
- Howell, C.R., 2003. Mechanisms Employed by *Trichoderma* Species in the Biological Control of Plant Diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Dis.* 87, 4–10. doi:10.1094/PDIS.2003.87.1.4
- HSA, 2008. Annual Agricultural Statistics Report of the Hellenic Statistical Authority (ELSTAT). Hellenic Statistical Authority.
- J. Benton Jones, J., 2008. *Tomato Plant Culture*.
- Johnstone, P.R., Hartz, T.K., LeStrange, M., Nunez, J.J., Miyao, E.M., 2005. Managing fruit soluble solids with late-season deficit irrigation in drip-irrigated processing tomato production. *HortScience* 40, 1857–1861.
- Kader, A.A., 2008. Flavor quality of fruits and vegetables 1868, 1863–1868. doi:10.1002/jsfa
- Kader, A. a, Stevens, M.A., Albright-Holton, M., Morris, L.L., Algazi, M., 1977. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*
- Knee, M., 2002. *Fruit quality and its biological basis*. CRC Press.
- Koutroulis, A.G., Tsanis, I.K., Daliakopoulos, I.N., 2010. Seasonality of floods and their

- hydrometeorologic characteristics in the island of Crete. *J. Hydrol.* 394, 90–100.
- Kuscu, H., Turhan, A., Ozmen, N., Aydinol, P., Demir, A.O., 2014. Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Hortic. Environ. Biotechnol.* 55, 103–114.
- Lewinsohn, E., Sitrit, Y., Bar, E., Azulay, Y., Ibdah, M., Meir, A., Yosef, E., Zamir, D., Tadmor, Y., 2005. Not just colors - Carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. *Trends Food Sci. Technol.* 16, 407–415. doi:10.1016/j.tifs.2005.04.004
- Li, J.-H., Sagi, M., Gale, J., Volokita, M., Novoplansky, A., 1999. Response of tomato plants to saline water as affected by carbon dioxide supplementation. I. Growth, yield and fruit quality. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 74, 232–237. doi:10.1080/14620316.1999.11511100
- Li, Y.L., Stanghellini, C., 2001. Analysis of the effect of EC and potential transpiration on vegetative growth of tomato 89, 9–21.
- Lorito, M., Woo, S.L., Harman, G.E., Monte, E., 2010. Translational Research on Trichoderma: From 'Omics to the Field. *Annu. Rev. Phytopathol.* Vol. 48, 395–417. doi:10.1146/annurev-phyto-073009-114314
- Madhavi, D.L., Salunkhe, D.K., 1998. Tomato. *FOOD Sci. Technol.* YORK-MARCEL DEKKER- 171–202.
- Magán, J.J., Gallardo, M., Thompson, R.B., Lorenzo, P., 2008. Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. *Agric. Water Manag.* 95, 1041–1055. doi:10.1016/j.agwat.2008.03.011
- Maggio, A., De Pascale, S., Angelino, G., Ruggiero, C., Barbieri, G., 2004. Physiological response of tomato to saline irrigation in long-term salinized soils. *Eur. J. Agron.* 21, 149–159. doi:10.1016/S1161-0301(03)00092-3
- Maggio, A., De Pascale, S., Fagnano, M., Barbieri, G., 2007. Can salt stress-induced physiological responses protect tomato crops from ozone damages in Mediterranean environments? *Eur. J. Agron.* 26, 454–461.
- Maggio, A., Raimondi, G., Martino, A., De Pascale, S., 2006. SOILLESS CULTIVATION OF SAFFRON IN MEDITERRANEAN ENVIRONMENT. *ISHS Acta Hortic.* 718.

- Malash, N.M., Ali, F.A., Fatahalla, M.A., Khatab, E.A., Hatem, M.K., Tawfic, S., 2008. Response of tomato to irrigation with saline water applied by different irrigation methods and water management strategies. *Int. J. plant Prod.* 50.
- Malash, N.M., Flowers, T.J., Ragab, R., 2008. Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrig. Sci.* 26, 313–323. doi:10.1007/s00271-007-0095-7
- María E. Balibrea, Martínez-Andújar, C., Jesús Cuartero, María C. Bolarín, Francisco Pérez-Alfocea, 2006. The high fruit soluble sugar content in wild *Lycopersicon* species and their hybrids with cultivars depends on sucrose import during ripening rather than on sucrose metabolism. *Funct. Plant Biol.* 33, 279–288.
- Marouelli, W.A., Silva, W.L.C., 2007. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. *Irrig. Sci.* 25, 411–418.
- Martínez, V., Cerdá, A., 1989. Nitrate reductase activity in tomato and cucumber leaves as influenced by NaCl and n source 4167. doi:10.1080/01904168909364040
- Mastouri, F., Björkman, T., Harman, G.E., 2010. Seed Treatment with *Trichoderma harzianum* Alleviates Biotic , Abiotic , and Physiological Stresses in Germinating Seeds and Seedlings 100.
- Mitchell, J.P., Shennan, C., Grattan, S.R., May, D.M., 1991. Tomato Fruit Yields and Quality under Water Deficit and Salinity. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116, 215–221.
- Mulholland, B.J., Fussell, M., Edmondson, R.N., Taylor, A.J., Basham, J., McKee, J.M.T., Parsons, N., 2002. The effect of split-root salinity stress on tomato leaf expansion, fruit yield and quality. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 77, 509–519. doi:10.1080/14620316.2002.11511531
- Nzanza, B., Marais, D., Soundy, P., 2012. Yield and nutrient content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) as influenced by *Trichoderma harzianum* and *Glomus mosseae* inoculation. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 144, 55–59. doi:10.1016/j.scienta.2012.06.005
- Nzanza, B., Marais, D., Soundy, P., 2011. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to nursery inoculation with *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. *Acta Agric. Scand. Sect. B - Soil Plant Sci.* 62, 209–215. doi:10.1080/09064710.2011.598544
- OJ, 2009. Establishing the standard import values for determining the entry price of certain fruit

