



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΜΕΙΣ ΑΙΧΜΗΣ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ
& ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση αλατότητας σε ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών
εγχώριων ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά

Ιωάννης Κ. Ζιώγας

Επιβλέπων Καθηγητής:
Σάββας Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση αλατότητας σε ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών
εγχώριων ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά

Effect of salinity on the qualitative characteristics
of domestic tomato varieties grown hydroponically

Ιωάννης Κ. Ζιώγας

Εξεταστική Επιτροπή:

Σάββας Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Καραπάνος Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Ντάτση Γεωργία, Επίκουρος Καθηγήτρια ΓΠΑ

Επίδραση αλατότητας σε ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών εγχώριων ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά

ΠΜΣ Τομείς Αιχμής & Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή & Συντήρηση Οπωροκηπευτικών & Ανθοκομικών Ειδών

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αβιοτικές καταπονήσεις, όπως είναι η αλατότητα, αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για τη βιωσιμότητα και τη παραγωγικότητα των περισσότερων κηπευτικών καλλιεργειών στη λεκάνη της Μεσογείου. Στα εκτός εδάφους συστήματα καλλιέργειας, το ήπιο στρες αλατότητας, συστήνεται ως κοινή πρακτική για τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών καρπών τομάτας, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα τη παραγωγή. Στόχος αυτής της μελέτης ήταν να ερευνήσουμε την επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών εγχώριων ποικιλιών τομάτας (μία μεγαλόκαρπη, δέκα μεσόκαρπες, έξι μικρόκαρπες). Το πείραμα διεξήχθη στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Επιπλέον των παραδοσιακών ποικιλιών, χρησιμοποιήθηκαν και η εμπορική ποικιλία “Moneymaker” και το εμπορικό υβρίδιο “Ekstasis”, τα οποία χρησίμευσαν ως μάρτυρες. Για την εφαρμογή του στρες αλατότητας, τα φυτά τομάτας καλλιεργήθηκαν υπό συνθήκες 30mM NaCl στο θρεπτικό διάλυμα και συγκρίθηκαν με φυτά μάρτυρες που καλλιεργήθηκαν με θρεπτικό διάλυμα που περιείχε 0,5 mM NaCl (μη αλατούχος καταπόνηση). Μελετήθηκαν τα εξής ποιοτικά χαρακτηριστικά: διάμετρος, συνεκτικότητα, ολικά διαλυτά στερεά, ολική οξύτητα και παράμετροι του χρώματος όπως το a, chroma και hue.

Σύμφωνα με τα κυριότερα ευρήματα αυτής της μελέτης, μεγαλύτερο μέγεθος καρπού συνεπάγεται και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην καταπόνηση άλατος. Επιπλέον, μόνο τρεις παραδοσιακές ποικιλίες, οι CC_1665 Pollena, Corbarino και Cherry-INRAE (4), παρουσίασαν συνολική βελτίωση λόγω της καταπόνησης άλατος, καθώς κάποια από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους αυξήθηκαν, χωρίς να ζημιωθούν άλλα. Επιπρόσθετα, πέντε παραδοσιακές ποικιλίες φάνηκαν να είναι οι πιο ανθεκτικές, καθώς η εφαρμογή του παράγοντα καταπόνησης δεν είχε καμία επίδραση στην ποιότητα των παραγόμενων καρπών τους. Ως αποτέλεσμα, οι ανθεκτικές στην καταπόνηση άλατος ποικιλίες, θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν σε προγράμματα βελτίωσης για την ανάπτυξη νέων ποικιλιών και υβριδίων που μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν σε περιβάλλοντα που επηρεάζονται από αυξημένη αλατότητα.

Επιστημονική περιοχή: Καλλιέργεια τομάτας

Λέξεις Κλειδιά: Αβιοτική καταπόνηση, καταπόνηση αλατότητας, ποιότητα καρπού, παραδοσιακές ποικιλίες, συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Effect of salinity on the qualitative characteristics of domestic tomato varieties grown hydroponically

MSc: Top sectors & innovative applications in the production & preservation of fruit & vegetable & floricultural products

Faculty of Crop Science

Laboratory of Vegetable Production

ABSTRACT

Abiotic stresses, such as salinity, pose major risks on sustainability and productivity of most vegetable crops in the Mediterranean Basin. In soilless cultivation systems, mild salinity stress is introduced as a common practice to improve the organoleptic characteristics of tomato fruit, compromising at the same time crop production. In this study, we aimed to identify the impact of the salinity stress on the fruit quality of seventeen tomato landraces (one beefsteak, ten mid and six cherry type) to salinity stress. The experiment was conducted at the greenhouse facilities of the Laboratory of Vegetable Production at the Agricultural University of Athens.

In addition to the landraces, the variety “Moneymaker” and a commercial hybrid “Ekstasis F1” that served as control, were used. To apply the stress factor, the plants were grown under 30 mM NaCl in the nutrient solution versus the non-saline treated plants that were irrigated with a nutrient solution of 0.5 mM NaCl. Fruit quality parameters such as diameter, firmness, the values of CIE color, hue, Chroma and a^* (red/green shade), titratable acidity and total soluble solids content (TSSC) were assessed.

According to the main findings of this study, a larger fruit size implies a higher tolerance to saline stress. Moreover, only three landraces, CC_1665 Pollena, Corbarino and Cherry-INRAE (4), presented overall improvement due to the salinity stress, as some quality characteristics of their fruits were increased, without harming others. Furthermore, five landraces seemed to be the most tolerant, as the application of stress factor had no impact on the quality of their produced fruits. As a result, the identified tolerant and resistant landraces could potentially be implemented in breeding programs to develop new cultivars and hybrids that can easily adapt in saline-affected environments.

Scientific area: Tomato cultivation

Keywords: abiotic stress, salinity stress, fruit quality, tomato, landraces, soilless culture

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) «Τομείς Αιχμής και Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή και Συντήρηση Οπωροκηπευτικών και Ανθοκομικών Ειδών» με ειδίκευση στις <<Καλλιέργειες εκτός εδάφους – Υδροπονία, Ιστοκαλλιέργεια, Φυτώρια>> του τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η εργασία αυτή δεν θα ήταν δυνατό να ολοκληρωθεί χωρίς τη βοήθεια πολλών ανθρώπων, τους οποίους θεωρώ υποχρέωση μου αλλά και χαρά μου, να τους αναφέρω και να τους ευχαριστήσω.

Πρώτα από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Σάββα Δημήτριο, για την ανάθεση του θέματος, τη συνεχή καθοδήγηση και για την συνεργασία που προσέφερε κατά την εκπόνηση της παρούσας διατριβής. Θα ήθελα να ευχαριστήσω, επίσης, την Επίκουρο Καθηγήτρια κα. Ντάτση Γεωργία για την επιστημονική βοήθεια και καθοδήγηση στην συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Θερμές ευχαριστίες οφείλω και στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Καραπάνο Ιωάννη για τη συμμετοχή του ως μέλος στην εξεταστική επιτροπή και αξιολόγηση της συγκεκριμένης μελέτης.

Ακόμη, ευχαριστώ την υποψήφια διδάκτορα Ντάναση Θεοδώρα για την ενεργό συμμετοχή της στην εκτέλεση του πειράματος, τις επιστημονικές της γνώσεις που μοιράστηκε και για το φιλικό κλίμα που είχε η συνεργασία μας στην πραγματοποίηση και ολοκλήρωση της εργασίας αυτής. Το υπόλοιπο προσωπικό του εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών στο σύνολο του για την συνεργασία και αλληλεγγύη μεταξύ συναδέλφων και ιδιαίτερα τους φοιτητές Ζιοβίρη Γεώργιο, Καραολάνη Μελίνη και Φόρτη Δημήτριο για την μεγάλη βοήθεια τους στις εργασίες του θερμοκηπίου και στις μετέπειτα εργαστηριακές αναλύσεις.

Καταλήγοντας ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους και την οικογένειά μου, για την αγάπη και συνεχή υποστήριξη που μου προσέφεραν, σε όλο το διάστημα της εκπλήρωσης των εκπαιδευτικών μου υποχρεώσεων.

«Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της».

Ζιώγας Ιωάννης

Αθήνα, 2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ : 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. ΤΟΜΑΤΑ.....	10
1.1.1. Γενικά.....	10
1.1.2. Χημική σύνθεση του καρπού	11
1.2. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΤΟΠΙΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ	12
1.2.1. Γενικά.....	12
1.2.2. Η σημασία των παραδοσιακών τοπικών ποικιλιών	13
1.2.3. Γενετική Διάβρωση.....	13
1.2.4. Υβριδισμένοι σπόροι.....	14
1.2.5. Διατήρηση παραδοσιακών ποικιλιών	15
1.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	16
1.3.1. Εισαγωγή	16
1.3.2. Γενικές έννοιες και ορισμοί.....	17
1.3.3. Θρεπτικά διαλύματα.....	20
1.3.3.1. Σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων	20
1.3.3.2. Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα	22
1.3.3.3. Χαρακτηριστικά του θρεπτικού διαλύματος.....	22
1.3.3.4. Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος	23
1.3.3.5. Σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων	23
1.3.3.6. Ποιότητα νερού άρδευσης.....	24
1.3.4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των καλλιεργειών εκτός εδάφους.....	25
1.3.5. Σημασία της υδροπονίας στην ενίσχυση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των λαχανικών	26
1.3.6. Εκτός εδάφους καλλιέργεια τομάτας	28
1.3.6.1.Γενικά.....	28
1.3.6.2. Συστήματα εκτός εδάφους καλλιέργειας τομάτας	29
1.3.6.3. Λίπανση και θρέψη τομάτας σε υδροπονικές καλλιέργειες.....	30
1.4. ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ.....	33
1.4.1. Ορισμός Αλατότητας	33
1.4.2. Παράγοντες δημιουργίας αλατότητας.....	33
1.4.3. Τρόπος δράσης των αλάτων στο φυτό	34
1.4.4. Επιδράσεις του στρες αλατότητας στην ανάπτυξη της τομάτας	35

4.4.1.Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των ριζών τομάτας.....	35
1.4.4.2. Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη βλαστών της τομάτας.....	37
1.4.4.3. Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φύλλων.....	38
1.4.4.4. Επίδραση της αλατότητας στην απόδοση της παραγωγής τομάτας.....	39
1.4.4.5. Επίδραση της αλατότητας στην ποιότητα του καρπού τομάτας	41
1.4.4.6.Επίδραση της αλατότητας στην κατανάλωση νερού ανά μονάδα παραγόμενου νωπού προϊόντος.....	42
1.5. Σκοπός της διπλωματικής.....	44
1.5.1. Σημασία της αλατότητας ως αντικείμενο έρευνας.....	44
1.5.2.Σκοπός του πειράματος	44
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	46
2.1 Φυτικό υλικό	47
2.2 Θερμοκήπιο	48
2.3. Προετοιμασία φυτικού υλικού.....	48
2.4. Προετοιμασία θερμοκηπίου	52
2.5. Πειραματική εγκατάσταση	53
2.6. Η καλλιέργεια στο θερμοκήπιο	54
2.7. Σύνθεση και χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων.....	55
2.8. Καλλιεργητικές φροντίδες	56
2.8.1. Υποστύλωση	56
2.8.2. Κλάδεμα.....	58
2.9. Εγκατάσταση βομβίνων.....	61
2.10. Εργαστηριακές μετρήσεις και αναλύσεις	61
2.10.1. Μέτρηση διαμέτρου καρπών τομάτας	61
2.10.2. Μέτρηση συνεκτικότητας καρπών τομάτας.....	62
2.10.3. Μέτρηση χρώματος καρπών τομάτας	63
2.10.4. Μέτρηση ολικών διαλυτών στερεών	66
2.10.5. Μέτρηση ολικής οξύτητας των καρπών	67
2.11. Στατιστική ανάλυση	69
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	70
3.1. Διάμετρος καρπών	71
3.2. Συνεκτικότητα καρπών	72
3.3. Ολικά διαλυτά στερεά καρπών	73

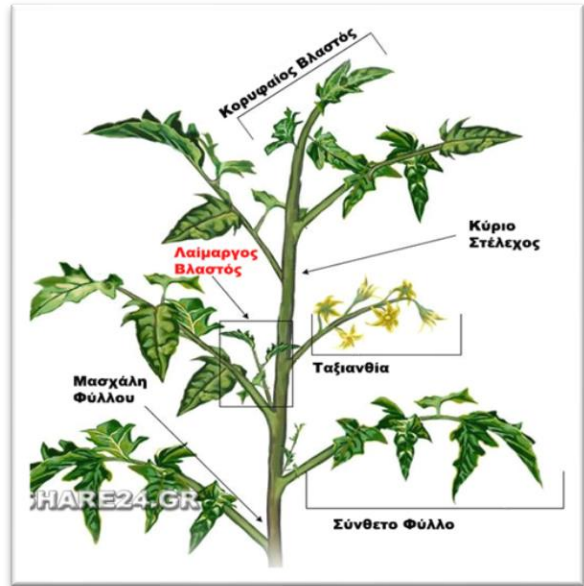
3.4. Ολική Οξύτητα καρπών	74
3.5 Χρώμα καρπών.....	76
3.5.1 Παράμετρος a*	76
3.5.2. Παράμετρος chroma	77
3.5.3. Παράμετρος hue	78
3.6. Συσχέτιση παραγόντων ποιότητας.....	79
ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ : 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	107
Παράρτημα Α	108
Παράρτημα Β.....	109
Παράρτημα Γ	110
Παράρτημα Δ	111
Παράρτημα Ε.....	112

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ : 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. TOMATA

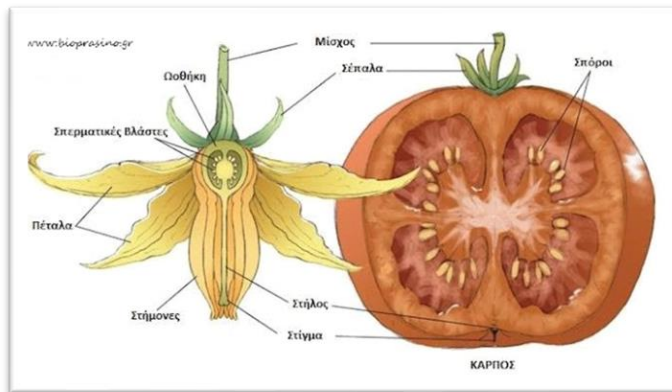
1.1.1. Γενικά

Η τομάτα *Lycopersicon lycopersicum* (συν. *Lycopersicon esculentum* Mill. ή *Solanum lycopersicum* L.) (Εικόνα 1) της οικογένειας Solanaceae είναι κατά κανόνα ετήσιο κηπευτικό πολύ δημοφιλές και αρκετά διαδεδομένο. Σε παγκόσμιο επίπεδο η καλλιέργεια της τομάτας κατέχει τη τρίτη θέση σε έκταση μεταξύ των κηπευτικών μετά την πατάτα και τη γλυκοπατάτα (Ολύμπιος, 2015). Η παγκόσμια παραγωγή εκτιμάται σε 163.96 εκατομμύρια τόνους και η συνολική καλλιεργήσιμη γη σε 4.76 εκατομμύρια εκτάρια, με κύριες παραγωγές χώρες την Κίνα και την Ινδία το 2013 (Faostat, 2015). Στην Ελλάδα η επιτραπέζια τομάτα κατέχει τη δεύτερη θέση σε έκταση μετά την πατάτα (Ολύμπιος, 2015).



Εικόνα 1: Μέρη του φυτού τομάτας. Πηγή: <https://www.share24.gr/poikilies-ntomatas>.

Η τομάτα καλλιεργείται για το καρπό της (Εικόνα 2), ο οποίος μπορεί να καταναλωθεί ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, ακέραιος, σε πολτό ή σε άλμη. Η τομάτα καθίσταται από τα πιο δημοφιλή κηπευτικά για τους εξής λόγους: ο καρπός της είναι πλούσιος σε βιταμίνες, ιδίως με βιταμίνη C, και με καροτενοειδή (λυκοπίνη, β-καροτίνη κ.λπ.), έχει ελκυστικό χρώμα και ιδιαίτερο άρωμα, γεγονός που την κάνει ιδιαίτερα αρεστή στη διατροφή. Επίσης, πολλές ποικιλίες της έχουν εγκλιματιστεί σε ένα μεγάλο εύρος τύπων εδάφους και κλίματος, αλλά σε γενικές γραμμές το



Εικόνα 2: Τμήματα του άνθους και του καρπού τομάτας. Πηγή: http://biokipos.blogspot.com/2012/04/blog-post_8.html

φυτό απαιτεί θερμό κλίμα και εδάφη με καλή στράγγιση (Ολύμπιος, 2015).

1.1.2. Χημική σύνθεση του καρπού

Η χημική σύνθεση του καρπού εξαρτάται από την ποικιλία, τον βαθμό ωρίμανσης και από τις καλλιεργητικές και κλιματικές συνθήκες κατά την παραγωγή. Είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες, καθώς μέσα από αυτή προσδιορίζεται η ποιότητα του καρπού σε σχέση με την υφή, την εμφάνιση, το χρώμα, τη θρεπτική αξία, τη γεύση και το άρωμα. Ο καρπός της τομάτας είναι πλούσιος σε προβιταμίνη Α και βιταμίνη C. Η συγκέντρωση και των δύο αυξάνεται, όταν ο καρπός ωριμάζει επί του φυτού, αλλά μειώνεται όταν ο ώριμος πράσινος καρπός ωριμάζει μακριά από το φυτό. Επίσης, η χαμηλή ένταση φωτισμού περιορίζει τη σύνθεση της βιταμίνης C.

Η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά αποτελεί ένα ακόμη χαρακτηριστικό ποιότητας. Τα διαλυτά στερεά αποτελούνται από σάκχαρα (φρουκτόζη, γλυκόζη) και οργανικά οξέα (π.χ. μηλικό οξύ). Καθώς ο καρπός ωριμάζει η γλυκόζη και η φρουκτόζη αυξάνονται, ενώ το μηλικό οξύ μειώνεται. Η σουκρόζη και το κιτρικό οξύ βρίσκονται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις και κατά την διάρκεια της ωρίμανσης παραμένουν σταθερά (Ολύμπιος, 2015).

Το άρωμα του καρπού εξαρτάται σημαντικά από την περιεκτικότητα σε σάκχαρα και οργανικά οξέα και συμπληρώνεται από πολλές άλλες αρωματικές ενώσεις. Η τομάτα περιέχει ακόμα βιοτίνη, φολικό οξύ, βιταμίνη Κ, παντοθενικό οξύ, νικοτινικό οξύ, ροβοβλαβίνη, θειαμίνη κ.λπ. Επίσης, είναι πλούσια σε άλατα και κυρίως κάλιο. Το pH του καρπού κυμαίνεται από 4,3-4,7. Τέλος, ο πράσινος άγουρος καρπός περιέχει τοματίνη και ίχνη σολανίνης, δύο ουσίες που είναι δηλητηριώδεις και η περιεκτικότητά του σε αυτές μειώνεται σημαντικά όσο συνεχίζεται η ωρίμανση και εξαφανίζονται τελείως στους κόκκινους καρπούς (Ολύμπιος, 2015).



Εικόνα 3: Καρπός τομάτας. Πηγή:
<https://flowerstore.gr/ntomata-paradosiaki-thessaloniki>

1.2. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΤΟΠΙΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

1.2.1. Γενικά

Παραδοσιακές τοπικές ποικιλίες ονομάζονται οι ποικιλίες φυτών που καλλιεργούνται από την αρχαιότητα έως τη σημερινή εποχή και συνεχίζουν να εξελίσσονται μέσα στους αιώνες για να προσαρμόζονται στις ιδιαίτερες τοπικές εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν. Επίσης, στις τοπικές ποικιλίες περιλαμβάνονται και άλλες ποικιλίες που ήρθαν αργότερα σε μια περιοχή και προσαρμόστηκαν σε αυτήν. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (γεύση, χρώμα, άρωμα) των παραδοσιακών ποικιλιών δηλώνουν τα χαρακτηριστικά του κάθε τόπου (Medina-Lozano and Diaz, 2021).

Η παραδοσιακή ποικιλία ενός είδους αποτελεί ένα δυναμικό πληθυσμό, καθώς έχει προέλευση ιστορική, ξεχωριστή ταυτότητα και στερείται τη διαδικασία της βελτιωτικής παρέμβασης. Συνήθως παρουσιάζει γενετική ποικιλομορφία, τοπική προσαρμοστικότητα και συνδέεται με παραδοσιακά συστήματα καλλιέργειας (Camacho Villa et al., 2005).

Στις νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας (λόγω της γεωγραφικής απομόνωσης τους) έχει αναπτυχθεί ένα μεγάλος αριθμός παραδοσιακών ποικιλιών καλλιεργούμενων ειδών, οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στις εδαφοκλιματικές συνθήκες του κάθε νησιού. Αποτέλεσμα αυτού είναι η καλή απόδοση τους στην παραγωγή, μειωμένες ανάγκες σε νερό και θρεπτικά συστατικά και η ανάπτυξη άμυνας τους στους φυσικούς εχθρούς και ασθένειες, γεγονός που οδηγεί σε περιορισμένη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων (Δροσινού και άλλοι, 2014).



Εικόνα 4: Διαφορά μεταξύ άγριας, παραδοσιακής και εμπορικής ποικιλίας μαρουλιού (Medina-Lozano and Aurora Diaz, 2020)

1.2.2. Η σημασία των παραδοσιακών τοπικών ποικιλιών

Οι παραδοσιακές ποικιλίες έχουν δημιουργηθεί, έπειτα από διαλογή των αγροτών και της φύσης και τα πλεονεκτήματά τους είναι τα εξής:

- Είναι προσαρμοσμένες στις τοπικές εδαφοκλιματικές συνθήκες.
- Χρήση για παραγωγή προϊόντων με προστιθέμενη αξία, τοπικής ονομασίας.
- Συμβάλλουν στην γενετική παραλλακτικότητα, καθώς αποτελούν πλούσιο γενετικό υλικό που μπορεί να αξιοποιηθεί από την επιστήμη της Βελτίωσης Φυτών.
- Φέρουν επιθυμητά χαρακτηριστικά, θεωρούνται κατάλληλες για χρήση τους στη βιολογική γεωργία και θεωρούνται κατάλληλες για παραδοσιακά συστήματα καλλιέργειας.

Η ποιότητα των παραδοσιακών ποικιλιών εξαρτάται από το μικροκλίμα της περιοχής καλλιέργειας, από τη σύσταση του εδάφους αλλά και της θέσης τους σε αυτό, των τεχνικών καλλιέργειας και από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις (Medina-Lozano and Diaz, 2021).

1.2.3. Γενετική Διάβρωση

Η εξέλιξη της γεωργίας (εκμηχάνιση) σε συνδυασμό με την βιομηχανοποίηση και αστικοποίηση των κοινωνιών τον 19^ο αιώνα, οδήγησε στη παραγωγή των βελτιωμένων ποικιλιών μέσω της επιστήμης Βελτίωσης των Φυτών κυρίως σε είδη ετήσιων καλλιεργειών, σε πολλά δενδρώδη και λιγότερο στο αμπέλι. Η γρήγορη προώθηση των βελτιωμένων ποικιλιών και η αποδοχή τους από τους αγρότες, στην αρχή για παραγωγικούς λόγους και έπειτα λόγω των προδιαγραφών της αγοράς, είχε σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό και στη συνέχεια την εγκατάλειψη των παραδοσιακών ποικιλιών. Αυτή η απώλεια των παραδοσιακών ποικιλιών και κατά επέκταση απώλεια της γενετικής ποικιλότητας, ονομάστηκε γενετική διάβρωση (Θανόπουλος κ.α., 2012).



*Εικόνα 5: Ποικιλομορφία του γενετικού υλικού σε καρπούς τομάτας. Πηγή:
https://www.yraithros.gr/tympaki-axiologisi-poikilies-ntomatas/?cli_action=1635938951.909*

Τα τελευταία χρόνια, σε παγκόσμιο επίπεδο, γίνεται μεγάλη συζήτηση για την διατήρηση των παραδοσιακών ποικιλιών. Τα υβρίδια έχουν πλέον αντικαταστήσει τις ανθεκτικές ποικιλίες του παρελθόντος, τα οποία αν και αποδοτικότερα, χρειάζονται περισσότερο την ανθρώπινη παρέμβαση σε συνδυασμό με τις χημικές μεθόδους (λιπάσματα, φυτοφάρμακα) με σκοπό να αναπτυχθούν και να αποδώσουν. Επιπλέον, δημιουργείται έτσι μία εξάρτηση των παραγωγών με τις σποροπαραγωγικές εταιρείες, καθώς οι υβριδισμένοι σπόροι δεν αναπαράγονται με τα ίδια χαρακτηριστικά αν τους φυτέψεις την επόμενη χρονιά, γεγονός που οδηγεί σε αγορά νέων σπόρων κάθε χρόνο (Medina-Lozano and Diaz, 2021).

1.2.4. Υβριδισμένοι σπόροι

Οι υβριδισμένοι σπόροι έχουν υποστεί πολλές εργαστηριακές διασταυρώσεις, γεγονός που οδήγησε στην αυξημένη παραγωγή τους το πρώτο χρόνο, με την προϋπόθεση ότι θα τους παρέχεται μεγάλη ποσότητα νερού και θρεπτικών συστατικών (βιολογικά ή χημικά λιπάσματα), ενώ θα πρέπει ταυτόχρονα, να προστατεύονται και από τα τοπικά φυτοπαθογόνα (βιολογικά ή χημικά φυτοφάρμακα) στα οποία είναι αρκετά ευάλωτοι. Όμως, άλλο ένα αποτέλεσμα αυτών των εργαστηριακών διασταυρώσεων είναι και η αποδυνάμωση του σπόρου μετά την πρώτη καλλιέργεια, που αν καλλιεργηθεί δεύτερη φορά δίνει αρκετά μειωμένη παραγωγή (Medina-Lozano and Diaz, 2021).

Η εκτεταμένη χρήση των υβριδίων στις καλλιέργειες ενέχει ένα μεγάλο κίνδυνο. Κατά τη γονιμοποίηση τους, είτε μέσω εντόμων είτε μέσω του αέρα, μπορούν να επιμολυνθούν οι τοπικές ποικιλίες που βρίσκονται σε απόσταση έως και 2 χλμ. Όταν μία παραδοσιακή ποικιλία επιμολυνθεί, ο επόμενος της σπόρος θα αποκτήσει τα χαρακτηριστικά του υβριδίου από το οποίο επιμολύνθηκε και έτσι θα περιοριστεί η δυνατότητα να σχηματίζει παραγωγικούς σπόρους. Επομένως, μία ποικιλία που χρειάστηκε χρόνια ή ακόμα και αιώνες για να εξελιχθεί, θα μπορούσε να εξαφανιστεί ακόμα και σε μία μόνο καλλιεργητική περίοδο. Έτσι, ακόμα και αν οι αγρότες χρησιμοποιούν και προσπαθούν να διαφυλάξουν παραδοσιακές ποικιλίες, αυτές θα μπορούσαν να επιμολυνθούν εν αγνοία τους (Medina-Lozano and Diaz, 2021).

1.2.5. Διατήρηση παραδοσιακών ποικιλιών

Η απώλεια μιας παραδοσιακής ποικιλίας είναι οριστικά μη αναστρέψιμη, επομένως η σωστή συλλογή και καταγραφή πληροφοριών είναι πολύ σημαντική για την διάσωση τους. Πρέπει να διατηρηθούν είτε σε τράπεζες γενετικού υλικού αλλά είτε στον αγρό σε συνεργασία με τους αγρότες, με οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη για τις τοπικές κοινωνίες. Αποτελούν μέρος του πολιτισμού και της ιστορίας της κάθε κοινωνίας και κληρονομιά για τις επόμενες γενιές. Οι παραδοσιακές ποικιλίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν :

- Για την ενίσχυση των τοπικών οικονομιών και ιδιαίτερα των απομονωμένων περιοχών.
- Στη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των γεωργικών προϊόντων, καθώς οι εμπορικές καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν την τάση ομοιομορφίας των προϊόντων τους.
- Σε καλλιεργητικά συστήματα χαμηλών εισροών, όπως για παράδειγμα η βιολογική και η παραδοσιακή γεωργία.
- Στη παραγωγή τοπικών εδεσμάτων, που οι πρώτες ύλες του συνδέονται με ένα συγκεκριμένο τόπο.

(Θανόπουλος κ.α., 2008).

Οι πρακτικές διατήρησης των παραδοσιακών ποικιλιών είναι είτε *ex situ*, είτε *in situ*. Κατά την πρακτική *ex situ*, γίνεται διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας μακριά από το φυσικό περιβάλλον των ποικιλιών, δηλαδή σε τράπεζες σπόρων και γενετικού υλικού (Love and Spaner, 2007). Η πρακτική αυτή περιλαμβάνει τη συλλογή, ταξινόμηση, αξιολόγηση και αξιοποίηση της

βιοποικιλότητας. Πλεονεκτήματα της πρακτικής είναι ότι το συγκεντρωμένο υλικό, είναι άμεσα διαθέσιμο στους παραγωγούς (Marshall and Brown, 1975) και ότι οι τράπεζες σπόρων μπορούν να λειτουργήσουν ως <<θησαυροφυλάκια>> σε περιπτώσεις απώλειας της βιοποικιλότητας στα αγροοικοσυστήματα (Zeven, 1996).

Κατά την πρακτική *in situ*, οι παραδοσιακές ποικιλίες (γενετικό υλικό) διατηρούνται στο φυσικό τους περιβάλλον σε άγρια μορφή ή καλλιεργούνται στον αγρό. Έτσι, γίνεται μία συνεχής διατήρηση τους και λειτουργεί συμπληρωματικά με την *ex situ* πρακτική, αφού διατηρεί την βιοποικιλότητα, προωθεί την ανάπτυξη και προσαρμογή των παραδοσιακών ποικιλιών στα περιβάλλοντα τους και επιτρέπει στους παραγωγούς να έχουν πρόσβαση στους γενετικούς αυτούς πόρους (Bellon, 2003).

1.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

1.3.1. Εισαγωγή

Σε παγκόσμια κλίμακα, σήμερα, όσον αφορά στο κλάδο των θερμοκηπιακών καλλιεργειών, οι υδροπονικές καλλιέργειες αποτελούν τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες που υπάρχουν. Επίσης, αποτελούν σημαντικό κομμάτι στην εφαρμογή των συστημάτων ακριβείας στη γεωργία.

Η λέξη **υδροπονία** (hydroponics) ετυμολογικά προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις <<ύδωρ>> (hydro) (νερό) και <<πόνος>> (ponos) (εργασία). Η υδροπονία είναι μία εξελιγμένη τεχνολογικά μέθοδος γεωργικής παραγωγής, η οποία αναπτύσσεται και επεκτείνεται συνεχώς, όπου ο συνδυασμός της επιστημονικής γνώσης με την χρήση της τεχνολογίας δίνουν νέες δυνατότητες στην γεωργική παραγωγή (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

Η υδροπονία δίνει και θετικά και αρνητικά αποτελέσματα, ανάλογα τον χρήστη και τα αποτελέσματα που αποσκοπεί. Δηλαδή, μέσω των υδροπονικών συστημάτων, μπορεί να παραχθεί μαζική παραγωγή με προϊόντα μειωμένης ποιότητας, αλλά και προϊόντα υψηλής ποιότητας με τις καλύτερες θρεπτικές ιδιότητες, με πλούσιο άρωμα και γεύση. Επίσης, μπορεί να αποτελέσει παράγοντας ρύπανσης του περιβάλλοντος, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί οικολογικά με σεβασμό προς το περιβάλλον. Δυστυχώς σε διεθνές επίπεδο στην επιχειρηματική παραγωγή δεν

υπάρχει μία μέθοδος υδροπονικής καλλιέργειας που να δίνει το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα σε όλες τις περιπτώσεις. Το βέλτιστο σύστημα καθορίζεται από παράγοντες, όπως το κλίμα, την εργασία, το κόστος πρώτων υλών καθώς και το επίπεδο γνώσεων.

Ήδη πολλές χώρες της Μεσογείου αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα τόσο με την ποσότητα όσο και με τη ποιότητα του νερού άρδευσης, όσο και με την ρύπανση των υπόγειων υδάτων. Το γεγονός ότι τα εδάφη υφίστανται υποβάθμιση χρόνο με το χρόνο, κυρίως λόγω της εντατικής τους χρήσης, κάνει επιτακτική την ανάγκη της ανάπτυξης των υδροπονικών καλλιεργειών, είτε αυτούσια όπως εφαρμόζονται σε άλλες χώρες, είτε τροποποιημένες στις τοπικές συνθήκες της χώρας. Άμεσο αποτέλεσμα αυτού, είναι η αύξηση και βελτίωση της παραγωγής, ο εκσυγχρονισμός των γεωργικών εκμεταλλεύσεων με πιο σύγχρονες επιδιώξεις, όπως είναι η βελτίωση της ποιότητας, η ασφάλεια των τροφίμων και η προστασία του περιβάλλοντος (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

1.3.2. Γενικές έννοιες και ορισμοί

Οι κυριότερες έννοιες και ορισμοί που συνδέονται άμεσα με τις καλλιέργειες εκτός εδάφους των φυτών και χρησιμοποιούνται ευρύτατα, συνοψίζονται παρακάτω:

Καλλιέργεια εκτός εδάφους καλείται κάθε μέθοδος καλλιέργειας φυτών των οποίων το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται εκτός του φυσικού εδάφους. Στις σύγχρονες καλλιέργειες εκτός εδάφους, η τροφοδότηση των φυτών με νερό και θρεπτικά στοιχεία γίνεται με χορήγηση ενός θρεπτικού διαλύματος τεχνητά παρασκευασμένου. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα είτε σε πορώδη στερεά υλικά τα οποία καλούνται υποστρώματα και διαβρέχονται τακτικά με θρεπτικό διάλυμα το οποίο καλύπτει παράλληλα και τις αρδευτικές ανάγκες των φυτών (Σάββας, 2012).

Το **θρεπτικό διάλυμα** είναι ένα αραιό υδατικό διάλυμα όλων των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για τα φυτά. Τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται διαλυμένα στο νερό κατά κανόνα ως ιόντα ανόργανων αλάτων. Εξαιρέση αποτελούν το βόριο, το οποίο περιέχεται ως ευδιάλυτη ανόργανη χημική ένωση (βορικό οξύ) και ο σίδηρος ο οποίος περιέχεται σε μορφή ευδιάλυτων οργανικών χημικών ενώσεων (διάφοροι τύποι χηλικού σιδήρου) (Σάββας, 2012).

Ως **υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών** θεωρείται κάθε φυσικό ή προερχόμενο από βιομηχανική επεξεργασία πορώδες υλικό, εκτός από το φυσικό χώμα, το οποίο χάρις στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατεί νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες, με συνέπεια να μπορεί να υποκαθιστά το έδαφος ως μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Εφόσον το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται τα υποστρώματα περιέχει όλα τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζονται τα φυτά για να αναπτυχθούν και να συμπληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο, τα υποστρώματα μπορούν να υποκαθιστούν πλήρως το έδαφος ως μέσο ανάπτυξης των καλλιεργειών. Τα περισσότερα υποστρώματα υδροπονίας συμπεριφέρονται χημικώς ως αδρανή υλικά στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας. Αυτό σημαίνει ότι πρακτικά δεν αποδίδουν θρεπτικά στοιχεία στο θρεπτικό διάλυμα ούτε δεσμεύουν ιόντα που υπάρχουν ήδη σε αυτό (Σάββας, 2012).

