



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

Διδακτορική Διατριβή

Αξιολόγηση τοπικών ποικιλιών τομάτας και πιπεριάς ως προς την ανοχή τους στην αλατότητα σε συνθήκες υδροπονικής καλλιέργειας και των δυνατοτήτων μετριασμού της αλατούχου καταπόνησης στην τομάτα μέσω εφαρμογής βιοδιεγερτών

Θεοδώρα Ν. Ντάναση

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Γεωργία Ντάτση, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Γεωργία Ντάτση, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

Δημήτριος Σάββας, Καθηγητής ΓΠΑ

Βασίλειος Φωτόπουλος, Καθηγητής ΤΕΠΑΚ

Αθήνα
2024



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

Διδακτορική Διατριβή

Αξιολόγηση τοπικών ποικιλιών τομάτας και πιπεριάς ως προς την ανοχή τους στην αλατότητα σε συνθήκες υδροπονικής καλλιέργειας και των δυνατοτήτων μετριασμού της αλατούχου καταπόνησης στην τομάτα μέσω εφαρμογής βιοδιεγερτών

Evaluation of hydroponically grown tomato and pepper landraces for their tolerance to salinity stress and the potential of mitigating salinity stress in tomato through the application of biostimulants

Θεοδώρα Ν. Ντάναση

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Γεωργία Ντάτση, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΓΠΑ (Επιβλέπουσα)

Δημήτριος Σάββας, Καθηγητής, ΓΠΑ

Βασίλειος Φωτόπουλος, Καθηγητής ΤΕΠΑΚ

Ιωάννης Καραπάνος, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΓΠΑ

Κωνσταντίνος Σαϊτάνης, Καθηγητής ΓΠΑ

Κωνσταντίνος Αλιφέρης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Αθανάσιος Κουκουνάρας, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΑΠΘ

Αξιολόγηση τοπικών ποικιλιών τομάτας και πιπεριάς ως προς την ανοχή τους στην αλατότητα σε συνθήκες υδροπονικής καλλιέργειας και των δυνατοτήτων μετριασμού της αλατούχου καταπόνησης στην τομάτα μέσω εφαρμογής βιοδιεγερτών

*Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αλατότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας καταπόνησης που θέτει σε κίνδυνο την παραγωγή κηπευτικών σε ημίξηρα κλίματα όπως αυτό της Μεσογείου. Η συσσώρευση αλάτων στο έδαφος μπορεί να αποδοθεί στην περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού, η οποία μπορεί να επιδεινωθεί από τις αλλαγές στα επίπεδα βροχοπτώσεων και την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να μεταβάλουν τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους και τους ρυθμούς εξάτμισης, οδηγώντας τελικά σε αύξηση της αλατότητας του εδάφους. Ταυτόχρονα, ο βαθμός στον οποίο η απόδοση των καλλιεργειών επηρεάζεται από την καταπόνηση λόγω αλατότητας εξαρτάται από την ποικιλία. Σε αντίθεση με τα υβρίδια τομάτας, οι παραδοσιακές ποικιλίες συχνά παρουσιάζουν μεγαλύτερη γενετική ποικιλομορφία και ανθεκτικότητα στις περιβαλλοντικές καταπονήσεις, αποτελώντας πολύτιμους πόρους για τα προγράμματα βελτίωσης της ανοχής στις αβιοτικές καταπονήσεις. Ως εκ τούτου, διερευνήθηκαν οι επιδράσεις της αλατότητας στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τη θρεπτική κατάσταση 16 μεσογειακών ποικιλιών τομάτας όλων των τύπων μεγέθους καρπού που είχαν προεπιλεγθεί ως ανθεκτικές στην αλατότητα σε προηγούμενες έρευνες. Για να προκληθεί η αλατούχος καταπόνηση, τα φυτά αναπτύχθηκαν υδροπονικά και αρδεύτηκαν με θρεπτικό διάλυμα που περιείχε NaCl σε συγκέντρωση που μπορούσε να διατηρήσει το επίπεδο NaCl στη ριζόσφαιρα στα 30 mM, ενώ τα φυτά-μάρτυρες αρδεύτηκαν με θρεπτικό διάλυμα που περιείχε 0,5 mM NaCl. Διάφορες παράμετροι ανάπτυξης των φυτών, συμπεριλαμβανομένου του ποσοστού ξηρής ουσίας και της απόδοσης καρπών (μετρούμενη με τον αριθμό και το βάρος των καρπών ανά φυτό), αξιολογήθηκαν για να εκτιμηθεί η επίδραση της αυξημένης αλατότητας στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των διαφόρων ποικιλιών τομάτας. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η θρεπτική κατάσταση των φυτών με τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των μακρο- και ιχνοστοιχείων στα φύλλα, τις ρίζες και τους καρπούς των φυτών. Τα βασικά αποτελέσματα αυτής της διδακτορικής διατριβής έδειξαν ότι οι μικρόκαρπες ποικιλίες τομάτας (cherry-type) παρουσίασαν την υψηλότερη ανοχή στην αλατούχο καταπόνηση, καθώς οι ποικιλίες «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (3)» και «Cherry-INRAE (4)» δεν παρουσίασαν μείωση της παραγωγής όταν εκτέθηκαν στην καταπόνηση αυτή. Ωστόσο, οι μεγαλύτερες παραδοσιακές ποικιλίες, όπως η «de Ramellet», παρουσιάζουν επίσης μηχανισμούς που προσδίδουν ανοχή στην αλατότητα, καθώς η παραγωγή τους δεν επηρεάστηκε σημαντικά υπό συνθήκες καταπόνησης. Οι ποικιλίες για τις οποίες διαπιστώθηκε η ύπαρξη ανοχής ή ανθεκτικότητας στην αυξημένη αλατότητα θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν σε προγράμματα βελτίωσης για την ανάπτυξη νέων ποικιλιών και υβριδίων που είναι καλύτερα προσαρμοσμένα σε περιβάλλοντα που επηρεάζονται από τη συγκεκριμένη καταπόνηση. Τέλος η χρήση ποικιλιών τομάτας που είναι προσαρμοσμένες στην καταπόνηση αλατότητας αποτελεί σημαντική στρατηγική για την προώθηση της βιωσιμότητας της γεωργίας, ιδίως σε ημίξηρες περιοχές όπου η αλατότητα αποτελεί σημαντική πρόκληση.

Η πιπεριά (*Capsicum annuum* L.) είναι ένα φυτικό είδος ιδιαίτερα ευαίσθητο στην αλατότητα, με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής κατά περίπου 7,6 % για κάθε μονάδα αύξησης της EC πέραν των 2,8 dS m⁻¹ στο περιβάλλον της ρίζας. Ωστόσο, ορισμένες παραδοσιακές ποικιλίες παρουσιάζουν υψηλή προσαρμοστικότητα σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, χωρίς να μειώνουν την απόδοση. Για το σκοπό αυτό διερευνήθηκαν οι επιδράσεις της καταπόνησης από την αλατότητα στην παραγωγή, τη θρέψη και την ποιότητα των καρπών τεσσάρων ποικιλιών πιπεριάς: JO 109, (*Capsicum annuum* var. *grossum*), JO 204 (*Capsicum annuum* var. *grossum*), JO 207 (*Capsicum annuum* var. *grossum*) και «Φλωρίνης». Τα φυτά της ποικιλίας «Yolo Wonder» από τη Καλιφόρνια και το εμπορικό υβρίδιο F1 «Sammy RZ» χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες. Τα μισά από τα φυτά αρδεύτηκαν με θρεπτικό διάλυμα που περιείχε NaCl σε συγκέντρωση που μπορούσε να διατηρήσει το επίπεδο NaCl στη ριζόσφαιρα στα 30 mM (φυτά που υποβλήθηκαν σε καταπόνηση), ενώ τα υπόλοιπα φυτά αρδεύτηκαν με ένα θρεπτικό διάλυμα που περιείχε 0,5 mM NaCl (μάρτυρας). Καταγράφηκαν η παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της απόδοσης, όπως συνεκτικότητα, τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TA), περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSSC), ύψος και διάμετρος καρπού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι παραδοσιακές ποικιλίες ήταν πιο ανθεκτικές στην αλατότητα από τις εμπορικές ποικιλίες «Yolo Wonder» και «Sammy RZ». Επιπλέον, η έκθεση των φυτών πιπεριάς σε αυξημένη αλατότητα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποιότητας των καρπών, η οποία συσχετίστηκε με την αύξηση των TSSC και της TA.

Ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως η ακατάλληλη χρήση του αρδευτικού νερού που χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε NaCl, σε συνδυασμό με λανθασμένες αγρονομικές πρακτικές, όπως η ανεπαρκής στράγγιση και η μη ορθολογική λίπανση, δρουν συνεργιστικά στην περαιτέρω αύξηση της έντασης της καταπόνησης. Για να μετριαστεί ο αντίκτυπος αυτής της καταπόνησης χωρίς να διακυβεύεται η απόδοση και η ποιότητα, είναι απαραίτητη η εφαρμογή βιώσιμων αγρονομικών πρακτικών, ικανές να βελτιώσουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών και να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες. Μεταξύ αυτών των πρακτικών, τα εκχυλίσματα φυκιών (SWE) και οι μικροβιακοί βιοδιεγέρτες (PGRBs) αναδεικνύονται ως σημαντικές κατηγορίες φυτικών βιοδιεγερτών ικανών να προάγουν την παραγωγή φυτικής βιομάζας, να αυξήσουν την αποδοτικότητα χρήσης θρεπτικών ουσιών και να ενισχύσουν την ανοχή των φυτών σε διάφορες αβιοτικές καταπονήσεις. Ο σκοπός του τρίτου πειράματος της παρούσας διδακτορική διατριβής ήταν η μελέτη της δυνατότητας μετριασμού της αλατούχου καταπόνησης στην ανάπτυξη, την απόδοση, την ποιότητα του προϊόντος και τη θρεπτική κατάσταση δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας («Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη») μέσω της εφαρμογής δυο βιοδιεγερτών: α) ενός εκχυλίσματος φυκιών *Ascophyllum nodosum* (εμπορικό σκεύασμα Algastar) και ενός μείγματος μικροβιακών στελεχών (εμπορικό σκεύασμα Nitrostim). Στα φυτά εφαρμόστηκε διαφυλλικός ψεκασμός με τα σκευάσματα «Algastar» ή «Nitrostim» και αρδεύτηκαν με δύο θρεπτικά διαλύματα: 0,5 mM (χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας) και 30 mM NaCl στη ριζόσφαιρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δύο βιοδιεγέρτες βελτίωσαν την ανάπτυξη των φυτών και την εμπορεύσιμη παραγωγή. Ωστόσο, η αποδοτικότητα εφαρμογής των σκευασμάτων επηρεάστηκε σημαντικά από την αλληλεπίδραση των βιοδιεγερτών με τις υπό μελέτη παραδοσιακές ποικιλίες. Ειδικότερα, ο διαφορετικός τρόπος δράσης των δύο βιοδιεγερτών επηρέασε διαφορετικά την ανοχή των διαφορετικών ποικιλιών στην αυξημένη αλατότητα, καθώς το «Τοματάκι Σαντορίνης» επωφελήθηκε μόνο από την εφαρμογή με SWE, ενώ η «Θεσσαλονίκη» παρουσίασε σημαντική αύξηση στον αριθμό των καρπών και στο μέσο

βάρος των καρπών από την εφαρμογή και τον δυο βιοδιεγερτών. Συμπερασματικά, η καταπόνηση που προκαλείται από την αλατότητα μπορεί να αμβλυνθεί με την αύξηση της ανοχής της τομάτας μέσω της εφαρμογής βιοδιεγερτών, ενός βιώσιμου και καινοτόμου εργαλείου για τη βελτίωση της παραγωγικότητας της τομάτας.

Επιστημονική περιοχή: Υδροπονικές καλλιέργειες κηπευτικών

Λέξεις κλειδιά: εκτός εδάφους καλλιέργεια, *Solanum lycopersicum* L., παραδοσιακές ποικιλίες, αβιοτική καταπόνηση, ανάπτυξη, παραγωγή, συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων, *Capsicum annuum* L., οργανοληπτική αξία, αειφορία, κηπευτικά, αλατούχος καταπόνηση, ανοχή, εκχύλισμα φυκιών, μικροβιακοί βιοδιεγέρτες

Evaluation of tomato and pepper landraces for their tolerance to salinity in hydroponic cultivation conditions and the potential of mitigating salt stress in tomato through the application of Biostimulants

*Department of Crop Science
Laboratory of Vegetable Production*

ABSTRACT

Salinity is a major stress factor that compromises vegetable production in semi-arid climates such as the Mediterranean. The accumulation of salts in the soil can be attributed to limited water availability, which can be exacerbated by changes in rainfall patterns and rising temperatures. These factors can alter soil moisture levels and evaporation rates, ultimately leading to an increase in soil salinity, and, concomitantly, the extent to which crop yield is affected by salinity stress is considered cultivar-dependent. In contrast to tomato hybrids, tomato landraces often exhibit greater genetic diversity and resilience to environmental stresses, constituting valuable resources for breeding programs seeking to introduce new tolerance mechanisms. Therefore, in the present study, we investigated the effects of mild salinity stress on the growth, yield, and nutritional status of sixteen Mediterranean tomato landraces of all size types that had been pre-selected as salinity tolerant in previous screening trials. To induce salinity stress, plants were grown hydroponically and irrigated with a nutrient solution containing NaCl at a concentration that could maintain the NaCl level in the root zone at 30 mM, while the non-salt-treated plants were irrigated with a nutrient solution containing 0.5 mM NaCl. Various plant growth parameters, including dry matter content and fruit yield (measured by the number and weight of fruits per plant), were evaluated to assess the impact of salinity stress. In addition, the nutritional status of the plants was assessed by determining the concentrations of macro- and micronutrients in the leaves, roots, and fruit of the plants. The key results of this study reveal that cherry-type tomato landraces exhibit the highest tolerance to salinity stress, as the landraces ‘Cherry-INRAE (1)’, ‘Cherry-INRAE (3)’, and ‘Cherry-INRAE (4)’ did not experience a decrease in yield when exposed to salinity stress. However, larger landraces such as ‘de Ramellet’ also exhibit mechanisms conferring tolerance to salinity, as their yield was not compromised by the stress applied. The identified tolerant and resistant varieties could potentially be used in breeding programs to develop new varieties and hybrids that are better adapted to salinity-affected environments. The identification and utilization of tomato varieties that are adapted to salinity stress is an important strategy for promoting agriculture sustainability, particularly in semi-arid regions where salinity stress is a major challenge.

Soil salinity caused by climate change is a major global issue, especially in regions like the Mediterranean basin. Most commercially cultivated horticultural species, including pepper, are considered to be salt sensitive. However, some underutilized genotypes exhibit high adaptability to adverse environmental conditions, without compromising yield. This study aimed to investigate the effects of salinity stress on the yield, nutrition, and fruit quality of four pepper landraces: JO 109 (*Capsicum annuum* var. *grossum*), JO 204 (*Capsicum annuum* var. *grossum*), JO 207 (*Capsicum annuum* var. *grossum*), and ‘Florinis’. The California cultivar ‘Yolo Wonder’ and the commercial F1 hybrid ‘Sammy RZ’ were used as controls. Half of the plants were exposed to a nutrient solution containing NaCl at a concentration that could maintain the NaCl level in the rhizosphere at 30 mM (salt-treated plants), while the

remaining plants were irrigated with a nutrient solution containing 0.5 mM NaCl (control plants). Yield and yield quality attributes, such as firmness, titratable acidity (TA), total soluble solids content (TSSC), fruit height, and diameter were recorded. The results revealed that the landraces were more tolerant to salinity than the commercial varieties ‘Yolo Wonder’ and ‘Sammy RZ’. Moreover, subjecting pepper plants to increased salinity resulted in increased fruit quality, manifested by an increase in TSSC and TA.

Salinity, one of the major plants’abiotic stresses, significantly hampers germination, photosynthesis, biomass production, nutrient balance and yield of staple crops. Anthropogenic activities such as improper utilization of irrigation water characterized by high salt content, combined with inadequate agronomic practices, such as insufficient drainage and incorrect fertilization, worsen the situation. To mitigate the impact of such stress without compromising yield and quality, sustainable agronomic practices capable of improving crop productivity and fostering resilience to adverse environments should be urgently implemented. Among these practices, seaweed extracts (SWEs) and microbial biostimulants (PGRBs) emerge as important categories of plant biostimulants (PBs) capable of promoting plant biomass production, increasing nutrient use efficiency, and enhancing plant ability to withstand various abiotic stresses. The current research aimed at elucidating the effects on the growth, yield, product quality and nutrient status of two Greek tomato landraces (‘Tomataki Santorinis’ and ‘Thessaloniki’) following treatments with the *Ascophyllum nodosum* seaweed extract ‘Algastar’ and the PGPB ‘Nitrostim’ formulation. Plants were subjected to bi-weekly applications of ‘Algastar’ or ‘Nitrostim’ and supplied with two nutrient solutions: 0.3 mM (served as control) and 30 mM NaCl. The results revealed that both PBs improved plant growth and marketable yield of tomato plants. However, the ameliorative effect of the PBs application has been found to be cultivar-dependent. The different mode(s)-of-action of the two PBs impacted the tolerance of the different landraces, since ‘Tomataki Santorinis’ was benefited only by the SWE application, while ‘Thessaloniki’ showed significant increase in fruit number and average fruit weight by the application of both PBs at 0.5 and 30 mM NaCl in the root zone. In conclusion, the stress induced by salinity can be mitigated by increasing tomato tolerance through the application of PBs, a sustainable and novel tool for tomato productivity enhancement, which additionally aligns well with the strategy of the European Green Deal.

Scientific area: Soilless vegetable crop production

Keywords: soilless culture, *Solanum lycopersium* L., landraces, abiotic stress, growth, yield, nutrient concentration, *Capsicum annuum* L., organoleptic value, sustainability, vegetable, salt stress, tolerance, seaweed extract, microbial biostimulants

Στην οικογένειά μου.....



radiant
PROJECT

Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή χρηματοδοτήθηκε από το ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα VEGADAPT: Βελτίωση της προσαρμοστικότητας μεσογειακών λαχανοκομικών καλλιεργειών σε συνθήκες πολλαπλής καταπόνησης οφειλόμενης στην κλιματική αλλαγή (PRIMA 2018) καθώς και από το ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα RADIANT: Realising Dynamic Value Chains for Underutilised Crops (Horizon 2020).



Ευχαριστίες

Η πιο σημαντική και πιο σπουδαία για εμένα ενότητα είναι αυτή με τις ευχαριστίες για όλους τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου αλλά και στους ανθρώπους που γνώρισα κατά τη διάρκεια αυτών και συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειάς μου.

Πρώτα από όλους θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στην Επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου Δρ. Γεωργία Ντάτση, η οποία με αποδέχθηκε ως Υποψήφια Διδάκτορα στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Την ευχαριστώ για την πλήρη επιστημονική καθοδήγηση καθώς και για τη στήριξή της χρηματοδοτώντας την εργασία μέσω του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Radiant. Κυρίως, όμως, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες και ευγνωμοσύνη μου για τη συνεργασία με τη Δρ. Ντάτση όχι μόνο σε επιστημονικό αλλά και σε ανθρώπινο επίπεδο καθώς χωρίς τη συμβολή, αγάπη και υποστήριξή της δεν θα είχα φτάσει σε αυτό το σημείο. Η εμπιστοσύνη που μου έδειξε και η παρότρυνσή της με έκαναν να πιστέψω ότι μπορώ να τα καταφέρω και τελικά να φτάσω όπου επιθυμούσα. Με έμαθε να πιστεύω στον εαυτό μου, να μπορώ να καταφέρω ότι θέλω και πως τα μόνα εμπόδια είναι αυτά που μόνοι μας βάζουμε. Μα πάνω απ' όλα με έμαθε την αξία της συνεργασίας, να νοιαζόμαστε ο ένας για τον άλλον βαδίζοντας όλοι μαζί και γι' αυτό χαίρομαι που βρίσκομαι δίπλα σε αυτούς τους ανθρώπους που πλέον θεωρώ οικογένεια. Κυρία Ντάτση σας ευχαριστώ για όλα!

Αντίστοιχα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Καθηγητή Δημήτριο Σάββα, Διευθυντή του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών, καθώς μου έδωσε την ευκαιρία να συμμετέχω στο πρόγραμμα Vegadapt που χρηματοδότησε εξίσου την παρούσα διδακτορική διατριβή. Ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη και τη δυνατότητα που μου έδωσε να ενταχθώ στην ομάδα του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών και να δουλέψω με όλους αυτούς τους σημαντικούς ανθρώπους. Τέλος θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για όλες τις γνώσεις, συμβουλές σε επιστημονικό και ανθρώπινο επίπεδο και την εκπαίδευση που έλαβα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου καθώς και για την πολύτιμη επιστημονική βοήθεια στη διόρθωση και τελική παρουσίαση της διατριβής.

Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Βασίλειο Φωτόπουλο, ως μέλος της τριμελούς επιτροπής για την πολύτιμη και καθοριστική

συμβολή στην παρούσα διατριβή. Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Κωνσταντίνο Σαϊτάνη, Διευθυντή του Εργαστηρίου Οικολογίας, για τη συμμετοχή του στην επταμελή επιτροπή αξιολόγησης, καθώς και για όλη τη βοήθεια και άψογη συνεργασία όποτε χρειαζόταν στο πλαίσιο της διατριβής. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Ιωάννη Καραπάνο, για την υποστήριξη και την προσφορά του κατά την εκτέλεση της παρούσας διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή Κωνσταντίνο Αλιφέρη και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Αθανάσιο Κουκουνάρα για την αποδοχή συμμετοχής στην επταμελή επιτροπή αξιολόγησης καθώς και για την αξιολόγηση και βελτίωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες όμως οφείλω στον φίλο μου και συνάδελφό μου τον Δρ. Ιωάννη Καραβίδα. Η αμέριστη βοήθεια σε ό,τι και αν χρειάστηκε, η άριστη συνεργασία, οι παρατηρήσεις και συμβουλές που μου έχει δώσει με βοήθησαν να προχωρήσω ένα βήμα πιο μπροστά και να φτάσω όπου είμαι σήμερα. Κυρίως όμως θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για όλη την υπομονή και συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια των χρόνων που τον γνωρίζω καθώς χωρίς τη στήριξη του δεν θα είχα ολοκληρώσει αυτή τη διατριβή.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους Dr. Leo Sabatino και Dr. Beppe Benedetto Consentino και Lorena Vultaggio οι οποίοι συνέβαλαν με προθυμία όποτε τους ζητήθηκε στη διάρκεια της διδακτορικής διατριβής.

Παράλληλα, θερμές ευχαριστίες επίσης οφείλω σε όλο το προσωπικό του εργαστηρίου και ιδιαίτερα στους συναδέλφους και πλέον φίλους, Ευάγγελο Γιαννοθανάση και Γεώργιο Σπύρου, Υποψήφιοι Διδάκτορες, για την αμέριστη στήριξή τους τόσο σε επαγγελματικό όσο και σε προσωπικό επίπεδο. Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη συνεργάτιδα και φίλη Δρ. Μαρτίνα Χατζηγιάννη για την άριστη συνεργασία που είχαμε και την αδιάκοπη διαθεσιμότητά της ώστε να παρέχει βοήθεια όποτε χρειαζόταν. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τους Υποψήφιους Διδάκτορες Σοφία Μαρκά και Γεώργιο Πρεμέτη για τη βοήθειά τους και την υποστήριξή τους όταν τους χρειαζόμουν.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα παιδιά που συνεργαστήκαμε στα πειράματα που περιλαμβάνει η παρούσα διδακτορική διατριβή αλλά και τα παιδιά που συνεργαστήκαμε για πειράματα που ολοκληρώσαμε στο διάστημα αυτό και δεν αποτελούν μέρος της διατριβής. Δεν θα μπορούσα να παραλείψω την αναφορά τους λόγω της άψογης συνεργασία που είχαμε και των όσων αποκόμισα δουλεύοντας με

τόσο διαφορετικούς χαρακτήρες και άξιους πλέον συναδέλφους. Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω τα παιδιά από το πρώτο πείραμα τομάτας: τους Νίκο Βαμβακούρη και Χρήστο Οικονόμου, από το δεύτερο πείραμα της τομάτας: τους Ιωάννη Ζιώγα, Γεώργιο Ζιοβίρη, Μελίνη Καραολάνη και Δημήτριο Φόρτη. Από το πείραμα με το πεπόνι θα ήθελα να ευχαριστήσω τον τους Γεώργιο Ούτο και Γεώργιο Μαλούκο. Από τα δύο πειράματα με τις πιπεριές: τους Δημοσθένη Γώγουλο, Ευάγγελο Δήμο, Ανθούλα Γλυμή και Ευαγγελία Θεοδωροπούλου. Από το πείραμα με την τομάτα και τους βιοδιεγέρτες: τους Καλλιόπη Αμανάκη, Γεώργιο Βρυγιωνάκη και Νίκο Κωνσταντόπουλο. Επίσης, τις φοιτήτριες Ευαγγελία Τσόγκα και Άννα Μητρογιάννη.

Επίσης οφείλω την ευγνωμοσύνη μου στις φίλες μου Ζωή και Ελισάβετ που αν και βρίσκονταν μακριά ήταν και είναι πάντα δίπλα μου να με υποστηρίζουν.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στην οικογένειά μου. Χωρίς την αγάπη, τη στήριξη και την ενθάρρυνσή τους δεν θα είχα φτάσει ως εδώ. Συγκεκριμένα τους γονείς μου Νικόλαο και Χρυσούλα, τον αδελφό μου Αποστόλη, τη γιαγιά μου και τις θείες μου Ζωή και Γεωργία που πάντα ήταν δίπλα μου. Ευχαριστώ για όλα όσα έχετε κάνει για εμένα και για ότι είμαι σήμερα. Η ολοκλήρωση αυτού του ταξιδιού οφείλεται αποκλειστικά και μόνο σε εσάς που με μάθατε να πιστεύω στα όνειρά μου.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	20
1.1. Αλατότητα.....	20
1.1.1. Επίδραση της αλατότητας στις καλλιέργειες.....	21
1.1.2. Επίδραση της αλατότητας στη θρεπτική κατάσταση των φυτών	21
1.1.3. Ανοχή των φυτών στην αλατότητα.....	22
1.1.4. Ευεργετικές επιπτώσεις της μέτριας αλατότητας στα φυτά	22
1.2. Η καλλιέργεια της τομάτας	23
1.2.1. Επίδραση της αλατότητας στην καλλιέργεια της τομάτας	23
1.3. Η καλλιέργεια της πιπεριάς.....	24
1.3.1. Επίδραση της αλατότητας στην καλλιέργεια της πιπεριάς.....	24
1.4. Σημαντικότητα καλλιέργειας παραδοσιακών ποικιλιών.....	25
1.5. Βιοδιεγέρτες.....	26
1.5.1. Εκχυλίσματα φυκών	27
1.5.2. Μικροβιακοί βιοδιεγέρτες	28
1.6. Βιώσιμες πρακτικές για καλλιέργεια παραδοσιακών ποικιλιών.....	29
2. Στόχος της Διδακτορικής Διατριβής	30
3. Υλικά και Μέθοδοι.....	32
3.1. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών μεσογειακών ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά.	32
3.1.1. Πειραματικός σχεδιασμός και φυτικό υλικό.....	32
3.1.2. Συνθήκες ανάπτυξης και καλλιεργητικές πρακτικές	35
3.1.3. Θρεπτικά διαλύματα	37
3.1.4. Εφαρμογή αλατούχου καταπόνησης σε ανοιχτό σύστημα σε εκτός εδάφους καλλιέργεια:	39
3.1.5. Δειγματοληψίες και μετρήσεις	40
3.1.6. Στατιστική ανάλυση.....	41
3.2. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών ποικιλιών πιπεριάς καλλιεργούμενων υδροπονικά.	42
3.2.1. Πειραματικός σχεδιασμός και φυτικό υλικό.....	42
3.2.2. Παραγωγή σποροφύτων.....	43
3.2.3. Καλλιεργητική πρακτική	43
3.2.4. Θρεπτικά διαλύματα	46

3.2.5. Εφαρμογή της αλατούχου καταπόνησης σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα.....	47
3.2.6. Δειγματοληψία φύλλων και καρπών για ανάλυση μακρο- και ιχνοστοιχείων.....	48
3.2.7. Μετρήσεις παραγωγής.....	49
3.2.8. Ανάλυση περιεκτικότητας θρεπτικών στοιχείων.....	49
3.2.9. Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	50
3.2.10. Στατιστική ανάλυση.....	50
3.3. Αξιολόγηση της χρήσης φυτικών βιοδιεγερτών για την αύξηση της ανεκτικότητας δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών στην αλατούχο καταπόνηση.....	51
3.3.1. Φυτικό υλικό.....	51
3.3.2. Συνθήκες ανάπτυξης.....	52
3.3.3. Παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων.....	53
3.3.4. Εφαρμογή βιοδιεγερτών.....	56
3.3.5. Συνολική παραγωγή και στοιχεία παραγωγής.....	56
3.3.6. Χαρακτηριστικά ποιότητας.....	57
3.3.7. Δειγματοληψία φύλλων και καρπών για ανάλυση θρεπτικών στοιχείων.....	57
3.3.8. Στατιστική ανάλυση.....	58
4. Αποτελέσματα.....	59
4.1. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών μεσογειακών ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά.....	59
4.1.1. Ανάπτυξη.....	59
4.1.2. Παραγωγή.....	61
4.1.3. Συγκέντρωση μακρο- και ιχνοστοιχείων στις ρίζες.....	64
4.1.4. Συγκέντρωση μακρο- και ιχνοστοιχείων στα φύλλα.....	76
4.1.5. Συγκέντρωση μακρο- και ιχνοστοιχείων σε καρπούς.....	81
4.1.6. Περιεκτικότητα σε νάτριο (%).....	89
4.1. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών ποικιλιών πιπερίας καλλιεργούμενων υδροπονικά.....	90
4.1. Αξιολόγηση της χρήσης φυτικών βιοδιεγερτών για την αύξηση της ανεκτικότητας δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών στην αλατούχο καταπόνηση.....	102
4.1.1. Παράμετροι παραγωγής.....	102
4.1.2. Ποιότητα καρπών.....	108

4.1.3.	Μακρο- και ιχνοστοιχεία στα φύλλα	111
4.1.4.	Μακρο- και ιχνοστοιχεία στους καρπούς	115
4.1.5.	PCA (Ανάλυση κύριων συνιστωσών).....	119
5.	Συζήτηση	121
5.1.	Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών μεσογειακών ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά.	121
5.2.	Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών ποικιλιών πιπερίας καλλιεργούμενων υδροπονικά.	126
5.3.	Αξιολόγηση της χρήσης φυτικών βιοδιεγερτών για την αύξηση της ανεκτικότητας δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών στην αλατούχο καταπόνηση	131
6.	Συμπεράσματα.....	136
7.	Πρωτοτυπία της Διδακτορικής Διατριβής.....	138
8.	Βιβλιογραφία	140
9.	Βιογραφικό σημείωμα	158

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Φυτά τομάτας κατά την καλλιέργεια.....	32
Εικόνα 2: Οι καρποί των διαφορετικών ποικιλιών τομάτας που καλλιεργήθηκαν.....	34
Εικόνα 3: Διαδικασία απολύμανσης και εκβλάστησης σπόρων: (Α) απολύμανση σπόρων 30/1/2021 σε διάλυμα 15 % v/w Na ₃ PO ₄ , (Β) τοποθέτηση τριβλίων σε θάλαμο προβλάστησης στους 25°C και (Γ) εκβλαστημένοι σπόροι.	35
Εικόνα 4: Διαδικασία παραγωγής σποροφύτων μετά την εκβλάστηση των σπόρων: (Α) τοποθέτηση εκβλαστημένων σπόρων σε δίσκους σποράς, (Β) ανάπτυξη φυταρίων 13/02/2021 και (Γ) σπορόφυτα στο στάδιο των 4 πραγματικών φύλλων 01/03/2021.	36
Εικόνα 5: Προετοιμασία θερμοκηπίου και τελική εγκατάσταση της πειραματικής καλλιέργειας τομάτας	37
Εικόνα 6: Οι καρποί των διαφορετικών καλλιεργούμενων παραδοσιακών ποικιλιών (Α) Yolo Wonder (Β) JO 109 (Γ) JO 204 (Δ) JO 207 (Ε) Φλωρίνης και (ΣΤ) Sammy RZ	43
Εικόνα 7: Γέμισμα σάκων περλίτη με ΘΔ διαβροχής (πρώτη φωτογραφία από αριστερά) και τα φυτά πιπεριάς κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	44
Εικόνα 8: Καλλιέργεια διαφορετικών παραδοσιακών ποικιλιών πιπεριάς στο θερμοκήπιο.....	46
Εικόνα 9: Δειγματοληψία φύλλων, τοποθέτηση για ξήρανση και στον μύλο άλεσης για θρυμματισμό.	49
Εικόνα 10: Διαδικασία εκχύλισης των φυτικών ιστών για τον προσδιορισμό των μακρο- και ιχνοστοιχείων με φλογοφωτόμετρο και ατομική απορρόφηση.	50
Εικόνα 11: Καρποί των ποικιλιών που καλλιεργήθηκαν (Α) Τοματάκι Σαντορίνης (Β) Θεσσαλονίκη.....	52
Εικόνα 12: Καλλιέργεια παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας με την εφαρμογή των βιοδιεγερτών	53
Εικόνα 13: (Α) Καταγραφή της διαμέτρου των καρπών, (Β) μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών των καρπών με διαθλασίμετρο, (Γ) προσδιορισμός της οξύτητας των καρπών με τιτλοδότηση και (Δ) μέτρηση συνεκτικότητας καρπών	57

Ευρετήριο Γραφημάτων

Γράφημα 1: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας στο ποσοστό ξηρής ουσίας των φύλλων (%) διαφόρων ποικιλιών τομάτας. Για κάθε μεταχείριση, τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε ράβδο υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). Οι κατακόρυφες ράβδοι υποδεικνύουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων όρων ($n = 3$) 60

Γράφημα 2: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στην εμπορεύσιμη παραγωγή (kg/m^2) διαφόρων ποικιλιών τομάτας. Για κάθε ποικιλία και μεταχείριση, τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε ράβδο υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). Οι κατακόρυφες ράβδοι υποδεικνύουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων όρων ($n = 3$). 64

Γράφημα 3: Περιεκτικότητα σε Na (%) στα διάφορα μέρη του φυτού (ρίζες, φύλλα και καρποί)..... 89

Γράφημα 4: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας στο βάρος των καρπών ανά φυτό ($\text{g}/\text{φυτό}$) για κάθε γονότυπο πιπεριάς. Στο σχήμα, η λεζάντα με την ένδειξη «0,5 mM NaCl» υποδηλώνει τις κανονικές συνθήκες καλλιέργειας, υποδηλώνοντας την απουσία προστιθέμενου NaCl. Αντίθετα, η ένδειξη «30 mM NaCl» είναι ενδεικτική της έκθεσης σε καταπόνηση αλατότητας. Για κάθε μεταχείριση, τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε ράβδο υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σύμφωνα το Duncan Multiple range test ($p < 0,05$). Οι κατακόρυφες ράβδοι υποδεικνύουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων όρων ($n = 4$)..... 91

Γράφημα 5: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στο συνολικό βάρος καρπών ανά φυτό των δύο ελληνικών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» (μικρόκαρπη) και «Θεσσαλονίκη» (μεσόκαρπη). Για κάθε μεταχείριση, τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε ράβδο υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές σύμφωνα με το Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). Οι κατακόρυφες ράβδοι υποδεικνύουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων όρων ($n = 4$). 104

Γράφημα 6: Σχηματική απεικόνιση της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών των παραμέτρων της παραγωγής (συνολικό βάρος καρπών ανά φυτό (Παραγωγή), αριθμός καρπών ανά φυτό (N Καρπών), Μέσο νωπό βάρος καρπού (Βάρος)), των ποιοτικών παραμέτρων (Διάμετρος καρπού (Διάμετρος), Ολικά διαλυτά στερεά (TSSC), Τιτλοδοτούμενη Οξύτητα (Οξύτητα) και Συνεκτικότητα καρπών (Συνεκτικότητα)), της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων των φύλλων (K, Na, Ca, Mg, Fe και Mn) και της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων των καρπών (K, Na, Ca, Mg, Fe και Mn) σε δύο ελληνικές ποικιλίες τομάτας στην εφαρμογή φυτικών βιοδιεγερτών παρουσία μέτριας καταπόνησης αλατότητας που προκαλείται από συγκέντρωση NaCl 30 mM στη ζώνη της ρίζας. Το C υποδηλώνει συνθήκες μάρτυρα (0,5 mM NaCl στη ριζόσφαιρα), το S υποδηλώνει συνθήκες καταπόνησης (30 mM NaCl στη ριζόσφαιρα), το NB υποδηλώνει καμία εφαρμογή βιοδιεγέρτη, το A.nod υποδηλώνει την εφαρμογή του *A. nodosum* και το PGPR υποδηλώνει την εφαρμογή μικροβιακού βιοδιεγέρτη. 120

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Πηγή προέλευσης σπόρων και ονομασία των καλλιεργούμενων ποικιλιών τομάτας.	33
Πίνακας 2: Συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στο ΘΔ που χορηγήθηκε στα φυτά κατά τη διάρκεια του βλαστικού και παραγωγικού σταδίου ανάπτυξης.	38
Πίνακας 3: Η προέλευση και τα ονόματα των σπόρων πιπεριάς που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.....	42
Πίνακας 4: Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα διαβροχής και στο ΘΔ που παρεχόταν στα φυτά πιπεριάς κατά τη διάρκεια του βλαστικού και του παραγωγικού σταδίου ανάπτυξης.	45
Πίνακας 5: Συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στα διάφορα θρεπτικά διαλύματα που χορηγήθηκαν στα φυτά τομάτας. Διάλυμα διαβροχής: (0 ημέρες μετά τη μεταφύτευση (HMM), Βλαστικό στάδιο: από τη 2 ^η HMM έως την 35 ^η HMM (άνθος της 3ης ταξιανθίας), Διάλυμα καρποφορίας 1: από την 36 ^η HMM έως την 48 ^η HMM (άνθος του 3 ^{ης} έως 5 ^{ης} ταξιανθίας), Διάλυμα καρποφορίας 2: από τη 48 ^η HMM (άνθος της 5 ^{ης} ταξιανθίας έως το τέλος της καλλιέργειας).....	55
Πίνακας 6: Οι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν στην καλλιέργεια τομάτας και οι ημερομηνίες εφαρμογής τους.	56
Πίνακας 7: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στον αριθμό καρπών ανά φυτό και στο μέσο βάρος καρπών διαφόρων ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 mM NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.....	62
Πίνακας 8: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στις ρίζες διαφόρων ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 mM NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.	66
Πίνακας 9: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Mn και Zn) στις ρίζες διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 Mm NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.	70
Πίνακας 10: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στα φύλλα διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αντιστοιχεί στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 Mm NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας. .	73
Πίνακας 11: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Mn και Zn) στα φύλλα διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 Mm NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.	78
Πίνακας 12: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στους καρπούς διαφόρων	

παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 mM NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.....82

Πίνακας 13: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Mn και Zn) στους καρπούς διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 mM NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.86

Πίνακας 14: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στο μέσο αριθμό καρπών ανά φυτό των γονοτύπων που μελετήθηκαν.92

Πίνακας 15: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στο μέσο νωπό βάρος καρπού των γονοτύπων που μελετήθηκαν.92

Πίνακας 16: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στο μήκος και τη διάμετρο των καρπών πιπεριάς.....94

Πίνακας 17: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στη περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSSC), τιτλοδοτούμενη οξύτητα και συνεκτικότητα καρπών διαφόρων γονοτύπων πιπεριάς.95

Πίνακας 18: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στη συγκέντρωση μακροθρεπτικών συστατικών (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στα φύλλα των αξιολογούμενων γονοτύπων.97

Πίνακας 19: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στους καρπούς των γονοτύπων πιπεριάς.....100

Πίνακας 20: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στον αριθμό καρπών ανά φυτό, στο μέσο βάρος καρπών και στη διάμετρο καρπών των δύο ελληνικών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».....106

Πίνακας 21: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στην περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSSC), την τιτλοδοτούμενη οξύτητα και τη συνεκτικότητα των καρπών δύο ελληνικών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».....109

Πίνακας 22: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca και Mg) (mg/g ξηρού βάρους (ΞΒ)) στα φύλλα των δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».....112

Πίνακας 23. Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων (Fe και Mn) (μg/g ξηρού βάρους (ΞΒ)) στα φύλλα των δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».114

Πίνακας 24: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca και Mg)

(mg/g ξηρού βάρους) στους καρπούς δύο ελληνικών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη»..... 116

Πίνακας 25:Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων (Fe και Mn) (μg/g ξηρού βάρους) στους καρπούς. 118

1. Εισαγωγή

1.1. Αλατότητα

Η αλατότητα αναφέρεται στην αυξημένη περιεκτικότητα είτε του εδάφους είτε της ριζόσφαιρας σε άλατα (Ntanasi *et al.*, 2023). Στη λεκάνη της Μεσογείου η υψηλή συγκέντρωση NaCl στο νερό άρδευσης αποτελεί μείζον πρόβλημα (Sonneveld, 2000). Η αλατότητα μπορεί να ταξινομηθεί σε πρωτογενή αλατότητα, η οποία οφείλεται σε περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η μειωμένη βροχόπτωση ή ο άνεμος ή φυσικές διεργασίες όπως η διάβρωση, ή σε δευτερογενή αλατότητα, η οποία προκύπτει από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η υπερβολική χρήση νερού και λιπασμάτων (Khalid *et al.*, 2022). Σε μικρές ποσότητες, τα διαλυμένα άλατα είναι ζωτικής σημασίας για τη φυσιολογική ανάπτυξη και εξέλιξη των φυτών, αλλά σε υψηλά επίπεδα γίνονται επιβλαβή για τα φυτά (Nebauer *et al.*, 2013). Η αλατότητα που προκαλείται από την κλιματική αλλαγή αναφέρεται στην υπερβολική συσσώρευση ιόντων νατρίου (Na) ή/και χλωρίου (Cl) στη ριζόσφαιρα (Munns *et al.*, 2005). Τα ιόντα αυτά μπορούν να συσσωρευτούν στο νερό όταν η συγκέντρωση στο φυτό είναι χαμηλότερη από εκείνη του αρχικού νερού άρδευσης (Savvas *et al.*, 2013). Ευρήματα πολλών ερευνών δείχνουν ότι η αλατότητα επηρεάζει ένα σημαντικό μέρος της γεωργικής έκτασης παγκοσμίως (Flowers 2004; Stavi *et al.*, 2021). Περίπου το 7 % των αρδευόμενων εκτάσεων και έως και το 33 % της παγκόσμιας καλλιεργήσιμης γης υφίστανται τις επιζήμιες επιπτώσεις της συσσώρευσης αλάτων που απορρέουν από την υπερβολική εφαρμογή λιπασμάτων και τις πρακτικές διαχείρισης εντατικοποίησης των καλλιεργειών σε συνδυασμό με την έλλειψη αρδευτικού νερού (FAO 2009; Machado and Serralheiro, 2017; Chele *et al.*, 2021). Αξιοσημείωτο είναι πως έως το 2050, παραπάνω από το 50 % των καλλιεργήσιμων εκτάσεων πρόκειται να μεταβληθούν σε εδάφη με υψηλή αλατότητα ως αποτέλεσμα των διαβρώσεων των φυσικών πετρωμάτων, της άρδευσης των εδαφών με νερό χαμηλής ποιότητας και των εντατικοποιημένων αγρονομικών πρακτικών. Οι εκτιμώμενες ετήσιες απώλειες του πρωτογενή τομέα που προκαλούνται από την αλατότητα υπολογίζονται σε 27,3 δισεκατομμύρια δολάρια. Με τον τρόπο αυτό, η αλατότητα τίθεται ως μία από τις σημαντικότερες απειλές του 21^{ου} αιώνα για τον γεωργικό τομέα (Raza *et al.*, 2023; Saddique *et al.*, 2022; Singh, 2022).

1.1.1. Επίδραση της αλατότητας στις καλλιέργειες

Η αλατότητα επηρεάζει δυσμενώς τις καλλιέργειες μέσω δύο μηχανισμών: τη βραχυπρόθεσμη ωσμωτική καταπόνηση που οδηγεί σε μειωμένη απορρόφηση νερού και τις μακροπρόθεσμες διαταραχές στην ισορροπία ιόντων, με αποτέλεσμα τα φαινόμενα τοξικότητας ιόντων (Ullah et al., 2021; Balasubramaniam et al., 2023). Τα φυτά που υποβάλλονται σε καταπόνηση αλατότητας μπορούν να υποστούν μεταβολικές ή/και μορφολογικές μεταβολές. Συγκεκριμένα, η καταπόνηση αλατότητας μπορεί να μειώσει την ανάπτυξη των κυττάρων λόγω της μείωσης της ικανότητας πρόσληψης νερού (Munns, 2011), του κλεισίματος των στομάτων και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας (Chakdar et al., 2019). Επιπλέον, η καταπόνηση αλατότητας προκαλεί μείωση της ανάπτυξης των φυτών είτε μέσω της υπερβολικής συσσώρευσης νατρίου στα φύλλα (Munns, 2005; Munns and Tester, 2008; Rahnama et al., 2010) είτε λόγω άνισης κατανομής ή διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων (Chakdar et al., 2019). Παράλληλα, μπορεί να παρεμποδίσει τη φυσιολογική ανάπτυξη των κηπευτικών καλλιεργειών, οδηγώντας σε απώλειες στην παραγωγή και μείωση του μεγέθους των καρπών (Magán et al., 2008). Η μειωμένη παραγωγή είναι συνέπεια της μείωσης του αριθμού των καρπών, η οποία, σύμφωνα με τους Cuartero and Muñoz (1998), συνδέεται με τη μείωση της παραγωγής ανθέων με την αύξηση της αλατότητας.

1.1.2. Επίδραση της αλατότητας στη θρεπτική κατάσταση των φυτών

Οι μεταβολές στα επίπεδα NaCl και άλλων αλάτων στο έδαφος ή στις εκτός εδάφους καλλιέργειες έχουν ισχυρό αντίκτυπο στη φυσιολογία των φυτών. Ανάλογα με τη διάρκεια και την ένταση της καταπόνησης, οι αλλαγές που μπορεί να προκύψουν στις φυσιολογικές διεργασίες επηρεάζουν την αύξηση, την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των φυτών. Η συσσώρευση ιόντων Na και Cl τόσο στους φυτικούς ιστούς όσο και στο έδαφος είναι η κύρια επιζήμια συνέπεια της αλατότητας (Nishimura et al., 2011; Filippou et al., 2021; Atta et al., 2023). Επιπλέον, η παρουσία NaCl στη ριζόσφαιρα μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα πρόσληψης και ανισορροπίες των μακροστοιχείων καλίου (K), ασβεστίου (Ca) και μαγνησίου (Mg) σε διάφορους φυτικούς ιστούς (Gama et al., 2007). Μειωμένη απορρόφηση έχει επίσης καταγραφεί για τα ιχνοστοιχεία: χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), σίδηρος (Fe) και μαγγάνιο (Mn), για τα οποία έχει επίσης διαπιστωθεί μειωμένη μεταφορά στα υπέργεια μέρη των φυτών (Nouck et al., 2016; Win et al., 2018; EL Sabagh et al., 2021). Οι βιώσιμες,

αποτελεσματικές και οικονομικά βιώσιμες αγρονομικές πρακτικές που είναι σε θέση να μετριάσουν τις προαναφερθείσες επικίνδυνες επιπτώσεις και να διατηρήσουν ή ακόμη και να αυξήσουν την παραγωγή και την ποιότητα των τροφίμων, έχουν μεγάλη σημασία και πρέπει να υιοθετηθούν από τους καλλιεργητές (Mishra *et al.*, 2023).

1.1.3. Ανοχή των φυτών στην αλατότητα

Η αλατότητα είναι ένας αβιοτικός παράγοντας καταπόνησης που μπορεί να προκαλέσει θρεπτικές και μεταβολικές διαταραχές, με αποτέλεσμα ένα σύνθετο φυσιολογικό σύνδρομο (Tester and Davenport, 2003). Η προσαρμογή των φυτών στην αλατούχα καταπόνηση εξαρτάται σημαντικά από ένα πλήθος φυσιολογικών και μοριακών μηχανισμών που ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες: ωσμωτική ανοχή, αποκλεισμός ιόντων και ανοχή των ιστών (Munns and Tester, 2008- Roy *et al.*, 2014- Isayenkov and Maathuis, 2019). Ωστόσο, ένας βασικός μηχανισμός που καθορίζει την ανοχή ενός φυτού στην αλατότητα είναι ο έλεγχος της ομοιόστασης των ιόντων, ιδίως των K και Na (Li *et al.*, 2019). Σύμφωνα με τους Roy *et al.* (2014), η δράση της ανοχής μηχανισμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το επίπεδο αλατότητας. Αναλυτικότερα, ο αποκλεισμός του Na είναι πιο αποτελεσματικός σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, ενώ η ωσμωτική ανοχή μπορεί να είναι ο πιο σημαντικός μηχανισμός ανοχής σε μέτρια αλατότητα. Επιπλέον, ένας υψηλός λόγος K/Na στα φύλλα παραδοσιακών φυτικών ποικιλιών έχει συνδεθεί με την ανοχή των φυτών στην αλατότητα (Massaretto *et al.*, 2018), ενώ αντίθετα, σημαντικές αυξήσεις του λόγου Na/K έχουν παρατηρηθεί στις ρίζες των ιδιαίτερα ευαίσθητων φυτών μηδικής, γεγονός που υποδηλώνει μειωμένη ικανότητα αναστολής της απορρόφησης Na και διατήρησης της ιοντικής ισορροπίας (Filippou *et al.*, 2021). Μεταβολομικές μελέτες σε φυτά που εκτέθηκαν σε καταπόνηση αλατότητας έχουν αναδείξει διάφορους μεταβολίτες, όπως αμινοξέα, σάκχαρα, πολυόλες και άλλα ενδιάμεσα προϊόντα του κύκλου Krebs, που σχετίζονται με την καταπόνηση αλατότητας (Chatzigianni *et al.*, 2023). Αυτοί οι μεταβολίτες δρουν ως βιοχημικοί δείκτες υπό τέτοιες συνθήκες (Borrelli *et al.*, 2010; Saito *et al.*, 2018).

