



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

# Ανάπτυξη προσομοιώματος βελτιστοποίησης θρέψης σε επιπλέονσα υδροπονική καλλιέργεια τομάτας

Παναγιωτάκης Ιωάννης



## Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

1. **Κατσούλας Νικόλαος**, Καθηγητής- Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών  
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
2. **Σάββας Δημήτριος**, Καθηγητής-Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών  
Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
3. **Πετρόπουλος Σπυρίδων**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Εργαστήριο  
Λαχανοκομίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



## Περιεχόμενα

Εισαγωγή	5
Περίληψη	5
Καταγωγή – Ιστορικό	6
Βοτανικά χαρακτηριστικά	6
Οικολογικές απαιτήσεις	8
Υδροπονία και υδροπονικά συστήματα	9
Σύστημα Επίπλευσης (Floating System)	12
Επιπτώσεις Αλατότητας	15
Αλατότητα και Τομάτα	16
Σκοπός της εργασίας	18
Υλικά και μέθοδοι	19
Χώρος και χρόνος καλλιέργειας	19
Υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας	21
Εγκατάσταση Καλλιέργειας	21
Επεμβάσεις καλλιέργειας	22
Διαδικασία μέτρησης Απορρόφησης	22
Ανάπτυξη προσομοιώματος	23
Υποσύλωση φυτών	27
Κλάδεμα – βλαστολόγημα – κορυφολόγημα – αποφύλλωση	28
Κλάδεμα	28
Βλαστολόγημα	29
Κορυφολόγημα	30
Αποφύλλωση	30
Υποβοήθηση καρπόδεσης	31
ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΥΚΗΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ- ΠΡΟΛΗΨΗ	31



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	33
Μέτρηση οξύτητας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος	33
Μέτρηση συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου στο θρεπτικό διάλυμα	33
Μέτρηση συγκέντρωσης νατρίου και καλίου στο θρεπτικό διάλυμα	34
Μετρήσεις παραγωγής και ποιότητας καρπών	41
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	42
Κατανάλωσή Θρεπτικού διαλύματος Αναπλήρωσης (Replenishment)	42
Διαλυμένο Οξυγόνο	43
Ασβέστιο	45
Κλάσμα απορροής Ασβεστίου	47
Φώσφορος	48
Κλάσμα απορροής Φωσφόρου	50
Νιτρικά Ιόντα	51
Κλάσμα απορροής Νιτρικών Ιόντων	53
Κάλιο	54
Κλάσμα απορροής Καλίου	56
Μαγνήσιο	57
Κλάσμα απορροής Μαγνησίου	59
Μαγγάνιο	60
Κλάσμα απορροής Μαγγανίου	62
Ψευδάργυρος	63
Κλάσμα Απορροής Ψευδαργύρου	65
Σίδηρος	66
Κλάσμα απορροής Σιδήρου	68
Χαλκός	69
Κλάσμα απορροής Χαλκού	71
Οξύτητα (PH)	72
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)	72



Βιβλιογραφία	77
Παράρτημα	80



## Εισαγωγή

### Περίληψη

Η τομάτα είναι ένα φυτό που εμφανίζει μέση ανθεκτικότητα στην αλατότητα. Στην περίπτωση όμως καλλιέργειας της σε κλειστά υδροπονικά συστήματα, η ύπαρξη αυξημένης συγκέντρωσης χλωριούχου νατρίου στο θρεπτικό διάλυμα οδηγεί σε αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που πιθανόν να επηρεάζει και την απορρόφηση των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων.

Για τον υπολογισμό της μεταβολής των συγκεντρώσεων απορρόφησης της τομάτας που καλλιεργείται σε συνθήκες αλατότητας, στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών, πραγματοποιήθηκε μια μελέτη σε τομάτα καλλιεργούμενη σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με την μέθοδο της επίπλευσης. Οι συνθήκες υψηλής αλατότητας εφαρμόστηκε προσθέτοντας στο θρεπτικό διάλυμα των φυτών 30 mmol/L NaCl. Κατά την διάρκεια της μελέτης πραγματοποιούνταν αναλύσεις θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα καθώς και μετρήσεις κατανάλωσης όγκου θρεπτικού διαλύματος. Οι μετρήσεις θα χρησιμοποιούνταν τόσο για την αναπροσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων κατά την διάρκεια της καλλιέργειας, όσο και για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων απορρόφησης για το κάθε θρεπτικό στοιχείο. Με βάση τα αποτελέσματα, η μελέτη είχε ως σκοπό i) να παρατηρήσει τις διαφορές στις συγκεντρώσεις απορρόφησης μεταξύ των φυτών που καλλιεργούνταν υπό ιδανικές συνθήκες και υπό συνθήκες αλατότητας και ii) να κατασκευάσει ένα προσομοίωμα συγκεντρώσεων τροφοδοσίας για ανοικτά υδροπονικά συστήματα.

Η αυξημένη συγκέντρωση Na στο θρεπτικό διάλυμα οδήγησε στην μείωση της απορρόφησης των νιτρικών ιόντων, ενώ για τα στοιχεία σίδηρος και μαγνήσιο η συγκέντρωση απορρόφησης αυξήθηκε. Τα υπόλοιπα μάκρο και μικρο-θρεπτικά στοιχεία δεν επηρεάστηκαν από την αυξημένη αλατότητα. Οι συγκεντρώσεις απορρόφησης που καταγράφηκαν οδήγησαν στην ανάπτυξη ενός μοντέλου προσομοιώματος της θρέψης, κατά το οποίο παρατηρήθηκε ότι η αύξηση του κλάσματος απορροής σε ανοικτό υδροπονικό σύστημα από το 20 στο 40% οδηγεί στην ανάγκη αύξησης της συγκέντρωσης τροφοδοσίας του ασβεστίου, των νιτρικών ιόντων, του καλίου, του μαγνησίου και του χαλκού. Αντιθέτως, με την αύξηση του κλάσματος απορροής θα πρέπει να μειώνεται η συγκέντρωση τροφοδοσίας του μαγανίου.

Οι συγκεντρώσεις απορρόφησης που καταγράφηκαν καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από καλλιεργητές τομάτας σε κλειστά υδροπονικά συστήματα που αναπτύσσονται σε ιδανικές συνθήκες είτε σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας. Η συγκεκριμένη μελέτη, με την ανάπτυξη του προσομοιώματος



για τα ανοικτά υδροπονικά συστήματα, θα μπορούσε να αποτελέσει μια βάση για περαιτέρω μελέτες με σκοπό την ανάπτυξη μοντέλων που θα προσομοιάζουν τις ανάγκες τροφοδοσίας των φυτών κάτω από διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης.

Καλλιέργεια Τομάτας σε θερμοκήπιο

## Καταγωγή – Ιστορικό

Η τομάτα ανήκει στην οικογένεια των Σολανωδών (*Solanaceae*), στο γένος *Solanum*. Τα πλείστα είδη του γένους *Solanum* είναι θάμνοι ετήσιοι, βραχείας διάρκειας, με βιολογικό κύκλο 5 ή και λιγότερους μήνες. Όλα τα είδη είναι ιθαγενή φυτά της ΝΑ Αμερικής. Η άγρια μορφή τομάτας *L. esculentum* var *cerasiforme* έχει βρεθεί στις Άνδεις της Νότιας Αμερικής. Αν και αρχικά επικρατούσε η άποψη ότι η χώρα καταγωγής της τομάτας είναι το Περού, σήμερα με τις πληροφορίες που έδωσε ο Jenkins (1948), γίνεται δεκτό ότι η καταγωγή της καλλιεργούμενης τομάτας είναι το Μεξικό και μάλιστα η περιοχή Vera Cruz-Puebla. Η μεταφορά στην Ευρώπη έγινε το 16<sup>ο</sup> αιώνα ενώ στην Ελλάδα η εισαγωγή της έγινε το 1818. Η τομάτα καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα μήκη και πλάτη του κόσμου. Μπορεί επίσης να διασταυρωθεί, με μικρή ή μεγάλη δυσκολία, με όλα τα άλλα είδη του γένους και να δημιουργήσει υβρίδια.

## Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η **τομάτα** είναι ποώδης, ετήσιο, διετές και σπανιότερα πολυετές φυτό. Στις εύκρατες περιοχές συναντάται ως ετήσιο φυτό ενώ στις τροπικές περιοχές μπορεί να υπάρξει και ως πολυετές.

Το **ριζικό σύστημα** του φυτού της τομάτας διαθέτει μια ευδιάκριτη κεντρική ρίζα, μερικές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια. Όμως κατά την διαδικασία της μεταφύτευσης των φυτών στο θερμοκήπιο, πολλές φορές η κεντρική ρίζα κόβεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το φυτό να παράγει πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες, ακόμη και από τον λαιμό του φυτού, γεγονός που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα, αφού το φυτό μπορεί να μεταφυτευτεί και με γυμνή ρίζα (εφαρμογή σε υδροπονικές καλλιέργειες σε συστήματα NFT). Η τομάτα είναι φυτό που μεταφυτεύεται εύκολα, γιατί γρήγορα παράγει νέες ρίζες και το τραυματισμένο ριζικό σύστημα απορροφά νερό και θρεπτικά στοιχεία, που του επιτρέπουν να ανακάμψει γρήγορα από τη μεταφυτευτική διαταραχή.



Ο κεντρικός **βλαστός** της τομάτας φέρει τα πραγματικά φύλλα στις μασχάλες των οποίων εκφύονται πλευρικοί βλαστοί. Το σχήμα του βλαστού είναι κυλινδρικό και εσωτερικά είναι πλήρης. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του είναι τρυφερός, χυμώδης, εύκαμπτος, αλλά και σχετικά εύθραυστος, αργότερα όμως τείνει να γίνεται σκληρός και λιγότερο εύθραυστος διατηρώντας την ευλυγισία του. Οι γενετικοί παράγοντες καθορίζουν την ανάπτυξη του βλαστού όσον αφορά το μήκος, έτσι διακρίνονται ποικιλίες με απεριόριστη ανάπτυξη βλαστών (**indeterminate**) και ποικιλίες με καθορισμένο μήκος (**determinate**). Συνήθως σε υδροπονικά θερμοκήπια που καλλιεργούνται ντομάτες επιλέγονται indeterminate ποικιλίες με μεγάλο βιολογικό κύκλο. Όταν τα φυτά της τομάτας κλαδεύονται σε μονοστέλεχο σύστημα το μήκος του κεντρικού βλαστού μπορεί να ξεπεράσει τα 10 μέτρα, έτσι λόγω της ευλυγισίας του βλαστού και της ισορροπημένης θρέψης των φυτών που μας εξασφαλίζει η υδροπονία μπορούμε να διατηρήσουμε την καλλιέργεια μας για μεγάλο χρονικό διάστημα που μπορεί να ξεπεράσει και τους 9 μήνες. Τα πραγματικά **φύλλα** της τομάτας είναι σύνθετα. Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παραφύλλων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ανάλογα με την ποικιλία ο αριθμός των ζευγών των φυλλαρίων είναι διαφορετικός. Υπάρχουν ποικιλίες με 3, 4, ή 5 ζεύγη φυλλαρίων και ένα στην άκρη. Επίσης το μέγεθος των φύλλων πέραν από τους γενετικούς παράγοντες επηρεάζεται και από τις συνθήκες καλλιέργειας. Συνήθως οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες έχουν πιο μακριά και πιο πλατιά φύλλα, ενώ στις μικρόκαρπες οι διαστάσεις των φύλλων είναι μικρότερες.