Πυκνά διαλύματα είναι θρεπτικά διαλύματα μεγάλης πυκνότητας (συνήθως 100 φορές πυκνότερα από το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας), τα οποία περιέχουν τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που είναι αναγκαία για τη θρέψη των φυτών, σε σωστή αναλογία. Τα πυκνά διαλύματα παρασκευάζονται και αποθηκεύονται σε δοχεία (συνήθως σε δύο διαφορετικά δοχεία), από τα οποία λαμβάνονται μικρές ποσότητες, οι οποίες αραιώνονται κατάλληλα σύμφωνα με το νερό άρδευσης, ώστε να δημιουργηθούν θρεπτικά διαλύματα τροφοδοσίας των φυτών (**αραιά διαλύματα**) (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

Τόσο στην Ελληνική όσο και στην διεθνή βιβλιογραφία η τεχνική της **καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους** (soilless culture) συχνά αναφέρεται και με τον όρο **υδροπονία** (hydroponics), ενώ οι καλλιέργειες αυτού του τύπου καλούνται <<υδροπονικές καλλιέργειες>> (Steiner, 1976; Jensen and Collins, 1985; Ravin and Lieth, 2008).

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Electrical Conductivity - EC): Είναι ένα μέγεθος που εκφράζει την ικανότητα ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στην πραγματικότητα είναι η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός αγωγού ηλεκτρικού ρεύματος η οποία ως γνωστόν εξαρτάται από την φύση του αγωγού. Η (ειδική) ηλεκτρική αγωγιμότητα (Ca) ορίζεται ως το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, ρ : $Ca = 1/\rho$ Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) μετράται σε $dS m^{-1}$. ($1 dS m^{-1} = 1 mS cm^{-1} = 1 mmho cm^{-1}$).

Η ικανότητα ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα οφείλεται στην παρουσία ιόντων. Συνεπώς όσο πιο πολλά ιόντα είναι διαλυμένα στο νερό τόσο μεγαλύτερη είναι

η ικανότητά του να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς, η EC είναι ανάλογη της συνολικής συγκέντρωσης ιόντων στο διάλυμα. Όμως, η EC δεν μας δίνει πληροφορίες για το είδος των ιόντων (K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , κ.λπ.) που περιέχονται στο υδατικό διάλυμα.

Η EC μπορεί να μετρηθεί εύκολα και γρήγορα στο θερμοκήπιο με την βοήθεια εύχρηστων, φορητών οργάνων. Γι' αυτό, η μέτρηση της EC χρησιμοποιείται ευρύτατα για τον γρήγορο προσδιορισμό της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σε θρεπτικά διαλύματα (Σάββας, 2012).

Οξύτητα (pH) θρεπτικών διαλυμάτων : αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητας τους σε ιόντα υδρογόνου (H^+). Το pH είναι ένα μέγεθος καθοριστικής σημασίας για τη θρεπτική καταλληλότητα ενός θρεπτικού διαλύματος. Όταν το pH είναι υψηλότερο από κάποια κρίσιμα ανώτατα όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως P, Fe, Mn, Zn, Cu), οπότε η διαθεσιμότητα τους για τα φυτά ελαττώνεται σημαντικά. Κάτω από τέτοιες συνθήκες είναι πιθανή η εμφάνιση τροφοπενίας σε κάποιο ή κάποια από αυτά τα θρεπτικά στοιχεία (Adams, 2002; Sannas et al., 2003). Αντίστοιχα όταν το pH πέφτει κάτω από κάποια κρίσιμα κατώτατα όρια, ορισμένα θρεπτικά στοιχεία, όπως π.χ. το Mn, καθώς και μη θρεπτικά χημικά στοιχεία, όπως π.χ. το Al, καθίστανται πολύ πιο ευδιάλυτα, με συνέπεια η διαθεσιμότητα τους για τα φυτά να αυξάνεται σε τοξικά επίπεδα (Marschner, 1995, Sonneveld, 2002).

Για όλα, σχεδόν, τα καλλιεργούμενα είδη φυτών, το pH του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο των ριζών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 6,3 για να μην υπάρχει πρόβλημα υπερβολικά υψηλής ή χαμηλής διαλυτοποίησης κάποιου θρεπτικού ή άλλου χημικού στοιχείου. Τα περισσότερα είδη καλλιεργούμενων φυτών όμως αναπτύσσονται χωρίς προβλήματα σε ένα εύρος τιμών pH από 5 έως 7 περίπου στο θρεπτικό διάλυμα που περιβάλλει τις ρίζες. Ωστόσο, για να διατηρηθεί το pH εντός του επιθυμητού εύρους τιμών (5,5 – 6,3) στο περιβάλλον της ρίζας, το θρεπτικό διάλυμα που παρέχεται στη καλλιέργεια θα πρέπει να έχει pH της τάξεως του 5,5 έως 5,8 (Σάββας, 2012).

Το **pH** και **EC** χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τον καθημερινό έλεγχο της καταλληλότητας του θρεπτικού διαλύματος, χάρις στη δυνατότητα που υπάρχει να μετρούνται εύκολα και γρήγορα, χάρις στην χρήση ειδικών φορητών οργάνων μέτρησης pH και EC (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

Τα συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης της απορροής τους, ταξινομούνται σε **ανοικτά** και **κλειστά συστήματα**.

Ανοικτά συστήματα είναι τα συστήματα στα οποία το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει (αποστραγγίζει) μετά την άρδευση δεν χρησιμοποιείται και απορρίπτεται στο έδαφος ή διατίθεται για άρδευση εξωτερικών φυτειών.

Κλειστά συστήματα είναι τα συστήματα στα οποία το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει μετά την άρδευση, συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται (ανακυκλώνεται), έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία στην ίδια καλλιέργεια (Savvas, 2002).

1.3.3. Θρεπτικά διαλύματα

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μίας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η χρήση κατάλληλων θρεπτικών διαλυμάτων. Παρακάτω ακολουθούν οι βασικές αρχές και τα βήματα για τον καθορισμό της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων.

1.3.3.1. Σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων

Στις καλλιέργειες εκτός εδάφους χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή περιέχουν όλα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών, εκτός από τον άνθρακα που προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα ως CO₂. Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού, ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής.

Ανάλογα με τις ποσότητες των στοιχείων που προστίθενται στο διάλυμα, διακρίνονται σε μακροστοιχεία (N, P, S, K, Ca, Mg) τα οποία προστίθενται σε μεγαλύτερες ποσότητες και σε ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl), τα οποία προστίθενται σε μικρότερες ποσότητες. Το χλώριο βρίσκεται πάντα σε ικανοποιητικές ποσότητες τόσο στο αρδευτικό νερό, όσο και στις προσμείξεις των λιπασμάτων, για τον λόγο αυτό δεν προστίθεται. Επομένως, κατά την Παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος χρειάζεται να προστίθενται μόνο τα 12 από τα 16 χημικά στοιχεία στο νερό. Τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και η χημική μορφή με την οποία συναντώνται στα

θρεπτικά διαλύματα και απορροφούνται από τη ρίζα, φαίνονται στο παρακάτω πίνακα (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

Πίνακας 1: Μορφές θρεπτικών στοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα (Νεοκλέους και άλλοι, 2014)

Μακροστοιχείο	Χημική μορφή	Ιχνοστοιχείο	Χημική μορφή
άζωτο (N)	NO_3^- , NH_4^+	σίδηρος (Fe)	Fe^{2+}
φώσφορος (P)	H_2PO_4^-	μαγγάνιο (Mn)	Mn^{2+}
θείο (S)	SO_4^{2-}	ψευδάργυρος (Zn)	Zn^{2+}
κάλιο (K)	K^+	χαλκός (Cu)	Cu^{2+}
ασβέστιο (Ca)	Ca^{2+}	βόριο (B)	H_3BO_3
μαγνήσιο (Mg)	Mg^{2+}	μολυβδαίνιο (Mo)	MoO_4^{2-}

Πίνακας 2: Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

Λίπασμα	Χημικός τύπος	Θρεπτικά στοιχεία (%)	Μοριακό Βάρος
Νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3	N: 35	80,0
Νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$	N: 15,5, Ca: 19	1080,5
Νιτρικό κάλιο	KNO_3	N: 13, K: 38	101,1
Νιτρικό μαγνήσιο	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	N: 11, Mg: 9	256,3
Νιτρικό οξύ	HNO_3	N: 22	63,0
Φωσφορικό μονοαμμώνιο	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N: 12, P: 27	115,0
Φωσφορικό μονοκάλιο	KH_2PO_4	P: 23, K: 28	136,1
Φωσφορικό οξύ	H_3PO_4	P: 32	98,0
Θειικό κάλιο	K_2SO_4	K: 45, S: 18	174,3
Θειικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg: 9,7, S: 13	246,3
Χηλικός σίδηρος	διαφόρων τύπων	Fe: 6-13	-
Θειικό μαγγάνιο	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn: 32	169,0
Θειικός ψευδάργυρος	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn: 23	287,5
Θειικός χαλκός	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu: 25	249,7
Βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	B: 11	381,2
Βορικό οξύ	H_3BO_3	B: 17,5	61,8
Οκταβορικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	B: 20,5	412,4
Μολυβδαινικό αμμώνιο	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mo: 54	1163,3
Μολυβδαινικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Mo: 40	241,9

1.3.3.2. Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα

Για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων χρησιμοποιούνται απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα, ορισμένα οξέα και ο σίδηρος προστίθεται σε μορφή χηλικών ενώσεων, για την αποφυγή ιζημάτων (πίνακας 2).

1.3.3.3. Χαρακτηριστικά του θρεπτικού διαλύματος

Στα θρεπτικά διαλύματα, εκτός από τη συγκέντρωση ενός ανόργανου στοιχείου και τις αναλογίες μεταξύ τους, μας ενδιαφέρει ακόμα το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά μπορούν πολύ εύκολα να προσδιοριστούν με απλά φορητά όργανα (αγωγιμόμετρο και πεχάμετρο) σε καθημερινή βάση. Έτσι, ελέγχεται συχνά η καταλληλότητα και η ποιότητα των θρεπτικών διαλυμάτων.

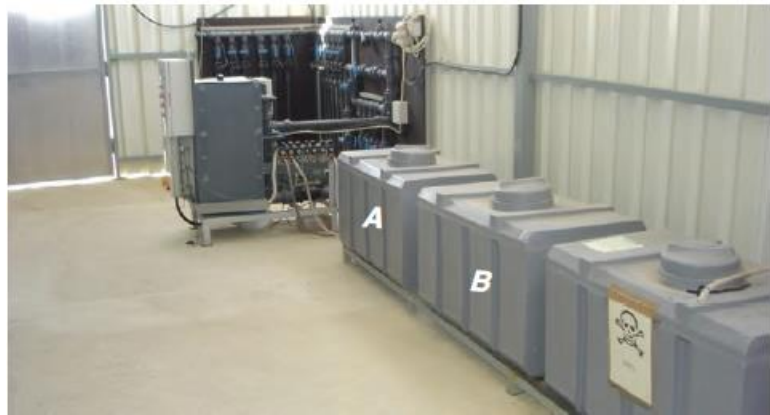
Η EC δεν μας δίνει καμία πληροφορία σχετικά με το είδος των αλάτων, παρά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση. Λόγω της ευκολίας με την οποία μετριέται, χρησιμοποιείται σαν βασικό μέγεθος αναφοράς, για την παρασκευή και σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων. Πρακτικά μόνο οι συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων και όχι των ιχνοστοιχείων, επηρεάζουν την τιμή της EC, οπότε και μέσα από την τιμή της EC δεν παρέχεται καμία πληροφορία για την συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων. Χαμηλότερες τιμές της EC, ενδεχομένως, υποδηλώνουν ανεπάρκεια θρεπτικών στοιχείων, ενώ μεγαλύτερες αλατούχο καταπόνηση.

Το pH (οξύτητα) του θρεπτικού διαλύματος αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητας του σε ιόντα υδρογόνου και είναι καθοριστικός παράγοντας για την καταλληλότητα του. Πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα σε αλκαλικό pH ($\text{pH} > 7$) (π.χ. P, Fe, Mn), ενώ σε πολύ όξινο pH ($\text{pH} < 5$) καθίστανται πιο ευδιάλυτα με κίνδυνο φυτοτοξικότητας (π.χ. Mn, Al). Το pH του αρδευτικού νερού πολλές φορές είναι αλκαλικό, λόγω της περιεκτικότητας του σε όξινα ανθρακικά άλατα Ca και Mg, γεγονός που καθιστά αναγκαία την προσθήκη κάποιου οξέος με σκοπό να μειωθεί σε επιθυμητό επίπεδο για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

1.3.3.4. Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος

Για να αποφευχθεί η συχνή παρασκευή θρεπτικού διαλύματος, παρασκευάζονται πυκνά διαλύματα, τα οποία είναι συνήθως 100-200 φορές πυκνότερα από το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο θα τροφοδοτηθούν τα φυτά. Το διάλυμα που φτάνει στα φυτά, προκύπτει από την αραιώση των πυκνών διαλυμάτων με το νερό άρδευσης. Πρέπει να χρησιμοποιούνται δύο τουλάχιστον δοχεία πυκνών διαλυμάτων, με σκοπό την αποφυγή πρόσμειξης του ασβεστίου με τα φωσφορικά και τα θειικά και τη δημιουργία αδιάλυτων ενώσεων.

Επομένως, στο πρώτο δοχείο Α προστίθενται το νιτρικό ασβέστιο, το νιτρικό αμμώνιο, ένα μέρος του νιτρικού καλίου και ο χηλικός σίδηρος. Στο δεύτερο δοχείο Β προστίθεται το θειικό κάλιο, το θειικό μαγνήσιο, το φωσφορικό μονοαμμώνιο, το φωσφορικό μονοκάλιο, το φωσφορικό οξύ και τα υπόλοιπα



Εικόνα 6: Δοχεία πυκνών διαλυμάτων και νιτρικού οξέος.
Πηγή: Νεοκλέους και άλλοι, 2014.

ιχνοστοιχεία εκτός του σιδήρου. Το νιτρικό μαγνήσιο (εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί) μπορεί να προστεθεί σε οποιοδήποτε από τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων. Τέλος, συνήθως χρησιμοποιείται και ένα τρίτο δοχείο για το νιτρικό οξύ για τον έλεγχο του pH του θρεπτικού διαλύματος, ώστε αυτό να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 5,5 και 6,0 (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

1.3.3.5. Σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων

Το πρώτο ζήτημα που προκύπτει κατά την σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων είναι η επιλογή της κατάλληλης σύνθεσης. Οι συνθέσεις που προτείνονται από διάφορους ερευνητές (Sonneveld and Straver, 1994; De Kreij et al., 1999; Adams, 2002; Sonneveld and Voogt, 2009; Σάββας, 2012), θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως ενδεικτικές για τις συνιστώμενες αναλογίες θρεπτικών στοιχείων για κάθε φυτό. Πριν την εφαρμογή τους, πρέπει να εξατομικεύονται για την κάθε καλλιέργεια, ανάλογα με τη σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού. Όταν το νερό που

χρησιμοποιείται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων προέρχεται από γεωτρήσεις, φράγματα ή φυσικές πηγές, περιέχει σημαντικές ποσότητες ανόργανων ιόντων.

Συγκεκριμένα, από τα μακροστοιχεία το νερό περιέχει ασβέστιο (Ca^{2+}), μαγνήσιο (Mg^{2+}), θειικά (SO_4^{2-}), και σπανιότερα άζωτο (NO_3^-) σε σημαντικές ποσότητες, ενώ από τα ιχνοστοιχεία, εκτός από το χλώριο (Cl^-), μπορεί να υπάρχουν ο σίδηρος (Fe , δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς, καταβυθίζεται με την προσθήκη φωσφορικών), το μαγγάνιο (Mn^{2+}), ο ψευδάργυρος (Zn^{2+}), ο χαλκός (Cu^{2+}) και το βόριο (B). Άλλα ιόντα που περιέχονται στο νερό και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος, είναι το νάτριο (Na^+) και τα οξυανθρακικά (HCO_3^-). Γι' αυτό, από τις ποσότητες λιπασμάτων που ενδείκνυται να προστεθούν, θα πρέπει να αφαιρούνται οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στο χρησιμοποιούμενο νερό. Επομένως, για την Παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος με μια δεδομένη σύνθεση, είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η χημική σύσταση του αρδευτικού νερού (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

1.3.3.6. Ποιότητα νερού άρδευσης

Μια χημική ανάλυση νερού πρέπει να περιλαμβάνει τις συγκεντρώσεις όλων των ανόργανων διαλυτών συστατικών, που σχετίζονται με τη θρέψη του φυτού. Επιπρόσθετα πρέπει να προσδιορίζεται η συνολική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και το pH του νερού. Τα συνηθέστερα ιόντα στα αλατούχα νερά είναι τα ιόντα Na^+ και Cl^- , όμως πολλές φορές ιόντα όπως Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- όπως επίσης και το βόριο (B) μπορεί να περιέχονται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Όταν η συγκέντρωση οποιουδήποτε ιόντος στο νερό άρδευσης είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση απορρόφησης του από το φυτό, τότε παρατηρείται συσσώρευση αλάτων στο ριζικό περιβάλλον. Έτσι, η αλατότητα του νερού άρδευσης θέτει κάποια κατώτατα όρια αλατότητας, που μπορούν να επιτευχθούν στο περιβάλλον των ριζών (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

Πίνακας 3: Καταλληλότητα του νερού άρδευσης. (Νεοκλέους και άλλοι, 2014)

Ποιότητα	EC (dS/m)	Νάτριο (Na, ppm)	Χλώριο (Cl, ppm)
1	<0,5	<30	<50
2	0,5-1,0	30-60	50-100
3	1,0-1,5	60-90	100-150

Το νερό ποιότητας 1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα υδροπονικά συστήματα και σχεδόν σε όλες τις καλλιέργειες. Το νερό ποιότητας 2 είναι γενικά αποδεκτό αλλά μπορεί ορισμένες ευαίσθητες καλλιέργειες να αντιμετωπίσουν πρόβλημα, ενώ το νερό ποιότητας 3 έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην υδροπονία και συστήνεται να αποφεύγεται στα κλειστά συστήματα.

1.3.4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των καλλιεργειών εκτός εδάφους

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 το ενδιαφέρον για τη χρήση υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας αυξήθηκε σημαντικά, ξεκινώντας από την Αγγλία, την Ολλανδία και τις Σκανδιναβικές χώρες, κυρίως λόγω της υποβάθμισης των εδαφών των θερμοκηπίων μετά από συνεχή καλλιέργεια τους και της συνεπαγόμενης εξάρσης εδαφογενών ασθενειών, αλλά και από τα προβλήματα που δημιουργούνται έπειτα από συνεχείς απολυμάνσεις του εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο. Έτσι, τα συστήματα καλλιεργειών εδάφους πρόσφεραν αρκετές λύσεις σε προβλήματα όπως αυτά. Παρόλα αυτά, συνοδεύονται και από αρκετά μειονεκτήματα. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα παρατίθενται παρακάτω (Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

Πλεονεκτήματα :

- Ξεκίνημα της καλλιέργειας με απουσία φυτοπαθογόνων εδάφους. Αποτελεί εναλλακτική λύση αντιμετώπισης των προβλημάτων που προκαλούν οι μεταδιδόμενες ασθένειες μέσω εδάφους από τα παθογόνα όπως φουζάριο, βερτισίλιο, πύθιο κ.α.
- Απαλλαγή της καλλιέργειας από την παρουσία των ζιζανίων.
- Λύνεται το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζεται σε πολλά εδάφη, είτε λόγω της μονοκαλλιέργειας και της υπερντατικής τους εκμετάλλευση, είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (πχ. Εδάφη με υψηλή συγκέντρωση αλάτων, εδάφη φτωχά σε οργανική ουσία κ.α.)
- Μπορεί να επιτευχθεί πρωίμηση της συγκομιδής, όταν η καλλιέργεια αναπτύσσεται σε καλής ποιότητας υποστρώματα και καθαρό θρεπτικό διάλυμα, γεγονός που οφείλεται στη δυνατότητα διατήρησης υψηλότερων θερμοκρασιών στη περιοχή των ριζών.
- Ο καλλιεργητής απαλλάσσεται από τις εργασίες προετοιμασίας του εδάφους, όπως το όργωμα, το φρεζάρισμα, η βασική λίπανση κ.τ.λ., με αποτέλεσμα να μειώνονται έτσι η

ανάγκη για εργατικά και επιπλέον να είναι δυνατή η φύτευση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά από την απομάκρυνση της προηγούμενης.

- Οι αποδόσεις είναι αυξημένες σε σχέση με το έδαφος, λόγω της αύξησης της πυκνότητας φύτευσης, της άριστης θρέψης, της δυνατότητας διατήρησης υψηλών θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά τις ψυχρές περιόδους και των καλύτερων φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος.
- Δυνατότητα μηχανοποίησης και αυτοματοποίησης των καλλιεργητικών εργασιών.

Μειονεκτήματα :

- Το κόστος για την αρχική εγκατάσταση μίας υδροπονικής μονάδας είναι υψηλότερο σε σύγκριση με το αντίστοιχο για καλλιέργεια εδάφους.
- Ανάγκη τεχνογνωσίας για τη μεταχείριση του νερού και του θρεπτικού διαλύματος.
- Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και έντονη σε υδροπονικό σύστημα.
- Σε κλειστό υδροπονικό σύστημα υπάρχει ο κίνδυνος εξάπλωσης μόλυνσης από φυτοπαθογόνο μικροοργανισμό, μέσω της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, εφόσον ένα φυτό προσβληθεί.
- Σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα λόγω του ότι απορρίπτεται η αποστράγγιση υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα.
(Νεοκλέους και άλλοι, 2014).

1.3.5. Σημασία της υδροπονίας στην ενίσχυση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των λαχανικών

Η παραγωγικότητα των αγροτικών συστημάτων παραγωγής έχουν να αντιμετωπίσουν μία πρόκληση άνευ προηγουμένου, μπροστά στις προβλέψεις για αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, για κλιματική αλλαγή και για έλλειψη των κυριότερων φυσικών πόρων όπως για παράδειγμα του νερού και της γόνιμης γης. Στη περίπτωση των κηπευτικών καλλιεργειών, οι οποίες συνεισφέρουν σημαντικά στη θρεπτική αξία της διατροφής του ανθρώπου, η μέγιστη παραγωγικότητα επιτυγχάνεται υπό ελεγχόμενο περιβάλλον, όπου η παραγωγή μπορεί να

επεκταθεί κατακόρυφα και η θερμοκρασία, το φως, τα θρεπτικά στοιχεία και η σύνθεση της ατμόσφαιρας είναι ελεγχόμενα (Gruda, 2005, 2009).

Πιο συγκεκριμένα οι τεχνολογικές εξελίξεις των κλειστών υδροπονικών συστημάτων, τα οποία βασίζονται στην ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος, έχουν μεγιστοποιήσει την παραγωγή ανά μονάδα εμβαδού και κυρίως όσον αφορά στην αποδοτικότητα της χρήσης νερού, μεγιστοποιώντας την επαφή της ρίζας με το θρεπτικό διάλυμα και ελαχιστοποιώντας την εξάτμιση και την απορροή του θρεπτικού διαλύματος (Treffz and Omaye, 2016). Παρά το υψηλό κεφάλαιο επενδύσεων και τεχνολογικής επάρκειας που απαιτούνται για την διαχείριση των υδροπονικών συστημάτων, η επέκτασή τους προωθείται λόγω της αποτελεσματικότητας της βελτιστοποιημένης παραγωγής όλο το χρόνο και της εξασφαλισμένης ποιότητας του προϊόντος ανεξάρτητα από την τοποθεσία παραγωγής (Kyriacou and Roupael, 2018).

Εκτός από το συνεχές ζήτημα της παγκόσμιας ασφάλειας των τροφίμων, η ζήτηση για υψηλής ποιότητας κηπευτικών προϊόντων είναι σε άνοδο, ως αποτέλεσμα του αυξανόμενου ενδιαφέροντος της κοινωνίας για φρέσκα προϊόντα με υψηλή οργανοληπτική και θρεπτική αξία. Η ποιότητα των φρέσκων κηπευτικών προϊόντων έχει πρόσφατα οριστεί ως μία δυναμική σύνθεση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και της εξελισσόμενης αντίληψης του καταναλωτή, η οποία περιέχει οργανοληπτικά, θρεπτικά και βιοδραστικά συστατικά (Kyriacou and Roupael, 2018). Τα εξωτερικά χαρακτηριστικά ποιότητας του προϊόντος επηρεάζονται έντονα από κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες και παράγοντες μάρκετινγκ που διαμορφώνουν την αντίληψη των καταναλωτών και δημιουργούν πρότυπα ποιότητας.

Πέρα από τη συνεχή ανάπτυξη των υδροπονικών καλλιεργειών, οι καταναλωτές γενικότερα έχουν μία αρνητική στάση απέναντι στα υδροπονικά προϊόντα, τα οποία θεωρούν ως τεχνητά, λιγότερο γευστικά και χαμηλότερης θρεπτικής αξίας (Schnitzler and Gruda, 2002), όπως σε αντίθεση τα φρούτα και λαχανικά βιολογικών καλλιεργειών θεωρούνται ως ασφαλέστερα και πιο υγιεινά (Orsini et al., 2016). Παρόλα αυτά είναι προφανές ότι βασικοί δευτερογενείς μεταβολίτες που σχηματίζουν τη δομή των ποιοτικών χαρακτηριστικών στα κηπευτικά προϊόντα, μπορούν να τροποποιηθούν μέσω του κατάλληλου χειρισμού των υδροπονικών συστημάτων. Η έκθεση σε βιοτική ή αβιοτική καταπόνηση αποτελεί τη βάση για την υψηλή θρεπτική αξία που παρατηρείται συχνά σε βιολογικά παραγόμενα προϊόντα, καθώς η αντίδραση στη καταπόνηση,

συνεπάγεται, την ενεργοποίηση των φυσιολογικών και μοριακών μηχανισμών που είναι απαραίτητοι για την προσαρμογή σε αντίξοα περιβάλλοντα, όπως για παράδειγμα η βιοσύνθεση των δευτερογενών μεταβολιτών π.χ. ασκορβικό, τοκοφερόλες, καροτενοειδή και γλυκοσινολικά άλατα (Orsini et al., 2016).

Μέσω των υδροπονικών συστημάτων, μπορεί να διευκολυνθεί η ακριβής εφαρμογή του ευστρές (θετικό στρες), όπως είναι η μέτρια αλατότητα ή καταπόνηση θρεπτικών στοιχείων, μέσω της ακριβής μεταχείρισης της συγκέντρωσης και της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος (αναλογίες ανιόντων, κατιόντων ή μεμονωμένων ιόντων). Έτσι, αυτό αποτελεί ένα πρακτικό και αποτελεσματικό τρόπο για προώθηση της θρεπτικής αξίας των λαχανικών και μείωση της συσσώρευσης των μη θρεπτικών ενώσεων, όπως είναι τα νιτρικά (Colla et al., 2018; Roupael and Kyriacou, 2018; Roupael et al., 2018a,b). Η υδροπονία μπορεί να συμβάλλει στην βιοενίσχυση των εδώδιμων φυτικών μερών με σημαντικά και ευεγερτικά ιχνοστοιχεία για την ανθρώπινη υγεία. Επομένως, η βιοενίσχυση αυτή μπορεί να αποτελεί ένα αποτελεσματικό τρόπο για τον εφοδιασμό της ανθρώπινης διατροφής με ιώδιο (I), σελήνιο (Se), ψευδάργυρο (Zn) και πυρίτιο (Si) (White and Broadley, 2005).

1.3.6. Εκτός εδάφους καλλιέργεια τομάτας

1.3.6.1. Γενικά

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής της τομάτας προέρχεται από υπαίθριες καλλιέργειες. Παρόλα αυτά, ένα σημαντικό ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από υπό κάλυψη καλλιέργειες. Η τομάτα κατέχει την πρώτη θέση, μεταξύ των θερμοκηπιακών καλλιεργειών, τόσο σε όγκο και έκταση όσο και σε αξία παραγωγής (Σάββας, 2012).



Εικόνα 7: Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας. Πηγή: <https://docplayer.gr/47599064-I-kalliergeia-tis-tomatas-sto-thermokipio.html>

Η καλλιέργεια εκτός εδάφους στα θερμοκήπια έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι αυτός ο τρόπος καλλιέργειας, επιτρέπει τον αποτελεσματικότερο έλεγχο της θρέψης και της άρδευσης του φυτού, το οποίο οδηγεί σε υψηλότερες αποδόσεις παραγωγής (Urrestarazu, 2013; Savvas et al., 2013; Kotsiras et al., 2016). Επιπλέον, μειώνεται έτσι η συχνότητα των σημαντικότερων φυτοπαθολογικών προβλημάτων, που συνεπάγεται μειωμένο αρχικό κόστος επένδυσης και αποφυγή μόλυνσης των εδαφών και του υδροφόρου ορίζοντα με νιτρικά και φυτοφάρμακα, συμβάλλοντας έτσι στην πρακτική της αειφόρου καλλιέργειας (Putra et al., 2015). Σε χώρες με περιβαλλοντικές νομοθεσίες, η χρήση αυτών των συστημάτων ενθαρρύνεται, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ζημιά στα φυσικά οικοσυστήματα που προκαλείται από την χρήση των λιπασμάτων (Gallardo et al., 2006).

Στην Ελλάδα υπολογίζεται ότι το 25% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης για παραγωγή νωπών καρπών τομάτας, αφορά σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες (Σάββας, 2016). Τα τελευταία χρόνια, η υδροπονική καλλιέργεια τομάτας παρουσιάζει μία άνοδο στην χώρα μας και αυτό οφείλεται κυρίως στην απαγόρευση της χρήσης βρωμιούχου μεθυλίου για απολύμανση του εδάφους και στην γενικότερη ανάγκη βελτίωσης του τεχνολογικού επιπέδου των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων (Σάββας, 2012).



Εικόνα 8: Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας. Πηγή: <https://docplayer.gr/47599064-I-kalliergeia-tis-tomatas-sto-thermokipio.html>

1.3.6.2. Συστήματα εκτός εδάφους καλλιέργειας τομάτας

Τα συστήματα καλλιέργειας της τομάτας εκτός εδάφους που εφαρμόζονται στα παραγωγικά θερμοκήπια σε μεγαλύτερο ή μικρότερο ποσοστό είναι τα εξής:

1. καλλιέργεια σε πλάκες υποστρώματος σταθερού σχήματος (πχ. πετροβάμβακας) συσκευασμένες σε σάκους.

2. καλλιέργεια σε πλάκες υποστρώματος σταθερού σχήματος τοποθετημένες σε κανάλια ή άλλα επιμήκη φυτοδοχεία.
3. καλλιέργεια σε σάκους γεμισμένους με κοκκώδη υποστρώματα (π.χ περλίτης, κόκκος)
4. καλλιέργεια σε κανάλια ή άλλα επιμήκη φυτοδοχεία γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα.
5. καλλιέργεια σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα (DFT,NFT).

Συνήθως, η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας πραγματοποιείται σε υποστρώματα. Τα πιο δημοφιλή στην Ελλάδα είναι ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα και ο κόκκος, μεταξύ των οποίων το πλέον διαδεδομένο είναι ο πετροβάμβακας (Σάββας, 2007). Η καλλιέργεια τομάτας σε συστήματα αεροπονίας ή επίπλευσης, αν και έχει αποδειχθεί εφικτή πειραματικά (Leoni et al., 1994), δεν εφαρμόζονται στην πράξη κυρίως λόγω υψηλού κινδύνου αποτυχίας εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους και βάρους των φυτών.

1.3.6.3. Λίπανση και θρέψη τομάτας σε υδροπονικές καλλιέργειες

Η τομάτα που καλλιεργείται σε θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις έχει αυξημένες θρεπτικές ανάγκες, καθώς είναι ένα ταχύτατα αναπτυσσόμενο φυτό το οποίο παράγει μεγάλο αριθμό καρπών (Charagain and Wiesman, 2004). Οπότε αντίστοιχα αυξημένες πρέπει να είναι και οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα που χορηγούνται σε υδροπονικές καλλιέργειες τομάτας. Η σύσταση του χορηγούμενου θρεπτικού διαλύματος επαναπροσαρμόζεται και εξειδικεύεται, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης της τομάτας, τη ποιότητα του αρδευτικού νερού το οποίο χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή του αλλά ακόμα και από τις καιρικές συνθήκες. Στον Πίνακα 4 παρατίθενται επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC), επιθυμητές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων, καθώς και αμοιβαίες αναλογίες μεταξύ των θρεπτικών μακροϊόντων K, Ca, Mg, NH₄-N και NO₃⁻ N στα θρεπτικά διαλύματα τροφοδοσίας για εκτός εδάφους καλλιέργειες τομάτας. Οι τιμές ισχύουν τόσο για τα ανοιχτά όσο και για τα κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους και εξειδικεύονται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης της τομάτας.

Επιπλέον, στον Πίνακα 5 παρατίθενται οι μέσες αναμενόμενες συγκεντρώσεις απορρόφησης (mmol L⁻¹) θρεπτικών στοιχείων σε καλλιέργειες τομάτας εκτός εδάφους σε διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών, καθώς και οι τιμές EC και οι αναλογίες μεταξύ των μακροστοιχείων που αντιστοιχούν στις συγκεκριμένες συγκεντρώσεις. Οι μέσες συγκεντρώσεις

απορρόφησης του Πίνακα 5 χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων σε καλλιέργειες τομάτας στις οποίες το διάλυμα απορροής ανακυκλώνεται.

Πίνακας 4: Συνιστώμενη σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων τροφοδοσίας, για καλλιέργειες τομάτας, σε ανοιχτά και κλειστά συστήματα (Σάββας, 2012).

Επιθυμητά χαρακτηριστικά θρεπτικού διαλύματος	Διαβροχή υποστρώματος	Βλαστικό στάδιο (μέχρι άνθηση 1 ^{ου} άνθους 3 ^{ης} ταξιανθίας)	Άνθηση 1 ^{ου} άνθους 3 ^{ης} μέχρι μέχρι άνθηση 1 ^{ου} άνθους 5 ^{ης} ταξιανθίας	Άνθηση 1 ^{ου} άνθους 5 ^{ης} μέχρι μέχρι άνθηση 1 ^{ου} άνθους 10 ^{ης} ταξιανθίας	Μετά την άνθηση του 1 ^{ου} άνθους της 10 ^{ης} ταξιανθίας
EC (dS m ⁻¹)	2,80	2,50	2,40	2,40	2,30
pH	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
K ⁺ (mmol L ⁻¹)	6,80	7,00	7,50	8,00	7,50
Ca ⁺²	6,40	5,10	4,70	4,50	4,40
Mg ⁺²	3,00	2,40	2,20	2,10	2,00
NH ₄ ⁺	0,80	1,50	1,20	1,20	1,20
SO ₄ ⁻²	4,50	3,60	4,10	4,00	3,60
NO ₃ ⁻	15,50	14,30	12,30	12,40	12,30
H ₂ PO ₄ ⁻	1,40	1,50	1,50	1,50	1,50
[Fe] _t (μmol L ⁻¹)	20,0	15,00	15,00	15,00	15,00
[Mn] _t	12,00	10,00	10,00	10,00	10,00
[Zn] _t	6,00	5,00	5,00	5,00	4,00
[Cu] _t	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70
[B] _t	40,00	35,00	30,00	30,00	25,00
[Mo] _t	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
[K] :	0,42	0,48	0,52	0,55	0,54
[(K)+(Ca)+(Mg)]					
[Ca] :	0,40	0,35	0,33	0,231	0,32
[(K)+(Ca)+(Mg)]					
[Mg] :	0,20	0,17	0,15	0,14	0,14
[(K)+(Ca)+(Mg)]					
[(NH ₄)+(NO ₃) : [K]	2,40	2,25	1,80	1,70	1,80
[NH ₄] :	0,05	0,09	0,09	0,09	0,09
[(NH ₄)+(NO ₃)]					

Πίνακας 5: Μέσες αναμενόμενες συγκεντρώσεις απορρόφησης θρεπτικών, σε εκτός εδάφους καλλιέργεια τομάτας (Σάββας, 2012).