1.1.4. Ευεργετικές επιπτώσεις της μέτριας αλατότητας στα φυτά

Εκτός από τις βλαβερές επιπτώσεις της, σε χαμηλές συγκεντρώσεις, η αλατότητα μπορεί να επηρεάσει θετικά την απόδοση των καλλιεργειών (Truşcă *et al.*,

2023) μέσω του φαινομένου της ευεργετικής καταπόνησης (eustress) (Voutsinos-Frantzis et al., 2023). Η ελεγχόμενη έκθεση σε μέτρια επίπεδα αλατότητας έχει αποδειχθεί ευεργετική για την ποιότητα των καρπών (Meza et al., 2020), βελτιώνοντας ορισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως η συνεκτικότητα, η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSSC °Brix) (Yang et al., 2019), η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (Giuffrida et al., 2014), η βιταμίνη C και η γλυκόζη (Petersen et al., 1998).

1.2. Η καλλιέργεια της τομάτας

Η τομάτα (*Solanum lycopersicum* L.) είναι η δεύτερη σημαντικότερη καλλιέργεια παγκοσμίως από άποψη παραγωγής και κατανάλωσης μετά την πατάτα, με την καλλιέργεια να φτάνει σε έκταση 5,03 εκατ. εκταρίων και παραγωγή 180 εκατ. τόνων (FAO, 2022). Η τομάτα είναι η πιο παραγωγική καλλιέργεια κηπευτικών στη Νότια Ευρώπη, καλύπτοντας μια εκτεταμένη έκταση 0,2 εκατομμυρίων εκταρίων (FAOSTAT, 2019). Η μέση ετήσια παραγωγή τομάτας στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα τελευταία 10 χρόνια έφτασε τους 16.474.000 τόνους. Το 2012 και 2013 καταγράφηκε η χαμηλότερη τιμή με 15.082.000 τόνους ενώ το 2016 η υψηλότερη με 17.862.000 τόνους (European Commission, 2021). Στη λεκάνη της Μεσογείου, η τομάτα είναι η κυρίαρχη καλλιέργεια κηπευτικών, τόσο σε υπαίθρια όσο και σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια (Tognoni et al., 2003). Εκτός από την κοινωνικοοικονομική της σημασία, η τομάτα αποτελεί ένα φυτό-μοντέλο για τις καρποδοτικές καλλιέργειες λόγω των αγρονομικών και γενετικών χαρακτηριστικών της, και ιδιαίτερα, ως πλούσια πηγή καροτενοειδών, βιταμινών και ανόργανων στοιχείων (Bergougnoux, 2014).

1.2.1. Επίδραση της αλατότητας στην καλλιέργεια της τομάτας

Όντας μια μέτρια ανθεκτική στην αλατούχα καταπόνηση καλλιέργεια (Singh et al., 2012), η απόδοσή της τομάτας δύναται να υποβαθμιστεί από συνθήκες υψηλής αλατότητας στο περιβάλλον της ρίζας (Willumsen et al., 1996; Yang et al., 2019), αρνητική επίδραση που αποδίδεται κυρίως σε θρεπτικές και ορμονικές ανισορροπίες, αναστολή της πυκνότητας των ριζών, διαταραχή της φωτοσύνθεσης και συσσώρευση δραστικών ριζών οξυγόνου (ROS) (Alshami et al., 2023). Για την εκτός εδάφους καλλιέργεια της τομάτας συνίσταται μία τυπική ηλεκτρική αγωγιμότητα των αγωγιμότητα των 2,5 dS m⁻¹ ως ανώτατο επίπεδο για μέγιστες αποδόσεις (Maas et al.,

1977). Σύμφωνα με τους *Campos et al. (2006)*, για κάθε μονάδα αύξησης της αλατότητας πάνω από $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, παρατηρείται περίπου 10 % μείωση της απόδοσης. Παράλληλα, υψηλή συσχέτιση εντοπίζεται μεταξύ των επιπέδων της αγωγιμότητας και των μορφολογικών χαρακτηριστικών του φυτού, όπου η αύξηση της αγωγιμότητας συνεπάγει περιορισμούς στην ανάπτυξη της βιομάζας του φυτού, ως αποτέλεσμα της μείωσης του μέσου ύψους, του αριθμού των φύλλων και της φυλλικής επιφάνειας (*Rouphael et al., 2017*). Επιπλέον, η αλατούχος καταπόνηση οδηγεί σε μείωση του μεγέθους των καρπών τομάτας και συνεπώς της παραγωγικότητας των φυτών (*Willumsen et al., 1996*).

1.3. Η καλλιέργεια της πιπεριάς

Η γλυκιά πιπεριά (*Capsicum annuum* L.) είναι μια από τις σημαντικότερες καλλιέργειες λαχανικών παγκοσμίως, με υψηλή οικονομική αξία. Η πιπεριά καλλιεργείται παγκοσμίως λόγω της μεγάλης ποικιλίας στο σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα των καρπών (*Qin et al., 2014*). Επιπλέον επιλέγεται, για τα οργανοληπτικά της χαρακτηριστικά και την υψηλή θρεπτική της αξία, στη διατροφή του ανθρώπου (*Azlan et al., 2022*). Η καλλιέργεια της πιπεριάς δύναται να διαφέρει από εκείνη της τομάτας και της μελιτζάνας, καθώς ο στόχος δεν είναι πάντα η παραγωγή μεγάλων, γλυκών καρπών. Οι πιπεριές καλλιεργούνται επίσης για την παραγωγή καρπών με έντονη πικάντικη γεύση. Η πιπεριά συγκαταλέγεται μεταξύ των 30 πιο παραγόμενων ειδών διατροφής καταλαμβάνοντας περίπου 4 εκατομμύρια εκτάρια καλλιεργούμενης έκτασης παγκοσμίως ενώ παραγωγή της να υπερβαίνει τους 40 εκατομμύρια τόνους ετησίως (*FAOSTAT, 2019*). Η αξία της νωπής πιπεριάς στην παγκόσμια οικονομία εκτιμάται στα 30,2 δισεκατομμύρια δολάρια (*Tripodi & Kumar, 2019*). Η αύξηση της καλλιεργούμενης έκτασης πιπεριάς κατά περίπου 35 % αύξησε αντίστοιχα την παραγωγή της από 17 σε 36 εκατομμύρια τόνους (*Tripodi & Kumar 2019, López-Serrano et al., 2021*).

1.3.1. Επίδραση της αλατότητας στην καλλιέργεια της πιπεριάς

Στην περιοχή της Μεσογείου, η πιπεριά καλλιεργείται σε θερμοκήπια και συχνά η άρδευσή τους πραγματοποιείται σε αλατούχα εδάφη με νερό χαμηλής ποιότητας (π.χ. υφάλμυρο νερό) λόγω της αυξανόμενης ζήτησης του προϊόντος (*Chartzoulakis and Klapaki, 2000*). Η πιπεριά είναι ένα φυτικό είδος ιδιαίτερα ευαίσθητο στην αλατότητα,

με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής κατά περίπου 7,6 % για κάθε μονάδα αύξησης της EC πέραν των 2,8 dS m⁻¹ στο περιβάλλον της ρίζας (*Sonneveld and Van der Burg, 1991*). Παρά την ευαισθησία αυτή, η ποιότητα των καρπών μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την ελεγχόμενη αύξηση της EC πάνω από το όριο που απαιτείται για τη μέγιστη παραγωγή. Αρκετοί συγγραφείς έχουν περιγράψει τη σχέση μεταξύ αλατότητας και απόδοσης των καλλιεργειών, η οποία μειώνεται όσο αυξάνεται η αλατότητα (*Maas and Hoffman, 1977; van Genuchten and Hoffman, 1984; Maas and Grattan, 1999*). Ως εκ τούτου, το συνιστώμενο εύρος της EC για το περιβάλλον της ρίζας της πιπεριάς που καλλιεργείται εκτός εδάφους είναι μεταξύ 3 και 3,6 dS m⁻¹ (*Sonneveld and Voogt, 2019*).

1.4. Σημαντικότητα καλλιέργειας παραδοσιακών ποικιλιών

Οι παραδοσιακές ποικιλίες, σε αντίθεση με τις σύγχρονες καλλιεργούμενες ποικιλίες (*Villa et al., 2005*), προσφέρουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να προσαρμοστούν σε αντίξοες συνθήκες (π.χ. αλατότητα, ξηρασία, ζέστη) χωρίς να μειώνουν την παραγωγή (*Frankel et al., 1995; Almekinders et al., 1999*). Εκτεταμένη έρευνα έχει αφιερωθεί στον εντοπισμό χαρακτηριστικών ανοχής σε παραδοσιακές ποικιλίες που προσδίδουν ανθεκτικότητα σε αβιοτικές καταπονήσεις όπως η ξηρασία και η αλατότητα (*Galmés et al., 2013; Assimakopoulou et al., 2015*). Οι ποικιλίες ή οι γονότυποι τομάτας που είναι ανθεκτικοί στην αλατούχο καταπόνηση παρουσιάζουν την ικανότητα να μετριάζουν τις δυσμενείς επιπτώσεις της καταπόνησης αυτής μέσω μηχανισμών όπως η ενισχυμένη ανάπτυξη των ριζών (*Raza et al., 2017*) ή η ενεργοποίηση βιοχημικών και φυσιολογικών διεργασιών που μπορούν να επιτρέψουν την αποκατάσταση της ομοιόστασης ιόντων και νερού (*Hasegawa et al., 2000*).

Οι τοπικές ποικιλίες τομάτας, που κατάγονται από τις ακτές της Νότιας Αμερικής στον Ειρηνικό (*Athinodorou et al., 2021*), εξημερώθηκαν με επιτυχία στις μεσογειακές χώρες (Ιταλία και Ισπανία) και καλλιεργούνται σε περιθωριακά εδάφη και σε ποικίλα μικροκλίματα και θεωρούνται, πλέον, πολύτιμο γενετικό υλικό για αυξημένη ανθεκτικότητα στις καταπονήσεις και προσαρμοστικότητα σε συστήματα καλλιέργειας με χαμηλές εισροές (*Tagiakas et al., 2022; Caramante et al., 2024; Thanopoulos et al., 2024*). Για την καλλιέργεια της πιπεριάς υπάρχουν παραδοσιακές ποικιλίες που παρουσιάζουν ανοχή στην αλατότητα και ως εκ τούτου αποτελούν σημαντικό γενετικό πόρο για προγράμματα βελτίωσης (*Özdemir et al., 2016*). Είναι

αξιοσημείωτη η παρατήρηση στην μελέτη του *Giorio, (2020)* για την διαφορά που εμφάνισαν δύο διαφορετικές ποικιλίες στην ανοχή σε αλατότητα εύρους από 0 έως 120 mM NaCl στο νερό άρδευσης. Πρόσφατες μελέτες ανέδειξαν μια υψηλή οικονομική αποδοτικότητα σε συνδυασμό με την αύξηση της βιωσιμότητας μέσω της καλλιέργειας παραδοσιακών ποικιλιών (*Karanikolas et al., 2018*), αποτελώντας τη διερεύνηση, αξιοποίηση και ακόμη και προώθησή τους σε τοπικές διατροφικές αλυσίδες αξίας ως μια αναδύομενη στρατηγική διαχείρισης (*Lazaridi et al., 2024; Ntanasi et al., 2023*) με στόχο την αύξηση της ανθεκτικότητας και της βιωσιμότητας (*Enthoven and Van den Broeck, 2021*). Παρ' όλα αυτά, οι σύγχρονες ποικιλίες συχνά επιδεικνύουν υψηλότερη παραγωγικότητα από τις παραδοσιακές ποικιλίες.

1.5. Βιοδιεγέρτες

Σύμφωνα με τις διατάξεις που περιγράφονται στον ευρωπαϊκό κανονισμό 2019/1009, οι βιοδιεγέρτες χαρακτηρίζονται ως «*προϊόντα που διεγείρουν τις διαδικασίες θρέψης των φυτών ανεξάρτητα από την περιεκτικότητα του προϊόντος σε θρεπτικά στοιχεία με μοναδικό στόχο τη βελτίωση ενός ή περισσότερων από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του φυτού ή της ριζόσφαιρας του φυτού: (α) αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών ουσιών, β) ανοχή στην αβιοτική καταπόνηση, γ) ποιοτικά χαρακτηριστικά, ή δ) διαθεσιμότητα περιορισμένων θρεπτικών ουσιών στο έδαφος ή τη ριζόσφαιρα*». Ενώ οι βιοδιεγέρτες δεν παρέχουν άμεσα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά, μπορούν να διευκολύνουν την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων υποστηρίζοντας τις μεταβολικές διεργασίες τόσο στα φυτά όσο και στο έδαφος (*Drobek et al., 2019*). Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες βιοδιεγερτών, που περιλαμβάνουν μικροβιακά εμβόλια, χουμικές ουσίες (όπως χουμικά οξέα, φουλβικά οξέα, υδρολυμένες πρωτεΐνες ή αμινοξέα, βιοπολυμερή κ.α.), ανόργανες ενώσεις και εκχυλίσματα που προέρχονται από φύκια (*Du Jardin, 2015*).

Μια νέα προσέγγιση για την άμβλυνση της καταπόνησης βασίζεται στην εφαρμογή φυτικών βιοδιεγερτών (PBs) (*Kisvarga et al., 2022; Bisht and Chhabra, 2024; Chabili et al., 2024; Ciriello et al., 2024; Martínez-Lorente et al., 2024; Zulfiqar et al., 2024*). Οι φυτικοί βιοδιεγέρτες ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στα καλλιεργητικά συστήματα με στόχο την προσαρμογή των φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών στις συνθήκες ανάπτυξης, ενισχύοντας έτσι την παραγωγικότητα (*Yakhin et al., 2017; Hasanuzzaman et al., 2021; Johnson et al., 2024*). Οι βιοδιεγέρτες

μπορούν να διευκολύνουν την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων ενισχύοντας τις μεταβολικές διεργασίες τόσο στα φυτά όσο και στο έδαφος (Drobek et al., 2019), συμβάλλοντας έτσι στη καλύτερη διαχείριση εφαρμογής λιπασμάτων για τη μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες βιοδιεγερτών, που περιλαμβάνουν εκχυλίσματα φυκιών, υδρολυμένες πρωτεΐνες, χουμικά και φουλβικά οξέα, ανόργανες ενώσεις, ωφέλιμους μικροοργανισμούς κ.λπ. (Cocetta et al., 2015; Ruzzi and Aroca, 2015; Rouphael and Colla, 2020; Sun et al., 2024). Σύμφωνα με τους Bulgari et al. (2019), οι βιοδιεγέρτες μπορούν να βελτιώσουν την ανοχή των φυτών σε αβιοτικές καταπονήσεις, όπως η ξηρασία, οι ακραίες θερμοκρασίες και η αλατότητα, βοηθώντας στην ανάκαμψη από τις βλάβες που προκαλούνται από τη εκάστοτε καταπόνηση.

1.5.1. Εκχυλίσματα φυκών

Τα μακροφύκη (SWE), που περιλαμβάνουν πολυκύτταρα μακροσκοπικά θαλάσσια φύκη από διάφορες ταξινομικές ομάδες όπως τα καφέ (*Phaeophyta*), τα κόκκινα (*Rhodophyta*) και τα πράσινα (*Chlorophyta*) φύκη (Nanda et al., 2022), θεωρούνται ζωτικές πηγές θρεπτικών στοιχείων, λιπαρών οξέων, πολυφαινολών, πρωτεϊνών (Nkhata et al., 2021), βιοδραστικών ενώσεων (όπως οι λαμιναρίνες και τα αλγινικά) (Battacharyya et al., 2015) και φυτοορμονών (κυτοκινίνες και αυξίνες) (San-Martín-Hernández et al., 2022). Τα εκχυλίσματα φυκών έχουν εφαρμογές στη γεωργία από την αρχαιότητα (Franzoni et al., 2022) και αναγνωρίζονται ευρέως για τον σημαντικό τους αντίκτυπο τόσο στον περιορισμό της αβιοτικής καταπόνησης και όσο και στην ενίσχυση της παραγωγικότητας των φυτών (Paradičković et al., 2019). Η εφαρμογή των εκχυλισμάτων μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω του φυλλώματος είτε από το έδαφος, αυξάνοντας έτσι την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων και τις χημικές ιδιότητες του εδάφους, αντίστοιχα (Villa et al., 2023). Έχει αποδειχθεί ότι τα εκχυλίσματα φυκών μετριάζουν τις επιπτώσεις της καταπόνησης αλατότητας και αυξάνουν τις συγκεντρώσεις K και Ca στα φύλλα (Bonomelli et al., 2018). Επιπλέον, τα εκχυλίσματα φυκών συμβάλλουν στη μείωση της πρόσληψης Na^+ (San-Martín-Hernández et al., 2022; Jafarlou et al., 2023), ενώ προάγουν τη συσσώρευση ενώσεων που σχετίζονται με τη φυσιολογική απόκριση των φυτών στην καταπόνηση, όπως τα γλυκοσινολιικά, οι φυτοαλεξίνες (Rouphael et al., 2022) και τα αντιοξειδωτικά ένζυμα (καταλάση, υπεροξειδική δισμουτάση και υπεροξειδάση) (Jafarlou et al., 2023).

Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι η εφαρμογή εκχυλισμάτων φυκών μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα των καρπών, ως αποτέλεσμα της αυξημένης τιτλοδοτούμενης οξύτητας, του ασκορβικού οξέος και των σακχάρων (*Rana et al., 2023*).

1.5.2. Μικροβιακοί βιοδιεγέρτες

Οι μικροβιακοί βιοδιεγέρτες, όπως τα *Azotobacter* spp., οι ατρακτοειδείς μυκορριζικοί μύκητες (AMF), τα *Rhizobium* spp. και τα *Azospirillum* spp., είναι μια άλλη σημαντική κατηγορία φυτικών βιοδιεγερτών (*EU, 2019*). Οι μικροοργανισμοί, που αναφέρονται ως ριζοβακτήρια που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών (PGPBs), μπορούν να προωθήσουν την ανάπτυξη των φυτών και να ενισχύσουν την ικανότητα των φυτών να αντέχουν στις αβιοτικές καταπονήσεις (*Singh et al., 2024*), συμπεριλαμβανομένης της αλατότητας, (*Dodd, 2012; Roupael et al., 2017*). Μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι η εφαρμογή του *Azospirillum brasilense* DSM 2298 έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει την παραγωγή και τη θρεπτική κατάσταση των φυτών μελιτζάνας (*Consentino et al., 2022b*). Επιπλέον σε φυτά μαρουλιού, η εφαρμογή διαφορετικών PGPB (*A. brasilense* DSM 1690, *A. brasilense* DSM 2298 και *Pseudomonas* sp. DSM 25356) έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την ποιότητα και την αποδοτικότητα της καλλιέργειας, ανεξάρτητα από την επέμβαση με άζωτο (N) (*Consentino et al., 2022a*). Αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση της αζωτοδεσμευτικής ικανότητας, τη σύνθεση φυτοορμονών, την παραγωγή σιδηροφόρων, την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων. Επιπλέον, διευκολύνουν την καλύτερη διαλυτοποίηση διαφόρων πηγών ακινητοποιημένου P (*Granada et al., 2018; Savvas et al., 2024*) και την απελευθέρωση K από τα ανόργανα στοιχεία του στο έδαφος μέσω της παραγωγής οργανικών οξέων, όπως κιτρικό, οξαλικό, τρυγικό, γλυκόξινο, α-κετογλυκονικό οξύ (*Singh, 2015; Shin, 2017; Olaniyan et al., 2022*). Ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, εξωκυτταρικές (ePGPR) και ενδοκυτταρικές (iPGPR) (*Gray and Smith, 2005*), και μπορούν να διεγείρουν τον σχηματισμό πλευρικών ριζών μέσω της παραγωγής IAA (π.χ. *Azospirillum brasilense* - (*Barbieri and Galli, 1993*)) ή να δεσμεύουν N από την ατμόσφαιρα (π.χ. *Azotobacter vinelandii* - (*Lugtenberg, 2015*)). Τα *Azotobacter* θεωρούνται μη συμβιωτικά βακτήρια που δεσμεύουν N₂ και, επομένως, μπορούν να χρησιμεύσουν ως η κύρια φυσική πηγή N σε οικοσυστήματα που στερούνται συμβιωτικής αζωτοδέσμευσης (SNF) (*Aasfar et al., 2021*). Όντας εξαιρετικά ποικιλόμορφα και παγκοσμίως διαδεδομένα στα εδάφη, μπορούν να επηρεάσουν την

ανάπτυξη των φυτών μέσω της παραγωγής κυτοκινίνης (Hayat et al., 2012), της διαλυτοποίησης του P (Hafez et al., 2016; Velmourougane et al., 2019), της αύξησης της περιεκτικότητας σε άνθρακα και θείο στο έδαφος (Kizilkaya, 2009) και της ενίσχυσης της ανθεκτικότητας στις καταπονήσεις (συμπεριλαμβανομένης της αλατότητας) (Hindersah et al., 2020). Ωστόσο, οι παραπάνω αποκρίσεις των καλλιεργειών στους βιοδιεγέρτες εξαρτώνται από την ποικιλία (Rouphael et al., 2017; Francesca et al., 2020).

1.6. Βιώσιμες πρακτικές για καλλιέργεια παραδοσιακών ποικιλιών

Μια πιθανή βιώσιμη προσέγγιση για την αύξηση της παραγωγής στις παραδοσιακές ποικιλίες περιλαμβάνει την εφαρμογή φυτικών βιοδιεγερτών στα φυτά. Ορισμένες μελέτες έχουν εξετάσει τον αντίκτυπο των βιοδιεγερτών σε υβρίδια και σύγχρονες ποικιλίες (Rodrigues et al., 2020). Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε γονοτύπους (Rouphael et al., 2021) έδειξαν ότι η εφαρμογή βιοδιεγερτών μπορεί να αυξήσει τα θρεπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των γονοτύπων, με τις παρατηρηθείσες διαφοροποιήσεις να συνδέονται με τον συγκεκριμένο τύπο βιοδιεγερτών και τον εξεταζόμενο γονότυπο.

2. Στόχος της Διδακτορικής Διατριβής

Οι αβιοτικές καταπονήσεις, όπως η αλατότητα, θέτουν μεγάλους κινδύνους για τη βιωσιμότητα και την παραγωγικότητα των περισσότερων κηπευτικών καλλιεργειών στη λεκάνη της Μεσογείου. Οι δύο πιο διαδεδομένες καλλιέργειες καρποδοτικών κηπευτικών παγκοσμίως, αλλά κυρίως στη Μεσόγειο, είναι η τομάτα και η πιπεριά. Για την ανάδειξη βιώσιμων καλλιεργητικών πρακτικών υπό τη νέα εποχή της κλιματικής αλλαγής, στα πλαίσια της συγκεκριμένης διδακτορικής διατριβής, διερευνήθηκε η επίδραση της μέτριας αλατότητας από NaCl (30 mM) σε παραδοσιακές ποικιλίες διαφορετικών σολανωδών κηπευτικών, ειδικότερα της τομάτας (*Solanum lycopersicum* L.) και της πιπεριάς (*Capsicum annum* L.). Ωστόσο για τον μετριασμό των επιπτώσεων των αβιοτικών καταπονήσεων και ιδιαίτερα της αλατότητας στην απόδοση των καλλιεργειών, κρίθηκε απαραίτητη η εύρεση και η εφαρμογή των κατάλληλων βιώσιμων αγρονομικών πρακτικών. Με βάση τη βιβλιογραφία τα τελευταία χρόνια παρατηρείται τεράστιο επιστημονικό ενδιαφέρον για τον τομέα των βιοδιεγερτών. Οι βιοδιεγέρτες αποτελούν μια βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής στις καλλιέργειες. Μεταξύ άλλων τα εκχυλίσματα φυκιών και οι μικροβιακοί βιοδιεγέρτες είναι δύο από τις σημαντικότερες κατηγορίες βιοδιεγερτών που συμβάλουν στη μείωση των απωλειών της απόδοσης, ενώ παράλληλα βελτιώνουν την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και ενισχύουν την ανοχή των φυτών στις αβιοτικές καταπονήσεις. Επομένως, επιπλέον στόχος αυτής της διδακτορικής διατριβής είναι η αξιολόγηση διαφορετικών βιοδιεγερτών στην ικανότητά τους να αίρουν τις αρνητικές επιπτώσεις της αυξημένη αλατότητας σε δύο παραδοσιακές ποικιλίες τομάτας.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, σχεδιάστηκαν τα παρακάτω υδροπονικά πειράματα:

Στο 1^ο πείραμα αξιολογήθηκαν δεκαέξι διαφορετικού μεγέθους παραδοσιακές ποικιλίες τομάτας από τη Μεσόγειο ως προς την ανοχή τους σε μέτρια αλατούχο καταπόνηση, σε καλλιέργεια που διεξήχθη σε ανοιχτό σύστημα καλλιέργειας εκτός εδάφους με υπόστρωμα περλίτη

Στο 2^ο πείραμα αξιολογήθηκαν έξι διαφορετικές παραδοσιακές ποικιλίες πιπεριάς ως προς την ανοχή τους σε μέτρια αλατούχο καταπόνηση, σε καλλιέργεια που διεξήχθη σε ανοιχτό σύστημα καλλιέργειας εκτός εδάφους με υπόστρωμα περλίτη.

Στο 3^ο πείραμα, αξιολογήθηκαν δύο διαφορετικές παραδοσιακές ποικιλίες τομάτας ως προς την ανοχή τους σε μέτρια αλατούχο καταπόνηση και η δυνατότητα μετριασμού της αυξημένης αλατότητας μέσω της εφαρμογής δύο φυτικών βιοδιεγερτών, ενός εκχυλίσματος φυκών (*Ascophyllum nodosum*) και ενός μικροβιακού βιοδιεγέρτη (PGPR).

Σε όλα τα πειράματα και για όλα τα διαφορετικά είδη που καλλιεργήθηκαν, αξιολογήθηκε η παραγωγή (βάρος καρπών ανά φυτό, μέσος αριθμός καρπών ανά φυτό και το μέσο νωπό βάρος καρπού), τα φυσικά χαρακτηριστικά των καρπών (διάμετρος, ύψος), τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (ολικά διαλυτά στερεά, τιτλοδοτούμενη οξύτητα, συνεκτικότητα καρπών) και η θρεπτική κατάσταση των φυτών μέσω του προσδιορισμού των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg) και ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Zn, Mn) στους ιστούς διαφορετικών φυτικών οργάνων (φύλλα, καρποί ή/και ρίζα).

3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών μεσογειακών ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά.

3.1.1. Πειραματικός σχεδιασμός και φυτικό υλικό

Το πείραμα διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του θερμοκηπίου του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΓΠΑ), το οποίο βρίσκεται στις συντεταγμένες 37°59'2" N και 23°42'19" E. Δεκαπέντε διαφορετικές παραδοσιακές ποικιλίες τομάτας από τη Μεσόγειο και μία εμπορική ποικιλία τομάτας, η «Moneymaker» (μάρτυρας), καλλιεργήθηκαν σε ανοικτό σύστημα υδροπονίας με περλίτη ως υπόστρωμα. με την εφαρμογή δύο διαφορετικών συγκεντρώσεων (0,5 και 30 mM) NaCl στη ριζόσφαιρα (Εικόνα 1). Η ονομασία και προέλευση των σπόρων των καλλιεργούμενων ποικιλιών, συμπεριλαμβανομένων των δεκαπέντε παραδοσιακών ποικιλιών και της ποικιλίας «Moneymaker» (Εικόνα 2), παρατίθενται στον Πίνακα 1. Το πείραμα σχεδιάστηκε ως τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (RCBD) με την εφαρμογή δύο διαφορετικών συγκεντρώσεων NaCl (0,5 και 30 mM) στο θρεπτικό διάλυμα (ΘΔ) που διατηρείται στη ζώνη της ρίζας (ριζικό διάλυμα).



Εικόνα 1: Φυτά τομάτας κατά την καλλιέργεια

Πίνακας 1: Πηγή προέλευσης σπόρων και ονομασία των καλλιεργούμενων ποικιλιών τομάτας.

Ποικιλία	Πηγή Προέλευσης
MoneyMaker (ποικιλία αναφοράς)	INRA ¹
de Ramellet	UIB ²
Valldemossa (de)	UIB ²
Seccagno PSC1-1	UIB/UNITO ³
CC_1791 Allungato a Fiasco	UIB/UNITO ³
CC_1665 Pollena	UIB/UNITO ³
Corbarino	UIB/UNITO ³
GR-451/04	ΓΠΑ ⁴
ATS-048/06	ΓΠΑ ⁴
Τοματάκι Σαντορίνης	ΓΠΑ ⁴
Χοντροκατσαρή	ΓΠΑ ⁴
Αρετή	ΓΠΑ ⁴
Cherry-INRAE (1)	INRAE ⁵
Cherry-INRAE (2)	INRAE ⁵
Cherry-INRAE (3)	INRAE ⁵
Cherry-INRAE (4)	INRAE ⁵

¹Εθνικό Ινστιτούτο Γεωπονικής Έρευνας. ²Πανεπιστήμιο των Βαλεαρίδων Νήσων. ³Πανεπιστήμιο των Βαλεαρίδων Νήσων/Πανεπιστήμιο του Τορίνο. ⁴Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. ⁵Εθνικό Ινστιτούτο Ερευνών για τη Γεωργία, τα Τρόφιμα και το Περιβάλλον.



Moneymaker

Valldemossa (de)

Seccagno PSC1-1

Αρετή

ATS-048/06



CC_1665 Pollena



Corbarino



Χοντροκατσαρή



Τοματάκι
Σαντορίνης



Cherry INRAE (2)



GR 451/04



CC_1791 Allungato a
Fiasco



Cherry INRAE
(1)



Cherry INRAE
(3)



Cherry INRAE
(4)

Εικόνα 2: Οι καρποί των διαφορετικών ποικιλιών τομάτας που καλλιεργήθηκαν

3.1.2. Συνθήκες ανάπτυξης και καλλιεργητικές πρακτικές

Στις 30 Ιανουαρίου 2021, οι σπόροι τομάτας υποβλήθηκαν σε διαδικασία απολύμανσης με τη χρήση διαλύματος φωσφορικού τρινατρίου (Na_3PO_4) 15 % v/w. Μετά την απολύμανση, οι σπόροι τομάτας ξεπλύθηκαν με νερό και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε θάλαμο προβλάστησης με ελεγχόμενη θερμοκρασία (25 °C) για βλάστηση (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Διαδικασία απολύμανσης και εκβλάστησης σπόρων: (Α) απολύμανση σπόρων 30/1/2021 σε διάλυμα 15 % v/w Na_3PO_4 , (Β) τοποθέτηση τριβλίων σε θάλαμο προβλάστησης στους 25°C και (Γ) εκβλαστημένοι σπόροι.

Μετά από τρεις ημέρες, οι εκβλαστημένοι σπόροι μεταφυτεύτηκαν σε δίσκους σποράς των 72 θέσεων χρησιμοποιώντας τύρφη ως υπόστρωμα (Εικόνα 4).



A

B

Γ

Εικόνα 4: Διαδικασία παραγωγής σποροφύτων μετά την εκβλάστηση των σπόρων: (A) τοποθέτηση εκβλαστημένων σπόρων σε δίσκους σποράς, (B) ανάπτυξη φυταρίων 13/02/2021 και (Γ) σπορόφυτα στο στάδιο των 4 πραγματικών φύλλων 01/03/2021.

Στις 10 Μαρτίου, όταν τα σπορόφυτα είχαν αναπτύξει τέσσερα ή πέντε πραγματικά φύλλα, μεταφυτεύτηκαν στην τελική τους θέση στο θερμοκήπιο χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα σάκουσ περλίτη (33 L) και η καλλιέργεια πραγματοποιήθηκε σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα. Κάθε μεταχείριση επαναλήφθηκε τρεις φορές (3 σάκοι περλίτη/μεταχείριση). Κάθε σάκος περλίτη έφερε 3 φυτά της ίδιας ποικιλίας που τροφοδοτούνταν με ΘΔ από μια δεξαμενή παροχής μέσω αντλίας και συστήματος στάγδην άρδευσης. Με το πέρας της μεταφύτευσης, ο πυθμένας κάθε σάκου σκίστηκε ώστε να επιτραπεί η ελεύθερη ροή και συνεπώς η αποστράγγιση του ΘΔ που παρέχεται καθ' υπέρβαση των αναγκών των φυτών (Εικόνα 5). Η μέση θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ρυθμιζόταν με τα κατάλληλα όργανα ελέγχου της θερμοκρασίας (αερόθερμο και σύστημα αερισμού) και παρέμενε στους 21 °C την ημέρα και στους 17 °C την νύχτα, αντίστοιχα



Εικόνα 5: Προετοιμασία θερμοκηπίου και τελική εγκατάσταση της πειραματικής καλλιέργειας τομάτας

3.1.3. Θρεπτικά διαλύματα

Για τον υπολογισμό του θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) που εφαρμόζεται στα φυτά τομάτας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Soilless NutriSense (προσβάσιμο στη διεύθυνση <https://nutrisense.online>), το οποίο είναι ένα εξειδικευμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) για τη διαχείριση της υδρολίπανσης σε καλλιέργειες εκτός εδάφους. Για τον σχεδιασμό της χημικής σύστασης των ΘΔ μέσω του παραπάνω λογισμικού ήταν απαραίτητη η καταχώρηση δεδομένων για τις εξής παραμέτρους: (α) το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, (β) η εποχή της καλλιεργητικής περιόδου, (γ) το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, (δ) η χημική σύσταση του νερού άρδευσης, (ε) ο τύπος του καλλιεργητικού συστήματος και (στ) και ο αριθμός των διαφορετικών πυκνών ΘΔ. Η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο ΘΔ παροχής διαφοροποιούνταν ανάλογα με τη μεταχείριση (Πίνακας 2). Τα μισά φυτά αρδεύτηκαν με ΘΔ που περιείχε NaCl ώστε στη ριζόσφαιρα η συγκέντρωση να διατηρείται σταθερή στα 30 mM NaCl (μεταχείριση αλατότητας), ενώ τα υπόλοιπα αρδεύτηκαν με ΘΔ που περιείχε 0,5 mM NaCl (μεταχείριση μάρτυρα). Οι συγκεντρώσεις μακρο- και ιχνοστοιχείων στο ΘΔ για κάθε μεταχείριση και στάδιο ανάπτυξης βρίσκονται στον Πίνακα 2. Το pH του ΘΔ ρυθμιζόταν καθημερινά στο 5,6 με την προσθήκη κατάλληλων ποσοτήτων διαλύματος 1N HNO₃.

Πίνακας 2: Συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στο ΘΔ που χορηγήθηκε στα φυτά κατά τη διάρκεια του βλαστικού και παραγωγικού σταδίου ανάπτυξης.

Επιθυμητά χαρακτηριστικά	Διαβροχή υποστρώματος (10 Μαρτίου 2021)	Βλαστικό στάδιο (11 Μαρτίου 2021)	Στάδιο καρποφορίας (5 Απριλίου 2021)	Στάδιο καρποφορίας (29 Απριλίου 2021)	Στάδιο καρποφορίας (10 Μαΐου 2021)	Μονάδα
NO ₃ ⁻	16.76	14.70	13.80	14.09	13.39	mM
K ⁺	7.50	8.88	8.92	9.01	7.81	mM
Ca ²⁺	9.40	5.36	5.83	5.72	4.93	mM
Mg ²⁺	4.25	2.51	2.47	2.60	2.14	mM
SO ₄ ²⁻	7.19	3.59	4.24	3.95	2.44	mM
H ₂ PO ₄ ⁻	1.20	1.42	1.40	1.60	1.60	mM
NH ₄ ⁺	1.34	1.28	1.36	1.23	1.21	mM
Fe	15.00	20.00	18.50	18.50	17.21	μM
Mn ⁺⁺	10.00	10.00	9.50	9.50	8.84	μM
Zn ⁺⁺	5.00	6.50	6.30	8.00	8.00	μM
B	30.00	35.00	35.60	35.60	33.11	μM
Cu ⁺⁺	0.75	0.80	0.80	0.80	0.74	μM
Mo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.47	μM
Cl ⁻	4.00	2.80	3.40	3.40	3.40	μM

3.1.4. Εφαρμογή αλατούχου καταπόνησης σε ανοιχτό σύστημα σε εκτός εδάφους καλλιέργεια:

Παρακάτω ακολουθεί αναλυτικά η μέθοδος για την ορθή εφαρμογή της αλατούχου καταπόνησης:

1. Παρασκευάστηκε ένα ΘΔ 30 mmol L^{-1} με ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) 6 dS m^{-1} που χρησιμοποιήθηκε ως αρχικό, συμπεριλαμβάνοντας, επίσης, το NaCl του νερού άρδευσης. Το διάλυμα αυτό εφαρμόστηκε για τη διαβροχή του περλίτη μέχρι τον κορεσμό. Η συγκέντρωση NaCl στο ΘΔ που χορηγήθηκε στα φυτά μετά τη μεταφύτευση (C_t) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση (1).

$$C_t = \alpha C_d + (1 - \alpha) C_u \quad (1)$$

2. Η τιμή που χρησιμοποιείται για το κλάσμα στόχου απορροής (α) στην (1) κυμαίνεται συνήθως από 0,1 έως 0,35. Επιπλέον, το C_d στην (1) αντικαταστάθηκε από τη συγκέντρωση στόχου NaCl στη ριζόσφαιρα (δηλαδή 30 mmol L^{-1}). Η συγκέντρωση απορρόφησης Na (C_u) στο (1) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τη σχέση που πρότειναν οι *Carmassi et al.* (2005) για την καλλιέργεια της τομάτας.

$$C_u = 0.18C_r \quad (2)$$

3. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (2), η πραγματική συγκέντρωση Na (C_u) στις καλλιέργειες τομάτας μπορεί να υπολογιστεί με βάση τη σχέση της με την πραγματική συγκέντρωση Na στο περιβάλλον της ρίζας (C_r). Αντικαθιστώντας το C_r με 30 mmol L^{-1} (η συγκέντρωση-στόχος του Na στη ριζόσφαιρα της τομάτας) στην (2), επιτυγχάνεται $C_u 5,4 \text{ mmol L}^{-1}$. Επιπλέον, η αντικατάσταση του C_u με $5,4 \text{ mmol L}^{-1}$ στο (1), και α με το τυπικό κλάσμα αποστράγγισης 0,3, δημιουργεί $C_t 12,8 \text{ mmol L}^{-1}$.
4. Ένα πρότυπο ΘΔ για την καλλιέργεια τομάτας εκτός εδάφους σε ανοιχτό σύστημα με EC 2,6-2,8 dS m^{-1} παρασκευάστηκε μετά την κατάλληλη προσθήκη λιπασμάτων. Στη συνέχεια, προστέθηκε NaCl, σε συγκέντρωση $12,8 \text{ mmol L}^{-1}$, αυξάνοντας την EC κατά $1,47 \text{ dS m}^{-1}$. Έτσι, τα φυτά τομάτας αρδεύτηκαν με ΘΔ με EC $4,2 \text{ dS m}^{-1}$.
5. Σε εβδομαδιαία βάση ελεγχόταν η συγκέντρωση Na στο διάλυμα απορροής για την αναπροσαρμογή των επιπέδων NaCl, εάν ήταν απαραίτητο. Ειδικότερα, εάν

η καταγεγραμμένη συγκέντρωση Na διέφερε σημαντικά από τα 30 mmol L⁻¹, υπολογιζόταν ο C_u χρησιμοποιώντας την εξίσωση (3), όπου α είναι το εφαρμοζόμενο κλάσμα απορροής, C_t είναι η παρούσα συγκέντρωση Na στο ΘΔ, V_s είναι ο ημερήσιος όγκος παροχής ΘΔ (L φυτό⁻¹), d είναι ο αριθμός των ημερών από την τελευταία μέτρηση Na στη ριζόσφαιρα, C_{ra} είναι η τρέχουσα συγκέντρωση Na στη ριζόσφαιρα, C_{rp} είναι η προηγούμενη συγκέντρωση Na στη ριζόσφαιρα και V_r είναι ο όγκος του ΘΔ στη ριζόσφαιρα της καλλιέργειας (L φυτό⁻¹).

$$C_u = [2dV_s C_t - 2V_r (C_{ra} - C_{rp}) - daV_s (C_{ra} + C_{rp})] / (2d(1 - \alpha)V_s) \quad (3)$$

3.1.5. Δειγματοληψίες και μετρήσεις

Στο τέλος του πειράματος, συλλέχθηκαν όλα τα φυτά τομάτας ανά επανάληψη σε κάθε μεταχείριση. Από κάθε φυτό, ζυγίστηκε το νωπό βάρος του 3^{ου}, 4^{ου} και 5^{ου} φύλλου από την κορυφή. Οι ρίζες των φυτών καθαρίστηκαν διεξοδικά έως ότου να απομακρυνθούν τα υπολείμματα περλίτη και στη συνέχεια ξεπλύθηκαν απεσταγμένο νερό. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της περιόδου συγκομιδής, συλλέχθηκαν και δείγματα καρπών.

3.1.5.1 Ποσοστό ξηρής ουσίας

Οι νωποί φυτικοί ιστοί των διαφορετικών οργάνων (φύλλα, καρποί και ρίζες) τοποθετήθηκαν σε κλίβανο στους 65 °C για περίπου μία εβδομάδα, μέχρι τη σταθεροποίηση του βάρους της ξηρής βιομάζας τους.

Οι μετρήσεις του βάρους των φυτικών ιστών πριν και μετά την ξήρανση χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του ποσοστού ξηρής ουσίας μέσω της παρακάτω εξίσωσης:

$$\text{Ποσοστό ξηρής ουσίας φύλλων (\%)} = [\text{ξηρό βάρος φύλλου (g)} / \text{νωπό βάρος φύλλου (g)}] \times 100$$

3.1.5.2 Παραγωγή

Η περίοδος συγκομιδής ξεκίνησε στις 11 Μαΐου 2021 και ολοκληρώθηκε στις 28 Ιουνίου 2021, ενώ οι καρποί συγκομίζονταν δύο φορές την εβδομάδα όταν έφταναν

στο στάδιο της εμπορικής τους ωριμότητας. Καταγράφηκε ο συνολικός αριθμός καρπών ανά φυτό, το συνολικό νωπό βάρος των καρπών ανά φυτό (g φυτό^{-1}) και το μέσο νωπό βάρος των καρπών (g καρπό^{-1}). Η εμπορεύσιμη παραγωγή ταξινομήθηκε ως καρπός χωρίς ρωγμές, ξηρή σήψη κορυφής (BER), κηλιδώδη ωρίμανση ή παραμορφώσεις.

3.1.5.3 Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στους φυτικούς ιστούς

Μετά την ξήρανση των φυτικών ιστών στους $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, όλα τα δείγματα κονιοροποιήθηκαν σε μύλο MF 10 Basic Micro Fine Grinder (IKA Werke, Staufen, Γερμανία) με διάμετρο κόκκων $< 5\text{ mm}$. Για τον προσδιορισμό των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg) και των ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Zn και Mn) πραγματοποιήθηκε η μέθοδος εκχύλισης dry ashing (ξηρής τέφρας). Κατά τη μέθοδο αυτήν $0,5\text{ gr}$ φυτικού ιστού προστέθηκαν σε κάψες πορσελάνης, οι οποίες έπειτα τοποθετήθηκαν σε πυραντήριο (κλίβανο υψηλής θερμοκρασίας) για την αποτέφρωση του δείγματος στους $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ για 8 ώρες. Η τέφρα είναι το ανόργανο υπόλειμμα που παραμένει μετά την απομάκρυνση της οργανικής ύλης με θέρμανση παρουσία οξειδωτικών παραγόντων. Εν συνεχεία η τέφρα διαλύθηκε σε $0,5\text{ N HCl}$. Έπειτα για τον προσδιορισμό του K και Na χρησιμοποιήθηκε το φλογοφωτόμετρο (φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής φλόγας, Sherwood Model 410, Cambridge, UK), ενώ η συγκέντρωση των Ca, Mg, Zn, Fe, Cu και Mn προσδιορίστηκε με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (AA-7000, Shimadzu Co., Tokyo, Japan).

3.1.6. Στατιστική ανάλυση

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, εφαρμόστηκε διπαραγοντική (two-way) ανάλυση ANOVA για τον προσδιορισμό τόσο των κύριων επιδράσεων όσο και των αλληλεπιδράσεων των διαφορετικών παραγόντων (παράγοντας A: ποικιλία, παράγοντας B: καταπόνηση άλατος) στην ανάπτυξη, εμπορεύσιμη παραγωγή και στη περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε θρεπτικά στοιχεία. Για τη στατιστική αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε το πακέτο λογισμικού STATISTICA, έκδοση 12.0 για Windows. Όταν είτε οι κύριες επιδράσεις είτε η αλληλεπίδραση μεταξύ των κύριων παραγόντων οδηγούσαν σε στατιστικώς σημαντικές αποκλίσεις ($p \leq 5\%$), οι μέσες τιμές ανά μεταχείριση διαχωρίστηκαν μέσω Duncan's Multiple Range Test ($p \leq 5\%$).

3.2. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών ποικιλικών πιπεριάς καλλιεργούμενων υδροπονικά.

3.2.1. Πειραματικός σχεδιασμός και φυτικό υλικό

Το πείραμα διεξήχθη στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις (37°59'2" N, 23°42'19" E) του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΓΠΑ). Τρεις ποικιλίες από την Ιορδανία, καθώς και μια ελληνική ποικιλία, η «Yolo Wonder» (και το υβρίδιο «Sammy RZ» (Εικόνα 6) που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες, καλλιεργήθηκαν σε ανοικτό σύστημα υδροπονίας με περλίτη ως υπόστρωμα με την εφαρμογή δύο διαφορετικών συγκεντρώσεων (0,5 και 30 mM) NaCl στη ριζόσφαιρα. Στον Πίνακα 3 δίνονται λεπτομέρειες σχετικά με τα ονόματα και την προέλευση των σπόρων πιπεριάς που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτό το πείραμα. Για τον πειραματικό σχεδιασμό εφαρμόστηκε η μέθοδος τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (RCBD). Επομένως, ο συνδυασμός των 6 διαφορετικών γονοτύπων και των 2 διαφορετικών επιπέδων αλατότητας οδήγησε σε συνολικά 12 μεταχειρίσεις, ενώ η κάθε μεταχείριση επαναλήφθηκε 4 φορές.

Πίνακας 3: Η προέλευση και τα ονόματα των σπόρων πιπεριάς που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

Ποικιλία	Πηγή προέλευσης	Τύπος ποικιλίας
Yolo Wonder	INRA ¹	Εμπορική-Αναφοράς
JO 109 (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>grossum</i>)	NARC ²	Ιορδανική παραδοσιακή ποικιλία
JO 204 (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>grossum</i>)	NARC ²	Ιορδανική παραδοσιακή ποικιλία
JO 207 (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>grossum</i>)	NARC ²	Ιορδανική παραδοσιακή ποικιλία
Φλωρίνης	ΓΠΑ ³	Ελληνική παραδοσιακή ποικιλία
Sammy RZ (F1 Υβρίδιο)	Rijk Zwaan ⁴	Εμπορική υβρίδιο-Αναφοράς

¹Institut National de la Recherche Agronomique, ²National Agricultural Research Center, ³Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ⁴Εταιρία σπόρων.



A



B



Γ



Δ



E



ΣΤ

Εικόνα 6: Οι καρποί των διαφορετικών καλλιεργούμενων παραδοσιακών ποικιλιών (A) Yolo Wonder (B) JO 109 (Γ) JO 204 (Δ) JO 207 (E) Φλωρίνης και (ΣΤ) Sammy RZ

3.2.2. Παραγωγή σποροφύτων

Για να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα του αρχικού υλικού, πριν από τη σπορά, στις 20 Σεπτεμβρίου 2021 όλοι οι σπόροι απολυμάνθηκαν. Η διαδικασία απολύμανσης περιλάμβανε εμβάπτιση των σπόρων σε διάλυμα Na_3PO_4 15 % v/w για 20 λεπτά. Μετά την απολύμανση, οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε τρυβλία Petri και επώαστηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενης θερμοκρασίας στους 25 °C για 5 ημέρες. Στις 27 Σεπτεμβρίου 2021, οι σπόροι που είχαν βλαστήσει μεταφέρθηκαν σε δίσκους σποράς με υπόστρωμα τύρφης.

3.2.3. Καλλιεργητική πρακτική

Στις 13 Νοεμβρίου 2021, τα σπορόφυτα στο στάδιο των 4-5 πραγματικών φύλλων μεταφυτεύτηκαν σε σάκους περλίτη 33 L σε ανοικτό υδροπονικό σύστημα. Σε αυτό το στάδιο εφαρμόστηκε η καταπόνηση αλατότητας, καθώς τα φυτά σε καταπόνηση έλαβαν ΘΔ με συγκέντρωση 30 mM NaCl, ενώ τα φυτά που δεν

εκτέθηκαν σε καταπόνησης άλατος τροφοδοτήθηκαν με $\Theta\Delta$ 0,5 mM NaCl (Πίνακας 2). Οι σάκοι περλίτη διαβράχθηκαν με $\Theta\Delta$ (βλ. Διάλυμα Διαβροχής, Πίνακας 4) για 24 ώρες, ενώ για να διευκολυνθεί η επαρκής αποστράγγιση του πλεονάζοντος $\Theta\Delta$, έγιναν τομές στο κάτω μέρος κάθε σάκου (Εικόνα 7). Στη συνέχεια, τόσο τα φυτά μάρτυρες όσο και τα φυτά με την αλατούχο καταπόνηση αρδεύονταν τακτικά με $\Theta\Delta$ (βλαστικό διάλυμα) που περιείχε την κατάλληλη ποσότητα NaCl (ώστε να φτάνει τα 0,5 και 30 mM στη ρίζα, αντίστοιχα). Κάθε μεταχείριση είχε τέσσερις επαναλήψεις, με έναν σάκο περλίτη ανά επανάληψη μεταχείρισης. Σε κάθε σάκο περλίτη μεταφυτεύθηκαν τρία φυτά της ίδιας ποικιλίας, ενώ η παροχή $\Theta\Delta$ πραγματοποιήθηκε με στάγδην άρδευσης παροχής 2 L h^{-1} (Εικόνα 8). Καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας και νύχτας διατηρήθηκαν σταθερές στους $21 \text{ }^\circ\text{C}$ και $17 \text{ }^\circ\text{C}$, αντίστοιχα, μέσω του αυτοματοποιημένου συστήματος ελέγχου κλίματος.