Τα **άνθη** της τομάτας εμφανίζονται σε ταξιανθίες των 2,3 έως 20 ανθέων. Το άνθος διαθέτει πράσινο δερματώδη κάλυκα, που αποτελείται από 5 ή περισσότερα σέπαλα, στεφάνη με 5 πέταλα και 5 ή περισσότερους στήμονες. Οι στήμονες είναι ενωμένοι στην βάση τους με την στεφάνη και στο εσωτερικό του κώνου που σχηματίζουν βρίσκεται ο στύλος, που συνήθως είναι πιο κοντός και εγκλωβισμένος από τους ανθήρες. Η ωοθήκη είναι πολύχωρη με 2-7 χώρους και κάθε χώρος έχει πολλά ωάρια.

Ο **καρπός** της τομάτας είναι πολύχωρος ράγα, με ποικίλα σχήματα. Ο καρπός ποικιλιών με δύο χωρίσματα είναι συνήθως σφαιρικός, απιοειδής, ενώ αυτών με 3, 4, 5 ή περισσότερα χωρίσματα είναι πεπλατυσμένος και πιθανόν ακανόνιστου σχήματος. Το μέγεθος του καρπού κυμαίνεται από 1-12 εκ. διάμετρο και το χρώμα κόκκινο, ροζέ, πορτοκαλί, μαυριδερό ή και λευκό.

Ο **σπόρος** είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, χρώματος κίτρινου καφέ χρυσαφένιου και η επιφάνειά του καλύπτεται με τριχοειδείς αποφύσεις, που του δίνουν μεταξώδη επιφάνεια. Το μέγεθος του σπόρου είναι μικρό, διαμέτρου 3-5 χιλιοστά. Εσωτερικά ο σπόρος φέρει ένα κυρτό έμβρυο, που περιβάλλεται από ένα μικρό ενδοσπέρμιο. Ο σπόρος της τομάτας διατηρεί την βλαστικότητα του υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης για τουλάχιστον 4 χρόνια μετά την συγκομιδή του, εάν όμως αποθηκευτεί σε χαμηλή θερμοκρασία και με χαμηλή περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία, εύκολα διατηρεί την βλαστικότητα του





πάνω από 10 χρόνια. Ένα γραμμάριο “σπόρου” έχει 450 περίπου σπέρματα. (Ολύμπιος, 2001)

## Οικολογικές απαιτήσεις

### Θερμοκρασία

Η τομάτα είναι φυτό θερμής εποχής, δείχνει ανθεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες και στην ξηρασία, ενώ από τις χαμηλές θερμοκρασίες και τον παγετό ζημιώνεται. Οι βέλτιστες θερμοκρασίες για το φυτό είναι 25-30 °C την ημέρα και 16-20 °C την νύχτα. Ωστόσο τα φυτά τομάτας που ανήκουν στις **determinate** ποικιλίες έχουν ανάγκη για 80 ημέρες χωρίς παγετό ενώ αυτά που ανήκουν στις **indeterminate** απαιτούν 120 ημέρες χωρίς παγετό. Η ανάπτυξη του φυτού σταματά, όταν η θερμοκρασία ξεπερνά τους 32 °C αλλά και όταν πέφτει κάτω από τους 12 °C. Παρατεταμένες θερμοκρασίες χαμηλότερες των 10 °C καταστρέφουν το φυτό.

Σχετικά με την καρπόδεση η καλύτερη θερμοκρασία είναι μεταξύ 18-24 °C, ενώ είναι φτωχή σε θερμοκρασίες μικρότερες των 15 °C και υψηλότερες των 30 °C. Προβλήματα εμφανίζονται στην καρπόδεση όταν η θερμοκρασία την ημέρα πέφτει για μεγάλα χρονικά διαστήματα κάτω από τους 16-17 °C. Σε ακραίες θερμοκρασίες όπως σε θερμοκρασία 10 °C η γύρη που σχηματίζεται δεν είναι γόνιμη και αδυνατεί να βλαστήσει, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες > 32 °C η αδυναμία καρπόδεσης οφείλεται πολλές φορές στην ανθόπτωση.

Η θερμοκρασία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος του φυτού. Συγκεκριμένα σε θερμοκρασίες μικρότερες των 14 °C η ρίζα της τομάτας δεν αναπτύσσεται κανονικά, πράγμα που συμβαίνει λόγω μειωμένης μεταβολικής δραστηριότητας.

Όπως είναι γνωστό οι καρποί της τομάτας αποκτούν οικονομικό ενδιαφέρον όταν γίνονται αρεστοί στο αγοραστικό κοινό. Ένα από τα βασικότερα κριτήρια των καταναλωτών είναι το χρώμα της τομάτας, δηλαδή το έντονο κόκκινο. Έτσι λοιπόν, για ακόμη μια φορά η θερμοκρασία αποκτά νόημα για την καλλιέργεια της τομάτας, διότι σε θερμοκρασίες κάτω των 16 °C δεν σχηματίζονται χρωστικές (η λυκοπίνη δίνει το κόκκινο χρώμα, οι καροτίνες το πορτοκαλί και η ξανθοφύλλη το κίτρινο) και επομένως οι καρποί δεν κοκκινίζουν.



## Έδαφος

Η τομάτα μπορεί να αναπτυχθεί ικανοποιητικά σε ποικιλία εδαφών. Τα εδάφη που διαθέτουν σταθερή δομή, υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας, καλή στράγγιση και υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι ιδανικά για καλλιέργεια τομάτας. Τέτοια εδάφη είναι τα μέσης μηχανικής συστάσεως δηλαδή τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη και είναι τα πιο κατάλληλα για καλλιέργεια ποικιλιών τομάτας με μεγάλο βιολογικό κύκλο. Επίσης το επιθυμητό εδαφικό pH κυμαίνεται 6,0 με 6,5. Η τομάτα φαίνεται να είναι σχετικά ευαίσθητη σε χαμηλότερες τιμές του pH από τα άριστα επίπεδα, ενώ σε ελαφρά έως μέτρια υψηλότερες τιμές προσαρμόζεται ικανοποιητικά.

Σχετικά με την λίπανση η τομάτα είναι απαιτητικό φυτό σε θρεπτικά στοιχεία. Για να υπάρξει αυξημένη παραγωγή καθώς και υψηλή ποιότητα καρπών επιβάλλεται η βασική λίπανση του εδάφους πριν την μεταφύτευση των φυτών, αλλά και η προσθήκη λιπαντικών στοιχείων στο έδαφος κατά την διάρκεια της καλλιέργειας. Το έδαφος στο οποίο αναπτύσσονται τα φυτά πρέπει να έχει υψηλά επίπεδα οργανικής ουσίας, επαρκή ποσότητα φωσφόρου για ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο. Σίγουρα αναγκαίο για την ανάπτυξη των φυτών είναι το άζωτο αλλά όχι σε υπερδοσολογίες γιατί προκαλεί ζωηρή βλάστηση.

## Υδροπονία και υδροπονικά συστήματα

Τα λαχανοκομικά φυτά όπως και όλα τα φυτά, έχουν την ανάγκη ενός κατάλληλου περιβάλλοντος για να αναπτύξουν το ριζικό τους σύστημα. Το έδαφος αποτελεί το πιο σύνηθες μέσο όπου τα καλλιεργούμενα φυτά μπορούν να εγκαταστήσουν το ριζικό τους σύστημα και να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο, παίρνοντας νερό και όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την επιβίωση τους από αυτό. Εδώ και μερικές δεκαετίες έχουν εμφανιστεί στο προσκήνιο της επιχειρηματικής θερμοκηπιακής παραγωγής οι καλλιέργειες εκτός εδάφους, δηλαδή μέθοδοι καλλιέργειας φυτών των οποίων το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται εκτός του φυσικού εδάφους. Η τεχνική της καλλιέργειας εκτός εδάφους συχνά αναφέρεται με τον όρο «υδροπονία». Από το 1980 και έπειτα, κυρίως στην Βόρεια Ευρώπη αναπτύχθηκαν ραγδαία τόσο σε έκταση όσο και σε τεχνολογία οι υδροπονικές καλλιέργειες. Σημαντική εφαρμογή της υδροπονίας σημειώθηκε στην Ολλανδία (1995) και στο Βέλγιο (1994) με θερμοκηπιακή υδροπονική καλλιέργεια λαχανικών έκτασης 44.980 και 10.160 στρέμματα αντίστοιχα. Για την Ελλάδα αλλά και για τις υπόλοιπες χώρες του μεσογειακού νότου, η εξάπλωση της υδροπονίας καθυστέρησε αρκετά και εφαρμόστηκε με πιο αργούς ρυθμούς (Σάββας, 2003). Σύμφωνα με στοιχεία του IRTC (International Research and Training Centre for Sustainability), οι υδροπονικές καλλιέργειες στην Ελλάδα καταλαμβάνουν έκταση 1750 στρέμματα περίπου, όπου στα 1450 από αυτά τα στρέμματα καλλιεργούνται κηπευτικά ενώ στα



υπόλοιπα ανθοκομικά φυτά. Η λέξη υδροπονία (hydroponics) παράγεται από δύο ελληνικές λέξεις: Ύδωρ που σημαίνει νερό και πόνος που σημαίνει εργασία, δηλαδή εργασία με το νερό. Η υδροπονία είναι μια τεχνολογικά εξελιγμένη μέθοδος γεωργικής παραγωγής, η οποία επεκτείνεται συνεχώς σε όλο τον κόσμο κα η χρησιμοποίηση της επιστημονικής γνώσης και της τεχνολογίας δίνουν νέες διαστάσεις στις δυνατότητες της γεωργικής παραγωγής. Με την χρήση υδροπονικών συστημάτων μπορούμε να καλλιεργήσουμε λαχανικά εξασφαλίζοντας την σωστή τους θρέψη μέσω των θρεπτικών διαλυμάτων που τους χορηγούμε. Όλα τα σύγχρονα υδροπονικά συστήματα τα συναντούμε κατά το πλείστον σε καλλιέργειες εντός θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων. Η υδροπονία έχει σημαντικά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τους συμβατικούς τρόπους καλλιέργειας λαχανικών στα θερμοκήπια. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών σύμφωνα με τον Σάββα (2012) είναι:

- Η ουσιαστική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, πυρηνοχαίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια, φυτοϊοί, κτλ).
- Περιορισμός της χρήσης χημικών σκευασμάτων που σε διαφορετική περίπτωση προορίζονταν για καταστροφή ζιζανίων ή για απολύμανση του εδάφους.
- Μέσω της υδροπονίας λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω της υπερεντατικής τους εκμετάλλευσης και της μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδαφών), είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (μηχανική σύσταση, ΙΑΚ, περιεκτικότητα οργανικής ουσίας, αλατότητα εδάφους).
- Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων βελτιώνουν την θρέψη των φυτών και διατηρούν υψηλότερες θερμοκρασίες στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια των χαμηλών θερμοκρασιών, με αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων στις υδροπονικές καλλιέργειες.
- Ρύθμιση αλατότητας του νερού άρδευσης μέσω της σωστής σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων. Πρέπει όμως να σημειώσουμε ότι, όταν στο νερό άρδευσης υφίσταται πρόβλημα υπερβολικά υψηλής περιεκτικότητας σε ανόργανα άλατα, λύση αποτελεί μόνο η καλλιέργεια σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα.
- Οι υδροπονικές καλλιέργειες έχουν μειωμένο κόστος θέρμανσης. Σε ένα θερμοκήπιο που καλλιεργείται υδροπονικά, η εξάτμιση νερού από την επιφάνεια του εδάφους είναι πρακτικά αμελητέα, δεδομένου ότι αυτό είναι πλήρως καλυμμένο με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Συνεπώς, οι ανάγκες σε ενέργεια για την θέρμανση του αέρα μειώνονται.
- Συνήθως οι υδροπονικές καλλιέργειες πρωιμίζουν στην πρώτη συγκομιδή, όταν βεβαία σε αυτές χρησιμοποιούνται ποιοτικά υποστρώματα και θρεπτικά διαλύματα.