- and vegetables. Commission Regulation (EC) No 771/2009 of 25 August 2009 amending Regulation (EC) No 1580/2007.
- P. Adams, F., De-Leij, A.A.M., Lynch, J.M., 2007. *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 Mediates Growth Promotion of Crack Willow (*Salix fragilis*) Saplings in Both Clean and Metal-Contaminated Soil 54, 306–313. doi:10.1007/s00248-006-9203-0
- Panagopoulos, G., Giannakakos, E., Manoutsoglou, E., Steiakakis, E., Soupios, P., Vafidis, A., 2013. Definition of inferred faults using 3-D geological modeling techniques: a case study in Tympaki basin in Crete, Greece, in: Proceedings of the 13th International Congress on Bulletin of the Geological Society of Greece.
- Papadakis, S.E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R.E., Yam, K.L., 2000. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. *Food Technol.* 54, 48–51.
- Paritsis, S.N., 2005. Simulation of seawater intrusion into the Tymbaki aquifer, South Central Crete, Greece. Rep. within MEDIS Proj. Study implemented behalf Dep. Manag. Water Resour. Reg. Crete. Heraklion, Crete, Greece.
- Pasternak, D., De Malach, Y., 1996. Irrigation with brackish water under desert conditions: X. Irrigation management of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) on desert sand dunes. *Agric. Water Manag.* 28 121–32.
- Pasternak, D., Twersky, M., De Malach, Y., 1979. Salt resistance in agricultural crops. *Stress Physiol. Crop plants.* (Mussell, H. Staples, R., Eds). John Wiley Sons, Inc., New York, 128–42.
- Patil, A.A., Bojappa, K.M., 1989. Path analysis for growth, yield and quality traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Karnataka J. Agric. Sci.* 2, 213–215.
- Piombino, P., Sinesio, F., Moneta, E., Cammareri, M., Genovese, A., Tiziana, M., Rita, M., Peparaio, M., Termolino, P., Moio, L., Grandillo, S., 2013. Investigating physicochemical , volatile and sensory parameters playing a positive or a negative role on tomato liking. *FRIN* 50, 409–419. doi:10.1016/j.foodres.2012.10.033
- Poysa, V., 1992. Use of *Lycopersicon cheesmanii* and *L. chmielewskii* to increase dry matter content of tomato fruit.
- Reina-Sánchez, A., Romero-Aranda, R., Cuartero, J., 2005. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. *Agric. Water Manag.* 78, 54–66. doi:10.1016/j.agwat.2005.04.021

- Rengasamy, P., 2006. World salinization with emphasis on Australia 57, 1017–1023. doi:10.1093/jxb/erj108
- Saito, T., Matsukura, C., Ban, Y., Shoji, K., Sugiyama, M., Fukuda, N., Nishimura, S., 2008. Salinity stress affects assimilate metabolism at the gene-expression level during fruit development and improves fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). J. Japanese Soc. Hortic. Sci. 77, 61–68. doi:10.2503/jjshs1.77.61
- Sargent, S.A., Moretti, C.L., 2004. Tomato. Agric. Handb. 66.
- Singh, S.P., Singh, H.B., Singh, D.K., 2013. Effect of *Trichoderma harzianum* on Mineral Component and Antioxidant Activity of Tomato Fruits. Vegetos- An Int. J. Plant Res. 26, 237. doi:10.5958/j.2229-4473.26.2.080
- Sonneveld, C., Welles, G.W.H., 1988. Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by variations in EC-value and climatic conditions. Glas. Crop. Res. Station. P.O. Box 8, 2670 AA Naaldwijk, Netherlands 2.
- Spyridaki, E., 2008. Preliminary study on the causes of death in areas Timpaki Messara (P. Heraclion) and Anogia Mylopotamos (P. Rethimno) in the period 1980-2006. Technical University of Crete, Greece.
- Susic, Z., Pavlovic, N., Cvikic, D., 2002. Studies of Correlation between Yield and Fruit Characteristics of (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Hybrids and their Parental Genotypes 163–166.
- Tandon, K.S., Baldwin, E.A., Scott, J.W., Shewfelt, R.L., 2003. Linking Sensory Descriptors to Volatile and Nonvolatile Components of Fresh Tomato Flavor 68.
- Thakur, B.R., Singh, R.K., Nelson, P.E., 1996. Quality attributes of processed tomato products: A review. Food Rev. Int. 12, 375–401. doi:10.1080/87559129609541085
- Thanopoulos, R., Samaras, S., Ganitis, K., Gatzelaki, C., Kotaki, E., Psara, E., Kipriotakis, Z., Tzitzikas, E., Kalaitzis, P., Terzopoulos, P., Mpempeli, P., 2008. Local varieties of cultivated species in Crete emphasizing on vegetables, A potential for multiple use. Agric. - Livest.
- Triano, S.R., Clair, D.A.S., 1995. Processing Tomato Germplasm with Improved Fruit Soluble Solids Content 30, 1477–1478.
- Tsakiridi, C., 2010. Environmental assessment of the pepper cultivation, cultivation techniques