Εικόνα 7: Γέμισμα σάκων περλίτη με $\Theta\Delta$ διαβροχής (πρώτη φωτογραφία από αριστερά) και τα φυτά πιπεριάς κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας

Πίνακας 4: Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα διαβροχής και στο ΘΔ που παρέχόταν στα φυτά πιπεριάς κατά τη διάρκεια του βλαστικού και του παραγωγικού σταδίου ανάπτυξης.

Επιθυμητά χαρακτηριστικά	Διάλυμα διαβροχής (13 Νοεμβρίου 2021)	Βλαστικό Στάδιο (14 Νοεμβρίου 2021)	Στάδιο Καρποφορίας (7 Φεβρουαρίου 2022)	Μονάδα
NO ₃ ⁻	16.05	15.79	16.64	mM
K ⁺	5.70	5.86	6.94	mM
Ca ²⁺	6.15	5.60	5.55	mM
Mg ²⁺	2.50	1.63	1.66	mM
SO ₄ ²⁻	3.27	2.10	2.08	mM
H ₂ PO ₄ ⁻	1.25	1.35	1.35	mM
NH ₄ ⁺	1.05	1.22	1.00	mM
Fe	20.00	20.00	16.20	μM
Mn ²⁺	12.00	12.00	10.80	μM
Zn ²⁺	7.00	6.00	5.40	μM
B	50.00	32.00	32.40	μM
Cu ²⁺	0.80	0.80	0.86	μM
Mo	0.60	0.60	0.54	μM
Cl ⁻	0.40	0.40	0.40	μM



Εικόνα 8: Καλλιέργεια διαφορετικών παραδοσιακών ποικιλιών πιπεριάς στο θερμοκήπιο

3.2.4. Θρεπτικά διαλύματα

Για να εξασφαλιστεί ότι τα φυτά έλαβαν τα απαραίτητα μακρο- και ιχνοστοιχεία που είναι απαραίτητα για τη βέλτιστη ανάπτυξή τους σε κάθε στάδιο, αρδεύτηκαν με κατάλληλα ΘΔ. Ο υπολογισμός του ΘΔ για τα φυτά πιπεριάς περιλάμβανε τη χρήση του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων Soilless NutriSense, το οποίο είναι προσβάσιμο στη διεύθυνση <https://nutrisense.online> (Savvas *et al.*, 2024). Αρχικά, παρασκευάστηκαν πυκνά διαλύματα και αραιώθηκαν σε αναλογία 1:100 για τη δημιουργία του ΘΔ για τα φυτά. Τα μισά φυτά αρδεύτηκαν με ΘΔ που περιείχε την κατάλληλη ποσότητα NaCl για να δημιουργηθεί συγκέντρωση 30 mM (μεταχείριση αλατότητας) στη ριζόσφαιρα, ενώ τα υπόλοιπα έλαβαν ΘΔ που περιείχε 0,5 mM NaCl, ίδιο με το νερό άρδευσης (μάρτυρας). Καθημερινά γινόταν ρύθμιση του pH του ΘΔ στο 5,6 με τη χρήση της κατάλληλης ποσότητας διαλύματος 1N HNO₃. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά διαλύματα, προσαρμοσμένα στα συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης (αρχικό στάδιο, βλαστικό και στάδιο καρποφορίας, αντίστοιχα). Οι λεπτομερείς συγκεντρώσεις τόσο των μακρο-

όσο και των ιχνοστοιχείων για κάθε μεταχείριση και στάδιο ανάπτυξης περιγράφονται στον Πίνακα 4.

3.2.5. Εφαρμογή της αλατούχου καταπόνησης σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα

Για την εφαρμογή της καταπόνησης αλατότητας ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία, παρόμοια με αυτήν που περιγράφεται στην ενότητα 3.1.4:

1. Παρασκευάστηκε ένα ΘΔ 30 mmol L^{-1} με ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) 6 dS m^{-1} που χρησιμοποιήθηκε ως αρχικό διάλυμα, συμπεριλαμβάνοντας, επίσης, το NaCl του νερού άρδευσης. Το διάλυμα αυτό εφαρμόστηκε για τη διαβροχή των σάκων περλίτη μέχρι κορεσμού.
2. Η συγκέντρωση NaCl στο ΘΔ που παρέχεται στα φυτά μετά τη μεταφύτευση (C_i) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση (1).

$$C_i = \alpha C_d + (1 - \alpha) C_u \quad (1)$$

Η τιμή που χρησιμοποιείται για το κλάσμα στόχου απορροής (α) στο (1) κυμαίνεται συνήθως από 0,1 έως 0,35. Επιπλέον, το C_d στην (1) αντικαταστάθηκε από τη συγκέντρωση στόχου NaCl στη ζώνη ρίζας (δηλ. 30 mmol L^{-1}).

3. Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του προσλαμβανόμενου Na (C_u) στο (1), χρησιμοποιήθηκε η σχέση που προτάθηκε από τους *Savvas et al. (2008)* για την πιπεριά:

$$C_u = 0.0252 C_r^{1.441} \quad (2)$$

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (2), η πραγματική συγκέντρωση του Na (C_u) σε καλλιέργειες πιπεριάς μπορεί να υπολογιστεί με βάση την πραγματική συγκέντρωση Na στο περιβάλλον της ρίζας (C_r). Αντικαθιστώντας το C_r με 30 mmol L^{-1} (η συγκέντρωση-στόχος του Na εντός της ριζόσφαιρας της πιπεριάς) στην (2), επιτυγχάνεται $C_u 3,4 \text{ mmol L}^{-1}$. Επιπλέον, η αντικατάσταση του C_u με $3,4 \text{ mmol L}^{-1}$ στο (1), και α με το τυπικό κλάσμα απορροής 0,3, δημιουργεί $C_i 11,4 \text{ mmol L}^{-1}$.

4. Ένα πρότυπο ΘΔ με EC $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ κατάλληλο για την καλλιέργεια πιπεριάς σε ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους παρασκευάστηκε μετά την

προσθήκη λιπασμάτων (*Sonneveld and Voogt, 2009*). Στη συνέχεια, προστέθηκε NaCl, σε συγκέντρωση $11,4 \text{ mmol L}^{-1}$, αυξάνοντας την EC κατά $1,3 \text{ dS m}^{-1}$. Έτσι, τα φυτά πιπεριάς αρδεύτηκαν με $\Theta\Delta 3,5 \text{ dS m}^{-1}$ μετά τη μεταφύτευση.

5. Σε εβδομαδιαία βάση, παρακολουθούνταν η συγκέντρωση νατρίου στο διάλυμα απορροής για να ρυθμιστεί ανάλογα το επίπεδο του NaCl. Εάν η καταγεγραμμένη συγκέντρωση Na διέφερε σημαντικά από τα 30 mmol L^{-1} , υπολογιζόταν ο C_u χρησιμοποιώντας την εξίσωση (3).

$$C_u = [2dV_s C_t - 2V_r (C_{ra} - C_{rp}) - daV_s (C_{ra} + C_{rp})] / 2d (1 - \alpha) V_s \quad 3)$$

όπου α είναι το εφαρμοζόμενο κλάσμα απορροής, C_t είναι η συγκέντρωση Na στο $\Theta\Delta$, V_s είναι ο ημερήσιος όγκος του θρεπτικού διαλύματος (L φυτό^{-1}), d είναι ο αριθμός των ημερών από την τελευταία μέτρηση Na στο διάλυμα στη ρίζα, C_{ra} είναι η τρέχουσα συγκέντρωση Na στη ριζόσφαιρα, C_{rp} είναι η προηγούμενη συγκέντρωση Na στη ριζόσφαιρα και V_r είναι ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος στη ριζόσφαιρα της καλλιέργειας (L φυτό^{-1}).

3.2.6. Δειγματοληψία φύλλων και καρπών για ανάλυση μακρο- και ιχνοστοιχείων

Με την ολοκλήρωση του πειράματος, συλλέχθηκαν δείγματα από τα φυτά πιπεριάς κάθε μεταχείρισης (Εικόνα 9). Από το 3^ο, 4^ο και 5^ο φύλλο από την κορυφή κάθε φυτού ελήφθησαν δείγματα για τον προσδιορισμό των θρεπτικών στοιχείων των φυτών πιπεριάς. Επιπλέον, κατά τη συγκομιδή ελήφθησαν δείγματα από τους καρπούς και καταγράφηκε το νωπό βάρος τους. Στη συνέχεια, τόσο τα φύλλα όσο και οι καρποί αποξηράθηκαν στους $65 \text{ }^\circ\text{C}$ μέχρι τη σταθεροποίηση του βάρους τους.



Εικόνα 9: Δειγματοληψία φύλλων, τοποθέτηση για ξήρανση και στον μύλο άλεσης για θρυμματισμό.

3.2.7. Μετρήσεις παραγωγής

Η αρχική συγκομιδή των καρπών έγινε περίπου 14 έως 15 εβδομάδες από τη μεταφύτευση των φυτών στο θερμοκήπιο. Οι επακόλουθες συγκομιδές πραγματοποιήθηκαν ανά διαστήματα μία ή δύο φορές την εβδομάδα μέχρι τη λήξη του πειράματος, κάθε φορά μέχρι το εμπορικά αποδεκτό στάδιο ωρίμανσης των καρπών. Καταγράφηκαν παράμετροι όπως ο συνολικός αριθμός καρπών ανά φυτό, το συνολικό νωπό βάρος τους (g φυτό^{-1}) και το μέσο νωπό βάρος (g καρπό^{-1}).

3.2.8. Ανάλυση περιεκτικότητας θρεπτικών στοιχείων

Μετά την ξήρανση, όλα τα δείγματα κονιοροποιήθηκαν με τη χρήση ενός μύλου άλεσης MF 10 Basic Micro Fine Grinder (IKA Werke, Staufen, Γερμανία). Εν συνεχεία τα κονιοροποιημένα δείγματα αποτεφρώθηκαν στους 550°C για 8 ώρες και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η εκχύλιση των δειγμάτων με $0,5 \text{ N HCl}$. Το κάλιο (K) και το νάτριο (Na) μετρήθηκαν σε αυτό το εκχύλισμα χρησιμοποιώντας φλογοφωτόμετρο (Sherwood Model 410, Cambridge, UK). Οι συγκεντρώσεις ασβεστίου (Ca), μαγνησίου (Mg), ψευδαργύρου (Zn), σιδήρου (Fe), χαλκού (Cu) και μαγγανίου (Mn) μετρήθηκαν με τη χρήση φασματοφωτομέτρου ατομικής απορρόφησης (AA-7000, Shimadzu Co., Tokyo, Japan) (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Διαδικασία εκχύλισης των φυτικών ιστών για τον προσδιορισμό των μακρο- και ιχνοστοιχείων με φλογοφωτόμετρο και ατομική απορρόφηση.

3.2.9. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Καταγράφηκαν οι παράμετροι όπως η διάμετρος των καρπών, το μήκος των καρπών, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα και η συνεκτικότητα δέκα εμπορικά ώριμων καρπών ανά μεταχείριση. Για τον προσδιορισμό της οξύτητας των καρπών, αλέστηκαν οι νωποί καρποί μέχρι να γίνουν ένας χυμός. Από κάθε δείγμα καρπού ζυγίστηκαν 10 γραμμάρια χυμού σε κύλινδρο διαβάθμισης 250 mL. Στον κύλινδρο αυτό προστέθηκε νερό έως τα 150 mL. Στη συνέχεια το διάλυμα χυμού-νερό ανακινήθηκε προσεκτικά και διηθήθηκε χρησιμοποιώντας διηθητικά φίλτρα. Κατόπιν το εκχύλισμα τοποθετήθηκε σε δύο ποτήρια ζέσεως με 50 ml εκχυλίσματος αντίστοιχα και τιτλοδοτήθηκε κάθε δείγμα με αντιδραστήριο 0,02 M NaOH μέχρι το pH 8,1 και καταγράφηκαν τα mL NaOH που χρησιμοποιήθηκαν. Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$\% \text{ κιτρικό οξύ} = \frac{3,84}{100 \text{ γραμμάρια δείγματος}} \times \text{ml NaOH που καταναλώθηκαν}$$

Η συνεκτικότητα των καρπών μετρήθηκε με τη χρήση ενός οργάνου μέτρησης σκληρότητας των καρπών (πενετρόμετρο Chatillon -DPP5KG). Η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSSC °Brix) προσδιορίστηκε τοποθετώντας μια σταγόνα από τον χυμό κάθε καρπού στο διαθλασίμετρο (Schmidt & Haensch HR32B, Βερολίνο, Γερμανία).

3.2.10. Στατιστική ανάλυση

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, για τις παραμέτρους της παραγωγής εφαρμόστηκε one-way (μονοπαραγοντική) ANOVA, ενώ η ανάλυση διακύμανσης

two-way (διπαραγοντική) ANOVA χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη των αποκρίσεων των γονοτύπων πιπεριάς, όσον αφορά την ποιότητα των καρπών και τη περιεκτικότητα των θρεπτικών στοιχείων των φυτών, στην καταπόνηση αλατότητας. Η στατιστική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού STATISTICA, έκδοση 12.0 για Windows. Εάν η καταπόνηση αλατότητας και/ή ο γονότυπος επέδειξαν σημαντική επίδραση σε μια μετρούμενη παράμετρο, χρησιμοποιήθηκε το Duncan Multiple Range Test ($p \leq 5 \%$) για τη διαφοροποίηση των μέσων τιμών ανά μεταχείριση.

3.3. Αξιολόγηση της χρήσης φυτικών βιοδιεγερτών για την αύξηση της ανθεκτικότητας δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών στην αλατούχο καταπόνηση

3.3.1. Φυτικό υλικό

Για να αξιολογηθεί η ικανότητα, των υπό μελέτη βιοδιεγερτών, να αμβλύνουν τους παράγοντες ωσμωτικής καταπόνησης, στην παρούσα διδακτορική διατριβή καλλιεργήθηκαν δύο ελληνικές παραδοσιακές ποικιλίες τομάτας που διαφοροποιούνται ως προς την ανθεκτικότητά τους στην αλατότητα. Η ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης», μια μικρόκαρπη ποικιλία, χρησίμευσε ως γονότυπος ανθεκτικός στην αλατότητα (*Ntanasi et al., 2023*), ενώ η ποικιλία «Θεσσαλονίκη», μια μεσόκαρπη ποικιλία, επιλέχθηκε ως γονότυπος ευαίσθητος στην αλατότητα (*Suarez et al., 2021*) (Εικόνα 11).

Στις 25 Φεβρουαρίου 2022, οι σπόροι τομάτας απολυμάνθηκαν με ανάδευση 20 λεπτών με 15 % v/w Na_3PO_4 , ακολουθούμενη από ένα σχολαστικό ξέπλυμα με νερό. Στη συνέχεια, οι σπόροι προβλάστησαν στους 25°C για 3 ημέρες. Στις 28 Φεβρουαρίου 2022, οι προβλαστημένοι σπόροι τοποθετήθηκαν σε δίσκους σποράς με υπόστρωμα από τύρφη-περλίτη.



A

B

Εικόνα 11: Καρποί των ποικιλιών που καλλιεργήθηκαν (A) Τοματάκι Σαντορίνης (B) Θεσσαλονίκη

3.3.2. Συνθήκες ανάπτυξης

Οι εγκαταστάσεις του θερμοκηπίου του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος, το οποίο ξεκίνησε στις 12 Απριλίου 2022, όταν τα φυτά τομάτας (στάδιο 4ου - 5ου πραγματικού φύλλου) μεταφυτεύτηκαν σε σάκους περλίτη (Geoflor Hydro, Perlite Hellas S.A.). Τα φυτά καλλιεργήθηκαν σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα. Η καταπόνηση αλατότητας εφαρμόστηκε με το πέρας της μεταφύτευσης. Για κάθε ποικιλία, τα μισά φυτά υποβλήθηκαν σε μέτρια καταπόνηση αλατότητας (30 mM NaCl στη ριζόσφαιρα), ενώ τα υπόλοιπα φυτά χρησίμευσαν ως μάρτυρες και τους χορηγήθηκε διάλυμα 0,5 mM NaCl. Το επίπεδο καταπόνησης ορίστηκε στα 30 mmol L⁻¹, με βάση τα ευρήματα του Adams, (2002) και των Sonneveld and Voogt, (2009), που δείχνουν ότι τα φυτά τομάτας που καλλιεργούνται υδροπονικά μπορούν να αντέξουν συγκεντρώσεις NaCl έως και περίπου 20 mmol L⁻¹ στο περιβάλλον της ρίζας χωρίς να επηρεαστεί η παραγωγή. Έτσι, προτάθηκε το επίπεδο αλατότητας 30 mmol L⁻¹ ως αυξημένη αλατότητα για τα φυτά τομάτας. Υψηλότερες συγκεντρώσεις NaCl δεν ενδείκνυνται καθώς σπάνια συναντώνται στα συμβατικά συστήματα καλλιέργειας. Κάθε μεταχείριση περιλάμβανε τέσσερις επαναλήψεις, δηλαδή τέσσερις σάκους περλίτη ανά μεταχείριση (Εικόνα 12).

Κάθε σάκος περιείχε τρία φυτά της ίδιας ποικιλίας, τα οποία τροφοδοτούνταν με ΘΔ από μια δεξαμενή τροφοδοσίας μέσω μιας αντλίας που χρησιμοποιούνταν ένα σύστημα στάγδην άρδευσης. Καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, η

μέση θερμοκρασία διατηρήθηκε στους 21°C κατά τη διάρκεια της ημέρας και στους 17°C τη νύχτα, με τη βοήθεια ενός αυτοματοποιημένου συστήματος ελέγχου κλίματος.



Εικόνα 12: Καλλιέργεια παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας με την εφαρμογή των βιοδιεγερτών

3.3.3. Παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων

Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων Soilless NutriSense, το οποίο είναι διαθέσιμο στη σελίδα <https://nutrisense.online> (Savvas *et al.*, 2024), χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή του ΘΔ για κάθε στάδιο ανάπτυξης. Παρασκευάστηκαν πυκνά διαλύματα λιπασμάτων και στη συνέχεια αραιώθηκαν σε αναλογία 1:100 για την παρασκευή του ΘΔ που τελικώς παρεχόταν στα φυτά. Οι σάκοι περλίτη διαβρέχθηκαν με το ΘΔ μία ημέρα πριν από τη μεταφύτευση. Οι σάκοι αυτοί εμποτίστηκαν σε διάλυμα διαβροχής (βλ. Πίνακα 5 για το διάλυμα διαβροχής) για διάστημα 24 ωρών. Μετά από αυτό, ο πυθμένας κάθε σάκου κόπηκε για να διευκολυνθεί η σωστή αποστράγγιση της περίσσειας ΘΔ. Οι μισοί από τους σάκους γέμισαν με το ΘΔ διαβροχής με συγκέντρωση 30 mM NaCl (μεταχείριση αλατότητας). Οι υπόλοιποι μισοί γέμισαν με το ΘΔ διαβροχής που περιείχε 0,5 mM NaCl, όμοια με τη σύσταση του νερού άρδευσης (μεταχείριση μάρτυρα). Μετά τη μεταφύτευση, τόσο τα φυτά

μάρτυρες όσο και τα φυτά που υποβλήθηκαν σε αυξημένη αλατότητα έλαβαν συστηματικό πότισμα με ένα ΘΔ (διάλυμα βλαστικού σταδίου), διατηρώντας μια συγκέντρωση 30 mM στη ριζόσφαιρα για τα καταπονημένα φυτά και 0,5 mM για τα φυτά μάρτυρες, όπως περιγράφεται στη μελέτη των *Ntanasi et al. (2023)*. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, εκτός από το ΘΔ διαβροχής, χρησιμοποιήθηκαν τρία άλλα ξεχωριστά ΘΔ, προσαρμοσμένα σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης (ένα για το βλαστικό και δύο για το στάδιο καρποφορίας, αντίστοιχα). Το pH του ΘΔ ρυθμιζόταν καθημερινά στο 5,6 με τη χρήση διαλύματος 1 N HNO₃. Εβδομαδιαίως, η συγκέντρωση Na στο διάλυμα απορροής παρακολουθούνταν για τη ρύθμιση των επιπέδων NaCl (*Ntanasi et al., 2023*). Η μέθοδος για την εφαρμογή της καταπόνησης άλατος αλλά και η διαδικασία της αναπροσαρμογής της σύστασης του ΘΔ για τη διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων NaCl στη ρίζα των φυτών της τομάτας περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 3.1.4. Μια λεπτομερής παρουσίαση των συγκεντρώσεων μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων για κάθε μεταχείριση και στάδιο ανάπτυξης παρατίθεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στα διάφορα ΘΔ που χορηγήθηκαν στα φυτά τομάτας. Διάλυμα διαβροχής: (0 ημέρες μετά τη μεταφύτευση (HMM), Βλαστικό στάδιο: από τη 2^η HMM έως την 35^η HMM (άνθος 3^{ης} ταξιανθίας), Διάλυμα καρποφορίας 1: από την 36^η HMM έως την 48^η HMM (άνθος 3^{ης} έως 5^{ης} ταξιανθίας), Διάλυμα καρποφορίας 2: από τη 48^η HMM (άνθος 5^{ης} ταξιανθίας έως το τέλος της καλλιέργειας).

Θρεπτικά	Διάλυμα διαβροχής (11/04/2022)	Βλαστικό στάδιο (13/04/2022)	Στάδιο καρποφορίας 1 (19/05/2022)	Στάδιο καρποφορίας 2 (01/06/2022)	Unit
NO ₃ ⁻	16.76	14.70	14.04	14.79	mM
K ⁺	7.50	8.88	8.53	8.70	mM
Ca ²⁺	9.40	5.36	5.39	5.49	mM
Mg ²⁺	4.25	2.51	2.34	2.38	mM
SO ₄ ²⁻	7.19	3.59	3.80	3.42	mM
H ₂ PO ₄ ⁻	1.20	1.42	1.45	1.45	mM
NH ₄ ⁺	1.34	1.28	1.91	1.46	mM
Fe	15.00	20.00	19.19	19.19	μM
Mn ⁺⁺	10.00	10.00	9.86	9.86	μM
Zn ⁺⁺	5.00	6.50	6.54	6.54	μM
B	30.00	35.00	36.93	36.93	μM
Cu ⁺⁺	0.75	0.80	1.00	1.00	μM
Mo	0.50	0.50	0.90	0.90	μM
Cl ⁻	4.00	2.80	3.00	3.00	μM

3.3.4. Εφαρμογή βιοδιεγερτών

Δύο βιοδιεγέρτες εφαρμόστηκαν μία εβδομάδα μετά τη μεταφύτευση και στη συνέχεια κάθε 15 ημέρες (βλ. Πίνακα 6). Ο πρώτος βιοδιεγέρτης, με εμπορική ονομασία «Algastar®» (Mugavero fertilizers, Termini Imerese, Ιταλία) (Farruggia et al., 2024) είναι ένα εκχύλισμα φυκιών *Ascophyllum nodosum* που περιέχει 1 % ολικό οργανικό άζωτο (N), 10 % ολικό οργανικό άνθρακα (C), 30 % ολική οργανική ουσία με μοριακό βάρος < 50 kDa. Ο δεύτερος βιοδιεγέρτης, με εμπορική ονομασία «Nitrostim®» (Humofert S.A., Αθήνα, Ελλάδα) (Gazoulis et al., 2023), είναι ένα μικροβιακό διάλυμα που περιέχει ενδοφυτικά αζωτοδεσμευτικά βακτήρια σε πληθυσμό 1×10^{12} cfu L⁻¹ και περιέχει 0,1 % Mn. Για την παρασκευή του διαλύματος βιοδιεγέρτη, το «Algastar®» και το «Nitrostim®» αραιώθηκαν σε 2 και 5 ml L⁻¹ νερού, αντίστοιχα. Στη συνέχεια, οι βιοδιεγέρτες εφαρμόστηκαν με διαφυλλικούς ψεκασμούς στα φύλλα, τα άνθη και τους καρπούς με πλήρη κάλυψη. Μεταξύ των φυτών τοποθετήθηκε ένα πλαστικό κάλυμμα τύπου νάιλον για να αποφευχθεί η διαβροχή των γειτονικών φυτών τομάτας.

Πίνακας 6: Οι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν στην καλλιέργεια τομάτας και οι ημερομηνίες εφαρμογής τους.

Ημερομηνίες εφαρμογής	Βιοδιεγέρτες	
19 Απριλίου 2022	Algastar	Nitrostim
27 Απριλίου 2022	Algastar	-
29 Απριλίου 2022	-	Nitrostim
17 Μαΐου 2022	Algastar	Nitrostim
27 Μαΐου 2022	Algastar	Nitrostim
15 Ιουνίου 2022	Algastar	Nitrostim
1 Ιουλίου 2022	Algastar	Nitrostim

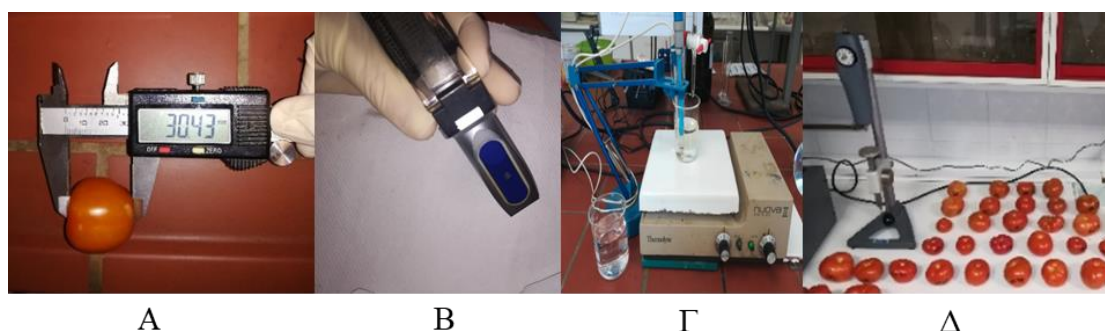
3.3.5. Συνολική παραγωγή και στοιχεία παραγωγής

Η πρώτη συγκομιδή πραγματοποιήθηκε την 1^η Ιουνίου, περίπου 1,5 μήνα μετά τη μεταφύτευση των φυτών στο θερμοκήπιο. Οι καρποί συλλέχθηκαν στο στάδιο της εμπορικής τους ωριμότητας. Αυτή η συχνότητα συγκομιδής επαναλαμβανόταν περίπου τρεις φορές την εβδομάδα μέχρι τη λήξη του πειράματος. Οι καταγεγραμμένες

παράμετροι περιλάμβαναν τον συνολικό αριθμό καρπών ανά φυτό, το συνολικό νωπό βάρος τους (g φυτό^{-1}) και το μέσο νωπό βάρος (g).

3.3.6. Χαρακτηριστικά ποιότητας

Για την αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών σε κάθε δειγματοληψία, επιλέχθηκαν προσεκτικά καρποί από όλες τις ποικιλίες και τις μεταχειρίσεις και προσδιορίστηκε το χρώμα τους. Οι παράμετροι, όπως η διάμετρος, η συνεκτικότητα, η οξύτητα και η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSSC °Brix) των καρπών καταγράφηκαν, από εμπορεύσιμους καρπούς ίδιου σταδίου ωριμότητας (Ntanasi *et al.*, 2023). Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε περίπου δέκα καρπούς ανά μεταχείριση. Η διάμετρος των καρπών προσδιορίστηκε με τη χρήση ενός ηλεκτρονικού ψηφιακού παχύμετρου (ακρίβεια μικρομέτρου - 0,05mm - 150mm). Η συνεκτικότητα των καρπών προσδιορίστηκε με τη χρήση μηχανικού δυναμόμετρου («Chatillon penetrometer» -DPP5KG). Για την τιτλοδοτούμενη οξύτητα των καρπών 10 mL χυμού τομάτας υποβλήθηκαν σε τιτλοδότηση με 0,02 M NaOH σε pH 8,1. Ένα διαθλασίμετρο (Schmidt & Haensch HR32B, Βερολίνο, Γερμανία) χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή δεδομένων σχετικά με τα ολικά διαλυτά στερεά (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: (Α) Καταγραφή της διαμέτρου των καρπών, (Β) μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών των καρπών με διαθλασίμετρο, (Γ) προσδιορισμός της οξύτητας των καρπών με τιτλοδότηση και (Δ) μέτρηση συνεκτικότητας καρπών

3.3.7. Δειγματοληψία φύλλων και καρπών για ανάλυση θρεπτικών στοιχείων

Κατά τη συγκομιδή, συλλέχθηκαν δείγματα καρπών από όλες τις μεταχειρίσεις. Όταν το πείραμα ολοκληρώθηκε, συλλέχθηκαν δείγματα φύλλων (από το 3^ο, 4^ο και 5^ο φύλλο) από κάθε φυτό (4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση). Το φυτικό υλικό που συλλέχθηκε τοποθετήθηκε σε ξηραντήριο στους 65 °C μέχρι τη σταθεροποίηση του

βάρους του. Στη συνέχεια, τα αποξηραμένα δείγματα κονιορτοποιήθηκαν με τη χρήση ενός μύλου- MF 10 Basic Micro Fine Grinder (IKA Werke, Staufen, Γερμανία). Για τις αναλύσεις θρεπτικών στοιχείων εφαρμόστηκε η μέθοδος εκχύλισης dry ashing (περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 3.1.6.3). Το K και το Na προσδιορίστηκαν στο εκχύλισμα που προέκυψε με φλογοφωτομετρία (Sherwood Model 410, Cambridge, UK). Τα Ca, Mg, Zn, Fe, Cu και Mn προσδιορίστηκαν με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου ατομικής απορρόφησης (AA-7000, Shimadzu Co., Tokyo, Japan).

3.3.8. Στατιστική ανάλυση

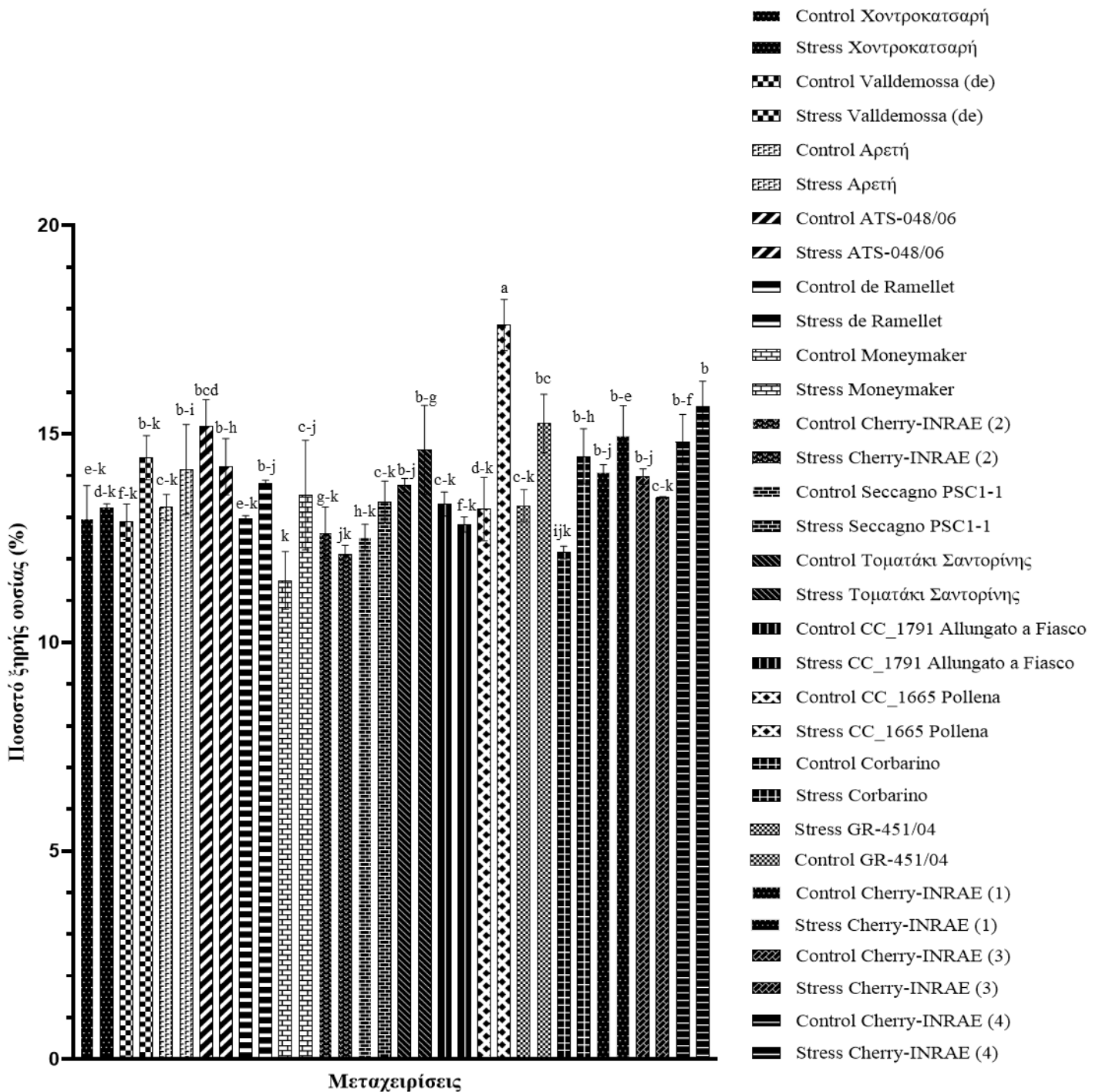
Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, χρησιμοποιήθηκε διπαραγοντική (two way) ανάλυση ANOVA για τον προσδιορισμό των κύριων επιδράσεων της καταπόνησης NaCl στην εμπορεύσιμη παραγωγή, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά και στη θρεπτική κατάσταση του φυτικού ιστού των διαφόρων τύπων βιοδιεγερτών. Η στατιστική αξιολόγηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ANOVA με τη χρήση του πακέτου λογισμικού STATISTICA, έκδοση 12.0 για Windows. Μετά την ανάλυση διακύμανσης, οι μέσοι όροι όλων των αξιολογούμενων παραμέτρων (αλατότητα και βιοδιεγέρτες) συγκρίθηκαν για κάθε παραδοσιακή ποικιλία ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας το το Duncan Multiple Range Test ($p \leq 5\%$). Η ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) εφαρμόστηκε για όλες τις παραμέτρους που ερευνήθηκαν. Για την PCA ανάλυση έγινε χρήση του IBM® SPSS® Statistics λογισμικό.

4. Αποτελέσματα

4.1. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών μεσογειακών ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά.

4.1.1. Ανάπτυξη

Το ποσοστό ξηρής ουσίας των φύλλων διαφορετικών ποικιλιών επηρεάστηκε σημαντικά από την άνοδο της αλατότητα στη ριζόσφαιρα των καλλιεργούμενων ποικιλιών. Ειδικότερα, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων καλλιεργούμενων γονοτύπων και των αλληλεπιδράσεων τους με την αλατότητα. Σύμφωνα με το Γράφημα 1, το ποσοστό ξηρής ουσίας των φύλλων των μικρόκαρπων παραδοσιακών ποικιλιών, τύπου cherry, «CC_1665 Pollena» και «Corbarino», αυξήθηκε σημαντικά κατά 25 % και 16 %, αντίστοιχα, ενώ ταυτόχρονα το ποσοστό ξηρής ουσίας των φύλλων της ποικιλίας που χρησιμοποιήθηκε ως αναφορά της «MoneyMaker» αυξήθηκε κατά 15 % όταν υποβλήθηκε σε καταπόνηση 30mM NaCl στη ριζόσφαιρα.



Γράφημα 1: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας στο ποσοστό ξηρής ουσίας των φύλλων (%) διαφόρων ποικιλιών τοματάς. Για κάθε μεταχείριση, τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε ράβδο υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). Οι κατακόρυφες ράβδοι υποδεικνύουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων όρων ($n = 3$)

4.1.2. Παραγωγή

Σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν μεταξύ των διαφόρων γονοτύπων υπό την επίδραση της αυξημένης αλατότητας όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της παραγωγής, όπως φαίνεται από το μέσο βάρος των καρπών (g καρπό⁻¹) και τον αριθμό των καρπών ανά φυτό (N° Φυτό⁻¹) (Πίνακας 7). Η επίδραση της αλατότητας στον αριθμό των καρπών διέφερε μεταξύ των διαφόρων καλλιεργούμενων γονοτύπων τομάτας. Ειδικότερα, η μεσόκαρπη ποικιλία «Cherry-INRAE (2)» και οι μικρόκαρπες ποικιλίες «Corbarino», «Cherry-INRAE (1)» και «Cherry-INRAE (3)» παρουσίασαν μείωση του αριθμού των καρπών όταν καλλιεργήθηκαν σε ΘΔ με προσθήκη 30 mM NaCl. Συγκεκριμένα, οι προαναφερόμενοι γονότυποι παρήγαγαν περίπου 33, 47, 17 και 31 % λιγότερους καρπούς σε σχέση με τον μάρτυρα, αντίστοιχα, όταν υποβλήθηκαν σε καταπόνηση αλατότητας. Όσον αφορά το μέσο βάρος των καρπών, οι δύο μεγαλόκαρπες ποικιλίες, «Χοντροκατσαρή» και «Αρετή», ήταν εκείνες που, υπό συνθήκες καταπόνησης, μείωσαν σημαντικά το μέσο βάρος των καρπών τους κατά 23 % και 14 %, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τις κανονικές συνθήκες ανάπτυξης (χωρίς την προσθήκη NaCl στο ΘΔ).

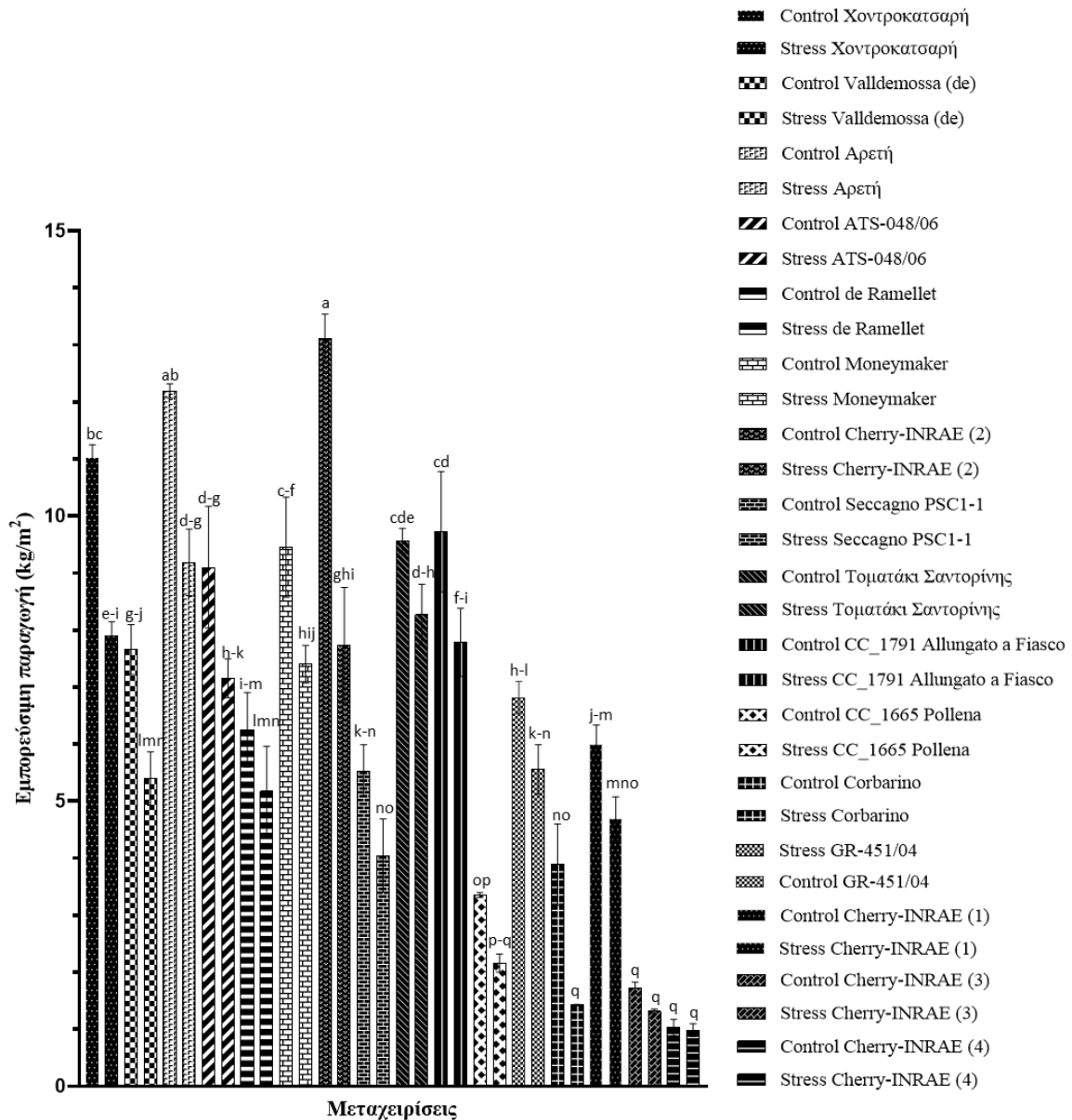
Πίνακας 7: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στον αριθμό καρπών ανά φυτό και στο μέσο βάρος καρπών διαφόρων ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 mM NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.

Εμπορεύσιμη παραγωγή			
Αλατότητα	Ποικιλία	Καρποί (N° Φυτό⁻¹)	Βάρος καρπού (g καρπό⁻¹)
Αλληλεπίδραση			
0.5 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	8,22 m	448,72 a
	Valldemossa (de)	10,11 lm	252,66 c
	Αρετή	20,89 kl	195,27 d
	ATS-048/06	24,11 jk	125,99 f
	de Ramellet	19,00 klm	110,43 fg
	Moneymaker	33,44 ij	94,21 gh
	Cherry-INRAE (2)	57,33 fg	78,85 hij
	Seccagno PSC1-1	25,67 jk	72,16 h-k
	Τοματάκι Σαντορίνης	59,33 d-g	53,94 i-m
	CC_1791 Allungato a Fiasco	58,02 efg	55,61 i-l
	CC_1665 Pollena	23,89 jk	46,88 k-n
	GR-451/04	66,56 c-f	34,28 l-p
	Corbarino	39,22 hi	32,50 l-p
	Cherry-INRAE (1)	83,78 a	23,96 m-p
Cherry-INRAE (3)	69,22 b-e	8,32 op	
Cherry-INRAE (4)	77,22 abc	4,44 p	
30 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	7,78 m	343,65 b
	Valldemossa (de)	8,00 m	231,00 c
	Αρετή	18,22 klm	168,15 e
	ATS-048/06	21,44 kl	111,80 fg
	de Ramellet	18,56 klm	94,81 gh
	Moneymaker	30,33 ijk	81,48 hi
	Cherry-INRAE (2)	38,22 hi	67,13 h-k
	Seccagno PSC1-1	18,83 klm	73,25 h-k
	Τοματάκι Σαντορίνης	56,00 fg	49,17 j-n
	CC_1791 Allungato a Fiasco	55,78 fg	46,45 k-n

CC_1665 Pollena	19,56 klm	36,92 l-o
GR-451/04	63,33 def	29,41 l-p
Corbarino	20,89 kl	23,59 m-p
Cherry-INRAE (1)	69,89 bcd	22,37 nop
Cherry-INRAE (3)	47,89 gh	9,51 op
Cherry-INRAE (4)	79,89 ab	4,11 p
Στατιστική σημαντικότητα		
Αλατότητα	***	***
Ποικιλία	***	***
Αλατότητα × Ποικιλία	**	***

Οι μέσες τιμές (n = 3) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). *** και ** υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα με $p < 0,001$ και $p < 0,01$, αντίστοιχα.

Όπως απεικονίζεται στο Γράφημα 2, τα 30 mM NaCl στη ριζόσφαιρα των φυτών τομάτας επηρέασαν διαφορετικά τους υπό μελέτη γονότυπους, με ορισμένους να παρουσιάζουν μείωση της εμπορεύσιμης παραγωγής. Μεταξύ των γονότυπων που αξιολογήθηκαν, περίπου οι μισοί από αυτούς παρουσιάζουν μείωση της εμπορεύσιμης παραγωγής υπό συνθήκες καταπόνησης. Συγκεκριμένα, και οι τέσσερις μεγαλόκαρπες ποικιλίες «Χοντροκατσαρή», «Valldemossa (de)», «Αρετή» και «ATS-048/06» παρουσίασαν σημαντική μείωση της εμπορεύσιμης παραγωγής, με μείωση 28, 30, 25 και 21 %, αντίστοιχα, υπό την εφαρμοζόμενη καταπόνηση. Στις μεσόκαρπες ποικιλίες «Moneymaker» και «Cherry-INRAE (2)», η εμπορεύσιμη παραγωγή μειώθηκε κατά 22 % και 41 % αντίστοιχα, υπό συνθήκες καταπόνησης. Μεταξύ των μικρόκαρπων παραδοσιακών ποικιλιών, οι ποικιλίες «CC_1791 Allungato a Fiasco» και «Corbarino» παρουσίασαν σημαντικές μειώσεις στην εμπορεύσιμη παραγωγή κατά 20 και 63 %, αντίστοιχα, όταν καλλιεργήθηκαν υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας.



Γράφημα 2: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στην εμπορεύσιμη παραγωγή (kg/m²) διαφόρων ποικιλιών τομάτας. Για κάθε ποικιλία και μεταχείριση, τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε ράβδο υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). Οι κατακόρυφες ράβδοι υποδεικνύουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων όρων ($n = 3$).

4.1.3. Συγκέντρωση μακρο- και ιχνοστοιχείων στις ρίζες

Οι κύριες επιδράσεις της καταπόνησης αλατότητας και των διαφορετικών γονοτύπων, καθώς και η αλληλεπίδραση των κύριων παραγόντων, παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική διαφορά στις συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων (K, Na, Ca και Mg) στις ρίζες των φυτών (Πίνακας 8). Συγκεκριμένα, υπό αυξημένη αλατότητα, η μικρόκαρπη παραδοσιακή ποικιλία «GR 451/04» εμφάνισε 50 % μείωση της

συγκέντρωσης του K στις ρίζες συγκριτικά με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε κανονικές συνθήκες, χωρίς την προσθήκη NaCl στο ΘΔ. Η μικρόκαρπη παραδοσιακή ποικιλία «CC_1665 Pollena» και η μεσόκαρπη ποικιλία «Moneymaker» παρουσίασαν επίσης σημαντικές μειώσεις της τάξης του 43 %, ενώ η μεγαλόκαρπη παραδοσιακή ποικιλία «de Ramellet» παρουσίασε μείωση της τάξης του 37 % στη συγκέντρωση του K σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε κανονικές συνθήκες.

Όσον αφορά την αναλογία K/Na στις ρίζες, παρατηρήθηκε ότι από τις μεγαλόκαρπες παραδοσιακές ποικιλίες, μόνο η «de Ramellet» δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντική διαφορά σε συνθήκες αλατότητας, ενώ μεταξύ των μικρόκαρπων ποικιλιών τύπου cherry, οι «CC_1665 Pollena», «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (3)» και «Cherry-INRAE (4)» ήταν αυτές στις οποίες η αναλογία K/Na δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (0,5 και 30 mM NaCl).

Όσον αφορά τη συγκέντρωση Ca, η μεσόκαρπη παραδοσιακή ποικιλία «de Ramellet» παρουσίασε σημαντική μείωση κατά 50 % στις ρίζες υπό υψηλή συγκέντρωση NaCl στο ΘΔ. Ωστόσο, οι μικρόκαρπες ποικιλίες τύπου cherry παρουσίασαν μικρότερη μείωση της συγκέντρωσης Ca υπό αυξημένη αλατότητα. Αντίθετα, η ποικιλία «CC_1665 Pollena» παρουσιάζει αύξηση κατά 13 % και η ποικιλία «CC_1791 Allungato a Fiasco» παρουσίασε αύξηση κατά 22 % της συγκέντρωσης Ca στις ρίζες, σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

Η μεγαλόκαρπη ποικιλία «Χοντροκατσαρή» παρουσίασε σημαντική μείωση της τάξης του 55 % στη συγκέντρωση Mg στις ρίζες σε συνθήκες καταπόνησης αλατότητας. Αντίθετα, δεν διαπιστώθηκε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης Mg στις ρίζες των μικρόκαρπων ποικιλιών «CC_1791 Allungato a Fiasco», «CC_1665 Pollena» και «Corbarino».

Όσον αφορά τον παράγοντα της αλατότητας, η προσθήκη NaCl επηρέασε τη συγκέντρωση Na στις ρίζες, η οποία αυξήθηκε σε συνθήκες καταπόνησης. Οι μικρόκαρπες ποικιλίες «CC_1791 Allungato a Fiasco» και «Corbarino» παρουσιάζουν το υψηλότερο ποσοστό Na στις ρίζες. Από την άλλη πλευρά, η μεγαλόκαρπη ποικιλία «de Ramellet» και η μικρόκαρπη ποικιλία τύπου cherry, «Cherry-INRAE (4)» είχαν τη χαμηλότερη συγκέντρωση Na στις ρίζες τους. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση Na στις ρίζες μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (0,5 και 30 mM NaCl) για τις τρεις άλλες μικρόκαρπες ποικιλίες «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (3)» και «CC_1665 Pollena».