Αυτή η πρωίμηση της παράγωγης οφείλεται στην εξασφάλιση υψηλότερης θερμοκρασίας ριζοστρώματος.

- Στις υδροπονικές καλλιέργειες, η αριστοποίηση της θρέψης αλλά και η αποφυγή μιας σειράς προβλημάτων δίνουν την δυνατότητα παραγωγής λαχανικών και καλλωπιστικών φυτών καλύτερης ποιότητας.
- Ένα ακόμα πλεονέκτημα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι ότι ο καλλιεργητής αποφεύγει όλες τις εργασίες για την προετοιμασία του εδάφους (όργωμα , φρεζάρισμα, λίπανση), με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους καλλιέργειας
- Στην υδροπονία είναι αυξημένες οι δυνατότητες μηχανοποίησης και αυτοματοποίησης των καλλιεργητικών εργασιών
- Η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια πραγματοποιείται σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Αυτό προκύπτει λόγω της μειωμένης ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα απορρέοντα θρεπτικά διαλύματα της υδροπονίας.

Η υδροπονία, παρά τα πολλαπλά πλεονεκτήματα της έναντι των παραδοσιακών μεθόδων θερμοκηπιακής καλλιέργειας δεν έχει εξαπλωθεί σε μεγάλο βαθμό στην Ελλάδα και στις περισσότερες μεσογειακές χώρες. Γενικά η υδροπονική καλλιέργεια είναι ο κανόνας στις χώρες στις οποίες επικρατούν τα υψηλής τεχνολογίας θερμοκήπια, ενώ στις χώρες στις οποίες επικρατούν κυρίως τα πολύ απλά θερμοκήπια χαμηλού κόστους με πολύ περιορισμένο εξοπλισμό η υδροπονία καταλαμβάνει ακόμη ένα μικρό μέρος των συνολικών θερμοκηπιακών εκτάσεων. Τα βασικά μειονεκτήματα της υδροπονίας που δρουν ανασταλτικά στην εκτεταμένη εφαρμογή της στα θερμοκήπια χαμηλής τεχνολογίας είναι:

Το υψηλό κόστος δημιουργίας μιας σύγχρονης υδροπονικής μονάδας.

Το υψηλότερο συνολικό λειτουργικό κόστος, κυρίως λόγω της τακτικής αγοράς υποστρωμάτων και σε μερικές περιπτώσεις (σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα) λόγω και αυξημένης κατανάλωσης λιπασμάτων

Για την εφαρμογή υδροπονίας σε μια θερμοκηπιακή μονάδα χρειάζεται ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο για να είναι εφικτός ο χειρισμός των σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων .

Η πιο γρήγορη και πιο άμεση εμφάνιση των δυσμενών επιπτώσεων ενός λάθους χειρισμού

Στα κλειστά συστήματα υπάρχει ο κίνδυνος εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος αν αυτό δεν απολυμαίνεται πριν



ξαναχρησιμοποιηθεί, αν και σύμφωνα με τον VanOs (1982) ο κίνδυνος αυτός είναι σχετικά μικρός.

## Σύστημα Επίπλευσης (Floating System)

Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, τα φυτά αναπτύσσονται σε «σχεδίες» οι οποίες είναι βυθισμένες και επιπλέουν (λόγω του πολύ μικρού ειδικού βάρους τους) σε θρεπτικό διάλυμα το οποίο βρίσκεται μέσα σε λεκάνες. Συνήθως χρησιμοποιούνται πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης, οι οποίες φέρουν οπές κατάλληλης διαμέτρου, σε προκαθορισμένες αποστάσεις. Από αυτές τις οπές διέρχονται οι ρίζες των φυτών, οι οποίες αναπτύσσονται μέσα στο θρεπτικό διάλυμα, ενώ το υπέργειο μέρος των φυτών βρίσκεται πάνω από τις πλάκες. Το πάχος αυτών των «σχεδίων» πρέπει να είναι κατάλληλο έτσι ώστε η άνωση να αποτρέπει τη πλήρη βύθισή της από το βάρος των αναπτυσσόμενων φυτών.

Το σύστημα επίπλευσης, θεωρητικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη καλλιέργεια οποιουδήποτε λαχανοκομικού ή ανθοκομικού φυτού. Το εύρος των φυτών που μπορούν να καλλιεργηθούν σε αυτό το σύστημα, είναι περιορισμένο για πρακτικούς λόγους (π.χ. στήριξη) και χρησιμοποιείται για φυτά μικρής καλλιεργητικής διάρκειας και μικρού μεγέθους (όπως φυλλώδη λαχανικά). Μάλιστα, το σύστημα επίπλευσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παράγωγη σποροφύτων (Frantz και Welbaum, 1998). Η παραγωγή σποροφύτων στο σύστημα επίπλευσης, παρουσιάζει μειωμένο κόστος, μικρότερα προβλήματα από ασθένειες, το φύλλωμα παραμένει στεγνό και γίνεται καλύτερη αξιοποίηση νερού και λιπασμάτων. Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί ότι τα σπορόφυτα αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυτό το σύστημα ενώ τα φυτά που θα προκύψουν από τα σπορόφυτα αυτά, πλεονεκτούν όσον αφορά στη πρωίμιση και στο μέγεθος της παραγωγής (Wyatt, 1998).

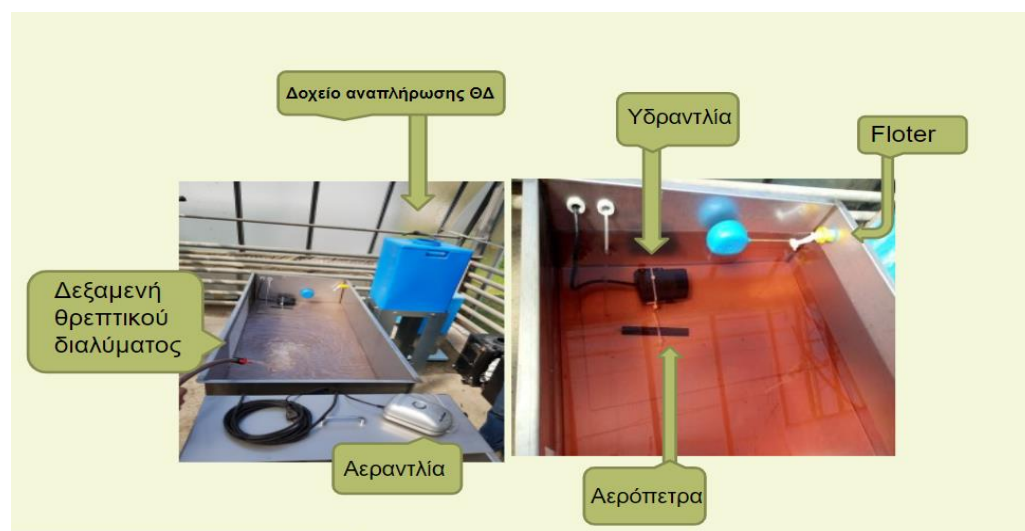
Οι λεκάνες στις οποίες επιπλέουν οι πλάκες, έχουν διαστάσει ανάλογες με τις ανάγκες και τις δυνατότητες του εκάστοτε θερμοκηπίου, όμως το ωφέλιμο ύψος είναι 25-30 cm (Σάββας, 2012). Ανάλογα με την κατασκευή, η λεκάνη, στο εσωτερικό της, πρέπει



να περιβάλλεται από στεγανό υλικό, το οποίο να είναι μη τοξικό για τα φυτά. Σύμφωνα με τον Σάββα (2012), το ύψος της στάθμης του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 20 cm, ενώ όσο μεγαλύτερο είναι τόσο ελαχιστοποιείται ο ρυθμός μεταβολής της χημικής σύνθεσης του διαλύματος, ενώ παράλληλα αυξάνει και τη ρυθμιστική του ικανότητα προς τις μεταβολές θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Κάθε λεκάνη είναι εφοδιασμένη με ένα σύστημα διατήρησης της στάθμης του θρεπτικού διαλύματος σε ένα σταθερό επίπεδο. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με μηχανικό πλωτήρα είτε με ηλεκτρικό αισθητήρα πίεσης, είτε με ένα ζεύγος ηλεκτροδίων τοποθετημένων σε διαφορετικό ύψος, σε συνδυασμό με μια ηλεκτροβάννα, η λειτουργία των οποίων ελέγχεται μέσω κεντρικού Η/Υ.

Στον πυθμένα των λεκανών καλλιέργειας συνίσταται η τοποθέτηση διάτρητων σωλήνων, οι οποίοι αναρροφούν ποσότητα θρεπτικού διαλύματος, όπου μεταφέρεται στην κεντρική κεφαλή υδρολίπανσης, όπου διορθώνεται αυτόματα η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH μέσω έγχυσης πυκνών διαλυμάτων και οξέος. Με την επανεισαγωγή του διορθωμένου διαλύματος δημιουργείται παφλασμός, έτσι ώστε να γίνεται οξυγόνωση του θρεπτικού διαλύματος. Η ύπαρξη αντλίας στον πυθμένα της λεκάνης συνεισφέρει στην ομογενοποίηση του θρεπτικού διαλύματος και στη συνεχή οξυγόνωση του. Ωστόσο η οξυγόνωση του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να γίνει ενεργά, από την εισαγωγή φυσαλιδίων αέρα ή καθαρού οξυγόνου, μέσω της χρήσης αντλία αέρα.



Εικόνα 1 Σύστημα Επίπλευσης



## Αλατότητα

Με τον όρο αλατότητα αναφερόμαστε στην ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων διαλυτών αλάτων (ανόργανων ιόντων) στο διάλυμα που βρίσκεται στην περιοχή της ριζόσφαιρας (εδαφικό ή τεχνικό διάλυμα).