- in comparison with the method of life cycle analysis. Harokopio University.
- Tsanis, I.K., Apostolaki, M.G., 2008. Estimating Groundwater Withdrawal in Poorly Gauged Agricultural Basins. *Water Resour. Manag.* 23, 1097–1123. doi:10.1007/s11269-008-9317-x
- Tsanis, I.K., Daliakopoulos, I.N., 2015. RECARE Project Deliverable 3.1 - Case Study Descriptions. Crete, Greece.
- Ullah, S.M., Gerzabek, M.H., Soja, G., 1994. Effect of seawater and soil salinity on ion uptake, yield and quality of tomato (fruit). *Bodenkultur* 45, 227–237.
- UNCED, 1994. United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Paris.
- Vafidis, A., Andronikidis, N., Hamdan, H., Kritikakis, G., Economou, G., Panagopoulos, P., Souplos, E., Steiakakis, N., Manoutsoglou, E., 2013. THE CLEARWATER PROJECT: PRELIMINARY RESULTS FROM THE GEOPHYSICAL SURVEY IN TYMPAKI, CRETE, GREECE. *Bull. Geol. Soc. Greece*, vol. XLVII 2013 Proc. 13th Int. Congr. Chania, Sept. 2013.
- Vafidis, A., Andronikidis, N., Hamdan, H., Kritikakis, G., Economou, N., Panagopoulos, G., Souplos, P., Steiakakis, E., Manoutsoglou, E., 2013. The Clearwater Project: Preliminary Results from the Geophysical Survey in Tympaki, Crete, Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece* 47.
- Vastola, A., Vitti, A., 2015. The sustainability of agro-food and natural resource systems in the mediterranean basin. *Sustain. Agro-Food Nat. Resour. Syst. Mediterr. Basin* 1–1397. doi:10.1007/978-3-319-16357-4
- Wagner, K., Tsanis, I.K., 2016. Installation of experimental greenhouse tomato crop and assessment of the effect of symbiotic fungus *T. harzianum* under salinity. Technical University of Crete, Chania, Greece.
- Yam, K.L., Papadakis, S.E., 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *J. Food Eng.* 61, 137–142.
- Yedidia, I., Benhamou, N., 1999. Induction of Defense Responses in Cucumber Plants (*Cucumis sativus* L .) by the Biocontrol Agent *Trichoderma harzianum* 65, 1061–1070.
- Yurtseven, E., Kesmez, G.D., Ünlükara, A., 2005. The effects of water salinity and potassium

- levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central anatolian tomato species (*Lycopersicon esculantum*). *Agric. Water Manag.* 78, 128–135. doi:10.1016/j.agwat.2005.04.018
- Zhai, Y., Yang, Q., Hou, M., 2015. The Effects of Saline Water Drip Irrigation on Tomato Yield , Quality , and Blossom-End Rot Incidence — A 3a Case Study in the South of 1–17. doi:10.1371/journal.pone.0142204
- Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L.S., Huang, Q., Xu, X., Liu, H., 2013. Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L .) yield , quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China 129, 181–193. doi:10.1016/j.agwat.2013.08.001
- Zoran, I.S., Nikolaos, K., Ljubomir, Š., 2014. Tomato Fruit Quality from Organic and Conventional Production. doi:10.5772/58239
- Αγγίδης, Δ.Α., 1996. Τομάτα Υπαίθρια.
- Κατσογιάννη, Α., 2010. Μεταπτυχιακή Μελέτη «. Μεταβολή Φυσιολογικών, Μηχανικών Και Λοιπών Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Συντηρουμένης Τοματας Βιολογικής Καλλιέργειας.
- Ολύμπιος, Μ.Χ., 1996. Σημειώσεις ειδικής λαχανοκομίας.