Πίνακας 8: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στις ρίζες διαφόρων ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 mM NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.

		Ρίζες				
Αλατότητα	Ποικιλία	K (mg/g)	Na (mg/g)	K/Na	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)
Αλληλεπίδραση						
0,5 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	29,33 bcd	5,9 e-i	5,41 e-h	5,62 a-d	2,78 a
	Valldemossa (de)	29 b-e	3,67 g-j	7,91 c-f	6,79 ab	2,52 ab
	Αρετή	31,33 bc	4,00 g-j	7,92 c-f	3,82 e-i	1,35 d-g
	ATS-048/06	27,33 b-g	3,67 g-j	7,43 c-g	5,47 b-e	1,49 c-g
	de Ramellet	28,33 b-f	6,63 c-g	4,26 fgh	7,23 a	2,74 a
	Moneymaker	39,67 a	4,40 g-j	9,23 cde	4,22 d-i	1,35 d-g
	Cherry-INRAE (2)	28 b-g	2,73 g-j	10,39 cd	4,10 d-i	2,52 ab
	Seccagno PSC1-1	34,33 ab	2,80 g-j	14,99 b	4,19 d-i	1,17 efg
	Τοματάκι Σαντορίνης	28 b-g	3,50 g-j	9,20 cde	4,69 c-i	1,13 efg
	CC_1791 Allungato a Fiasco	22 d-j	2,27 g-j	9,67 cde	4,16 d-i	1,27 d-g
	CC_1665 Pollena	40,67 a	1,83 hij	23,38 a	3,66 f-i	1,21 d-g
GR-451/04	23,5 c-i	4,15 g-j	6,05 d-h	5,36 b-f	1,81 cde	
Corbarino	23 c-i	2,40 g-j	9,86 cde	6,01 abc	1,81 cde	

	Cherry-INRAE (1)	17,67 h-k	1,17 j	15,36 b	3,81 e-i	1,38 d-g
	Cherry-INRAE (3)	23,67 c-i	1,40 ij	17,18 b	6,13 abc	1,37 d-g
	Cherry-INRAE (4)	23 c-i	2,37 g-j	10,87 c	4,43 c-i	1,61 c-g
30 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	22,67 d-i	13,00 ab	1,84 h	3,80 e-i	1,26 d-g
	Valldemossa (de)	23,67 c-i	15,50 a	1,63 d	5,01 c-h	1,90 cd
	Αρετή	22,33 d-i	13,00 ab	1,75 d	3,23 hi	0,91 g
	ATS-048/06	19,67 g-j	10,50 bc	1,87 h	4,44 c-i	1,12 efg
	de Ramellet	17,67 h-k	6,63 c-g	2,04 h	3,55 ghi	1,64 c-f
	Moneymaker	22,67 d-i	11,83 ab	7,96 h	3,74 e-i	0,96 fg
	Cherry-INRAE (2)	23,5 c-i	9,25 b-e	2,71 h	3,05 i	1,90 bcd
	Seccagno PSC1-1	29 b-e	9,00 b-f	3,38 fgh	3,61 f-i	0,97 fg
	Τοματάκι Σαντορίνης	23 c-i	11,25 ab	2,05 h	4,01 d-i	0,92 g
	CC_1791 Allungato a Fiasco	20,67 e-j	12,17 ab	1,93 h	5,07 c-g	1,23 d-g
	CC_1665 Pollena	23,33 c-i	6,17 d-h	3,79 fgh	4,16 d-i	1,30 d-g
	GR-451/04	11 k	8,97 b-f	1,35 h	5,12 b-g	1,48 c-g
	Corbarino	25 c-h	12,75 ab	2,04 h	4,97 c-h	2,12 bc
	Cherry-INRAE (1)	14 jk	4,83 f-j	2,96 gh	3,51 ghi	1,07 fg
	Cherry-INRAE (3)	20,33 f-j	4,83 f-j	4,25 fgh	4,54 c-i	1,05 fg
	Cherry-INRAE (4)	16 ijk	4,33 g-j	3,77 fgh	3,34 ghi	1,32 d-g

	Στατιστική σημαντικότητα				
Αλατότητα	***	***	***	***	***
Ποικιλία	***	***	***	***	***
Αλατότητα x Ποικιλία	*	*	***	*	**

Οι μέσες τιμές (n = 3) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test (p<0,05). ***, ** και * είναι σημαντικές σε p < 0,001, p < 0,01 και p < 0,05, αντίστοιχα

Μεταξύ των τεσσάρων ιχνοστοιχείων που μελετήθηκαν (Fe, Cu, Mn και Zn), τρία από αυτά (Fe, Cu και Mn) παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απόκριση στην καταπόνηση των διάφορων παραδοσιακών ποικιλιών. Όσον αφορά τη συγκέντρωση του Fe στις ρίζες των φυτών, η ποικιλία «Moneymaker» που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση κατά περίπου 67 % σε συνθήκες καταπόνησης. Αντίθετα, η ποικιλία τύπου cherry «Cherry-INRAE (1)» παρουσίασε μια μικρή αύξηση της συγκέντρωσης Fe υπό συνθήκες καταπόνησης από το NaCl.

Η συγκέντρωση Mn στις ρίζες των φυτών της ποικιλίας «Χοντροκατσαρή» παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση μεταξύ των διαφορετικών υπό μελέτη ποικιλιών, η οποία κυμάνθηκε περίπου στο 41 %. Από την άλλη πλευρά, οι ποικιλίες «Cherry-INRAE (4)», «Cherry-INRAE (1)» και η μεσόκαρπη «Seccagno PSC1-1» δεν παρουσίασαν σημαντικές μεταβολές στη συγκέντρωση Mn στις ρίζες τους όταν υποβλήθηκαν σε αυξημένη αλατότητα. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 9, η αλατότητα μείωσε σημαντικά τις συγκεντρώσεις Zn στις ρίζες των φυτών τομάτας κατά 9 % περίπου. Επιπλέον, οι διάφορες ποικιλίες παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση Zn στις ρίζες τους. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση Zn της μικρόκαρπης ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης» ήταν κοντά στην υψηλότερη συγκέντρωση της άλλης μικρόκαρπης ποικιλίας «Cherry-INRAE (1)» (122,42 μg/g ξηρού βάρους).

Σύμφωνα με τον Πίνακα 10, η αλατότητα αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση του καλίου (K) κατά 18 %, ενώ η συγκέντρωση του μαγνησίου (Mg) παρέμεινε ανεπηρέαστη.

Πίνακας 9: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Mn και Zn) στις ρίζες διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 Mm NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.

		Ρίζες			
Αλατότητα	Ποικιλία	Fe (μg/g)	Cu (μg/g)	Mn (μg/g)	Zn (μg/g)
Αλληλεπίδραση					
0,5 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	281,61 b–h	14,83 e–h	98,11 a	95,14
	Valldemossa (de)	297,06 b–f	15,55 def	83,41 ghi	77,88
	Αρετή	269,45 c–h	13,57 e–i	53,73 e–h	75,26
	ATS-048/06	353,86 abc	19,09 bcd	84,65 abc	91,17
	de Ramellet	181,99 f–i	10,65 i–l	42,04 hi	28,61
	Moneymaker	396,85 ab	21,83 ab	71,89 cde	105,62
	Cherry-INRAE (2)	329,33 bcd	15,73 def	44,86 ghi	101,29
	Seccagno PSC1-1	285,8 b–g	15,64 def	45,8 ghi	69,33
	Τοματάκι Σαντορίνης	462,37 a	23,18 a	97,07 ab	104,97
	CC_1791 Allungato a Fiasco	322,79 b–e	12,4 f–k	64,44 d–g	60,77
CC_1665 Pollena	293,45 b–g	19,77 abc	97,57 ab	84,68	
GR-451/04	193,97 f–i	10,81 i–l	44,21 ghi	37,98	
Corbarino	236,53 c–i	12,49 f–k	67,47 c–f	61,71	

	Cherry-INRAE (1)	263,77 c-h	10,14 i-m	42,65 hi	134,86
	Cherry-INRAE (3)	203,36 e-i	9,79 i-m	54,55 e-h	85,94
	Cherry-INRAE (4)	178,87 f-i	10,19 i-m	37,29 hi	54,60
30 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	190,04 f-i	13,07 f-j	57,22 e-h	107,91
	Valldemossa (de)	264,76 c-h	10,88 h-l	48,61 f-i	58,39
	Αρετή	212,65 d-i	11,99 f-k	37,13 hi	72,72
	ATS-048/06	252,73 c-i	12,91 f-j	56,19 e-h	71,70
	de Ramellet	134,11 i	6,67 m	40,82 hi	39,87
	Moneymaker	128,43 i	15,55 def	49,71 f-i	84,65
	Cherry-INRAE (2)	167,59 ghi	12,25 f-k	32,03 i	89,79
	Seccagno PSC1-1	219,06 d-i	13,43 e-i	50,47 f-i	74,93
	Τοματάκι Σαντορίνης	250,55 c-i	17,34 cde	78,5 bcd	96,66
	CC_1791 Allungato a Fiasco	177,11 f-i	11,42 g-k	55,57 e-h	71,01
	CC_1665 Pollena	189,47 f-i	12,63 f-k	76,65 cd	69,68
	GR-451/04	171,3 fi	7,17 lm	36,49 hi	38,36
	Corbarino	185,89 f-i	15,38 d-g	51,65 e-i	50,15
	Cherry-INRAE (1)	298,46 b-f	10,33 i-m	44,31 ghi	109,98
	Cherry-INRAE (3)	157,3 hi	9,35 j-m	50,73 f-i	62,33
Cherry-INRAE (4)	173,76 f-i	8,63 klm	43,64 ghi	55,19	

Στατιστική σημαντικότητα				
Αλατότητα	***	***	***	**
Ποικιλία	***	***	***	***
Αλατότητα × Ποικιλία	**	**	**	ΜΣ

Οι μέσες τιμές (n = 3) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές διαφορές κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). ***, ** και * είναι σημαντικές σε $p < 0,001$, $p < 0,01$ και $p < 0,05$, αντίστοιχα- ΜΣ = μη σημαντική.

Πίνακας 10: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στα φύλλα διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αντιστοιχεί στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 Mm NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.

Φύλλα						
Αλατότητα	Ποικιλία	K (mg/g)	Na (mg/g)	K/Na	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)
Αλληλεπίδραση						
0,5 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	47,33	1,79 g-j	27,04 b-f	51,72 a-h	7,17
	Valldemossa (de)	32,67	1,2 hij	29,33 bcd	49,12 a-i	11,17
	Αρετή	46,67	1,54 g-j	30,48 bcd	36,82 i-k	6,59
	ATS-048/06	22,00	3,67 fg	6,17 efg	58,73 abc	8,33
	de Ramellet	34,00	1,23 hij	27,74 b-e	47,74 b-j	9,45
	Moneymaker	42,33	1,81 g-j	23,38 b-g	55,76 a-d	7,14
	Cherry-INRAE (2)	45,00	1,31 hij	35,15 b	60,51 a	8,03
	Seccagno PSC1-1	43,33	0,83 ij	58,76 a	46,76 c-j	7,77
	Τοματάκι Σαντορίνης	27,00	1,55 g-j	17,48 b-g	57,36 a-d	4,43
	CC_1791 Allungato a Fiasco	37,00	1,11 ij	33,85 bc	57,34 a-d	8,36
	CC_1665 Pollena	37,33	0,52 j	74,85 a	36,64 jkl	6,44
	GR-451/04	51,00	0,8 ij	71,11 a	37,56 i-k	10,04
Corbarino	48,33	1,03 ij	56,28 a	33,11 l	11,60	

	Cherry-INRAE (1)	41,67	0,76 ij	56,57 a	52,82 a–g	8,24
	Cherry-INRAE (3)	41,67	0,62 j	70,40 a	43,07 e–k	8,21
	Cherry-INRAE (4)	46,67	0,71 ij	67,70 a	38,64 i–k	10,95
30 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	28,67	15,33 a	2,01 g	47,87 b–j	6,29
	Valldemossa (de)	18,33	5,67 ef	3,42 g	46,92 c–j	10,01
	Αρετή	30,00	8,5 cd	3,54 g	40,61 g–k	5,11
	ATS-048/06	18,33	9,5 bc	1,96 g	48,17 b–j	5,35
	de Ramellet	36,33	7,17 de	5,16 fg	36,01 jkl	10,00
	Moneymaker	33,33	10,83 b	3,10 g	37,10 i–k	8,13
	Cherry-INRAE (2)	37,67	6,83 de	5,97 efg	59,52 ab	8,63
	Seccagno PSC1-1	46,67	3,83 fg	12,37 c–g	45,81 d–k	6,25
	Τοματάκι Σαντορίνης	23,67	10,17 bc	2,37 g	42,67 f–k	3,94
	CC_1791 Allungato a Fiasco	31,33	6,67 de	4,75 g	55,14 a–e	9,15
	CC_1665 Pollena	30,00	2,83 g–j	10,62 d–g	40,31 h–k	7,44
	GR-451/04	40,00	3,07 ghi	13,06 c–g	41,36 g–k	9,60
	Corbarino	42,00	6,83 de	6,34 efg	34,28 kl	9,57
	Cherry-INRAE (1)	32,33	3,5 gh	9,36 d–g	54,41 a–f	8,72
	Cherry-INRAE (3)	35,67	2,53 g–j	14,08 b–g	42,48 f–k	7,66
	Cherry-INRAE (4)	44,00	2,67 g–j	16,60 b–g	32,80 l	10,16

Στατιστική σημαντικότητα					
Αλατότητα	***	***	***	**	ΜΣ
Ποικιλία	***	***	***	***	***
Αλατότητα × Ποικιλία	ΜΣ	***	***	*	ΜΣ

Οι μέσες τιμές (n = 3) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές διαφορές κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). ***, ** και * είναι σημαντικές σε $p < 0,001$, $p < 0,01$ και $p < 0,05$, αντίστοιχα- ΜΣ = μη σημαντική.

4.1.4. Συγκέντρωση μακρο- και ιχνοστοιχείων στα φύλλα

Οι διάφορες παραδοσιακές ποικιλίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση K και Mg των φύλλων. Μεταξύ των γονότυπων που εξετάστηκαν, η ποικιλία «Seccagno PSC1-1» και οι ποικιλίες τύπου cherry «GR-451/04», «Corbarino» και «Cherry-INRAE (4)» παρουσίασαν την υψηλότερη συγκέντρωση K, ενώ οι δύο μεγαλόκαρπες «ATS-048/06», «Valldemossa (de)» και η μια ποικιλία τύπου cherry «Τοματάκι Σαντορίνης» είχαν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις K, οι οποίες ήταν περίπου οι μισές από τις συγκεντρώσεις που παρατηρήθηκαν στους γονότυπους με τα υψηλότερα επίπεδα K. Οι γονότυποι στους οποίους ο λόγος K/Na των φύλλων δεν μεταβλήθηκε σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας ήταν οι μικρόκαρπες ποικιλίες «CC_1665 Pollena», «Cherry-INRAE (3)» και «Cherry- INRAE (4)».

Μεταξύ των γονότυπων που μελετήθηκαν, η ποικιλία «Valldemossa (de)» και οι δύο μικρόκαρπες ποικιλίες «Cherry-INRAE (4)» και «Corbarino» παρουσιάζουν την υψηλότερη συγκέντρωση Mg, η οποία έφτασε περίπου τα 10 mg/g ξηρού βάρους (ΞΒ).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα των φύλλων σε Na, όλες οι ποικιλίες που καλλιεργήθηκαν υπό αυξημένη αλατότητα παρουσίασαν αυξημένες συγκεντρώσεις στα φύλλα τους. Η μεγαλόκαρπη ποικιλία «Χοντροκατσαρή» ήταν αυτή με την υψηλότερη αύξηση σε συνθήκες καταπόνησης, περίπου 88 %, ενώ η μικρότερη αύξηση, 61 %, παρατηρήθηκε στη μεγαλόκαρπη ποικιλία «ATS-048/06». Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση Na στα φύλλα μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (0,5 και 30 mM NaCl) για τις ποικιλίες «Cherry-INRAE (3)», «Cherry-INRAE (4)», «CC_1665 Pollena» και «GR_451/04». Όσον αφορά το Ca, η ποικιλία «Moneymaker» παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση της συγκέντρωσης των φύλλων κατά περίπου 30 % υπό την καταπόνηση με 30 mM NaCl στο περιβάλλον της ρίζας.

Μια σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταχειρίσεων (αλατότητα × γονότυπος) ήταν εμφανής για όλα τα ιχνοστοιχεία στα φύλλα (Πίνακας 11). Για το Fe, η ποικιλία τύπου cherry «GR-451/04» αύξησε τη συγκέντρωση του στα φύλλα της κατά 49% σε συνθήκες καταπόνησης, ενώ η μεγαλοκαρπη ποικιλία «Χοντροκατσαρή» παρουσίασε μείωση της συγκέντρωσης του κατά 35 %.

Όσον αφορά το Cu, η ποικιλία «Αρετή» αύξησε τη συγκέντρωση των φύλλων της σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας, ενώ η μικρόκαρπη ποικιλία «Cherry-INRAE (1)» παρουσίασε μείωση κατά 66 %. Όσον αφορά τη συγκέντρωση Mn στα φύλλα, παρατηρήθηκε μείωση στις μεγαλόκαρπες ποικιλίες και στις ποικιλίες τύπου cherry

υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας. Η μείωση κυμάνθηκε από 60% στην ποικιλία «de Ramellet», 32 % στην ποικιλία «Χοντροκατσαρή», 26 % στην ποικιλία «Cherry-INRAE (2)» και 39 % στην ποικιλία «Moneymaker», έως και 46 % στη μικρόκαρπη ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης». Τέλος, όσον αφορά το Zn, ορισμένες μεγαλόκαρπες ποικιλίες και κάποιες μικρόκαρπες ποικιλίες παρουσιάζουν μείωση της συγκέντρωσης των φύλλων σε συνθήκες αλατότητας, ενώ άλλες παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις. Συγκεκριμένα, οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες «de Ramellet», «Valldemossa (de)», «ATS-048/06» και «Αρετή» και μια μικρόκαρπη ποικιλία «GR-451/04» ήταν αυτές που παρουσίασαν μείωση του ιχνοστοιχείου αυτού στα φύλλα τους όταν καλλιεργήθηκαν σε συνθήκες αλατότητας, ενώ η μεσόκαρπη ποικιλία «Seccagno PSC1-1» και η μικρόκαρπη «Cherry-INRAE (4)» ήταν αυτές που παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση Zn σε συνθήκες καταπόνησης. Οι μικρόκαρπες ποικιλίες «CC_1791 Allungato a Fiasco» και «CC_1665 Pollena» δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων σε κανένα από τα ιχνοστοιχεία που προσδιορίστηκαν.

Πίνακας 11: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Mn και Zn) στα φύλλα διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 Mm NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.

		Φύλλα			
Αλατότητα	Ποικιλία	Fe (μg/g)	Cu (μg/g)	Mn (μg/g)	Zn (μg/g)
Αλληλεπίδραση					
0,5 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	68,64 f-k	11,58 e-j	239,11 c-h	53,33 cde
	Valldemossa (de)	79,57 c-g	13,1 e-h	240,41 c-h	47,27 c-h
	Αρετή	64,69 h-l	13,8 d-g	231,62 c-j	54,52 cd
	ATS-048/06	62,34 jkl	8,04 hij	234,35 c-i	52,93 cde
	de Ramellet	64,93 h-l	6,79 j	200,1 e-l	35,87 e-j
	Moneymaker	53,27 lmn	8,53 g-j	268,95 a-e	34,69 f-k
	Cherry-INRAE (2)	72,34 e-j	18,96 c	335,07 a	53,73 cde
	Seccagno PSC1-1	78,66 c-h	10,24 e-j	262,38 b-f	42,2 d-i
	Τοματάκι Σαντορίνης	70,37 f-j	10,46 e-j	273,66 a-e	41,26 d-i
	CC_1791 Allungato a Fiasco	64,36 h-l	9,59 f-j	280,99 a-d	54,41 cd
CC_1665 Pollena	92,3 abc	13,57 d-g	174,58 g-m	29,73 h-k	
GR-451/04	54,87 k-n	7,52 ij	156,73 j-m	51,42 c-f	
Corbarino	65,51 g-l	10,29 e-j	148,57 k-n	41,36 d-i	

	Cherry-INRAE (1)	64,04 h-l	46,1 a	243,95 c-h	53,16 cde
	Cherry-INRAE (3)	73,15 e-j	13,93 d-g	167,57 h-m	34,69 f-k
	Cherry-INRAE (4)	74,31 e-j	11,05 e-j	158,45 i-m	44,81 d-h
30 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	44,66 n	8,58 g-j	160,76 i-m	49,3 c-g
	Valldemossa (de)	91,83 a-d	12,53 e-i	233,71 c-i	26,39 ijk
	Αρετή	83,13 a-f	34,07 b	184,46 g-m	38,47 d-i
	ATS-048/06	53,4 lmn	11,45 e-j	190,97 f-l	40,32 d-i
	de Ramellet	77,8 d-i	7,28 ij	80,99 n	18,13 k
	Moneymaker	47,66 mn	9,63 f-j	169,58 h-m	45,65 c-h
	Cherry-INRAE (2)	61,05 j-m	18,32 cd	248,02 b-g	63,4 bc
	Seccagno PSC1-1	79,69 c-g	14,83 c-f	316,73 ab	112,54 a
	Τοματάκι Σαντορίνης	55,42 k-n	8,14 hij	148,54 k-n	39,06 d-i
	CC_1791 Allungato a Fiasco	66,29 g-l	9,89 f-j	293,21 abc	54,78 cd
	CC_1665 Pollena	94,12 ab	11,87 e-j	160,33 i-m	35,54 e-k
	GR-451/04	82,24 b-f	7,86 hij	128,75 lmn	18,99 jk
	Corbarino	86,39 a-e	9,97 f-j	111,72 mn	32,89 g-k
	Cherry-INRAE (1)	63,45 i-l	15,46 cde	213,98 d-k	55,03 cd
	Cherry-INRAE (3)	96,61 a	13,9 d-g	184,31 g-m	32,79 g-k
	Cherry-INRAE (4)	77,93 d-i	13,18 d-h	174,09 g-m	73,12 b

Στατιστική σημαντικότητα				
Αλατότητα	*	ΜΣ	***	ΜΣ
Ποικιλία	***	***	***	***
Αλατότητα × Ποικιλία	***	***	**	***

Οι μέσες τιμές (n = 3) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). ***, ** και * είναι σημαντικές σε $p < 0,001$, $p < 0,01$ και $p < 0,05$, αντίστοιχα- ΜΣ = μη σημαντική.

4.1.5. Συγκέντρωση μακρο- και ιχνοστοιχείων σε καρπούς

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 12, καταγράφηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταχειρίσεων για όλα τα μακροστοιχεία στους καρπούς της τομάτας. Συγκεκριμένα, οι ποικιλίες «de Ramellet» και «Cherry-INRAE (2)» και οι δύο μικρόκαρπες ποικιλίες «CC_1665 Pollena» και «Τοματάκι Σαντορίνης» παρουσιάζουν μείωση της συγκέντρωσης τους σε K σε συνθήκες καταπόνησης κατά 15, 19, 19 και 16 % αντίστοιχα. Ο λόγος K/Na στους καρπούς δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφόρων γονοτύπων όταν καλλιεργήθηκαν υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας στο πριβάλλον των ριζών. Σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του Ca στους καρπούς παρατηρήθηκε στην ποικιλία «Αρετή» και στη μικρόκαρπη ποικιλία «GR-451/04» που καλλιεργήθηκαν υπό συνθήκες αυξημένου NaCl στο ΘΔ. Αντίστοιχη μείωση παρατηρήθηκε και στη συγκέντρωση Mg στους καρπούς των παραδοσιακών ποικιλιών «Valldemossa (de)» και «de Ramellet», καθώς και των μικρόκαρπων ποικιλιών «CC_1665 Pollena», «Corbarino» και «Cherry-INRAE (1)». Αντίθετα, η συγκέντρωση Na αυξήθηκε σχεδόν σε όλες τις ποικιλίες υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας. Ωστόσο, εντοπίστηκαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των ποικιλιών. Η ποικιλία «CC_1665 Pollena» παρουσιάζει την ίδια συγκέντρωση Na στους καρπούς και στις δύο μεταχειρίσεις, υποδεικνύοντας περιορισμένη απόκριση στην αλατότητα. Οι ποικιλίες «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (4)» και «Corbarino» παρουσιάζουν τη μικρότερη αύξηση του στοιχείου αυτού στους καρπούς σε σύγκριση με όλες τις άλλες ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διδακτορική διατριβή.

Πίνακας 12: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στους καρπούς διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 Mm NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.

		Καρπός				
Αλατότητα	Ποικιλία	K (mg/g)	Na (mg/g)	K/Na	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)
Αλληλεπίδραση						
0,5 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	37,5 a–f	0,54 j–m	73,57	0,18 cd	1,63 cde
	Valldemossa (de)	37 c–f	0,68 h–l	57,72	0,01 g	1,52 efg
	Αρετή	33 f–k	0,38 m	89,02	0,29 a	1,30 hi
	ATS-048/06	41,75 ab	0,65 i–m	66,02	0,28 a	1,79 abc
	de Ramellet	38,25 a–d	0,75 hij	51,50	0,01 g	1,80 abc
	Moneymaker	36 d–g	0,71 h–k	51,92	0,01 g	1,53 efg
	Cherry-INRAE (2)	36 d–g	0,58 i–m	65,21	0,25 ab	1,53 efg
	Seccagno PSC1-1	35,8 d–g	0,62 i–m	57,92	0,16 cde	1,35 ghi
	Τοματάκι Σαντορίνης	41,75 ab	0,75 g–j	55,67	0,14 def	1,88 ab
	CC_1791 Allungato a Fiasco	32,25 g–k	0,42 klm	76,79	0,12 ef	1,35 ghi
CC_1665 Pollena	26 mno	0,42 klm	68,52	0,20 bc	1,33 ghi	
GR-451/04	28,75 k–n	0,38 m	79,63	0,26 a	1,40 f–i	
Corbarino	30,25 i–m	0,38 lm	84,31	0,17 cde	1,45 e–i	

	Cherry-INRAE (1)	26,75 l-o	0,36 m	76,97	0,14 def	1,31 hi
	Cherry-INRAE (3)	25,75 no	0,56 j-m	59,41	0,20 bc	1,60 def
	Cherry-INRAE (4)	23,33 op	0,37 m	64,73	0,19 cd	1,50 e-h
30 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	34,25 d-i	1,64 b	21,22	0,21 bc	1,52 efg
	Valldemossa (de)	34 d-i	1,29 cde	27,13	0,01 g	1,25 ij
	Αρετή	33,25 e-j	1,13 def	30,35	0,18 cd	1,42 e-i
	ATS-048/06	41 abc	1,55 bc	26,88	0,17 cde	1,96 a
	de Ramellet	32,25 g-k	1,35 cd	24,40	0,01 g	1,45 e-i
	Moneymaker	33,75 d-i	1,40 bcd	24,72	0,01 g	1,50 e-h
	Cherry-INRAE (2)	29 j-n	2,09 a	13,87	0,24 ab	1,85 ab
	Seccagno PSC1-1	37,75 a-e	1,03 efg	37,28	0,20 bc	1,44 e-i
	Τοματάκι Σαντορίνης	35 d-h	1,97 a	17,83	0,14 def	1,76 bcd
	CC_1791 Allungato a Fiasco	34 d-i	0,87 f-i	40,41	0,11 f	1,46 e-i
	CC_1665 Pollena	21 p	0,41 klm	52,03	0,17 cde	1,09 j
	GR-451/04	30,75 h-l	1,13 def	32,81	0,13 def	1,33 ghi
	Corbarino	29,25 j-n	0,65 h-m	48,04	0,13 def	1,08 j
	Cherry-INRAE (1)	25,75 no	0,49 j-m	52,80	0,12 ef	1,08 j
	Cherry-INRAE (3)	29 j-n	0,94 fgh	31,18	0,20 bc	1,57 ef
	Cherry-INRAE (4)	22,67 op	0,61 i-m	37,65	0,16 c-f	1,41 f-i

Στατιστική σημαντικότητα					
Αλατότητα	***	***	***	***	**
Ποικιλία	***	***	***	***	***
Αλατότητα × Ποικιλία	***	***	ΜΣ	***	***

Οι μέσες τιμές (n = 3) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test (p < 0,05). *** και ** είναι σημαντικές σε p < 0,001 και p < 0,01, αντίστοιχα- ΜΣ = μη σημαντική.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ της αλατότητας και των διαφόρων ποικιλιών παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλα τα ιχνοστοιχεία που προσδιορίστηκαν (Πίνακας 13). Μεταξύ των παραδοσιακών ποικιλιών, η μεγαλόκαρπη ποικιλία «de Ramellet» ήταν εκείνη με τη μεγαλύτερη μείωση σε όλες τις συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στους καρπούς υπό συνθήκες καταπόνησης. Συγκεκριμένα, οι καρποί αυτής της ποικιλίας παρουσιάζουν μείωση περίπου 40 % σε Fe, 50 % σε Cu, 30 % σε Mn και 14 % σε Zn. Η μικρόκαρπη ποικιλία «GR-451/04» παρουσίασε επίσης σημαντικές μειώσεις στις συγκεντρώσεις Fe, Mn και Zn στους καρπούς, με μειώσεις 43, 25 και 18 %, αντίστοιχα. Είναι ενδιαφέρον ότι η ποικιλία αυτή παρουσιάζει σημαντική αύξηση της τάξης του 40 % στην περιεκτικότητα σε Cu στους καρπούς των καταπονημένων φυτών. Τέλος, η μεγαλόκαρπη παραδοσιακή ποικιλία «Αρετή» παρουσιάζει μειώσεις 37 % στη συγκέντρωση Fe και 15 % στη συγκέντρωση Mn στους καρπούς που καταπονήθηκαν.

Πίνακας 13: Επίδραση της καλλιέργειας σε συνθήκες αλατότητας στη συγκέντρωση ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Mn και Zn) στους καρπούς διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας. Στον πίνακα, το «0,5 mM NaCl» αναφέρεται στον μάρτυρα (χωρίς προσθήκη NaCl) και το «30 Mm NaCl» υποδηλώνει την καταπόνηση αλατότητας.

Καρποί					
Αλατότητα	Ποικιλία	Fe (μg/g)	Cu (μg/g)	Mn (μg/g)	Zn (μg/g)
Αλληλεπίδραση					
0,5 mM NaCl	Χοντροκατσαρή	37,55 h–m	7,48 f–j	12,53 d–g	20,9 g–m
	Valldemossa (de)	47,78 c–i	3,73 m	15,21 c	20,16 j–m
	Αρετή	43,78 e–k	7,52 f–j	11,66 f–i	20,38 i–m
	ATS-048/06	31,45 lm	6,13 jkl	13,69 cde	21,15 f–m
	de Ramellet	71,45 a	7,08 h–k	13,34 def	36,56 a
	Moneymaker	56,39 cd	6,6 i–l	14,06 cd	25,13 def
	Cherry-INRAE (2)	46,55 c–j	8,51 e–h	19,71 a	24,39 d–i
	Seccagno PSC1-1	68,50 a	7,14 h–k	12,82 def	32,98 b
	Τοματάκι Σαντορίνης	34,47 klm	7,85 e–i	11,89 fgh	23,82 e–k
	CC_1791 Allungato a Fiasco	44,64 d–k	14,05 ab	8,89 k–p	20,49 h–m
	CC_1665 Pollena	54,19 cde	12,91 bc	8,03 m–q	21,23 f–m
GR-451/04	46,55 c–j	3,78 m	8,43 l–p	24,63 d–g	
Corbarino	49,02 c–h	14,32 a	7,49 opq	24,17 e–j	

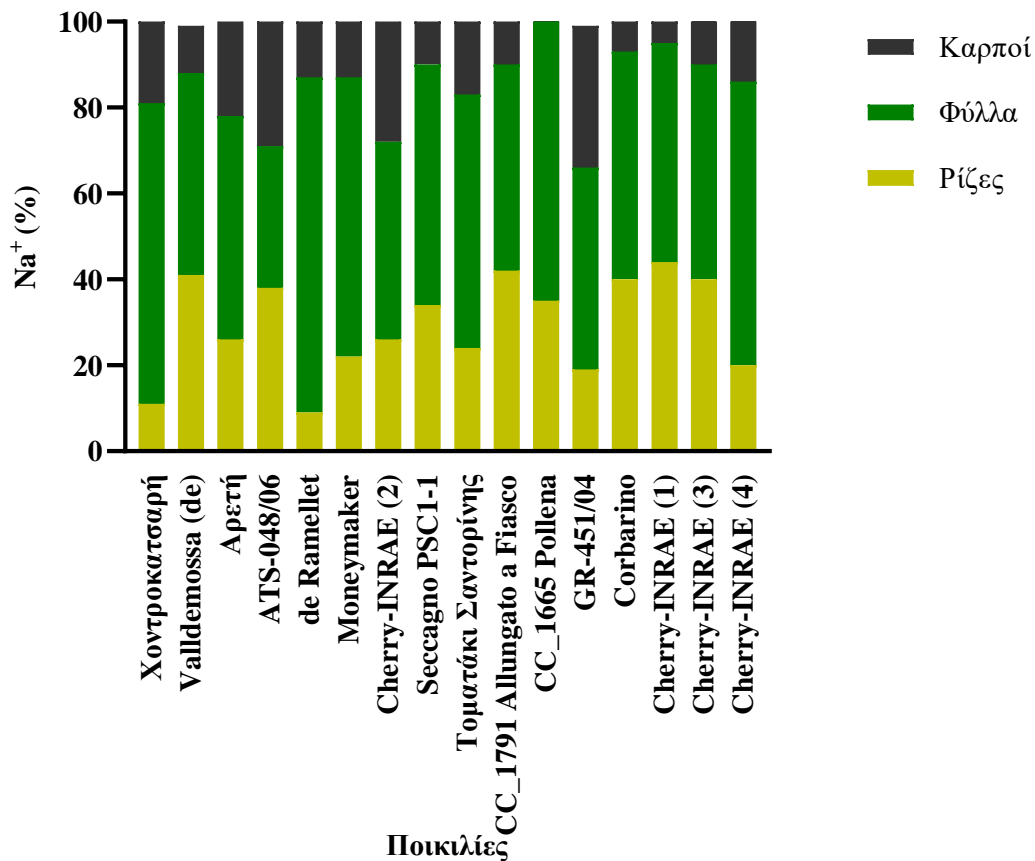
	Cherry-INRAE (1)	46,30 c-k	8,39 e-h	7,57 opq	19,87 klm
	Cherry-INRAE (3)	55,00 cde	8,70 efg	10,28 h-k	30,04 bc
	Cherry-INRAE (4)	50,47 c-g	8,6 e-h	8,61 k-p	24,49 d-h
30 mM NaCl	Χοντροκατσάρη	39,95 g-l	6,31 jkl	9,60 j-n	19,18 lmn
	Valldemossa (de)	35,76 i-m	3,54 m	11,98 e-h	18,40 mn
	Αρετή	27,25 m	7,12 h-k	9,82 j-m	17,77 mn
	ATS-048/06	35,2 j-m	7,62 f-j	12,57 d-g	22,45 e-l
	de Ramellet	45,07 d-k	3,57 m	9,30 j-o	31,25 bc
	Moneymaker	41,92 f-l	5,87 kl	12,32 d-g	22,93 e-l
	Cherry-INRAE (2)	40,27 g-l	8,36 e-h	17,71 b	23,72 e-k
	Seccagno PSC1-1	67,45 ab	7,21 g-k	13,71 cde	32,47 b
	Τοματάκι Σαντορίνης	31,88 lm	7,55 f-j	10,94 g-j	22,82 e-l
	CC_1791 Allungato a Fiasco	47,11 c-j	14,29 a	9,14 k-p	22,48 e-l
	CC_1665 Pollena	44,02 e-k	11,56 d	5,78 rs	15,53 n
	GR-451/04	26,39 m	5,31 l	6,28 qrs	20,18 j-m
	Corbarino	48,77 c-h	12,03 cd	5,35 s	21,64 f-m
	Cherry-INRAE (1)	44,7 d-k	8,93 e-f	7,37 pqr	21,13 f-m
	Cherry-INRAE (3)	58,02 bc	7,38 g-j	10,10 i-l	28,09 cd
Cherry-INRAE (4)	52,53 c-f	9,12 e	7,88 n-q	25,81 de	

	Στατιστική σημαντικότητα			
Αλατότητα	***	**	***	***
Ποικιλία	***	***	***	***
Αλατότητα × Ποικιλία	***	***	***	*

Οι μέσες τιμές (n = 3) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). ***, ** και * είναι σημαντικές σε $p < 0,001$, $p < 0,01$ και $p < 0,05$, αντίστοιχα.

4.1.6. Περιεκτικότητα σε νάτριο (%)

Όπως φαίνεται στο Γράφημα 3, η κατανομή του Na ήταν διαφορετική στα διαφορετικά μέρη του φυτού (ρίζες, φύλλα, καρποί) που προσδιορίστηκαν στην παρούσα διδακτορική διατριβή για τους διάφορους γονότυπους. Σε γενικό πλαίσιο, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε Na βρέθηκε στα φύλλα, στη συνέχεια στις ρίζες και η χαμηλότερη στους καρπούς.



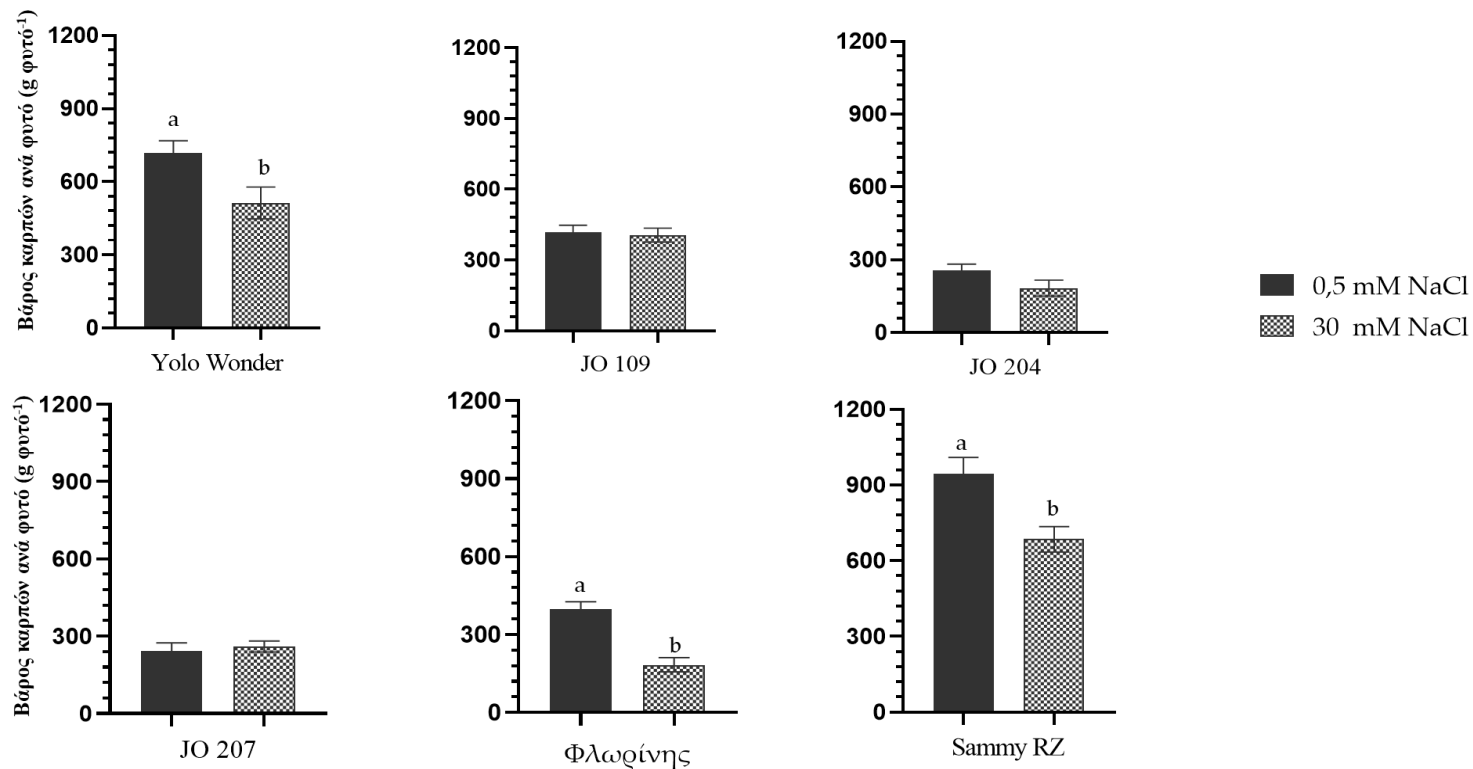
Γράφημα 3: Περιεκτικότητα σε Na (%) στα διάφορα μέρη του φυτού (ρίζες, φύλλα και καρποί).

Ωστόσο, η κατανομή αυτή υπέδειξε σημαντική εξάρτηση από τον υπό μελέτη γονότυπο. Παρατηρείται ότι οι μεγαλόκαρπες παραδοσιακές ποικιλίες «Χοντροκατσαρή» και «de Ramellet» έχουν παρόμοια κατανομή του Na στα μέρη του φυτού. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης γονότυποι, όπως μεγαλόκαρπη παραδοσιακή ποικιλία «Αρετή» και η μικρόκαρπη ποικιλία «GR-451/04», στους οποίους η περιεκτικότητα σε Na φαίνεται να κατανέμεται σχεδόν εξίσου στα φύλλα, τις ρίζες και τους καρπούς. Αντίθετα, στις μικρόκαρπες παραδοσιακές ποικιλίες, μόνο ένα μικρό

ποσοστό βρέθηκε στους καρπούς, ενώ το υπόλοιπο κατανέμεται στα φύλλα και στις ρίζες.

4.1. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών ποικιλικών πιπερίας καλλιεργούμενων υδροπονικά.

Στο Γράφημα 4 απεικονίζεται η παραγωγή κάθε ποικιλίας που καλλιεργήθηκε είτε υπό κανονικές συνθήκες είτε υπό καταπόνηση αλατότητας. Οι εμπορικές ποικιλίες «Yolo Wonder» και «Sammy», που χρησιμοποιήθηκαν ως ποικιλίες μάρτυρας, παρουσίασαν το υψηλότερο μέσο βάρος καρπού ανά φυτό υπό κανονικές συνθήκες καλλιέργειας. Ωστόσο, με την προσθήκη NaCl στο ΘΔ, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση του βάρους των καρπών ανά φυτό. Συγκεκριμένα, για τη «Yolo Wonder» καταγράφηκε μείωση περίπου 29 %, ενώ για τη «Sammy» η μείωση ήταν 27 %. Επιπλέον, η μείωση της παραγωγής ήταν εμφανής στην ποικιλία «Φλωρίνης». Αντίθετα, οι ιορδανικές ποικιλίες «JO 109», «JO 204» και «JO 207» δεν παρουσίασαν σημαντική μείωση της παραγωγής τους σε συνθήκες καταπόνησης.



Γράφημα 4: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας στο βάρος των καρπών ανά φυτό (g/φυτό) για κάθε γονότυπο πιπεριάς. Στο σχήμα, η λεζάντα με την ένδειξη «0,5 mM NaCl» υποδηλώνει τις κανονικές συνθήκες καλλιέργειας, υποδηλώνοντας την απουσία προστιθέμενου NaCl. Αντίθετα, η ένδειξη «30 mM NaCl» είναι ενδεικτική της έκθεσης σε καταπόνηση αλατότητας. Για κάθε μεταχείριση, τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε ράβδο υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σύμφωνα το Duncan Multiple range test ($p < 0,05$). Οι κατακόρυφες ράβδοι υποδεικνύουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων όρων ($n = 4$).

Πίνακας 14: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στο μέσο αριθμό καρπών ανά φυτό των γονοτύπων που μελετήθηκαν.

Αλατότητα	Καρποί (N° Φυτό ⁻¹)					
	Yolo Wonder	JO109	JO204	JO207	Φλωρίνης	Sammy RZ
0,5 mM NaCl	5,83 a	28,58	25,08	17,67	7,58 a	15,83 a
30 mM NaCl	4,50 b	28,58	20,00	21,50	3,58 b	11,00 b
Στατιστική Σημαντικότητα	*	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	***	**

Οι μέσες τιμές ($n = 4$) που σημειώνονται με ξεχωριστά γράμματα στην ίδια στήλη υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). ***($p < 0,001$), **($p < 0,01$) και *($p < 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα. Το ΜΣ υποδηλώνει μη σημαντική απόκλιση.

Πίνακας 15: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στο μέσο νερό βάρος καρπού των γονοτύπων που μελετήθηκαν.

Αλατότητα	Βάρος καρπού (g καρπό ⁻¹)					
	Yolo Wonder	JO109	JO204	JO207	Φλωρίνης	Sammy RZ
0,5 mM NaCl	123,39	14,72	10,17	13,48	52,47	59,58
30 mM NaCl	113,03	14,24	9,30	12,10	51,00	62,42
Στατιστική Σημαντικότητα	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

Οι μέσες τιμές ($n = 4$) που σημειώνονται με ξεχωριστά γράμματα στην ίδια στήλη υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, κατά Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). Το ΜΣ υποδηλώνει μη σημαντική απόκλιση.

Σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας, η διάμετρος και το μήκος των καρπών πιπεριάς μειώθηκαν κατά 13 και 9 %, αντίστοιχα (Πίνακας 16). Επιπλέον, οι εξεταζόμενες ποικιλίες παρουσίασαν ποικίλες αποκρίσεις για τις εν λόγω παραμέτρους, με τη «Yolo Wonder» να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διάμετρο και το υβρίδιο «Sammy RZ» το μεγαλύτερο μήκος καρπών. Όσον αφορά την αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων (αλατότητα × ποικιλία), παρόλο που δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά για τη διάμετρο, το μήκος των καρπών επηρεάστηκε σημαντικά από τις εφαρμοζόμενες μεταχειρίσεις. Συγκεκριμένα, μείωση του μήκους των καρπών διαπιστώθηκε μόνο για τις ποικιλίες «JO 204», «JO 207» και «Φλωρίνης», η οποία κυμάνθηκε σε 11, 19 και 21 %, αντίστοιχα.

Πίνακας 16: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στο μήκος και τη διάμετρο των καρπών πιπεριάς.

Αλατότητα	Ποικιλία	Διάμετρος καρπών	Μήκος καρπών
		(mm)	(mm)
Αλατότητα			
0,5 mM NaCl		37,82 a	107,40 a
30 mM NaCl		32,95 b	97,57 b
Ποικιλία			
	Yolo Wonder	76,58 a	67,82 d
	JO 109	34,11 c	69,73 d
	JO 204	10,76 e	117,82 b
	JO 207	21,97 d	109,13 c
	Φλωρίνης	42,64 b	103,01 c
	Sammy RZ	42,61 b	143,35 a
Αλληλεπίδραση			
0,5 mM NaCl	Yolo Wonder	76,91	67,41 e
	JO 109	35,48	73,45 e
	JO 204	11,32	124,69 b
	JO 207	21,85	120,72 bc
	Φλωρίνης	42,80	112,67 c
	Sammy RZ	45,29	148,40 a
30 mM NaCl	Yolo Wonder	75,84	68,75 e
	JO 109	33,08	67,50 e
	JO 204	10,13	110,95 c
	JO 207	22,10	97,55 d
	Φλωρίνης	42,43	89,22 d
	Sammy RZ	40,94	140,20 a
Στατιστική σημαντικότητα			
Αλατότητα		*	***
Ποικιλία		***	***
Αλατότητα × Ποικιλία		ΜΣ	**

Οι μέσες τιμές ($n = 10$) που σημειώνονται με ξεχωριστά γράμματα στην ίδια στήλη υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, όπως προσδιορίστηκαν με το Duncan multiple range test ($p < 0,05$). ***($p < 0,001$), **($p < 0,01$) και *($p < 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα. Το ΜΣ υποδηλώνει μη σημαντική διαφορά.

Η αυξημένη συγκέντρωση NaCl στο περιβάλλον των ριζών επηρέασε σημαντικά την περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ και τα ολικά διαλυτά στερεά (TSSC) στους καρπούς, αυξάνοντας τα κατά περίπου 9 και 5 %, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τις πιπεριές που καλλιεργήθηκαν σε κανονικές συνθήκες (Πίνακας 17). Ο τύπος της ποικιλίας επηρέασε σημαντικά τα ολικά διαλυτά στερεά και τις παραμέτρους οξύτητας και συνεκτικότητας, όπου το υβρίδιο «Sammy RZ» παρουσίασε τα χαμηλότερα ολικά διαλυτά στερεά και τιτλοδοτούμενη οξύτητα, ενώ η ποικιλία αναφοράς «Yolo Wonder» εμφάνισε τη μεγαλύτερη συνεκτικότητα των καρπών.

Πίνακας 17: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στη περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSSC), τιτλοδοτούμενη οξύτητα και συνεκτικότητα καρπών διαφόρων γονοτύπων πιπεριάς.

Αλατότητα	Ποικιλία	Τιτλοδοτούμενη		
		TSSC (°Brix)	Οξύτητα (g κιτρικού οξέος ανά 100 g χυμού)	Συνεκτικότητα (Kg/cm ²)
Αλατότητα				
0,5 mM NaCl		5,10 b	0,11 b	2,10
30 mM NaCl		5,33 a	0,12 a	1,88
Ποικιλία				
	Yolo Wonder	4,14 c	0,10 bc	3,04 a
	JO 109	5,13 b	0,14 a	0,98 e
	JO 204	5,00 b	0,14 a	2,00 c
	JO 207	5,06 b	0,11 b	1,61 d
	Φλωρίνης	7,57 a	0,14 a	2,65 b
	Sammy RZ	3,63 d	0,08 c	2,00 c
Στατιστική σημαντικότητα				
	Αλατότητα	***	***	ΜΣ
	Ποικιλία	***	***	***
	Αλατότητα × Ποικιλία	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

Οι μέσες τιμές ($n = 10$) που σημειώνονται με ξεχωριστά γράμματα στην ίδια στήλη υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, όπως προσδιορίστηκαν με το Duncan multiple range test ($p < 0,05$). *** υποδηλώνει στατιστική σημαντικότητα σε $p < 0,001$. Το ΜΣ υποδηλώνει μη σημαντική διαφορά.