Η αλατότητα ως παράγοντας καταπόνησης παρουσιάζεται σε εκτεταμένες περιοχές του πλανήτη, η έκταση των οποίων φτάνει το 20% του συνόλου των καλλιεργούμενων εδαφών και το 50% των αρδευόμενων εκτάσεων, κυρίως λόγω της κακής ποιότητας νερού άρδευσης, είτε του υπόγειου νερού. Εξαιτίας της αλατότητας δημιουργούνται αρνητικές επιπτώσεις τόσο στο έδαφος όσο και στους φυτικούς οργανισμούς.

Κατ'αρχήν από την επίδραση της αλατότητας επηρεάζεται αρνητικά το πορώδες και συνεπώς ο αερισμός του εδάφους αλλά και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδαφικού διαλύματος. Επιπλέον, η υψηλή εδαφική αλατότητα επηρεάζει αρνητικά το ωσμωτικό δυναμικό, ενώ ταυτόχρονα οι υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων δημιουργούν χαμηλά δυναμικά νερού στο έδαφος, παρά το γεγονός ότι το νερό στην περιοχή της ριζόσφαιρας βρίσκεται σε αφθονία. Συνέπεια αυτού είναι να δημιουργείται ωσμωτική καταπόνηση και το φυτό να μην είναι δυνατόν να απορροφήσει ικανοποιητικές ποσότητες εδαφικού νερού. Έπειτα εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων προκαλείται ιοντική καταπόνηση για τους εξής λόγους: 1) τόσο το Na όσο και το Cl παρεμποδίζουν την απορρόφηση άλλων ιόντων λόγω ανταγωνισμού και συνεπώς εμφανίζονται δυσχέρειες στην απορρόφηση άλλων θρεπτικών στοιχείων. 2) Η κυτταρική ιοντική ομοιόσταση, δηλαδή η επιθυμητή κατανομή ιόντων και φορτίων μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού κυτταρικού περιβάλλοντος και μεταξύ των υποκυτταρικών διαμερισμάτων, διαταράσσεται λόγω της συσσώρευσης ιόντων Na και Cl εντός των κυττάρων. Συνεπώς, έχουμε μείωση της απορρόφησης ιόντων από τον αποπλάσματικό χώρο προς το εσωτερικό των κυττάρων. Ύστερα, η αυξημένη συγκέντρωση ιόντων Na συντελεί στην αύξηση του pH του κυτταροπλάσματος. Τέλος, η παρουσία ιόντων Na και Cl προκαλεί τοξικότητα στο εσωτερικό των κύτταρων.

Υπό την επίδραση της αλατότητας περιορίζεται η ανάπτυξη των φυτών εξαιτίας τριών παραγόντων: 1) της έλλειψης νερού ως αποτελέσματος του χαμηλότερου υδατικού δυναμικού του εξωτερικού διαλύματος σε σχέση με τη ρίζα, 2) της τοξικότητας ιόντων (κυρίως Na και Cl) και 3) της ανισορροπίας ιόντων. Βέβαια το κατά πόσο επηρεάζεται το φυτό από τον καθένα παράγοντα, καθώς και η γενική αντοχή του φυτού στην αλατότητα εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, όπως οι συγκεντρώσεις και η σύνθεση των



αλάτων, το υποκείμενο, η ποικιλία και το είδος του φυτού, το στάδιο της ανάπτυξής του, η διάρκεια της έκθεσης του φυτού στην αλατότητα, η υγρασία και ο αερισμός του εδάφους, αλλά και οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν (Marschner, 1995).

### Επιπτώσεις Αλατότητας

Τα φυτά που αναπτύσσονται υπό συνθήκες αλατότητας υπόκεινται σε μορφολογικές, φυσιολογικές και μεταβολικές αλλαγές οι οποίες προκαλούν κλείσιμο των στοματίων και μειωμένο φωτοσυνθετικό ρυθμό που με τη σειρά τους συντελούν σε μειωμένη ανάπτυξη και κατά συνέπεια σε σημαντικές απώλειες των γεωργικών αποδόσεων. (Arsho, Adbin & Iqbal, 2006, Chartzoulakis, 1997). Συγκεκριμένα συνθήκες υψηλής αλατότητας έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα φυτά, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω :

Πρώτον εξαιτίας της αυξημένης αλατότητας επέρχεται μείωση του υδατικού δυναμικού στο περιβάλλον των ριζών. Το υδατικό δυναμικό αποτελεί ένα σχετικό μέγεθος το οποίο εκφράζει τη διαφορά δυναμικού του νερού σε δεδομένη κατάσταση σε σχέση με μια άλλη πρότυπη κατάσταση, δηλαδή αυτή του αποσταγμένου νερού όταν βρίσκεται υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση, οπότε και το υδατικό δυναμικό θεωρείται μηδέν. Στα υδροπονικά συστήματα το υδατικό δυναμικό εξαρτάται από τη συγκέντρωση των αλάτων στο περιβάλλον των ριζών και κατ'επέκταση στο θρεπτικό διάλυμα. Συγκεκριμένα αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στο διάλυμα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία χαμηλού υδατικού δυναμικού στο χώρο των ριζών ( $\Psi_s$ ), δηλαδή μειώνει τη διαθεσιμότητα του νερού, οπότε τα φύλλα πρέπει να αποκτήσουν ακόμη πιο αρνητικό  $\Psi_s$  προκειμένου να καταφέρουν να διατηρήσουν τη διαβάθμιση υδατικού δυναμικού ( $\Psi_w$ ) στο σύστημα έδαφος-ρίζα-φυτό (Κωνσταντινίδου 2003).

Έπειτα η αλατότητα έχει αρνητικές επιπτώσεις στην απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων. Δεδομένου ότι τα περισσότερα φυτά καλλιεργούνται σε συνθήκες χαμηλής αλατότητας (Greenway and Munns, 1980) όταν η αλατότητα είναι αυξημένη, οι μηχανισμοί για την απορρόφηση, μεταφορά και αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων μπορεί να μην είναι τόσο αποτελεσματικοί. Έτσι οι αυξημένες συγκεντρώσεις Na και Cl στο περιβάλλον των ριζών μπορεί να οδηγήσουν στη δημιουργία αυξημένων αναλογιών Na/Ca, Na/K, Ca/Mg και Cl/NO<sub>3</sub> και στην εμφάνιση θρεπτικών διαταραχών στα φυτά (Grattan and Grieve, 1999).

Ύστερα, υπό την επίδραση της αλατότητας επέρχεται μείωση τόσο της φυλλικής επιφάνειας, όσο και του αριθμού φύλλων ανά φυτό (Greenway and Munns, 1980, Munns 2002, Taiz and Zeiger, 2002, Giuffrida et al, 2008). Η μείωση της επιμήκυνσης των





φύλλων γίνεται πολύ γρήγορα και σχετίζεται και με τη μείωση της σπαργής . Λόγω του ότι όσο πιο μικρή είναι η φυλλική επιφάνεια τόσο πιο μειωμένες είναι οι απώλειες νερού. Η μείωση της φυλλικής επιφάνειας θεωρείται πως αποτελεί έναν μηχανισμό προσαρμοστικότητας των φυτών σε υψηλά επίπεδα αλατότητας (Ruiz-Sanchez κ.ά,2000,Carves κ.ά, 2009).

Επιπλέον, η αλατότητα επιδρά στο πάχος του φύλλου. Τα φύλλα των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αλατότητας είναι συνήθως παχύτερα, με μεγαλύτερο περιεχόμενο νερού (υδαρή) (Wignarajah et al.,1975, Zekri and Parsons,1990,Waisel,1991,Raafat κ.ά 1991,Sanchez-Blanco et al,1991,Shannon et al,1984,Naston et al,1999,Sotiropoulou et al,2002). Αυτό αποδίδεται στην ωσμωρύθμιση των φυτών, καθώς αυξάνει την εσωτερική επιφάνεια στην οποία γίνεται διάχυση του CO<sub>2</sub> σε σχέση με την επιφάνεια του φύλλου και μειώνει την εσωτερική αντίσταση του φύλλου στην απορρόφηση του CO<sub>2</sub>. Η αύξηση του πάχους των φύλλων φαίνεται να αυξάνει την εσωτερική επιφάνεια ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας και τη διαπερατότητα των υδρατμών που λαμβάνουν θέση, μειώνοντας έτσι την εσωτερική αντίσταση στην αφομοίωση του CO<sub>2</sub> και τη διατήρηση του υδατικού δυναμικού σε υψηλότερα επίπεδα (Christodoulakis and Bazos,1990).

Τέλος, η αλατότητα μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις στη συνολική παραγωγή. Πιο συγκεκριμένα, τα φυτά υφίστανται ενεργειακή καταπόνηση στην προσπάθειά τους να αντιμετωπίσουν τις αρνητικές επιδράσεις της υψηλής αλατότητας στη ριζόσφαιρα μέσω δικών τους μηχανισμών. Ο βαθμός μείωσης της παραγωγής εξαρτάται από τη συνολική συγκέντρωση των αλάτων στο περιβάλλον των ριζών, από το είδος του φυτού ή ακόμα και της ποικιλίας αλλά και από το είδος των αλάτων (Maas and Hoffman,1977, Greenway and Munns,1980, Shannon and Griere,1999), τον τρόπο άρδευσης ( Scholberg and Locascio,1999), το στάδιο ανάπτυξης των φυτών αλλά και τη διάρκεια έκθεσής τους σε συνθήκες υψηλής αλατότητας.

## Αλατότητα και Τομάτα

Η ντομάτα είναι ένα φυτό μέσης ευαισθησίας στην αλατότητα. Άρδευση με νερό αγωγιμότητας EC<2-2,5 Ds/m δεν έχει κάποια αρνητική επίδραση πάνω στην παραγωγή, ενώ αντιθέτως νερό με αγωγιμότητα EC=8-9 dS/m μειώνει στο μισό την παραγωγή του φυτού. Σε όχι τόσο υψηλά επίπεδα αλατότητας (EC<4-6 dS/m) η μείωση της παράγωγης κυμαίνεται στο 10-25% και οφείλεται κυρίως στη μέση μείωση του βάρους του καρπού. Η επίδραση της αλατότητας πάνω στην παραγωγή εξαρτάται τόσο από το είδος των αλάτων που περιέχονται στο νερό, όσο και από τη χρησιμοποιούμενη ποικιλία ή υβρίδιο,



αλλά και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Υψηλή αλατότητα μειώνει το ποσοστό βλάστησης του σπόρου και αυξάνει το χρόνο που απαιτείται για την πλήρη βλάστηση. Επίσης, επιβραδύνει την ανάπτυξη του φυτού. Η αντοχή της ντομάτας στην αλατότητα σχετίζεται με την περιεκτικότητα των φύλλων σε ιόντα νατρίου (Na). Συγκεκριμένα, τα νεαρά φύλλα θα πρέπει να έχουν χαμηλή συγκέντρωση σε ιόντα Na, διότι αν αυτή υπερβεί το 0,7-1% του ξηρού βάρους του φύλλου, οδηγεί στην εμφάνιση συμπτωμάτων τοξικότητας από άλατα. Από την άλλη πλευρά, η αλατότητα του νερού άρδευσης επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των σχηματιζόμενων καρπών. Αυξημένη αλατότητα προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης σακχάρων και οργανικών οξέων, που προκαλούν καλύτερη γεύση των καρπών. Ταυτόχρονα όμως μειώνεται η διάρκεια συντήρησης και αυξάνεται η μαλακότητά τους.