Επιθυμητά χαρακτηριστικά θρεπτικού διαλύματος	Βλαστικό στάδιο (μέχρι άνθηση 1 ^{ου} άνθους 3 ^{ης} ταξιανθίας)	Άνθηση 1 ^{ου} άνθους 3 ^{ης} μέχρι μέχρι άνθηση 1 ^{ου} άνθους 5 ^{ης} ταξιανθίας	Άνθηση 1 ^{ου} άνθους 5 ^{ης} μέχρι μέχρι άνθηση 1 ^{ου} άνθους 10 ^{ης} ταξιανθίας	Μετά την άνθηση του 1 ^{ου} άνθους της 10 ^{ης} ταξιανθίας
EC	2,00	1,90	1,85	1,80
K ⁺	6,40	7,00	7,50	7,00
Ca ⁺²	3,10	2,60	2,30	2,40
Mg ⁺²	1,50	1,30	1,10	1,00
NH ₄ ⁺	1,60	1,40	1,40	1,40
SO ₄ ⁻²	1,50	1,65	1,50	1,50
NO ₃ ⁻	12,40	11,20	11,00	10,50
H ₂ PO ₄ ⁻	1,30	1,20	1,20	1,20
[Fe] _t	15,00	15,00	15,00	12,00
[Mn] _t	10,00	10,00	10,00	8,00
[Zn] _t	4,00	4,00	4,00	3,50
[Cu] _t	0,80	0,80	0,70	0,70
[B] _t	20,00	20,00	20,00	20,00
[Mo] _t	0,50	0,50	0,50	0,50
[K] :	0,58	0,64	0,69	0,67
[(K)+(Ca)+(Mg)]				
[Ca] :	0,28	0,24	0,21	0,23
[(K)+(Ca)+(Mg)]				
[Mg] :	0,14	0,12	0,10	0,10
[(K)+(Ca)+(Mg)]				
[(NH ₄)+(NO ₃) : [K]	2,20	1,80	1,65	1,70
[NH ₄] :	0,11	0,11	0,11	0,12
[(NH ₄)+(NO ₃)]				

Στον Πίνακα 6 παρατίθενται οι συνιστώμενες συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα ριζοστρώματος οι οποίες είναι αναγκαίες για τον έλεγχο της θρεπτικής κατάστασης της καλλιέργειας. Οι τιμές παρατίθενται στους παραπάνω πίνακες βασίζονται σε πειραματικά δεδομένα κι έχουν προσαρμοστεί βάση των Μεσογειακών κλιματικών συνθηκών.

Η σύσταση των θρεπτικών στοιχείων ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών διαφοροποιείται και αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι αναλογίες συγκεντρώσεων μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων στα βλαστικά μέρη της τομάτας (κυρίως στα φύλλα), διαφέρουν σημαντικά με τις αντίστοιχες που συναντώνται στους καρπούς. Στην αρχή η τομάτα σχηματίζει μόνο φύλλα, ενώ μετά την έναρξη της καρπόδεσης το μεγαλύτερο ποσοστό της φυτικής μάζας που παράγεται ανήκει στους καρπούς. Ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, οι συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων N,K και Ca που απορροφώνται από το φυτό, διαφέρουν. Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα, δεν παρουσιάζουν σημαντικά μεγάλες διακυμάνσεις, στα διάφορα στάδια ανάπτυξης του φυτού (Σάββας, 2011).

Πίνακας 6: Συνιστώμενες συγκεντρώσεις θρεπτικών στο ριζόστρωμα, σε εκτός εδάφους καλλιέργειες τομάτας (Σάββας, 2012).

Επιθυμητά χαρακτηριστικά θρεπτικού διαλύματος	Βλαστικό στάδιο (μέχρι άνθηση 1 ^{ου} άνθους 3 ^{ης} ταξιανθίας)	Μέχρι άνθηση του 1 ^{ου} άνθους της 6 ^{ης} ταξιανθίας	Μέχρι άνθηση του 1 ^{ου} άνθους της 10 ^{ης} ταξιανθίας	Μετά την άνθηση του 1 ^{ου} άνθους της 10 ^{ης} ταξιανθίας
EC	3,20	3,40	3,50	3,70
pH	5,80-6,70	5,80-6,70	5,80-6,70	5,80-6,70
K ⁺	7,50	8,20	8,50	8,80
Ca ⁺²	7,80	8,00	8,00	8,50
Mg ⁺²	3,40	3,40	3,50	3,60
NH ₄ ⁺	< 0,80	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Na ⁺	< 6,00	< 8,00	< 9,00	< 10,00
SO ₄ ⁻²	5,00	6,75	6,75	7,40
NO ₃ ⁻	19,00	16,50	16,50	17,25
H ₂ PO ₄ ⁻	1,00	1,00	1,00	1,00
[Fe] _t	25,00	25,00	25,00	20,00
[Mn] _t	8,00	8,00	8,00	6,00
[Zn] _t	7,00	7,00	7,00	8,00
[Cu] _t	0,80	0,80	0,80	1,00
[B] _t	50,00	50,00	50,00	60,00
[Mo] _t	-	-	-	-
[Cl] _t	< 6,00	< 8,00	< 10,00	< 12,00
[K] : ([K]+[Ca]+[Mg])	0,40	0,42	0,43	0,42
[Ca] : ([K]+[Ca]+[Mg])	0,42	0,41	0,40	0,41
[Mg] : ([K]+[Ca]+[Mg])	0,18	0,17	0,17	0,17
[(NH ₄)+[NO ₃]] : [K]	2,40	2,10	2,00	2,05

1.4. ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

1.4.1. Ορισμός Αλατότητας

Ο όρος **αλατότητα** αναφέρεται στην υψηλή συγκέντρωση διαλυτών αλάτων (ανόργανων ιόντων), στο διάλυμα ριζοστρώματος (εδαφικό ή τεχνητό – θρεπτικό διάλυμα). Δύναται να μετρηθεί είτε άμεσα, ως ολική συγκέντρωση διαλυτών αλάτων στο διάλυμα (g/l ή mmol/l ή meq/l) είτε έμμεσα, ως ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electric Conductivity – EC, dS/m). Τα ανόργανα ιόντα που συνήθως συσσωρεύονται και είναι υπεύθυνα για την αύξηση της αλατότητας, είναι το Na^+ και το Cl^- κατά κύριο λόγο, ενώ σε μικρότερο βαθμό στην αύξησή της μετέχουν τα ιόντα Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2} και HCO_3^- (Σάββας, 2001).

1.4.2. Παράγοντες δημιουργίας αλατότητας

Οι βασικοί παράγοντες που ευνοούν τη συγκέντρωση των αλάτων στη ριζόσφαιρα του φυτού είναι:

A) Άρδευση με κακής ποιότητας νερό. Η ανάπτυξη της γεωργίας με τη χρήση σύγχρονων καλλιεργητικών μεθόδων και η χρήση νέων αποδοτικότερων ποικιλιών με σκοπό τη μεγιστοποίηση της παραγωγής, έχουν οδηγήσει σε ολοένα και μεγαλύτερη ανάγκη σε αρδευτικό νερό. Το νερό άρδευσης προέρχεται είτε από επιφανειακά ύδατα (ποτάμια, λίμνες), είτε από υπόγεια.

Το νερό άρδευσης περιέχει διάφορες συγκεντρώσεις αλάτων, μέρος των οποίων απορροφώνται από το φυτό, ένα άλλο εκπλύνεται και το υπόλοιπο παραμένει στη ριζόσφαιρα. Όταν η ποσότητα των αλάτων που περιέχεται στο νερό άρδευσης είναι μεγαλύτερη από αυτή που εκπλύνεται, τότε υπάρχει συσσώρευση αλάτων στην περιοχή της ρίζας.

B) Εξατμισοδιαπνοή. Η κίνηση των αλάτων στην ριζόσφαιρα του φυτού σχετίζεται με την κίνηση του νερού. Όταν το ανοδικό ρεύμα της εξατμισοδιαπνοής υπερσχύει του καθοδικού ρεύματος της έκπλυσης των αλάτων, τότε κατά την εξατμηση και συμπύκνωση του εδαφικού διαλύματος (στην περίπτωση του εδάφους) ή του θρεπτικού διαλύματος (στη περίπτωση υδροπονικού υποστρώματος), συμβαίνει συσσώρευση διαλυτών αλάτων.

Γ) Συνθήκες κακής αποστράγγισης. Η ύπαρξη υψηλής στάθμης υπόγειου νερού, επιτρέπει την ανοδική κίνηση του αλατούχου νερού στην περιοχή της ρίζας. Έτσι, με τη πάροδο του χρόνου και με την συνεχή αναζήτηση του φυτού για άντληση νέων ποσοτήτων νερού, επέρχεται ολοένα και μεγαλύτερη συμπύκνωση του διαλύματος στην περιοχή της ρίζας.

Το αρνητικό ισοζύγιο νερού παρατηρείται όταν η εξατμισοδιαπνοή (ET) είναι μεγαλύτερη από τη βροχόπτωση (P) και την άρδευση (I), δηλαδή (ET>P+I). Επομένως, το αρνητικό ισοζύγιο παρατηρείται κυρίως τους θερινούς μήνες, όπου τα φυτά εμφανίζουν συμπτώματα υδατικής καταπόνησης. Σε αντίθετη περίπτωση κατά τη ψυχρότερη περίοδο του έτους, οι βροχοπτώσεις είναι περισσότερες και η εξατμισοδιαπνοή μικρότερη με αποτέλεσμα το ποσοστό έκπλυσης των αλάτων να είναι μεγαλύτερο, γεγονός που μειώνει το φαινόμενο της αλατότητας.

1.4.3. Τρόπος δράσης των αλάτων στο φυτό

Το στρες αλατότητας περιορίζει τη παραγωγικότητα των καλλιεργητικών ειδών, κυρίως μέσω της αρνητικής επίδρασης του στη βλάστηση, ανάπτυξη και καλλιεργητική απόδοσή τους (Munns and Tester, 2008). Τα φυτά τομάτας θεωρούνται μέτρια ευαίσθητα στην αλατότητα (Cuartero and Fernandez-Munoz, 1998). Πολλές ερευνητικές εργασίες αναφέρουν ότι, φυτά τομάτας που εκτίθενται σε υψηλές συγκεντρώσεις αλατότητας στη περιοχή της ρίζας, παρουσιάζουν μειωμένη ανάπτυξη φυτού και παραγωγή, καθώς και μειωμένο μέγεθος καρπού (Mohammad *et al.*, 1998; Scholberg and Locascio, 1999; Magan *et al.*, 2008).

Τα φυτά που αναπτύσσονται κάτω από στρες αλατότητας, στην ουσία επηρεάζονται με 3 τρόπους. Αυτοί είναι: α)μείωση του υδατικού δυναμικού στη περιοχή της ρίζας, προκαλώντας έτσι έλλειψη νερού, β)φυτοτοξικότητα από ιόντα Na⁺ και Cl⁻ και γ)ανισορροπία θρεπτικών στοιχείων λόγω της δυσκολίας πρόσληψης και διανομής τους στους βλαστούς του φυτού (Gama *et al.*, 2007).

Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη επίδραση της αλατότητας στο φυτό είναι η ωσμωτική επίδραση. Οι ρίζες εκτίθενται σε μεγάλη συγκέντρωση αλάτων στο μέσο ανάπτυξης (έδαφος ή υπόστρωμα), η οποία προκαλεί ωσμωτική δέσμευση του νερού, δηλαδή το καθιστά λιγότερο διαθέσιμο στα φυτά, γεγονός που περιορίζει σημαντικά τη πρόσληψη του νερού από τις ρίζες. Έτσι, δημιουργείται έλλειψη νερού στο φυτό με άμεση αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη του. Στη συνέχεια, καθώς ο χρόνος έκθεσης του φυτού σε αυξημένη συγκέντρωση αλατότητας

αυξάνεται, το φυτό αρχίζει να υποφέρει από φυτοτοξικότητα ιόντων Cl^- και Na^+ , λόγω της αυξημένης συσσώρευσης τους, τα οποία δρουν τοξικά στο πρωτόπλασμα. Τα άλατα διαταράσσουν το μεταβολισμό και επιδρούν στη δράση των ενζύμων, αυξάνοντας έτσι τη συγκέντρωση των τοξικών ουσιών. Επίσης, το φυτό εμφανίζει και προβλήματα στη θρέψη του (ανισορροπία θρεπτικών στοιχείων), καθώς η πρόσληψη μερικών θρεπτικών στοιχείων αναστέλλεται (Zhang et al., 2016; Zhang et al., 2017).

Επομένως, οι 3 αυτοί παράγοντες επιδρούν αρνητικά στις φυσιολογικές και μεταβολικές διεργασίες του φυτού, όπως τη φωτοσύνθεση, διαπνοή και κυτταρική διαίρεση (Shimul et al., 2014), γεγονός που οδηγεί σε σύνθεση δραστικών μορφών οξυγόνου, οι οποίες προκαλούν μείωση στην βλαστική ανάπτυξη και απόδοση του φυτού (Tuna et al., 2014). Παρόλα αυτά, πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι φυτά τομάτας που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αυξημένης αλατότητας, εμφανίζουν αυξημένα επίπεδα φρουκτόζης, γλυκόζης, ολικών διαλυτών στερεών και αμινικού και οργανικού οξέος (Sato et al., 2006; Wu and Kubota, 2008).

1.4.4. Επιδράσεις του στρες αλατότητας στην ανάπτυξη της τομάτας

Η καλλιέργεια τομάτας σε υδροπονικό σύστημα με θρεπτικό διάλυμα στο οποίο έχει προστεθεί αλάτι είναι μία εύκολη μέθοδος για να προωθηθεί η ποιότητα του καρπού. Αυτό, όμως, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ανάπτυξης και της παραγωγής του φυτού. Πολλές μελέτες έχουν μελετήσει τη σχέση μεταξύ διαλυμάτων αλατότητας και φυτών τομάτας και τα αποτελέσματα αυτών είναι ότι διαφορετικές καλλιεργητικές συνθήκες και διαφορετικές ποικιλίες τομάτας έδειξαν ποικίλες επιδράσεις υπό στρες αλατότητας (Zhang et al., 2016).

4.4.1. Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των ριζών τομάτας

Οι ρίζες παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του φυτού σε υδροπονική καλλιέργεια, εξαιτίας της άμεσης επαφής τους με το θρεπτικό διάλυμα. Η αλατότητα επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των ριζών σε συνθήκες υδροπονικής καλλιέργειας. Ο Leo (1964) αναφέρει ότι υψηλή αλατότητα μειώνει τα ποσοστά επιμήκυνσης των ριζών και διαπιστώθηκε επίσης ότι ρίζες τομάτας που υποβλήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με 1% NaCl , μείωσαν την επιμήκυνση των ριζών τους κατά 26% σε σύγκριση με τα φυτά μάρτυρες.

Σύμφωνα με τις μελέτες των Snapp et al. (1991), η αλατότητα μειώνει την πυκνότητα των ριζών τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. UC82B) κατά την όψιμη καλλιεργητική περίοδο (67 μέρες μετά την μεταφύτευση). Ο Albacete et al. (2008) είχε παρουσιάσει δεδομένα ότι το νωπό βάρος ριζών τομάτας μειώθηκε κατά 30% μετά από 3 εβδομάδες υπό συνθήκες αλατότητας (100 mM NaCl). Επιπλέον, το ξηρό βάρος ριζών τομάτας παρουσίασε μείωση κάτω από συνθήκες αλατότητας (10 dS m⁻¹) μαζί με μία αύξηση στην αναλογία ριζών-βλαστών (Lovelli et al., 2011).

Ο Enlagon et al. (1992) διαπίστωσε ότι το μήκος ρίζας σε φυτά τομάτας μειώθηκε κατά 54% μετά από 4 ημέρες έκθεσης σε θρεπτικό διάλυμα στο οποίο είχαν προστεθεί 100 mM NaCl, ενώ η φυτική επιφάνεια μειώθηκε κατά 20% όταν 100 mM Ca προστέθηκαν στο ίδιο διάλυμα. Οι Schwarz και Grosch (2003) αναφέρουν επίσης, ότι το νωπό και το ξηρό βάρος ριζών τομάτας (*Lycopersicon esculentum* (Mill) L. cv. Counter), το συνολικό μήκος ριζών και ο αριθμός τυχαίων πλάγιων ριζών και ριζών κορυφής, μειώνονται με την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC του θρεπτικού διαλύματος (εύρος EC: 1,5-10 dS m⁻¹).

Η μείωση της ανάπτυξης της ρίζας υπό στρες αλατότητας προκαλείται από το περιορισμό της ανάπτυξης των κυττάρων των ριζών, το μειωμένο υδατικό δυναμικό στη ριζόσφαιρα και από την αύξηση των ασθενειών των ριζών. Καλλιέργεια τομάτας που αναπτύσσεται υπό στρες αλατότητας, παρουσιάζει περιορισμό της κυτταρικής ανάπτυξης των ριζών, εξαιτίας χαμηλού υδατικού δυναμικού στο υπόστρωμα, παρεμβολή των ιόντων ή τοξικότητα από συσσωρευμένα ιόντα (Cuartero and Fernandez, 1999).

Ο Satti και Lopez (1994) αναφέρουν ότι η μείωση του ξηρού βάρους των ριζών, θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα της έλλειψης νερού που επάγεται από την αυξημένη αλατότητα, γεγονός που αναστέλλει την διαδικασία της φωτοσύνθεσης και της μετέπειτα μεταφοράς των φωτοσυνθετικών προϊόντων. Τέλος, σε άλλη μελέτη αναφέρεται ότι η αλατότητα μειώνει την ανάπτυξη των ριζών τομάτας που καλλιεργείται στον αγρό, λόγω της συσχέτισης της με την έντονη προσβολή και σήψη των ριζών από *Phytophthora* σε ευαίσθητους γονοτύπους (Snapp et al., 1991).

1.4.4.2. Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη βλαστών της τομάτας

Το στρες αλατότητας επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη βλαστών τομάτας. Μελέτες που έγιναν από Bolarin et al. (1991, 1993), παρουσιάζουν ότι 21 γενότυποι που ανήκουν σε 4 άγρια είδη τομάτας *Lycopersicon* (*L. Pimpinellifolium*, *L. Peruvianum*, *L. Pennellii*, *L. Hirsutum*), έδειξαν να έχουν σημαντικές διαφορές στο νωπό και ξηρό βάρος των βλαστών ως αντίδραση στο στρες αλατότητας (εύρος EC: 0-2.15 dS m⁻¹). Οι Kamrani et al. (2013) αναφέρουν ότι τα επίπεδα αλατότητας πρέπει να φτάσουν τα 20 mM, ώστε να υπάρξει επίδραση στην ανάπτυξη του βλαστού του φυτού. Επίσης, αναφέρουν ότι υψηλά επίπεδα αλατότητας μειώνουν το ύψος των βλαστών σημαντικά.

Άλλη έρευνα αναφέρει ότι το μέσο ύψος φυτού τομάτας (21 διαθέσιμες εμπορικές ποικιλίες), είχε μείωση κατά 29,03% σε μεταχείριση με 200 mM NaCl σε σύγκριση με μεταχείριση χωρίς στρες αλατότητας (Oztekin and Tuzel, 2011). Το ύψος φυτού τομάτας, ακόμη, δείχνει να μειώνεται σημαντικά ύστερα από 8 και 10 εβδομάδες μετά την μεταφύτευση και κάτω από συνθήκες καλλιέργειας 4 dS m⁻¹ και 3 dS m⁻¹, αντίστοιχα (Bustomi et al., 2014). Οι Cruz et al. (1990) σε έρευνα τους αναφέρουν ότι η μείωση του μήκους των βλαστών της τομάτας, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους δείκτες για στρες αλατότητας για ένα μεγάλο εύρος γονοτύπων. Επιπρόσθετα, η διάμετρος του βλαστού είναι άλλη μία παράμετρος ανάπτυξης του, που επηρεάζεται αρνητικά όσο αυξάνονται τα επίπεδα αλατότητας (Saberi et al., 2011).

Η μείωση των βλαστών υπό συνθήκες στρες βλαστικότητας προκαλείται από τη μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, η οποία οδηγεί με τη σειρά της, μείωση της επέκτασης των ιστών και διαταραχή στα αποθέματα των θρεπτικών στοιχείων. Ο Zhu (2002) έχει συμπεράνει ότι η μείωση στην ανάπτυξη των βλαστών υπό στρες αλατότητας είναι πιθανό να συμβαίνει για τους εξής λόγους: 1) η αλατότητα μειώνει την φωτοσύνθεση του φυτού, γεγονός που οδηγεί σε περιορισμό του ανεφοδιασμού του φυτού με υδατάνθρακες, που χρειάζονται για την περαιτέρω ανάπτυξη του φυτού, 2) η αλατότητα μειώνει την ανάπτυξη ριζών και βλαστών, μειώνοντας τη σπαργή κατά την επέκταση των ιστών, γεγονός που προκαλείται από το χαμηλό υδατικό δυναμικό στο υπόστρωμα και 3) η αλατότητα διαταράσσει τον ανεφοδιασμό με θρεπτικά στοιχεία, είτε προκαλώντας τοξικότητα είτε τροφopenία, γεγονός που οδηγεί σε διαφορετικές συγκεντρώσεις ορισμένων στοιχείων, οι οποίες μπορεί να έχουν άμεση επίδραση στην ανάπτυξη.

1.4.4.3. Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φύλλων

Το στρες αλατότητας αναστέλλει και την επέκταση των φύλλων τομάτας σε υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας. Ο Adams et al. (1990) ανέφερε μία σημαντική μείωση σε φύλλα τομάτας με αυξανόμενα επίπεδα αλατότητας. Επίσης, ο Azarmi et al. (2010) έδειξε ότι η συνολική φυλλική επιφάνεια σε φυτό τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill.) μειώθηκε με αυξανόμενο ποσοστό αλατότητας (εύρος EC: 2.5-6 dS m⁻¹). Οι Kamrani et al. (2013) αναφέρουν, επίσης, ότι η φυλλική επιφάνεια φυτών τομάτας μειώθηκε με επίπεδα αλατότητας 40 και 60 mM. Επιπλέον, αποτελέσματα άλλης μελέτης δείχνει ότι η επέκταση των φύλλων σε δύο ποικιλίες τομάτας (*Lycopersicon esculentum*, *Daniela F1* και *Moneymaker*) επηρεάστηκε αρνητικά από στρες αλατότητας (Romero-Aranda et al., 2001).

Οι λόγοι για τους οποίους αναστέλλεται η επέκταση των φύλλων τομάτας υπό στρες αλατότητας είναι οι εξής: α) αναστολή της κυτταρικής διαίρεσης στο φύλλο, β) διαταραχή στην ισορροπία του περιεχόμενου νερού στα φύλλα και γ) κλείσιμο στοματίων του φύλλου. Ο Wignarajah et al. (1975) είχε δείξει ότι υψηλά επίπεδα NaCl αναστέλλουν την κυτταρική διαίρεση σε *Phaseolus vulgaris*. Αναφορές από τους Erdei και Taleinik (1993) στο καλαμπόκι και από τους Huang και Redmann (1995) στο άγριο κριθάρι, αποδεικνύουν ότι η αναστολή της επέκτασης των φύλλων σχετίζεται με την επαγόμενη από την αλατότητα διαταραχή στην ισορροπία του νερού μέσα στο φύλλο και από την έλλειψη σπαργής που μπορεί να δημιουργηθεί σε ακραίες συνθήκες αλατότητας. Οι Parida και Das (2005) αναφέρουν ότι η συσσώρευση αλάτων στα φύλλα προκαλεί πρώτα αναστολή της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης με το να αυξάνει την είσοδο και τη διάχυση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μέσω των στοματίων και του μεσόφυλλου, γεγονός που επηρεάζει την καρβοξυλάση της διφωσφορικής ριβουλόζης (RuBp).

Η αλατότητα επίσης μειώνει την περιεχόμενη χλωροφύλλη στα φύλλα. Ο Azarmi et al. (2010) έχει παρουσιάσει δεδομένα που αποδεικνύουν ότι η περιεχόμενη χλωροφύλλη των φύλλων, μειώνεται με στρες αλατότητας. Σύμφωνα με τους Taffou et al. (2010), η συνολική συγκέντρωση χλωροφύλλης σε φύλλα τομάτας, μειώνεται σημαντικά υπό στρες αλατότητας σε όλες τις ποικιλίες εκτός από την *Lindo* στα 50 και 100 mM NaCl και την *Ninja* στα 50 mM NaCl. Επιπλέον, άλλη ερευνητική μελέτη αναφέρει ότι το ολικό περιεχόμενο χλωροφύλλης στα φύλλα τομάτας (var. BAPI Τοματο 14), η αντίσταση των στοματίων και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα, μειώνονται σημαντικά όσο αυξάνονται τα επίπεδα αλατότητας (Shimul et al., 2014).

Η μείωση της περιεχόμενης χλωροφύλλης των φύλλων έχει συσχετισθεί με τις επαγόμενες από την αλατότητα : α) αυξημένη δράση της χλωροφυλλάσης, β) δυσμενείς επιδράσεις στην σταθερότητα της μεμβράνης και γ) αποδυνάμωση του συμπλέγματος πρωτεΐνη-χρωστική-λιπίδιο (Taffouo et al., 2010). Οι Hanafy et al. (2002) έχουν αναφέρει ότι η αλατότητα θα μπορούσε να αυξήσει την δραστηριότητα της χλωροφυλλάσης, που μπορεί να οφείλεται στις δυσμενείς επιπτώσεις της αλατότητας στην απορρόφηση ορισμένων ιόντων, όπως Fe και Mg, που εμπλέκονταν στον σχηματισμό του χλωροπλάστη. Αποτελέσματα που βασίζονται σε πειράματα σε ρύζι, αναφέρουν ότι η μείωση της χλωροφύλλης υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας, μπορεί να οφείλονται σε δυσμενείς επιδράσεις της στην σταθερότητα της μεμβράνης (Ashraf and Bhatti, 2000).

Επιπρόσθετα, η αλατότητα προκαλεί δυσμενείς επιδράσεις στην παραγωγή φωτοαφομοιωτών και στην απορρόφηση ιόντων. Το ποσό των παραγόμενων φωτοαφομοιωτών περιορίζεται από το κλείσιμο των στοματίων του φύλλου και προκαλείται μία μείωση της χλωροφύλλης από την συσσώρευση Na^+ και Cl^- στα φύλλα (Romero-Aranda and Syvertsen, 1996). Η αλατότητα αυξάνει τη συγκέντρωση Na^+ στα φύλλα τομάτας, ενώ οι συγκεντρώσεις Ca^+ και K^+ μειώνονται σημαντικά (Cuartero and Fernandez, 1999).

1.4.4.4. Επίδραση της αλατότητας στην απόδοση της παραγωγής τομάτας

Το ότι οι αποδόσεις στην παραγωγή τομάτας μειώνονται υπό συνθήκες αλατότητας πάνω από ένα όριο τιμών είναι ένα αδιαμφισβήτητο γεγονός. Ο Qaryouti et al. (2007) έχει αναφέρει ότι οι συνολικές αποδόσεις στην παραγωγή τομάτας (*Lycopersicon esculentum* M cv. Durinta F1) μειώνονται σημαντικά σε επίπεδα αλατότητας ίσα και μεγαλύτερα από 5 dS m^{-1} και ότι συμβαίνει μία μείωση στην απόδοση, της τάξεως 7,2% ανά μονάδα αύξησης της αλατότητας. Σε άλλη έρευνα, επίσης, αναφέρεται το γεγονός ότι η συνολική παραγωγή εμπορεύσιμης νωπής τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill) μειώθηκε σημαντικά με αυξανόμενα επίπεδα αλατότητας (Magan et al., 2008). Οι Dalton et al. (1997) παρατήρησαν ότι η παραγωγή μειώνεται ομοιόμορφα με τη μείωση του οσμωτικού δυναμικού του θρεπτικού διαλύματος.

Ο Hajiboland et al. (2010) είχε προτείνει ότι η μείωση της ανάπτυξης και της απόδοσης της τομάτας (*Solanum lycopersicum* L.) που οφείλεται στην αλατότητα, θα μπορούσαν να είναι οι λόγοι για την παρατηρούμενη απόκλιση στην μεταφορά των φωτοσυνθετικών προϊόντων προς

τη ρίζα, τη μείωση της κορυφής του φυτού και ιδιαίτερα των φύλλων, του μερικού ή και ολικού κλεισίματος των στοματίων και της άμεσης επίδρασης του άλατος στο σύστημα της φωτοσύνθεσης αλλά και στην ισορροπία των ιόντων. Παρατηρήσεις του Bustomi et al. (2014) δείχνουν ότι η απόδοση τομάτας (*Solanum lycopersicum*) αυξήθηκε όταν η EC του θρεπτικού διαλύματος αυξήθηκε από 0 dS m⁻¹ σε 3 dS m⁻¹ λόγω της αύξησης των θρεπτικών στοιχείων, ενώ η απόδοση μειώθηκε όταν η EC αυξήθηκε από 3 dS m⁻¹ σε 5 dS m⁻¹, λόγω της αύξησης του στρες αλατότητας. Αποτελέσματα από το πείραμα των Del Amour et al. (2001) δείχνουν ότι η μείωση της παραγωγής καρπών τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. Daniela) από την αυξημένη αλατότητα, οφείλεται κυρίως στην ταυτόχρονη μείωση του αριθμού και του μεγέθους των καρπών.

Κάποιοι ερευνητές έχουν συμπεράνει ότι η μείωση στην παραγωγή τομάτας υπό στρες αλατότητας οφείλεται στο μειωμένο παραγόμενο αριθμό καρπών. Ο αριθμός καρπού/φυτό εξαρτάται από τον αριθμό των δεσιμάτων/φυτό, αριθμό των ανθών/δέσιμο και από τον αριθμό των καρπών/αριθμό των ανθέων σε κάθε σημείο δεσίματος (Cuartero and Fernandez, 1999). Οι ποικιλίες τομάτας *Tainan ASVEG* No. 19, *Hualien ASVEG* No. 21 και *Taiwan Seed ASVEG* No. 22 υπό μεταχείριση καταπόνησης με 150 mM NaCl έδειξαν κατά 73%, 83.3% και 79.3% λιγότερους εμπορικούς καρπούς ανά φυτό, αντίστοιχα, σε σχέση με τα φυτά που αναπτύσσονταν σε 0 mM NaCl (Liu et al., 2014). Ο Magan et al. (2008) βρήκε ένα όριο τιμών της τάξεως του 4.4 dS m⁻¹ σχετικά με την μείωση των καρπών τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill) και ότι ο αριθμός των καρπών μειώνεται κατά 2% με κάθε αύξηση 1 dS m⁻¹ πέρα από αυτό το όριο. Όμως, άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι το μέγεθος των καρπών μειώνεται σημαντικά με την αυξανόμενη αλατότητα (Cuartero and Fernandez, 1999; Chretien et al., 2000; Fernandez et al., 2004).

Επιπλέον, οι Li et al. (2001) και Eltez et al. (2002) έχουν αναφέρει ότι ο αριθμός των καρπών δεν επηρεάζεται καθόλου σε μία μέση τιμή αλατότητας και ότι για τη μείωση της παραγωγής ευθύνεται εξ ολοκλήρου το μικρότερο μέγεθος των καρπών. Το ίδιο συμπέρασμα βγαίνει και από άλλες μελέτες, δηλαδή το στρες αλατότητας στην ριζόσφαιρα του φυτού, οδηγεί σε μειωμένη παραγωγή μέσω της μείωσης του βάρους των καρπών και όχι από τον αριθμό των καρπών (Willumsen et al., 1996; Li et al., 2001). Το συμπέρασμα του Sakamoto et al. (1999) από την έρευνα τους είναι ότι η μείωση στους καρπούς τομάτας (*Lycopersicon esculentum* L. cv.

Momotaro) υπό στρες αλατότητας προκαλείται από την παρεμπόδιση της ανόδου του νερού από τις ρίζες καταλήγοντας έτσι σε μειωμένη μεταφορά του νερού στους καρπούς και έτσι μεγαλύτερη συγκέντρωση διαλυτών στερεών.

1.4.4.5. Επίδραση της αλατότητας στην ποιότητα του καρπού τομάτας

Το στρες αλατότητας στην ριζόσφαιρα της τομάτας επιδρά θετικά στην ποιότητα των καρπών σε υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας. Διαλυτά στερεά, σάκχαρα, οξύτητα και pH είναι σημαντικοί παράμετροι ποιότητας τόσο για τους νωπούς καρπούς όσο και για αυτούς που προορίζονται για επεξεργασία. Άλλα χαρακτηριστικά ποιότητας, όπως η γεύση και η διάρκεια ζωής του προϊόντος είναι περισσότερο σημαντικά για τους νωπούς καρπούς (Cuartero and Fernandez, 1999).

Ο Petersen et al. (1998) είχε αναφέρει ότι τομάτες καλλιεργούμενες σε υδροπονικό σύστημα με θρεπτικό διάλυμα στο οποίο είχε προστεθεί NaCl, είχε μεγαλύτερη προτίμηση από τους καταναλωτές λόγω της αυξημένης γλυκύτητας και γεύσης, αλλά ο καρπός ήταν σκληρότερος. Ο εμπλουτισμός του θρεπτικού διαλύματος με άλας είναι γνωστό ότι αυξάνει και τα επίπεδα του ασκορβικού οξέος, γεγονός που προσδίδει όξινη γεύση στο καρπό (Zushi and Matsuzoe, 1998). Τα ολικά διαλυτά στερεά (δείκτης Brix) και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αυξήθηκαν κατά 5.4% και 9.2% ανά dS m^{-1} , αντίστοιχα, σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας (Magan et al., 2008). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται από τους Liu et al. (2014), οι ποικιλίες τομάτας *Tainan ASVEG* No. 19, *Hualien ASVEG* No. 21 and *Taiwan Seed ASVEG* No. 22 υπό στρες αλατότητας 150 mM NaCl, έδειξαν αύξηση κατά 16.3%, 78.4% και 50% στα ολικά διαλυτά στερεά και 50%, 263.6% και 45.3% στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα φυτά μάρτυρες με 0 mM NaCl.