Στον Πίνακα 18 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων όπως K, Na, Ca και Mg, καθώς και ο λόγος K/Na στα φύλλα των φυτών πιπεριάς. Η επίδραση της αλατότητας στους παράγοντες αυτούς αναλύθηκε, αποκαλύπτοντας αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Όσον αφορά τη συγκέντρωση K στα φύλλα, διαπιστώθηκε μείωση κατά περίπου 7 % όταν τα φυτά υποβλήθηκαν σε αυξημένη συγκέντρωση NaCl στο περιβάλλον της ρίζας. Επιπλέον, ο λόγος K/Na παρουσίασε σημαντική μείωση κατά 30 % περίπου υπό συνθήκες καταπόνησης. Αντίθετα, η συγκέντρωση Na στα φύλλα παρουσίασε αύξηση κατά 38% όταν τα φυτά εκτέθηκαν σε υψηλή αλατότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συγκεντρώσεις Ca δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά σε συνθήκες υψηλής αλατότητας συγκριτικά με εκείνες σε κανονικές συνθήκες ανάπτυξης.

Πίνακας 18: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στη συγκέντρωση μακροθρεπτικών συστατικών (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στα φύλλα των αξιολογούμενων γενοτύπων.

Φύλλα						
Αλατότητα	Variety	K (mg/g)	K/Na	Na (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)
<i>Αλατότητα</i>						
0,5 mM NaCl		50,00 a	89,70 a	0,58 b	32,99	8,43 b
30 mM NaCl		46,60 b	64,42 b	0,80 a	34,54	9,32 a
<i>Ποικιλία</i>						
	Yolo Wonder	47,75 bc	75,55 ab	0,67	38,46 ab	10,26 a
	JO 109	57,86 a	94,34 a	0,68	27,33 d	8,89 b
	JO 204	43,43 c	62,77 b	0,72	26,31 d	7,67 c
	JO 207	50,71 b	86,35 a	0,60	33,01 c	9,42 b
	Φλωρίνης	42,57 c	74,64 ab	0,66	41,28 a	7,64 c
	Sammy RZ	48,29 bc	74,34 ab	0,76	35,18 bc	8,96 b
<i>Αλληλεπίδραση</i>						
	Yolo Wonder	51,00	88,46 bc	0,59	34,97	10,24 a
0,5 mM NaCl	JO 109	65,67	131,64 a	0,50	28,26	7,91 cde
	JO 204	43,25	71,69 b–e	0,62	25,58	7,94 cde
	JO 207	51,50	89,92 bc	0,58	31,97	8,72 bc

	Φλωρίνης	43,75	95,90 b	0,49	41,47	7,14 e
	Sammy RZ	48,75	71,08 b-e	0,69	34,48	8,47 bcd
30 mM NaCl	Yolo Wonder	44,50	62,63 c-e	0,75	41,95	10,29 a
	JO 109	52,00	66,37 b-e	0,81	26,63	9,62 ab
	JO 204	43,67	50,87 de	0,85	27,28	7,32 de
	JO 207	49,67	81,60 b-d	0,63	34,41	10,36 a
	Φλωρίνης	41,00	46,30 e	0,89	41,03	8,29 cde
	Sammy RZ	47,67	78,69 b-e	0,86	36,11	9,61 ab
Στατιστική σημαντικότητα						
	Αλατότητα	*	***	***	ΜΣ	***
	Ποικιλία	***	*	ΜΣ	***	***
	Αλατότητα × Ποικιλία	ΜΣ	*	ΜΣ	ΜΣ	*

Οι μέσες τιμές ($n = 4$) που σημειώνονται με ξεχωριστά γράμματα στην ίδια στήλη υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, όπως προσδιορίστηκαν με το Duncan multiple range test ($p < 0,05$). ***($p < 0,001$) και *($p < 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα. Το ΜΣ υποδηλώνει μη σημαντική διαφορά.

Όσον αφορά τον παράγοντα ποικιλία, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις όλων των μακροστοιχείων που αξιολογήθηκαν, εκτός από το Na, δεδομένου ότι, στις διάφορες ποικιλίες, οι συγκεντρώσεις Na στα φύλλα παρέμειναν σταθερά παρόμοιες. Όσον αφορά τη συγκέντρωση K στα φύλλα, μεταξύ των ποικιλιών, η ποικιλία «JO 109» παρουσίασε υψηλότερα επίπεδα σε σύγκριση με τις άλλες ποικιλίες. Επιπλέον, η ποικιλία «Φλωρίνης» παρουσίασε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Ca στα φύλλα, ακολουθούμενη από την ποικιλία «Yolo Wonder».

Η υψηλή αλατότητα μείωσε σημαντικά το λόγο K/Na στους καρπούς των φυτών πιπεριάς «JO 109» και «Φλωρίνης», ενώ για όλες τις άλλες ποικιλίες δεν καταγράφηκε σημαντική διαφορά στην επέμβαση με αλατότητα (30 mM NaCl). Επιπλέον, με την αύξηση του NaCl σε 30 mM στη ριζόσφαιρα, διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε Mg στα φύλλα των ποικιλιών «JO 109» και «JO 207», αυξάνοντας την κατά περίπου 22 και 19 %, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε κανονικές συνθήκες. Για όλες τις άλλες ποικιλίες, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στα διαφορετικά επίπεδα NaCl στη ριζόσφαιρα.

Η επίδραση της αλατότητας στη θρεπτική κατάσταση των καρπών ήταν προφανής (Πίνακας 19). Η συγκέντρωση του Na στους καρπούς αυξήθηκε κατά 80 % με την προσθήκη 30 mM NaCl στο ΘΔ. Ωστόσο, η επίδραση του NaCl επεκτάθηκε και πέρα από το Na, με 18 % μείωση της συγκέντρωσης Ca και 5% της συγκέντρωσης Mg στους καρπούς.

Όσον αφορά τη συγκέντρωση Na, η ποικιλία αναφοράς «Yolo Wonder» παρουσίασε τα υψηλότερα επίπεδα, ενώ είχε το χαμηλότερο λόγο K/Na. Αντίθετα, η ποικιλία «JO 207» παρουσίασε τη χαμηλότερη συγκέντρωση Na στους καρπούς, ενώ είχε τα υψηλότερα επίπεδα όλων των άλλων μετρούμενων μακροστοιχείων, συμπεριλαμβανομένου του λόγου K/Na, σε σύγκριση με τις άλλες ποικιλίες που μελετήθηκαν.

Κατά την ανάλυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ της αλατότητας και των διαφόρων καλλιεργούμενων ποικιλιών, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση Na στους καρπούς και στον λόγο K/Na. Ειδικότερα, οι ποικιλίες αναφοράς «Yolo Wonder» και «Sammy RZ» και η ποικιλία «Φλωρίνης», οι οποίες παρουσίασαν μειωμένη παραγωγή σε συνθήκες αλατότητας, παρουσίασαν επίσης αξιοσημείωτη στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση Na και στον λόγο K/Na μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Πίνακας 19: Επίδραση της καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca, Mg και K/Na) στους καρπούς των γονοτύπων πιπεριάς.

Καρπός						
Αλατότητα	Ποικιλία	K (mg/g)	K/Na	Na (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)
<i>Αλατότητα</i>						
0.5 mM NaCl		30,09	178,04 a	0,18 b	0,11 a	1,41 a
30 mM NaCl		29,52	118,73 b	0,33 a	0,09 b	1,34 b
<i>Ποικιλία</i>						
	Yolo Wonder	28,57 b	100,26 d	0,45 a	0,07 b	1,39 a
	JO 109	31,75 a	187,61 ab	0,18 c	0,09 b	1,48 a
	JO 204	31,14 a	130,16 c	0,25 b	0,13 a	1,47 a
	JO 207	32,00 a	201,80 a	0,17 c	0,13 a	1,48 a
	Φλωρίνης	22,57 c	94,63 d	0,29 b	0,08 b	0,96 b
	Sammy RZ	32,25 a	165,21 b	0,21 b	0,09 b	1,43 a
<i>Αλληλεπίδραση</i>						
	Yolo Wonder	29,50	155,39 bc	0,20 de	0,07	1,43
0.5 mM NaCl	JO 109	31,50	216,83 a	0,15 e	0,12	1,58
	JO 204	30,50	147,76 bcd	0,22 de	0,12	1,50
	JO 207	34,00	214,75 a	0,17 e	0,15	1,54

	Φλωρίνης	22,50	125,21 cd	0,18 e	0,10	0,97
	Sammy RZ	33,50	211,86 a	0,16 e	0,09	1,44
30 mM NaCl	Yolo Wonder	27,33	45,14 e	0,63 a	0,07	1,36
	JO 109	32,00	158,40 bc	0,21 de	0,06	1,38
	JO 204	32,00	106,69 d	0,30 c	0,13	1,42
	JO 207	30,50	192,09 ab	0,17 e	0,12	1,42
	Φλωρίνης	22,67	53,85 e	0,43 b	0,05	0,96
	Sammy RZ	31,00	118,57 cd	0,27 cd	0,08	1,41
Στατιστική σημαντικότητα						
Αλατότητα	ΜΣ	***	***	**	***	***
Ποικιλία	***	***	***	***	***	***
Αλατότητα × Ποικιλία	ΜΣ	*	***	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

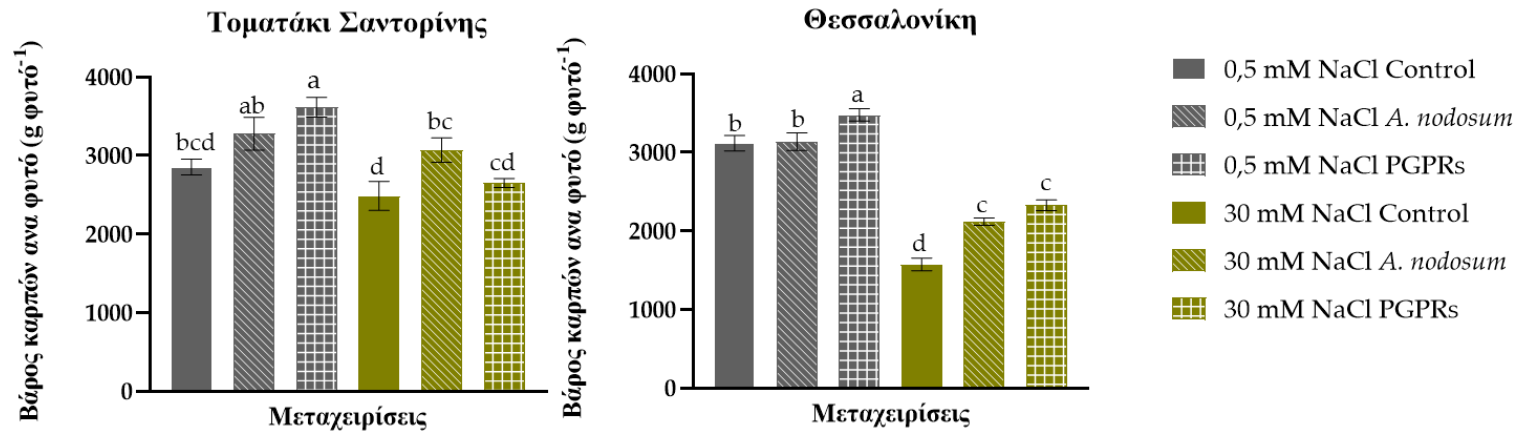
Οι μέσες τιμές ($n = 4$) που σημειώνονται με ξεχωριστά γράμματα στην ίδια στήλη υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, όπως προσδιορίστηκαν με το Duncan multiple range test ($p < 0,05$). ***($p < 0,001$), **($p < 0,01$) και *($p < 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα. Το ΜΣ υποδηλώνει μη σημαντική διαφορά.

4.1. Αξιολόγηση της χρήσης φυτικών βιοδιεγερτών για την αύξηση της ανεκτικότητας δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών στην αλατούχο καταπόνηση

4.1.1. Παράμετροι παραγωγής

Υπό την αλατούχο καταπόνηση, και οι δύο ποικιλίες παρουσίασαν μείωση του ωπού βάρους των καρπών ανά φυτό (Γράφημα 5). Παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων (αλατότητα × βιοδιεγέρτης) και για τις δύο ποικιλίες. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή PGPR αποδείχθηκε πιο αποτελεσματική στην αύξηση της παραγωγής καρπών των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε κανονικές συνθήκες κατά 20 % για το «Τοματάκι Σαντορίνης» και 12 % για τη «Θεσσαλονίκη», αντίστοιχα, συγκριτικά με τα φυτά στα οποία δεν εφαρμόστηκαν PGPRs και που υποβλήθηκαν σε 0,5 mM NaCl στο ΘΔ. Για το «Τοματάκι Σαντορίνης», σε συνθήκες καταπόνησης από αλατότητα μόνο η εφαρμογή του *A. nodosum* οδήγησε σε αυξημένη παραγωγή (23 % σε σύγκριση με το τα φυτά χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη). Όσον αφορά τη «Θεσσαλονίκη», και οι δύο βιοδιεγέρτες, αύξησαν σημαντικά την παραγωγή υπό την καταπόνηση που εφαρμόστηκε, σε σύγκριση με τα φυτά χωρίς εφαρμογή φυτικών βιοδιεγερτών που αρδεύτηκαν με ΘΔ με προσθήκη NaCl (κατά 34 % για το *A. nodosum* και 48% για τους PGPRs, αντίστοιχα). Στα φυτά της παραδοσιακής ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης», η μείωση της παραγωγής υπό την καταπόνηση αλατότητας, φαίνεται να οφείλεται κυρίως σε μείωση του μέσου βάρους των καρπών και όχι σε μείωση του αριθμού των καρπών (Γράφημα 5). Είναι αξιοσημείωτο ότι η χρήση βιοδιεγερτών στο «Τοματάκι Σαντορίνης» αύξησε τον αριθμό των καρπών σε σύγκριση με τα φυτά τομάτας που δεν εφαρμόστηκαν φυτικοί βιοδιεγέρτες. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή του *A. nodosum* στην ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης» που καλλιεργήθηκε σε συνθήκες υψηλής συγκέντρωσης NaCl στο ΘΔ διατήρησε αποτελεσματικά το μέσο βάρος των καρπών σε επίπεδα παρόμοια με εκείνα του μάρτυρα. Όσον αφορά τη μεσόκαρπη ποικιλία «Θεσσαλονίκη», η μείωση της παραγωγής των φυτών που υποβλήθηκαν σε συνθήκες αλατότητας μπορεί να αποδοθεί στη μείωση τόσο του αριθμού των καρπών όσο και του μέσου βάρους των καρπών. Ειδικότερα, για την καταπόνηση που εφαρμόστηκε, ο αριθμός των καρπών μειώθηκε κατά 34 %, σε συνδυασμό με μείωση του μέσου βάρους των καρπών κατά 7 % σε

σύγκριση με τον μάρτυρα. Ωστόσο, η εφαρμογή των διαφόρων βιοδιεγερτών είχε ευεργετική επίδραση τόσο στον αριθμό των καρπών όσο και στο μέσο βάρος σε σύγκριση με τα φυτά που δεν είχαν βιοδιεγέρτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι και οι δύο βιοδιεγέρτες κατάφεραν να διατηρήσουν το βάρος των καρπών των καταπονημένων φυτών σε επίπεδα ανάλογα με εκείνα του μάρτυρα.



Γράφημα 5: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στο συνολικό βάρος καρπών ανά φυτό των δύο ελληνικών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» (μικρόκαρπη) και «Θεσσαλονίκη» (μεσόκαρπη). Για κάθε μεταχείριση, τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε ράβδο υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές σύμφωνα με το Duncan's multiple range test ($p < 0,05$). Οι κατακόρυφες ράβδοι υποδεικνύουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων όρων ($n = 4$).

Η μέτρια αλατούχος καταπόνηση που εφαρμόστηκε στο συγκεκριμένο πείραμα μείωσε σημαντικά τη διάμετρο και των δύο διαφορετικών τύπων καρπών των ελληνικών ποικιλιών (Πίνακας 20). Συγκεκριμένα, η διάμετρος της παραδοσιακής ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης» μειώθηκε κατά 9 % υπό την επίδραση 30 mM NaCl στο ΘΔ, ενώ για τη μεσόκαρπη ποικιλία «Θεσσαλονίκη» η μείωση ήταν 5 %, και οι δύο σε σύγκριση με τον αντίστοιχο μάρτυρα (0,5 mM NaCl). Οι βιοδιεγέρτες επηρέασαν τη διάμετρο μόνο της μικρόκαρπης ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης». Συγκεκριμένα, η εφαρμογή τόσο του *A. nodosum* όσο και των PGPRs αύξησε σημαντικά τη διάμετρο των καρπών των καταπονημένων φυτών σε σύγκριση με τον μάρτυρα χωρίς βιοδιεγέρτη υπό τα ίδια επίπεδα NaCl στο ΘΔ. Ειδικότερα, η δεκαπενθήμερη εφαρμογή του *A. nodosum* στα φύλλα κατάφερε να διατηρήσει τη διάμετρο των καρπών των καταπονημένων φυτών σε επίπεδα ανάλογα με εκείνα του μάρτυρα. Ωστόσο, η μεσόκαρπη ποικιλία «Θεσσαλονίκη» δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές στη διάμετρο των καρπών όσον αφορά την εφαρμογή βιοδιεγέρτη ή οποιαδήποτε αλληλεπίδραση μεταξύ των εφαρμοζόμενων μεταχειρίσεων (αλατότητα × βιοδιεγέρτης).

Πίνακας 20: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στον αριθμό καρπών ανά φυτό, στο μέσο βάρος καρπών και στη διάμετρο καρπών των δύο ελληνικών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».

		Παραδοσιακές ποικιλίες					
		Τοματάκι Σαντορίνης			Θεσσαλονίκη		
Αλατότητα	Βιοδιεγέρτης	Καρποί (N° Φυτό ⁻¹)	Βάρος καρπού (g καρπό ⁻¹)	Διάμετρος καρπού (mm)	Καρποί (N° Φυτό ⁻¹)	Βάρος καρπού (g καρπό ⁻¹)	Διάμετρος καρπού (mm)
Αλατότητα							
0,5 mM NaCl		69,36	46,91 a	54,41 a	19,69 a	165,12 a	77,43 a
30 mM NaCl		67,14	40,75 b	49,43 b	13,00 b	152,75 b	73,86 b
Βιοδιεγέρτης							
	Μάρτυρας	62,25 b	43,02	50,39 b	15,38 b	149,67 b	75,46
	<i>A. nodosum</i>	70,25 a	45,14	52,72 a	16,13 ab	162,13 a	75,15
	PGPRs	72,25 a	43,33	52,28 ab	17,54 a	165,01 a	76,75
Αλληλεπίδραση							
	Μάρτυρας	61,08	46,93 a	53,30 ab	19,00	164,46 a	79,10
0,5 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	72,17	45,40 a	53,95 ab	19,75	159,24 a	76,37
	PGPRs	74,83	48,41 a	56,05 a	20,33	171,66 a	77,25
	Μάρτυρας	63,42	39,11 b	47,28 d	11,75	134,87 b	71,52
30 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	68,33	44,89 a	51,63 bc	12,50	165,01 a	73,45

PGPRs	69,67	38,25 b	49,13 cd	14,75	158,36 a	76,25
Στατιστική σημαντικότητα						
Αλατότητα	ΜΣ	***	***	***	**	**
Βιοδιεγέρτης	*	ΜΣ	*	*	*	ΜΣ
Αλατότητα×Βιοδιεγέρτης	ΜΣ	*	*	ΜΣ	**	ΜΣ

Οι μέσες τιμές ($n=4$) για τις παραμέτρους της παραγωγής και ($n=10$) για τη διάμετρο που επισημαίνονται με διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές διαφορές, κατά Duncan's multiple range test ($p \leq 5\%$), *** ($p \leq 0,001$), ** ($p \leq 0,01$) και * ($p \leq 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ ΜΣ σημαίνει μη σημαντική διαφορά.

4.1.2. Ποιότητα καρπών

Σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας, τα ολικά διαλυτά στερεά (TSSC) και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αυξήθηκαν σημαντικά όσον αφορά την ποιότητα των καρπών (Πίνακας 21). Η ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης» παρουσίασε αύξηση 6 % στα TSSC και 15 % στην οξύτητα, ενώ η ποικιλία «Θεσσαλονίκη» παρουσίασε αύξηση 12 % στα TSSC και 2 1% στην οξύτητα. Ωστόσο, μόνο η μεσόκαρπη ποικιλία παρουσίασε μείωση της συνεκτικότητας των καρπών σε συνθήκες καταπόνησης. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκαν εμφανή οφέλη για τη συγκεκριμένη παραδοσιακή ποικιλία από την εφαρμογή βιοδιεγερτών σε σχέση με τα καταγεγραμμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Από την άλλη πλευρά, η στατιστική ανάλυση αποκάλυψε μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της αλατότητας και των βιοδιεγερτών για την ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης». Συγκεκριμένα, όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν σε κανονικές συνθήκες, η χρήση του *A. nodosum* οδήγησε σε σημαντικά υψηλότερη συνεκτικότητα καρπών σε σύγκριση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Επιπλέον, στα φυτά που εφαρμόστηκε αυτός ο βιοδιεγέρτης, οι καρποί τομάτας των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε 0,5 mM NaCl σημείωσαν τιμές Brix ανάλογες με εκείνες των φυτών που υποβλήθηκαν σε συνθήκες αλατότητας.

Πίνακας 21: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στην περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSSC), την τιτλοδοτούμενη οξύτητα και τη συνεκτικότητα των καρπών δύο ελληνικών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».

		Παραδοσιακές ποικιλίες					
		Τοματάκι Σαντορίνης			Θεσσαλονίκη		
Αλατότητα	Βιοδιεγέρτης	TSSC	Τιτλοδοτούμενη	Συνεκτικότητα	TSSC	Τιτλοδοτούμενη	Συνεκτικότητα
		(°Brix)	Οξύτητα (g κιτρικού οξέος ανά 100g χυμού)	καρπού (Kg/cm ²)	(°Brix)	Οξύτητα (g κιτρικού οξέος ανά 100g χυμού)	καρπού (Kg/cm ²)
Αλατότητα							
0,5 mM NaCl		4,60 b	0,59 b	1,02	4,45 b	0,34 b	1,36 a
30 mM NaCl		4,89 a	0,69 a	1,02	5,00 a	0,41 a	1,18 b
Βιοδιεγέρτης							
	Μάρτυρας	4,58 b	0,64	1,01 b	5,06 a	0,40	1,32
	<i>A. nodosum</i>	4,92 a	0,66	1,10 a	4,68 b	0,36	1,29
	PGPRs	4,67 b	0,62	0,96 b	4,51 b	0,39	1,23
Αλληλεπίδραση							
0,5 mM NaCl	Μάρτυρας	4,23 c	0,59	0,94 c	4,69	0,35	1,36
	<i>A. nodosum</i>	4,91 ab	0,60	1,26 a	4,49	0,34	1,38
	PGPRs	4,60 b	0,59	0,91 c	4,21	0,33	1,35
30 mM NaCl	Μάρτυρας	5,00 a	0,68	1,09 b	5,37	0,45	1,27

<i>A. nodosum</i>	4,93 ab	0,76	0,97 c	4,81	0,37	1,18
PGPRs	4,76 ab	0,64	1,00 bc	4,82	0,42	1,12
Στατιστική σημαντικότητα						
Αλατότητα	**	***	ΜΣ	***	***	***
Βιοδιεγέρτης	*	ΜΣ	***	**	ΜΣ	ΜΣ
Αλατότητα × Βιοδιεγέρτης	**	ΜΣ	***	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

Οι μέσες τιμές ($n=10$) που φέρουν διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, κατά Duncan's multiple range test ($p \leq 5\%$), *** ($p \leq 0,001$), ** ($p \leq 0,01$) και * ($p \leq 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ ΜΣ σημαίνει μη σημαντική διαφορά.

4.1.3. Μακρο- και ιχνοστοιχεία στα φύλλα

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 22, ο παράγοντας αλατότητα είχε σημαντική επίδραση σε όλα τα μακροστοιχεία στα φύλλα και των δύο ποικιλιών, με εξαίρεση τις συγκεντρώσεις Ca και Mg στην ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης». Από την άλλη, και οι δύο βιοδιεγέρτες παρουσίασαν σημαντική επίδραση μόνο στη συγκέντρωση Na στα φύλλα της ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης», ενώ για την ποικιλία «Θεσσαλονίκη», οι βιοδιεγέρτες δεν φάνηκε να έχουν καμία επίδραση μόνο στη συγκέντρωση Mg στα φύλλα αυτής της ποικιλίας. Επιπλέον, η αλληλεπίδραση μεταξύ της αλατότητας και του βιοδιεγέρτη επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωση Na στα φύλλα και των δύο ποικιλιών. Υπό την καταπόνηση αλατότητας, η συγκέντρωση K στα φύλλα της ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης» μειώθηκε κατά 23 % και στη «Θεσσαλονίκη» κατά 21 % αντίστοιχα. Ωστόσο, η επίδραση των βιοδιεγερτών για τις δύο αυτές παραμέτρους ήταν σημαντική μόνο για τη ποικιλία «Θεσσαλονίκη», όπου η υψηλότερη συγκέντρωση στα φύλλα βρέθηκε στα φυτά που εφαρμόστηκαν PGPRs. Δεν βρέθηκε αλληλεπίδραση για το K μεταξύ των παραμέτρων που εξετάστηκαν («καταπόνηση αλατότητας» × «βιοδιεγέρτης») για την ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης». Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης Na σε συνθήκες καταπόνησης, περίπου εξαπλάσια στο «Τοματάκι Σαντορίνης» και εννεαπλάσια στο «Θεσσαλονίκη». Ο παράγοντας του βιοδιεγέρτη διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση Na στα φύλλα και των δύο ποικιλιών. Επιπλέον, η αλληλεπίδραση μεταξύ αλατότητας και βιοδιεγερτών παρουσίασε στατιστικά σημαντική απόκλιση και για τις δύο ποικιλίες. Ειδικότερα, σε συνθήκες καταπόνησης, η εφαρμογή και των δύο βιοδιεγερτών μείωσε τη συγκέντρωση Na στα φύλλα της ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης», ενώ στη «Θεσσαλονίκη» η εφαρμογή των PGPRs οδήγησε σε υψηλότερη συσσώρευση Na σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Για το «Τοματάκι Σαντορίνης», το Ca και το Mg παρέμειναν ανεπηρέαστα από τους δύο παράγοντες που ερευνήθηκαν, καθώς και από την αλληλεπίδρασή τους. Ωστόσο, για τη «Θεσσαλονίκη», σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας, το Ca και το Mg αυξήθηκαν κατά 38 και 36 %, αντίστοιχα. Για την ποικιλία αυτή, η εφαρμογή του *A. nodosum* ή των PGPRs είχε σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση του Ca των φύλλων, με αποτέλεσμα υψηλότερη συγκέντρωση.

Πίνακας 22: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca και Mg) (mg/g ξηρού βάρους (ΞΒ)) στα φύλλα των δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».

		Παραδοσιακές ποικιλίες							
		Τοματάκι Σαντορίνης				Θεσσαλονίκη			
Αλατότητα	Βιοδιεγέρτης	K	Na	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg
mg/g ΞΒ									
Αλατότητα									
0,5 mM NaCl		29,00 a	1,35 b	36,52	5,21	30,50 a	0,54 b	22,06	4,44 b
30 mM NaCl		22,33 b	7,97 a	33,41	5,03	24,17 b	5,39 a	30,53	6,05 a
Βιοδιεγέρτης									
	Μάρτυρας	24,75	5,30 a	34,39	5,16	26,50 b	3,21 a	24,37 b	5,45
	<i>A. nodosum</i>	25,75	4,60 b	36,31	5,19	28,87 a	2,50 b	28,72 a	5,12
	PGPRs	26,50	4,08 b	33,92	5,01	26,63 b	3,19 a	26,41 ab	5,13
Αλληλεπίδραση									
	Μάρτυρας	29,75	1,30 d	38,57	4,97	30,25 a	0,52 c	19,05	4,56
0,5 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	27,75	1,30 d	35,38	5,29	30,50 a	0,55 c	25,59	4,10
	PGPRs	29,50	1,45 d	36,13	5,32	30,75 a	0,56 c	22,42	4,57
	Μάρτυρας	19,75	9,30 a	31,26	5,31	22,75 c	5,90 a	29,69	6,34
30 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	23,75	7,90 b	37,24	5,08	27,25 b	4,45 b	31,85	6,14
	PGPRs	23,50	6,70 c	31,72	4,69	22,50 c	5,83 a	30,39	5,68

	Στατιστική σημαντικότητα							
Αλατότητα	***	***	ΜΣ	ΜΣ	***	***	***	***
Βιοδιεγέρτης	ΜΣ	***	ΜΣ	ΜΣ	*	***	*	ΜΣ
Αλατότητα×Βιοδιεγέρτης	ΜΣ	***	ΜΣ	ΜΣ	*	***	ΜΣ	ΜΣ

Οι μέσες τιμές ($n=4$) που φέρουν διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, κατά Duncan's multiple range test ($p \leq 5\%$), *** ($p \leq 0,001$) και * ($p \leq 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ ΜΣ σημαίνει μη σημαντική διαφορά.

Τα ιχνοστοιχεία που προσδιορίστηκαν στα φύλλα των δύο ποικιλιών ήταν ο Fe και το Mn (Πίνακας 23). Τα επίπεδα Fe μειώθηκαν σημαντικά κατά 26 % στο «Τοματάκι Σαντορίνης» που υποβλήθηκε σε συνθήκες μέτριας καταπόνησης από αλατότητα, ενώ αυξήθηκαν κατά περίπου 29 % στη «Θεσσαλονίκη» στις ίδιες συνθήκες. Τα επίπεδα Mn μειώθηκαν κατά 42 % μετά την καταπόνηση, αλλά μόνο στην ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης». Ο παράγοντας βιοδιεγέρτης δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση σε κανένα από τα δύο ιχνοστοιχεία σε καμία από τις δύο ποικιλίες. Η αλληλεπίδραση μεταξύ αλατότητας και βιοδιεγέρτη επέφερε στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο στη συγκέντρωση Fe στα φύλλα της ποικιλίας «Θεσσαλονίκη». Συγκεκριμένα, η δεκαπενθήμερη εφαρμογή PGPRs στο φύλλωμα αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση Fe στα μη καταπονημένα φυτά σε σύγκριση με τον μη επεξεργασμένο μάρτυρα, φθάνοντας σε επίπεδα συγκέντρωσης παρόμοια με τα φυτά που υποβλήθηκαν σε μέτρια καταπόνηση αλατότητας.

Πίνακας 23. Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων (Fe και Mn) (μg/g ξηρού βάρους (ΞΒ)) στα φύλλα των δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».

		Παραδοσιακές ποικιλίες			
		Τοματάκι Σαντορίνης		Θεσσαλονίκη	
Αλατότητα	Βιοδιεγέρτης	Fe	Mn	Fe	Mn
μg/g (ΞΒ)					
Αλατότητα					
0,5 mM NaCl		62,65 a	238,14 a	51,26 b	142,67
30 mM NaCl		46,12 b	137,33 b	66,33 a	150,55
Βιοδιεγέρτης					
	Μάρτυρας	54,61	165,80	56,40	146,66
	<i>A. nodosum</i>	51,44	195,11	57,58	144,42
	PGPRs	56,09	193,25	62,11	148,20
Αλληλεπίδραση					
	Μάρτυρας	65,58	239,51	44,86 c	133,22
0,5 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	63,56	237,16	49,06 bc	145,67
	PGPRs	59,56	238,10	59,32 ab	149,87

	Μάρτυρας	46,39	110,53	67,95 a	160,11
30 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	39,33	153,06	66,09 a	143,17
	PGPRs	52,63	148,40	64,91 a	146,53
Στατιστική σημαντικότητα					
	Αλατότητα	***	***	***	ΜΣ
	Βιοδιεγέρτης	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ
	Αλατότητα×Βιοδιεγέρτης	ΜΣ	ΜΣ	*	ΜΣ

Οι μέσες τιμές ($n=4$) που φέρουν διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές αποκλίσεις, κατά Duncan's multiple range test ($p \leq 5\%$), *** ($p \leq 0,001$) και * ($p \leq 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ ΜΣ σημαίνει μη σημαντική απόκλιση.

4.1.4. Μακρο- και ιχνοστοιχεία στους καρπούς

Στον Πίνακα 24 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων στους καρπούς. Είναι σαφές ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ αλατότητας και βιοδιεγερτών δεν οδήγησε σε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κανένα από τα μακροστοιχεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπό την καταπόνηση αλατότητας υπήρξε σημαντικός τριπλασιασμός της συγκέντρωσης Na στους καρπούς τομάτας και για τους δύο γονότυπους. Επιπλέον, η ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης» παρουσίασε μια ουσιαστική μείωση της συγκέντρωσης Ca στους καρπούς της κατά 20 %. Ο παράγοντας βιοδιεγέρτης βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντικός μόνο για την ποικιλία «Θεσσαλονίκη». Για τη συγκεκριμένη ποικιλία η εφαρμογή του *A. nodosum* είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση Na στους καρπούς. Όσον αφορά το Mg, οι PBPRs παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές

Πίνακας 24: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των μακροστοιχείων (K, Na, Ca και Mg) (mg/g ξηρού βάρους (ΞΒ)) στους καρπούς δύο ελληνικών ποικιλιών, «Τοματάκι Σαντορίνης» και «Θεσσαλονίκη».

		Παραδοσιακές ποικιλίες							
		Τοματάκι Σαντορίνης				Θεσσαλονίκη			
Αλατότητα	Βιοδιεγέρτης	K	Na	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg
mg/g ΞΒ									
Αλατότητα									
0,5 mM NaCl		39,83	0,44 b	0,15 a	1,12	34,07	0,31 b	0,15	1,03
30 mM NaCl		43,08	1,48 a	0,12 b	1,10	36,57	0,76 a	0,15	1,02
Βιοδιεγέρτης									
	Μάρτυρας	41,75	0,95	0,13	1,09	34,33	0,53 ab	0,16	0,96 b
	<i>A. nodosum</i>	41,25	0,97	0,15	1,13	36,25	0,63 a	0,15	1,05 ab
	PGPRs	41,38	0,97	0,13	1,11	35,88	0,46 b	0,14	1,10 a
Αλληλεπίδραση,									
	Μάρτυρας	39,00	0,43	0,15	1,08	33,67	0,28	0,14	0,96
0,5 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	37,25	0,46	0,16	1,12	34,50	0,41	0,15	1,05
	PGPRs	43,25	0,45	0,14	1,15	34,25	0,28	0,14	1,12
	Μάρτυρας	44,50	1,47	0,10	1,10	35,00	0,79	0,16	0,97
30 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	45,25	1,48	0,13	1,13	38,00	0,85	0,14	1,04
	PGPRs	39,50	1,50	0,12	1,07	37,50	0,65	0,15	1,08

	Στατιστική σημαντικότητα							
Αλατότητα	ΜΣ	***	***	ΜΣ	ΜΣ	***	ΜΣ	ΜΣ
Βιοδιεγέρτης	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	**	ΜΣ	*
Αλατότητα×Βιοδιεγέρτης	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

Οι μέσες τιμές ($n=4$) που φέρουν διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές διαφορές, κατά Duncan's multiple range test ($p \leq 5\%$), *** ($p \leq 0,001$), ** ($p \leq 0,01$) και * ($p \leq 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ ΜΣ σημαίνει μη σημαντική διαφορά.

Από τα δύο ιχνοστοιχεία που μετρήθηκαν στους καρπούς τόσο της ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης» όσο και της ποικιλίας «Θεσσαλονίκη», μόνο ο Fe παρουσίασε στατιστικά σημαντική μείωση υπό υψηλά επίπεδα NaCl στη ριζόσφαιρα, με μειώσεις 19 και 17 % αντίστοιχα (Πίνακας 25). Η επίδραση της αλατότητας και του βιοδιεγέρτη στον Fe ήταν σημαντική, ειδικά στην περίπτωση της ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης». Η χρήση του *A. nodosum* διασφάλισε ότι η συγκέντρωση Fe στους καρπούς παρέμεινε σταθερή, ανεξάρτητα από τη μεταχείριση. Επιπλέον, η εφαρμογή των βιοδιεγερτών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης του Mn στους καρπούς του «Θεσσαλονίκη».

Πίνακας 25: Επίδραση της μέτριας καταπόνησης αλατότητας (30 mM NaCl) και των φυτικών βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων (Fe και Mn) (μg/g ξηρού βάρους (ΞΒ)) στους καρπούς.

Παραδοσιακές ποικιλίες					
		Τοματάκι Σαντορίνης		Θεσσαλονίκη	
Αλατότητα	Βιοδιεγέρτης	Fe	Mn	Fe	Mn
μg/g ΞΒ					
Αλατότητα					
0,5 mM NaCl		26,81 a	10,56	35,79 a	12,08
30 mM NaCl		21,83 b	10,12	29,70 b	11,77
Βιοδιεγέρτης					
	Μάρτυρας	24,74	10,26	32,38	10,76 b
	<i>A. nodosum</i>	23,13	10,51	33,03	12,91 a
	PGPRs	25,10	10,24	32,04	12,54 a
Αλληλεπίδραση					
	Μάρτυρας	29,66 a	10,92	34,53	11,18
0,5 mM NaCl	<i>A. nodosum</i>	23,40 bc	10,43	37,71	12,52
	PGPRs	27,39 ab	10,33	35,78	12,99
30 mM NaCl	Μάρτυρας	19,82 c	9,61	30,77	10,34
	<i>A. nodosum</i>	22,86 bc	10,60	28,36	13,22
	PGPRs	22,81 bc	10,15	29,05	12,10

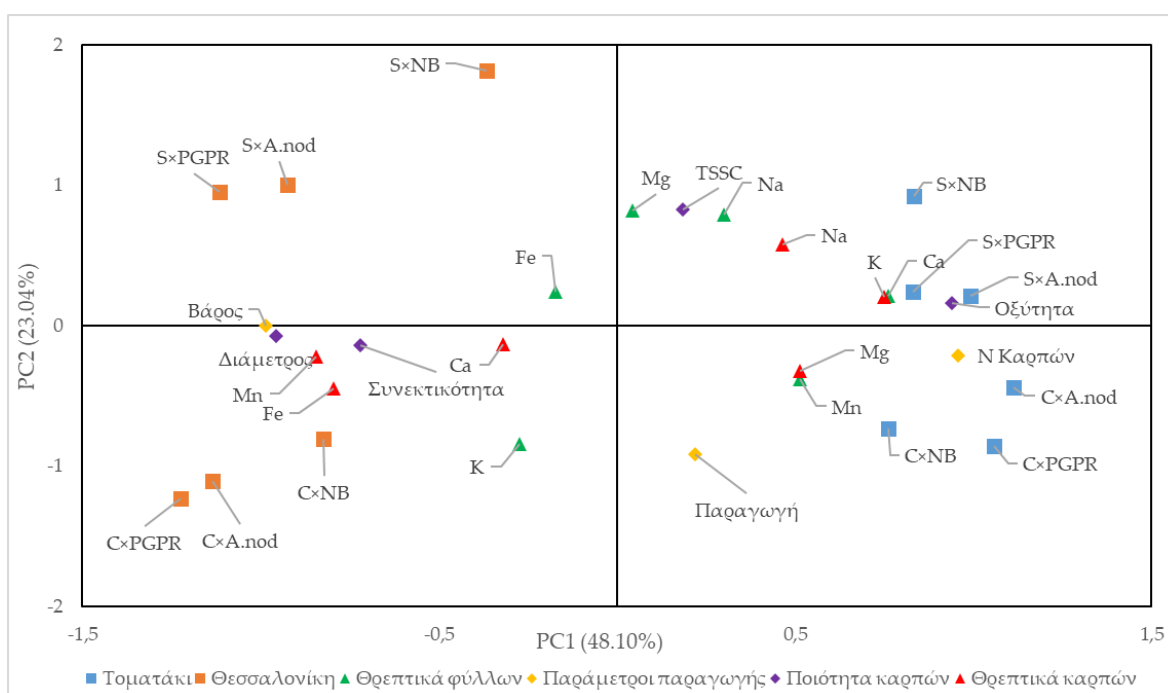
Στατιστική σημαντικότητα				
Αλατότητα	**	ΜΣ	**	ΜΣ
Βιοδιεγέρτης	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	**
Αλατότητα×Βιοδιεγέρτης	*	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

Οι μέσες τιμές ($n=4$) που φέρουν διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης υποδηλώνουν σημαντικές διαφορές, κατά Duncan's multiple range test ($p \leq 5\%$), ** ($p \leq 0,01$) και * ($p \leq 0,05$) υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ ΜΣ σημαίνει μη σημαντική διαφορά.

4.1.5. PCA (Ανάλυση κύριων συνιστωσών)

Στο Γράφημα 6, παρουσιάζεται η ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) που περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους και τους υπό εξέταση παράγοντες του πειράματος (αλατότητα×ποικιλία×βιοδιεγέρτες). Η ανάλυση αυτή έδειξε ότι οι τέσσερις πρώτες κύριες συνιστώσες (PCs) εξηγούν το 91,56 % της συνολικής διακύμανσης. Οι PC1, PC2, PC3 και PC4 αντιπροσωπεύουν το 48,10 %, 23,04 %, 14,60 % και 5,82 % της συνολικής διακύμανσης, αντίστοιχα. Το PC1 παρουσίασε θετικές συσχετίσεις με τις παραμέτρους παραγωγής (εκτός του MFW), το TSSC & TA των καρπών, τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων (εκτός του K και του Fe) και την περιεκτικότητα των καρπών σε θρεπτικά συστατικά K, Mg και Na. Ομοίως, η PC2 συσχετίστηκε θετικά με την MFW, την TSSC & TA των καρπών, τη συγκέντρωση θρεπτικών στα φύλλα (εκτός από K & Mg) και την περιεκτικότητα των καρπών σε θρεπτικά συστατικά Na και K. Οι δύο ποικιλίες τομάτας παρουσίασαν διαχωρισμό κατά PC1 και διακριτή ομαδοποίηση κατά PC2 σε απόκριση στα επίπεδα αλατότητας. Έτσι, τόσο οι παραδοσιακές ποικιλίες όσο και η αλατότητα συνέβαλαν σημαντικά στην ομαδοποίηση PCA κατά PC1 και PC2, ενώ οι μεταχειρίσεις με βιοδιεγέρτες δεν συνέβαλαν. Συγκεκριμένα, η ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης» τοποθετείται στα δεξιά τεταρτημόρια, ενώ η ποικιλία «Θεσσαλονίκη» καταλαμβάνει τα αριστερά τεταρτημόρια. Επιπλέον, εκτός από την παρατηρηθείσα ομαδοποίηση, τα φυτά υπό συνθήκες αλατότητας βρίσκονται στα ανώτερα τεταρτημόρια, ενώ τα φυτά που καλλιεργούνται σε μη αλατούχες συνθήκες τοποθετούνται στα κατώτερα τεταρτημόρια υπό πίεση NaCl και στο κατώτερο δεξιό τεταρτημόριο υπό συνθήκες control, ανεξάρτητα από την εφαρμογή βιοδιεγέρτη. Τα φυτά της ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης» χωρίς την εφαρμογή της αλατότητας παρουσιάζουν συσχέτιση με την παραγωγή και τον αριθμό καρπών ανά φυτό, τη συγκέντρωση Mn στα φύλλα και τη

συγκέντρωση Mg στους καρπούς. Αντίθετα, τα φυτά που έχουν υποστεί αλατούχο καταπόνηση συσχετίζονται με τα TSSC και την οξύτητα των καρπών, την περιεκτικότητα των φύλλων σε Na, Ca και Mg και την περιεκτικότητα των καρπών σε Na και K. Ομοίως, τα φυτά χωρίς την εφαρμογή της αυξημένης αλατότητας της ποικιλίας «Θεσσαλονίκη» συσχετίζονται με τη διάμετρο και τη συνεκτικότητα των καρπών, την περιεκτικότητα των φύλλων σε K και την περιεκτικότητα των καρπών σε Ca, Mn και Fe. Αντίθετα, τα φυτά που εφαρμόστηκε αλατότητα συσχετίζονται μόνο με τη συγκέντρωση Fe στα φύλλα.



Γράφημα 6: Σχηματική απεικόνιση της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών των παραμέτρων της παραγωγής (συνολικό βάρος καρπών ανά φυτό (Παραγωγή), αριθμός καρπών ανά φυτό (N Καρπών), Μέσο νωπό βάρος καρπού (Βάρος)), των ποιοτικών παραμέτρων (Διάμετρος καρπού (Διάμετρος), Ολικά διαλυτά στερεά (TSSC), Τιτλοδοτούμενη Οξύτητα (Οξύτητα) και Συνεκτικότητα καρπών (Συνεκτικότητα)), της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων των φύλλων (K, Na, Ca, Mg, Fe και Mn) και της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων των καρπών (K, Na, Ca, Mg, Fe και Mn) σε δύο ελληνικές ποικιλίες τομάτας στην εφαρμογή φυτικών βιοδιεγερτών παρουσία μέτριας καταπόνησης αλατότητας που προκαλείται από συγκέντρωση NaCl 30 mM στη ζώνη της ρίζας. Το C υποδηλώνει συνθήκες μάρτυρα (0,5 mM NaCl στη ριζόσφαιρα), το S υποδηλώνει συνθήκες καταπόνησης (30 mM NaCl στη ριζόσφαιρα), το NB υποδηλώνει καμία εφαρμογή βιοδιεγέρτη, το A.nod υποδηλώνει την εφαρμογή του *A. nodosum* και το PGPR υποδηλώνει την εφαρμογή μικροβιακού βιοδιεγέρτη.

5. Συζήτηση

5.1. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών μεσογειακών ποικιλιών τομάτας καλλιεργούμενων υδροπονικά.

Η υψηλή αλατότητα έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη βιομάζα των φυτών τομάτας (Bolarín et al., 2017). Οι Romero-Aranda et al. (2001) εξήγησαν το φαινόμενο αυτό ως μείωση του υδατικού δυναμικού στα φύλλα λόγω της παρουσίας υψηλής αλατότητας στη ριζόσφαιρά τους, η οποία επηρεάζει αρνητικά διάφορες λειτουργίες των φυτών. Επιπροσθέτως, υπό την καταπόνηση από NaCl, η υπερβολική συσσώρευση Na και οι συνακόλουθες ανισορροπίες θρεπτικών στοιχείων στα φυτά εμποδίζουν περαιτέρω την ανάπτυξή τους (Isayenkov and Maathuis, 2019). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η έκθεση των φυτών τομάτας σε συγκέντρωση NaCl 30 mM στο ΘΔ στη ριζόσφαιρα αύξησε το ποσοστό ξηρής ουσίας στα φύλλα. Το εύρημα αυτό συνάδει με την έρευνα που διεξήγαγαν οι McCall and Brazaityte, (1997), όπου η αύξηση της EC είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού ξηρής ουσίας στο υπέργειο τμήμα των φυτών. Σύμφωνα με τον Adams, (1990), υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης NaCl και της φυλλικής επιφάνειας στα φυτά τομάτας, καθώς τα αυξημένα επίπεδα NaCl οδήγησαν σε μείωση του μεγέθους των φύλλων (Azarmi et al., 2010; Hajiaghaei-Kamrani et al., 2013). Παρ' όλα αυτά, στην παρούσα διδακτορική διατριβή, διαπιστώθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των παραδοσιακών ποικιλιών, γεγονός που υποδηλώνει τη διαφορετική ανοχή των διαφόρων ποικιλιών τομάτας στην καταπόνηση αλατότητας (Cruz et al., 1990; Bolarín et al., 1991). Μεταξύ των παραδοσιακών ποικιλιών που μελετήθηκαν, οι ποικιλίες «CC_1665 Pollena», «Corbarino» και «GR-451/04» παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική αύξηση του ποσοστού ξηρής ουσίας σε συνθήκες αλατότητας (Γράφημα 1). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο η ποικιλία «Corbarino» παρουσίασε σημαντική μείωση της εμπορεύσιμης παραγωγής (Γράφημα 2).

Για να αξιολογηθεί η επίδραση της αλατότητας στις διάφορες παραδοσιακές ποικιλίες τομάτας που μελετήθηκαν, αξιολογήθηκε η παραγωγή σε μέτρια συγκέντρωση NaCl (30 mM) στη ριζόσφαιρα. Σύμφωνα με τους Saranga et al. (1991), για κάθε αύξηση κατά 1 dS m^{-1} πάνω από το όριο των $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ παρατηρείται μείωση της απόδοσης κατά περίπου 10%, η οποία σημαίνει μείωση της παραγωγής. Επιπλέον,

οι *Rodríguez-Ortega et al. (2019)* ανέφεραν μείωση της εμπορεύσιμης παραγωγής κατά 35 % και 58 % σε εκτός εδάφους καλλιέργειες τομάτας που καλλιεργήθηκαν σε 40 mM και 80 mM NaCl, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Ωστόσο, η ανταπόκριση των γονότυπων τομάτας στην καταπόνηση από NaCl παρουσιάζει αξιοσημείωτες διαφορές. Οι *Caro et al. (1991)* απέδειξαν ότι οι μικρόκαρπες ποικιλίες εμφανίζουν μεγαλύτερη ανοχή στην καταπόνηση από NaCl σε σύγκριση με εκείνες με καρπούς κανονικού μεγέθους. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, οκτώ από τους εξεταζόμενους γονότυπους δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική μείωση της εμπορεύσιμης παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, η μεγαλόκαρπη ποικιλία «de Ramellet» και η μεσόκαρπη «Seccagno PSC1-1» με ποσοστά μείωσης 17 % και 26 %, αντίστοιχα, ήταν οι δύο γονότυποι που δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά στην παραγωγή τους υπό συνθήκες καταπόνησης αλατότητας. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μη σημαντική μείωση της εμπορεύσιμης παραγωγής σε έξι μικρόκαρπες παραδοσιακές ποικιλίες. Οι ποικιλίες αυτές ήταν οι ποικιλίες «CC-1665 Pollena», «GR-451/04», «Τοματάκι Σαντορίνης», «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (3)» και «Cherry-INRAE (4)» με μείωση 35, 18, 14, 22, 24 και 5 % αντίστοιχα (Γράφημα 2).