Εικόνα 2 Σπορείο Τομάτας



## Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό:

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι δύσκολη η διαχείριση της αλατότητας σε χαμηλά επίπεδα. Επιπρόσθετα, κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, εμφανίζεται μεταβολή στην απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντική η σωστή αναπροσαρμογή του διαλύματος συμπλήρωσης με βάση το στάδιο ανάπτυξης του φυτού κατά την διάρκεια της καλλιέργειας. Για να επιτευχθεί αυτό στην παρούσα μελέτη θα υπολογιστεί η απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας και θα συγκριθεί με την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία με απώτερο σκοπό την ανάπτυξη ενός πρότυπου μοντέλου που θα προσομοιάζει την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων σε κάθε ανάπτυξη των φυτών.



Εικόνα 3 Φωτογραφία τομάτας στο σύστημα επιπλέουσας υδροπονίας



## Υλικά και μέθοδοι

### Χώρος και χρόνος καλλιέργειας

Η μελέτη έλαβε χώρα στο υαλόφρακτο θερμοκήπιο που βρίσκεται στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και οι χημικές αναλύσεις των φυτικών δειγμάτων αλλά και των δειγμάτων απορροής πραγματοποιήθηκαν στους χώρους του εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του πανεπιστημίου. Οι αναλύσεις των στοιχείων (Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn) πραγματοποιήθηκαν το Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων (ΜΑΙΧ)

α) Για την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε ένας θάλαμος του θερμοκηπίου μέσα στον οποίο εγκαταστάθηκαν τα φυτά σε σύστημα επίπλευσης. Ο θάλαμος του πειράματος έχει εμβαδόν 80τ.μ. και διαθέτει σύστημα θέρμανσης.

Ο συνολικός χρόνος της καλλιέργειας ήταν σχεδόν 5-μήνες (125 μέρες), δεδομένου ότι η σπορά των φυτών έγινε τον μήνα Δεκέμβριο και η λήξη της καλλιέργειας, αρχές Μαρτίου. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν στις δεξαμενές στις 25/10/19.



Εικόνα 4 Φυτό τομάτας 1 εβδομάδα μετά την τοποθέτηση στο σύστημα

Στην συγκεκριμένη μελέτη, πραγματοποιήθηκε καλλιέργεια φυτών τομάτας σε κλειστό σύστημα επίπλευσης. Τα φυτά εγκαταστάθηκαν στα δεξαμενές ως γυμνόριζα, ενώ πριν την εγκατάστασή τους οι δεξαμενές συμπληρώθηκαν με θρεπτικό διάλυμα. Το διάλυμα ανατροφοδοσίας (replenishment) αποτελούνταν από μια πλαστική δεξαμενή τοποθετημένη πλησίον της δεξαμενής και τροφοδοτούσε την δεξαμενή μέσω κατάλληλου μηχανισμού – διακόπτη (φλοτέρ), ο οποίος συμπλήρωνε την δεξαμενή όσο καταναλώνονταν το θρεπτικό διάλυμα. Οι δεξαμενές των φυτών διέθεταν επιπλέον και σύστημα παροχής αέρα για την τροφοδοσία των ριζών με οξυγόνο.



Στο διάλυμα που προκύπτει από την ανάμειξη νερού και διαλύματος απορροής, το τελευταίο συμμετέχει με ένα ογκομετρικό κλάσμα  $(1-\alpha)$  ( $0 < \alpha < 1$ ). Συνεπώς **η συγκέντρωση του  $i$  θρεπτικού στοιχείου στο διάλυμα** που προκύπτει από την ανάμειξη διαλύματος απορροής και **νερού ( $C_{im}$ )** υπολογίζεται με την βοήθεια της σχέσης (Sonneveld, 2000, Σάββας, 2012).

$$C_{im} = \alpha C_{id} + (1-\alpha)C_{iw} \quad (\text{Σάββας 2011})$$

Στη σχέση αυτή, με  $C_{id}$  και  $C_{iw}$  συμβολίζονται οι συγκεντρώσεις του  $i$  θρεπτικού στοιχείου στο διάλυμα της απορροής και το νερό αντίστοιχα. Το κλάσμα του διαλύματος απορροής  $\alpha$  είναι εξορισμού ίσο με του πηλίκου του όγκου του διαλύματος απορροής που ανακυκλώνεται ( $V_d$ ) και του συνολικού όγκου του διαλύματος που χορηγείται στην καλλιέργεια ( $V_s$ ). Ισχύει δηλαδή  $\alpha = V_d/V_s$  ενώ  $V_s$  ισούται με το άθροισμα  $V_d + V_w$ , όπου  $V_w$  είναι ο όγκος του νερού που αναμειγνύεται με διάλυμα απορροής προκειμένου να παρασκευαστεί νέο διάλυμα τροφοδοσίας.

Από τις παραμέτρους της εξίσωσης, η  $C_w$  είναι σταθερό μέγεθος που προσδιορίζεται μέσω χημικής ανάλυσης του χρησιμοποιούμενου αρδευτικού νερού πρίν την έναρξη της καλλιέργειας.



Εικόνα 5 Ρίζα τομάτας σε σύστημα επίπλευσης



## Υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας

### Εγκατάσταση Καλλιέργειας

Η σπορά των φυτών πραγματοποιήθηκε 15/9/2019 . Η μπάλα χώματος των φυτών αφαιρέθηκε πριν από την μεταφύτευση και τα φυτά τοποθετήθηκαν μέσα στις δεξαμενές. Για την στήριξη των φυτών, χρησιμοποιήθηκαν net pots τα οποία συγκρατούν τα φυτά, αλλά επιτρέπουν στις ρίζες να τα διαπερνούν και να εισέρχονται στο θρεπτικό διάλυμα. Στον θάλαμο προστέθηκαν συνολικά 96 φυτά. Συνεπώς η πυκνότητα φύτευσης ήταν περίπου 1.25 φυτά/τμ. Οι δεξαμενές πληρώθηκαν με 180 λίτρα θρεπτικού διαλύματος. Έπειτα ρυθμίστηκαν τα φλοτέρ ώστε να διατηρούν την στάθμη στα 180 λίτρα



Εικόνα 6 Πανοραμική φωτογραφία του Θαλάμου καλλιέργειας



Εικόνα 7 φωτογραφία του Θαλάμου καλλιέργειας



Εικόνα 8 Φωτογραφία της σχεδίας καλλιέργειας



## Επεμβάσεις καλλιέργειας

Εφαρμόστηκαν δυο επίπεδα αλατότητας. Η μια μεταχείριση αφορούσε τον μάρτυρα, δηλαδή δεν εφαρμόζοταν προσθήκη χλωριούχου νατρίου στο θρεπτικό διάλυμα. Στην δεύτερη μεταχείριση πραγματοποιούνταν προσθήκη  $30 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

## Διαδικασία μέτρησης Απορρόφησης

Για να μετρήσουμε την απορρόφηση του κάθε στοιχείου χρησιμοποιήθηκε ο μαθηματικός τύπος :

$$C_{xu} = \frac{V_r(C_{xb} - C_{xe}) + V_u C_{xa}}{V_u}$$

(1)

## Εξίσωση 1 uptake concertation

Όπου:

$C_{xu}$ : Η απορρόφηση του κάθε στοιχείου

$V_r$  (L)= ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος της δεξαμενής.

$V_u$ (L)= Ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος που καταναλώθηκε στην συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

$C_{xb}$ , =Η συγκέντρωση του θρεπτικού στοιχείου (x) την πρώτη στιγμή αναφοράς και ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  ή  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )

$C_{xe}$  = Η συγκέντρωση του θρεπτικού στοιχείου την επόμενη στιγμή αναφοράς. ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  ή  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )

$C_{xa}$  = Η συγκέντρωση του θρεπτικού στοιχείου στο διάλυμα ανατροφοδοσίας ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  ή  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )



Πιο συγκεκριμένα η διάρκεια της καλλιέργειας χωρίστηκε στα παρακάτω 5 τμήματα

Ημέρες από την μεταφύτευση	0	27	52	72	97	125
Ημερομηνία	30-10-19	26-11-19	21-12-19	10-01-20	04-02-20	03-03-20

Στα διάστημα μεταξύ τους μετρήθηκε η κατανάλωση του θρεπτικού διαλύματος καθώς και οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων που θα μελετηθούν.

Η μαθηματική σχέση για το κάθε θρεπτικό στοιχείο προκύπτει από τον υπολογισμό του ισοζυγίου μάζας του συγκεκριμένου θρεπτικού στοιχείου στο κλειστό υδροπονικό σύστημα, λαμβάνοντας υπόψη ότι η μόνη απομάκρυνση θρεπτικού στοιχείου οφείλεται στην απορρόφηση από τα φυτά, καθώς η στράγγιση είναι μηδενική.

Πιο συγκεκριμένα, η αναλογία απορρόφησης θρεπτικού στοιχείου και νερού (συγκέντρωση απορρόφησης) στο χρονικό διάστημα που μας ενδιαφέρει είναι ίση με τον λόγο της συνολικής απορρόφησης του θρεπτικού στοιχείου στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (σε mmol) προς τον όγκο του διαλύματος που καταναλώθηκε το ίδιο χρονικό διάστημα. Η συνολική απορρόφηση του συγκεκριμένου θρεπτικού στοιχείου στο διάστημα που ενδιαφέρει προκύπτει ως άθροισμα δύο συστατικών. Το πρώτο συστατικό αντιστοιχεί στην συνολική απομάκρυνση θρεπτικού στοιχείου από το σύστημα, η οποία υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό της διαφοράς συγκεντρώσεων του συγκεκριμένου θρεπτικού στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα στο τέλος στην αρχή ( $C_{xb}$ ) και αυτού του χρονικού διαστήματος επί τον όγκο του θρεπτικού διαλύματος που περιέχεται στο υδροπονικό σύστημα. Το δεύτερο συστατικό εκφράζει την ποσότητα θρεπτικού στοιχείου που προστέθηκε στο σύστημα μέσω προσθήκης νέου θρεπτικού διαλύματος και ισούται με το γινόμενο της συγκέντρωσης του συγκεκριμένου θρεπτικού στοιχείου στο παρεχόμενο διάλυμα επί τον συνολικό όγκο του παρεχόμενου θρεπτικού διαλύματος κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

### Ανάπτυξη προσομοιώματος

Η παρούσα μελέτη περιλάμβανε αποσκοπεί στον προσδιορισμό των απορροφήσεων του κάθε θρεπτικού στοιχείου με στόχο την ανάπτυξη προσομοιώματος θρέψης των φυτών της τομάτας σε συνθήκες κανονικής και αυξημένης αλατότητας οφειλόμενης σε αυξημένη συγκέντρωση  $\text{NaCl}$ . Ο βασικός σκοπός της μελέτης ήταν η επαλήθευση του συγκεκριμένου προσομοιώματος σε καλλιέργεια τομάτας, ενώ ένας συμπληρωματικός





στόχος ήταν να διαπιστωθεί αν η βαθμονόμηση του προσομοιώματος διαφοροποιείται σε συνθήκες αλατότητας.