Ο Azarmi et al. (2010) ανέφερε ότι τα ολικά διαλυτά στερεά και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αυξήθηκαν σημαντικά σε τιμές EC μεγαλύτερες από 3 dS m^{-1} , και ότι όταν η EC αυξήθηκε από 2.5 σε 6 dS m^{-1} , τα ολικά διαλυτά στερεά και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αυξήθηκαν κατά 13.4% και 28.9%, αντίστοιχα. Οι Qaryouti et al. (2007) επίσης ανέφεραν ότι οι παράμετροι ποιότητας (ξηρά ουσία καρπών%, ολικά διαλυτά στερεά και τιτλοδοτούμενη οξύτητα) της τομάτας (*Lycopersicon esculentum* M. cv. Durinta F1), αυξήθηκαν με αυξανόμενη αλατότητα μέχρι τα 5 dS m^{-1} , συγκρινόμενοι με τους αντίστοιχους των φυτών μαρτύρων, ενώ η συνεκτικότητα των καρπών μειώθηκε. Ο Mizrahi et al. (1988) είχε προτείνει την προσθήκη άλατος στο υπόστρωμα

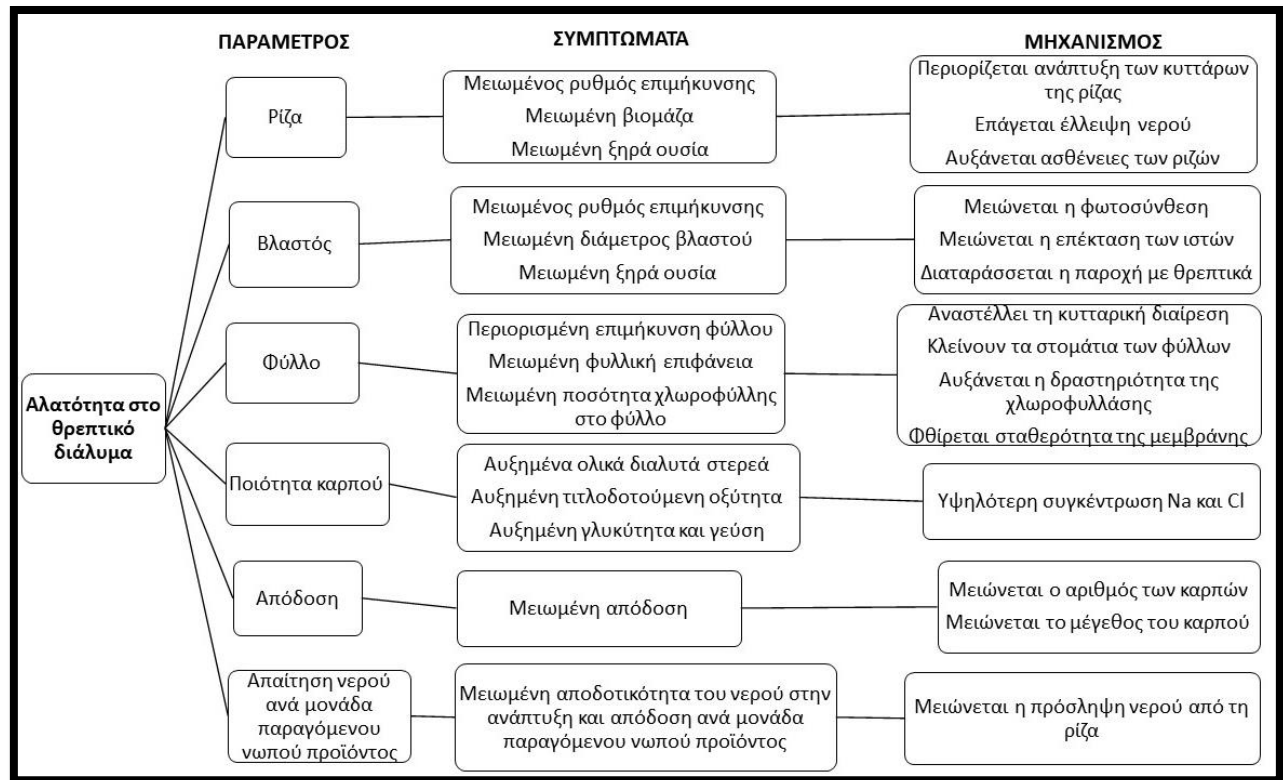
της ρίζας για καλύτερη ποιότητα καρπών τομάτας. Τέλος, ο Zhang et al. (2016) επιβεβαίωσε ότι σε καρπούς τομάτας (*Lycopersicon esculentum*. Pepe), τα ολικά σάκχαρα και οξέα, αυξήθηκαν με αυξημένη αλατότητα και ότι όταν η EC του θρεπτικού διαλύματος αυξήθηκε από 0.78 dS m⁻¹ σε 1.58 dS m⁻¹, οδήγησε σε αύξηση των σακχάρων και των οξέων κατά 14.3% και 28%, αντίστοιχα.

Η οξύτητα του χυμού από τους καρπούς αυξήθηκε με αύξηση της αλατότητας, το οποίο μπορεί να οφείλεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση Na⁺ και/ή Cl⁻ στο χυμό των καρπών, δεδομένου ότι ήταν τα μόνα ιόντα που αυξήθηκαν με την αύξηση της αλατότητας (Del Amour et al., 2001). Ο Petersen et al. (1998) ανέφερε ότι η μεταχείριση με NaCl βελτίωσε περισσότερο την γλυκύτητα στους καρπούς σε σχέση με άλλα στοιχεία, εξαιτίας της υψηλότερης συγκέντρωσης Na⁺ και Cl⁻ στους καρπούς.

1.4.4.6.Επίδραση της αλατότητας στην κατανάλωση νερού ανά μονάδα παραγόμενου νωπού προϊόντος

Ο όρος «κατανάλωση νερού ανά μονάδα παραγόμενου νωπού προϊόντος» χρησιμοποιείται γενικά για να ορίσει την σχέση μεταξύ της ανάπτυξης του φυτού, της παραγωγής και της χρήσης του νερού με γεωπονικούς όρους (Chaves et al., 2004). Οι ερευνητές των καλλιεργειών εκτός εδάφους συνήθως καθορίζουν τη κατανάλωση νερού από το φυτό με το να μετρούν τον αρδευόμενο όγκο θρεπτικού διαλύματος μείον την αποστράγγιση (Meric et al., 2011). Η αλατότητα μπορεί να μειώσει την απορρόφηση του νερού από τη ρίζα ως αποτέλεσμα της οσμωτικής πίεσης και να οδηγήσει έτσι σε έλλειψη νερού. Η απορρόφηση του νερού από τα φυτά μειώνεται με αυξημένη αλατότητα (Romero-Aranda et al., 2001).

Οι Al-Harbi et al. (2009) και Al-Omran et al. (2012) κατέληξαν στο ότι οι δυσμενείς επιδράσεις της άρδευσης με αλατούχο νερό στη ξηρή βιομάζα και στη παραγωγή νωπών καρπών τομάτας, ευθύνεται η μειωμένη αποδοτικότητα του νερού στην ανάπτυξη του φυτού σε καλλιέργεια εδάφους. Σε έρευνα του Al-Karaki (2000) βρέθηκε μία μείωση στη ξηρά ουσία των καρπών τομάτας, παραγόμενοι με νερό με αυξημένη αλατότητα. Παρόλα αυτά, σε άλλη έρευνα βρέθηκε ότι η αποδοτικότητα του νερού είναι σταθερή μέσα σε ένα εύρος τιμών αλατότητας, 4.7% - 9.1% dS m⁻¹ (Van Os, 2001; Reina et al., 2005). Αυτή η διαφορά, εκτός από τη διαφορετική ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε, μπορεί να αποδοθεί και σε άλλους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου και των κλιματικών συνθηκών.



Σχήμα 1: Επιδράσεις της αλατότητας στα διάφορα μέρη του φυτού καθώς και οι μηχανισμοί που εμπλέκονται σε αυτές. (Τροποποίηση από Zhang et al., 2016)

Ανακεφαλαιωτικά, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ύπαρξη αλατότητας στη ριζόσφαιρα του φυτού επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη της ρίζας, των βλαστών, των φύλλων και την παραγωγή, ενώ επιδρά θετικά στην ποιότητα των καρπών σε υδροπονική καλλιέργεια. Το να προωθήσουμε τη ποιότητα στους καρπούς τομάτας, χωρίς να έχουμε μειώσεις στην ανάπτυξη και την παραγωγή του φυτού, ήταν πάντα ένα δύσκολο εγχείρημα υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας (Zhang et al., 2016).

1.5. Σκοπός της διπλωματικής

1.5.1. Σημασία της αλατότητας ως αντικείμενο έρευνας

Τα τελευταία χρόνια τα προβλήματα που σχετίζονται με την αλατότητα στη σύγχρονη γεωργία ολοένα και αυξάνονται, επομένως και το ενδιαφέρον για την αντοχή στην αλατότητα, των φυτών οικονομικής σημασίας αυξάνεται. Τα προβλήματα αυτά ειδικά στην Ελλάδα αναμένεται να γίνουν σοβαρότερα στο μέλλον λόγω:

A) της μειούμενης ανανέωσης του υπόγειου νερού, των μειωμένων βροχοπτώσεων και της διεύδυσης υφάλμυρου νερού στους υδροφόρους ορίζοντες, σε πολλές περιοχές της χώρας μας έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού άρδευσης. Επίσης το κλίμα μετατρέπεται σε θερμότερο και ξηρότερο τις τελευταίες δεκαετίες.

B) της τάσης της σύγχρονης Γεωργίας για χρησιμοποίηση όλου του διαθέσιμου νερού και η άρδευση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης έκτασης με σκοπό την ικανοποίηση των αυξανόμενων απαιτήσεων σε τρόφιμα και πρώτες ύλες. Για την κάλυψη των αναγκών της αγοράς η αύξηση της παραγωγής μπορεί να επιτευχθεί με αποδοτικότερη γεωργία, δηλαδή επέκταση των αρδευόμενων εκτάσεων και χρήση νέων πιο παραγωγικών ποικιλιών οι οποίες συνήθως είναι πιο απαιτητικές σε νερό.

Επομένως, η γεωπονική έρευνα αναμένεται να ενταθεί στο μέλλον στο θέμα της αλατότητας, με σκοπό την τεχνολογική βελτίωση του προβλήματος.

1.5.2. Σκοπός του πειράματος

Η έρευνα που σχετίζεται με την επιβίωση των φυτών σε συνθήκες υψηλής αλατότητας έχει να αντιμετωπίσει πολλά προβλήματα ακόμη, καθώς η υποβολή των φυτών σε διαταραχή της φυσιολογίας τους, κάνουν την έρευνα εξαιρετικά δύσκολη στην υλοποίησή της. Η αντοχή των φυτών σε καταπόνηση αλατότητας είναι αρκετά πολύπλοκη, καθώς είναι συνάρτηση κλιματικών, γενετικών και φυσιολογικών παραγόντων. Η πλειονότητα των βιβλιογραφικών δεδομένων για αυτό το θέμα αφορούν σε θερμοκήπια και ένα μικρότερο ποσοστό αυτών αφορά σε αγρό.

Σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη των επιπτώσεων της υψηλής αλατότητας NaCl στην ανάπτυξη, στην παραγωγή, θρεπτική κατάσταση και ποιότητα των καρπών σε φυτά τομάτας σε

υδροπονική καλλιέργεια. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε μελέτη διαφορετικών παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας από τη Μεσόγειο. Καλλιεργήθηκαν 17 ποικιλίες τομάτας (15 παραδοσιακές, 1 ποικιλία-υβρίδιο και 1 εμπορική) ώστε να ερευνηθούν οι επιδράσεις της αλατότητας στις ποικιλίες αυτές.

Πιο συγκεκριμένα στη παρούσα μελέτη ερευνώνται οι επιπτώσεις της αλατότητας στα εξής ποιοτικά χαρακτηριστικά:

- Διάμετρος καρπών
- Χρώμα καρπών
- Συνεκτικότητα καρπών
- Τιτλοδοτούμενη οξύτητα καρπών
- Ολικά διαλυτά στερεά καρπών

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γ.Π.Α.). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το πλαστικό θερμοκήπιο του εργαστηρίου, κατά το διάστημα Μάρτιος – Ιούλιος 2021 (01/03/2021 – 25/07/2021). Επιπλέον, οι απαιτούμενες αναλύσεις, στα πλαίσια των αναγκών της υφιστάμενης μελέτης, διεξήχθησαν στο χώρο του εργαστηρίου, αξιοποιώντας τα κατάλληλα όργανα και εργαστηριακό εξοπλισμό.

2.1 Φυτικό υλικό

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν σπόροι από 17 ποικιλίες τομάτας (*Solanum lycopersicum*) (Πίνακας 4), εκ των οποίων, οι 15 είναι παραδοσιακές ποικιλίες, ενώ η Moneymaker είναι εμπορική ποικιλία και η Ekstasis αποτελεί υβρίδιο. Επιπλέον, από τις ποικιλίες, μία ποικιλία είναι μεγαλόκαρπη, 6 ανήκουν στις μικρόκαρπες (cherry type) και οι υπόλοιπες ανήκουν στις μεσόκαρπες.

Πίνακας 4: Οι 17 ποικιλίες τομάτας που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ		Προέλευση
Μεγαλόκαρπες	Chondrokatsari	Ελλάδα
	Valldemossa (de)	Ισπανία
	Areti	Ελλάδα
Μεσόκαρπες	de Ramellet	Ισπανία
	Seccagno PSC1-1	Ισπανία, Ιταλία
	ATS-048/06	Ελλάδα
	Cherry-INRAE (2)	Γαλλία
Μικρόκαρπες (Cherry type)	CC_1791 Allungato a Fiasco	Ισπανία, Ιταλία
	Corbarino	Ισπανία, Ιταλία
	CC_1665 Pollena	Ισπανία, Ιταλία
	τοματακι (tomataki)	Ελλάδα
	GR-451/04	Ελλάδα
	Cherry-INRAE (1)	Γαλλία
	Cherry-INRAE (3)	Γαλλία
Cherry-INRAE (4)	Γαλλία	
Υβρίδιο	Ekstasis	Ελλάδα
Εμπορική	Moneymaker	Γαλλία

2.2 Θερμοκήπιο

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο του εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του ΓΠΑ, βρίσκεται σε υψόμετρο 29 m από την επιφάνεια της θάλασσας και με γεωγραφικές συντεταγμένες ΓΠ=37.98° και ΓΜ=23.70°. Το σχήμα της κατασκευής είναι αμφικλινής και το υλικό κάλυψης είναι πολυαιθυλένιο (PE).

Ο εξαερισμός του θερμοκηπίου γίνεται με τη χρήση του εγκατεστημένου συστήματος δροσισμού υγρής παρειάς (Pad & Fan). Είναι ένα ειδικά σχεδιασμένο σύστημα διανομής νερού που διοχετεύει ομοιόμορφα το νερό σε μια ευρεία επιφάνεια ψύξης που ψύχει αντίστοιχα τον αέρα που την περιβάλλει. Η επιφάνεια ψύξης είναι φτιαγμένη από ειδικά φύλλα κυτταρίνης με αυλακώσεις, δεμένα μεταξύ τους, με ειδική επεξεργασία. Στην απέναντι πλευρά εγκαθίστανται ανεμιστήρες που δημιουργούν μια ζώνη αρνητικής πίεσης μέσα στο θερμοκήπιο και αναγκάζουν τον αέρα να περάσει μέσα από τις επιφάνειες υγρής παρειάς, να ψύχεται και να εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου με αυξημένα ποσοστά υγρασίας. Το κεντρικό σύστημα Η/Υ ελέγχει και ρυθμίζει κάθε φορά τις αντλίες νερού και τους ανεμιστήρες που τίθενται σε λειτουργία με στόχο την ιδανική ανάπτυξη της καλλιέργειας.

2.3. Προετοιμασία φυτικού υλικού

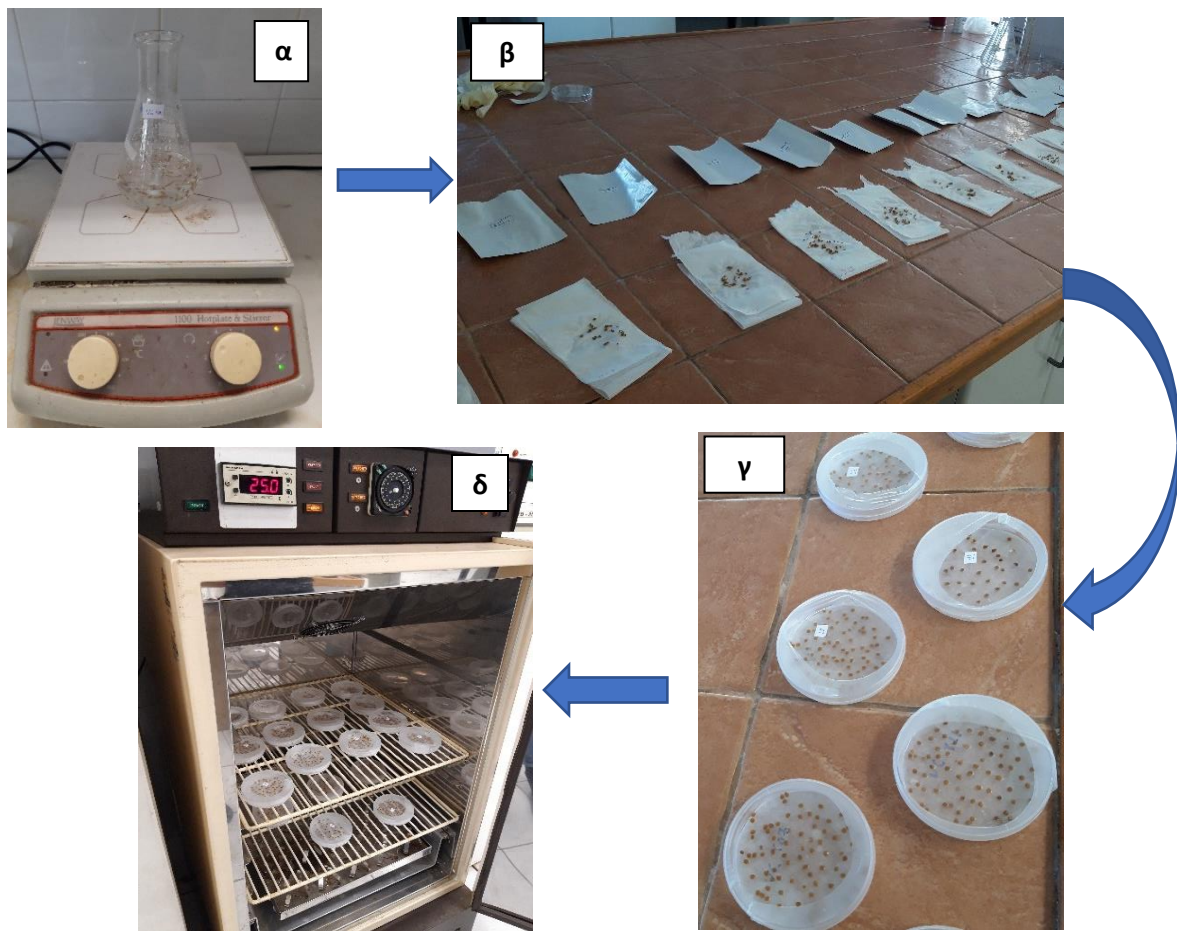
Το σύνολο των φυτών που χρησιμοποιήθηκε, παράχθηκε στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου. Στις 30/01/2021, έγινε τοποθέτηση των 17 παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας σε τρυβλία στους 25°C για προβλάστηση. Πριν την τοποθέτηση τους στα τρυβλία προηγήθηκε απολύμανση των σπόρων σε 15% w/v Na₃PO₄ (trisodium phosphate).

Το πρωτόκολλο απολύμανσης των σπόρων που ακολουθήθηκε είναι :

- Τοποθέτηση των σπόρων σε διάλυμα 15% w/v φωσφορικού νατρίου Na₃PO₄ με απεσταγμένο νερό για 20 min στους 25°C (θερμοκρασία δωματίου).
- Τοποθέτηση του διαλύματος σε ποτήρι ζέσεως ή άλλο δοχείο το οποίο θα βρίσκεται υπό συνεχή ανάδευση.
- Κατά την διάρκεια της απολύμανσης οι σπόροι να βρίσκονται μέσα στο νερό και να μην παραμένουν στην επιφάνεια του.

- Στο τέλος της απολύμανσης, ξεπλένουμε τους σπόρους πολύ καλά με νερό και τους απλώνουμε σε απορροφητικό χαρτί ή άλλο μέσο για να στεγνώσουν.
- Φύλαξη των σπόρων σε καθαρά δοχεία ή σακουλάκια, που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ξανά.

Οι επιφάνειες και τα γυαλικά, πριν και μετά τους χειρισμούς ή μεταξύ διαφορετικών ποικιλιών (αν χρησιμοποιείται κοινή επιφάνεια ή γυαλικό), να έχουν πλυθεί με διάλυμα χλωρίνης τουλάχιστον 10% και στη συνέχεια με διάλυμα 3% w/v φωσφορικού νατρίου Na_3PO_4 και ξέπλυμα με νερό.



Εικόνα 9: Απεικόνιση του πρωτοκόλλου απολύμανσης των σπόρων. α) Σπόροι σε διάλυμα 15% w/v φωσφορικού νατρίου Na_3PO_4 με απεσταγμένο νερό για 20 min στους 25°C. β) Ξέπλυμα σπόρων με νερό και άπλωμα σε απορροφητικό χαρτί για να στεγνώσουν. γ) Τοποθέτηση των σπόρων σε τρυβλία Petri. δ) Τοποθέτηση των τρυβλίων σε ειδικό θάλαμο στους 25°C για προβλάστηση..

Στις 01/02/2021 εμφανίστηκαν τα πρώτα ριζίδια των σπόρων και στις 02/02/2021 έγινε μεταφορά των σπόρων με ριζίδια σε δίσκους σποράς. Οι δίσκοι σποράς ως υπόστρωμα περιείχαν τύρφη, την οποία πριν την βάλουμε στους δίσκους σποράς, την βρέξαμε με νερό ώστε να υγροποιηθεί. Ύστερα με χρήση λαβίδας, παίρναμε ένα-ένα σπόρο και τον τοποθετούσαμε σε διαφορετική θέση του δίσκου σποράς. Από τρυβλίο σε τρυβλίο, γινόταν απολύμανση της λαβίδας σε αραιωμένο διάλυμα χλωρίνης. Έπειτα, έγινε τοποθέτηση των δίσκων σποράς σε απολυμασμένο θερμοκήπιο για τη περαιτέρω βλάστηση των σπόρων.



Εικόνα 10: Μεταφορά των σπόρων με ριζίδια από τα τρυβλία σε δίσκους σποράς.



Εικόνα 11: Δίσκοι σποράς μετά την τοποθέτηση των εκβλαστημένων σπόρων.



Εικόνα 12: α) Τοποθέτηση των δίσκων σποράς σε απολυμασμένο θερμοκήπιο για την ανάπτυξη των φυταρίων. β) Εμφάνιση των κοτυληδόνων.



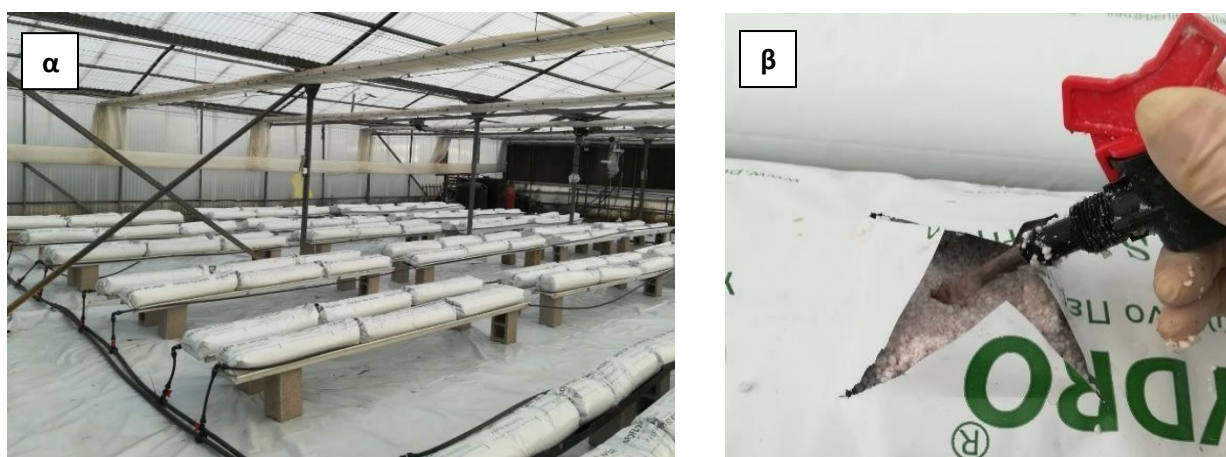
Εικόνα 13: Σπορόφυτα τομάτας στο στάδιο των τριών με τεσσάρων φύλλων.

2.4. Προετοιμασία θερμοκηπίου

Κατά την προετοιμασία του θερμοκηπίου αρχικά έγινε απομάκρυνση όλων των υπάρχοντων ζιζανίων του εδάφους και έπειτα στρώσιμο πλαστικού σε όλη την επιφάνεια του εδάφους. Στη συνέχεια έγινε τοποθέτηση των καναλιών και των σάκων περλίτη πάνω στα κανάλια. Ακολούθησε εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος και τέλος πραγματοποιήθηκε ψεκάσμος με φορμόλη για απολύμανση, ύστερα από τον οποίο το θερμοκήπιο έμεινε κλειστό για 4 μέρες. Στις 10/03/2021 έγινε η μεταφύτευση των φυτών τομάτας από τους δίσκους σποράς στους σάκους περλίτη.



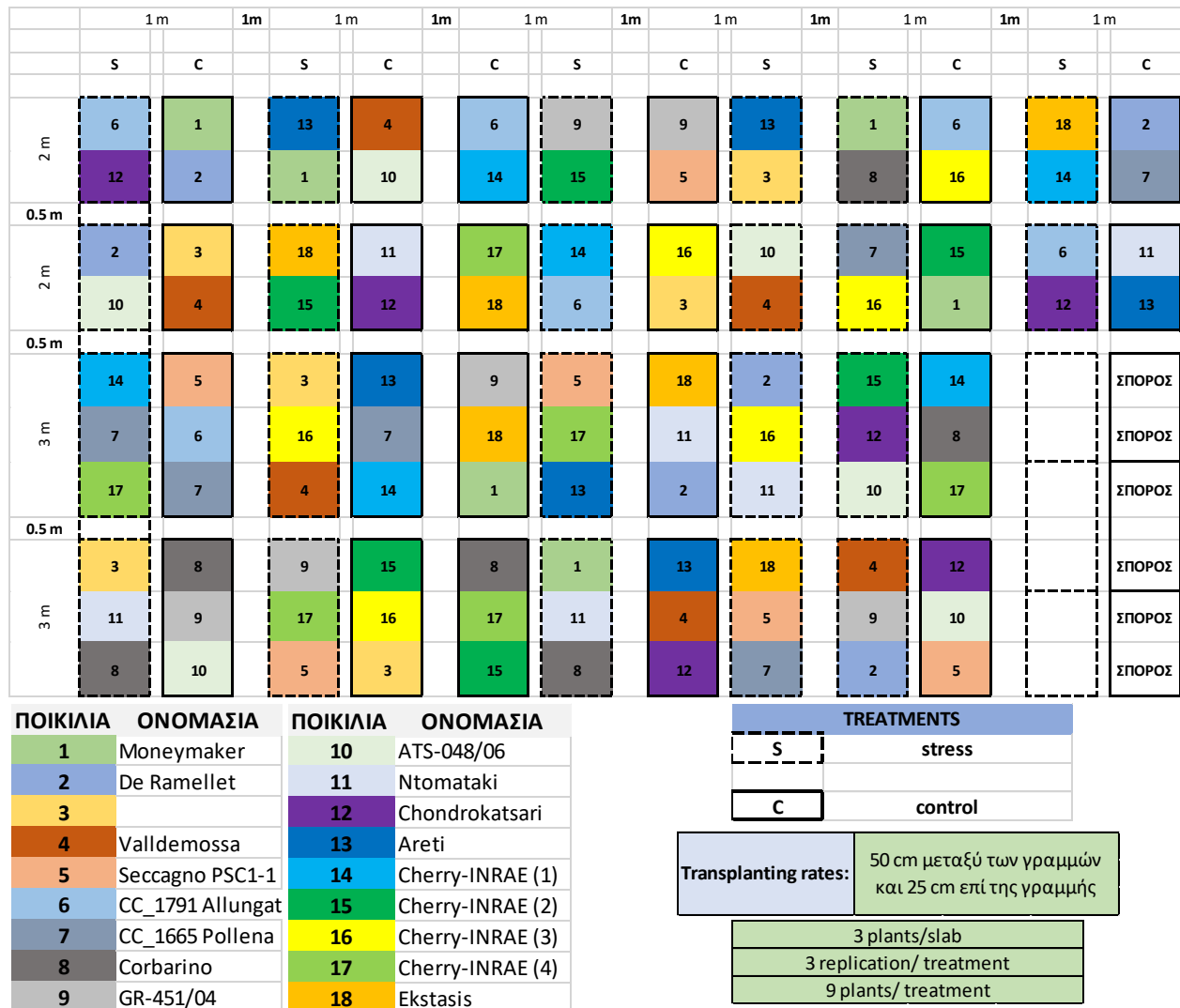
Εικόνα 14: α) Απομάκρυνση ζιζανίων από το έδαφος του θερμοκηπίου. β) Στρώσιμο πλαστικού στο έδαφος, τοποθέτηση των καναλιών και των σάκων περλίτη.



Εικόνα 15: α) Εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος στα κανάλια, β) Τοποθέτηση αρδευτικού συστήματος στους σάκους περλίτη.

2.5. Πειραματική εγκατάσταση

Το σύστημα υδροπονίας που χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το πείραμα ήταν ανοιχτό σύστημα καλλιέργειας σε υπόστρωμα περλίτη. Ο σχεδιασμός του πειράματος έγινε με βάση δύο μεταχειρίσεις α) θρεπτικό διάλυμα χωρίς προσθήκη NaCl (μάρτυρας) και β) θρεπτικό διάλυμα με προσθήκη 30 mM NaCl (καταπόνηση άλατος). Ειδικότερα, έγινε μελέτη για το πώς επιδρά η καταπόνηση άλατος στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών 17 διαφορετικών παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Επομένως, για να διαπιστωθεί η επίδραση αυτή, κάθε ποικιλία καλλιεργήθηκε ταυτόχρονα σε κανάλια με θρεπτικό διάλυμα χωρίς προσθήκη NaCl (μάρτυρας-0,5mM NaCl) και σε κανάλια με θρεπτικό διάλυμα εμπλουτισμένο με 30mM NaCl. Το πειραματικό σχέδιο (Σχήμα 2) ήταν εντελώς τυχαίο.



Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού σχεδίου στο θερμοκήπιο.

Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 2, δημιουργήθηκαν 12 γραμμές καναλιών με δέκα σάκους περλίτη σε κάθε κανάλι. Σε κάθε σάκο περλίτη τοποθετήθηκαν 3 φυτά της ίδιας ποικιλίας. Κάθε ποικιλία για κάθε μία μεταχείριση (stress και control) είχε 3 επαναλήψεις, δηλαδή 3 σάκους με 3 φυτά της ίδιας ποικιλίας. Επομένως, ο συνολικός αριθμός φυτών ανά ποικιλία και μεταχείριση ήταν 9. Οι αποστάσεις μεταφύτευσης μεταξύ των φυτών στον ίδιο σάκο ήταν 25cm.

2.6. Η καλλιέργεια στο θερμοκήπιο

Τα φυτά τομάτας μεταφύτεύθηκαν στους σάκους περλίτη στις 10/03/2021 (έναρξη καλλιέργειας στο θερμοκήπιο) και το πείραμα ολοκληρώθηκε στις 30/07/2021 (λήξη καλλιέργειας στο θερμοκήπιο). Μία ημέρα πριν την μεταφύτευση, πραγματοποιήθηκε πότισμα των σάκων περλίτη με διάλυμα διαβροχής (starter solution) (Παράρτημα Α) έως πλήρη κορεσμού. Για τις μεταχειρίσεις με καταπόνηση άλατος το διάλυμα διαβροχής είχε μία συγκέντρωση NaCl ίση με 30 mM. Για την επίτευξη αυτή η συγκέντρωση NaCl που προστέθηκε ήταν 10 ml πυκνού διαλύματος NaCl (συγκέντρωσης 30mM) ανά λίτρο αραιού (τελικού) διαλύματος (starter solution). Το διάλυμα που προέκυψε είχε EC ίση με 7 dS/m περίπου. Έπειτα και στο σύνολο του χρόνου που υφίστατο η καλλιέργεια στο θερμοκήπιο, έγινε αλλαγή στη συνταγή του θρεπτικού διαλύματος 4 φορές (Παραρτήματα Β, Γ, Δ, Ε), ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης και τις απαιτήσεις των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία όπως πρόκυπτε από αναλύσεις που πραγματοποιούνταν στις απορροές.



Εικόνα 16: Τα φυτά τομάτας του πειράματος έπειτα από την μεταφύτευση τους στους σάκους με το περλίτη.



Εικόνα 17: α) Φυτό τομάτας ανεπτυγμένο υπό κανονικές συνθήκες (control). β) Καρποί τομάτας ποικιλίας υπό καταπόνηση αλατότητας. γ) Φυτό τομάτας ανεπτυγμένο υπό στρες αλατότητας.

2.7. Σύνθεση και χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων

Το σύνολο των υπολογισμών που απαιτούντο, αναφορικά με τις αναγκαίες συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων, για τη σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων, έγινε με τη χρήση ειδικού προγράμματος H/Y «NutriSense DSS». Απαραίτητα δεδομένα εισαγωγής στο σχετικό πρόγραμμα, είναι οι τιμές των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων (Θ.Σ.) στο νερό άρδευσης και παράλληλα, οι επιθυμητές τιμές – στόχος των Θ.Σ. στο αραιό θρεπτικό διάλυμα, δηλαδή στο θρεπτικό διάλυμα που παρεχόταν στα φυτά μέσω του συστήματος άρδευσης. Ακολουθώντας, το πρόγραμμα δίδει αυτόματα τις απαιτούμενες ποσότητες των λιπασμάτων (σε kg), για τη παρασκευή των πυκνών διαλυμάτων (Π.Δ.), τα οποία στη συνέχεια έπρεπε να αραιωθούν σε μία συγκεκριμένη αναλογία (στο παρόν πείραμα 1:100) με νερό άρδευσης για να παρασκευασθεί το αραιό θρεπτικό διάλυμα με την επιθυμητή σύνθεση.



Η σύνθεση των αραιών θρεπτικών διαλυμάτων, γινόταν σε δεξαμενές όγκου 500 L. Λαμβάνοντας υπόψη

Εικόνα 18: Κάδος ανάμειξης για την παρασκευή αραιών θρεπτικών διαλυμάτων.

την αναλογία αραιώσης 1/100, μεταφέρονταν κάθε φορά 5 L πυκνού διαλύματος από το δοχείο A και 5 L πυκνού διαλύματος από το δοχείο B με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου κι ακολούθως, γινόταν συμπλήρωση με αρδευτικό νερό. Παράλληλα για τη ρύθμιση του pH του αραιού θρεπτικού διαλύματος, γινόταν εφαρμογή πυκνού νιτρικού οξέως (HNO₃ 68%). Η χρήση κατάλληλων οργάνων μέτρησης pH και EC, εξασφάλιζε κάθε φορά, την ορθότητα της παρασκευής του αραιού θρεπτικού διαλύματος. Τέλος στη περίπτωση που το θρεπτικό διάλυμα προοριζόταν για τις μεταχειρίσεις αλατότητας, γινόταν επιπλέον προσθήκη ποσότητας πυκνού διαλύματος NaCl. Το διάλυμα αυτό είχε μία συγκέντρωση NaCl ίση με 12 mM. Για να επιτευχθεί αυτή η συγκέντρωση NaCl, προσθέταμε 4 ml πυκνού διαλύματος NaCl ανά λίτρο αραιού (τελικού) διαλύματος (drip solution). Το διάλυμα που θα προέκυπτε είχε EC ίση με 5 dS/m περίπου. Κάθε εβδομάδα πραγματοποιούνταν μετρήσεις Na και K ώστε να ελέγχεται και να προσαρμόζεται κατάλληλα το θρεπτικό διάλυμα ώστε η συγκέντρωση του NaCl να παραμένει στα 30mM και το κάλιο να είναι επαρκές για τη καλλιέργεια της τομάτας. Τρεις φορές την εβδομάδα καταγράφονταν οι τιμές pH και EC από τις απορροές των καναλιών για κάθε μεταχείριση.

2.8. Καλλιεργητικές φροντίδες

Οι καλλιεργητικές φροντίδες είναι εργασίες απαραίτητες στη διάρκεια της καλλιέργειας των περισσότερων κηπευτικών και η εφαρμογή τους κρίνεται επιβεβλημένη, για την εξασφάλιση της καλής υγείας των φυτών, αλλά και την επίτευξη βέλτιστης παραγωγής. Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, οι ιδιαιτερότητες του συστήματος καλλιέργειας όπως για παράδειγμα η ταχύτερη ανάπτυξη των φυτών, η μεγαλύτερη πυκνότητα φύτευσης και η καλύτερη αξιοποίηση όγκου θερμοκηπίου συχνά επιτάσσουν τη τακτική εφαρμογή τους. Οι βασικότερες αυτών ακολουθούν παρακάτω.