Στη μελέτη που διεξήχθη από τους *Liu et al. (2014)*, αναφέρεται ότι η προσθήκη 50 mM NaCl στο ΘΔ είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των καρπών ανά φυτό κατά 21 % στην ποικιλία τομάτας (TA19) σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Ομοίως, οι *Magan et al. (2008)* ανέφεραν ότι η μειωμένη απόδοση στην παραγωγή τομάτας αποδίδεται στη μείωση του αριθμού των καρπών ανά φυτό με την αύξηση της αλατότητας. Σύμφωνα με αυτά τα ευρήματα, η παρούσα διδακτορική διατριβή αποκαλύπτει μια σημαντική μείωση του αριθμού των καρπών ανά φυτό σε συνθήκες μέτριας αλατότητας 30 mM στη ριζόσφαιρα, η οποία ανέρχεται σε περίπου 14 %. Οι μικρόκαρπες ποικιλίες «Corbarino», «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (3)» και «Cherry-INRAE (4)» ήταν οι ποικιλίες στις οποίες παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση κατά 18, 14, 19 και 21% αντίστοιχα. Αντίθετα, οι υπόλοιποι γονότυποι δεν άλλαξαν τον αριθμό των καρπών τους σε συνθήκες καταπόνησης με NaCl. Αυτή η μείωση του αριθμού των καρπών μπορεί να αποδοθεί στη διαταραχή των φυσιολογικών λειτουργιών του φυτού που προκαλείται από την ωσμωτική καταπόνηση και τη συνακόλουθη ανισορροπία των θρεπτικών στοιχείων που προκύπτει από την αυξημένη συγκέντρωση άλατος (*Helaly et al., 2017*). Επομένως, τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι η μείωση της παραγωγής οφείλεται κυρίως στη μείωση του μέσου νωπού βάρους των καρπών και του αριθμού των καρπών ανά φυτό (*Psarras et al., 2008*) και

η επίδραση αυτή εξαρτάται από τον γονότυπο. Επομένως, οι παραδοσιακές ποικιλίες, υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας, δεν μείωσαν εκ νέου την παραγωγή τους και μπορούν να χαρακτηριστούν ως ανεκτικές σε αυτό το επίπεδο αλατότητας (30 mM NaCl), καθώς σύμφωνα με τους *Maas and Hoffman, (1977)*, οι καλλιέργειες θεωρούνται ανθεκτικές στο επίπεδο αλατότητας που δεν επηρεάζει την απόδοσή τους.

Η προσθήκη NaCl στο ΘΔ οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης Na στους φυτικούς ιστούς (*Shiyab et al., 2013*). Η συσσώρευση Na ποικίλει στα διάφορα μέρη των φυτών (*Hasegawa and Bressan, 2000*), αντανακλώντας τη διακριτή κατανομή του εντός των φυτικών οργάνων. Σύμφωνα με τους *Babu et al. (2012)*, η περιεκτικότητα σε Na στα φύλλα της τομάτας αυξάνεται με μεγαλύτερο ρυθμό από ότι στους καρπούς όταν καλλιεργείται υπό υψηλές συγκεντρώσεις NaCl. Παρομοίως, στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η συγκέντρωση του Na ήταν κατά πέντε, τρεις και δύο φορές υψηλότερη στα φύλλα, τους καρπούς και τις ρίζες, των καταπονημένων φυτών, αντίστοιχα, σε σχέση με τα φυτά που δεν εκτέθηκαν σε αυξημένη αλατότητα (Γράφημα 3). Οι *Alfocea et al. (1993)* ανέφεραν ότι οι διάφοροι γονότυποι του *L. esculentum* παρουσιάζουν ποικίλες αντιδράσεις στην αλατότητα, είτε αντικαθιστώντας το K με Na, είτε μέσω της επιλεκτικότητας του K. Επιπλέον, ο λόγος K/Na που προσδιορίστηκε στην παρούσα διδακτορική διατριβή θεωρείται παράγοντας επιλογής για ανθεκτικά καλλιεργούμενα είδη στην αλατότητα (*Kusvuran et al., 2007*). Η ικανότητα των φυτών να αποκλείουν το NaCl είναι ένας από τους μηχανισμούς ανοχής στο αλάτι (*Munns, 2002*). Οι παραδοσιακές ποικιλίες «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (3)», «Cherry-INRAE (4)» και «de Ramellet» μπορούν να θεωρηθούν ανεκτικές στη μέτρια αλατότητα, καθώς αυτοί οι γονότυποι δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση Na ή στον λόγο K/Na στις ρίζες των καταπονημένων φυτών σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Επιπλέον, οι ποικιλίες αυτές δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά στην παραγωγή υπό την εφαρμοζόμενη καταπόνηση.

Το K είναι ένα μακροστοιχείο το οποίο είναι κρίσιμο για τα φυτά τομάτας και παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή καρπών υψηλής ποιότητας (*Marschner, 1995; Hernández et al., 2022*). Ωστόσο, υπό αυξημένες συγκεντρώσεις NaCl, εμφανίζεται μια ανισορροπία θρεπτικών στοιχείων λόγω της υποκατάστασης του K με το Na στους φυτικούς ιστούς. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης K υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας, με τις ρίζες να παρουσιάζουν μείωση κατά 25% και τα φύλλα μείωση κατά 20 %. Συγκεκριμένα, οι γονότυποι που παρουσιάζουν σημαντική μείωση του K στις ρίζες τους ήταν οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες

«Αρετή» και «de Ramellet» με μείωση 29 % και 38 % αντίστοιχα, η μεσόκαρπη ποικιλία «MoneyMaker» με μείωση 43 % και οι ποικιλίες τύπου cherry «CC_1665 Pollena» και «GR-451/04» με μείωση 43 % και 53 %. Όσον αφορά τη συγκέντρωση K στα φύλλα, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση για τους γονότυπους σε συνθήκες αλατότητας. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τη μελέτη που διεξήχθη από τον *Li. (2009)*, ο οποίος ανέφερε μεγαλύτερη μείωση των ιόντων K στις ρίζες σε σύγκριση με τα φύλλα. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης K κατά 5 % στους καρπούς της παρούσας διδακτορική διατριβή, απόκλιση που βρίσκεται σε συμφωνία με τη μελέτη των *Babu et al. (2012)*, όπου η συγκέντρωση των ιόντων καλίου στους καρπούς μειώθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης NaCl. Η μεγαλόκαρπη ποικιλία «de Ramellet» και η μεσόκαρπη «Cherry-INRAE (2)» σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας παρουσιάζουν μείωση του K στους καρπούς τους κατά 16 % και 19 %, αντίστοιχα. Ταυτόχρονα, οι μικρόκαρπες ποικιλίες «CC_1665 Pollena» και «Τοματάκι Σαντορίνης» παρουσιάζουν μείωση του K κατά 19 % και 16 %, αντίστοιχα, σε συνθήκες καταπόνησης. Σύμφωνα με τους *Adams and Ho. (1995)*, ο ανταγωνισμός αυτών των δύο μακροστοιχείων οδηγεί σε μειωμένη πρόσληψη K από τα φυτά σε συνθήκες αλατότητας και η μείωση αυτή σχετίζεται περισσότερο με τη μειωμένη πρόσληψη νερού. Μεταξύ των ποικιλιών που μελετήθηκαν, η μεγαλόκαρπη ποικιλία «de Ramellet» και η μικρόκαρπη ποικιλία «CC_1665 Pollena» παρουσιάζουν τις σημαντικότερες μειώσεις στη συγκέντρωση K τόσο στις ρίζες όσο και στους καρπούς όταν καλλιεργούνται σε συνθήκες αλατότητας. Ομοίως, ο λόγος K/Na μειώθηκε στα φύλλα, τους καρπούς και τις ρίζες της τομάτας με την προσθήκη NaCl στο ΘΔ. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αυτό των *Taffouo et al. (2010)*, οι οποίοι παρατήρησαν μείωση του λόγου K/Na στα φύλλα και τις ρίζες των παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας που καλλιεργήθηκαν υπό συνθήκες καταπόνησης. Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, οι μικρόκαρπες ποικιλίες τομάτας σε αυτή τη διδακτορική διατριβή ήταν εκείνες με τους υψηλότερους λόγους K/Na, υποδεικνύοντας μεγαλύτερη ανοχή στην αλατότητα. Η παρατήρηση αυτή συνάδει με διάφορες μελέτες (*Mansour et al., 2003; Zeng et al., 2003; Shabala and Cuin, 2008; Siddiky et al., 2015*) που αναδεικνύουν την ικανότητα των φυτών με υψηλό λόγο K/Na στους ιστούς τους να παρουσιάζουν ανοχή στην αλατότητα.

Σε συνθήκες υψηλού NaCl, τα φυτά τομάτας παρουσιάζουν μειωμένη πρόσληψη Ca (*Tuna et al., 2007*), η οποία δεν οφείλεται αποκλειστικά στον ανταγωνισμό με το Na, αλλά αποδίδεται επίσης στη μείωση του ρυθμού διαπνοής που

προκαλείται από την καταπόνηση αλατότητας (*Cuartero and Muñoz, 1998*). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η αλατότητα επηρέασε αρνητικά τις συγκεντρώσεις Ca στις ρίζες, τα φύλλα και τους καρπούς των φυτών τομάτας. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί και σε άλλες μελέτες, όπου τα φυτά που υποβλήθηκαν σε καταπόνηση αλατότητας παρουσίασαν μείωση της συγκέντρωσης Ca στα φύλλα (*Shabani et al., 2012*) και στους καρπούς (*Malone and Andrews, 2001*). Αυτή η μείωση της συγκέντρωσης Ca συνδέεται με το μειωμένο υδατικό δυναμικό που προκαλείται από τα υψηλά επίπεδα NaCl, με αποτέλεσμα τη μείωση της μεταφοράς νερού και Ca. Οι ρίζες των μεγαλόκαρπων ποικιλιών «de Ramellet», «Χοντροκατσαρή» και «Valldemossa (de)» παρουσιάζουν σημαντική μείωση της συγκέντρωσης Ca κατά 50 %. Αντίθετα, οι άλλες ποικιλίες δεν παρουσίασαν σημαντική μείωση της συγκέντρωσης αυτού του ιόντος. Η συγκράτηση του Ca στις ρίζες μπορεί να αποδοθεί είτε στη μείωση της πρόσληψης Na και στην αύξηση της πρόσληψης K (*Grattan & Grieve, 1999; Munns, 2002*) είτε στη διατήρηση της συγκέντρωσης του K (*Subbarao et al., 1990*), η οποία συμβάλλει στην ταχεία ανάπτυξη και στη διατήρηση επαρκών επιπέδων K στα φυτά.

Η συγκέντρωση Mg στα φύλλα των καλλιεργούμενων ποικιλιών τομάτας δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την αλατότητα. Το εύρημα αυτό συνάδει με προηγούμενες μελέτες που δεν ανέφεραν σημαντική επίδραση του NaCl στην περιεκτικότητα Mg στα φύλλα της τομάτας (*Yunus & Zari, 2017*). Αντίθετα, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης Mg στις ρίζες των φυτών που υποβλήθηκαν σε αλατότητα, γεγονός που συμφωνεί με τα ευρήματα των *Li et al. (2015)* και *Yunus & Zari (2017)*. Ειδικότερα, οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες «de Ramellet», «Χοντροκατσαρή» και «Valldemossa (de)» παρουσίασαν τη μεγαλύτερη μείωση της περιεκτικότητας σε Mg στις ρίζες τους. Επιπλέον, σε συνθήκες υψηλού NaCl, παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης Mg στους καρπούς της τομάτας, αν και σε μικρότερο βαθμό (περίπου 5 %) σε σύγκριση με τα φύλλα. Μεταξύ των παραδοσιακών ποικιλιών, οι ποικιλίες «de Ramellet» και «Valldemossa (de)» παρουσιάζουν επίσης μείωση της περιεκτικότητας σε Mg στους καρπούς σε συνθήκες αλατότητας.

Έχει βρεθεί ότι η συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Mn και Zn) στους ιστούς της τομάτας μειώνεται με την αύξηση του NaCl (*Shibli et al., 2007*). Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες σε ποικιλίες τομάτας (*Al-Karaki & Hammad, 2001*), στην παρούσα διδακτορική διατριβή παρατηρήθηκε επίσης μείωση των συγκεντρώσεων ιχνοστοιχείων στους καρπούς υπό συνθήκες αλατότητας. Οι *Nouck et al. (2016)*

διαπίστωσαν ομοίως ότι η προσθήκη NaCl στο ΘΔ μείωσε τις συγκεντρώσεις Fe, Cu, Mn και Zn στις ρίζες διαφόρων ποικιλιών τομάτας, επιβεβαιώνοντας τα ευρήματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Διαφοροποιήσεις στην ανοχή στην αλατότητα και στη συσσώρευση ιχνοστοιχείων παρατηρήθηκαν επίσης μεταξύ διαφορετικών ποικιλιών τομάτας, όπως αναφέρθηκε από τους *Nouck et al. (2016)*. Όσον αφορά τις αποκρίσεις των φύλλων στην καταπόνηση αλατότητας, παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης Fe, σύμφωνα με τα ευρήματα των *Fuentes et al. (2022)*, ενώ η συγκέντρωση Mn στα φύλλα της τομάτας μειώθηκε, όπως αναφέρθηκε επίσης από τους *Alam et al. (2022)*. Η συγκέντρωση Cu στα φύλλα δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές, σε συμφωνία με τη μελέτη των *El-Fouly et al. (2002)*. Ομοίως, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη συγκέντρωση Zn στα φύλλα, σύμφωνα με τα ευρήματα των *Fuentes et al. (2022)* και *Kowalska & Smolen (2013)*. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή παρατηρήθηκαν διαφορές στις συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων (Fe, Cu, Mn και Zn) μεταξύ των διαφόρων παραδοσιακών ποικιλιών υπό αυξημένη αλατότητα. Ειδικότερα, η ποικιλία «CC_1791 Allungato a Fiasco» δεν παρουσίασε μεταβολές στις συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων ως απόκριση στην αλατότητα. Επιπλέον, για τις παραδοσιακές ποικιλίες «Cherry-INRAE (4)» και «Seccagno PSC1-1», η αύξηση του NaCl είτε δεν είχε καμία επίδραση είτε αύξησε τη συγκέντρωση Fe και Zn, αλλά μόνο στα φύλλα τους και όχι σε άλλα μέρη του φυτού που αναλύθηκαν.

5.2. Αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη, παραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων διαφορετικών ποικιλιών πιπεριάς καλλιεργούμενων υδροπονικά.

Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι η αλατότητα είναι ένας αβιοτικός παράγοντας καταπόνησης ικανός να μειώσει την ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών μέσω της μειωμένης ικανότητας των φυτών να απορροφούν νερό και θρεπτικά συστατικά (*Kijne and Barker, 2003; Naeem et al., 2020*). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, στόχος ήταν να εκτιμηθεί η επίδραση της αλατότητας σε έξι ποικιλίες πιπεριάς, αξιολογώντας την παραγωγή των καρπών σε μέτρια συγκέντρωση NaCl (30 mM) στη ριζόσφαιρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση της παραγωγής υπό αυξημένη αλατότητα για τις εμπορικές ποικιλίες «Yolo Wonder» και «Sammy», καθώς και για την ποικιλία «Φλωρίνης». Σε μια μελέτη που διεξήχθη από τον *ALKahtani et al. (2020)*, παρατηρήθηκε ότι σε συνθήκες αλατότητας 34 mM NaCl, η παραγωγή του

«Yolo Wonder» μειώθηκε καθώς περιορίστηκε ο αριθμός των καρπών ανά φυτό. Επιπλέον, οι *Giorio et al. (2020)* ανέφεραν μείωση 36 % σε μια ιταλική παραδοσιακή ποικιλία σε 30 mM NaCl σε σύγκριση με τη μεταχείριση του μάρτυρα. Η ίδια μείωση παρατηρήθηκε και στην ελληνική ποικιλία «Φλωρίνης». Ωστόσο, στη παρούσα διδακτορική διατριβή, η μείωση της παραγωγής των καρπών αποδόθηκε στον μειωμένο αριθμό καρπών και όχι στο μειωμένο μέσο βάρος των καρπών. Η παρατήρηση αυτή συνάδει με τα αποτελέσματα των *Veloso et al. (2021)* σχετικά με τη μείωση του αριθμού των καρπών πιπεριάς που συνδέεται με την αύξηση της EC. Οι *Giuffrida et al. (2014)* τόνισαν ότι τα υψηλά επίπεδα αλατότητας μπορούν να οδηγήσουν σε πτώση καρπών λόγω των φυσιολογικών και βιοχημικών αλλαγών που προκαλούνται από την υψηλή συγκέντρωση NaCl, η οποία επηρεάζει άμεσα τον αριθμό των καρπών. Οι ποικιλίες «JO 109», «JO 204» και «JO 207» από την Ιορδανία ήταν οι μόνες που διατήρησαν σταθερή την παραγωγή χωρίς να επηρεαστούν από την προσθήκη NaCl στο ΘΔ. Αυτό υποδηλώνει ότι η ανοχή της πιπεριάς στην καταπόνηση άλατος παρουσιάζει υψηλή εξάρτηση από τον καλλιεργούμενο γονότυπο (*Hernández, 2019*).

Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, η καταπόνηση αλατότητας οδήγησε σε μείωση της διαμέτρου των καρπών κατά 13 % και του μήκους των καρπών κατά 9 %, η οποία είναι σύμφωνη με προηγούμενες μελέτες (*Akladious & Mohamed, 2018; Salinas et al., 2023*). Σύμφωνα με τους *Navarro et al. (2010)*, αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μειωμένη απορρόφηση νερού και την περιορισμένη προσβασιμότητα στους φυτικούς ιστούς που προκαλεί η αλατότητα, οδηγώντας σε μεταβολικές αλλαγές εντός των κυττάρων. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, το NaCl (30 mM) στη ριζόσφαιρα αύξησε τα ολικά διαλυτά στερεά και την τιτλοδοτούμενη οξύτητα κατά 5 % και 9 %, αντίστοιχα. Παρόμοια αποτελέσματα ολικών διαλυτών στερεών και τιτλοδοτούμενης οξύτητας καταγράφηκαν από τους *Qiu et al. (2017)* σε καυτερές πιπεριές και από τους *Patil et al. (2014)* σε πιπεριές. Η εξήγηση πιθανώς βρίσκεται στη μειωμένη συσσώρευση νερού (*Ehret & Ho, 1986*) και στην αυξημένη συσσώρευση Na, K και Cl στους καρπούς που προκαλείται από την αλατότητα (*Safdar et al., 2019*). Είναι ενδιαφέρον ότι στην παρούσα διδακτορική διατριβή δεν διαπιστώθηκε σημαντική επίδραση στη συνεκτικότητα των καρπών σε φυτά πιπεριάς που υποβλήθηκαν σε καταπόνηση αλατότητας, αποτέλεσμα που συνάδει με τα ευρήματα των *Salinas et al. (2023)*. Η συνέπεια αυτή μπορεί να συνδέεται με την απουσία σημαντικών διαφορών στην περιεκτικότητα των καρπών σε Ca μεταξύ των

δύο μεταχειρίσεων για κάθε ποικιλία, υποστηρίζοντας τη συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε Ca και της συνεκτικότητας των καρπών (*Belakbir et al., 1998*).

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η προσθήκη NaCl στο ΘΔ αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση Na στους φυτικούς ιστούς. Παρομοίως, οι *Shiyab et al. (2013)* παρατήρησαν αυτό το φαινόμενο σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας κατά την εφαρμογή αυξημένης αλατότητας. Ωστόσο, στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η συγκέντρωση Na στα φύλλα των φυτών που υποβλήθηκαν σε αυξημένη αλατότητα αυξήθηκε κατά 3 8% και στους καρπούς κατά 80 % σε σύγκριση με τον μάρτυρα, γεγονός που υποδεικνύει ότι ο ρυθμός συσσώρευσης Na είναι υψηλότερος στους καρπούς παρά στα φύλλα. Παρόμοια ευρήματα αναφέρθηκαν επίσης στη μελέτη των *Azuma et al. (2010)*. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση Na στους καρπούς μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών που υποβλήθηκαν σε καταπόνηση αλατότητας. Μεταξύ των εξεταζόμενων ποικιλιών μόνο δύο ποικιλίες, οι «JO 109» και «JO 207», δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση Na στους καρπούς τους υπό συνθήκες καταπόνησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτές οι ποικιλίες δεν παρουσίασαν επίσης μειωμένη παραγωγή όταν καλλιεργήθηκαν σε συνθήκες καταπόνησης, γεγονός που υποδηλώνει μια πιθανή συσχέτιση μεταξύ της συσσώρευσης Na στους καρπούς και της συνολικής ανθεκτικότητας ορισμένων ποικιλιών πιπεριάς στην καταπόνηση αλατότητας.

Σύμφωνα με τους *Shabala & Cui (2008)*, η μεταφορά και η απορρόφηση του K και του Na, και συνεπώς ο λόγος K/Na στους φυτικούς ιστούς, είναι ενδεικτικός της ανοχής των φυτών στην αλατότητα. Γονότυποι με την ικανότητα να διατηρούν υψηλές αναλογίες K/Na στους φυτικούς ιστούς χαρακτηρίζονται επίσης ως ανθεκτικοί στην αλατότητα (*Zeng et al., 2003*). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, οι Ιορδανικές ποικιλίες «JO 109» και «JO 207» παρουσίασαν υψηλότερο λόγο K/Na τόσο στα φύλλα όσο και στους καρπούς. Επιπλέον, συγκρίνοντας τους λόγους K/Na μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων για τις διάφορες ποικιλίες, παρατηρήθηκε ότι οι παραδοσιακές ποικιλίες «JO 204» και «JO 207», καθώς και οι δύο ποικιλίες αναφοράς «Sammy» και «Yolo Wonder», δεν παρουσίασαν σημαντική μείωση του λόγου K/Na στα φύλλα τους. Ομοίως, ο λόγος K/Na στους καρπούς παρέμεινε σταθερός για τις ποικιλίες «JO 109» και «JO 207». Στη μελέτη των *Qaryouti et al. (2007)* διερευνήθηκαν επίσης δύο από τις ποικιλίες που καλλιεργήσαμε, δηλαδή οι ποικιλίες «JO 204» και «JO 207». Από τη μία πλευρά, οι *Qaryouti et al. (2007)* αναφέρουν ότι οι ποικιλίες αυτές ήταν από τις λιγότερο ευαίσθητες στην αλατότητα. Από την άλλη πλευρά, σημειώνουν ότι οι

παραδοσιακές ποικιλίες της Ιορδανίας, συμπεριλαμβανομένων αυτών των δύο, αρδεύονται εδώ και δεκαετίες με νερό χαμηλής ποιότητας. Οι πληροφορίες αυτές υποστηρίζουν την ανθεκτικότητα αυτών των παραδοσιακών ποικιλιών στην τρέχουσα καταπόνηση αλατότητας, η οποία είναι εμφανής στον υψηλότερο λόγο K/Na. Αυτός ο υψηλός λόγος προκύπτει από τη σταθερή συγκέντρωση Na στους φυτικούς ιστούς αυτών των ποικιλιών και στις δύο μεταχειρίσεις. Αυτές οι ποικιλίες θα μπορούσαν επίσης να χαρακτηριστούν ως ανεκτικές στην εφαρμοζόμενη μέτρια καταπόνηση, δεδομένου ότι κατάφεραν να διατηρήσουν τον λόγο K/Na χωρίς μείωση της παραγωγής τους.

Το κάλιο (K) είναι ένα στοιχείο που διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην αντίδραση των φυτών στην καταπόνηση αλατότητας, καθώς τα υψηλά επίπεδα του λόγου K/Na είναι ενδεικτικά της ανοχής στην αλατότητα (*Maathuis, 2006*). Ωστόσο, ο ανταγωνισμός μεταξύ K και Na μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη πρόσληψη K λόγω μειωμένης απορρόφησης νερού (*Adams & Ho, 1995*). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, ένα μέτριο επίπεδο αλατότητας (30 mM NaCl) στη ριζόσφαιρα οδήγησε σε σημαντική μείωση (περίπου 7 %) της συγκέντρωσης K στα φύλλα. Ωστόσο, δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση K στους καρπούς λόγω της καταπόνησης αλατότητας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των *Giuffrida et al. (2014)*, για 18 mM NaCl στο ΘΔ. Σημαντικές αποκλίσεις στη συγκέντρωση K ήταν εμφανείς τόσο στα φύλλα όσο και στους καρπούς μεταξύ των εξεταζόμενων ποικιλιών, ως αποτέλεσμα των διαφορετικών επιπέδων πρόσληψης και συσσώρευσης K αυτών των ποικιλιών. Ωστόσο, η αλληλεπίδραση μεταξύ αλατότητας και ποικιλίας δεν έδειξε σημαντικές επιδράσεις στα προαναφερθέντα μέρη του φυτού, σε συμφωνία με το εύρημα των *Ntanasi et al. (2023)* για ποικιλίες τομάτας που υποβλήθηκαν στην ίδια καταπόνηση.

Σύμφωνα με τους *Yadav et al. (2020)*, παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης Ca σε φυτά που υποβάλλονται σε καταπόνηση αλατότητας, ως αποτέλεσμα του ανταγωνισμού Na και Cl στους φυτικούς ιστούς. Τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής δείχνουν ότι η αλατότητα δεν είχε σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση του Ca στα φύλλα. Αντίθετα, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση (περίπου 18 %) στη συγκέντρωση Ca στους καρπούς της πιπεριάς. Ομοίως, οι *Giuffrida et al. (2014)* δεν παρατήρησαν αποκλίσεις στη συγκέντρωση Ca στα φύλλα σε φυτά πιπεριάς που καλλιεργήθηκαν υπό αυξημένη αλατότητα NaCl, ενώ παρατηρήθηκε μείωση κατά 25 % στους καρπούς τους. Όσον αφορά τις διάφορες ποικιλίες, οι ποικιλίες «Yolo Wonder» και «Φλωρίνης» παρουσίασαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Ca στα φύλλα,

ενώ οι ποικιλίες «JO 204» και «JO 207» παρουσίασαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Ca στους καρπούς. Η αλληλεπίδραση μεταξύ αλατότητας και ποικιλίας δεν οδήγησε σε σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση Ca σε κανένα από τα δύο μέρη του φυτού. Αντίθετα, σε μελέτη για την καλλιέργεια πιπεριάς σε σύστημα NFT, οι *Lycoskoufis et al.* (2005) παρατήρησαν μια μικρή μείωση της συγκέντρωσης Ca στα φύλλα όταν τα φυτά αρδεύονταν με ΘΔ 60 mM NaCl, πιθανώς λόγω της απώλειας της ακεραιότητας των μεμβρανών που προκλήθηκε από το υψηλό επίπεδο αλατότητας που εφαρμόστηκε. Επομένως, η έλλειψη σημαντικών διαφορών μεταξύ των συγκεντρώσεων Ca στα φύλλα και τους καρπούς στην παρούσα διδακτορική διατριβή μπορεί να αποδοθεί στην ήπια καταπόνηση 30 mM NaCl στη ριζόσφαιρα στην οποία υποβλήθηκαν τα φυτά πιπεριάς, η οποία δεν είναι αρκετά υψηλή ώστε να προκαλέσει τις προαναφερθείσες φυσιολογικές αλλαγές.

Σύμφωνα με τους *Ahmad et al.* (2002) και *Yildirim et al.* (2008), η υψηλή συγκέντρωση NaCl στο ΘΔ μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη πρόσληψη Mg από τα φυτά. Ωστόσο, στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η εφαρμογή μιας μέτριας καταπόνησης αλατότητας (δηλαδή 30 mM NaCl) είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης Mg στα φύλλα κατά περίπου 10 %, ενώ το αντίθετο συνέβη στους καρπούς, όπου παρατηρήθηκε μείωση κατά 5 %. Σύμφωνα με αυτά τα ευρήματα, οι *Aktas et al.* (2005) διαπίστωσαν ότι η αλατότητα οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης Mg στα φύλλα και σε μείωση στους καρπούς. Όσον αφορά τις ποικιλίες, η «Yolo Wonder», η ποικιλία αναφοράς, παρουσίασε την υψηλότερη συγκέντρωση Mg στα φύλλα, ενώ η «Φλωρίνης» είχε τη χαμηλότερη συγκέντρωση Mg στους καρπούς. Η απουσία σημαντικής αλληλεπίδρασης μεταξύ του επιπέδου αλατότητας και των συγκεντρώσεων Mg των εξεταζόμενων ποικιλιών υποδηλώνει ότι η επίδραση της αλατότητας δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών πιπεριάς. Η έντονη εξάρτηση της ανοχής από τον γονότυπο ήταν επίσης εμφανής στη μελέτη των *Hand et al.* (2017), στην οποία η αλληλεπίδραση μεταξύ γονότυπου και αλατότητας δεν είχε καμία επίδραση στη συγκέντρωση Mg των φύλλων κατά το βλαστικό στάδιο ανάπτυξης.

5.3. Αξιολόγηση της χρήσης φυτικών βιοδιεγερτών για την αύξηση της ανεκτικότητας δύο ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών στην αλατούχο καταπόνηση

Τα φυτά τομάτας που εκτίθενται σε υψηλή αλατότητα παρουσιάζουν φυσιολογικές διαταραχές που οδηγούν σε μειωμένη ανάπτυξη και παραγωγή (Rosca et al., 2023). Ωστόσο, οι βιοδιεγέρτες έχουν αποδειχθεί ότι βελτιώνουν την ανθεκτικότητα των φυτών και μετριάζουν τις αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούν οι αβιοτικές καταπονήσεις στην ανάπτυξη, την παραγωγή, τη θρεπτική κατάσταση και τη συνολική ποιότητα (EU, 2019, Gedeon et al., 2022). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, και οι δύο ποικιλίες τομάτας παρουσίασαν μείωση του βάρους των καρπών ανά φυτό σε συνθήκες αλατότητας. Η μικρόκαρπη ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης» είχε τη μισή απώλεια σε απόδοση συγκριτικά με τη μεσόκαρπη ποικιλία «Θεσσαλονίκη». Αυτή η διαφοροποίηση μπορεί να αποδοθεί στην ανοχή των ποικιλιών, η οποία επηρεάζεται από τη μορφολογία των καρπών όσον αφορά το μέγεθος. Το αποτέλεσμα αυτό συνάδει με τα ευρήματα της μελέτης των Caro et al. (1991), οι οποίοι ανέφεραν ότι οι ποικιλίες τομάτας τύπου cherry είναι πιο ανεκτικές στην αυξημένη αλατότητα από εκείνες με καρπούς κανονικού μεγέθους. Η διδακτορική διατριβή αυτή έδειξε ότι η προαναφερθείσα μείωση της απόδοσης και των δύο παραδοσιακών ποικιλιών που υποβάλλονται σε καταπόνηση αλατότητας επηρεάζεται από διαφορετικούς παράγοντες. Συγκεκριμένα, στη μικρόκαρπη ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης», η μείωση της παραγωγής υπό την καταπόνηση αλατότητας φαίνεται να προέρχεται κυρίως από τη μείωση του μέσου βάρους των καρπών, ενώ για τη «Θεσσαλονίκη» φαίνεται να συνδέεται τόσο με τη μείωση του αριθμού των καρπών όσο και με το μέσο βάρος των καρπών. Σύμφωνα με τους Eltez et al. (2002) η μείωση της παραγωγής μιας θερμοκηπιακής υδροπονικής τομάτας που υποβλήθηκε σε καταπόνηση αλατότητας οφείλεται αποκλειστικά στο μειωμένο μέγεθος των καρπών. Ωστόσο, σε αυτή τη μελέτη, το μέγεθος της τομάτας κυμαινόταν από 57,6-103,1 g ανά καρπό, το οποίο βρίσκεται μεταξύ του μεγέθους των παραδοσιακών ποικιλιών αυτής της μελέτης. Σε αντιστοιχία με τα ευρήματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής, οι Psarras et al. (2008) ανέφεραν ότι η αλατότητα μειώνει τόσο το μέγεθος όσο και τον αριθμό των καρπών στην ποικιλία Moneymaker, μια ποικιλία μεσαίου τύπου. Όλα τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι η απόκριση της τομάτας στην καταπόνηση αλατότητας εξαρτάται από τον γονότυπο (Ntanasi et al., 2023). Η προαναφερθείσα μείωση του

αριθμού των καρπών μπορεί να αποδοθεί σε φυσιολογικές μεταβολές που προκαλούνται από την επακόλουθη ωσμωτική καταπόνηση, μαζί με την επακόλουθη ανισορροπία θρεπτικών στοιχείων που προκαλείται από την αυξημένη αλατότητα στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας (Helaly et al., 2017).

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η χρήση βιοδιεγερτών οδήγησε σε σημαντικά αυξημένη παραγωγή και των δύο ποικιλιών. Στην περίπτωση της ποικιλίας «Τοματάκι Σαντορίνης» η αύξηση της παραγωγής κατά 17 % επιτεύχθηκε με την εφαρμογή PGPR και κατά 19 % με την εφαρμογή του *A. nodosum*. Για τη «Θεσσαλονίκη» η αντίστοιχη αύξηση ήταν 24 % και 12 %, αναδεικνύοντας την αλληλεπίδραση γονότυπου - βιοδιεγέρτη (Rouphael et al., 2017; Francesca et al., 2020). Σύμφωνα με τους Ali et al. (2016), μια εφαρμογή στο φύλλωμα 0, 5% ενός εκχυλίσματος *A. nodosum* αύξησε την παραγωγή τομάτας κατά 54 %. Ομοίως, οι Subramaniyan et al. (2023) επεσήμαναν αύξηση της παραγωγής κατά 67,8 % όταν εφαρμόστηκαν 5,0 L ha⁻¹ του *A. nodosum* ως εδαφοβελτιωτικό. Η αύξηση της παραγωγής μετά την εφαρμογή του *A. Nodosum* είχε θετική επίδραση που επίσης έχει καταγραφεί σε άλλες καλλιέργειες κηπευτικών, όπως η γλυκιά πιπεριά (Rajendran et al., 2022), το μπιζέλι (Rashad et al., 2022) και το καρπούζι (Bantis & Koukounaras, 2023), μπορεί να αποδοθεί στην αυξημένη πρόσληψη του αζώτου (Dell'Aversana et al., 2021) και στη τόνωση της ομοιόστασης των ενδογενών ορμονών από την παρουσία των πολυσακχαριτών (Colla et al., 2017). Τα PGPRs έχουν επίσης αποδειχθεί ότι αυξάνουν την παραγωγή της τομάτας. Σύμφωνα με τους Katsenios et al. (2021) η αύξηση αυτή ήταν 52 % και 46 % με την εφαρμογή των *Bacillus licheniformis* και *B. subtilis*, αντίστοιχα. Η ικανότητα βιολογικής αζωτοδέσμευσης των *Azotobacter* και *Azospirillum*, μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή είτε μέσω της παροχής θρεπτικών στοιχείων είτε μέσω της παραγωγής φυτοορμονών όπως οι αυξίνες, οι κυτοκινίνες και οι γιββερελλίνες (Hayat et al., 2012; Van Oosten et al., 2018; Aasfar et al., 2021). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η θετική επίδραση των βιοδιεγερτών στην αύξηση της παραγωγής των ποικιλιών τομάτας που καλλιεργήθηκαν σε κανονικές συνθήκες (χωρίς την προσθήκη NaCl στο ΘΔ), ήταν αποτέλεσμα είτε της αύξησης του αριθμού των καρπών («Τοματάκι Σαντορίνης») είτε της αύξησης τόσο του αριθμού των καρπών όσο και του μέσου βάρους των καρπών («Θεσσαλονίκη»). Σύμφωνα με τους Di Mola et al. (2023) η χρήση του εκχυλίσματος *A. nodosum* και του μικροβιακού βιοδιεγέρτη που περιέχει *Trichoderma afroharzianum* είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής της ποικιλίας τομάτας «Heinz 5108 F1» (μικρόκαρπη - 45 g καρπό⁻¹) ως αποτέλεσμα

τόσο του υψηλότερου αριθμού καρπών όσο και του αυξημένου μέσου βάρους καρπών σε συγκριτικά με τον μάρτυρα. Όλα τα παραπάνω υποστηρίζουν περαιτέρω την εξειδίκευση γονότυπου - βιοδιεγέρτη. Συγκρίνοντας την επίδραση των βιοδιεγερτών, η μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγής υπό αυτές τις συνθήκες αποδόθηκε στην εφαρμογή των PGRPs. Το αντίθετο συνέβη, ωστόσο, σε συνθήκες καταπόνησης. Πράγματι, στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η ποικιλία «Θεσσαλονίκη» αύξησε την παραγωγή μέσω της εφαρμογής του *A. nodosum* σε συνθήκες καταπόνησης σε σύγκριση με το μάρτυρα χωρίς την εφαρμογή βιοδιεγερτών και τα PGRPs, αποδεικνύοντας τις δυνατότητές του στην άμβλυνση των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην παραγωγή της καλλιέργειας. Επιπλέον, η εφαρμογή του *A. nodosum* οδήγησε σε σημαντική αύξηση του μέσου βάρους καρπού και της διαμέτρου καρπού των φυτών που αρδεύτηκαν με ΘΔ με προσθήκη NaCl που έφτασαν τα επίπεδα του μάρτυρα. Η διαπίστωση αυτή συνάδει με τα ευρήματα των *Di Stasio et al. (2020)* και μπορεί να αποδοθεί στη μειωμένη συσσώρευση τοξικών ιόντων, όπως το Na, σε συνθήκες καταπόνησης από αλάτι. Στο «Τοματάκι Σαντορίνης», ωστόσο, και οι δύο βιοδιεγέρτες παρουσίασαν παρόμοια αύξηση της παραγωγής υπό την εφαρμοζόμενη καταπόνηση (7 % και 23 %, αντίστοιχα). Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη ανθεκτικότητα αυτού του τύπου ποικιλίας τομάτας σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας (*Ntanasi et al., 2023*).

Οι *Meza et al. (2020)* αποδίδουν τη θετική επίδραση της καταπόνησης αλατότητας στα ολικά διαλυτά στερεά των καρπών των παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας στις ωσμωτικές προσαρμογές που βοηθούν το φυτό να διατηρεί τα επίπεδα πρόσληψης νερού υπό συνθήκες καταπόνησης. Επιπλέον, οι *Agius et al. (2022)* και *Ntanasi et al. (2023)* κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η καταπόνηση αλατότητας μπορεί επίσης να αυξήσει την τιτλοδοτούμενη οξύτητα. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, και οι δύο ποικιλίες εμφάνισαν αυξημένα ολικά διαλυτά στερεά και οξύτητα, με αξιοσημείωτη αύξηση να παρατηρείται στη μεσόκαρπη ποικιλία «Θεσσαλονίκη». Η αύξηση της οξύτητας, υπό συνθήκες καταπόνησης αλατότητας, συνδέεται με μειωμένα επίπεδα των αντισταθμιστικών κατιόντων (*Agius et al., 2022*). Η σημαντική αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών και της τιτλοδοτούμενης οξύτητας που παρατηρήθηκε στη μεσόκαρπη ποικιλία «Θεσσαλονίκη» μπορεί επίσης να αποδοθεί στο μέγεθος των καρπών. Σύμφωνα με τους *Caro et al. (1991)*, οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες τομάτας παρουσιάζουν μικρότερη ανθεκτικότητα στην καταπόνηση από NaCl σε σύγκριση με τις μικρόκαρπες ποικιλίες. Επιπλέον, η παρουσία 30 mM NaCl στη ριζόσφαιρα μείωσε

τη συνεκτικότητα των καρπών της ποικιλίας «Θεσσαλονίκη» (*Krauss et al., 2006; Zhang et al., 2022*). Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί στην απώλεια επιδερμικής ελαστικότητας λόγω της μειωμένης ελαστικότητας του κυτταρικού τοιχώματος που προκαλούν οι συνθήκες αλατότητας, με αποτέλεσμα τη μειωμένη αντίσταση στο σπάσιμο και το ράγισμα της επιδερμίδας, όπως υποστήριξαν οι *Ruiz et al. (2015)*.

Λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση των βιοδιεγερτών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, γίνεται σαφές ότι στην ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης», η εφαρμογή του εκχυλίσματος *A. nodosum* είχε θετικές επιδράσεις τόσο στα ολικά διαλυτά στερεά όσο και στη συνεκτικότητα των καρπών. Παρομοίως, η μελέτη των *Ali et al. (2016)* έδειξε σημαντική αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών ($^{\circ}\text{Brix}$) και της συνεκτικότητας των καρπών κατά την εφαρμογή εκχυλίσματος *A. nodosum* μέσω ψεκασμού στο φύλλωμα σε φυτά τομάτας, σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι τα εκχυλίσματα φυκιών, συγκεκριμένα του *A. nodosum*, μπορούν να ενισχύσουν την ικανότητα των φυτών τομάτας να αντέχουν σε περιβαλλοντικούς στρεσογόνους παράγοντες, όπως η αλατότητα (*Di Stasio et al., 2018*), επάγοντας διάφορους βιοχημικούς, φυσιολογικούς και μοριακούς μηχανισμούς. Αυτό, με τη σειρά του, επηρεάζει τις παραμέτρους ποιότητας των καρπών, όπως η οξύτητα. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αυξήθηκε μόνο στο «Τοματάκι Σαντορίνης» και παρέμεινε ανεπηρέαστη στη «Θεσσαλονίκη». Ωστόσο, το αντίθετο συνέβη στη μελέτη των *Ali et al. (2016)* και *Subramaniyan et al. (2023)*, όπου η τιτλοδοτούμενη οξύτητα μειώθηκε με την εφαρμογή του *A. nodosum*. Αυτό υποδηλώνει ότι η αποτελεσματικότητα των βιοδιεγερτών εξαρτάται από τη συγκεκριμένη ποικιλία/γονότυπο/παραδοσιακή ποικιλία.

Σε συνθήκες αλατότητας, οι μεταβολές στην περιεκτικότητα των φύλλων σε ανόργανα στοιχεία αποδίδονται κυρίως στις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ιόντων Na και K (*Hanson et al., 1999*). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η προσθήκη NaCl στο ΘΔ είχε ως αποτέλεσμα σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης Na στα φύλλα και των δύο παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας, φτάνοντας σε επίπεδα περίπου 7 φορές υψηλότερα από τον μάρτυρα. Η σημαντική συσσώρευση Na στα φύλλα της τομάτας, σε αντίθεση με τους καρπούς, υπό υψηλές συγκεντρώσεις NaCl, υποστηρίζεται από τα ευρήματα προηγούμενης μελέτης (*Babu et al., 2012*). Ως αποτέλεσμα των συνθηκών καταπόνησης αλατότητας, και οι δύο ποικιλίες παρουσίασαν σημαντική μείωση της συγκέντρωσης K στα φύλλα τους. Σε συνθήκες καταπόνησης, η ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης» παρουσίασε μείωση των

συγκεντρώσεων Fe και Mn, ενώ στη «Θεσσαλονίκη», η καταπόνηση από την αλατότητα οδήγησε σε συσσώρευση Ca και Fe στα φύλλα της. Οι *Nouck et al. (2016)* παρατήρησαν διαφορές στην ανοχή στην αλατότητα και στη συσσώρευση μακροστοιχείων μεταξύ διαφορετικών ποικιλιών τομάτας. Επιπλέον, οι καρποί τομάτας και των δύο ποικιλιών παρουσίασαν τριπλάσια αύξηση της συγκέντρωσης Na σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Η παρατήρηση αυτή συνάδει με τα ευρήματα των *Hasegawa & Bressan (2000)* ότι η συσσώρευση Na ποικίλλει σε διάφορα μέρη του φυτού, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την παρούσα διδακτορική διατριβή. Σημαντική ήταν η μείωση της συγκέντρωσης Fe στους καρπούς των καταπονημένων φυτών και από τις δύο ποικιλίες.

Όσον αφορά τη συσσώρευση Na στους φυτικούς ιστούς, παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στην επίδραση της εφαρμογής του βιοδιεγέρτη μεταξύ των δύο ποικιλιών τομάτας. Στη μικρόκαρπη ποικιλία «Τοματάκι Σαντορίνης», τόσο το *A. nodosum* (Algastar) όσο και το PGPR (Nitrostim) οδήγησαν σε μειωμένες συγκεντρώσεις Na στα φύλλα σε συγκριτικά με τον μάρτυρα (13 % και 23 %, αντίστοιχα). Σύμφωνα με τη μελέτη των *Jung et al. (2009)*, μια αυξημένη συγκέντρωση ιόντων Na έχει ανταγωνιστική επίδραση στα ιόντα K. Αυτό συνάδει με τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής, όπου για τη μεσόκαρπη ποικιλία «Θεσσαλονίκη», ο μικροβιακός βιοδιεγέρτης αύξησε σημαντικά τις συγκεντρώσεις Na και μείωσε τις συγκεντρώσεις K στα φύλλα. Είναι επαρκώς τεκμηριωμένο ότι τα εμπορικά εκχυλίσματα *A. nodosum* περιέχουν βασικά θρεπτικά στοιχεία (π.χ. άζωτο, φώσφορο, κάλιο, ασβέστιο, σίδηρο, μαγνήσιο, ψευδάργυρο, νάτριο και θείο) (*Rayirath et al., 2009*). Οι *Kumari et al. (2011)* και οι *Zodape et al., (2010)* διαπίστωσαν επίσης βελτιωμένη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά της τομάτας όταν εφαρμόστηκαν εκχυλίσματα φυκιών. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή τα εκχυλίσματα φυκιών φαίνεται να ενισχύουν αυτόν τον προσαρμοστικό μηχανισμό των φυτών που υποβλήθηκαν σε μέτρια καταπόνηση αλατότητας, προωθώντας την αυξημένη συσσώρευση K με ταυτόχρονη μείωση της κυτταρικής εισροής Na (*Di Stasio et al., 2018*). Επιπλέον, και οι δύο βιοδιεγέρτες επέφεραν αύξηση της συγκέντρωσης Ca στα φύλλα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στη «Θεσσαλονίκη», τα PGPRs αύξησαν τη συγκέντρωση Na στους καρπούς, ενώ και οι δύο βιοδιεγέρτες αύξησαν επίσης σημαντικά τη συγκέντρωση Mn στους καρπούς της «Θεσσαλονίκη».

6. Συμπεράσματα

Στην διδακτορική διατριβή στην οποία αξιολογήθηκαν οι παραδοσιακές ποικιλίες τομάτας για την ανοχή τους σε συνθήκες μέτρια αλατούχου καταπόνησης, παρατηρήθηκε ότι οι διάφορες ποικιλίες τομάτας παρουσιάζουν διαφορετικές αποκρίσεις στην καταπόνηση από NaCl. Γενικότερα, οι μικρόκαρπες ποικιλίες τείνουν να εμφανίζουν μεγαλύτερη ανοχή σε αλατούχα περιβάλλοντα, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στον λόγο K/Na, έναν σημαντικό παράγοντα που καθορίζει την ανοχή ενός φυτού στην αλατότητα. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν επίσης μεγαλόκαρπες ποικιλίες οι οποίες διαθέτουν ειδικούς μηχανισμούς που προσδίδουν αντίσταση στην εν λόγω καταπόνηση. Μεταξύ των ποικιλιών που μελετήθηκαν, οι μικρόκαρπες ποικιλίες «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (3)», «Cherry-INRAE (4)» και η μεγαλόκαρπη «de Ramellet» υπέδειξαν την υψηλότερη ανοχή στην αλατότητα όσον αφορά τα χαρακτηριστικά παραγωγής και ανάπτυξης, καθώς και τη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στα διάφορα μέρη του φυτού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκέντρωση του Na στις ρίζες αυτών των ποικιλιών δεν επηρεάζεται και η παραγωγικότητά τους παραμένει σταθερή σε συνθήκες καταπόνησης από NaCl. Αυτό υποδηλώνει ότι οι παραπάνω παραδοσιακές ποικιλίες θα μπορούσαν δυνητικά να χρησιμοποιηθούν ως υποκείμενα σε περιοχές που καταπονούνται από την αλατότητα. Επιπλέον, η ανοχή τους σε μέτρια καταπόνηση αλατότητας τις καθιστά κατάλληλες για προγράμματα βελτίωσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκέντρωση του Na στις ρίζες αυτών των ποικιλιών δεν επηρεάζεται και η παραγωγικότητά τους παραμένει ανεπηρέαστη.