Θα μοντελοποιήσουμε την θρέψη με κλάσμα απορροής από 20 έως 40 τις εκατό, με στόχο να βρούμε τις βέλτιστες συγκεντρώσεις.

Οι βέλτιστες συγκεντρώσεις τροφοδοσίας σε ένα ανοικτό υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας είναι εκείνες οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες των φυτών στην δεδομένη χρονική στιγμή και οδηγούν στην διατήρηση των συγκεντρώσεων του κάθε θρεπτικού στοιχείου στην απορροή στα επιθυμητά επίπεδα όπως αυτά αναγράφονται στην βιβλιογραφία και έχουν προκύψει μετά από σχετικές μελέτες. Με βάση τον Σάββα (2011), οι συγκεντρώσεις απορρόφησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καθορισμό και την αναπροσαρμογή των συγκεντρώσεων στο θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας. Η συγκεκριμένη μαθηματική σχέση που συνδέει την συγκέντρωση τροφοδοσίας και την συγκέντρωση του διαλύματος απορροής έχει περιγράψει από τους Sonneveld and Voogt (2001) και είναι η εξής:

$$C_{it} = aC_{id} + (1-a) C_{iu} \quad (2)$$

Όπου:

$C_{it}$ : Η συγκέντρωση του κάθε στοιχείου στο διάλυμα τροφοδοσίας

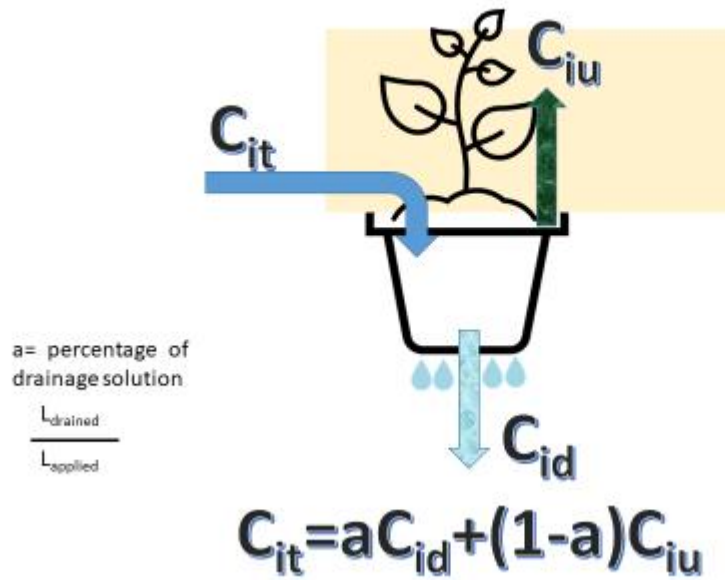
$C_{iu}$ : Η συγκέντρωση απορρόφησης

$C_{id}$ : Η συγκέντρωση στην απορροή

Και  $a$  είναι το μέσο κλάσμα της απορροής που εφαρμόζεται σε μια καλλιέργεια.

Με βάση τον παραπάνω τύπο, οι συγκεντρώσεις απορρόφησης του κάθε στοιχείου οι οποίες θα προκύψουν από την παρούσα μελέτη θα συνδυαστούν με τις συγκεντρώσεις του διαλύματος απορροής όπως αυτές αναγράφονται στην βιβλιογραφία (Sonneveld and Voogt (2001) για αναπτυχθεί ένα προσομοίωμα που θα επιτρέψει τον υπολογισμό των επιθυμητών συγκεντρώσεων τροφοδοσίας για διαφορετικές περιπτώσεις κλασμάτων απορροής. Το κλάσμα απορροής που θα μελετηθεί θα είναι το 0,2 και το 0,4 τα οποία ορίζουν το εύρος εντός του οποίου κυμαίνεται συνήθως το κλάσμα απορροής στις καλλιέργειες σε υποστρώματα. Με αυτόν τον τρόπο θα προκύψουν οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων κάθε θρεπτικού στοιχείου στο διάλυμα τροφοδοσίας. Παράλληλα θα παρατηρηθεί αν οι συγκεντρώσεις τροφοδοσίας κάθε θρεπτικού στοιχείου αυξάνονται ή μειώνονται με την αύξηση του κλάσματος απορροής.

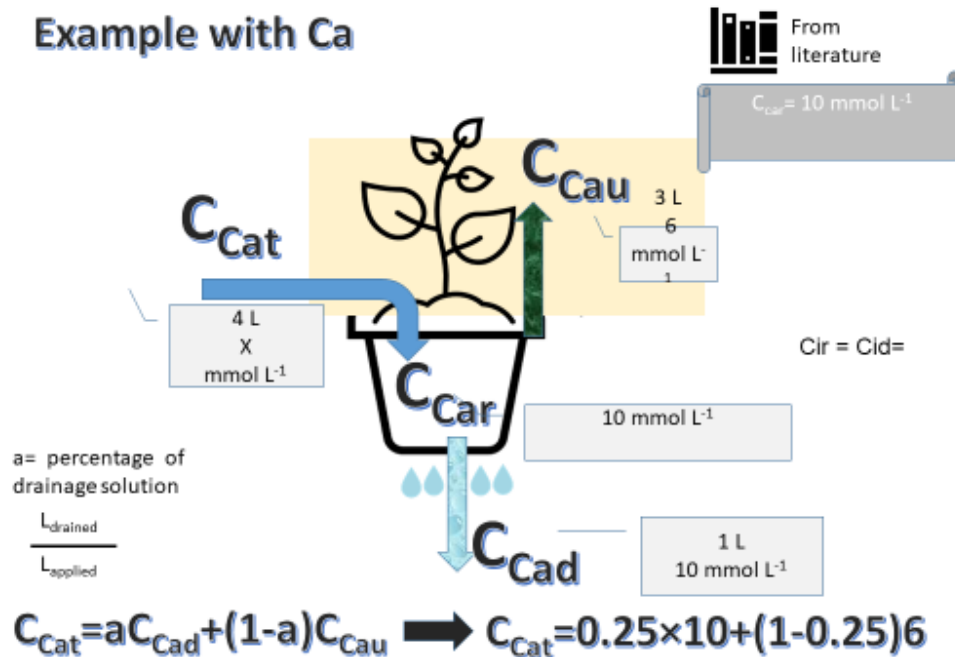




Σχήμα 1: Γραφική αναπαράσταση του προσομοιώματος που περιγράφεται από την Σχέση (2).



## Example with Ca



Σχήμα 2: Σχηματική επεξήγηση του προσομοιώματος που περιγράφεται από την Σχέση (2) χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα το ασβέστιο. Όλες οι συγκεντρώσεις ( $C_{Cax}$ ) είναι σε  $\text{mmol L}^{-1}$ .

Στόχος του προσομοιώματος είναι να υπολογιστούν οι τιμές του διαλύματος τροφοδοσίας με χρήση του τύπου (2)

$C_{it}$ : Η Τιμή στόχος του κάθε στοιχείου στο διάλυμα τροφοδοσίας

$C_{iu}$ : Η συγκέντρωση απορρόφησης όπως έχει υπολογιστεί με τον τύπο (1)

$C_{id}$ : Η συγκέντρωση της απορροής από βιβλιογραφία

$C_{ir}$ : Η συγκέντρωση του ι θρεπτικού στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα που περιβάλλει τις ρίζες η οποία λαμβάνεται ίση με την συγκέντρωση αυτού στο διάλυμα απορροής. Συνεπώς ισχύει:  $C_{ir} = C_{id}$ .

Και a (κλάσμα απορροής) στην συγκεκριμένη περίπτωση από 20 έως 40%



## Καλλιεργητικές περιποιήσεις

Καλλιεργητικές περιποιήσεις είναι όλοι οι χειρισμοί που εφαρμόζονται κατά τα διαφορικά στάδια της καλλιέργειας με σκοπό την ομαλή εξέλιξη της και την βελτίωση της απόδοσης. Επειδή στην παρούσα μελέτη η καλλιέργεια φυτών τομάτας είναι εκτός του εδάφους, αυτομάτως εξαιρούνται όλες εκείνες οι περιποιήσεις που συνδέονται με το έδαφος (καταπολέμηση ζιζανίων, μέθοδοι άρδευσης, παράχωμα, κτλ).

Ωστόσο στο πείραμα οι κύριες περιποιήσεις που εφαρμόστηκαν είναι

α) υποστύλωση

β) κλάδεμα

γ) υποβοήθηση καρπόδεσης

δ) αντιμετώπιση ασθενειών - ψεκασμοί

ε) σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων.

Για την εκτέλεση των παραπάνω καλλιεργητικών περιποιήσεων έχουν ληφθεί υπόψη οι συστάσεις του Ολύμπιου (2001), ενώ για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων χρησιμοποιήθηκε ένας αλγόριθμος που αναπτύχθηκε από τους Savvas and Adamidis (1999).

## Υποστύλωση φυτών

Η υποστύλωση γίνεται σε συνδυασμό με το κλάδεμα για την καλύτερη αξιοποίηση του όγκου του θερμοκηπίου και σκοπό έχει να διευκολύνει: 1) το κλάδεμα για ρύθμιση του φορτίου παραγωγής, 2) την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών (καταπολέμηση ασθενειών, συγκομιδή καρπών κλπ), 3) τον φυσικό και τεχνητό αερισμό και 4) το φωτισμό των φυτών.

Στην παρούσα μελέτη τα φυτά διαμορφώθηκαν με το μονοστέλεχο σύστημα μόρφωσης. Η υποστύλωση των φυτών έγινε με την βοήθεια των οριζόντιων συρμάτων που υπήρχαν πάνω από τις γραμμές καλλιέργειας. Τα φυτά την ημέρα μεταφύτευσης τους στις δεξαμενές υδροπονίας περιερίχτηκαν με συνθετικό σπάγκο και αναρτήθηκαν στα οριζόντια σύρματα με τους ειδικούς μηχανισμούς περιέλιξης και ανάρτησης. Αυτοί οι μηχανισμοί μας εξασφάλισαν την καλή στήριξη των φυτών καθώς και το εύκολο "κατέβασμα" όταν τα φυτά ήταν σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης. Ωστόσο, για την αποφυγή τραυματισμών των βλαστών της κορυφής χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά κλιπ τα οποία συγκρατούσαν το στέλεχος του φυτού κοντά στο σπάγκο υποστύλωσης.