2.8.1. Υποστύλωση

Η εργασία της υποστύλωσης αποσκοπεί στη στήριξη του κεντρικού στελέχους του φυτού και παράλληλα προωθεί, την ορθόκλαδη ανάπτυξη της κόμης (Σάββας, 2016). Επιπρόσθετα διευκολύνει την εργασία του κλαδέματος, αλλά κι επιτρέπει τη δημιουργία καλύτερου μικροκλίματος για το φυτό. Το σύστημα μόρφωσης που επιλέχθηκε για την καλλιέργεια των φυτών ήταν το μονοστέλεχο (Εικόνα 19), το οποίο απαιτεί την αφαίρεση όλων των πλαγίων

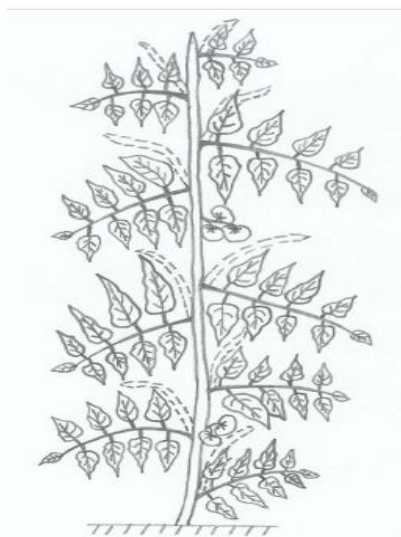
βλαστών για τη διατήρηση μόνο του κεντρικού βλαστού. Επομένως, τα φυτά αναπτύσσονταν κατά ύψος και επειδή οι ποικιλίες ήταν γενετικά προκαθορισμένες να αναπτύσσονται απεριόριστα, ήταν επιτακτική η ανάγκη για υποστύλωση των φυτών με πλαστικούς σπάγκους. Σε αντίθετη περίπτωση οι κεντρικοί βλαστοί θα έσπαγαν από το βάρος των καρπών, με συνέπεια την μερική ή πλήρη νέκρωση του φυτού.

Επομένως, την εγκατάσταση της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο, ακολούθησε η υποστύλωση για το κάθε φυτό ξεχωριστά, με τη χρήση σπάγκου. Η τεχνική πρόσδεσης του σπάγκου στα φυτά ήταν παρόμοια με αυτή του Er Heuvelink (2005). Συγκεκριμένα, μετά τη τελευταία μεταφύτευση τοποθετήθηκαν κοντά στην οροφή του θερμοκηπίου οριζόντια μεταλλικά σύρματα, τα οποία χρησίμευαν για το δέσιμο των σπάγκων με τα φυτά. Τα σύρματα ήταν ανθεκτικά και κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να αντέχουν το βάρος των φυτών, χωρίς να λυγίζουν ή να σπάνε.

Η άκρη του σπάγκου προσδένεται στη βάση του κεντρικού βλαστού με θηλιά που δεν μετακινείται. Ύστερα ο σπάγκος περιελίσσεται γύρω από τον κεντρικό βλαστό 2 με 3 φορές

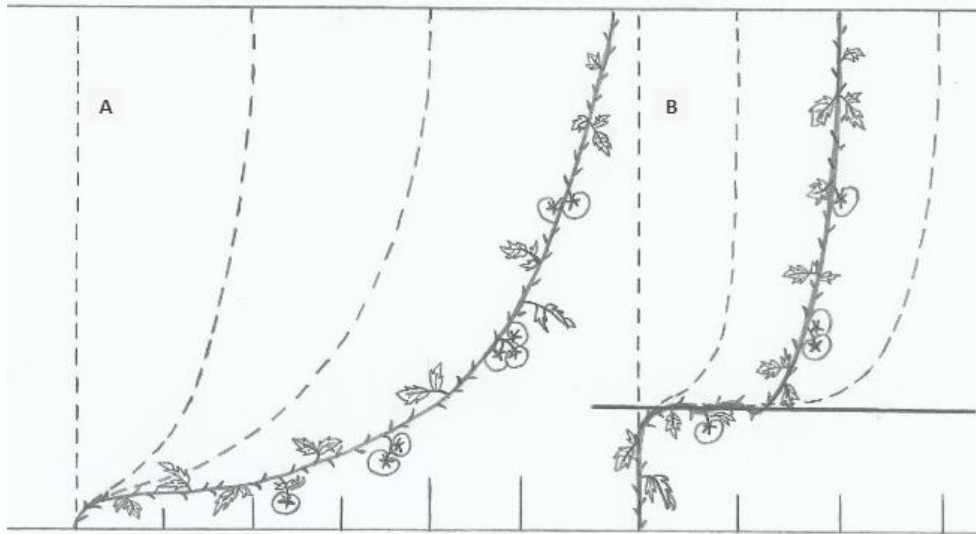
και η ελεύθερη άκρη του σπάγκου προσδένεται με μία θηλιά στο μεταλλικό σύρμα που βρίσκεται πάνω από το φυτό. Η τελευταία θηλιά, μπορεί να μετακινηθεί με αποτέλεσμα να τεντώνεται ή να απλώνεται ο σπάγκος ανάλογα με την κατεύθυνση κίνησης της θηλιάς, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στον καλλιεργητή να ρυθμίζει το ύψος του φυτού.

Ανά τακτά διαστήματα εφαρμόστηκε και η σχετική εργασία του «κατεβάσματος» (Εικόνα 20). Όταν τα φυτά φτάσουν στο σύρμα υποστύλωσης αφήνεται ποσότητα σπάγγου, με ταυτόχρονη εργασία «χαλάρωσης» του στελέχους του φυτού (το φυτό μετακινείται προς τα κάτω κι ουσιαστικά «κατεβαίνει»). Ακολουθεί δέσιμο του σπάγκου σε επόμενη θέση στο σύρμα υποστύλωσης. Κατά αυτόν το τρόπο, το στέλεχος δεν παραμένει σε συγκεκριμένη θέση επί του σύρματος υποστύλωσης, αλλά μετακινείται, επιτρέποντας συνέχιση της ορθόκλαδης ανάπτυξης του (εικόνα 20). Διευκολύνει τον καλλιεργητή να εφαρμόσει καλλιεργητικές φροντίδες, όπως κλάδεμα και συγκομιδή καρπών, αφού το ύψος ρυθμίζεται σε κατάλληλα μήκη (Ολυμπος 2019),



Εικόνα 19: Μονοστέλεχο σύστημα μόρφωσης σε καλλιέργεια τομάτας. Πηγή: Σάββας, 2016.

ενώ επιπλέον επιτρέπει στο φως να διέλθει στα κατώτερα τμήματα του φυτού, βελτιώνοντας έτσι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (Er Heuvelink, 2005).



Εικόνα 20: Α) Προοδευτικό κατέβασμα του βλαστού χωρίς υποσύλωση του κατώτερου τμήματος του. Β) Προοδευτικό κατέβασμα του βλαστού με εναπόθεση και στερέωση του κατώτερου τμήματος του σε οριζόντιο σύρμα. Πηγή: Σάββας, 2016.

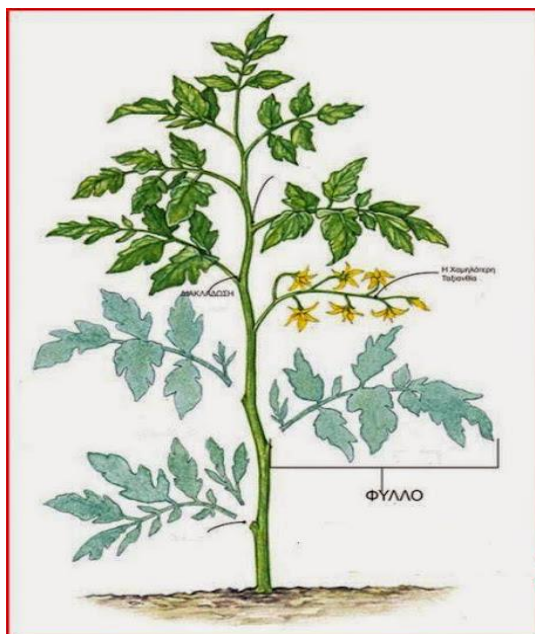
2.8.2. Κλάδεμα

Το κλάδεμα είναι μια από τις πιο απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες. Βελτιώνει τη διείσδυση του φωτός στα κατώτερα μέρη του φυτού και βοηθά στη καλύτερη κυκλοφορία του αέρα (Shankara et al, 2005). Με το κλάδεμα επιτυγχάνεται επιπλέον βελτίωση της ποιότητας των καρπών (γεύση, συνεκτικότητα, χρώμα, κλπ) (Ολύμπιος, 2019). Χρησιμοποιήθηκε το κλάδεμα ως καλλιεργητικό μέτρο, προκειμένου να μετριαστεί ο λόγος της βλάστησης προς τη καρποφορία, αλλά και για την καλύτερη υγιεινή των φυτών έναντι ασθενειών και παθογόνων μικροοργανισμών. Το κλάδεμα περιλαμβάνει α) αφαίρεση πλάγιων βλαστών, β) αφαίρεση φύλλων και γ) κορυφολόγημα. Κλάδεμα γινόταν με κλαδευτήρι ή με το χέρι σε περιπτώσεις πολύ μικρών πλάγιων βλαστών.

2.8.2.1. Αφαίρεση φύλλων

Η διαδικασία της αποφύλλωσης (Εικόνα 21) ξεκίνησε με την πρώτη εμφάνιση ώριμης ταξικαρπίας. Ειδικότερα, κάθε φύλλο που βρισκόταν κάτω από την ταξιανθία αυτή κοβόταν από τη βάση του. Η συγκεκριμένη πρακτική αποφύλλωσης συνεχίστηκε και μετά την συγκομιδή των καρπών της κατώτερης ταξικαρπίας και όταν ξεκινούσε να ωριμάζει η επόμενη μέχρι το τέλος του πειράματος. Σε κάθε φυτό ο τελικός στόχος ήταν τα 16 με 18 φύλλα μετά την αφαίρεση. Σύμφωνα με τους Heuvelink et al (2005) οι κύριοι λόγοι που αφαιρούμε τα συγκεκριμένα φύλλα είναι για την αποφυγή ασθενειών, ειδικότερα αυτών που ακουμπάνε στο έδαφος, με αποτέλεσμα οι καρποί να ωριμάζουν γρηγορότερα και να συγκομίζονται ευκολότερα, καθώς δεν είναι πλέον κρυμμένα από τα φύλλα.

Επιπλέον, τα παλαιά φύλλα, τα οποία βρίσκονται σε γerasμένο στάδιο δεν συνεισφέρουν με την φωτοσύνθεσή τους ικανοποιητικά στην παραγωγή. Πέρα από τη πρακτική αποφύλλωσης των κατώτερων φύλλων, αποφύλλωση γινόταν και σε περιπτώσεις φύλλων που φαινοτυπικά είχαν αποχρωματισμούς (και γενικά χλωρώσεις) ή είχαν υποστεί μηχανική ζημιά. Φύλλα που είχαν στοές από προνύμφες του εντόμου *Tuta absoluta* ή από προνύμφες του γένους *Lyriomyza* απομακρύνονταν άμεσα, για την αποφυγή περαιτέρω εξάπλωσης της εντομολογικής προσβολής.



Εικόνα 21: Αποφύλλωση κατώτερων φύλλων σε φυτό τομάτας. Πηγή: http://biokipos.blogspot.com/2012/07/blog-post_17.html

2.8.2.2. Αφαίρεση πλάγιων βλαστών:

Βλαστολόγημα εφαρμόστηκε σε κάθε πλάγιο βλαστό (Εικόνα 22), αφού ως σύστημα μόρφωσης εφαρμόστηκε το μονοστέλεχο που απαιτεί τη παρουσία μόνο του κεντρικού βλαστού και όχι πλάγιων. Οι πλάγιοι βλαστοί εκφύονται από οφθαλμούς στις μασχάλες των φύλλων, επομένως η αφαίρεσή τους επιβάλλεται να γίνεται με το χέρι, αφενός γιατί οι βλαστοί είναι εύθραυστοί και απομακρύνονται εύκολα και αφετέρου γιατί με το κλαδευτήρι ενδέχεται να κόψουμε φύλλα από απροσεξία. Η μόνη περίπτωση χρησιμοποίησης κλαδευτηριού είναι όταν ο πλάγιος βλαστός είναι αρκετά μεγάλος και τυχόν αφαίρεσή του με χέρι θα οδηγήσει σε τραυματισμό του κεντρικού βλαστού (Ολύμπιος, 2019). Οι πλάγιοι βλαστοί εκφύονται συνεχώς και κάθε εβδομάδα γινόταν βλαστολόγημα.



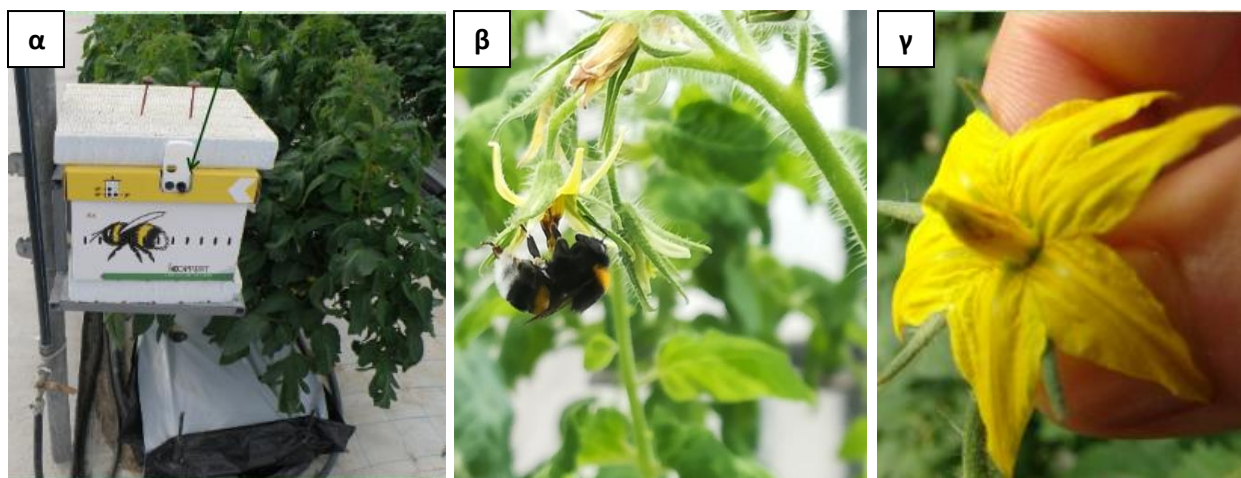
Εικόνα 22: Αφαίρεση πλάγιων βλαστών σε φυτό τομάτας. Πηγή: http://biokipos.blogspot.com/2012/07/blog-post_17.html

2.8.2.3. Κορυφολόγημα

Κορυφολόγημα εφαρμόστηκε σε όλα τα φυτά περίπου 1 μήνα πριν το πέρας του πειράματος με αφαίρεση περίπου 2 cm της κορυφής του κεντρικού βλαστού. Το κορυφολόγημα εφαρμόζεται για να σταματήσει το φυτό να παράγει νέα φύλλα και ταξικαρπίες που δεν θα προλάβουν να ωριμάσουν και παράλληλα να αναγκαστεί να επιταχύνει την ωρίμανση των υπάρχοντων καρπών (Ολύμπιος 2019).

2.9. Εγκατάσταση βομβίνων

Η εισαγωγή της κυψέλης με βομβίνους (Εικόνα 23α) έγινε στις 25/03/2021 και τοποθετήθηκε σε ύψος περίπου του ενός μέτρου από το έδαφος. Το έντομο που χρησιμοποιήθηκε είναι το *Bombus terrestris* (Εικόνα 23β). Οι βομβίνοι βοηθούν στη επικονίαση, καθώς όταν επισκέπτονται τα ανοικτά άνθη της τομάτας για τη συλλογή γύρης, στη προσπάθειά τους να συλλέξουν γύρη «ανακατώνουν» τα άνθη και γυρεόκοκκοι φεύγουν από τους ανθήρες και επικάθονται επί του στίγματος και έτσι συμβάλλουν στη φυσική επικονίαση (Ολύμπιος, 2019). Γίνεται αντιληπτή η επίσκεψη του βομβίνου στο άνθος, όταν μετά από μέρες το χρώμα των στημόνων αποκτά καφετί χρώμα (Εικόνα 23γ).



Εικόνα 23: α) Εγκατεστημένη κυψέλη βομβίνων στο θερμοκήπιο, β) επίσκεψη βομβίνου σε άνθος τομάτας, γ) καφετί χρώμα στημόνων άνθους τομάτας, έπειτα από επίσκεψη βομβίνου.

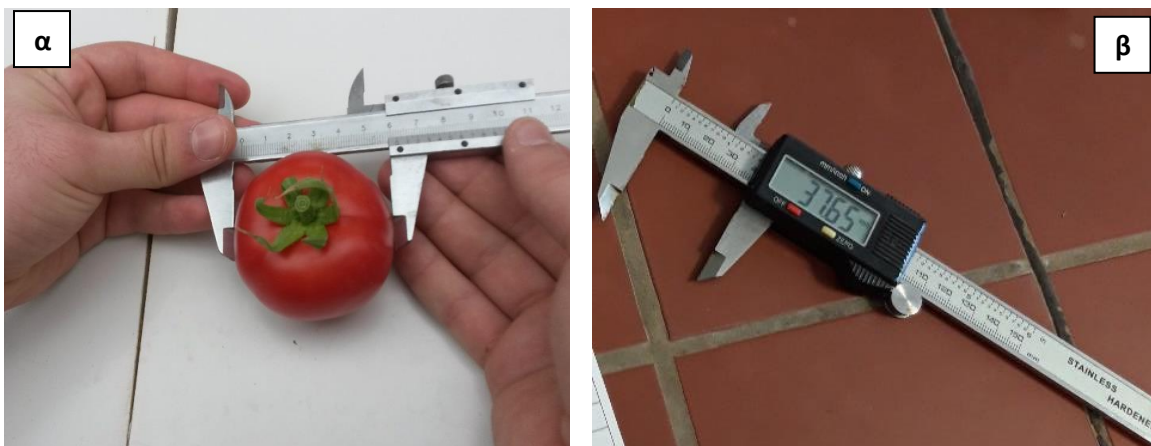
2.10. Εργαστηριακές μετρήσεις και αναλύσεις

Οι απαιτούμενες αναλύσεις, στα πλαίσια των αναγκών της υφιστάμενης μελέτης, διεξήχθησαν στους χώρους του εργαστηρίου, αξιοποιώντας τα κατάλληλα όργανα και εργαστηριακό εξοπλισμό.

2.10.1. Μέτρηση διαμέτρου καρπών τομάτας

Η διάμετρος των καρπών μετρήθηκε με τη βοήθεια του οργάνου Βερνιέρος (Εικόνα 24β), ενός διαστημομέτρου ακριβείας. Για την εκτίμηση της διαμέτρου κάθε καρπού, πήραμε 2 μετρήσεις

πλάτους από διαφορετικά σημεία (Εικόνα 24α) για κάθε δείγμα και από τις δύο αυτές τιμές προέκυπτε ο μέσος όρος. Για κάθε ποικιλία μετρήθηκαν 10 εμπορικοί καρποί από κάθε μεταχείριση (control, stress).



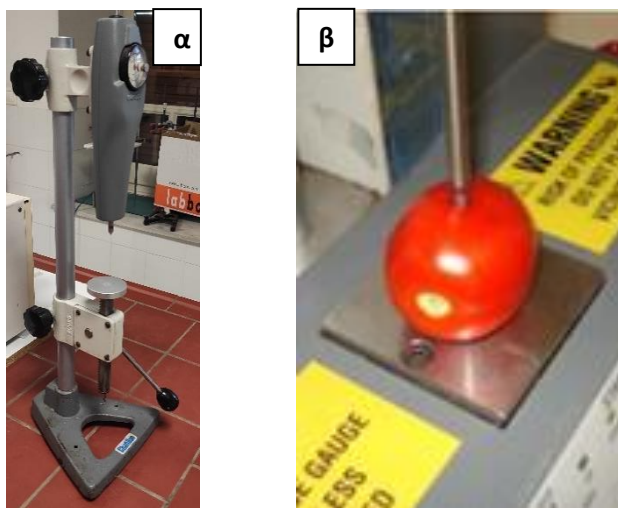
Εικόνα 24: α) Μέτρηση με το διαστημόμετρο ή βερνιέρο. β) Διαστημόμετρο ή Βερνιέρος.

2.10.2. Μέτρηση συνεκτικότητας καρπών τομάτας

Για τις επιτραπέζιες νωπές 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).

Οι εκτιμήσεις της ποιότητας των φρούτων συνήθως εμπεριέχουν μετρήσεις της αντίστασης της σάρκας χρησιμοποιώντας πενετρόμετρο (penetrometer) (Εικόνα 25α). 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. Μία αποδεκτή τιμή της αντίστασης της σάρκας στην πίεση για τις τομάτες είναι 4 kg/cm^2 , με εξάρτημα παρακέντησης διαμέτρου 3 mm.

Η σκληρότητα των καρπών στο συγκεκριμένο πείραμα μετρήθηκε με επιτραπέζιο πενετρόμετρο Chatillon Pull Push Scale Gage Gauge 20025 & Dpp-50, το οποίο μετρά συμπίεση έως 50N με ακρίβεια 0,1 N. Σε κάθε καρπό έγινε μια μέτρηση στην περιοχή του ισημερινού του καρπού με την ακίδα να διαρρηγνύει την επιδερμίδα και μερικά χιλιοστά από τη σάρκα του καρπού (Εικόνα 25β). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως η δύναμη (σε kg) που απαιτείται για τη διάτρηση του καρπού. Η τιμή για κάθε ποικιλία εκτιμήθηκε από τον μέσο όρο 10 καρπών από διαφορετικά φυτά της ίδιας ποικιλίας.



Εικόνα 25: α) Πενετρόμετρο. β) Διάτρηση καρπού τομάτας σε πενετρόμετρο.

2.10.3. Μέτρηση χρώματος καρπών τομάτας

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 καροτινοειδών ουσιών οι οποίες είναι μεταξύ των σημαντικότερων χρωστικών ουσιών που απαντώνται στα φρούτα. Στην τομάτα συγκεκριμένα το λυκοπένιο αντιπροσωπεύει το 90% των καροτινοειδών και υψηλές συγκεντρώσεις λυκοπένιου (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» (Εικόνα 26) (Brandt et al., 2006; Helyes et al., 2006).



Στάδιο 1 - Πράσινο

Όλη η επιφάνεια πράσινη. Το ζελατινώδες παρέγχυμα έχει καταλάβει όλον τον χώρο.



Στάδιο 2 - Σπάσιμο

Το πράσινο χρώμα έχει σπάσει προς κίτρινο, ροζ ή κόκκινο σε μέχρι 10% της επιφάνειας του καρπού.

www.laxanokipos.com



Στάδιο 3 - Γύρισμα

Το 10 - 30% της επιφάνειας του καρπού έχει αλλάξει χρώμα προς κίτρινο, ροζ ή κόκκινο ή συνδυασμό τους.



Στάδιο 4 - Ροζ

Το 30 - 60% της επιφάνειας του καρπού έχει αλλάξει χρώμα προς ροζ ή κόκκινο.



Στάδιο 5 - Ανοιχτό Κόκκινο

Περισσότερο από 60% της επιφάνειας έχει γίνει ροζ ή κόκκινο, αλλά όχι περισσότερο από 90% κόκκινο.



Στάδιο 6 - Κόκκινο

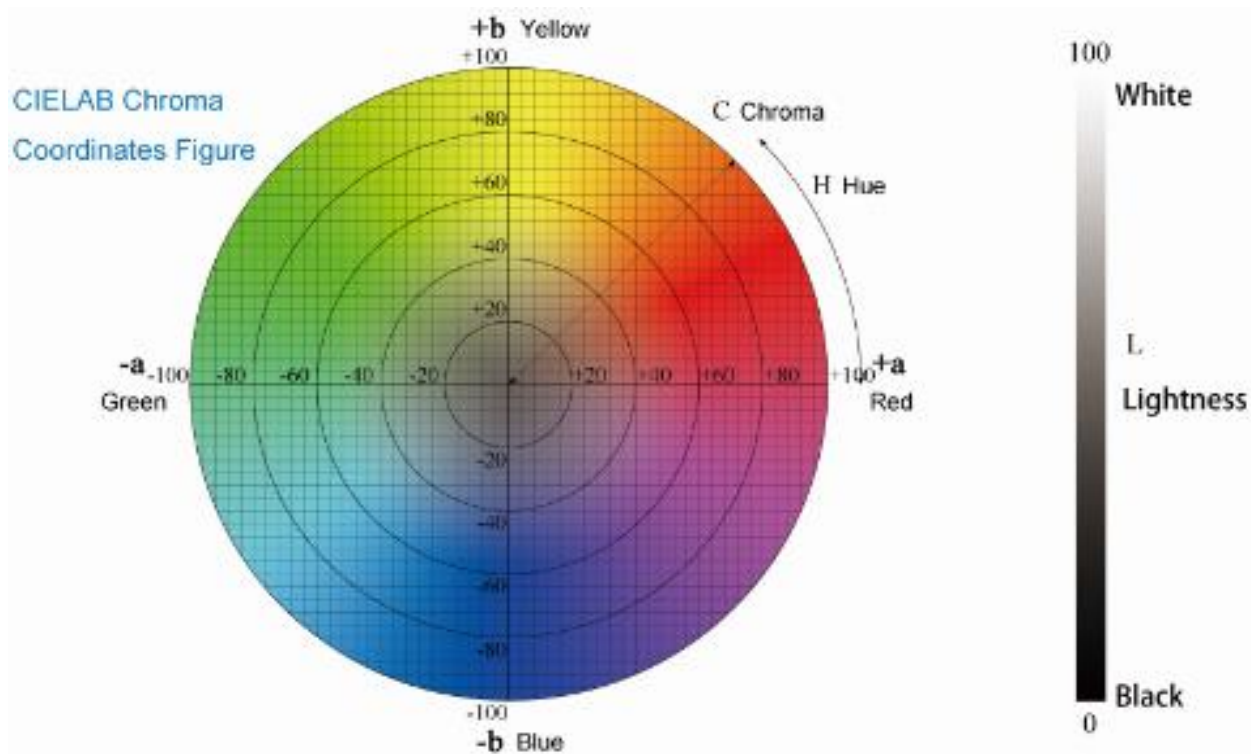
Περισσότερο από το 90% της επιφάνειας έχει πάρει κανονικό κόκκινο χρώμα.

Εικόνα 26: Στάδια ωρίμανσης του καρπού της τομάτας. Πηγή: https://laxanokipos.com/2014/04/harvesting_tomato/

Ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα συστήματα που περιγράφουν το χρώμα ενός αντικειμένου είναι το CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) $L^*a^*b^*$ 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 στην Εικόνα 27.

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).



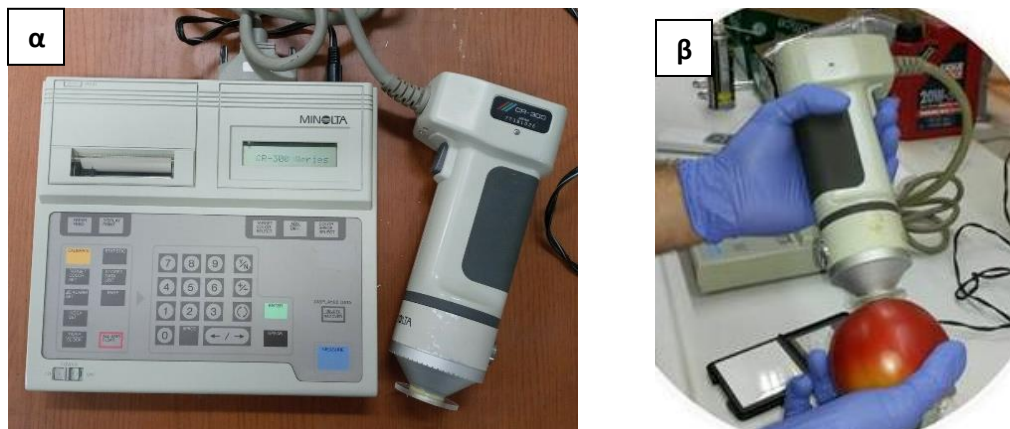
Εικόνα 27: Το τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων CIE $L^*a^*b^*$. Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/CIE-LAB-1976-color-space_fig2_263697963

Ο παράγοντας Hue (απόχρωση ή χροιά) εκφράζει το χρώμα (π.χ. red, orange, yellow, green, blue, indigo, violet). (Το άσπρο, το γκρι και μαυρο δεν αποτελούν απόχρωση). Οι κατηγορίες προκύπτουν συνήθως από τα κυρίαρχα μήκη κύματος του φωτός ενώ στην πραγματικότητα, περιγράφουν ευρύτερες οικογένειες χρωματικών τόνων του ορατού φάσματος. Υπολογίζεται από την εξίσωση $\text{hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)^2$.

Ο παράγοντας Saturation (κορεσμός χρώματος) ή Chroma δείχνει την ένταση και την καθαρότητα του χρώματος. Ένα έντονο, καθαρό, λαμπερό κόκκινο έχει υψηλό saturation, ενώ ένα πιο θαμπό έχει χαμηλότερο saturation. Υπολογίζεται από την εξίσωση $\text{chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$.

Στα πλαίσια του πειράματος για το προσδιορισμό του χρώματος των καρπών χρησιμοποιήσαμε το όργανο Minolta CR-300 (Minolta Co. Ltd, Osaka, Japan) (Εικόνα 28α), το οποίο εμφανίζει σαν αποτέλεσμα τις σταθερές L^* , a^* , b^* . Για κάθε τομάτα πήραμε δυο μετρήσεις σε διαφορετικά σημεία της επιφάνειας της (Εικόνα 28β). 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).



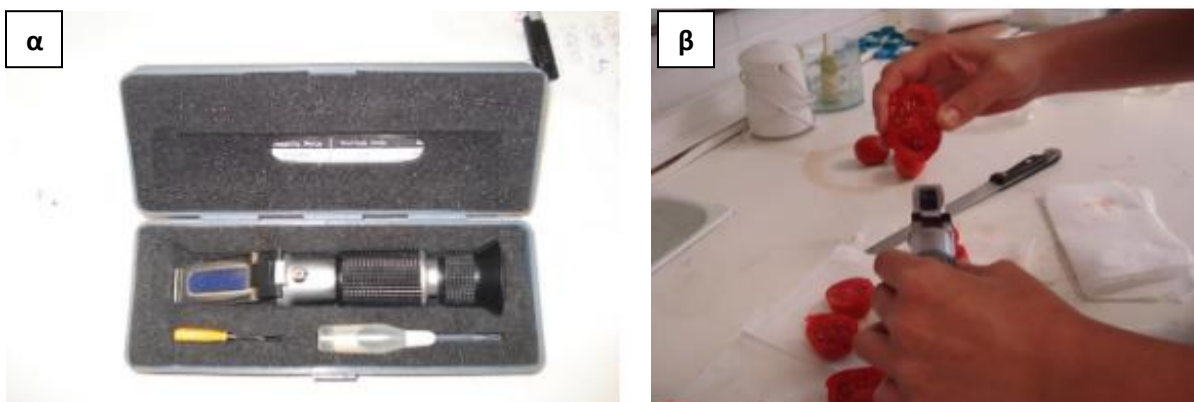
Εικόνα 28: α) Χρωματόμετρο. β) Χρήση του χρωματομέτρου.

2.10.4. Μέτρηση ολικών διαλυτών στερεών

Τα ολικά διαλυτά στερεά (Total Soluble Solids – 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 (9% κιτρικό, 4% μηλικό) 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 τα ολικά διαλυτά στερεά, χρησιμοποιήθηκε διαθλασίμετρο της εταιρίας Schmidt & Haensch HR32B (Εικόνα 29α). Πάνω στην υποδοχή του διαθλασίμετρου τοποθετούνταν μία σταγόνα πολτοποιημένου χυμού τομάτας και η μέτρηση πραγματοποιούνταν απευθείας με οπτική

παρατήρηση (Εικόνα 29β). Η ανάγνωση των μετρήσεων από το όργανο έγινε με ακρίβεια 0,2 °Brix και πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία 20°C. Ένας βαθμός Brix (°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. 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 περιεχομένων TSS (11-15%) (Triano and Clair, 1995). Η κοινή υπό επεξεργασία τομάτα παρουσιάζει μια μέση διακύμανση των περιεχομένων TSS μεταξύ 4,5 και 6,25% (Poysa, 1992).



Εικόνα 29: α) Διαθλασίμετρο. β) Χρήση του διαθλασιμέτρου χειρός.

2.10.5. Μέτρηση ολικής οξύτητας των καρπών

Αν και στις τομάτες υπάρχουν και άλλα οξέα, η ολική οξύτητα (Total Acidity – TA) του χυμού τους θεωρείται ότι οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στο κιτρικό οξύ. Έτσι, η οξύτητα των καρπών εκφράζεται ουσιαστικά στην περιεκτικότητά τους σε κιτρικό οξύ. Τα οξέα επηρεάζουν σημαντικά τη γεύση της τομάτας αλληλοεπιδρώντας με τα σάκχαρα και δημιουργώντας οξύτητα (Kader et al., 1977). Το κιτρικό και το μηλικό 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 μηλικό, 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.

Η μέτρηση της οξύτητας των καρπών έγινε με τιτλοδότηση διαλύματος NaOH σε διάλυμα εκχύλισης χυμού τομάτας. Η διαδικασία αυτή απαιτούσε την πολτοποίηση αντιπροσωπευτικού δείγματος καρπών σε μίξερ. Αρχικά, λαμβάνονταν 10 g χυμού, τα οποία προσθέτονταν σε κυλινδρική κωνική φιάλη με χωρητικότητα 250 mL. Στη φιάλη αυτή συμπληρωνόταν απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή των 150 mL. Έπειτα από ανάδευση της κωνικής φιάλης, το διάλυμα πέρασε από φίλτρο (εταιρία: Macherey-Nagel Ø 55mm) για διήθηση του χυμού σε δεύτερη κωνική φιάλη (Εικόνα 30α). Από το διηθημένο διάλυμα, τιτλοδοτούνταν 50 ml με διάλυμα NaOH (0.8 g NaOH διαλυμένα σε 1 λίτρο απεσταγμένου νερού).

Η διαδικασία αυτή γινόταν δύο φορές για κάθε δείγμα (2x50 ml). Το τέλος της τιτλοδότησης σηματοδοτούταν με τη χρήση πεχαμέτρου (εταιρία: MeterLab PHM 250 ion analyzer) όταν το pH του διαλύματος έφτανε τη τιμή 8.1 (Εικόνα 30β). Καθόλη τη διάρκεια της τιτλοδότησης, το ποτήρι ζέσεως περιείχε ειδικό μαγνήτη ανάδευσης και βρισκόταν πάνω σε μαγνητικό αναδευτήρα με σκοπό τη συνεχή ανάδευση του.



Εικόνα 30: α) Διήθηση του χυμού τομάτας σε κωνική φιάλη. β) Τιτλοδότηση δείγματος με τη βοήθεια πεχαμέτρου πάνω σε μαγνητικό αναδευτήρα.

Τα mL του NaOH που απαιτήθηκαν για την εξουδετέρωση της οξύτητας του δείγματος εκφράστηκαν σε g κιτρικού οξέος ανά 100 g φρέσκου τοματοπολτού (% w/w) , σύμφωνα με την εξίσωση (1):

$$\text{κιτρικό οξύ (\% } \frac{w}{w} \text{)} = \frac{V_1 \times N \times mEq_{\text{κ.οξέος}} \times V_2}{V_3 \times w} \times 100 \quad (1)$$

όπου:

- V_1 = όγκος (mL) NaOH
- N = Κανονικότητα NaOH (1/50 N)
- $mEq_{\text{κ.οξέος}} = 0,064$
- V_2 = Όγκος αρχικού διαλύματος (150 mL)
- V_3 = Όγκος τιτλοδοτούμενου κλάσματος του αρχικού διαλύματος 50 mL
- w = Βάρος δείγματος που αραιώθηκε για να δώσει το αρχικό διάλυμα (10 g)

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 TA (Garcia and Barrett, 2006; Kader et al., 1977).