Όσον αφορά την αξιολόγηση των παραδοσιακών ποικιλιών πιπεριάς στο ίδιο επίπεδο αλατότητας με την τομάτα, είναι προφανές ότι οι διάφορες ποικιλίες πιπεριάς ανταποκρίνονται διαφορετικά στην καταπόνηση από NaCl. Στη διδακτορική διατριβή διερευνήθηκε η επίδραση της μέτριας αλατότητας στα φυτά πιπεριάς και διαπιστώθηκε ότι βελτίωσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών αυξάνοντας τα ολικά διαλυτά στερεά (TSSC ($^{\circ}$ Brix) και την τιτλοδοτούμενη οξύτητα. Οι παραδοσιακές ποικιλίες της Ιορδανίας παρουσιάζουν γενικά μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στο αλατούχο περιβάλλον λόγω της αυξημένης αναλογίας K/Na στα φύλλα και τους καρπούς τους. Μεταξύ των ποικιλιών πιπεριάς που αξιολογήθηκαν, οι ποικιλίες «JO 109», «JO 204» και «JO 207» επιδεικνύουν την υψηλότερη ανοχή στην αλατότητα. Αυτό τεκμηριώνεται από τη διατήρηση της παραγωγής, τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και τις

σταθερές συγκεντρώσεις των περισσότερων μακροστοιχείων, ιδίως του Κ και του Να, στους φυτικούς ιστούς υπό συνθήκες ήπιας καταπόνησης από την αλατότητα. Η ανθεκτικότητα αυτών των ποικιλιών αποδίδεται στο γεγονός ότι η συγκέντρωση Να στους καρπούς τους παραμένει ανεπηρέαστη υπό την καταπόνηση άλατος, εξασφαλίζοντας ότι η παραγωγικότητα παραμένει ανεπηρέαστη. Κατά συνέπεια, αυτοί οι γονότυποι θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμεύσουν ως δυνητικά υποκείμενα για βιώσιμη καλλιέργεια πιπεριάς ή σε βελτιωτικά προγράμματα για την καλλιέργεια σε περιοχές που πλήττονται από την αλατότητα. Η αξιοποίηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών αυτών των ποικιλιών έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει την καλλιέργεια πιπεριάς σε δύσκολες συνθήκες καλλιέργειας και να προωθήσει την ανάπτυξη ανθεκτικότερων ποικιλιών.

Σχετικά με την εφαρμογή των βιοδιεγερτών σε δύο παραδοσιακές ποικιλίες τομάτας, στη παρούσα διδακτορική διατριβή απεδείχθη ξανά ότι οι διάφορες ποικιλίες τομάτας, με διαφορετικά μεγέθη καρπών, ανταποκρίνονται διαφορετικά στην καταπόνηση από αλάτι. Η αλατότητα γενικά μειώνει την παραγωγή, αλλά ενισχύει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως τα ολικά διαλυτά στερεά (TSSC (°Brix) και την τιτλοδοτούμενη οξύτητα. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθούν οι θετικές επιδράσεις των βιοδιεγερτών. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή του «Algastar» άυξησε τη διάμετρο των καρπών και τα ολικά διαλυτά στερεά, ενώ η εφαρμογή του «Nitrostim» βελτίωσε τη συνεκτικότητα των καρπών και την υψηλότερη συγκέντρωση Fe των φυτών που καταπονήθηκαν από την αλατότητα. Τα ευρήματα αυτά, που υποστηρίζονται από τη διεθνή βιβλιογραφία, όχι μόνο αναδεικνύουν τον σημαντικό ρόλο των βιοδιεγερτών στην άμβλυνση της καταπόνησης από την αλατότητα, αλλά υποδεικνύουν επίσης ότι οι βιοδιεγέρτες δεν πρέπει να χρησιμεύουν μόνο ως στρατηγική για τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών υπό δυσμενείς συνθήκες ανάπτυξης. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποικιλία, τα χαρακτηριστικά των καρπών και η ακριβής σύνθεση του χρησιμοποιούμενου βιοδιεγέρτη. Ως εκ τούτου, απαιτούνται περαιτέρω έρευνες και δοκιμές στο πεδίο για τον προσδιορισμό των βέλτιστων μεθόδων εφαρμογής για την προσαρμογή της χρήσης των βιοδιεγερτών στις ιδιαίτερες απαιτήσεις των διαφόρων ποικιλιών τομάτας.

7. Πρωτοτυπία της Διδακτορικής Διατριβής

Η πρωτοτυπία της παρούσας διατριβής έγκειται στο γεγονός ότι η μελέτη αυτή εστιάζει στις πιθανές διαφορές που μπορεί να εμφανίσουν τόσο στα αγρονομικά χαρακτηριστικά (νωπό βάρος, ξηρό βάρος, αποδόσεις κλπ.), στη θρεπτική κατάσταση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας και πιπεριάς, υδροπονικά καλλιεργούμενες υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας.

Συγκεκριμένα για πρώτη φορά αξιολογήθηκαν οι τοπικές ποικιλίες τομάτας: «Χοντροκατσαρή», «Valldemossa (de)», Αρετή», «ATS-048/06, «de Ramellet», «Moneymaker», «Cherry-INRAE (2)», «Seccagno PSC1-1», «Τοματάκι Σαντορίνης», «CC_1791 Allungato a Fiasco», «CC_1665 Pollena», «GR-451/04», «Corbarino», «Cherry-INRAE (1)», «Cherry-INRAE (3)», «Cherry-INRAE (4)» και «Θεσσαλονίκη» για την ανοχή τους σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας οφειλόμενες σε 30 mM συγκέντρωση NaCl στο περιβάλλον της ρίζας.

Για πρώτη φορά αξιολογήθηκαν οι τοπικές ποικιλίες πιπεριάς «Yolo Wonder», «JO109», «JO204», «JO207», «Φλωρίνης» και «Sammy RZ» για την ανοχή τους σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας οφειλόμενες σε 30 mM συγκέντρωση NaCl στο περιβάλλον της ρίζας.

Για πρώτη φορά επίσης οι παραπάνω ποικιλίες τομάτας και πιπεριάς καλλιεργήθηκαν υδροπονικά στο θερμοκήπιο σε ανοικτό σύστημα σε σάκους με περλίτη ως υπόστρωμα και μελετήθηκε η παραγωγικότητα τους και η ποιότητα του παραγόμενου καρπού.

Επίσης για πρώτη φορά αξιολογήθηκε η χρήση του ενός εκχυλίσματος φυκών (*Ascophyllum nodosum*) και ενός μικροβιακού βιοδιεγέρτη (PGPR) στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα και ποιότητα του παραγόμενου καρπού δυο ποικιλιών τομάτας με διαφορετικό μέγεθος καρπού υδροπονικά καλλιεργούμενων σε ανοικτό σύστημα σε σάκους με υπόστρωμα περλίτη.

Τέλος για πρώτη φορά πραγματοποιήθηκε μελέτη των δυνατοτήτων μετριασμού της αυξημένης αλατότητας στην ανάπτυξη, την απόδοση, την ποιότητα του προϊόντος και τη θρεπτική κατάσταση δύο υδροπονικά καλλιεργούμενων ελληνικών παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας με τη χρήση δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών, ενός

εκχυλίσματος φυκών (*Ascophyllum nodosum*) και ενός μικροβιακού βιοδιεγέρτη (PGPR).

8. Βιβλιογραφία

1. Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., Meftah Kadmiri, I., **2021**. Nitrogen Fixing Azotobacter Species as Potential Soil Biological Enhancers for Crop Nutrition and Yield Stability. *Front. Microbiol.* **12**, 1–19. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>
2. Adams, P. Effects of Watering on the Yield, Quality and Composition of Tomatoes Grown in Bags of Peat. *J. Hortic. Sci.* **1990**, *65*, 667–674. <https://doi.org/10.1080/00221589.1990.11516107>.
3. Adams, P., **2002**. Nutritional control in hydroponics. In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds.). Athens, Greece, pp. 211-261., *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications.
4. Adams, P.; Ho, L.C. Uptake and Distribution Of nutrients in Relation To Tomato Fruit Quality. *Acta Hortic.* **1995**, *412*, 374–387.
5. Agius, C.; von Tucher, S.; Rozhon, W. The Effect of Salinity on Fruit Quality and Yield of Cherry Tomatoes. *Horticulturae* **2022**, *8*, 59. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010059>.
6. Ahmad, S.; Khan, N.-I.; Iqbal, M.Z.; Hussain, A.; Hassan, M. Salt Tolerance of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Asian J. Plant Sci.* **2002**, *1*, 715–719.
7. Akladios, S.A.; Mohamed, H.I. Ameliorative Effects of Calcium Nitrate and Humic Acid on the Growth, Yield Component and Biochemical Attribute of Pepper (*Capsicum annum*) Plants Grown under Salt Stress. *Sci. Hortic.* **2018**, *236*, 244–250. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.047>.
8. Aktas, H.; Karni, L.; Chang, D.C.; Turhan, E.; Bar-Tal, A.; Aloni, B. The Suppression of Salinity-Associated Oxygen Radicals Production, in Pepper (*Capsicum annum*) Fruit, by Manganese, Zinc and Calcium in Relation to Its Sensitivity to Blossom-End Rot. *Physiol. Plant.* **2005**, *123*, 67–74. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2004.00435.x>.
9. Alam, P.; Arshad, M.; Al-Kheraif, A.A.; Azzam, M.A.; Al Balawi, T. Silicon Nanoparticle-Induced Regulation of Carbohydrate Metabolism, Photosynthesis, and ROS Homeostasis in *Solanum Lycopersicum* Subjected to Salinity Stress. *ACS Omega* **2022**, *7*, 31834–31844. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c02586>.
10. Alfocea, F.P.; Estañ, M.T.; Caro, M.; Bolarín, M.C. Response of Tomato Cultivars to Salinity. *Plant Soil* **1993**, *150*, 203–211. <https://doi.org/10.1007/BF00013017>.
11. Ali, N.; Farrell, A.; Ramsubhag, A.; Jayaraman, J. The Effect of *Ascophyllum nodosum* Extract on the Growth, Yield and Fruit Quality of Tomato Grown under Tropical Conditions. *J. Appl. Phycol.* **2016**, *28*, 1353–1362. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0608-3>.
12. ALKahtani, M.D.F.; Attia, K.A.; Hafez, Y.M.; Khan, N.; Eid, A.M.; Ali, M.A.M.; Abdelaal, K.A.A. Chlorophyll Fluorescence Parameters and Antioxidant Defense System Can Display Salt Tolerance of Salt Acclimated Sweet Pepper Plants Treated with Chitosan and Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Agronomy* **2020**, *10*, 1180. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081180>.

13. Al-Karaki, G.N.; Hammad, R. Mycorrhizal Influence on Fruit Yield and Mineral Content of Tomato Grown under Salt Stress. *J. Plant Nutr.* **2001**, *24*, 1311–1323. <https://doi.org/10.1081/PLN-100106983>.
14. Almekinders, C.J.; Louwaars, N.P. Farmers' Seed Production: New Approaches and Practices. *Intermed. Technol.* **1999**. <https://doi.org/10.3362/9781780442150>.
15. Alshami, A.K., El-Shafei, A., Al-Omran, A.M., Alghamdi, A.G., Louki, I., Alkhasha, A., **2023**. Responses of Tomato Crop and Water Productivity to Deficit Irrigation Strategies and Salinity Stress in Greenhouse. *Agronomy* **13**. <https://doi.org/10.3390/agronomy13123016>
16. Assimakopoulou, A.; Nifakos, K.; Salmas, I.; Kalogeropoulos, P. Growth, Ion Uptake, and Yield Responses of Three Indigenous Small-Sized Greek Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Cultivars and Four Hybrids of Cherry Tomato under NaCl Salinity Stress. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **2015**, *46*, 2357–2377. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1081924>.
17. Athinodorou, F., Foukas, P., Tsaniklidis, G., Kotsiras, A., Chrysargyris, A., Delis, C., Kyratzis, A.C., Tzortzakis, N., Nikoloudakis, N., **2021**. Morphological diversity, genetic characterization, and phytochemical assessment of the cypriot tomato germplasm. *Plants* **10**, 1–24. <https://doi.org/10.3390/plants10081698>
18. Atta, K., Mondal, Saptarshi, Gorai, S., Singh, A.P., Kumari, A., Ghosh, T., Roy, A., Hembram, S., Gaikwad, D.J., Mondal, Subhasis, Bhattacharya, S., Jha, U.C., Jespersen, D., **2023**. Impacts of salinity stress on crop plants: improving salt tolerance through genetic and molecular dissection. *Front. Plant Sci.* **14**, 1–21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1241736>
19. Azarmi, R.; Taleshmikail, R.D.; Gikloo, A. Effects of Salinity on Morphological and Physiological Changes and Yield of Tomato in Hydroponics System. *J. Food Agric. Environ.* **2010**, *8*, 573–576.
20. Azlan, A.; Sultana, S.; Huei, C.S.; Razman, M.R. Antioxidant, Anti-Obesity, Nutritional and Other Beneficial Effects of Different Chili Pepper: A Review. *Molecules* **2022**, *27*, 898. <https://doi.org/10.3390/molecules27030898>.
21. Azuma, R.; Ito, N.; Nakayama, N.; Suwa, R.; Nguyen, N.T.; Larrinaga-Mayoral, J.Á.; Esaka, M.; Fujiyama, H.; Saneoka, H. Fruits Are More Sensitive to Salinity than Leaves and Stems in Pepper Plants (*Capsicum annuum* L.). *Sci. Hortic.* **2010**, *125*, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.04.006>.
22. Babu, M.A., Singh, D., Gothandam, K.M., **2012**. The effect of salinity on growth, hormones and mineral elements in leaf and fruit of tomato cultivar PKM1. *J. Anim. Plant Sci.* **22**, 159–164.
23. Bahmani Jafarlou, M., Pilehvar, B., Modaresi, M., Mohammadi, M., **2023**. Seaweed Liquid Extract as an Alternative Biostimulant for the Amelioration of Salt-stress Effects in *Calotropis procera* (Aiton) W.T. *J. Plant Growth Regul.* **42**, 449–464. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10566-1>
24. Balasubramaniam, T., Shen, G., Esmaeili, N., Zhang, H., **2023**. Plants' Response Mechanisms to Salinity Stress. *Plants* **12**, 1–22. <https://doi.org/10.3390/plants12122253>
25. Bantis, F.; Koukounaras, A. *Ascophyllum nodosum* and Silicon-Based Biostimulants Differentially Affect the Physiology and Growth of Watermelon Transplants under

- Abiotic Stress Factors: The Case of Salinity. *Plants* **2023**, *12*, 433. <https://doi.org/10.3390/plants12030433>.
26. Barbieri, P., Galli, E., **1993**. Effect on wheat root development of inoculation with an *Azospirillum brasilense* mutant with altered indole-3-acetic acid production. *Res. Microbiol.* **144**, 69–75. [https://doi.org/10.1016/0923-2508\(93\)90216-O](https://doi.org/10.1016/0923-2508(93)90216-O)
 27. Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., Prithiviraj, B., **2015**. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. **196**, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
 28. Belakbir, A.; Ruiz, J.M.; Romero, L. Yield and Fruit Quality of Pepper (*Capsicum annuum* L.) in Response to Bioregulators. *HortScience* **1998**, *33*, 85–87.
 29. Bergougnoux V. The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnol Adv.* **2014** Jan-Feb;32(1):170-89. doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.11.003. Epub 2013 Nov 7. PMID: 24211472.
 30. Bisht, A., Chhabra, R., **2024**. Biostimulants: paving way towards sustainable agriculture and food security. *Theor. Exp. Plant Physiol.* <https://doi.org/10.1007/s40626-024-00329-0>
 31. Bolarín, M.C.; Cano, E.A.; Estañ, M.T.; Caro, M. Growth, Fruit Yield, and Ion Concentration in Tomato Genotypes after Pre- and Post-Emergence Salt Treatments. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **1993**, *118*, 655–660.
 32. Bolarín, M.C.; Fernández, F.G.; Cruz, V.; Cuartero, J. Salinity Tolerance in Four Wild Tomato Species Using Vegetative Yield-Salinity Response Curves. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **1991**, *116*, 286–290. <https://doi.org/10.21273/jashs.116.2.286>.
 33. Bonomelli, C., Celis, V., Lombardi, G., Mártiz, J., **2018**. Salt stress effects on avocado (*persea americana* mill.) plants with and without seaweed extract (*ascophyllum nodosum*) application. *Agronomy* **8**. <https://doi.org/10.3390/agronomy8050064>
 34. Borrelli, G.M.; Fragasso, M.; Nigro, F.; Platani, C.; Papa, R.; Beleggia, R.; Trono, D. Analysis of Metabolic and Mineral Changes in Response to Salt Stress in Durum Wheat (*Triticum turgidum* ssp. *Durum*) Genotypes, Which Differ in Salinity Tolerance. *Plant Physiol. Biochem.* **2018**, *133*, 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.10.025>.
 35. Brasiliano Campos, C.A.; Fernandes, P.D.; Gheyi, H.R.; Blanco, F.F.; Gonçalves, C.B.; Ferreira Campos, S.A. Yield and Fruit Quality of Industrial Tomato under Saline Irrigation. *Sci. Agric.* **2006**, *63*, 146–152. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162006000200006>.
 36. Caramante, M., Roupheal, Y., Corrado, G., **2024**. Genetic diversity among and within tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces grown in Southern Italy. *Genet. Resour. Crop Evol.* **71**, 157–166. <https://doi.org/10.1007/s10722-023-01613-9>
 37. Carmassi, G.; Incrocci, L.; Maggini, R.; Malorgio, F.; Tognoni, F.; Pardossi, A. Modeling Salinity Build-up in Recirculating Nutrient Solution Culture. *J. Plant Nutr.* **2005**, *28*, 431–445. <https://doi.org/10.1081/PLN-200049163>.
 38. Caro, M.; Cruz, V.; Cuartero, J.; Estañ, M.T.; Bolarin, M.C. Salinity Tolerance of Normal-Fruited and Cherry Tomato Cultivars. *Plant Soil* **1991**, *136*, 249–255, doi:10.1007/BF02150056
 39. Chabili, A., Minaoui, F., Hakkoum, Z., Douma, M., Meddich, A., Loudiki, M., **2024**. A Comprehensive Review of Microalgae and Cyanobacteria-Based Biostimulants for

Agriculture Uses. *Plants* 13. <https://doi.org/10.3390/plants13020159>

40. Chakdar, H., Borse, D. N., Verma, S., Choudhary, P., & Das, S. (2019). Microbial Management of Crop Salinity Stress: Mechanisms, Applications, and Prospects. In *Salt Stress, Microbes, and Plant Interactions: Mechanisms and Molecular Approaches* (pp. 1–25). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8805-7_1
41. Chartzoulakis, K., & Klapaki, G. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia horticultrae*, 86(3), 247-260.
42. Chatzianni, M.; Savvas, D.; Papadopoulou, E.A.; Aliferis, K.A.; Ntatsi, G. Combined Effect of Salt Stress and Nitrogen Level on the Primary Metabolism of Two Contrasting Hydroponically Grown *Cichorium spinosum* L. Ecotypes. *Biomol.* **2023**, 13, 607. <https://doi.org/10.3390/biom13040607>.
43. Chele, K.H., Tinte, M.M., Piater, L.A., Dubery, I.A., Tugizimana, F., **2021**. Soil salinity, a serious environmental issue and plant responses: A metabolomics perspective. *Metabolites* 11. <https://doi.org/10.3390/metabo11110724>
44. Ciriello, M., Fusco, G.M., Woodrow, P., Carillo, P., Roupheal, Y., **2024**. Unravelling the nexus of plant response to non-microbial biostimulants under stress conditions. *Plant Stress* 11, 100421. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100421>
45. Cocetta, G., Ertani, A., Bulgari, R., Franzoni, G., Nicola, S., Ferrante, A., n.d. *Biostimulants and Plant Response Under Adverse Environmental Conditions: A Functional Interplay*. Husen, A. *Plant Perform. Under Environ. Stress*. Springer, Cham.
46. Colla, G.; Cardarelli, M.; Bonini, P.; Roupheal, Y. Foliar Applications of Protein Hydrolysate, Plant and Seaweed Extracts Increase Yield but Differentially Modulate Fruit Quality of Greenhouse Tomato. *HortScience* **2017**, 52, 1214–1220. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12200-17>.
47. Consentino, B.B., Aprile, S., Roupheal, Y., Ntatsi, G., Pasquale, C. De, Iapichino, G., Alibrandi, P., Sabatino, L., **2022a**. Application of PGPB Combined with Variable N Doses Affects Growth, Yield-Related Traits, N-Fertilizer Efficiency and Nutritional Status of Lettuce Grown under Controlled Condition. *Agronomy* 12. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020236>
48. Consentino, B.B., Sabatino, L., Vultaggio, L., Rotino, G.L., La Placa, G.G., D’Anna, F., Leto, C., Iacuzzi, N., De Pasquale, C., **2022b**. Grafting Eggplant Onto Underutilized *Solanum* Species and Biostimulatory Action of *Azospirillum brasilense* Modulate Growth, Yield, NUE and Nutritional and Functional Traits. *Horticultrae* 8. <https://doi.org/10.3390/horticultrae8080722>
49. Cruz, V.; Cuartero, J. Effects of Salinity at Several Developmental Stages of Six Genotypes of Tomato (*Lycopersicon* Spp.). In *Proceedings of the XIth Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding*, Malaga, Spain, 6–8 March **1990**; pp. 81–86.
50. Cuartero, J.; Fernández-Muñoz, R. Tomato and Salinity. *Sci. Hortic.* **1998**, 78, 83–125. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00191-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00191-5).
51. Dell’aversana, E.; Cirillo, V.; Van Oosten, M.J.; Di Stasio, E.; Saiano, K.; Woodrow, P.; Ciarmiello, L.F.; Maggio, A.; Carillo, P. *Ascophyllum nodosum* Based Extracts Counteract Salinity Stress in Tomato by Remodeling Leaf Nitrogen Metabolism. *Plants* **2021**, 10, 1044. <https://doi.org/10.3390/plants10061044>.

52. Di Mola, I.; Ottaiano, L.; Cozzolino, E.; Marra, R.; Vitale, S.; Pironti, A.; Fiorentino, N.; Mori, M. Yield and Quality of Processing Tomato as Improved by Biostimulants Based on *Trichoderma* Sp. and *Ascophyllum nodosum* and Biodegradable Mulching Films. *Agronomy* **2023**, *13*, 901. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030901>.
53. Di Stasio, E.; Cirillo, V.; Raimondi, G.; Giordano, M.; Esposito, M.; Maggio, A. Osmo-Priming with Seaweed Extracts Enhances Yield of Salt-Stressed Tomato Plants. *Agronomy* **2020**, *10*, 1559. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101559>.
54. Di Stasio, E.; Van Oosten, M.J.; Silletti, S.; Raimondi, G.; Dell'Aversana, E.; Carillo, P.; Maggio, A. *Ascophyllum nodosum*-Based Algal Extracts Act as Enhancers of Growth, Fruit Quality, and Adaptation to Stress in Salinized Tomato Plants. *J. Appl. Phycol.* **2018**, *30*, 2675–2686. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1439-9>.
55. Dodd, I.C. and F.P.-A., **2012**. Microbial amelioration of crop salinity stress. *J. Exp. Bot.* *63*, 3415–3428. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers033>
56. Drobek, M., Fraç, M., Cybulska, J., **2019**. Plant biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress—a review. *Agronomy* *9*. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060335>
57. Du Jardin, P. (**2015**). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticultrae*, *196*, 3-14.
58. Ehret, D.L.; Ho, L.C. The Effects of Salinity on Dry Matter Partitioning and Fruit Growth in Tomatoes Grown in Nutrient Film Culture. *J. Hortic. Sci.* **1986**, *61*, 361–367. <https://doi.org/10.1080/14620316.1986.11515714>.
59. EL Sabagh, A., Islam, M.S., Skalicky, M., Ali Raza, M., Singh, K., Anwar Hossain, M., Hossain, A., Mahboob, W., Iqbal, M.A., Ratnasekera, D., Singhal, R.K., Ahmed, S., Kumari, A., Wasaya, A., Sytar, O., Brestic, M., ÇIG, F., Erman, M., Habib Ur Rahman, M., Ullah, N., Arshad, A., **2021**. Salinity Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Changing Climate: Adaptation and Management Strategies. *Front. Agron.* *3*, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.661932>
60. El-Fouly, M.M.; Moubarak, Z.M.; Salama, Z.A. Micronutrient Foliar Application Increases Salt Tolerance of Tomato Seedlings. *Acta Hort.* **2002**, *573*, 467–474. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.573.57>.
61. Eltez, R.; Tüzel, Y.; Gül, A.; Tüzel, I.; Duyar, H. Effects of Different EC Levels of Nutrient Solution on Greenhouse Tomato Growing. *Acta Hort.* **2002**, *573*, 443–448. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.573.53>.
62. Enthoven, L., Van den Broeck, G., **2021**. Local food systems: Reviewing two decades of research. *Agric. Syst.* *193*, 103226. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103226>
63. EU, **2019**. Regulation of the european parliament and of the council laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. *Off. J. Eur. Union* *2019*, 114.
64. European Commission (**2021**) The tomato market in the EU: Vol. 1: Production and area statistics. Available at: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/tomatoes-production_en.pdf.
65. Faisal Zulfiqar, Anam Moosa, Hayssam M. Ali, Núria F. Bermejo, S.M.-B., **2024**. Biostimulants: A Sufficiently Effective Tool for Sustainable Agriculture in the Era of

66. FAO. *The State of Food and Agriculture 2022. Leveraging Automation in Agriculture for Transforming Agrifood Systems*; FAO: Rome, Italy, **2022**.
67. FAOSTAT **2019**, n.d. FAOSTAT [WWW Document]. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
68. Farruggia, D., Tortorici, N., Iacuzzi, N., Alaimo, F., Leto, C., Tuttolomondo, T., **2024**. Biostimulants Improve Plant Performance of Rosemary Growth in Agricultural Organic System. *Agronomy* 14, 1–12. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010158>
69. Filippou, P., Zarza, X., Antoniou, C., Obata, T., Villarroel, C.A., Ganopoulos, I., Harokopos, V., Gohari, G., Aidinis, V., Madesis, P., Christou, A., Fernie, A.R., Tiburcio, A.F., Fotopoulos, V., **2021**. Systems biology reveals key tissue-specific metabolic and transcriptional signatures involved in the response of *Medicago truncatula* plant genotypes to salt stress. *Comput. Struct. Biotechnol. J.* 19, 2133–2147. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.04.018>
70. Flowers, T.J., **2004**. Improving crop salt tolerance. *J. Exp. Bot.* 55, 307–319. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh003>
71. Francesca, S., Arena, C., Hay Mele, B., Schettini, C., Ambrosino, P., Barone, A., Rigano, M.M., **2020**. The use of a plant-based biostimulant improves plant performances and fruit quality in tomato plants grown at elevated temperatures. *Agronomy* 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030363>
72. Frankel, O.H.; Brown, A.H.; Burdon, J.J. *The Conservation of Plant Biodiversity*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1995; ISBN 9780521467315.
73. Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., Espen, L., **2022**. Biostimulants on Crops: Their Impact under Abiotic Stress Conditions. *Horticulturae* 8. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>
74. Fuentes, J.E.; Castellanos, B.F.; Martínez, E.N.; Ortiz, W.A.; Mendoza, A.B.; Macías, J.M. Outcomes of Foliar Iodine Application on Growth, Minerals and Antioxidants in Tomato Plants under Salt Stress. *Folia Hortic.* **2022**, 34, 27–37. <https://doi.org/10.2478/fhort-2022-0003>.
75. Galmés, J.; Ochogavía, J.M.; Gago, J.; Roldán, E.J.; Cifre, J.; Conesa, M.À. Leaf Responses to Drought Stress in Mediterranean Accessions of *Solanum Lycopersicum*: Anatomical Adaptations in Relation to Gas Exchange Parameters. *Plant Cell Environ.* **2013**, 36, 920–935. <https://doi.org/10.1111/pce.12022>.
76. Gama, P.B.S., Inanaga, S., Tanaka, K., Nakazawa, R., **2007**. Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. *African J. Biotechnol.* 6, 079–088.
77. Gazoulis, I., Kanatas, P., Antonopoulos, N., Kokkini, M., Tsekoura, A., Demirtzoglou, T., Travlos, I., **2023**. The Integrated Effects of Biostimulant Application, Mechanical Weed Control, and Herbicide Application on Weed Growth and Maize (*Zea mays* L.) Yield. *Agronomy* 13. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102614>
78. Gedeon, S.; Ioannou, A.; Balestrini, R.; Fotopoulos, V.; Antoniou, C. Application of Biostimulants in Tomato Plants (*Solanum lycopersicum*) to Enhance Plant Growth and Salt Stress Tolerance. *Plants* **2022**, 11, 3082. <https://doi.org/10.3390/plants11223082>.

79. Giorio, P.; Cirillo, V.; Caramante, M.; Oliva, M.; Guida, G.; Venezia, A.; Grillo, S.; Maggio, A.; Albrizio, R. Physiological Basis of Salt Stress Tolerance in a Landrace and a Commercial Variety of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plants* **2020**, *9*, 795. <https://doi.org/10.3390/plants9060795>.
80. Giuffrida, F.; Graziani, G.; Fogliano, V.; Scuderi, D.; Romano, D.; Leonardi, C. Effects of Nutrient and NaCl Salinity on Growth, Yield, Quality and Composition of Pepper Grown in Soilless Closed System. *J. Plant Nutr.* **2014**, *37*, 1455–1474. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.881874>.
81. Granada, C.E., Passaglia, L.M.P., de Souza, E.M., Sperotto, R.A., **2018**. Is phosphate solubilization the forgotten child of plant growth-promoting rhizobacteria? *Front. Microbiol.* *9*, 2016–2019. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02054>
82. Grattan, S.; Grieve, C. Mineral Nutrient Acquisition and Response by Plants Grown in Saline Environments. In *Handbook of Plant and Crop Stress*, 2nd ed.; Pessarakli, M., Ed.; Marcel Dekker: New York, NY, USA, **1999**; pp. 203–229.
83. Gray, E.J., Smith, D.L., **2005**. Intracellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. *Soil Biol. Biochem.* *37*, 395–412. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.030>
84. Hafez, H.A., Chai, X., Ibrahim, A., Mondal, S., Férachou, D., Ropagnol, X., Ozaki, T., **2016**. Intense terahertz radiation and their applications. *J. Opt. (United Kingdom)* *18*. <https://doi.org/10.1088/2040-8978/18/9/093004>
85. Hajiaghaei-Kamrani, M.; Khoshvaghti, H.; Hosseinniya, H. Effects of Salinity and Hydroponic Growth Media on Growth Parameters in Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). *Int. J. Agron. Plant Prod.* **2013**, *4*, 2694–2698.
86. Hand, M.J.; Taffouo, V.D.; Nouck, A.E.; Nyemene, K.P.J.; Tonfack, L.B.; Meguekam, T.L.; Youmbi, E. Effects of Salt Stress on Plant Growth, Nutrient Partitioning, Chlorophyll Content, Leaf Relative Water Content, Accumulation of Osmolytes and Antioxidant Compounds in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Cultivars. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca* **2017**, *45*, 481–490. <https://doi.org/10.15835/nbha45210928>
87. Hanson, B.R.; Grattan, S.R.; Fulton, A. Irrigation and Drainage Specialist Plant-Water Relations Specialist. *Agric. Salin. Drain.* **2006**, 159.
88. Hasanuzzaman, M., Parvin, K., Bardhan, K., Nahar, K., Anee, T.I., Masud, A.A.C., Fotopoulos, V., **2021**. Biostimulants for the regulation of reactive oxygen species metabolism in plants under abiotic stress. *Cells* *10*, 1–29. <https://doi.org/10.3390/cells10102537>
89. Hasegawa, P.M.; Bressan, R.A. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* **2000**, *51*, 463–499.
90. Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J., Ahmad, A., **2012**. Role of proline under changing environments: A review. *Plant Signal. Behav.* *7*. <https://doi.org/10.4161/psb.21949>
91. Helaly, A. A., Goda, Y., Abd El Rehim, A. S., Mohamed, A. A., & El Zeiny, O. A. H. (2017). Effect of irrigation with different levels of saline water type on husk tomato productivity. *Adv. Plants Agric. Res.* *6*(4), 114-120.
92. Hernández, J.A. Salinity Tolerance in Plants: Trends and Perspectives. *Int. J. Mol. Sci.* **2019**, *20*, 2408. <https://doi.org/10.3390/ijms20102408>.

93. Hindersah, R., Halimatusy, A., Joy, B., Setiawati, M.R., Herdiyantoro, D., **2020**. Retarded Growth of Lowland Rice in Saline Soil Inoculated With Nitrogen-Fixer Azotobacter. *J. Agroekoteknologi* **12**, 99. <https://doi.org/10.33512/jur.agroekotetek.v12i1.8782>
94. Isayenkov, S.V.; Maathuis, F.J.M. Plant Salinity Stress: Many Unanswered Questions Remain. *Front. Plant Sci.* **2019**, *10*, 80. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>.
95. Johnson, R., Joel, J.M., Puthur, J.T., **2024**. Biostimulants: The Futuristic Sustainable Approach for Alleviating Crop Productivity and Abiotic Stress Tolerance. *J. Plant Growth Regul.* **43**, 659–674. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11144-3>
96. Jung, J.-Y.; Shin, R.; Schachtman, D.P. Ethylene Mediates Response and Tolerance to Potassium Deprivation in Arabidopsis. *Plant Cell* **2009**, *21*, 607–621. <https://doi.org/10.1105/tpc.108.063099>.
97. Karanikolas, P., Bebeli, P.J., Thanopoulos, R., **2018**. Farm economic sustainability and agrobiodiversity: identifying viable farming alternatives during the economic crisis in Greece. *J. Environ. Econ. Policy* **7**, 69–84. <https://doi.org/10.1080/21606544.2017.1360212>
98. Katsenios, N.; Andreou, V.; Sparangis, P.; Djordjevic, N.; Giannoglou, M.; Chanioti, S.; Stergiou, P.; Xanthou, M.-Z.; Kakabouki, I.; Vlachakis, D.; et al. Evaluation of Plant Growth Promoting Bacteria Strains on Growth, Yield and Quality of Industrial Tomato. *Microorganisms* **2021**, *9*, 2099. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102099>.
99. Khalid, M.F.; Huda, S.; Yong, M.; Li, L.; Li, L.; Chen, Z.H.; Ahmed, T. Alleviation of Drought and Salt Stress in Vegetables: Crop Responses and Mitigation Strategies. *Plant Growth Regul.* **2022**, *99*, 177–194. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00905-x>.
100. Khin Thuzar Win, Tanaka Fukuyo, Okazaki Keiki, Y.O., **2018**. The ACC deaminase expressing endophyte *Pseudomonas* spp. Enhances NaCl stress tolerance by reducing stress-related ethylene production, resulting in improved growth, photosynthetic performance, and ionic balance in tomato plants. *Plant Physiol. Biochem.* **127**, 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.04.038>
101. Kijne, J.; Barker, R. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*; CABI: Wallingford, UK, **2003**. <https://doi.org/10.1079/9780851996691.0000>.
102. Kisvarga, S., Farkas, D., Boronkay, G., Neményi, A., Orlóci, L., **2022**. Effects of Biostimulants in Horticulture, with Emphasis on Ornamental Plant Production. *Agronomy* **12**. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051043>
103. Kizilkaya, R., **2009**. Nitrogen fixation capacity of *Azotobacter* spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. *J. Environ. Biol.* **30**, 73–82.
104. Kowalska, I.; Smoleń, S. Effect of Foliar Application of Salicylic Acid on the Response of Tomato Plants to Oxidative Stress and Salinity. *J. Elem.* **2013**, *18*, 239–254. <https://doi.org/10.5601/jelem.2013.18.2.04>.
105. Krauss, S.; Schnitzler, W.H.; Grassmann, J.; Voitke, M. The Influence of Different Electrical Conductivity Values in a Simplified Recirculating Soilless System on Inner and Outer Fruit Quality Characteristics of Tomato. *J. Agric. Food Chem.* **2006**, *54*, 441–448. <https://doi.org/10.1021/jf051930a>.

106. Kumari, R.; Kaur, I.; Bhatnagar, A.K. Effect of Aqueous Extract of *Sargassum Johnstonii* Setchell & Gardner on Growth, Yield and Quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *J. Appl. Phycol.* **2011**, *23*, 623–633. <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9651-x>.
107. Kusvuran, S.; Yasar, F.; Ellialtioglu, S.; Abak, K. Utilizing Some of Screening Methods in Order to Determine of Tolerance of Salt Stress in the Melon (*Cucumis melo* L.). *Res. J. Agric. Biol. Sci.* **2007**, *3*, 40–45.
108. Lazaridi, E., Kapazoglou, A., Gerakari, M., Kleftogianni, K., Passa, K., Sarri, E., Papatotiropoulos, V., Tani, E., Bebeli, P.J., **2024**. Crop Landraces and Indigenous Varieties : A Valuable Source of Genes for Plant Breeding 1–23.
109. Li, H.; Zhu, Y.; Hu, Y.; Han, W.; Gong, H. Beneficial Effects of Silicon in Alleviating Salinity Stress of Tomato Seedlings Grown under Sand Culture. *Acta Physiol. Plant.* **2015**, *37*, 71. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1818-7>.
110. Li, J.; Gao, Z.; Zhou, L.; Li, L.; Zhang, J.; Liu, Y.; Chen, H. Comparative Transcriptome Analysis Reveals K⁺ Transporter Gene Contributing to Salt Tolerance in Eggplant. *BMC Plant Biol.* **2019**, *19*, 67. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1663-8>.
111. Li, Y. Physiological Responses of Tomato Seedlings (*Lycopersicon Esculentum*) to Salt Stress. *Modern Appl. Sci.* **2009**, *3*, 171–176.
112. Liu, F.Y.; Li, K.T.; Yang, W.J. Differential Responses to Short-Term Salinity Stress of Heat-Tolerant Cherry Tomato Cultivars Grown at High Temperatures. *Hortic. Environ. Biotechnol.* **2014**, *55*, 79–90. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0127-1>.
113. López-Serrano L, Calatayud Á, López-Galarza S, Serrano R & Bueso E (2021). Uncovering salt tolerance mechanisms in pepper plants: A physiological and transcriptomic approach. *BMC Plant Biology* 21. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02938-2>
114. Lugtenberg, B., **2015**. Principles of plant-microbe interactions: Microbes for sustainable agriculture. *Princ. Plant-Microbe Interact. Microbes Sustain. Agric.* 1–448. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3>
115. Lycoskoufis, I.H.; Savvas, D.; Mavrogianopoulos, G. Growth, Gas Exchange, and Nutrient Status in Pepper (*Capsicum annum* L.) Grown in Recirculating Nutrient Solution as Affected by Salinity Imposed to Half of the Root System. *Sci. Hortic.* **2005**, *106*, 147–161. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.02.022>.
116. Maas, E.V.; Grattan, S.R. Crop Yields as Affected by Salinity. In *Agricultural Drainage Agronomy Monograph No. 38*; Skaggs, R.W., van Schilfhaarde, J., Eds., ASA, Madison, WI, USA, **1999**; pp. 55–108.
117. Maas, E.V.; Hoffman, G.J. Crop Salt Tolerance—Current Assessment. *ASCE J. Irrig. Drain. Div.* **1977**, *103*, 115–134. <https://doi.org/10.1061/jrcea4.0001137>.
118. Maathuis, F.J.M. The Role of Monovalent Cation Transporters in Plant Responses to Salinity. *J. Exp. Bot.* **2006**, *57*, 1137–1147. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj001>.
119. Machado, R.M.A., Serralheiro, R.P., **2017**. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae* 3. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020030>

120. Magán, J.J.; Gallardo, M.; Thompson, R.B.; Lorenzo, P. Effects of Salinity on Fruit Yield and Quality of Tomato Grown in Soil-Less Culture in Greenhouses in Mediterranean Climatic Conditions. *Agric. Water Manag.* **2008**, *95*, 1041–1055. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.03.011>.
121. Malone, M.; Andrews, J. The Distribution of Xylem Hydraulic Resistance in the Fruiting Truss of Tomato. *Plant Cell Environ.* **2001**, *24*, 565–570. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00687.x>.
122. Mansour, M.M.F.; Salama, K.H.A.; Al-Mutawa, M.M. Transport Proteins and Salt Tolerance in Plants. *Plant Sci.* **2003**, *164*, 891–900. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00109-2).
123. Marschner, H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*; Academic Press: Amsterdam, The Netherlands, **1995**.
124. Martínez-Lorente, S.E., Martí-Guillén, J.M., Pedreño, M.Á., Almagro, L., Sabater-Jara, A.B., **2024**. Higher Plant-Derived Biostimulants: Mechanisms of Action and Their Role in Mitigating Plant Abiotic Stress. *Antioxidants* **13**. <https://doi.org/10.3390/antiox13030318>
125. Massaretto, I.L.; Albaladejo, I.; Purgatto, E.; Flores, F.B.; Plasencia, F.; Egea-Fernández, J.M.; Bolarin, M.C.; Egea, I. Recovering Tomato Landraces to Simultaneously Improve Fruit Yield and Nutritional Quality against Salt Stress. *Front. Plant Sci.* **2018**, *9*, 1778. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01778>.
126. McCall, D.; Brazaitytè, A. Salinity Effects on Seedling Growth and Floral Initiation in the Tomato. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* **1997**, *47*, 248–252. <https://doi.org/10.1080/09064719709362468>.
127. Meza, S.L.R.; Egea, I.; Massaretto, I.L.; Morales, B.; Purgatto, E.; Egea-Fernández, J.M.; Bolarin, M.C.; Flores, F.B. Traditional Tomato Varieties Improve Fruit Quality without Affecting Fruit Yield under Moderate Salt Stress. *Front. Plant Sci.* **2020**, *11*, 587754. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.587754>.
128. Mishra, A.K., Das, R., George Kerry, R., Biswal, B., Sinha, T., Sharma, S., Arora, P., Kumar, M., **2023**. Promising management strategies to improve crop sustainability and to amend soil salinity. *Front. Environ. Sci.* **10**, 1–19. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.962581>
129. Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. In *New Phytologist* (Vol. 167, Issue 3, pp. 645–663). Wiley. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>
130. Munns, R. (2011) Plant Adaptations to Salt and Water Stress: Differences and Commonalities. *Advances in Botanical Research*, *57*, 1-32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8.00001-1>
131. Munns, R. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. *Plant Cell Environ.* **2002**, *25*, 239–250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>.
132. Munns, R. Genes and Salt Tolerance: Bringing Them Together. *New Phytol.* **2005**, *167*, 645–663. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>.
133. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. In *Annual Review of Plant Biology* (Vol. 59, Issue 1, pp. 651–681). Annual Reviews. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

134. Naeem, M.; Basit, A.; Ahmad, I.; Mohamed, H.I.; Wasila, H. Effect of Salicylic Acid and Salinity Stress on the Performance of Tomato Plants. *Gesunde Pflanz.* **2020**, *72*, 393–402. <https://doi.org/10.1007/s10343-020-00521-7>.
135. Nanda, S., Kumar, G. & Hussain, S., **2022**. Utilization of seaweed-based biostimulants in improving plant and soil health: current updates and future prospective. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **19**, 12839–12852. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13762-021-03568-9>
136. Navarro, J.M.; Garrido, C.; Flores, P.; Martínez, V. The Effect of Salinity on Yield and Fruit Quality of Pepper Grown in Perlite. *Spanish J. Agric. Res.* **2010**, *8*, 142. <https://doi.org/10.5424/sjar/2010081-1153>.
137. Nebauer, S. G., Sánchez, M., Martínez, L., Lluch, Y., Renau-Morata, B., and Molina, R. V. (2013). Differences in photosynthetic performance and its correlation with growth among tomato cultivars in response to different salts. *Plant Physiol. Biochem.* **63**, 61–69. doi: 10.1016/j.plaphy.2012.11.006
138. Nishimura, T., S. Cha-um, M. Takagaki, K. Ohyama, K., **2011**. Survival percentage, photosynthetic abilities and growth characters of two indica rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) cultivars in response to iso-osmotic stress. *Spanish J. Agric. Res.* **9**, 262. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110901-162-10>
139. Nkhata, W., Shimelis, H., Melis, R., Chirwa, R., Mzengeza, T., Mathew, I., Shayanowako, A., **2021**. Combining ability analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L) genotypes for resistance to bean fly (*Ophiomyia* spp.), and grain yield and component traits. *Euphytica* **217**, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02833-9>
140. Nouck, A.E., Taffouo, V.D., Tsoata, E., Dibong, D.S., Nguemezi, S.T., Gouado, I., Youmbi, E., **2016**. Growth, biochemical constituents, micronutrient uptake and yield response of six tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) cultivars grown under salinity stress. *J. Agron.* **15**, 58–67. <https://doi.org/10.3923/ja.2016.58.67>
141. Nouck, A.E.; Taffouo, V.D.; Tsoata, E.; Dibong, D.S.; Nguemezi, S.T.; Gouado, I.; Youmbi, E. Growth, Biochemical Constituents, Micronutrient Uptake and Yield Response of Six Tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) Cultivars Grown under Salinity Stress. *J. Agron.* **2016**, *15*, 58–67. <https://doi.org/10.3923/ja.2016.58.67>.
142. Ntanasi, T., Ntatsi, G., Karavidas, I., Ziogas, I., Karaolani, M., Fortis, D., Zioviris, G., Fotopoulos, V., Schubert, A., Guillaume, M., Causse, M., Conesa, M., Galmès, J., Savvas, D., **2023**. Impact of salinity stress on fruit quality of different Mediterranean cherry-type tomato landraces. *Acta Hort.* **1372**, 301–307. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1372.39>
143. Ntanasi, T.; Karavidas, I.; Zioviris, G.; Ziogas, I.; Karaolani, M.; Fortis, D.; Conesa, M.; Schubert, A.; Savvas, D.; Ntatsi, G. Assessment of Growth, Yield, and Nutrient Uptake of Mediterranean Tomato Landraces in Response to Salinity Stress. *Plants* **2023**, *12*, 3551. <https://doi.org/10.3390/plants12203551>.
144. Olaniyan, F.T., Alori, E.T., Adekiya, A.O., Ayorinde, B.B., Daramola, F.Y., Osemwegie, O.O., Babalola, O.O., **2022**. The use of soil microbial potassium solubilizers in potassium nutrient availability in soil and its dynamics. *Ann. Microbiol.* **72**. <https://doi.org/10.1186/s13213-022-01701-8>

145. Özdemir, B.; Tanyolaç, Z.Ö.; Ulukapı, K.; Onus, A.N. Evaluation of Salinity Tolerance Level of Some Pepper (*Capsicum annuum* L.) Cultivars. *Int. J. Agric. Innov. Res.* **2016**, *5*, 2319–1473.
146. Parađiković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., Špoljarević, M., **2019**. Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food Energy Secur.* *8*, 1–17. <https://doi.org/10.1002/fes3.162>
147. Patil, V.C.; Al-Gaadi, K.A.; Wahb-Allah, M.A.; Saleh, A.M.; Marey, S.A.; Samdani, M.S.; Abbas, M.E. Use of Saline Water for Greenhouse Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Production. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* **2014**, *9*, 208–217. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2014.208.217>.
148. Petersen, K. K., Willumsen, J., & Kaack, K. (1998). Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. In *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* (Vol. 73, Issue 2, pp. 205–215). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11510966>
149. Psarras, G.; Bertaki, M.; Chartzoulakis, K. Response of Greenhouse Tomato to Salt Stress and K⁺ Supplement. *Plant Biosyst.* **2008**, *142*, 149–153. <https://doi.org/10.1080/11263500701872903>.
150. Qaryouti, M.M.; Hamdan, H.; Edwan, M.; Hurani, O.M.; Al-Dabbas, M.A. Evaluation and Characterization of Jordanian Tomato Landraces. *Dirasat Agri. Sci.* **2007**, *34*, 44–56.
151. Qin, C.; Yu, C.; Shen, Y.; Fang, X.; Chen, L.; Min, J.; Cheng, J.; Zhao, S.; Xu, M.; Luo, Y.; et al. Whole-Genome Sequencing of Cultivated and Wild Peppers Provides Insights into *Capsicum* Domestication and Specialization. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2014**, *111*, 5135–5140. <https://doi.org/10.1073/pnas.1400975111>.
152. Qiu, R.; Jing, Y.; Liu, C.; Yang, Z.; Wang, Z. Response of Hot Pepper Yield, Fruit Quality, and Fruit Ion Content to Irrigation Water Salinity and Leaching Fractions. *HortScience* **2017**, *52*, 979–985. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12054-17>.
153. Rahnema, A., James, R. A., Poustini, K., & Munns, R. (2010). Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. In *Functional Plant Biology* (Vol. 37, Issue 3, p. 255). CSIRO Publishing. <https://doi.org/10.1071/fp09148>
154. Rajendran, R.; Jagmohan, S.; Jayaraj, P.; Ali, O.; Ramsubhag, A.; Jayaraman, J. Effects of *Ascophyllum nodosum* Extract on Sweet Pepper Plants as an Organic Biostimulant in Grow Box Home Garden Conditions. *J. Appl. Phycol.* **2022**, *34*, 647–657. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02611-z>.
155. Rana, V.S., Sharma, V., Sharma, S., Rana, N., Kumar, V., Sharma, U., Almutairi, K.F., Avila-Quezada, G.D., Abd_Allah, E.F., Gudeta, K., **2023**. Seaweed Extract as a Biostimulant Agent to Enhance the Fruit Growth, Yield, and Quality of Kiwifruit. *Horticultrae* *9*, 1–14. <https://doi.org/10.3390/horticultrae9040432>
156. Rashad, Y.M.; El-Sharkawy, H.H.A.; Elazab, N.T. *Ascophyllum nodosum* Extract and Mycorrhizal Colonization Synergistically Trigger Immune Responses in Pea Plants against Rhizoctonia Root Rot, and Enhance Plant Growth and Productivity. *J. Fungi* **2022**, *8*, 268. <https://doi.org/10.3390/jof8030268>.
157. Rayirath, P.; Benkel, B.; Mark Hodges, D.; Allan-Wojtas, P.; MacKinnon, S.; Critchley, A.T.; Prithiviraj, B. Lipophilic Components of the Brown Seaweed,

- Ascophyllum nodosum*, Enhance Freezing Tolerance in Arabidopsis Thaliana. *Planta* **2009**, *230*, 135–147. <https://doi.org/10.1007/s00425-009-0920-8>.
158. Raza, A., Tabassum, J., Fakhar, A.Z., Sharif, R., Chen, H., Zhang, C., Ju, L., Fotopoulos, V., Siddique, K.H.M., Singh, R.K., Zhuang, W., Varshney, R.K., **2023**. Smart reprogramming of plants against salinity stress using modern biotechnological tools. *Crit. Rev. Biotechnol.* **43**, 1035–1062. <https://doi.org/10.1080/07388551.2022.2093695>
 159. Raza, M.A.; Saeed, A.; Munir, H.; Ziaf, K.; Shakeel, A.; Saeed, N.; Munawar, A.; Rehman, F. Screening of Tomato Genotypes for Salinity Tolerance Based on Early Growth Attributes and Leaf Inorganic Osmolytes. *Arch. Agron. Soil Sci.* **2017**, *63*, 501–512. <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1224856>.
 160. Roberta Bulgari, Giulia Franzoni, A.F., **2019**. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy* **9**. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
 161. Rodrigues, M., Baptistella, J.L.C., Horz, D.C., Bortolato, L.M., Mazzafera, P., **2020**. Organic plant biostimulants and fruit quality-a review. *Agronomy* **10**. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070988>
 162. Rodríguez-Ortega, W.M.; Martínez, V.; Nieves, M.; Simón, I.; Lidón, V.; Fernandez-Zapata, J.C.; Martinez-Nicolas, J.J.; Cámara-Zapata, J.M.; García-Sánchez, F. Agricultural and Physiological Responses of Tomato Plants Grown in Different Soilless Culture Systems with Saline Water under Greenhouse Conditions. *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 6733. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42805-7>.
 163. Romero-Aranda, R.; Soria, T.; Cuartero, J. Tomato Plant-Water Uptake and Plant-Water Relationships under Saline Growth Conditions. *Plant Sci.* **2001**, *160*, 265–272.
 164. Roşca, M.; Mihalache, G.; Stoleru, V. Tomato Responses to Salinity Stress: From Morphological Traits to Genetic Changes. *Front. Plant Sci.* **2023**, *14*, 1118383. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1118383>.
 165. Rouphael, Y., Cardarelli, M., Bonini, P., Colla, G., **2017**. Synergistic action of a microbial-based biostimulant and a plant derived-protein hydrolysate enhances lettuce tolerance to alkalinity and salinity. *Front. Plant Sci.* **8**, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00131>
 166. Rouphael, Y., Carillo, P., Garcia-Perez, P., Cardarelli, M., Senizza, B., Miras-Moreno, B., Colla, G., Lucini, L., **2022**. Plant biostimulants from seaweeds or vegetal proteins enhance the salinity tolerance in greenhouse lettuce by modulating plant metabolism in a distinctive manner. *Sci. Hort. (Amsterdam)*. **305**. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111368>
 167. Rouphael, Y., Colla, G., **2020**. Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Front. Plant Sci.* **11**, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
 168. Rouphael, Y., Corrado, G., Colla, G., De Pascale, S., Dell’aversana, E., D’amelia, L.I., Fusco, G.M., Carillo, P., **2021**. Biostimulation as a means for optimizing fruit phytochemical content and functional quality of tomato landraces of the San Marzano area. *Foods* **10**. <https://doi.org/10.3390/foods10050926>
 169. Rouphael, Y.; Cardarelli, M.; Bonini, P.; Colla, G. Synergistic Action of a Microbial-Based Biostimulant and a Plant Derived-Protein Hydrolysate Enhances Lettuce

- Tolerance to Alkalinity and Salinity. *Front. Plant Sci.* **2017**, *8*, 131. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00131>.
170. Roy, S. J., Negrão, S., and Tester, M. (2014). Salt resistant crop plants. *Curr. Opin. Biotechnol.* *26*, 115–124. doi: 10.1016/j.copbio.2013.12.004
 171. Ruiz, M.S.; Yasuor, H.; Ben-Gal, A.; Yermiyahu, U.; Saranga, Y.; Elbaum, R. Salinity Induced Fruit Hypodermis Thickening Alters the Texture of Tomato (*Solanum lycopersicum* Mill) Fruits. *Sci. Hortic.* **2015**, *192*, 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.06.002>.
 172. Ruzzi, M., Aroca, R., **2015**. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* (Amsterdam). *196*, 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042>
 173. Saddique, M., Kausar, A., Iqra, I., Akhter, N., Mujahid, N., Parveen, A., Zaman, Q., Hussain, S., **2022**. Amino acids application alleviated salinity stress in spinach (*Spinacia oleracea* L.) by improving oxidative defense, osmolyte accumulation, and nutrient balance. *Turkish J. Agric. For.* *46*, 875–887. <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3049>
 174. Safdar, H.; Amin, A.; Shafiq, Y.; Ali, A.; Yasin, R. Abbas Shoukat, Maqsood Ul Hussan, Muhammad Ishtiaq Sarwar. A Review: Impact of Salinity on Plant Growth. *Nat. Sci.* **2019**, *17*, 34–40. <https://doi.org/10.7537/marsnsj170119.06>.
 175. Saito, K.; Matsuda, F. Metabolomics for Functional Genomics, Systems Biology, and Biotechnology. *Annu. Rev. Plant Biol.* **2010**, *61*, 463–489. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.043008.092035>.
 176. Salinas, J.; Padilla, F.M.; Thompson, R.B.; Teresa Peña-Fleitas, M.; López-Martín, M.; Gallardo, M. Responses of Yield, Fruit Quality and Water Relations of Sweet Pepper in Mediterranean Greenhouses to Increasing Salinity. *Agric. Water Manag.* **2023**, *290*, 108578. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108578>.
 177. San-Martín-Hernández, C.; Gómez-Merino, F.C.; Rivera-Vargas, G.; Saucedo-Veloz, C.; Vaquera-Huerta, H.; Trejo-Téllez, L.I. Tomato Fruit Quality Between Clusters Is Differentially Affected By Nitrogen and Potassium Supply. *Rev. Fitotec. Mex.* **2022**, *45*, 183–192. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.2.183>.
 178. Saranga, Y.; Zamir, D.; Marani, A.; Rudich, J. Breeding Tomatoes for Salt Tolerance: Field Evaluation of *Lycopersicon* Germplasm for Yield and Dry-Matter Production. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **1991**, *116*, 1067–1071.
 179. Savvas, D., Giannothanasis, E., Ntanasi, T., Karavidas, I., Ntatsi, G., **2024**. State of the Art and New Technologies to Recycle the Fertigation Effluents in Closed Soilless Cropping Systems Aiming to Maximise Water and Nutrient Use Efficiency in. *Agron. J.*
 180. Savvas, D., Magkana, P., Yfantopoulos, D., Kalozoumis, P., & Ntatsi, G. (2024). Growth and Nutritional Responses of Zucchini Squash to a Novel Consortium of Six *Bacillus* sp. Strains Used as a Biostimulant. *Agronomy*, *14*(2), 362.
 181. Savvas, D.; Chatzieustratiou, E.; Pervolaraki, G.; Gizas, G.; Sigrimis, N. Modelling Na and Cl Concentrations in the Recycling Nutrient Solution of a Closed-Cycle Pepper Cultivation. *Biosyst. Eng.* **2008**, *99*, 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.10.008>.