Εικόνα 9 Φυτό Τομάτας σε στάδιο καρποφορίας

## Κλάδεμα – βλαστολόγημα – κορυφολόγημα – αποφύλλωση

### Κλάδεμα

Το κλάδεμα όπως και η υποστύλωση του φυτού της τομάτας στο θερμοκήπιο είναι εργασίες επιβεβλημένες και η εφαρμογή τους στα φυτά γίνεται ταυτόχρονα και συμβάλλουν στην καλύτερη αξιοποίηση του όγκου του θερμοκηπίου. Οι κύριοι στόχοι του κλαδέματος είναι α) η εξισορρόπηση βλάστησης και καρποφορίας β) ανάλογα με το σύστημα μόρφωσης που επιλέγουμε ( μονοστέλεχο – διστέλεχο ) περιορίζεται ο αριθμός των ταξιανθιών στον κεντρικό ή στους δυο βλαστούς αντίστοιχα γ) η συγκέντρωση της παραγωγής σε ορισμένη χρονική περίοδο δ) εξασφάλιση ομοιογένειας στους καρπούς



και βελτίωση της ποιότητας τους (γεύση , συνεκτικότητα, χρώμα κλπ.) (Ολύμπιος Χ., 2001). Με το κλάδεμα μορφώνονται τα φυτά σε δυο κυρίως συστήματα, το μονοστέλεχο και το διστέλεχο σύστημα. Η καλλιεργητική περιποίηση του κλαδέματος περιέχει και τις εργασίες του βλαστολογήματος, του κορυφολογήματος και της αποφύλλωσης των φυτών. Στην συγκεκριμένη μελέτη δεν εφαρμόστηκε κλάδεμα μόρφωσης διότι τα φυτά ήταν αυτόριζα μονοστέλεχα.

### Βλαστολόγημα

Το βλαστολόγημα είναι η εργασία εκείνη κατά την οποία αφαιρούμε τους πλάγιους βλαστούς οι οποίοι σχηματίζονται από τους οφθαλμούς που βρίσκονται στις μασχάλες των φύλλων. Στο μονοστέλεχο σύστημα μόρφωσης που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια, οι πλάγιοι βλαστοί δεν είχαν καμία χρησιμότητα. Για τον λόγο αυτό καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας τα φυτά βλαστολογούνταν, ώστε να μην ζημιώνονται από τους πλάγιους βλαστούς σε επίπεδο ανάπτυξης και παραγωγής. Το βλαστολόγημα είναι μια προγραμματισμένη εργασία που δεν πρέπει να καθυστερεί διότι, όταν οι πλάγιοι βλαστοί μεγαλώσουν αρκετά είναι δύσκολο να αποκοπούν με το χέρι και δημιουργούνται μεγάλοι τραυματισμοί στο στέλεχος του φυτού. Όταν όμως το βλαστολόγημα πραγματοποιείται στην ώρα του τότε οι τρυφεροί και εύθραυστοι πλάγιοι βλαστοί αποκόπτονται εύκολα με το χέρι χωρίς να δημιουργούνται τραυματισμοί.



Εικόνα 10 Εργασία βλαστολογήματος – αφαίρεση πλάγιου βλαστού



## Κορφολόγημα

Το κορφολόγημα είναι μια τεχνική που γίνεται όταν η καλλιέργεια πλησιάζει προς το τέλος της (1,5 – 2μηνες πριν το τέλος). Επί της ουσίας είναι η αφαίρεση της κορυφής των φυτών με σκοπό να εμποδίσει το φυτό να παράγει νέα φύλλα και ταξικαρπίες. Ταυτόχρονα το κορφολόγημα συμβάλλει στην ταχύτερη ωρίμανση των υπαρχόντων καρπών. Στην παρούσα καλλιέργεια η εργασία του κορφολογήματος πραγματοποιήθηκε στις 30/1/20.

## Αποφύλλωση

Η αποφύλλωση είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται όταν πλέον τα φυτά έχουν μεγαλώσει αρκετά, δηλαδή σε στάδιο όπου πάνω στο φυτό υπάρχουν ταξικαρπίες προς ωρίμανση αλλά και ταξιανθίες που είναι έτοιμες για καρπόδεση. Με την αποφύλλωση αφαιρούμε τα φύλλα εκείνα που βρίσκονται κάτω από τις ωριμάζουσες ταξικαρπίες. Τα φύλλα αυτά συνήθως είναι γηρασμένα με χαμηλή φωτοσυνθετική ικανότητα. Οι κύριοι στόχοι της αποφύλλωσης είναι α) ο καλύτερος φωτισμός των καρπών που βρίσκονται κοντά στο στάδιο της ωρίμανσης, για την βελτίωση της ποιότητάς τους β) ρύθμιση της πρωιμότητας ή της οψιμότητας της παραγωγής. Σε περιπτώσεις όπου γίνει αποφύλλωση νεαρών φύλλων τα οποία είναι χρήσιμα για το φυτό τότε έχουμε σαν συνέπεια την οψίμιση της παραγωγής. Η τεχνική της αποφύλλωσης συνήθως πραγματοποιείται ταυτόχρονα με το κατέβασμα των φυτών. Στο πείραμα πάρθηκαν μετρήσεις παραγωγής και κατανάλωσης θρεπτικού διαλύματος για κάθε μεταχείριση. Για να εξυπηρετηθούν οι στόχοι του πειράματος και να αποφευχθούν οι αποκλίσεις και τα σφάλματα στις μετρήσεις, η αποφύλλωση των φυτών γίνονταν με σκοπό την διατήρηση της ομοιομορφίας ανά μεταχείριση .



## Υποβοήθηση καρπόδεσης

Το άνθος της τομάτας είναι αυτογονιμοποιούμενο σε μεγάλο βαθμό. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να μεταφερθεί η γύρη από τους ανθήρες στο στίγμα, κάτι που απαιτεί κάποιες ευνοϊκές συνθήκες όπως κάποια κίνηση αέρα, κάτι το οποίο αποτελεί πρόβλημα κατά την καλλιέργεια στο θερμοκήπιο. Γι αυτόν τον λόγο, στις 1/11/19 έγινε και εγκατάσταση μιας κυψέλης βομβίνων. Ο βομβίνος είναι το υμενόπτερο έντομο *Bombus terrestris* και χρησιμοποιείται ευρύτατα σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες για την υποβοήθηση της επικονίασης. Η τροφή των εντόμων αυτών στην φύση είναι η γύρη, όμως στην πράξη στο θερμοκήπιο χορηγούνται στην κυψέλη διαλύματα ζαχαρόνευρου. Όταν οι βομβίνοι εξέρχονται από την κυψέλη για



Εικόνα 11 Κυψέλη βομβίνων στον Θάλαμο καλλιέργειας

πτήση, επισκέπτονται τα άνθη της τομάτας με αποτέλεσμα να τα δονούν και έτσι πραγματοποιείται μεταφορά γύρης από τους ανθήρες στο στίγμα. Έτσι η τεχνική αυτή αποτελεί μια απλή και οικολογική

λύση για την υποβοήθηση της καρπόδεσης με αποτέλεσμα την ικανοποιητική παραγωγή καρπών με καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Επειδή οι κυψέλες βομβίνων έχουν μια διάρκεια περίπου 2 μηνών που είναι ενεργές και πραγματοποιείται ικανοποιητική καρπόδεση από τις εργάτριες, στις 25/1/21 έγινε η εγκατάσταση μιας δεύτερης κυψέλης βομβίνων ή οποία διατηρήθηκε έως και το τέλος της καλλιέργειας

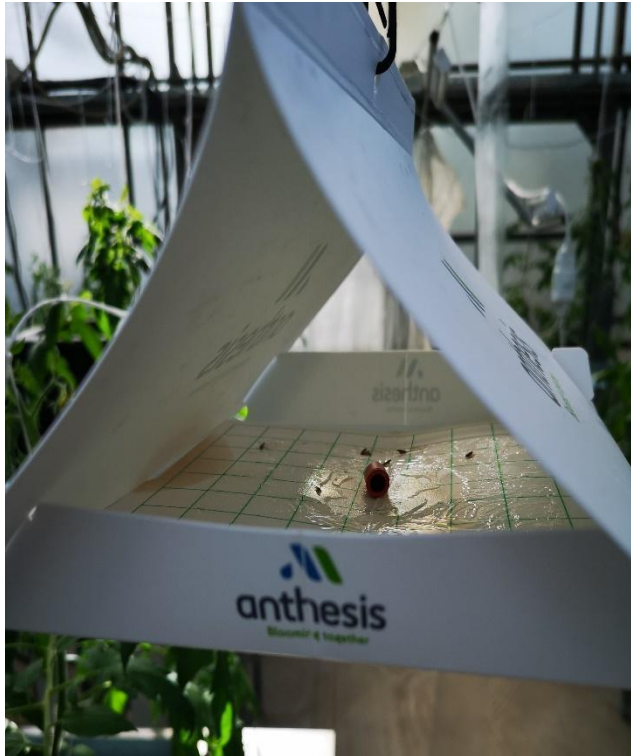
## ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΥΚΗΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ- ΠΡΟΛΗΨΗ

Η τομάτα αποτελεί μια από τις πιο ευάλωτες καλλιέργειες, καθώς οι εχθροί της είναι αρκετοί, είτε εντομολογικής φύσης, είτε μυκητολογικής φύσης, είτε βακτηριακής φύσης είτε ιολογικής. Βέβαια το πλεονέκτημα της καλλιέργειας ήταν ότι έγινε εκτός εδάφους, οπότε ήταν απαλλαγμένη από παθογόνα εδάφους.

Το έντομο *Tuta absoluta* καταγράφηκε στην Ελλάδα πρώτη φορά το 2009 και αποτελεί τον πιο σημαντικό και επιζήμιο εχθρό της τομάτας πλέον και η ένταση της προσβολής κάθε χρόνο γίνεται και εντονότερη. Το έντομο αυτό έχει 10 - 12 γενεές ανά έτος, με άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης και αναπαραγωγής τους 22- 24°C, δηλαδή το θερμοκήπιο διαθέτει το ιδανικότερο περιβάλλον για την ακμή το. Ζημιώνει τόσο τα φύλλα όπου οι προνύμφες δημιουργούν σε αυτό στοές με αποτέλεσμα την μείωση της φωτοσυνθετική ικανότητάς τους και τέλος την νεκρωσή τους. Η άμεση οικονομική ζημία για τους παραγωγούς είναι η προσβολές στους καρπούς, όπου η προνύμφη εισέρχεται από την







Εικόνα 12 Παγίδα τύπου Δ

βάση του κάλυκα και τρέφεται με το εσωτερικό. Οι παραγόμενοι καρποί δεν είναι εμπορεύσιμοι ενώ δεν μπορεί να εφαρμοστεί καταπολέμηση μετά την συγκομιδή.