2.11. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα γραφικών απεικονίσεων STATISTICA 64 έκδοση 12. Για τον εντοπισμό πιθανών διαφορών μεταξύ των μεταχειρίσεων εφαρμόστηκε το κριτήριο Duncan, σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

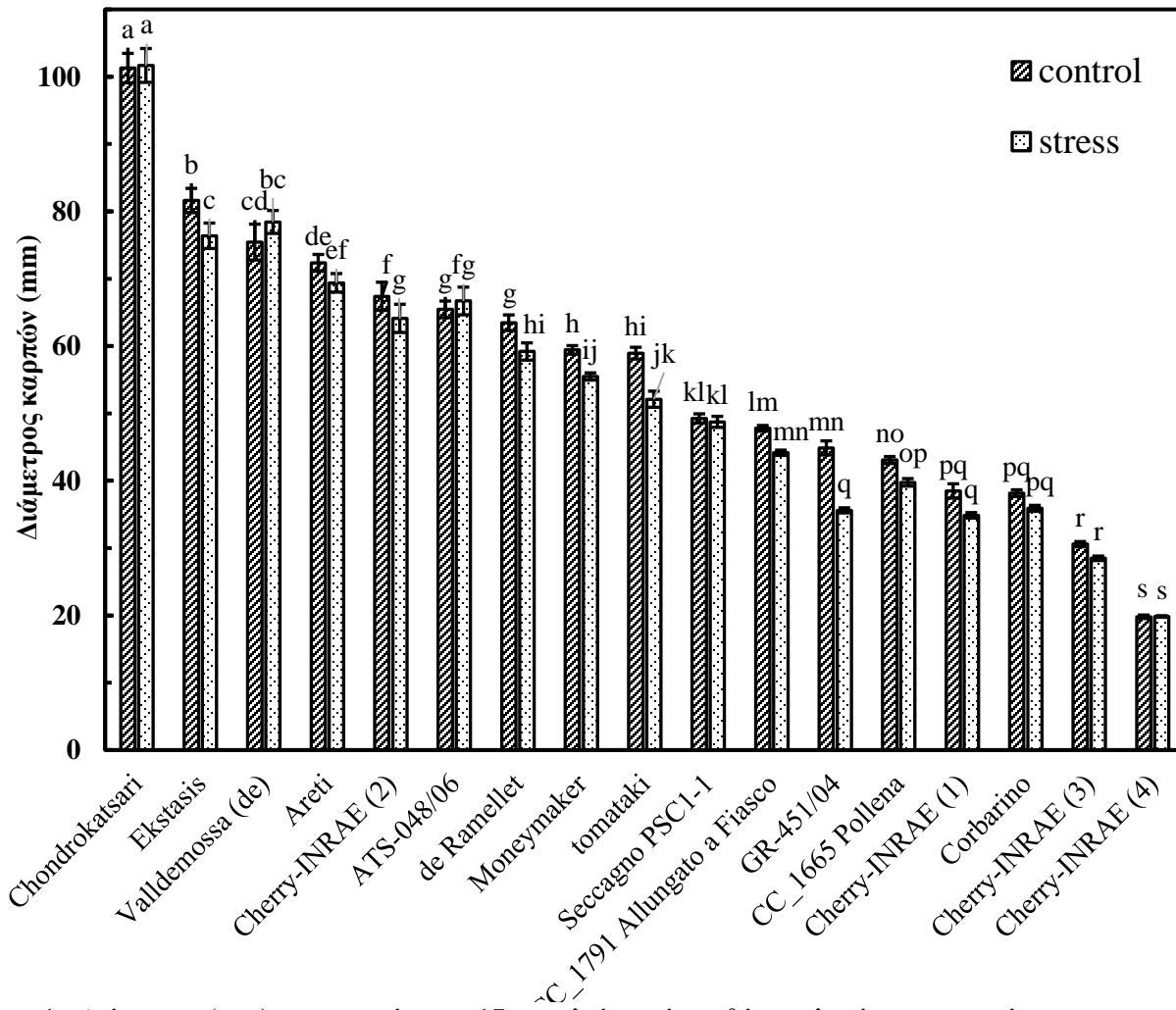
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ακολουθούν τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις των επιπτώσεων της αλατότητας στα εξής ποιοτικά χαρακτηριστικά: διάμετρος καρπών, συνεκτικότητα καρπών, χρώμα καρπών, οξύτητα καρπών και ολικά διαλυτά στερεά καρπών, των 17 υπό μελέτη ποικιλιών.

3.1. Διάμετρος καρπών

Το Σχήμα 1 απεικονίζει τη διάμετρο (mm) των καρπών όλων των ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη διάμετρο των φυτών μάρτυρες. Γενικά, παρατηρείται μία τάση για μείωση της διαμέτρου υπό συνθήκες καταπόνησης, αλλά μόνο μία από τις

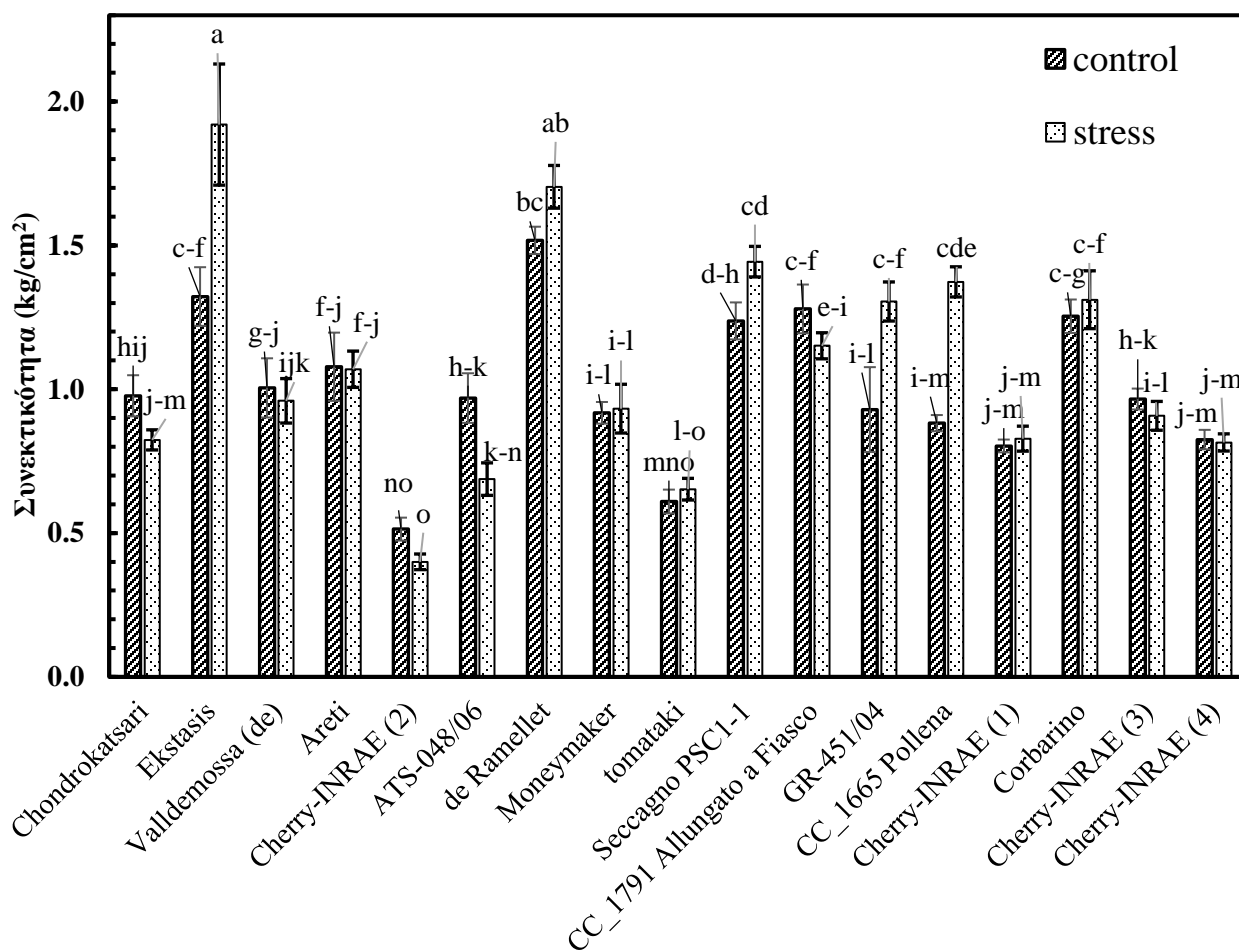


Σχήμα 1: Διάμετρος (mm) των καρπών των 17 ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη διάμετρο των φυτών μάρτυρες.

μεσόκαρπες ποικιλίες (de Ramellet) και δύο από τις μικρόκαρπες ποικιλίες (τοματάκι και GR-451/04) φαίνεται να επηρεάστηκαν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό (p -value < 0,05), με τις τιμές των διαμέτρων τους να έχουν σημειώσει μείωση κατά 6,7%, 11,6% και 20,7%, αντίστοιχα, σε σχέση με τα δείγματα-μάρτυρες. Όσον αφορά στις ποικιλίες Ekstasis και Moneymaker σημείωσαν επίσης μείωση κατά 6,4% και 6,6%, αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν φάνηκε να επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά.

3.2. Συνεκτικότητα καρπών

Το Σχήμα 2 παρουσιάζει τη συνεκτικότητα (kg/cm^2) των καρπών όλων των ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη συνεκτικότητα των φυτών μάρτυρες.



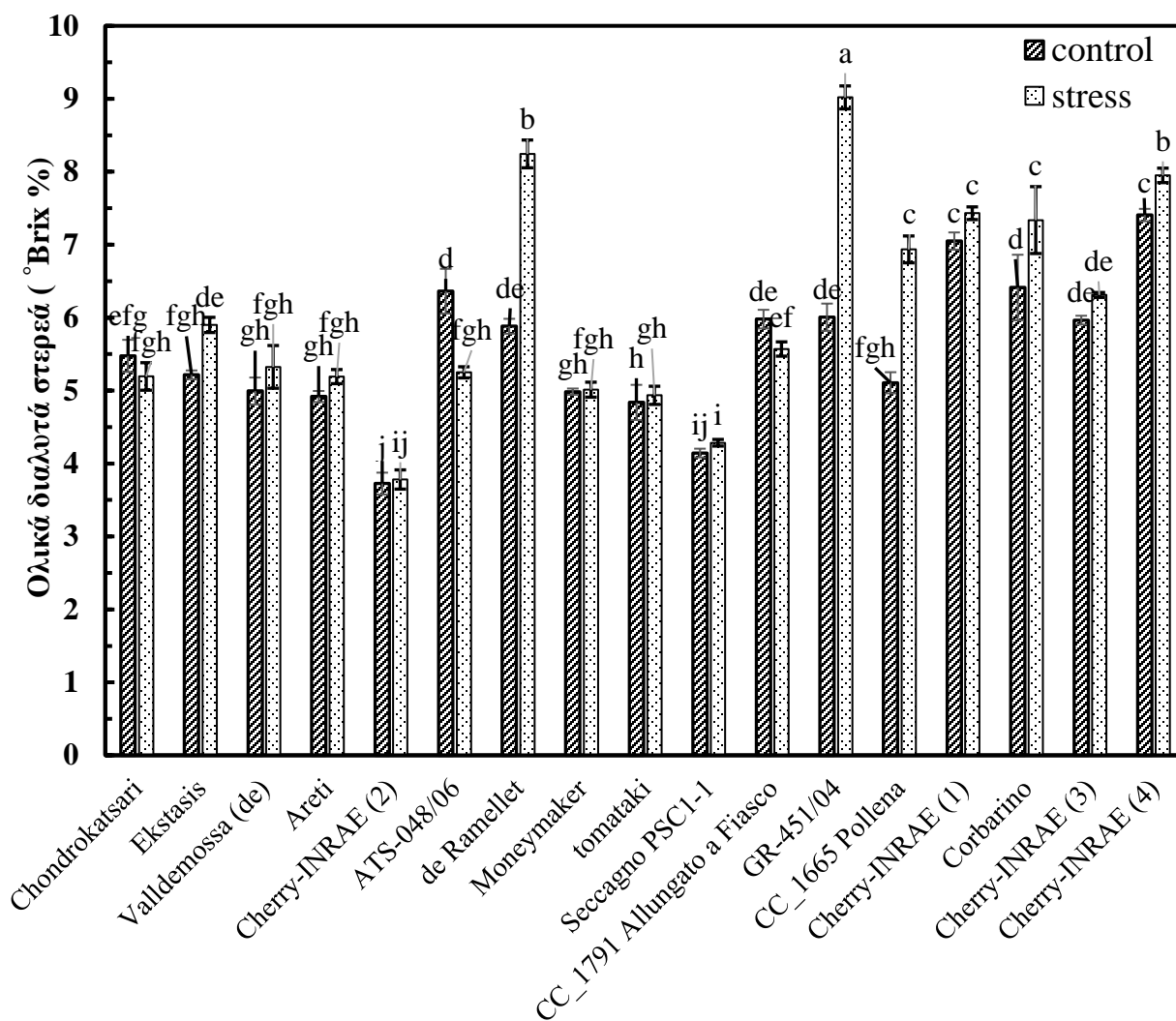
Σχήμα 2: Συνεκτικότητα (kg/cm^2) των καρπών των 17 ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη των φυτών μάρτυρες.

Σύμφωνα με το Σχήμα 2, η αλατότητα 30mM NaCl στο θρεπτικό διάλυμα, φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά (p -value < 0,05) μόνο τρεις ποικιλίες (δύο μικρόκαρπες και η ποικιλία-υβρίδιο Ekstasis). Επομένως η μικρόκαρπη ποικιλία CC_1665 Pollena φαίνεται να επηρεάζεται περισσότερο (αύξησης συνεκτικότητας κατά 56%) και ακολουθεί η ποικιλία υβρίδιο Ekstasis (αύξηση κατά 45%). Τέλος, η GR-451/04 εμφανίζει μία αύξηση (κατά 40%) στην συνεκτικότητα των καρπών της. Όσον αφορά στις υπόλοιπες ποικιλίες (μεγαλόκαρπες, μεσόκαρπες και λοιπές μικρόκαρπες), φάνηκαν να μην επηρεάζονται από στατιστικά σημαντικά από την αλατότητα στο θρεπτικό διάλυμα.

3.3. Ολικά διαλυτά στερεά καρπών

Το Σχήμα 3 δείχνει το ποσοστό ολικών στερεών των καρπών όλων των ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με το αντίστοιχο ποσοστό των φυτών μάρτυρες.

Οι ποικιλίες που εμφανίζουν σημαντική αύξηση (p -value < 0,05) στην συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών των καρπών είναι οι εξής. Από τις μεσόκαρπες ποικιλίες, η ποικιλία de Ramellet δείχνει να επηρεάζεται περισσότερο, καθώς αύξησε κατά 40,2% τη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών στην υπό στρες αλατότητας μεταχείριση. Αντίθετα μία μόνο ποικιλία, η ATS-048/06, έδειξε να μειώνει (17,5%) τα ολικά διαλυτά στερεά στους καρπούς της. Από τις μικρόκαρπες ποικιλίες, μεγάλη αύξηση παρουσίασε η GR-451/04, καθώς εξαιτίας της καταπόνησης αυτής αύξησε τα ολικά διαλυτά στερεά κατά 50,2% και ακολουθεί η CC_1665 Pollena με 35,8% αύξηση. Μικρότερες αυξήσεις παρουσίασαν και οι Ekstasis (13,1%) και Corbarino (14,4%), ενώ τη μικρότερη αύξηση (7,3%), φάνηκε να παρουσιάζει η Cherry-INRAE(4). Οι υπόλοιπες δεν έδειξαν να έχουν σημαντικές διαφορές.



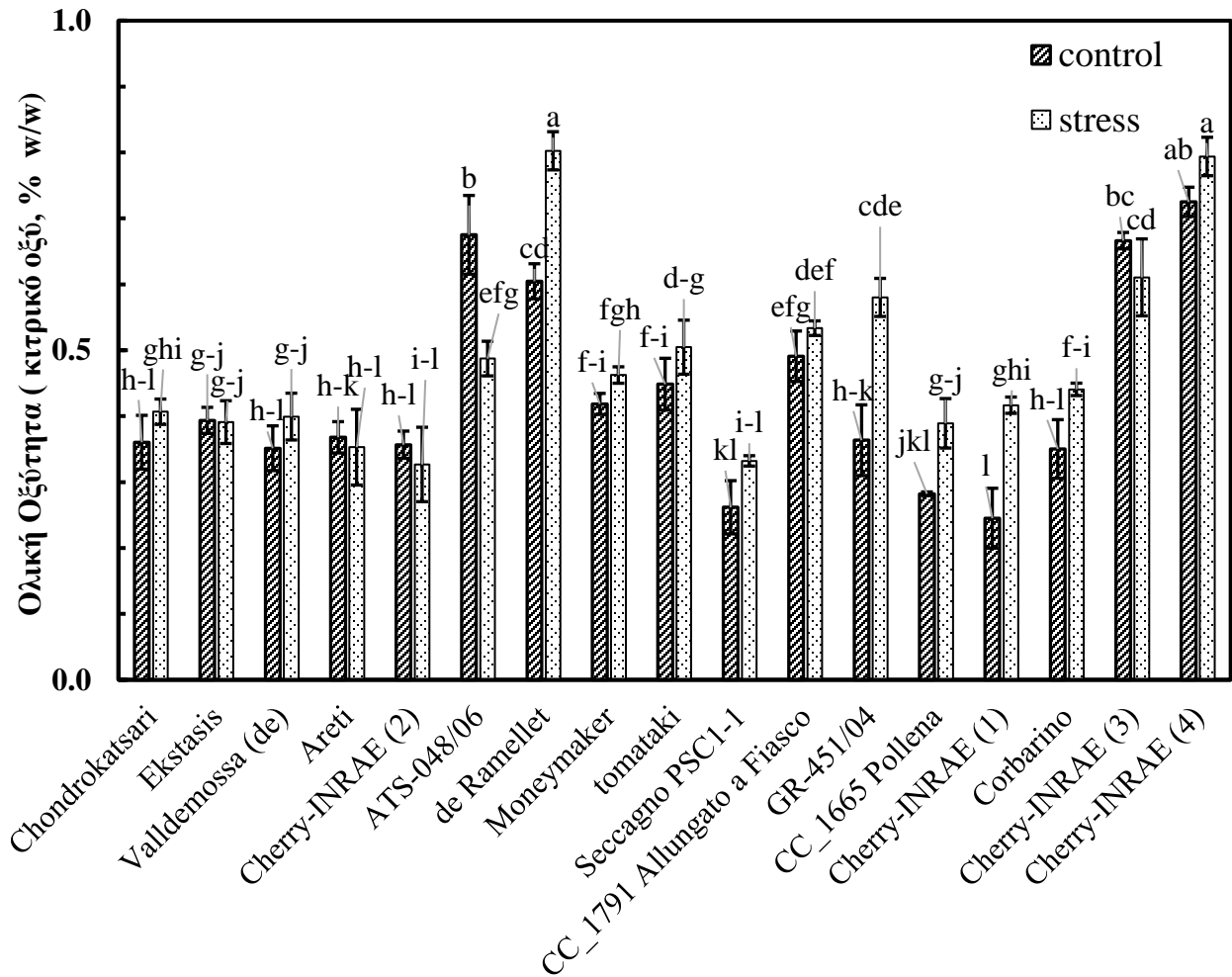
Σχήμα 3: Ολικά διαλυτά στερεά (°Brix %) των καρπών των 17 ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη των φυτών μάρτυρες.

3.4. Ολική Οξύτητα καρπών

Το Σχήμα 4 απεικονίζει την ολική οξύτητα των καρπών όλων των ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή των φυτών μάρτυρες.

Σύμφωνα με το Σχήμα 4, οι μεσόκαρπες ποικιλίες που εμφάνισαν διαφορές (p -value < 0,05) μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων είναι η ATS-048/06 και η de Ramellet, εκ των οποίων η πρώτη σημείωσε σημαντική μείωση (27,8%) των ολικών διαλυτών στερεών στους καρπούς της, ενώ η δεύτερη σημαντική αύξηση (32,7%). Οι μικρόκαρπες ποικιλίες που εμφάνισαν αύξηση είναι

η GR-451/04 (59,6%) και η Cherry-INRAE(1) (69,9%). Όλες οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν φάνηκαν να επηρεάζονται από το στρες αλατότητας σχετικά με αυτό το ποιοτικό χαρακτηριστικό.



Σχήμα 4: Ολική Οξύτητα (κιτρικό οξύ, % w/w) των καρπών των 17 ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη των φυτών μάρτυρες.

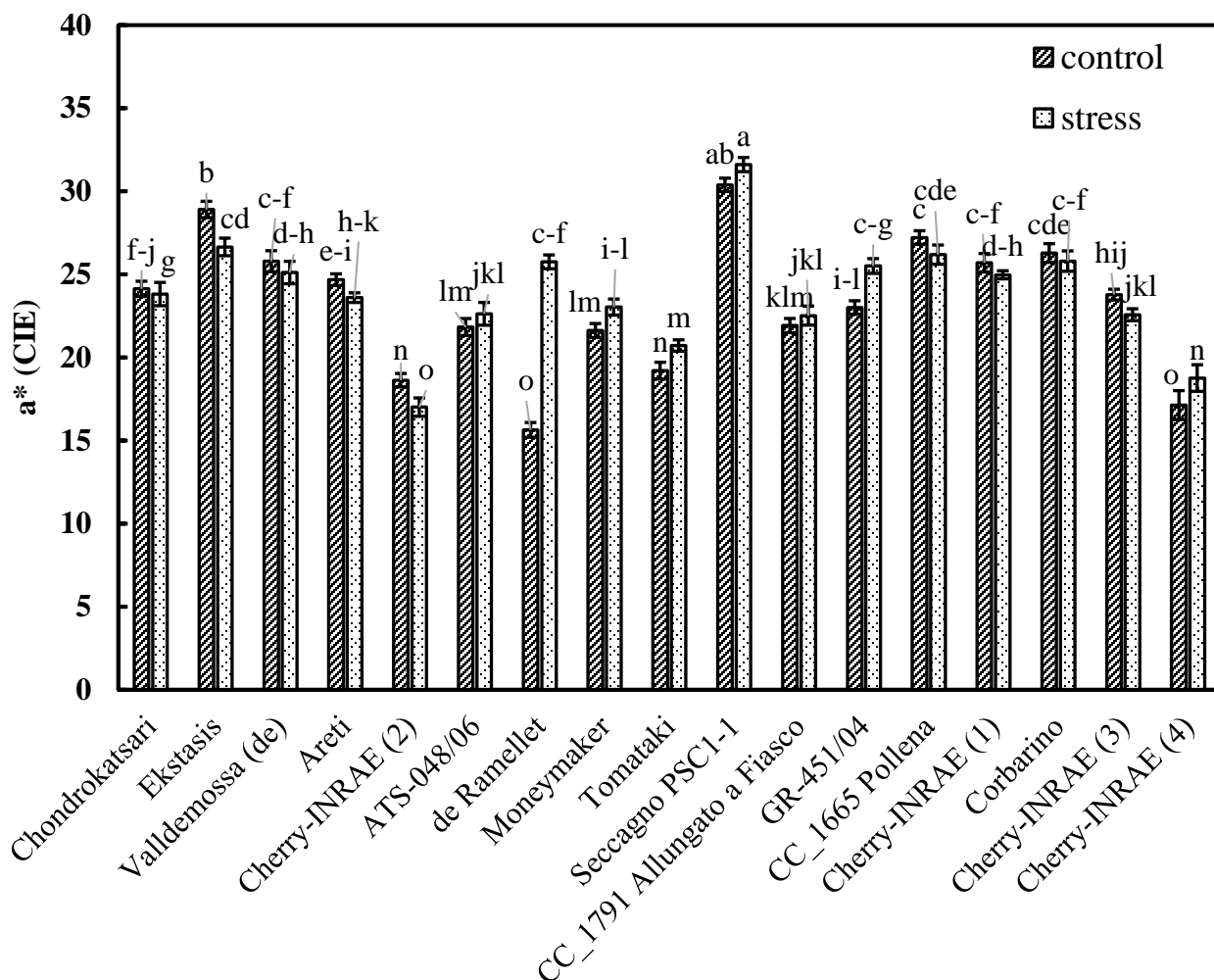
3.5 Χρώμα καρπών

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). Για την περιγραφή του χρώματος των καρπών έγινε μελέτη τριών παραμέτρων, a^* , chroma και hue.

3.5.1 Παράμετρος a^*

Η παράμετρος a^* παρέχει χρήσιμη πληροφορία σχετικά με το χρώμα των καρπών και λαμβάνει τιμές για την ντομάτα από 20 (κόκκινο) έως -5 (πράσινο). Η κόκκινη απόχρωση ξεκινά να εμφανίζεται από τιμές $a^* > 10$, ενώ η κίτρινη απόχρωση ξεκινάει να εμφανίζεται για τιμές $a^* = 0$. Ένα ενδιάμεσο στάδιο στο οποίο επικρατεί απόχρωση κίτρινου-κόκκινου η τιμή του παράγοντα a^* ισούται με 5 (Campbell et al., 1990).

Το Σχήμα 5 παρουσιάζει την ποικιλομορφία τιμών του παράγοντα a^* για όλες τις εξεταζόμενες ποικιλίες. Γενικά, παρατηρείται πως όλες οι τιμές είναι >15 , γεγονός που υποδηλώνει το κόκκινο χρώμα σε όλους τους καρπούς. Από τις μεσόκαρπες ποικιλίες μόνο μία ποικιλία, de Ramellet, φαίνεται να επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την αλατότητα, καθώς αυξάνει το παράγοντα a^* κατά 64,6%, ενώ η ποικιλία Cherry-INRAE (2) παρουσιάζει μείωση 8,6% του παράγοντα a^* λόγω της αλατότητας. Από τις μικρόκαρπες ποικιλίες, οι τοματάκι, GR-451/04 και Cherry-INRAE(4) παρουσίασαν διαφορές σημαντικές ($p < 0,05$) και αύξησαν τον παράγοντα a^* (κατά 7,9%, 10,9% και 9,5%, αντίστοιχα). Αντίθετα η ποικιλία-υβρίδιο Ekstasis έδειξε να επηρεάζεται αρνητικά από την αλατότητα σε αυτό το χαρακτηριστικό, καθώς ο παράγοντας μειώθηκε κατά 7,8% στην υπό στρες μεταχείριση σε σχέση με τη μεταχείριση με τα δείγματα μάρτυρες. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν φαίνεται να επηρεάζονται από την καταπόνηση αλατότητας σε αυτό το χαρακτηριστικό.

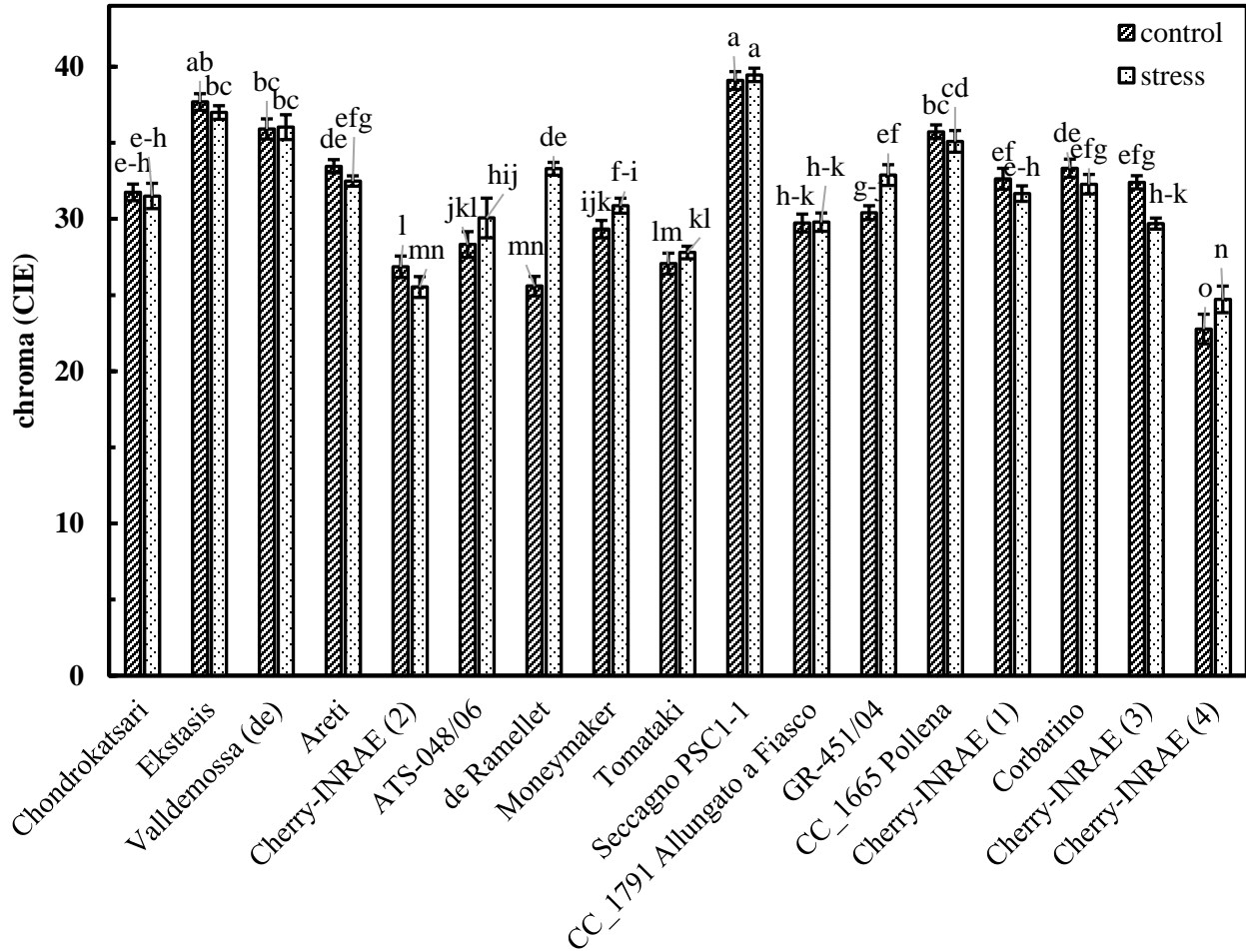


Σχήμα 5: Παράμετρος a^* (CIE) του χρώματος των καρπών των 17 ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη των φυτών μάρτυρες.

3.5.2. Παράμετρος chroma

Το Σχήμα 6 δείχνει τη δεύτερη παράμετρο χρώματος, το chroma, όλων των καρπών και των δύο μεταχειρίσεων. Παρατηρούμε ότι μόνο 4 από τις 17 ποικιλίες έδειξαν να έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της μεταχείρισης υπό στρες αλατότητας και της μεταχείρισης με τα δείγματα μάρτυρες. Από τις μεσόκαρπες ποικιλίες μόνο η de Ramellet δείχνει να επηρεάζεται και να παρουσιάζει μία αύξηση 30% του παράγοντα chroma στην υπό στρες μεταχείριση. Από τις μικρόκαρπες, αυξήσεις παρουσιάζουν οι GR-451/04 και Cherry-INRAE(4) με παρόμοια ποσοστά αύξησης (8,1% και 8,5% αντίστοιχα). Αντίθετα η ποικιλία Cherry-INRAE(3) παρουσίασε μείωση

(8,4%) λόγω της παρουσίας των 30mM NaCl στο θρεπτικό διάλυμα. Οι υπόλοιπες μικρόκαρπες δεν επηρεάστηκαν από το στρες αλατότητας σε αυτό το χαρακτηριστικό.

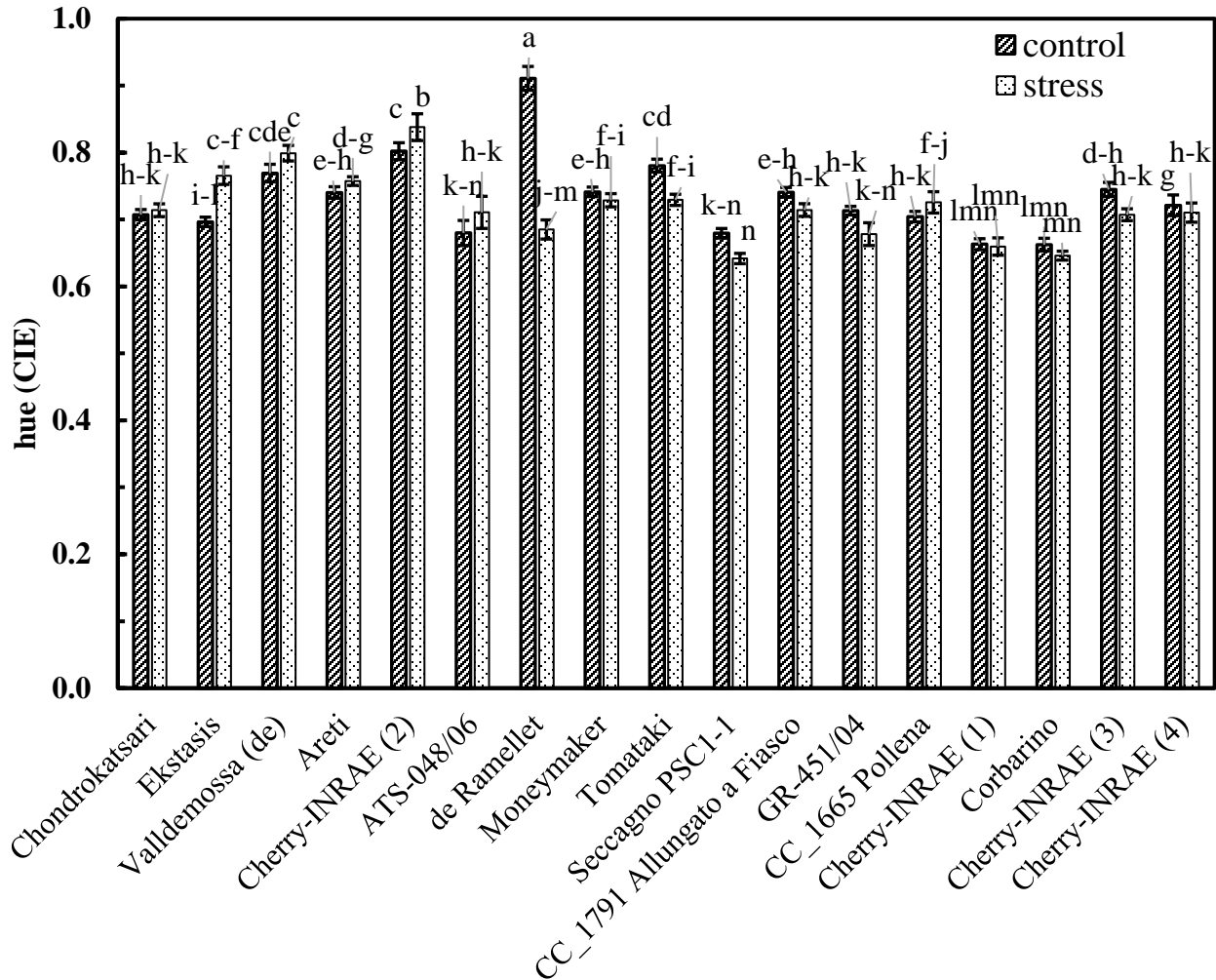


Σχήμα 7: Παράμετρος chroma (CIE) του χρώματος των καρπών των 17 ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη των φυτών μάρτυρες.