182. Savvas, D.; Gianquinto, G.; Tuzel, Y.; Gruda, N. *Soilless Culture*; FAO: Rome, Italy, **2013**; ISBN 9789251076491.
183. Shabala, S.; Cuin, T.A. Potassium Transport and Plant Salt Tolerance. *Physiol. Plant.* **2008**, *133*, 651–669. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01008.x>.
184. Shabani, E.; Tabatabaei, S.J.; Bolandnazar, S.; Ghasemi, K. Vegetative Growth and Nutrient Uptake of Salinity Stressed Cherry Tomato in Different Calcium and Potassium Level. *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.* **2012**, *3*, 1845–1853.
185. Shailendra Singh, G.G., **2015**. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. *J. Microb. Biochem. Technol.* *07*, 96–102. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000188>
186. Shibli, R.A.; Kushad, M.; Yousef, G.G.; Lila, M.A. Physiological and Biochemical Responses of Tomato Microshoots to Induced Salinity Stress with Associated Ethylene Accumulation. *Plant Growth Regul.* **2007**, *51*, 159–169. <https://doi.org/10.1007/s10725-006-9158-7>.
187. Shin, R., **2017**. Potassium sensing, signaling, and transport: toward improved potassium use efficiency in plants, *Plant Macronutrient Use Efficiency: Molecular and Genomic Perspectives in Crop Plants*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811308-0.00008-9>
188. Shiyab, S.M.; Shatnawi, M.A.; Shibli, R.A.; Al Smeirat, N.G.; Ayad, J.; Akash, M.W. Growth, Nutrient Acquisition, and Physiological Responses of Hydroponic Grown Tomato To Sodium Chloride Salt Induced Stress. *J. Plant Nutr.* **2013**, *36*, 665–676. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.754037>.
189. Siddiky, M.A.; Khan, M.S.; Rahman, M.M.; Uddin, M.K. Performance of Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Germplasm to Salinity Stress. *Bangladesh J. Bot.* **2015**, *44*, 193–200.
190. Singh, A., **2022**. Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use Manag.* *38*, 39–67. <https://doi.org/10.1111/sum.12772>
191. Singh, J., Sastry, E.V.D., Singh, V., **2012**. Effect of salinity on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during seed germination stage. *Physiol. Mol. Biol. Plants* *18*, 45–50. <https://doi.org/10.1007/s12298-011-0097-z>
192. Singh, R., Kaur, S., Bhullar, S.S., Singh, H., Sharma, L.K., **2024**. Bacterial biostimulants for climate smart agriculture practices: Mode of action, effect on plant growth and roadmap for commercial products. *J. Sustain. Agric. Environ.* *3*, 1–20. <https://doi.org/10.1002/sae2.12085>
193. Sonneveld, C. *Effects of Salinity on Substrate Grown Vegetables and Ornamentals in Greenhouse Horticulture*; Wageningen University and Research: Wageningen, The Netherlands, **2000**.
194. Sonneveld, C.; Burg, A.M.M. van der Sodium Chloride Salinity in Fruit Vegetable Crops in Soilless Culture. *Neth. J. Agric. Sci.* **1991**, *39*, 115–122. <https://doi.org/10.18174/njas.v39i2.16546>.
195. Sonneveld, C.; Voogt, W. *Plant Nutritions of Greenhouse Crop*; Springer: Dordrecht, The Netherlands; Heidelberg, Germany; London, UK; New York, NY, USA, **2009**; ISBN 9788578110796.

196. Sonneveld, C.; Voogt, W. *Plant Nutritions of Greenhouse Crop*; Springer: Netherlands, **2009**; ISBN 9788578110796.
197. Stavi, I., Thevs, N., Priori, S., **2021**. Soil Salinity and Sodicity in Drylands: A Review of Causes, Effects, Monitoring, and Restoration Measures. *Front. Environ. Sci.* **9**, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.712831>
198. Suarez, D.L., Celis, N., Ferreira, J.F.S., Reynolds, T., Sandhu, D., **2021**. Linking genetic determinants with salinity tolerance and ion relationships in eggplant, tomato and pepper. *Sci. Rep.* **11**, 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95506-5>
199. Suarez, D.L.; Celis, N.; Ferreira, J.F.S.; Reynolds, T.; Sandhu, D. Linking Genetic Determinants with Salinity Tolerance and Ion Relationships in Eggplant, Tomato and Pepper. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 16298. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95506-5>.
200. Subbarao, G.V.; Johansen, C.; Jana, M.K.; Kumar Rao, J.V.D.K. Effects of the Sodium/Calcium Ratio in Modifying Salinity Response of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). *J. Plant Physiol.* **1990**, *136*, 439–443. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)80032-5](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)80032-5).
201. Subramaniyan, L.; Veerasamy, R.; Prabhakaran, J.; Selvaraj, A.; Algarswamy, S.; Karuppasami, K.M.; Thangavel, K.; Nalliappan, S. Biostimulation Effects of Seaweed Extract (*Ascophyllum nodosum*) on Phytomorpho-Physiological, Yield, and Quality Traits of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulturae* **2023**, *9*, 348. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030348>.
202. Sun, W., Shahrajabian, M.H., Kuang, Y., Wang, N., **2024**. Amino Acids Biostimulants and Protein Hydrolysates in Agricultural Sciences. *Plants* **13**. <https://doi.org/10.3390/plants13020210>
203. Taffouo, V.D.; Nouck, A.H.; Dibong, S.D.; Amougou, A. Effects of Salinity Stress on Seedlings Growth, Mineral Nutrients and Total Chlorophyll of Some Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Cultivars. *Afr. J. Biotechnol.* **2010**, *9*, 5366–5372.
204. Tagiakas, R.I., Avdikos, I.D., Goula, A., Koutis, K., Nianiou-Obeidat, I., Mavromatis, A.G., **2022**. Characterization and evaluation of Greek tomato landraces for productivity and fruit quality traits related to sustainable low-input farming systems. *Front. Plant Sci.* **13**, 1–19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.994530>
205. Tester, M.; Davenport, R. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. *Ann. Bot.* **2003**, *91*, 503–527. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg058>.
206. Thanopoulos, R., Negri, V., Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Petrova, S., Chatzigeorgiou, T., Terzopoulos, P., Ralli, P., Suso, M.J., Bebeli, P.J., **2024**. Landrace legislation in the world: status and perspectives with emphasis in EU system, Genetic Resources and Crop Evolution. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10722-023-01824-0>
207. Tognoni, F.; Serra, G. Trends in Process Technologies and Products. *Acta Hort.* **2003**, *614*, 65–75. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.614.7>.
208. Tripodi, P., & Kumar, S. (2019). *The Capsicum Crop: An Introduction*. 1–8. doi: 10.1007/9783 319-97217-6_1
209. Truşcă, M.; Gâdea, Ştefania; Vidican, R.; Stoian, V.; Vâtcă, A.; Balint, C.; Stoian, V.A.; Horvat, M.; Vâtcă, S. Exploring the Research Challenges and Perspectives in

- Ecophysiology of Plants Affected by Salinity Stress. *Agriculture* **2023**, *13*, 734. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030734>.
210. Tuna, A.L.; Kaya, C.; Ashraf, M.; Altunlu, H.; Yokas, I.; Yagmur, B. The Effects of Calcium Sulphate on Growth, Membrane Stability and Nutrient Uptake of Tomato Plants Grown under Salt Stress. *Environ. Exp. Bot.* **2007**, *59*, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.007>.
 211. Ullah, A., Bano, A., Khan, N., **2021**. Climate Change and Salinity Effects on Crops and Chemical Communication Between Plants and Plant Growth-Promoting Microorganisms Under Stress. *Front. Sustain. Food Syst.* *5*, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.618092>
 212. van Genuchten, M.T.; Hoffman, G. Soil Salinity under Irrigation, Processed and Management. (Ecological Studies 51)—Chapter 8; Management Aspect for Crop Production; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, **1984**; pp. 258–271.
 213. Van Oosten, M.J.; Di Stasio, E.; Cirillo, V.; Silletti, S.; Ventrino, V.; Pepe, O.; Raimondi, G.; Maggio, A. Root Inoculation with *Azotobacter Chroococcum* 76A Enhances Tomato Plants Adaptation to Salt Stress under Low N Conditions. *BMC Plant Biol.* **2018**, *18*, 205. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1411-5>.
 214. Velmourougane, K., Prasanna, R., Chawla, G., Nain, L., Kumar, A., Saxena, A.K., **2019**. *Trichoderma*–*Azotobacter* biofilm inoculation improves soil nutrient availability and plant growth in wheat and cotton. *J. Basic Microbiol.* *59*, 632–644. <https://doi.org/10.1002/jobm.201900009>
 215. Veloso, L.L.A.; Lima, G.S.; Silva, A.A.R.; Souza, L.P.; Lacerda, C.N.; Silva, I.J.; Chaves, L.H.G.; Fernandes, P.D. Attenuation of Salt Stress on the Physiology and Production of Bell Peppers by Treatment with Salicylic Acid. *Semin. Agrar.* **2021**, *42*, 2751–2768. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n5p2751>.
 216. Villa e Vila, V., Rezende, R., Marques, P.A.A., Wenneck, G.S., Nocchi, R.C. de F., Terassi, D. de S., Andrean, A.F.B.A., Matumoto-Pintro, P.T., **2023**. Seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* applied in tomato crop as a biostimulant for improving growth, yield and soil fertility in subtropical condition. *J. Appl. Phycol.* *35*, 2531–2541. <https://doi.org/10.1007/s10811-023-03060-6>
 217. Villa, T.C.C.; Maxted, N.; Scholten, M.; Ford-Lloyd, B. Defining and Identifying Crop Landraces. *Plant Genet. Resour.* **2005**, *3*, 373–384. <https://doi.org/10.1079/pgr200591>.
 218. Voutsinos-Frantzis, O.; Karavidas, I.; Petropoulos, D.; Zioviris, G.; Fortis, D.; Ntanas, T.; Ropokis, A.; Karkanis, A.; Sabatino, L.; Savvas, D.; et al. Effects of NaCl and CaCl₂ as Eustress Factors on Growth, Yield, and Mineral Composition of Hydroponically Grown *Valerianella Locusta*. *Plants* **2023**, *12*, 1454. <https://doi.org/10.3390/plants12071454>.
 219. Willumsen, J., Petersen, K.K., Kaack, K., 1996. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* *71*, 81–98. <https://doi.org/10.1080/14620316.1996.11515385>
 220. Yadav, S.; Modi, P.; Dave, A.; Vijapura, A.; Patel, D.; Patel, M. Effect of Abiotic Stress on Crops. *Sustain. Crop Prod.* **2020**, 1–21. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88434>.
 221. Yakhin, O.I., Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H., **2017**. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Front. Plant Sci.* *7*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>

222. Yang, H., Du, T., Mao, X., Ding, R., Shukla, M.K., **2019**. A comprehensive method of evaluating the impact of drought and salt stress on tomato growth and fruit quality based on EPIC growth model. *Agric. Water Manag.* **213**, 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.010>
223. Yang, H.; Du, T.; Mao, X.; Ding, R.; Shukla, M.K. A Comprehensive Method of Evaluating the Impact of Drought and Salt Stress on Tomato Growth and Fruit Quality Based on EPIC Growth Model. *Agric. Water Manag.* **2019**, *213*, 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.010>.
224. Yildirim, E.; Turan, M.; Guvenc, I. Effect of Foliar Salicylic Acid Applications on Growth, Chlorophyll, and Mineral Content of Cucumber Grown under Salt Stress. *J. Plant Nutr.* **2008**, *31*, 593–612. <https://doi.org/10.1080/01904160801895118>.
225. Yunus, Q.; Zari, M. Effect of Exogenous Silicon on Ion Distribution of Tomato Plants Under Salt Stress. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **2017**, *48*, 1843–1851. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1311908>.
226. Zeng, L.; Poss, J.A.; Wilson, C.; Draz, A.S.E.; Gregorio, G.B.; Grieve, C.M. Evaluation of Salt Tolerance in Rice Genotypes by Physiological Characters. *Euphytica* **2003**, *129*, 281–292. <https://doi.org/10.1023/A:1022248522536>.
227. Zhang, P.; Jiang, S.; Dai, Y.; Zhang, Z.; Senge, M. Combined Treatment of Salinity Stress and Fruit Thinning Effect on Tomato. *Front. Nutr.* **2022**, *9*, 857977. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.857977>.
228. Zodape, S.T.; Gupta, A.; Rawat, U.S.; Chaudhary, D.R.; Eswaran, K.; Chikara, J. Foliar Application of Seaweed Sap as Biostimulant for Enhancement of Yield and Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Proc. ASME Des. Eng. Tech. Conf.* **2010**, *4*, 265–273. <https://doi.org/10.1115/DETC2010-29226>.

9. Βιογραφικό σημείωμα

Προσωπικά στοιχεία

Όνοματεπώνυμο: Θεοδώρα Ντάναση
Ημερομηνία γέννησης: 25 Δεκεμβρίου 1996
Τόπος γέννησης: Αμαλιάδα
Εθνικότητα: Ελληνική
Διεύθυνση κατοικίας: Αρχαίας Ήλιδος 72, Χάβαρι
Τηλέφωνο: 6980757201
Ηλεκτρονική διεύθυνση: ntanasi@aua.gr

Εκπαίδευση

Πανεπιστημιακή Εκπαίδευση

- 09/2014-11/2019:** Πτυχίο Γεωπονίας (2019). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Κατεύθυνση Κηπευτικών Καλλιεργειών (βαθμός 7,35). Θέμα πτυχιακής μελέτης: «Επίδραση της χειμερινής καλλιέργειας που προηγήθηκε στη παραγωγή, θρεπτική κατάσταση εδάφους και βιολογική αζωτοδέσμευση σε υπαίθρια βιολογική καλλιέργεια νωπού φασολιού». Επιβλέπων Καθ. κ. Δημήτριος Σάββας. Βαθμός πτυχιακής μελέτης: Δέκα (10).
- 05/2020- Σήμερα:** Εκπόνηση διδακτορικής διατριβής με θέμα: «Αξιολόγηση τοπικών ποικιλιών τομάτας και πιπεριάς ως προς την ανοχή τους στην αλατότητα σε συνθήκες υδροπονικής καλλιέργειας και των δυνατοτήτων μετριασμού της αλατούχου καταπόνησης στην τομάτα μέσω εφαρμογής βιοδιεγερτών» Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών Επιβλέπουσα Επικ. Καθηγήτρια Δρ. Ντάτση Γεωργία.

Ξένες γλώσσες

- 2010:** EDEXEL Pearson Test of English General Level 2, Level B1
2011: EDEXEL First Certificate in English, Level B2
2021: NOCN Proficiency: Level 3 Certificate in ESOL International, Level C2

Επαγγελματική εμπειρία

- 01/2021- Σήμερα:** Συμμετοχή ως μέλος της εταιρίας NUTRISSENSE IKE (NUTRISSENSE NATURE BASED SOLUTIONS FOR NUTRIENT MANAGEMENT IN AGRICULTURE), τεχνοβλαστό του ΓΠΑ

Εκπαιδευτικό έργο

- 2021-σήμερα:** Επικουρικό έργο στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών, Τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Συμμετοχή σε ερευνητικά προγράμματα

- 08/2020- 30/06/2023:** Ως γεωπόνος/ ερευνήτρια στο ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα: VEGADAPT: Βελτίωση της προσαρμοστικότητας μεσογειακών λαχανοκομικών καλλιεργειών σε συνθήκες πολλαπλής καταπόνησης οφειλόμενης στην κλιματική αλλαγή (PRIMA 2018), και Επιστ. Υπεύθυνο τον Καθ. Σάββα Δημήτριο.
- 01/2022- Σήμερα:** Ως γεωπόνος/ ερευνήτρια στο ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα: RADIANT: Realising Dynamic Value Chains for Underutilised Crops, www.radiantproject.eu/ (Horizon H2020, 2021-2025) και Επιστ. Υπεύθυνη την Επικ. Καθ Ντάτση Γεωργία.

- 25/01/2023- 01/07/2023:** Ως γεωπόνος/ ερευνήτρια στο ερευνητικό πρόγραμμα: NUTRISENSE Ανάπτυξη προηγμένης τεχνολογίας με χρήση εκλεκτικών ιοντικών ηλεκτροδίων και κατάλληλο λογισμικό για υδροπονικές καλλιέργειες κηπευτικών με έμφαση στην ανακύκλωση των απορροών σε κλειστά συστήματα, και Επιστ. Υπεύθυνο τον Καθ. Σάββα Δημήτριο.
- 07/07/2023- Σήμερα:** Ως γεωπόνος/ ερευνήτρια στο ερευνητικό πρόγραμμα: Εφαρμογή ειδικού λογισμικού υποστήριξης αποφάσεων με στόχους την ορθολογική λίπανση και τον περιορισμό της νιτρορύπανσης σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες κηπευτικών αναπτυσσόμενες είτε στο έδαφος είτε σε υδροπονικά συστήματα, με Κωδικό Έργου Μ16ΣΥΝ2-00179 / ΕΛΚΕ 729.0179 και Επιστ. Υπεύθυνο τον Καθ. Σάββα Δημήτριο πλαίσιο του ΥΠΟΜΕΤΡΟΥ 16.1 – 16.2 “ΙΔΡΥΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΣΥΜΠΡΑΞΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ” ΔΡΑΣΗ 2: «Υλοποίηση του επιχειρησιακού σχεδίου (project) των Επιχειρησιακών Ομάδων της ΕΣΚ για την παραγωγικότητα και βιωσιμότητα της γεωργίας», που συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης Ε.Γ.Τ.Α.Α και Εθνικούς πόρους.
- 18/07/2023- Σήμερα:** Ως γεωπόνος/ ερευνήτρια στο ερευνητικό πρόγραμμα: Εφαρμογή και αξιολόγηση καινοτόμων βιοδιεγερτών που μειώνουν τις ανάγκες των φυτών σε νερό και λιπάσματα σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας, με Κωδικό Έργου Μ16ΣΥΝ2-00172 / ΕΛΚΕ 716.0172 και Επιστ. Υπεύθυνη την Επικ. Καθ Ντάτση Γεωργία στο πλαίσιο του ΥΠΟΜΕΤΡΟΥ 16.1–16.5 “ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΕΡΓΑ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ” ΔΡΑΣΗ 2: «Υλοποίηση του επιχειρησιακού σχεδίου (project) των συνεργασιών με σκοπό την προώθηση δράσεων οι οποίες επιδεικνύουν σεβασμό για την προστασία του περιβάλλοντος και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή», που συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης Ε.Γ.Τ.Α.Α και Εθνικούς πόρους.
- 04/08/2023- Σήμερα:** Ως γεωπόνος/ ερευνήτρια στο ερευνητικό πρόγραμμα: BIOSPRIM: Evaluation of foliar and seed applications of some biostimulants to increase drought and salinity stress tolerance, crop performance and yield at greenhouse in lettuce (Yara International ASA, of Drammensveien 131, 0277 Oslo, Norway, 2023) και Επιστ. Υπεύθυνη την Επικ. Καθ Ντάτση Γεωργία.
- 01/11/2023 - 28/11/2023:** Ανάπτυξη και εφαρμογή ενός αυτοματοποιημένου, ενεργειακά αυτόνομου, συστήματος κάθετης υδροπονικής καλλιέργειας σε κλειστούς χώρους: Αξιολόγηση σε εφαρμογές αστικής γεωργίας και θερμοκηπιακών καλλιεργειών, με Κωδικό Έργου 3261394 και Επιστ. Υπεύθυνο τον Καθ. Σάββα Δημήτριο.
- 26/02/2024 - 13/12/2024:** Αγρονομική βελτιστοποίηση ανάπτυξη πρωτοκόλλου υδροπονικής καλλιέργειας ασκόλυμπρου βασισμένου στην μέσω πειραματική βελτιστοποίησης του εναέριου περιβάλλοντος και της θρέψης των φυτών – OPTIMUS, με Κωδικό Έργου ΑΤΤΡ4-0356837 / ΟΠΣ 5217184 / ΕΛΚΕ 385.7184 και Επιστ. Υπεύθυνο τον Καθ. Δημήτριο Σάββα στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΤΤΙΚΗ» 2014 – 2020 ΑΞΟΝΑΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ (Α.Π.) 01: «Ενίσχυση των Μηχανισμών και των Επενδύσεων των ΜΜΕ της Περιφέρειας Αττικής στην Έρευνα και την Καινοτομία» ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ 01: «Ενίσχυσης της Έρευνας, της Τεχνολογικής Ανάπτυξης και της Καινοτομίας», που συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και εθνικούς πόρους.

Διεθνή περιοδικά με συντελεστή απήγησης (IF)

1. Karavidas, I., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Vlachos, I., Tampakaki, A., Iannetta, P.P.M., Savvas, D. 2020. Comparative assessment of different crop rotation schemes for organic common bean production. *Agronomy*, 10, 9, 1269.
2. Karavidas, I., Ntatsi, G., Vougeleka, V., Karkanis, A., **Ntanasi, T.**, Saitanis, C., Agathokleous, E., Ropokis, A., Sabatino, L., Tran, F., Iannetta, P.P.M., Savvas, D. 2022. Agronomic practices to increase the yield and quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A Systematic Review. *Agronomy*. 12, 2, 271.
3. Savvas, D., Giannothanas, E., **Ntanasi, T.**, Karavidas, I., Drakatos, S., Panagiotakis, I., Neocleous, D., Ntatsi, G. 2023. Improvement and validation of a decision support system to maintain optimal nutrient levels in crops grown in closed-loop soilless systems. *Agricultural Water Management*, 285, 108373.
4. Singh, H., Sekhon, B.S., Kumar, P., Dhall, R.K., Devi, R., Dhillon, T.S., Sharma, S., Khar, A., Yadav, R.K., Tomar, B.S., **Ntanasi, T.**, Sabatino, L., Ntatsi, G. 2023. Genetic mechanisms for hybrid breeding in vegetable crops. *Plants*, 12, 12, 2294.
5. Voutsinos-Frantzis, O., Karavidas, I., Petropoulos, D., Zioviris, G., Fortis, D., **Ntanasi, T.**, Ropokis, A., Karkanis, A., Sabatino, L., Savvas, D., Ntatsi, G. 2023. Effects of NaCl and CaCl₂ as eustress factors on growth, yield, and mineral composition of hydroponically grown *Valerianella locusta*. *Plants*, 12, 7, 1454.
6. Karavidas, I., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Tampakaki, A., Giannopoulou, A., Pantazopoulou, D., Sabatino, L., Iannetta, P.P.M., Savvas, D. 2023. Hydroponic common-bean performance under reduced n-supply level and rhizobia application. *Plants*, 12, 3, 646.
7. Karavidas I., Ntatsi G., Marka S., **Ntanasi T.**, Consentino B.B., Sabatino L., Iannetta P.P.M., Savvas D. 2023. Fresh pod yield, physical and nutritional quality attributes of common bean as influenced by conventional or organic farming practices. *Plants*, 12, 1, 32.
8. **Ntanasi, T.**, Karavidas, I., Zioviris, G., Ziogas, I., Karaolani, M., Fortis, D., Conesa, M., Schubert, A., Savvas, D., Ntatsi, G. 2023. Assessment of growth, yield and nutrient uptake of Mediterranean tomato landraces in response to salinity stress. *Plants*, 12, 3551
9. Savvas D, Giannothanas E, **Ntanasi T**, Karavidas I, Ntatsi G. State of the Art and New Technologies to Recycle the Fertigation Effluents in Closed Soilless Cropping Systems Aiming to Maximise Water and Nutrient Use Efficiency in Greenhouse Crops. *Agronomy*. 2024; 14(1):61. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010061>
10. **Ntanasi T**, Savvas D, Karavidas I, Papadopoulou EA, Mazahrirh N, Fotopoulos V, Aliferis KA, Sabatino L, Ntatsi G. Assessing Salinity Tolerance and Fruit Quality of Pepper Landraces. *Agronomy*. 2024; 14(2):309. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020309>
11. **Ntanasi T**, Karavidas I, Spyrou GP, Giannothanas E, Aliferis KA, Saitanis C, Fotopoulos V, Sabatino L, Savvas D, Ntatsi G. Plant Biostimulants Enhance Tomato Resilience to Salinity Stress: Insights from Two Greek Landraces. *Plants (Basel)*. 2024 May 17;13(10):1404. doi: 10.3390/plants13101404. PMID: 38794474; PMCID: PMC11125247.
12. Voutsinos Frantzis, O., Savvas, D., Antoniadou, N., Liakopoulos, G., Karavidas, I., **Ntanasi, T.**, Sabatino, L., Marcelis, L.F.M., Ntatsi, G. 2024. Innovative cultivation practices for reducing nitrate content in baby leaf lettuce grown in vertical farm. *Horticulturae* 10(4), 375.
13. Voutsinos Frantzis O., Savvas, D., Liakopoulos, G., Karavidas, I., **Ntanasi, T.**, Sabatino, L., Marcelis, L.F.M., Ntatsi, G. 2024. Optimizing Vertical Farm Cultivation of *Cichorium spinosum* L.: White Light's Influence and Nutrition Management. *Heliyon* (accepted and revised)
14. Karkanis, A., Asprogeraka, A.C., Paouris, E., **Ntanasi, T.**, Karavidas, I., Rumbos, C.I., Athanassiou, C.G., Ntatsi, G., 2024. Yellow Mealworm Insect Frass: A Promising Organic Fertilizer for Common Sowthistle (*Sonchus oleraceus* L.) and Bristly Oxtongue (*Helminonthecha echioides* (L.) Holub) cultivation. *Heliyon* (submitted).
15. Karkanis, A., Ntatsi, G., Vasilakakou, E., Karavidas, I., **Ntanasi, T.**, Rumbos, C.I., Athanassiou, C.G., 2024. Combining *Tenebrio molitor* frass with inorganic nitrogen fertilizer to improve soil properties, growth parameters, and nutrient content of the underutilized *Sonchus oleraceus* crop. *Scientia Horticulturae* (submitted)

Διεθνή συνέδρια – πλήρεις εργασίες

1. Karavidas, I., Yfantopoulos, D., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Dardas, I., Tampakaki, A., Savvas, D. 2019. Comparison of soil-N availability in a field cultivated with legume or non-legume plants during the winter in a Mediterranean environment. *Acta Horticulturae*, 1253, 191- 197.

2. Karavidas, I., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Vlachos, I., Tampakaki, A., Iannetta, P., Savvas, D. 2021. Evaluation of different crop rotation schemes for organic common bean production under mild-winter climatic conditions. *Acta Horticulturae*, 1320, 109-116.
3. **Ntanasi, T.**, Ntatsi, G., Karavidas, I., Vamvakouris, N., Oikonomou, C., Ropokis, A., Savvas, D. 2021. Impact of drought stress on the fruit quality of different Greek tomato landraces. *Acta Horticulturae*, 1320, 49-56.
4. **Ntanasi, T.**, Ntatsi, G., Karavidas, I., Outos, G., Maloukos, G., Fotopoulos, V., Guillaume, M., Causse, M., Clemente, M.J., Schubert, A., Galmès, J., Conesa, M. and Savvas, D. 2023. Screening local landraces of melon for resilience to salinity stress under hydroponic greenhouse conditions. *Acta Hort.* 1372, 309-316. (E 32)
5. **Ntanasi, T.**, Ntatsi, G., Karavidas, I., Ziogas, I., Karaolani, M., Fortis, D., Zioviris, G., Fotopoulos, V., Schubert, A., Guillaume, M., Causse, M., Conesa, M., Galmès, J. and Savvas, D. (2023). Impact of salinity stress on fruit quality of different Mediterranean cherry-type tomato landraces. *Acta Hort.* 1372, 301-308.
6. Karavidas, I., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Ropokis, A., Sabatino, L., Iannetta, P.P.M., Savvas, D. 2023. Impact of organic and conventional cultivation systems on nutrient concentration of broccoli. *Acta Horticulturae* (in press).
7. Spyrou, G., **Ntanasi, T.**, Karavidas, I., Consentino, B.B., Ropokis, A., Karkanis, A., Sabatino, L., Saitanis, L., Savvas, L., Ntatsi, G. 2023. Impact of different selenium doses on leaf gas exchange of the underutilized leafy green *Portulaca oleracea* grown hydroponically. *Acta Horticulturae* (in press).

Ανακοινώσεις σε διεθνή συνέδρια

1. Karavidas I., Ntatsi, G., Yfantopoulos D., **Ntanasi T.**, Tampakaki A., Savvas D., 2018. Impact of legume and non-legume crops on soil-N availability and greenhouse gas emissions during winter cultivation period TRUE Legume Innovation and Networking (LIN) - Workshop of the Mediterranean Region, Αθήνα, 20 Απριλίου 2018, περιλήψεις ανακοινώσεων, σελ. 21.
2. Savvas, D., Karavidas, I., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Karampetsos, D., Yfantopoulos, D., Iannetta, P.P.M., 2019. Impact of the preceding cultivation during the winter or no cultivation on fresh pod yield and soil-N availability in an organic bean crop grown in open field. Third International Legume Society Conference ILS 3, 2019, May 21-24, Poznan, Poland. Βιβλίο Πρακτικών Σελ 138
3. Karavidas, I., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Vlachos, I., Tampakaki, A., Iannetta, P., Savvas, D., 2020. Impact of different crop rotation schemes on biological nitrogen fixation, N availability and yield in common bean grown for fresh pod production. 28th CIEC symposium, 16-20 March 2020, Athens, Greece
4. **Ntanasi, T.**, Ntatsi, G., Karavidas, I., Vamvakouris, N., Oikonomou, C., Ropokis, A., Savvas, D., 2020. Screening Greek tomato landraces for resilience to drought stress under hydroponic greenhouse conditions. VIII South-Eastern Europe Symposium on Vegetables and Potatoes 24 -26 September 2021, Ohrid, Macedonia.
5. Karavidas, I., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Vlachos, I., Tampakaki, A., Iannetta, P., Savvas D., 2021. Evaluation of different crop rotation schemes for organic common bean production under mild-winter climatic conditions. VIII South-Eastern Europe Symposium on Vegetables and Potatoes 24 -26 September 2020, Ohrid, Macedonia.
6. **Ntanasi, T.**, Ntatsi, G., Karavidas, I., Outos, G., Maloukos, G., Fotopoulos, V., Savvas, D. 2022. Screening local landraces of melon for resilience to salinity stress under hydroponic greenhouse conditions. International Symposium on Adaptation of Horticultural Plants to Abiotic Stresses, 31st International Horticultural Congress (IHC2022) 14-20 August 2022, Angers, France
7. **Ntanasi, T.**, Ntatsi, G., Karavidas, I., Ziogas, I., Zioviris, G., Karaolani, M., Fortis, D., Fotopoulos, V., Savvas, D. 2022. Impact of salinity stress on fruit quality of different Mediterranean cherry-type tomato landraces. International Symposium on Adaptation of Horticultural Plants to Abiotic Stresses, 31st International Horticultural Congress (IHC2022) 14-20 August 2022, Angers, France
8. Karavidas, I., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Ropokis, A., Sabatino, L., Iannetta, P.P.M., Savvas, D. 2022. Impact of organic and conventional cultivation systems on nutrient concentration of broccoli. International Symposium on Plant Nutrition, Fertilization, Soil Management, 31st International Horticultural Congress (IHC2022) 14-20 August 2022, Angers, France
9. Giannothanasis, E., Karavidas, I., Voutsinos-Frantzis, O., **Ntanasi, T.**, Spyrou, G.P., Lampiris, A., Karvelis, G., Karkanis, A., Savvas, D., Ntatsi, G. 2024. Unlocking the Potential of Underutilized Crops: Evaluation of Wild Leafy Greens in Low-Input Organic Fertigation Systems. International

Symposium on Sustainable Vegetable Production from Seed to Health Booster Sources (EHC2024)
12-16 May 2024, Romania, Bucharest

10. Maniou, F., Savvas, D., Vilos, I., Giannothanasia, E., Karavidas, I., **Ntanasi, T.**, Michalakis, C., Zafirelis, G., Ntatsi, G. 2024. Effect of electrical conductivity and nitrogen supply level on Golden Thistle (*Scolymus hispanicus* L.) grown in a soilless cropping system (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)
11. Vultaggio, L., Consentino, B.B., Bellitto, P., **Ntanasi, T.**, Giannothanasia, E., Ntatsi, G., La Bella, S., Sabatino, L. 2024. Influence of shading and a vegetal-protein hydrolysate on parsley grown under greenhouse (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)
12. Bellitto, P., Vultaggio, L., Consentino, B.B., Karavidas, I., **Ntanasi, T.**, Ntatsi, G., La Bella, S., Sabatino, L. 2024. Lignosulfonates-based biostimulant synergistically interacts with a black shade net to stimulate yield and quality of parsley cultivated in protected environment (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)
13. Giannothanasia, E., **Ntanasi, T.**, Karavidas, I., Argyropoulou, K., Ntatsi, G., Thompson, R., Savvas, D. 2024. Improving the control of sodium accumulation in closed-loop soilless culture systems using ion selective electrodes and the DSS NUTRISSENSE (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)
14. Karavidas, I., **Ntanasi, T.**, Giannothanasia, E., Spyrou, G.P., Mavromatakis, D., Giannou, D., Savvas, D., Ntatsi, G. 2024. Smart irrigation strategies for increased yield: the case study of organic greenhouse tomato (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)
15. **Ntanasi, T.**, Karavidas, I., Spyrou, G.P., Giannothanasia, E., Fotopoulos, V., Conesa, M.A., Sabatino, L., Savvas, D., Ntatsi, G. 2024. Impact of salinity stress on fruit quality of Mediterranean tomato landraces in soilless culture (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)
16. Giannothanasia, E., Karavidas, I., **Ntanasi, T.**, Ntatsi, G., Savvas, D. 2024. Harmonizing nutrient supply with crop nutrient requirements at commercial-cropping scale using the DSS NUTRISSENSE. Two case studies at the Agricultural Cooperative Psari in southern Crete (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)
17. **Ntanasi, T.**, Giannothanasia, E., Karavidas, I., Spyrou, G.P., Gogoulos, D., Dimos, E., Theodoropoulou, E., Glymi, A., Mazahrirh, N., Fotopoulos, V., Savvas, D., Ntatsi, G. 2024. Assessing drought impact on Mediterranean pepper landraces, (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)
18. Karavidas, I., Spyrou, G., **Ntanasi, T.**, Giannothanasia, E., Vultaggio, L., Sabatino, L., Karkanis, A., Neocleous, D., Savvas, D., Ntatsi, G. 2024. Balancing nutrient solution composition to optimize yield and quality of hydroponic purslane (Promicli 2024) 23-26 September 2024, Athens, Greece (submitted)

Ανακοινώσεις σε εθνικά συνέδρια

1. Καραβίδας, Ι., Ντάτση, Γ., **Ντάναση, Θ.**, Καραμπέτσος, Δ., Υφαντόπουλος, Δ., Ταμπακάκη, Α., Σάββας, Δ., 2019. Μελέτη της διαθεσιμότητας του αζώτου σε βιολογική και συμβατική καλλιέργεια φασολιού ενός ετήσιου προγράμματος εναλλαγής καλλιεργειών ψυχανθών και μη ψυχανθών φυτών σε μεσογειακό περιβάλλον. 29^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών (ΕΕΕΟ), Πάτρα, 15-18 Οκτωβρίου 2019 (υποβλήθηκε)
2. Γιαννοθανάσης, Ε., Ξαζίρη, Ε., **Ντάναση, Θ.**, Παναγιωτάκης, Ι., Καραβίδας, Ι., Ντάτση, Γ., Σάββας, Δ., 2022. Αξιολόγηση της συνεισφοράς του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων NUTRISSENSE στην αναπροσαρμογή του θρεπτικού διαλύματος σε κλειστή υδροπονική καλλιέργεια αγγουριάς (*Cucumis sativus* L.). 30^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Αθήνα, 9-13 Μαΐου 2022, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 221.
3. **Ντάναση, Θ.**, Ντάτση, Γ., Καραβίδας, Ι., Ζιώγας, Ι., Καραολάνη, Μ., Φόρτης, Δ., Ζιοβίρης, Γ., Φωτόπουλος, Β., Σάββας, Δ., 2022. Επίδραση της αλατότητας στην ποιότητα των καρπών διαφορετικών παραδοσιακών ποικιλιών τομάτας της Μεσογείου καλλιεργούμενων σε ανοικτό υδροπονικό σύστημα. 30^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Αθήνα, 9-13 Μαΐου 2022, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 227.
4. Καραβίδας, Ι., Ντάτση, Γ., **Ντάναση, Θ.**, Γιαννοπούλου, Α., Ταμπακάκη, Α., Σάββας, Δ., 2022. Επίδραση του εμβολιασμού και των διαφορετικών εισροών αζώτου στη συμβιωτική αζωτοδέσμευση και την παραγωγή υδροπονικά καλλιεργούμενου φασολιού. 30^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Αθήνα, 9-13 Μαΐου 2022, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 254.

5. **Ντάναση, Θ.**, Ντάτση, Γ., Καραβίδας, Ι., Ούτος, Γ., Μαλούκος, Γ., Φωτόπουλος, Β., Σάββας, Δ. 2022. Αξιολόγηση παραδοσιακών ποικιλιών πεπονιού καλλιεργούμενες υδροπονικά ως προς την ανθεκτικότητα τους σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας στο θρεπτικό διάλυμα. 30ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Αθήνα, 9-13 Μαΐου 2022, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 255.
6. Καραβίδας, Ι., **Ντάναση, Θ.**, Ντάτση, Γ., Σάββας, Δ. 2022. Επίδραση της βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας στην απόδοση και τη θρεπτική αξία του μπρόκολου. 30ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Αθήνα, 9-13 Μαΐου 2022, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 258.
7. Μαρκά, Σ., Ζωγραφάκη, Μ.Ε., Καραβίδας, Ι., **Ντάναση, Θ.**, Ντζουβάρας, Α., Νικολάου, Λ., Υφαντή, Δ., Πράττης, Γ., Τζοβενής, Ι., Ντάτση, Γ., Φλεμετάκης, Ε. 2023. Αξιολόγηση της επίδρασης βιοδιεγερτών από εκχυλίσματα μικροφυκών σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. 31ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Κρήτη, 29 Οκτωβρίου- 2 Νοεμβρίου 2023, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 93.
8. Σπύρου, Γ.Π., **Ντάναση, Θ.**, Καραβίδας, Ι., Ροπόκης, Α., Καρκάνης, Α., Σαϊτάνης, Κ., Σάββας, Δ., Ντάτση, Γ. 2023. Αξιολογηση της βελτιστής δόσης SeO₂ στην αναπτυξη, παραγωγή, θρεπτική κατασταση και φωτοσυνθετική ικανότητα υδροπονικά καλλιεργούμενης αντρακλας. 31ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Κρήτη, 29 Οκτωβρίου- 2 Νοεμβρίου 2023, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 97.
9. Καραβίδας, Ι., Ντάτση, Γ., Μαρκά, Σ., **Ντάναση, Θ.**, Ταμπακάκη, Α., Σάββας, Δ. 2023. Επίδραση βιολογικών σχημάτων θρεψής στην παραγωγή και ποιότητα των νωπών λοβών φασολιού. 31ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Κρήτη, 29 Οκτωβρίου- 2 Νοεμβρίου 2023, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 100.
10. **Ντάναση, Θ.**, Καραβίδας, Ι., Γώγουλος, Δ., Δήμος, Ε., Θεοδοροπούλου, Ε., Γλυμή, Α., Φωτόπουλος, Β., Ροπόκης, Α., Σάββας, Δ., Ντάτση, Γ. 2023. Αξιολογηση της ποιότητας των καρπών παραδοσιακών ποικιλιών πιπερίας ως προς την ανοχή τους στην αλατότητα. 31ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Κρήτη, 29 Οκτωβρίου- 2 Νοεμβρίου 2023, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 101.
11. **Ντανάση, Θ.**, Καραβίδας, Ι., Κωνσταντόπουλος, Ν., Αμανάκη, Κ., Βρυγιωνάκης, Γ., Σπύρου, Γ.Π., Vultaggio, L., Δεμιρτζόγλου Φ., Ροπόκης, Α., Sabatino, L., Σάββας, Δ., Ντάτση, Γ. 2023. Μπορούν οι βιοδιεγερτές να περιορίσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις της αλατούχου καταπονήσης στην απόδοση της τομάτας; 31ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών Κρήτη, 29 Οκτωβρίου- 2 Νοεμβρίου 2023, Βιβλίο περιλήψεων Σελ. 235.

Άρθρα σε τεχνικά-επιστημονικά περιοδικά

1. Αλιφέρης Κ., Ευθυμιάδου Α., Γιαννακάκης Σ., Κερεζούδης Χ., Α.-Ε. Παπαδοπούλου, Βάσιου Ε., Κατσένιος Ν., Κυριάκου Χ., Λάππα Μ., **Ντάναση Θ.**, Σπύρου Γ.-Π., Ντάτση Γ. 2024. Βιοδιεγέρτες στην Ελληνική γεωργία: Μύθοι, Πραγματικότητα και Προοπτικές. Γεωργία Κτηνοτροφία
2. **Ντάναση Θ.**, Καραβίδας Ι., Αλιφέρης Κ., Ντάτση Γ. 2024. Χρήση βιοδιεγερτών για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας της τομάτας στην αλατούχο καταπόνηση. Αγρότυπος

Πειραματικά πρωτόκολλα

1. Savvas, D., Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, (2020). Standard Operating Procedure 22: WUE/NUE Based on Yield Biomass. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
2. Savvas, D., **Ntanasi, T.**, Ntatsi G., (2020). Standard Operating Procedure 26: Soil nutrient analyses. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
3. Savvas, D., **Ntanasi, T.**, Ntatsi G., (2020). Standard Operating Procedure 27: Macro and micro nutrient analyses in solutions. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
4. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 23: Quality classification of tomato fruits. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area

5. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 12: Total Phenolics. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
6. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 13: Total amino acid content. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
7. Savvas, D., Ntatsi G., **Ntanasi, T.** (2020). Standard Operating Procedure 25: Tissue nutrient analyses. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
8. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 11: Trolox-Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) assay. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
9. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 18: Carbohydrate Assay 1: Sugars (Glucose, Sucrose, Fructose). Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
10. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 19: Carbohydrate Assay 2: Starch. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
11. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 9: Antioxidant assay 5: Superoxide dismutase (SOD). Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
12. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 17: Bradford protein assay. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
13. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 20: Proline content. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
14. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 4: Determination of Net photosynthetic rate (A), Stomatal conductance (Gs), Intercellular CO₂ concentration (Ci) and Transpiration rate (E). Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
15. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 14: Oxidation parameters 1: Malondialdehyde (MDA). Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
16. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 21: Total N measurements in tissue and soil with Kjeldahl. Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
17. Ntatsi, G., **Ntanasi, T.**, Savvas, D. (2020) Standard Operating Procedure 15: Oxidation parameters 2: Hydrogen peroxide (H₂O₂). Developed by the project VEG-ADAPT ('Adapting Mediterranean vegetable crops to climate change-induced multiple stress'), supported by PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area

Συμμετογή σε συνέδρια

1. 29^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών(ΕΕΕΟ), 15-18 Οκτωβρίου 2019, Πάτρα
2. 30^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών (ΕΕΕΟ), 9-13 Μαΐου 2022, Αθήνα
3. 31ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών (ΕΕΕΟ), 29 Οκτωβρίου- 2 Νοεμβρίου 2023, Κρήτη
4. International Symposium on Adaptation of Horticultural Plants to Abiotic Stresses, 31st International Horticultural Congress (IHC2022) 14-20 August 2022, Angers, France

Διοργάνωση επιστημονικών συνεδρίων και ημερίδων

1. Μέλος της επιστημονικής επιτροπής του “The I International Symposium on Protected Cultivation, Nettings and Screens for Mild Climates” 23-26 Σεπτεμβρίου 2024, Αθήνα (Ελλάδα).