3.5.3. Παράμετρος hue

Το Σχήμα 8 παρουσιάζει την τελευταία παράμετρο του χρώματος που αναφέρεται στην απόχρωση (hue) των καρπών όλων των ποικιλιών. Παρατηρούμε ότι μόνο 4 από τις 17 ποικιλίες έδειξαν να έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της μεταχείρισης υπό στρες αλατότητας και της μεταχείρισης με τα δείγματα μάρτυρες. Οι ποικιλίες αυτές είναι οι de Ramellet και τοματάκι που έδειξαν να μειώνουν τον παράγοντα hue στην υπό στρες αλατότητας μεταχείριση κατά 24,8% και

6,5% αντίστοιχα, και οι Ekstasis και Cherry-INRAE (2) που έδειξαν να αυξάνουν τον ίδιο παράγοντα κατά 9,9% και 4,5%, αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν φάνηκαν να επηρεάζονται από τη καταπόνηση αλατότητας σε αυτό τους το χαρακτηριστικό.



Σχήμα 8: Παράμετρος hue (CIE) του χρώματος των καρπών των 17 ποικιλιών υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με την αντίστοιχη των φυτών μάρτυρες.

3.6. Συσχέτιση παραγόντων ποιότητας

Παρατηρώντας το Πίνακα 5, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών εξαρτάται από το γονότυπο και ότι κάθε ποικιλία επιδρά διαφορετικά σε αυξημένα επίπεδα αλατότητας. Παρόλα αυτά, υπογραμμίζονται οι παρακάτω παρατηρήσεις.

Πίνακας 5: Ποσοστιαίες μεταβολές που υπέστησαν τα υπό στρες αλατότητας φυτά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών τους σε σύγκριση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των φυτών μάρτυρες. Αρνητικό πρόσημο στα ποσοστά υποδηλώνει μείωση, ενώ απουσία του υποδηλώνει αύξηση. Μη ύπαρξη τιμής στα κελιά σημαίνει ότι δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Duncan Test, $P < 0,05$).

ΥΠΑΡΞΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ								
ΠΟΙΚΙΛΙΑΙΕΣ		ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	ΟΛΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ a*	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ Chroma	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ hue
ΜΕΓΑΛΟΚΑΡΠΕΣ	Chondrokatsari	-	-	-	-	-	-	-
	Valldemossa (de)	-	-	-	-	-	-	-
	Areti	-	-	-	-	-	-	-
ΜΕΣΟΚΑΡΠΕΣ	de Ramellet	-6,7%	-	40,2%	32,7%	64,6%	30%	-24,8%
	Seccagno PSC1-1	-	-	-	-	-	-	-
	ATS-048/06	-	-	-17,5%	27,8%	-	-	-
	Cherry-INRAE (2)	-	-	-	-	-8,6%	-	4,5%
ΜΙΚΡΟΚΑΡΠΕΣ (Cherry type)	CC_1791 Allungato a Fiasco	-	-	-	-	-	-	-
	Corbarino	-	-	14,4%	-	-	-	-
	CC_1665 Pollena	-	55,7%	35,8%	-	-	-	-
	τοματάκι (tomataki)	-11,6%	-	-	-	7,9%	-	-6,5%
	GR-451/04	-20,7%	40,4%	50,2%	59,6%	10,9%	8,11%	-
	Cherry-INRAE (1)	-	-	-	69,9%	-	-	-
	Cherry-INRAE (3)	-	-	-	-	-	-8,4%	-
	Cherry-INRAE (4)	-	-	7,3%	-	9,5%	8,5%	-
Υβρίδιο	Ekstasis	-6,4%	45,2%	13,1%	-	-7,8%	-	9,9%
Εμπορική	Moneymaker	-6,6%	-	-	-	-	-	-

Η προσθήκη 30mM NaCl στο θρεπτικό διάλυμα δεν φάνηκε να επηρεάζει τις μεγαλόκαρπες ποικιλίες (Chondrokatsari, Valldemossa (de) και Areti) σε κάποια ποιοτικό χαρακτηριστικό της. Επίσης, από τις μεσόκαρπες ποικιλίες, η Seccagno PSC1-1 και από τις μικρόκαρπες, η CC_1791 Allungato a Fiasco, δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κανένα ποιοτικό χαρακτηριστικό τους λόγω της παρουσίας αλατότητας, γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτές οι ποικιλίες παρουσιάζουν μία σχετικά αυξημένη ανεκτικότητα και ανθεκτικότητα στην αλατότητα. Αντίθετα, όλες οι άλλες μικρόκαρπες ποικιλίες, επηρεάστηκαν σε κάποιο βαθμό σε κάποιο ποιοτικό χαρακτηριστικό τους, από την παρουσία της αλατότητας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της διαμέτρου των καρπών, η αλατότητα δεν επηρεάζει σημαντικά τη διάμετρο των καρπών, καθώς μόνο 5 από τις 17 ποικιλίες έδειξαν να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επίσης, βάση των ποσοστών υποδεικνύεται ότι οι μεσόκαρπες ποικιλίες επηρεάζονται σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τις μικρόκαρπες, όπου τα ποσοστά είναι μεγαλύτερα. Το χαρακτηριστικό της συνεκτικότητας, δείχνει να μην επηρεάζεται σημαντικά από την αυξημένη αλατότητα στο θρεπτικό διάλυμα, καθώς μόνο 3 από τις 17 ποικιλίες εμφάνισαν να έχουν αυξηθεί τη συνεκτικότητα τους σε σχέση με τα δείγματα μάρτυρες. Όσον αφορά στη μελέτη του χρώματος των καρπών (a^* , chroma, hue), φαίνεται ότι το στρες αλατότητας επηρεάζει περισσότερο τις μικρόκαρπες ποικιλίες σε σχέση με τις μεσόκαρπες, καθώς μόνο 1 από τις 4 μεσόκαρπες ποικιλίες βελτίωσαν το χρώμα τους εξαιτίας της αλατότητας, σε σχέση με τις μικρόκαρπες που σε αρκετές, επηρεάστηκαν μία ή δύο από τις παραμέτρους.

Οι ποικιλίες που εμφανίζουν να έχουν αυξηθεί τα επίπεδα των ολικών διαλυτών στερεών στην μεταχείριση καταπόνησης, εμφανίζουν και αύξηση του παράγοντα a^* . Πιθανώς να υπάρχει μία συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών χαρακτηριστικών.

Μεταξύ των μικρόκαρπων ποικιλιών, αυτές που ευνοήθηκαν περισσότερο από την καταπόνηση αλατότητας, καθώς βελτίωσαν κάποια από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών τους, χωρίς να βλάψουν άλλα, είναι η Corbarino, η CC_1665 Pollena, η Cherry-INRAE (1) και η Cherry-INRAE (4). Η Corbarino αύξησε τη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών στους καρπούς της, ενώ η CC_1665 Pollena πέρα από την αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών, αύξησε σε μεγάλο βαθμό και τη συνεκτικότητα των καρπών της. Επίσης, η Cherry-INRAE (1) εμφανίζεται να έχει αρκετά μεγάλη αύξηση στη συγκέντρωση του κιτρικού οξέος (69,9%) σε

σχέση με τα δείγματα μάρτυρες και η Cherry-INRAE (4) παρουσιάζει αυξημένη συγκέντρωση ολικών διαλυτών στερεών και πιο έντονο κόκκινο χρώμα.

Οι de Ramellet και η Ekstasis, που φαίνεται να βελτιώνουν αρκετά χαρακτηριστικά τους αλλά ταυτόχρονα η αλατότητα επιδρά αρνητικά στη διάμετρο των καρπών τους. Πιο συγκεκριμένα, η de Ramellet εμφανίζει σχεδόν όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της βελτιωμένα με σχετικά υψηλά ποσοστά, αλλά εμφανίζει επίσης και μία σχετικά μικρή μείωση στη διάμετρο των καρπών της. Παρόμοια εικόνα παρουσιάζει και η υβριδική ποικιλία Ekstasis.

Ακολουθεί η μικρόκαρπη ποικιλία GR-451/04, η οποία σύμφωνα με τα αποτελέσματα δείχνει να έχει βελτιώσει σχεδόν όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της σημαντικά ως απόκριση στην παρουσία 30mM NaCl στο θρεπτικό διάλυμα, αλλά παράλληλα εμφανίζει να έχει και σημαντική μείωση της διαμέτρου των καρπών της. Η ποικιλία τοματάκι ενώ δείχνει να έχει βελτίωση στο χρώμα, αποκτώντας πιο έντονο κόκκινο, παράλληλα δείχνει να επηρεάζεται η διάμετρος των καρπών της και να προκαλείται μείωση αυτής. Τέλος, οι ποικιλίες Cherry-INRAE(2) και Cherry-INRAE(3), φαίνεται πως επηρεάζονται μόνο στο χρώμα, όσον αφορά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, και πιο συγκεκριμένα, φαίνεται να έχουν μειωμένες τιμές στον παράγοντα a^* και παράγοντα chroma, αντίστοιχα, σε σχέση με τα δείγματα μάρτυρες.

Τέλος, οι ποικιλίες που όχι μόνο δεν κατάφεραν να βελτιώσουν κανένα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, αλλά ζημιώθηκαν μάλιστα σε μερικά από αυτά, είναι η ATS-048/06 η οποία παρουσιάζεται με μικρότερες συγκεντρώσεις ολικών διαλυτών στερεών και ολικής οξύτητας και η εμπορική ποικιλία Moneymaker, η οποία παρουσίασε μία μείωση στη διάμετρο των καρπών.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ : 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ : 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αλατότητα είναι ένα φαινόμενο που συναντάται στη φύση εδώ και πολλούς αιώνες, πολύ πιο πριν από την εμφάνιση του ανθρώπου και της γεωργίας. Σχεδόν το 75% της επιφάνειας της γης καλύπτονται από θαλασινό νερό. Ενδιαφέρον για τη γεωργία, παρουσιάζουν οι περιοχές που υπέστησαν δευτερογενή αλάτωση, γεγονός που οφείλεται στις διάφορες καλλιεργητικές τεχνικές και στην άρδευση. Σήμερα περίπου το 20% της καλλιεργούμενης γης παγκοσμίως και περίπου το 50% των αρδευόμενων περιοχών επηρεάζεται δυσμενώς από την υψηλή συγκέντρωση αλάτων (Zhu, 2001).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις των ιόντων Na^+ έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα φυτά. Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν στην αύξηση της ωσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος, με αποτέλεσμα η απορρόφηση νερού από το φυτό να δυσχεραίνεται και έτσι να δημιουργείται συγκέντρωση τοξικών ιόντων χλωριούχου νατρίου NaCl στους φυτικούς ιστούς. Αυτό μπορεί να προκαλέσει έως και ξήρανση των φυτικών ιστών, ακόμα και έλλειψη θρεπτικών στοιχείων λόγω ανταγωνισμού των ιόντων και την εμφάνιση τροφοπενιών (Γιαννόπουλος, 2010).

Στο θερμοκήπιο, το πρόβλημα της αλατότητας εντοπίζεται σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό. Η έλλειψη βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με την αυξανόμενη προσθήκη νερού άρδευσης κακής ποιότητας και των υψηλότερων θερμοκρασιών που επικρατούν, συμβάλλουν στην ένταση του φαινομένου με αποτέλεσμα να καθιστά ακόμη πιο δύσκολη την έκπλυση των αλάτων (Magan et al., 2008). Προβλήματα αλατότητας εντοπίζονται και σε υδροπονικά συστήματα καλλιεργειών λόγω της συσσώρευσης αλάτων που περιέχονται στο θρεπτικό διάλυμα. Η αλατότητα στα μικρού όγκου υποστρώματα ανάπτυξης της ρίζας που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι ιδιαίτερα έντονη, καθώς η συσσώρευση των αλάτων είναι ταχύτερη σε μικρό χρονικό διάστημα. Ιδιαίτερα, όταν οι καλλιέργειες αναπτύσσονται σε κλειστά συστήματα, λόγω της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, η συσσώρευση των αλάτων πραγματοποιείται με μεγάλη ταχύτητα (Sonnenveld et al., 1999).

Η αλατότητα είναι ένα ευρέως διαδεδομένο και εξαιρετικά σημαντικό πρόβλημα για τη πλειοψηφία των καλλιεργούμενων ειδών, εξαιτίας των αρνητικών της επιδράσεων τόσο στην ανάπτυξη του φυτού, όσο και στην απόδοση της παραγωγής (Van Zelm et al., 2020). Το στρες αλατότητας προκαλεί έντονη ιοντική τοξικότητα στη ριζόσφαιρα, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε

μειωμένη ανάπτυξη ολόκληρου φυτού. (Ibrahim et al., 2015). Τα φυτά, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι συνθήκες αυξημένης αλατότητας, εφαρμόζουν μία πληθώρα μορφολογικών, φυσιολογικών και βιοχημικών προσαρμογών, με την επίδραση του αναπτυξιακού σταδίου και των επιπέδων αλατιού να είναι κρίσιμης σημασίας για την αποτελεσματικότητα του ενεργοποιημένου αμυντικού μηχανισμού για τον μετριασμό των αρνητικών επιδράσεων από το στρες (Acosta-Motos et al., 2017). Η προσαρμοστικότητα των σποροφύτων σε καταπόνηση αλατότητας μπορεί να επιφέρει και υψηλότερη ανεκτικότητα στην αλατότητα σε πιο ανεπτυγμένα στάδια ανάπτυξης του φυτού (Zaki et al., 2016).

Άγρια είδη τομάτας αλλά και παραδοσιακές ποικιλίες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη βελτίωση της ανεκτικότητας στην αλατότητα των σύγχρονων ποικιλιών (Massareto et al., 2018; Razali et al., 2018). Η τομάτα θεωρείται ένα φυτό μέτριας ευαισθησίας στην αλατότητα και τα επίπεδα ανεκτικότητας του φυτού παρουσιάζουν μεγάλο εύρος και εξαρτάται από το γονότυπο (Zaki et al., 2016)

Σε αυτό το πείραμα έγινε μελέτη για το πώς ανταποκρίνονται 17 διαφορετικές ποικιλίες τομάτας (15 παραδοσιακές, μία εμπορική, μία ποικιλία υβρίδιο) υπό την επίδραση αλατούχας καταπόνησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών τους. Για να διαπιστωθεί η επίδραση της αλατότητας, κάθε ποικιλία καλλιεργήθηκε ταυτόχρονα με εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος χωρίς προσθήκη NaCl (μάρτυρας-0,5mM NaCl) και θρεπτικού διαλύματος με συγκέντρωση 30mM NaCl. Με βάση τα αποτελέσματά της μελέτης, οι διάφοροι γονότυποι της τομάτας διέφεραν σημαντικά ως προς την απόκριση τους στην καταπόνηση άλατος.

Όσον αφορά στα αποτελέσματα της διαμέτρου των καρπών, φάνηκε να παρατηρείται μία τάση για μείωση της διαμέτρου υπό συνθήκες καταπόνησης, αλλά μόνο τρεις από τις ποικιλίες (Ekstasis, de Ramellet (μεσόκαρπη), Moneymaker) και δύο από τις μικρόκαρπες ποικιλίες (τοματάκι και GR-451/04) φαίνεται να επηρεάστηκαν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό (p -value < 0,05). Από αυτές, μεγαλύτερο πρόβλημα στη μείωση της διαμέτρου φάνηκαν να έχουν οι μικρόκαρπες ποικιλίες σε σχέση με τις μεσόκαρπες, όπως υποδηλώνεται από τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης της διαμέτρου (-11,6% & -20,7% στις μικρόκαρπες, έναντι -6,4%, -6,7% & -6,6% των μεσόκαρπων ποικιλιών).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συνεκτικότητας των καρπών της παρούσας μελέτης, μόνο τρεις ποικιλίες από τις δεκαεφτά, φάνηκαν να επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά, γεγονός

που υποδηλώνει ότι η συνεκτικότητα ίσως είναι ένα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που δεν επηρεάζεται σημαντικά υπό την παρουσία αυξημένης αλατότητας (30 mM NaCl) στο θρεπτικό διάλυμα. Παρόλα αυτά, οι τρεις ποικιλίες που επηρεάστηκαν, αύξησαν τη συνεκτικότητα τους σημαντικά σε σχέση με τα φυτά μάρτυρες. Η ποικιλία CC_1665 Pollena (μικρόκαρπη) παρουσίασε σκληρότερους καρπούς κατά 56% σε σχέση με το μάρτυρα, η ποικιλία υβρίδιο Ekstasis κατά 45% και η GR-451/04 (μικρόκαρπη) κατά 40%.

Από τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά της τομάτας θεωρείται αυτό των ολικών διαλυτών στερεών (TSS), καθώς συνδέεται άμεσα με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του καρπού. Είναι γνωστό από βιβλιογραφία, ότι η έκθεση των φυτών της τομάτας σε θρεπτικό διάλυμα υψηλής αλατότητας, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας και των ολικών διαλυτών στερεών με την αυξανόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα οποία βελτιώνουν την ποιότητα των καρπών (Cuartero and Fernandez-Munoz, 1999; Brasiliano et al., 2006; Magan et al., 2008). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, μόνο έξι από τις δεκαεφτά ποικιλίες φάνηκαν να επηρεάζονται σημαντικά ($p < 0,05$) και να αυξάνουν τα Brix τους. Τα ολικά διαλυτά στερεά στην τομάτα σχετίζονται άμεσα με τα ολικά σάκχαρα ((Hayashi et al., 2014; Johnstone et al., 2005), γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ποικιλίες με υψηλούς βαθμούς Brix, έχουν και υψηλή συγκέντρωση σακχάρων επομένως και αυξημένη γλυκύτητα. Ενώ οι υπόλοιπες ποικιλίες φαίνεται να είναι αρκετά ανεκτικές στην αλατότητα. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η περαιτέρω μελέτη των ποικιλιών αυτών σε υψηλότερες τιμές αλατότητας.

Σε νωπούς καρπούς τομάτας, τα ολικά διαλυτά στερεά κυμαίνονται σε εύρος 4,5-8,5% (Andre et al., 2005). Στο πείραμα βρέθηκε ότι όλες οι ποικιλίες εκτός των Seccagno PSC1-1 και Cherry-INRAE(2), βρίσκονται μέσα σε αυτά τα όρια τόσο τα δείγματα μάρτυρες, όσο και τα φυτά υπό στρες. Αξιοσημείωτη είναι η αύξηση της ποικιλίας GR-451/04 η οποία έδωσε 9 °Brix στην υπό στρες μεταχείριση (50% αύξηση σε σχέση με το μάρτυρα), που ήταν και η υψηλότερη τιμή που καταγράφηκε από τις συγκεκριμένες ποικιλίες. Υψηλά ποσοστά ολικών διαλυτών στερεών παρουσίασε και η de Ramellet 8,2 °Brix (40% αύξηση σε σχέση με το μάρτυρα). Αν οι παραδοσιακές ποικιλίες δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τις σύγχρονες ποικιλίες-υβρίδια στη απόδοση της παραγωγής σύμφωνα με τους Jenkins, 1948, Caro et al., 1991 και Brugarolas et al., 2009, μπορούν να παρέχουν διαφορετική γεύση και θρεπτικές ιδιότητες, καθώς αποτελούν μία

πηγή γενετικής παραλλακτικότητας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε προγράμματα διασταυρώσεων ποικιλιών.

Σε καταπόνηση αλατότητας, η αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών φαίνεται να συνδέεται με αύξηση των ολικών σακχάρων, μείωση του περιεχόμενου νερού στο καρπό και μειωμένο μέγεθος κυττάρων του καρπού, τα οποία προκαλούν συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών (Mitchell et al., 1991; Saito et al., 2008). Αυξημένες τιμές των ολικών διαλυτών στερεών και της οξύτητας είναι μία από τις ενεργές προσαρμογές του φυτού στην υψηλή αλατότητα ώστε να διατηρήσει τη πρόσληψη νερού υπό συνθήκες οσμωτικής καταπόνησης (Hasegawa et al., 2000).

Η ολική οξύτητα των καρπών αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα ποιότητας, καθώς η συνολική οργανοληπτική ποιότητα συνδέεται στενά με αυτή. Το κιτρικό οξύ είναι το κυριότερο οργανικό οξύ που περιέχεται στις ώριμες τομάτες σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 40-90% (Dorais et al., 2010). Είναι αποδεδειγμένο ότι το στρες αλατότητας αυξάνει την περιεχόμενη ποσότητα οξύτητας του καρπού (Zhang et al., 2016), γεγονός που παρατηρήθηκε και σε ορισμένες ποικιλίες αυτού του πειράματος. 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. Μόνο τέσσερις από τις δεκαεφτά υπό μελέτη ποικιλίες έδωσαν στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι τιμές τόσο των δειγμάτων μάρτυρες όσο και των υπό στρες, κυμάνθηκαν μεταξύ 0,4-0,8% κιτρικού οξέος w/w. Η ποικιλία που σημείωσε την υψηλότερη τιμή ήταν η de Ramellet με 0,8% κιτρικού οξέος (αύξηση 33% σε σχέση με το μάρτυρα). Εντυπωσιακές είναι και οι αυξήσεις στις μικρόκαρπες ποικιλίες, όπου η Chery-INRAE(1) σημείωσε 70% αύξηση και η GR-451/04 60%.

Καρποί με υψηλή οξύτητα και συγκέντρωση σακχάρων θεωρούνται ως αυτά με τη πληρέστερη γεύση. Αντίθετα, καρποί με την υψηλή οξύτητα αλλά χαμηλή συγκέντρωση σακχάρων παρουσιάζουν στυφή γεύση, ενώ καρποί με υψηλή συγκέντρωση σακχάρων χωρίς οξύτητα χαρακτηρίζονται ως άγευστοι (Grierson and Kader, 1986). Οι ποικιλίες τομάτας και ειδικότερα οι παραδοσιακές ποικιλίες τείνουν να εμφανίζουν σημαντική διαφοροποίηση στις αναλογίες σακχάρων-οξύτητας των καρπών τους (Casals et al., 2015).

Η ένταση της γλυκιάς γεύσης των καρπών της τομάτας είναι ανάλογη των ολικών διαλυτών στερεών (TSS) και αντιστρόφως ανάλογη της ολικής οξύτητας (TA), σύμφωνα με 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 ολικών διαλυτών στερεών και της ολικής οξύτητας 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).

Το χρώμα ασκεί ισχυρή επιρροή στην τελική απόφαση αγοράς του καταναλωτή, καθώς η μέγιστη οργανοληπτική ποιότητα των καρπών τομάτας συμβαίνει όταν οι καρποί φτάσουν στο στάδιο πλήρους κόκκινου χρώματος αλλά πριν από την υπερβολική μαλάκωση του (Lopez-Camelo and Gomez, 2004). Το χρώμα στο καρπό της τομάτας είναι αποτέλεσμα της αποσύνθεσης της χλωροφύλλης και της σύνθεσης και συγκέντρωσης των καροτενοειδών. Το κύριο καροτενοειδές στις ώριμες τομάτες είναι το λυκοπένιο (70-83% των συνολικών καροτενοειδών) (Perveen et al., 2015).

Από τις παραμέτρους του χρώματος σε αυτή την έρευνα μελετήθηκαν οι παράμετροι a^* , chroma και ο hue. Όσον αφορά στον παράγοντα a^* , όσο πιο υψηλό a^* έχει μία ποικιλία τόσο πιο έντονο κόκκινο χρώμα έχει. Λαμβάνει τιμές, για την ντομάτα, από 20 (κόκκινο) έως -5 (πράσινο). Η κόκκινη απόχρωση ξεκινά να εμφανίζεται από τιμές $a^* > 10$, ενώ η κίτρινη απόχρωση ξεκινάει να εμφανίζεται για τιμές $a^* = 0$. Ένα ενδιάμεσο στάδιο στο οποίο επικρατεί απόχρωση κίτρινου-κόκκινου η τιμή του παράγοντα a^* ισούται με 5 (Campbell et al., 1990).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, παρατηρείται πως όλες οι τιμές είναι >15 , γεγονός που υποδηλώνει το κόκκινο χρώμα σε όλους τους καρπούς. Από τις υπό μελέτη ποικιλίες, η de Ramellet (μεσόκαρπη), αύξησε κατά 65% τον παράγοντα a^* , βελτιώνοντας, έτσι, πολύ το κόκκινο χρώμα της. Άλλες ποικιλίες, που βελτίωσαν το χρώμα τους είναι από τις μικρόκαρπες οι GR-451/04 (αύξηση 10,9%), τοματάκι (αύξηση 7,9%) και Cherry-INRAE (4) (αύξηση 8,5%). Αντίθετα, η ποικιλία Ekstasis και η ποικιλία Cherry-INRAE (3), φάνηκαν να

ζημιώνονται στο χαρακτηριστικό αυτό, έχοντας λιγότερο έντονο κόκκινο χρώμα, σε σχέση με το μάρτυρα, κατά 7,8% και 8,6%, αντίστοιχα.

Επίσης, βάσει των δεδομένων της παρούσας μελέτης, φαίνεται να υπάρχει πιθανή συσχέτιση του παράγοντα a^* με τη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών, καθώς ποικιλίες που αύξησαν τη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών τους, παρουσίασαν και αύξηση του παράγοντα a^* .

Όσον αφορά στον παράγοντα chroma, υποδεικνύεται έτσι η ένταση και η καθαρότητα του χρώματος του καρπού. Δηλαδή όσο πιο ψηλές τιμές του παράγοντα chroma έχει μία ποικιλία, τόσο πιο έντονο, πιο λαμπερό και πιο καθαρό κόκκινο χρώμα έχει, ενώ αντίθετα χαμηλότερες τιμές υποδηλώνουν πιο θαμπό κόκκινο χρώμα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης τρεις ποικιλίες αύξησαν τα ποσοστά του παράγοντα chroma, παράγοντας πιο λαμπερούς και εντονότερου κόκκινου χρώματος καρπούς. Πιο συγκεκριμένα, η ποικιλία de Ramellet, παρουσίασε τη μεγαλύτερη αύξηση (30% σε σχέση με τον μάρτυρα) και ακολούθησαν οι μικρόκαρπες ποικιλίες GR-451/04 και Cherry-INRAE (4) με παρόμοια αύξηση (8,11% και 8,5% αντίστοιχα). Μόνο μία από τις ποικιλίες, Cherry-INRAE (3), φάνηκε να επηρεάζεται αρνητικά από την αλατότητα σε αυτό το χαρακτηριστικό, καθώς παρουσίασε μείωση κατά 8,4% σε σχέση με το μάρτυρα, παράγοντας έτσι καρπούς με πιο θαμπό χρώμα.

Όσον αφορά στον παράγοντα hue, εκφράζεται έτσι το χρώμα (π.χ. red, orange, yellow, green, blue, indigo, violet) (Εικόνα 27). Οι κατηγορίες προκύπτουν συνήθως από τα κυρίαρχα μήκη κύματος του φωτός ενώ στην πραγματικότητα, περιγράφουν ευρύτερες οικογένειες χρωματικών τόνων του ορατού φάσματος. Καθώς ο παράγοντας αυτός υπολογίζεται από την εξίσωση $hue = \tan^{-1}(b^*/a^*)^2$, συμπεραίνουμε ότι οι τιμές του παράγοντα hue είναι αντιστρόφος ανάλογες από τις τιμές του παράγοντα a^* . Καθώς οι τιμές του a^* αυξάνονται, οι τιμές του hue μειώνονται, δηλαδή καθώς οι καρποί της τομάτας αποκτούν πιο κόκκινο χρώμα, σύμφωνα με την Εικόνα 27, η γωνία που σχηματίζεται από τις παραμέτρους chroma και a^* (hue), τείνει να μικραίνει και αντίστροφα. Επομένως, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, οι ποικιλίες στις οποίες αυξήθηκε ο παράγοντας a^* (de Ramellet και τοματάκι), εμφάνισαν αρνητικές τιμές στον παράγοντα hue και αντίστροφα, ποικιλίες στις οποίες μειώθηκε ο παράγοντας a^* (Ekstasis και Cherry-Inrae (2)), λόγω της αυξημένης αλατότητας, εμφάνισαν να αυξάνουν τις τιμές του παράγοντα hue.

Κάτω από τις συγκεκριμένες πειραματικές συνθήκες, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πέντε από τις δεκαεφτά ποικιλίες, Chondrokatsari, Valldemossa (de), Areti, CC_1791 Allungato a Fiasco και Seccagno PSC1_1, ήταν οι πιο ανθεκτικές και ανεκτικές στην αλατότητα ποικιλίες, καθώς σε αυτή τη ποσότητα αλατότητας (30mM NaCl) δεν μεταβλήθηκε στατιστικώς σημαντικά κανένα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Συμπέρασμα αυτού, είναι ότι οι συγκεκριμένες ποικιλίες μπορούν να καλλιεργούνται σε περιοχές, όπου παρουσιάζονται προβλήματα αλατότητας στο έδαφος ή στο αρδευόμενο νερό, χωρίς να ζημιώνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Επιπλέον, θα μπορούσαν να ερευνηθούν περαιτέρω αυτές οι ποικιλίες, σχετικά με την ανεκτικότητα τους και τη πιθανή βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους σε αυξημένες τιμές αλατότητας από του πειράματος (αλατότητα > 30mM NaCl).

Οι μικρόκαρπες ποικιλίες Corbarino, CC_1665 Pollena, Cherry-INRAE (1) και Cherry-INRAE (4), ήταν οι ποικιλίες που λόγω της αλατότητας βελτίωσαν κάποια από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, χωρίς να υπάρχει μείωση στο μέγεθος τους. Πιο συγκεκριμένα, η Corbarino αύξησε τη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών στους καρπούς της, ενώ η CC_1665 Pollena πέρα από την αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών, αύξησε σε μεγάλο βαθμό και τη συνεκτικότητα των καρπών της. Επίσης, η Cherry-INRAE (1) εμφανίζεται να έχει αρκετά μεγάλη αύξηση στη συγκέντρωση του κιτρικού οξέος (69,9%) σε σχέση με τα δείγματα μάρτυρες και η Cherry-INRAE (4) παρουσιάζει αυξημένη συγκέντρωση ολικών διαλυτών στερεών και πιο έντονο κόκκινο χρώμα.

Η μεσόκαρπη ποικιλία de Ramellet, η ποικιλία-υβρίδιο Ekstasis και η μικρόκαρπη GR-451/04, ήταν οι ποικιλίες που ενώ ευνοήθηκαν σημαντικά πολλά από τα υπό μελέτη ποιοτικά χαρακτηριστικά, έδειξαν ότι η αλατότητα επηρεάζει και το μέγεθος τους σε ένα βαθμό, με μεγαλύτερη μείωση μεγέθους αυτή της GR-451/04 (20,7% σε σχέση με το μάρτυρα). Αντίθετα, τη μικρότερη ανεκτικότητα στην αλατότητα έδειξαν να έχουν οι ποικιλίες ATS-048/06 (μεσόκαρπη) και Moneymaker και Cherry-INRAE (2) και Cherry-INRAE (3), οι οποίες σε συνθήκες 30mM NaCl όχι μόνο δεν βελτίωσαν κάποιο χαρακτηριστικό τους, αλλά επηρεάστηκαν αρνητικά σε κάποιο άλλο τους. Πιο συγκεκριμένα, η ποικιλία ATS-048/06 παρουσίασε μείωση των ολικών διαλυτών στερεών (17,5% σε σχέση με το μάρτυρα) και της ολικής οξύτητας (27,8% σε σχέση με το μάρτυρα) λόγω της αλατότητας και η ποικιλία Moneymaker μείωση στη διάμετρο της (6.6% σε σχέση με το μάρτυρα). Η ποικιλία Cherry-INRAE (2) έδειξε να επηρεάζεται

αρνητικά κατά 8,6% στον παράγοντα a* του χρώματος σε σχέση με το μάρτυρα, λόγω της καταπόνησης άλατος, ενώ αντίστοιχα η ποικιλία Cherry-INRAE (3) μείωσε κατά 8.4% τον παράγοντα chroma του χρώματος, σε σχέση με το μάρτυρα.

Καταλήγοντας, λόγω την γενετικής διάβρωσης που υφίσταται αυτό το κηπευτικό είδος, η επαναφορά τοπικών και καλά προσαρμοσμένων παραδοσιακών ποικιλιών, θα μπορούσε να παίξει σημαντικό ρόλο στην αποφυγή, τουλάχιστον εν μέρη, των απωλειών της παραγωγής και της βελτίωσης της ποιότητας των καρπών (Massaretto et al., 2018). Σύμφωνα με τα ευρήματα αυτής της μελέτης, αυτές οι παραδοσιακές ποικιλίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν στο μέλλον, πιθανό γενετικό υλικό για προγράμματα βελτίωσης και/ή φυτικό υλικό για εμβολιασμούς. Ο Moles et al. (2019) έχει αναφέρει την πιθανή χρήση των παραδοσιακών ποικιλιών για μελλοντική έρευνα και εύρεση των γενετικών χαρακτηριστικών και μηχανισμών που συνεισφέρουν στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και στην καλύτερη αντιμετώπιση του φυτού τομάτας απέναντι στην καταπόνηση αλατότητας. Επίσης, μεταβολίτες και άλλα δευτερογενή αντιοξειδωτικά εμπλέκονται στη διαδικασία προσαρμογής του φυτού στην καταπόνηση αλατότητας, για αυτό το λόγο οι παραδοσιακές ποικιλίες δείχνουν να έχουν σχετικά υψηλή ανεκτικότητα στην αλατότητα (Sumalan et al., 2020).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δροσινού Ι., Θανόπουλος Ρ., Μπεμπέλη Π., Οικονόμου Α., Παπά Ε., 2014. <<Καταγραφή και συλλογή τοπικών ποικιλιών σε χωριά και οικισμούς πέντε τέως Δήμων της Μεσσηνίας>>. Έκθεση Προόδου Α'. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού. Αθήνα.

Θανόπουλος Ρ., Σαμαράς Στ., Γανίτης Κ., Γκατζελάκη Χ., Κόταλη Ε., Ψαρρά Ε., Κυπριωτάκης Ζ., Τζιτζικας Ε.Ν., Καλαιτζής Π., Τερζόπουλος Π.Ι., Μπεμπέλη Π.Ι. 2008. Τοπικές ποικιλίες καλλιεργούμενων ειδών στην Κρήτη με έμφαση στα κηπευτικά. Ένα δυναμικό για πολλαπλή αξιοποίηση. Γεωργία-Κτηνοτροφία 9:42-47.

Κατσογιάννη, Α., 2010. Μεταπτυχιακή Μελέτη «. Μεταβολή Φυσιολογικών, Μηχανικών Και Λοιπών Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Συντηρούμενης Τομάτας Βιολογικής Καλλιέργειας.

Νεοκλέους, Δ., 2014. Εγχειρίδιο Υδροπονίας, Εκπαιδευτικό Κέντρο Υδροπονίας ΙΓΕ. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών. Λευκωσία, 2014.

Ολύμπιος, Χ. 2019. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις: Σταμούλη, Αθήνα. ISBN: 978-618-5304-30-0

Ολύμπιος, Χ. Μ., 2015. Η τεχνική της καλλιέργειας των υπαίθριων κηπευτικών. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.

Σάββας, Δ., 2012. Καλλιέργειες εκτός εδάφους: Υδροπονία, Υποστρώματα. Αθήνα, Εκδόσεις ΑγρόΤύπος.

Σάββας, Δ., 2014. Πρόλογος. Εγχειρίδιο Υδροπονίας, Εκπαιδευτικό Κέντρο Υδροπονίας ΙΓΕ. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών. Λευκωσία, 2014.

Σάββας, Δ., 2016. Γενική Λαχανοκομία. Εκδόσεις Πεδίο, Αθήνα, 2016, σελ. 706.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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.

Acosta-Motos, J.R.; Ortuño, M.F.; Bernal-Vicente, A.; Diaz-Vivancos, P.; Sanchez-Blanco, M.J.; Hernandez, J.A. 2017. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy* **2017**, 7, 18.

Adams P, 1990. Effects of watering on the yield, Quality and composition of tomatoes grown in bags of peat. *J. Hort. Sci.* 65: 667-674.

Adams, P., 2002. Nutritional control in hydroponics. In: *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals.* (Savvas, D. and Passam, H.C., Eds.). Embryo Publications, Athens, Greece, 211-261.

Adams, P., 2002. Nutritional control in hydroponics. In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds.). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals.* Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 211-261.

Albacete A, Ghanem ME, Martinez-Andujar C, Acosta M and Sanchez-Bravo J, 2008. Hormonal changes in relation to biomass partitioning and shoot growth impairment in salinized tomato (*Solanum lycopersicum L.*) plants. *J. Exp. Bot.* 59: 4119-4131.

Al-Harbi AR, Wahb-Allah MA and Al-Omran AM, 2009. Effects of salinity and irrigation management on growth and yield of tomato grown under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 807: 201-206.

Al-Karaki GN, 2000. Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. *J. Plant Nutr.* 23: 369-379.

Al-Omran AM, Al-Harbi AR, Wahb-Allah MA Alwabel MA, Nadeem M and Eleter A, 2012. Management of Irrigation water salinity in greenhouse tomato production under calcareous sandy soil and drip Irrigation. *J. Agric. Sci. Technol.*14: 939-950.

- André A, Maucourt M, Moing A, Rolin D, Renaudin J, 2005. Sugar import and phytopathogenicity of *Spiroplasma citri*: Glucose and fructose play distinct roles. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 18(1):33-42. <https://doi.org/10.1094/MPMI-18-0033>
- 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.
- Ashraf MY and Bhatti AS, 2000. Effect of salinity on growth and chlorophyll content in rice. *Pak. J. Ind. Res.* 43: 130-131.
- Azarmi R, Taleshmikail RD and Gikloo A, 2010. Effects of salinity on morphological and physiological changes and yield of tomato in hydroponics system. *J. Food Agric. Environ.* 8(2): 573-576.
- Bellon, M.R., Berthaud, J., Smale, M., 2003. Participatory landrace selection for on-farm conservation: An example from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50, 401–416. <https://doi.org/10.1023/A:1023967611495>
- 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
- Bolarin MC, Cuartero EG, Cruz V and Cuartero J., 1991. Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yieldsalinity response curves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116: 286-290.
- Bolarin MC, Perez-Alfocea F, Cano EA, Estan MT and Carol M., 1993. Growth, fruit yield and ion concentration in tomato genotypes after pre- and post-emergence salt treatments. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118: 655-660.
- 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.

- Brasiliano CCA, Dantas FP, Gheyi HR, Favaro BF, Belém GC, Ferreira CSA, 2006. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Scientia Agricola* 63(2):146-152. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000200006>
- Brugarolas M, Martínez-Carrasco L, Martínez-Poveda A, Ruiz JJ., 2009. A competitive strategy for vegetable products: traditional varieties of tomato in the local market. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(2):294-304. <https://doi.org/10.5424/sjar/2009072-420>
- Bustomi Rosadi RA, Senge MSTR, Suhandy D and Tusi A., 2014. The Effect of EC Levels of Nutrient Solution on the Growth, Yield, and Quality of Tomatoes (*Solanum Lycopersicum*) under the Hydroponic System. *J. Agric Eng. Biotechnol.* 2(1): 7-12.
- Camacho-Villa, Tania Carolina & Maxted, Nigel & Scholten, Mandy & Ford-Lloyd, Brian., 2005. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization.* 3. 373 - 384. 10.1079/PGR200591.
- Camelo, A.L., Gómez, P., 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Hortic. Bras.*
- Caro M, Cruz V, Cuartero J, Estañ MT, Bolarin MC, 1991. Salinity tolerance of normal-fruited and cherry tomato cultivars. *Plant and Soil* 136:249-255. <https://doi.org/10.1007/BF02150056>
- Casals MJ, Marti RR, Casañas AF, Cebolla CJ, 2015. Sugar-and-acid profile of Penjar tomatoes and its evolution during storage. *Scientia Agricola* 72(4):314-321. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0311>
- Chapagain, B.P., Wiesman, Z., 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae* 99, 279-288.
- Chretien S, Gosselin A and Dorais M., 2000. High electrical conductivity and radiation-based water management improve fruit quality of greenhouse tomatoes grown in rockwool. *Hort. Sci.* 35: 627-631.
- Colla, G., Kim, H. J., Kyriacou, M. C., and Roupheal, Y., 2018. Nitrate in fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* 237, 221–238. doi: 10.1016/j.scienta.2018.04.016

- Cruz V, Cuartero J, Bolarin MC and Romero M., 1990. Evaluation of characters for ascertaining salt stress responses in *Lycopersicon* species. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 115: 1000-1003.
- Cuartero J and Fernandez MR, 1999. Tomato and salinity. *Scientia Hort.* 78: 83-125
- Cuartero J, Fernández-Muñoz R., 1998. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78:83-125.
- Dalton FN, Maggio A. and Piccinni G., 1997. Effect of root temperature on plant response functions for tomato: comparison of static and dynamic salinity stress indices. *Plant Soil.* 192: 307-319.
- De Kreij C., W. Voogt, R. Baas, 1999. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. Brochure 196. Research Station for Floriculture and Glasshouse Vegetables (PBG), Naaldwijk, The Netherlands.
- Del Amour FM, Martinez V and Cerd A., 2001. Salt Tolerance of Tomato Plants as Affected by Stage of Plant Development. *Hort. Sci.* 36: 1187-1193.
- Dorais, M.; Papadopoulos, A.P.; Gosselin, A., 2010. Greenhouse tomato fruit quality. In *Horticultural Reviews*; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, pp. 239–319.
- Eltez RZ, Tvzel Y, Gvl A, Tvzel IH and Duyar H., 2002. Effects of different EC levels of nutrient solution on greenhouse tomato growing. *Acta Hortic.* 573: 443-448.
- Erdei L and Taleisnik E., 1993. Changes in water relation parameters under osmotic and salt stresses in maize and sorghum. *Physiol. Plant.* 89: 381-387.
- Evlagon D, Ravina I and Neumann PM, 1992. Effects of salinity stress and calcium on hydraulic conductivity and growth in maize seedling roots. *J. Plant Nutr.* 15(617):795-803.
- Fan, RuQin & Yang, Xueming & Xie, HongTu & Reeb, Mary-Anne. (2012). Determination of nutrients in hydroponic solutions using mid-infrared spectroscopy. *Scientia Horticulturae.* 144. 48-54. 10.1016/j.scienta.2012.06.037.
- Faostat (2015): <<http://faostat.fao.org/site/339/>>accessed on March, 19, 2015.
- Fernandez GN, Martinez V and Carvajal M., 2004. Effect of salinity on growth, mineral composition, and water relations of grafted tomato plants. *J. Plant Nutr Soil Sci.* 167: 616-622

- Gallardo M, Thompson RB, Valdez LC, Fernández MD., 2006. Use of stem diameter variations to detect plant water stress in tomato. *Irrigation Science* 24:241-255.
- Gama PB, Inanaga S, Tanaka K and Nakazawa R. 2007. Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris*) seedlings to salinity stress. *Afr. J. Biotechnol.* 6 (2): 79-88.
- 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.
- Grierson D, Kader AA., 1986. Fruit ripening and quality. In: Atherton, JG, Rudich J (Eds). *The tomato crop. A scientific basis for improvement.* Chapman & Hall, London, UK pp 241-280.
- Gruda, N., 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption impact of environmental factors on product quality. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24, 227–247. doi: 10.1080/ 07352680591008628
- Gruda, N., 2009. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *J. Appl. Bot. Food Qual.* 147, 141–147.
- Hajiboland R, Aliasgharzadeh A, Laiegh SF and Poschenrieder C. 2010. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. *Plant Soil* 331: 313-327.
- Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK, Bohnert HJ., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51:463-499. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.463>
- 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., Bakker, M.J., Elings, A., Kaarsemaker, R., Marcelis, L.F.M. 2005. Effect of leaf area on tomato yield 691, *Acta Horticulturae* pp. 43-50. DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.691.2

Huang J and Redmann RE, 1995. Solute adjustment to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. *J. Plant Nutr.* 18: 1371-1389

Ibrahim, W.; Ahmed, I.M.; Chen, X.; Cao, F.; Zhu, S.; Wu, F. Genotypic differences in photosynthetic performance, antioxidant capacity, ultrastructure and nutrients in response to combined stress of salinity and Cd in cotton. *Biometals* **2015**, 28, 1063–1078.

Inés Medina-Lozano and Aurora Díaz, 2021. Nutritional Value and Phytochemical Content of Crop Landraces and Traditional Varieties, Landraces - Traditional Variety and Natural Breed, Amr Elkelish, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.95514. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/74824>

Jenkins JA, 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany* 2(4):379-392.

Jensen, M.H., Collins, W.L., 1985. Hydroponic vegetable production. *Hort. Rev.* 7, 483-558.

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, 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.*

Kader, A.A., 2008. Flavor quality of fruits and vegetables 1868, 1863–1868. doi:10.1002/jsfa

Kamrani MH, Khoshvaghti H and Hosseinniya H., 2013. Effects of Salinity and Hydroponic Growth Media on Growth Parameters in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Int. J Agron Plant Prod.* 4(10): 2694-2698.

Knee, M., 2002. Fruit quality and its biological basis. CRC Press

Kotsiras A, Vlachodimitropoulou A, Gerakaris A, Bakas N, Darras AI. 2016. Innovative harvest practices of Butterhead, Lollo rosso and Batavia green lettuce (*Lactuca sativa* L.) types grown in

floating hydroponic system to maintain the quality and improve storability. *Scientia Horticulturae* 201:1-9.

Leo MWM, 1964. Plant-water-salt relationships: As studied with a split-root technique. *Irish J. Agric. Res.* 3: 129-131.

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 YL, Stanghellini C and Challa H., 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Sci. Hortic.* 88: 11-29.

Liu FY, Li KT and Yang WJ, 2014. Differential Responses to Short-term Salinity Stress of Heat-tolerant Cherry Tomato Cultivars Grown at High Temperature. *Hort. Envir. Biotechnol.* 55(2): 79-90.

López-Camelo, A.F.; Gómez, P.A. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Hortic. Bras.* 2004, 22, 534–537.

Love, B.E., & Spaner, D.M., 2007. Agrobiodiversity: Its Value, Measurement, and Conservation in the Context of Sustainable Agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 31, 53 - 82.

Lovelli S, Scopa A, Perniola M, Di Tommaso T and Sofo A., 2011. Abscisic acid root and leaf concentration in relation to biomass partitioning in salinized tomato plants. *J. Plant Physiol.* 169: 226-233.

Magan JJ, Gallardo M, Thompson RB and 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.

María E. Balibrea, Martínez-Andújar, C., Jesús Cuartero, María C. Bolarín, Francisco PérezAlfocea, 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

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 2nd Edn, London, UK.

Marshall, D.R. and Brown, A.H.D., 1975. Optimum Sampling Strategy in Genetic Conservation. In: Frankel, O.H. and Hawkes, J.G., Eds., Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, Cambridge University Press, London, 53-80.

Massaretto IL, Albaladejo I, Purgatto E, Flores FB, Plasencia F, Egea-Fernández JM, Egea I, 2018. Recovering tomato landraces to simultaneously improve fruit yield and nutritional quality against salt stress. *Frontiers in Plant Science* 9:1778. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01778>

Massaretto, I.L.; Albaladejo, I.; Purgatto, E.; Flores, F.B.; Plasencia, F.; Egea-Fernández, J.M.; Bolarin, M.C.; Egea, I., 2018. Recovering tomato landraces to simultaneously improve fruit yield and nutritional quality against salt stress. *Front. Plant Sci.* 2018, 9, 1778.

Medina-Lozano and Aurora Díaz., 2021. Nutritional Value and Phytochemical Content of Crop Landraces and Traditional Varieties, Landraces - Traditional Variety and Natural Breed, Amr Elkelish, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.95514. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/74824>

Mitchell JP, Shennan C, Grattan SR, May DM., 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *Journal of American Society for Horticultural Science* 116(2):215-221. <https://doi.org/10.21273/JASHS.116.2.215>

Mizrahi Y, Taleisnik E, Kagan-Zur V, Zohar Y, Offenbach R, Matan E and Golan R., 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 113: 202-205

Mohammad M, Shibli R, Ajouni M and Nimri L., 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr.* 21: 1667-1680.

Moles TM, de Brito FR, Mariotti L, Pompeiano A, Lupini A, Incrocci L, Santelia D., 2019. Salinity in autumn-winter season and fruit quality of tomato landraces. *Frontiers in Plant Science* 10:1078. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01078>

Munns R and Tester M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann Rev Plant Biol.* 59: 651-681.

- Orsini, F., Maggio, A., Roupshael, Y., and De Pascale, S., 2016. 'Physiological Quality' of organically grown vegetables. *Sci. Hortic.* 208, 131–139. doi: 10.1016/j.scienta.2016.01.033.
- Oztekin GB and Tuzel Y., 2011. Comparative salinity responses among tomato genotypes and rootstocks. *Pak. J. Bot.* 43(6): 2665-2672.
- Parida AK and Das AB, 2005. Salt tolerance and salinity effects on plant: a review. *Ecol. Envir. Safety* 60: 324-349.
- Perveen, R.; Suleria, H.A.R.; Anjum, F.M.; Butt, M.S.; Pasha, I.; Ahmad, S., 2015. Tomato (*Solanum lycopersicum*) carotenoids and lycopenes chemistry; metabolism, absorption, nutrition, and allied health claims—A comprehensive review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2015, 55, 919–929.
- Petersen KK, Willumsen J and Kaach K., 1998. Composition and taste of tomato as affected by increased salinity and different salinity sources. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 73: 205-215.
- Poysa, V., 1992. Use of *Lycopersicon cheesmanii* and *L. chmielewskii* to increase dry matter content of tomato fruit.
- Putra PA, Yuliando H., 2015. Competitive and sustainable agroindustry for human welfare soilless culture system to support water use efficiency and product quality: a Review. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 3:283–288.
- Qaryouti MM, Qawasmi W, Hamdan H and Edwan M., 2007. Influence of NaCl Salinity Stress on Yield, Plant Water Uptake and Drainage Water of Tomato Grown in Soilless Culture. *Acta Horticulturae* 747: 539-544.
- Ravin, M., Lieth, J.H., 2008. Significance of soilless culture in agriculture. In: Ravin, M., Lieth, J.H. (Eds). *Soilless Culture. Theory and Practice*. Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands, pp. 1-11.
- Razali, R.; Bougouffa, S.; Morton, M.J.L.; Lightfoot, D.J.; Alam, I.; Essack, M.; Arold, S.T.; Kamau, A.; Schmöckel, S.M.; Pailles, Y.; et al., 2018. The genome sequence of the wild tomato *Solanum pimpinellifolium* provides insights into salinity tolerance. *Front. Plant Sci.* **2018**, 9, 1402.
- Reina SA, Romero-Aranda R and Cuartero J., 2005. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. *Agri. Water Management* 78: 54-66.

- Romero-Aranda R, Soria T and Cuartero J., 2001. Tomato plant water uptake and plant water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.* 160 (2): 265-272.
- Rouphael Y and Kyriacou MC, 2018. Enhancing Quality of Fresh Vegetables Through Salinity Eustress and Biofortification Applications Facilitated by Soilless Cultivation. *Front. Plant Sci.* 9:1254. doi: 10.3389/fpls.2018.01254
- Rouphael, Y., Petropoulos, S. A., Cardarelli, M., and Colla, G., 2018b. Salinity as eustressor for enhancing quality of vegetables. *Sci. Hortic.* 234, 361–369. doi: 10.1016/j.scienta.2018.02.048
- Saberi AR, Siti Aishah H, Halim RA and Zaharah AR., 2011. Morphological responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. *Afr. J. Biotechnol.* 47: 9647-9656.
- 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.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 77(1):61-68. <https://doi.org/10.2503/jjshs1.77.61>
- Saito, T. b, 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
- Sakamoto Y, Watanabe S, Nakashima T and Okano K., 1999. Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 74: 690-693.
- Sato S, Sakaguchi S, Furukawa H and Ikeda H., 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Horticul.* 109: 248-253.
- Satti S and Lopez M., 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 25: 2807-2823.
- Savvas D, Gianquinto G, Tuzel Y, Gruda N. 2013. *Soilless Culture. FAO Plant 521 Production and Protection Paper No. 217: Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops.*

- Savvas, D., Gizas, G., 2002. Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios. *Sci. Hort.* 96, 267-280.
- Savvas, D., Karagianni, V., Kotsiras, A., Demopoulos, V., Karkamisi, I., Pakou, P., 2003. Interactions between ammonium and pH of the nutrient solution supplied to gerbera (*Gerbera jamesonii*) grown in soilless culture. *Plant Soil* 254, 393-402.
- Schnitzler, W. H., and Gruda, N., 2002. Quality issues of greenhouse production. *Acta Hort.* 614, 663–674. doi: 10.17660/actahortic.2003.614.99.
- Scholberg JMS and Locascio SJ, 1999. Growth response of snap bean and tomato as affected by salinity and irrigation method. *Hort Sci.* 34: 259-264.
- Schwarz D and Grosch R., 2003. Influence of nutrient solution concentration and a root pathogen (*Pythium aphanidermatum*) on tomato root growth and morphology. *Sci. Hort.* 97: 109-120.
- Shankara N. 2005. Cultivation of tomato: production, processing and marketing. Publisher: Agromisa Foundation, Netherlands. ISBN CTA: 92-9081-299-0
- Shimul MAH, Ito SIC, Sadia S, Roni MZK, Jamal Uddin AFM. 2014. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum*) to salinity in hydroponic study. *Bangladesh Journal of Scientific Research* 10(3):249–254.
- Shimul MAH, Ito SIC, Sadia, Roni MZK, Jamal U and ddin AFM., 2014. Response of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) to Salinity in Hydroponic Study. *Bangladesh Res. Pub. J.* 10(3): 249-254.
- Snapp S, Shennan C and Van Bruggen AHC., 1991. Salinity effects on severity of *Phytophthora parasitica* Dast. infection, inorganic ion relations and growth of *Lycopersicon esculentum* Mill. ‘UC82B’. *New Phytol.* 119: 275-284.
- Sonneveld, C., 2000. Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture. PhD. Thesis. University of Wageningen, The Netherlands.
- Sonneveld, C., Straver, N., 1994. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. 10th Edition. Serie: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, No 8, Naaldwijk-P.B.G. Aalsmeer, The Netherlands.

Sonneveld, C., Voogt, W., 2009. *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York.

Steiner, A.A., 1976. Nomenclature with hydroponics. In: *Proceed., 4th Internat. Congress on Soilless Cult.* IWOSC, Wageninge, The Netherlands, pp. 19-20.

Sumalan RM, Ciulca SI, Poiana MA, Moigradean D, Radulov I, Negrea M, Sumalan RL., 2020. The antioxidant profile evaluation of some tomato landraces with soil salinity tolerance correlated with high nutraceutical and functional value. *Agronomy* 2020(10):500. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040500>

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

Treftz, C., and Omaye, S. T., 2016. Hydroponics: potential for augmenting sustainable food production in non-arable regions. *Nutr. Food Sci.* 46, 672–684. doi: 10.1108/NFS-10-2015-0118

Triano, S.R., Clair, D.A.S., 1995. Processing Tomato Germplasm with Improved Fruit Soluble Solids Content 30, 1477–1478.

Tuna AL., 2014. Influence of foliarly applied different triazole compounds on growth, nutrition, and antioxidant enzyme activities in tomato (*'Solanum lycopersicum' L.*) under salt stress. *Australian Journal of Crop Science* 8:71–79.

Urrestarazu M., 2013. State of the art and new trends of soilless culture in Spain and in emerging countries. *Acta Horticulturae* 1013:305-312.

Van Os E., 2001. Diffusion and environmental aspects of soilless growing systems. *Italus Hortus*, 8: 9-15.

Van Zelm, E.; Zhang, Y.; Testerink, C., 2020. Salt tolerance mechanisms of plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2020, 71, 403–433

Villa, T., Maxted, N., Scholten, M., & Ford-Lloyd, B., 2005. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*, 3(3), 373-384. doi:10.1079/PGR200591.

- White, P. J., Pongrac, P., Sneddon, C. C., Thompson, J. A., and Wright, G., 2018. Limits to the biofortification of leafy brassicas with zinc. *Agriculture* 8:3. doi: 10.3390/agriculture8030032
- Wignarajah K, Jennings DH and Handley JF., 1975. The effect of salinity on growth of *Phaseolus vulgaris* L. I. Anatomical changes in the first trifoliolate leaf. *Ann. Bot.* 39: 1029-1038.
- Willumsen KK, Petersen and Kaack K., 1996. Yield and blossomend rot of tomato affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *Hort. Sci.* 71: 81-98.
- Wu M and Kubota C., 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Sci Hortic.* 116(2): 122-129.
- 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
- Zaki, H.E.M.; Yokoi, S. A comparative in vitro study of salt tolerance in cultivated tomato and related wild species. *Plant Biotechnol.* **2016**, 33, 361–372.
- Zhang P, Senge M, Dai Y. 2016. Effects of salinity stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. *Reviews in Agricultural Science* 4:46-55.
- Zhang P, Senge M, Dai Y. 2017. Effects of salinity stress at different growth stages on tomato growth, yield and water use efficiency. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* DOI: 10.1080/00103624.2016.1269803
- Zhang P, Senge M, Yoshiyama. K, Ito K, Dai Y and Zhang F., 2016. Effects of low salinity stress on growth, yield and water use efficiency of tomato under soilless cultivation. *J. Irrigation, Drainage Rural Eng.* (submitted)
- Zhu JK, 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Ann. J. Plant Biol.* 14: 267-273.
- Zushi K and Matsuzoe N., 1998. Effect of soil water deficit on vitamin C, sugar, organic acid, amino acid and carotene contents of large-fruited tomatoes. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 67: 927-933

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α

Nutrient solution characteristic	Μονάδα	Νερό άρδευσης	Composition of the drip solution
EC	dS/m	0.32	3.71
pH		7.30	5.60
K ⁺	mmol/L	0.00	7.50
Ca ²⁺	mmol/L	0.90	9.40
Mg ²⁺	mmol/L	0.30	4.25
NH ₄ ⁺	mmol/L	0.00	1.34
SO ₄ ²⁻	mmol/L	0.20	7.19
NO ₃ ⁻	mmol/L	0.00	16.76
H ₂ PO ₄ ⁻	mmol/L	0.00	1.20
Fe	μmol/L	0.00	15.00
Mn ⁺⁺	μmol/L	0.00	10.00
Zn ⁺⁺	μmol/L	2.15	5.00
Cu ⁺⁺	μmol/L	0.00	0.75
B	μmol/L	0.00	30.00
Mo	μmol/L	0.00	0.50
Si	mmol/L	0.00	0.00
Cl ⁻	mmol/L	0.40	4.00
Na ⁺	mmol/L	0.60	0.60
HCO ₃ ⁻	mmol/L	2.20	0.40
K/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.35
Ca/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.44
Mg/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.20
N/K	mol/mol		2.41
NH ₄ -N/Total-N	mol/mol		0.07

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ					
			Πυκνό διάλυμα Β	20	ΛΙΤΡΑ (L)
Στόχος EC για την κεφαλή υδρολίπανσης	3.71	dS/m	Νιτρικό κάλιο	0.045	Kg
pH	5.60		Θεικό μαγνήσιο	1.946	Kg
Πυκνό διάλυμα Α	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
Νιτρικό ασβέστιο	2.896	Kg	Φωσφορικό μονοκάλιο	0.327	Kg
Χλωριούχο ασβέστιο, 48% Cl	0.532	Kg	Θεικό κάλιο	1.059	Kg
Νιτρικό κάλιο	0.000	Kg	Φωσφορικό οξύ	0.000	kg
Νιτρικό αμμώνιο	0.000	Kg	Φωσφορικό μονοαμμώνιο	0.000	Kg
Fe-EDDHA (6% Fe)	0.028	Kg	Θεικό αμμώνιο	0.000	Kg
Πυκνό διάλυμα νιτρικού οξέος	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Θεικό οξύ	0.000	Kg
Νιτρικό οξύ	0.359	Kg	Θεικό μαγγάνιο	3.4	g
Πυκνό διάλυμα πυριτικού καλίου	0	ΛΙΤΡΑ (L)	Θεικός ψευδάργυρος	1.6	g
Πυριτικό κάλιο (K ₂ SiO ₃)	0.000	Kg	Θεικός χαλκός	0.4	g
			Βορικό οξύ	3.7	g
			Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0.2	g

Εικόνα 1: Το θρεπτικό διάλυμα διαβροχής που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα. Δημιουργήθηκε μέσω του ηλεκτρονικού προγράμματος Nutrisense DSS.

Παράρτημα Β

Nutrient solution characteristic	Μονάδα	Νερό άρδευσης	Composition of the drip solution
EC	dS/m	0.32	2.80
pH		7.30	5.60
K ⁺	mmol/L	0.00	8.88
Ca ²⁺	mmol/L	0.90	5.36
Mg ²⁺	mmol/L	0.30	2.51
NH ₄ ⁺	mmol/L	0.00	1.28
SO ₄ ²⁻	mmol/L	0.20	3.59
NO ₃ ⁻	mmol/L	0.00	14.70
H ₂ PO ₄ ⁻	mmol/L	0.00	1.42
Fe	μmol/L	0.00	20.00
Mn ⁺⁺	μmol/L	0.00	10.00
Zn ⁺⁺	μmol/L	2.15	6.50
Cu ⁺⁺	μmol/L	0.00	0.80
B	μmol/L	0.00	35.00
Mo	μmol/L	0.00	0.50
Si	mmol/L	0.00	0.00
Cl ⁻	mmol/L	0.40	2.80
Na ⁺	mmol/L	0.60	0.60
HCO ₃ ⁻	mmol/L	2.20	0.40
K/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.53
Ca/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.32
Mg/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.15
N/K	mol/mol		1.80
NH ₄ -N/Total-N	mol/mol		0.08

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ					
			Πυκνό διάλυμα Β	20	ΛΙΤΡΑ (L)
Στόχος EC για την κεφαλή υδρολίπανσης	2.80	dS/m	Νιτρικό κάλιο	0.696	Kg
pH	5.60		Θεικό μαγνήσιο	1.090	Kg
Πυκνό διάλυμα Α	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
Νιτρικό ασβέστιο	1.409	Kg	Φωσφορικό μονοκάλιο	0.387	Kg
Χλωριούχο ασβέστιο, 48% Cl	0.355	Kg	Θεικό κάλιο	0.410	Kg
Νιτρικό κάλιο	0.336	Kg	Φωσφορικό οξύ	0.000	kg
Νιτρικό αμμώνιο	0.100	Kg	Φωσφορικό μονοαμμώνιο	0.000	Kg
Fe-EDDHA (6% Fe)	0.037	Kg	Θεικό αμμώνιο	0.000	Kg
Πυκνό διάλυμα νιτρικού οξέος	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Θεικό οξύ	0.000	Kg
Νιτρικό οξύ	0.359	Kg	Θεικό μαγγάνιο	3.4	g
Πυκνό διάλυμα πυριτικού καλίου	0	ΛΙΤΡΑ (L)	Θεικός ψευδάργυρος	2.5	g
Πυριτικό κάλιο (K ₂ SiO ₃)	0.000	Kg	Θεικός χαλκός	0.4	g
			Βορικό οξύ	4.3	g
			Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0.2	g

Εικόνα 2: Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε κατά το βλαστικό στάδιο της καλλιέργειας στο πείραμα. Δημιουργήθηκε μέσω του ηλεκτρονικού προγράμματος Nutrisense DSS.

Παράρτημα Γ

Nutrient solution characteristic	Μονάδα	Νερό άρδευσης	Composition of the drip solution
EC	dS/m	0.32	2.90
pH		7.30	5.60
K ⁺	mmol/L	0.00	8.92
Ca ²⁺	mmol/L	0.90	5.83
Mg ²⁺	mmol/L	0.30	2.47
NH ₄ ⁺	mmol/L	0.00	1.36
SO ₄ ²⁻	mmol/L	0.20	4.24
NO ₃ ⁻	mmol/L	0.00	13.80
H ₂ PO ₄ ⁻	mmol/L	0.00	1.40
Fe	μmol/L	0.00	18.50
Mn ⁺⁺	μmol/L	0.00	9.50
Zn ⁺⁺	μmol/L	2.15	6.30
Cu ⁺⁺	μmol/L	0.00	0.80
B	μmol/L	0.00	35.60
Mo	μmol/L	0.00	0.50
Si	mmol/L	0.00	0.00
Cl ⁻	mmol/L	0.40	3.40
Na ⁺	mmol/L	0.60	0.60
HCO ₃ ⁻	mmol/L	2.20	0.40
K/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.52
Ca/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.34
Mg/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.14
N/K	mol/mol		1.70
NH ₄ -N/Total-N	mol/mol		0.09

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ					
			Πυκνό διάλυμα Β	20	ΛΙΤΡΑ (L)
Στόχος EC για την κεφαλή υδρολίπανσης	2.90	dS/m	Νιτρικό κάλιο	0.583	Kg
pH	5.60		Θεικό μαγνήσιο	1.067	Kg
Πυκνό διάλυμα Α	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
Νιτρικό ασβέστιο	1.483	Kg	Φωσφορικό μονοκάλιο	0.381	Kg
Χλωριούχο ασβέστιο, 48% Cl	0.444	Kg	Θεικό κάλιο	0.653	Kg
Νιτρικό κάλιο	0.180	Kg	Φωσφορικό οξύ	0.000	kg
Νιτρικό αμμώνιο	0.109	Kg	Φωσφορικό μονοαμμώνιο	0.000	Kg
Fe-EDDHA (6% Fe)	0.034	Kg	Θεικό αμμώνιο	0.000	Kg
Πυκνό διάλυμα νιτρικού οξέος	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Θεικό οξύ	0.000	Kg
Νιτρικό οξύ	0.359	Kg	Θεικό μαγγάνιο	3.3	g
Πυκνό διάλυμα πυριτικού καλίου	0	ΛΙΤΡΑ (L)	Θεικός ψευδάργυρος	2.4	g
Πυριτικό κάλιο (K ₂ SiO ₃)	0.000	Kg	Θεικός χαλκός	0.4	g
			Βορικό οξύ	4.4	g
			Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0.2	g

Εικόνα 3: Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε κατά το στάδιο καρπόφορίας της καλλιέργειας στο πείραμα (05/04/2021). Δημιουργήθηκε μέσω του ηλεκτρονικού προγράμματος Nutrisense DSS.

Παράρτημα Δ

Nutrient solution characteristic	Μονάδα	Νερό άρδευσης	Composition of the drip solution
EC	dS/m	0.38	2.90
pH		7.40	5.60
K ⁺	mmol/L	0.00	9.01
Ca ²⁺	mmol/L	1.40	5.72
Mg ²⁺	mmol/L	0.18	2.60
NH ₄ ⁺	mmol/L	0.00	1.23
SO ₄ ²⁻	mmol/L	0.25	3.95
NO ₃ ⁻	mmol/L	0.00	14.09
H ₂ PO ₄ ⁻	mmol/L	0.00	1.60
Fe	μmol/L	0.00	18.50
Mn ⁺⁺	μmol/L	0.00	9.50
Zn ⁺⁺	μmol/L	2.15	8.00
Cu ⁺⁺	μmol/L	0.00	0.80
B	μmol/L	0.00	35.60
Mo	μmol/L	0.00	0.50
Si	mmol/L	0.00	0.00
Cl ⁻	mmol/L	0.56	3.40
Na ⁺	mmol/L	0.60	0.60
HCO ₃ ⁻	mmol/L	2.70	0.49
K/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.52
Ca/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.33
Mg/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.15
N/K	mol/mol		1.70
NH ₄ -N/Total-N	mol/mol		0.08

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΛΗΨΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

			Πυκνό διάλυμα B	20	ΛΙΤΡΑ (L)
Στόχος EC για την κεφαλή υδρολίπανσης	2.90	dS/m	Νιτρικό κάλιο	0.564	Kg
pH	5.60		Θειικό μαγνήσιο	1.192	Kg
Πυκνό διάλυμα A	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
Νιτρικό ασβέστιο	1.253	Kg	Φωσφορικό μονοκάλιο	0.436	Kg
Χλωριούχο ασβέστιο, 48% Cl	0.420	Kg	Θειικό κάλιο	0.445	Kg
Νιτρικό κάλιο	0.418	Kg	Φωσφορικό οξύ	0.000	kg
Νιτρικό αμμώνιο	0.103	Kg	Φωσφορικό μονοαμμώνιο	0.000	Kg
Fe-EDDHA (6% Fe)	0.034	Kg	Θειικό αμμώνιο	0.000	Kg
Πυκνό διάλυμα νιτρικού οξέος	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Θειικό οξύ	0.000	Kg
Νιτρικό οξύ	0.443	Kg	Θειικό μαγγάνιο	3.3	g
Πυκνό διάλυμα πυριτικού καλίου	0	ΛΙΤΡΑ (L)	Θειικός ψευδάργυρος	3.3	g
Πυριτικό κάλιο (K ₂ SiO ₃)	0.000	Kg	Θειικός χαλκός	0.4	g
			Βορικό οξύ	4.4	g
			Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0.2	g

Εικόνα 4: Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε κατά το στάδιο καρπόφορίας της καλλιέργειας στο πείραμα (29/04/2021). Δημιουργήθηκε μέσω του ηλεκτρονικού προγράμματος Nutrisense DSS.

Παράρτημα Ε

Nutrient solution characteristic	Μονάδα	Νερό άρδευσης	Composition of the drip solution
EC	dS/m	0.38	2.50
pH		7.40	5.60
K ⁺	mmol/L	0.00	7.81
Ca ²⁺	mmol/L	1.40	4.93
Mg ²⁺	mmol/L	0.18	2.14
NH ₄ ⁺	mmol/L	0.00	1.21
SO ₄ ²⁻	mmol/L	0.25	2.44
NO ₃ ⁻	mmol/L	0.00	13.39
H ₂ PO ₄ ⁻	mmol/L	0.00	1.60
Fe	μmol/L	0.00	17.21
Mn ⁺⁺	μmol/L	0.00	8.84
Zn ⁺⁺	μmol/L	2.15	8.00
Cu ⁺⁺	μmol/L	0.00	0.74
B	μmol/L	0.00	33.11
Mo	μmol/L	0.00	0.47
Si	mmol/L	0.00	0.00
Cl ⁻	mmol/L	0.56	3.40
Na ⁺	mmol/L	0.60	0.60
HCO ₃ ⁻	mmol/L	2.70	0.49
K/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.53
Ca/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.33
Mg/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.14
N/K	mol/mol		1.87
NH4-N/Total-N	mol/mol		0.08

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ					
			Πυκνό διάλυμα Β	20	ΛΙΤΡΑ (L)
Στόχος EC για την κεφαλή υδρολίπανσης	2.50	dS/m	Νιτρικό κάλιο	0.790	Kg
pH	5.60		Θεικό μαγνήσιο	0.965	Kg
Πυκνό διάλυμα Α	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
Νιτρικό ασβέστιο	0.912	Kg	Φωσφορικό μονοκάλιο	0.436	Kg
Χλωριούχο ασβέστιο, 48% Cl	0.420	Kg	Θεικό κάλιο	0.080	Kg
Νιτρικό κάλιο	0.372	Kg	Φωσφορικό οξύ	0.000	kg
Νιτρικό αμμώνιο	0.126	Kg	Φωσφορικό μονοαμμώνιο	0.000	Kg
Fe-EDDHA (6% Fe)	0.032	Kg	Θεικό αμμώνιο	0.000	Kg
Πυκνό διάλυμα νιτρικού οξέος	20	ΛΙΤΡΑ (L)	Θεικό οξύ	0.000	Kg
Νιτρικό οξύ	0.443	Kg	Θεικό μαγγάνιο	3.0	g
Πυκνό διάλυμα πυριτικού καλίου	0	ΛΙΤΡΑ (L)	Θειικός ψευδάργυρος	3.3	g
Πυριτικό κάλιο (K ₂ SiO ₃)	0.000	Kg	Θειικός χαλκός	0.4	g

Εικόνα 5: Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε κατά το στάδιο καρπόφορίας της καλλιέργειας στο πείραμα (10/05/2021). Δημιουργήθηκε μέσω του ηλεκτρονικού προγράμματος Nutrisense DSS.