Οι καλλιέργειες υπό κάλυψη, όπως η συγκεκριμένη, είναι περισσότερο προστατευμένες σε σχέση με τις υπαίθριες, που είναι εντελώς εκτεθειμένες στους εντομολογικούς εχθρούς αλλά και στους κλιματικούς παράγοντες. Αρχικά, ο θάλαμος του πειράματος διέθετε εντομοστεγή δίκτυα και κουρτίνα προστασίας στην είσοδο του με σκοπό τον φραγμό εισόδου εντόμων. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν ενέργειες με διαφόρων ειδών παγίδες εντόμων που με στόχο την παρακολούθηση και την αντιμετώπιση του εντόμου

Στις 23 Νοεμβρίου έγινε τοποθέτηση φερομονικής παγίδας τύπου “Δ” στο θάλαμο. Η παγίδα αυτή έλκει τα ενήλικα έντομα που είναι έτοιμα να αναπαραχθούν και προσκολλούνται πάνω της. Ακόμα, στις 5 Δεκεμβρίου εγκαταστάθηκαν κολλητικές παγίδες μπλε και κίτρινου

χρώματος. Οι παγίδες κίτρινου χρώματος έχουν την τάση να έλκουν ποικιλία ενήλικων εντόμων όπως τούτα, αλευρώδεις (*Bemisia tabaci* & *Trialeurodes vaporariorum*), αφίδες (*Myzus persicae*) και θρίπες (*Frankliniella occidentalis* & *Thrips tabaci*). Αυτές του μπλε χρώματος προσελκύουν τον θρίπτα. Στην πορεία του πειράματος, η προσβολή της καλλιέργειας από το έντομο τούτα είχε λάβει μεγάλες διαστάσεις και έτσι κρίθηκαν αναγκαίοι ψεκασμοί με χημικά μέσα.



Εικόνα 13 Ενήλικα έντομα σε φερομονική παγίδα



## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

### Μέτρηση οξύτητας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος



Εικόνα 12 Όργανα μέτρησης PH, EC

Από την αρχή της καλλιέργειας έως το πέρας της, κάθε δεύτερη μέρα, πραγματοποιούταν μέτρηση οξύτητας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας των θρεπτικών διαλυμάτων των δεξαμενών με σκοπό τον έλεγχο της πορείας της καλλιέργειας.

### Μέτρηση συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου στο θρεπτικό διάλυμά

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων οξύτητας και αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος.

Η σημασία του διαλυμένου οξυγόνου

Το νερό είναι διαλύτης πολλών αερίων μεταξύ των οποίων το σημαντικότερο είναι το οξυγόνο ( $O_2$ ). Οι πηγές που παρέχουν διαλυμένο οξυγόνο στο νερό είναι ο αερισμός από την ατμόσφαιρα και η φωτοσυνθετική δράση των υδρόβιων φυτών που παράγουν οξυγόνο

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι απαραίτητο για την επιβίωση και ανάπτυξη της υδρόβιας ζωής. Για τη διατήρηση της αερόβιας ζωής η ελάχιστη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 4 mg/L.



Εικόνα 15 Οπτικό Όργανο μέτρησης Διαλυμένου Οξυγόνου



## Μέτρηση συγκέντρωσης νατρίου και καλίου στο θρεπτικό διάλυμα

Για την παρακολούθηση της θρεπτικής κατάστασης στο περιβάλλον των ριζών και για τον έλεγχο της συγκέντρωσης αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα των δεξαμενών πραγματοποιούνταν μετρήσεις K και Na εβδομαδιαίως. Τα δείγματα που συλλεγόταν μετριοούνταν στο εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών με την χρήση φλογοφωτόμετρου του οίκου Sherwood (Cambridge, UK), μοντέλο Flame Photometer 410.



Εικόνα 16 φλογοφωτόμετρο του οίκου Sherwood (Cambridge, UK), μοντέλο Flame Photometer 410.



## Μέτρηση φωσφόρου

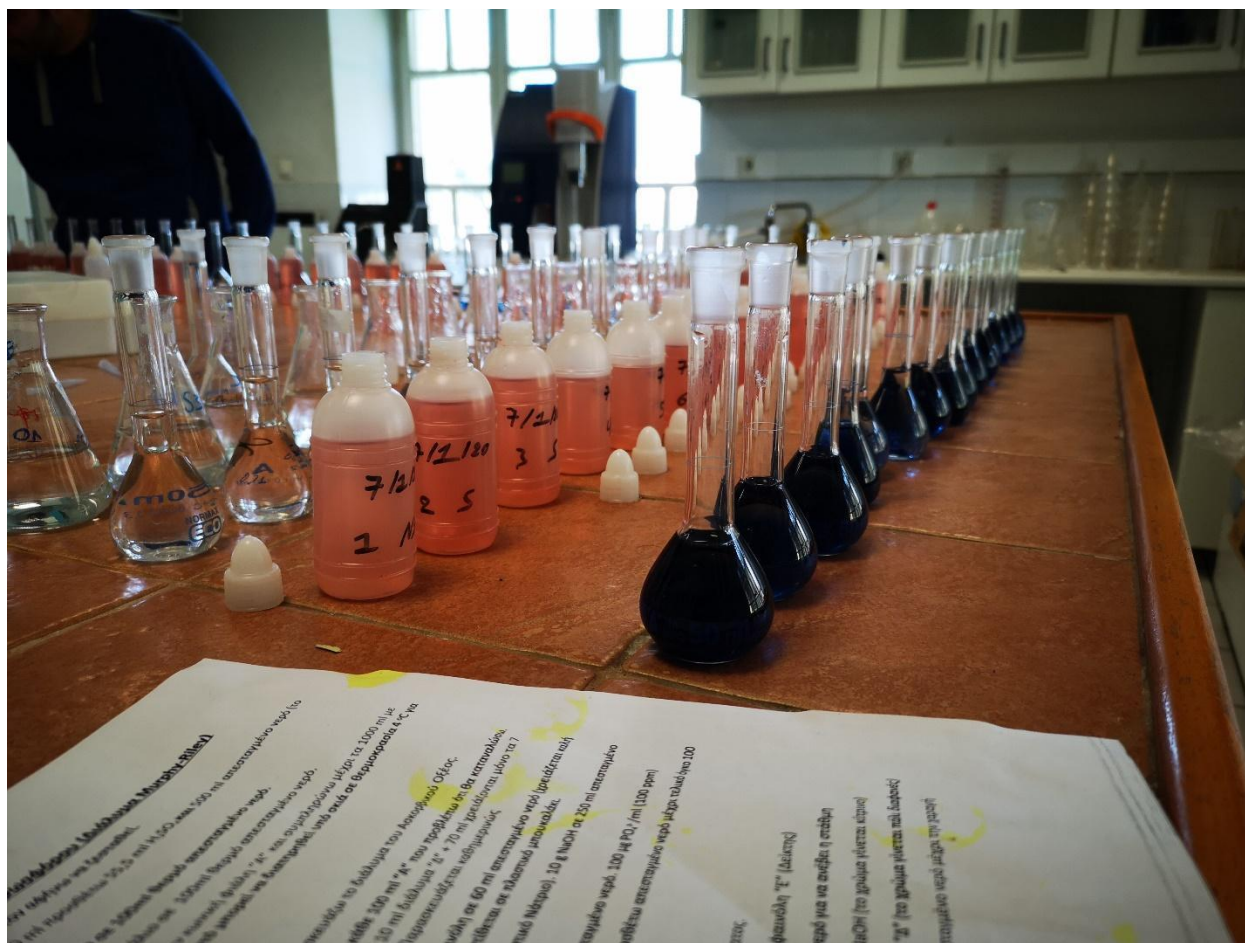
Για τον προσδιορισμό του φωσφόρου στα φυτικά εκχυλίσματα και στα θρεπτικά διαλύματα εφαρμόστηκε η μέθοδος του κυανού φωσφομολυβδαινικού συμπλόκου κατά Eaton et al. (1995). Για τις ανάγκες της μεθόδου παρασκευάστηκαν τα εξής αντιδραστήρια:

- Σε κωνική φιάλη προστέθηκαν 55,5ml  $H_2SO_4$  σε 500ml  $H_2O$ . (αντιδραστήριο Α)
- 4,8gr μολυβδαινικό αμμώνιο διαλύθηκαν σε 100 ml θερμό  $H_2O$  (αντιδραστήριο Β)
- 0,1097gr αντιμονυλοτρυγικό κάλιο διαλύθηκαν σε 100 ml θερμό  $H_2O$  (αντιδραστήριο Γ)
- Τα αντιδραστήρια Β και Γ μαζί αναμίχτηκαν στην κωνική φιάλη του Α αντιδραστηρίου αφού πρώτα αυτό είχε κρυώσει. Ακολούθησε συμπλήρωση με απεσταγμένο νερό μέχρι το 1L (Murphy-Riley).
- 0,4gr ασκορβικό οξύ /100ml Murphy-Riley
- Δείκτης: 0,5gr νιτροφαινόλης σε 60ml απεσταγμένο νερό. Έντονη ανακίνηση για ομογενοποίηση.
- Διάλυμα Υδροξειδίου του Νατρίου (καυστικό Νάτριο). 10 gr NaOH σε 250 ml απεσταγμένο νερό.
- Stock διάλυμα για παρασκευή πρότυπης καμπύλης: 0,4393 gr  $KH_2PO_4$  στα 1000 ml απεσταγμένο νερό

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Πρώτα προστέθηκε 1ml δείγματος σε φλάσκες των 50ml. Ύστερα 2-3 σταγόνες διαλύματος νιτροφαινόλης (δείκτης). Στη συνέχεια προστέθηκε λίγο απεσταγμένο νερό για να ανέβει η στάθμη. Αργότερα προστίθενται λίγες σταγόνες NaOH 1M. Το διάλυμα χρωματίστηκε με κίτρινο χρώμα. Ακολούθησε προσθήκη 10ml ασκορβικού οξέος, κατά την οποία παρατηρείται αποχρωματισμός του διαλύματος. Η φλάσκα συμπληρώθηκε ως τα 50ml με  $H_2O$ , ενώ ύστερα από 20 λεπτά αναπτύχθηκε μπλε χρώμα στο διάλυμα. Τέλος φορτώθηκαν 200μl



από το κάθε δείγμα σε plate και έγινε η μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο στα 880nm.  
(Eaton et al.,1995)



Εικόνα 17 Μέτρηση Φωσφόρου (P)

### Διαδικασία μέτρησης Καλίου (K)

Η μέτρηση Καλίου αφορούσε τα δείγματα τόσο των φυτικών ιστών όσο και αυτά των φυτικών εκχυλισμάτων. Για την μέτρηση του Καλίου χρησιμοποιήθηκε φλογοφωτόμετρο. Αρχικά παρασκευάστηκαν διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης καλίου (0, 0,5 και 1 M), με σκοπό να ρυθμιστεί κατάλληλα το μηχάνημα. Στα δείγματα έγιναν οι κατάλληλες αραιώσεις στα οποία έγιναν οι μετρήσεις από το φλογοφωτόμετρο.



Το φλογοφωτόμετρο χρησιμοποιείται ως διαγνωστικό όργανο και η λειτουργία του βασίζεται στην εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας (συγκεκριμένου μήκους κύματος), από τα άτομα ενός στοιχείου όταν αποδιεγείρονται, στη προκειμένη περίπτωση του καλίου (Κ). Η ένταση της ακτινοβολίας είναι συνάρτηση του αριθμού των ατόμων που εκπέμπουν ακτινοβολία. Το μήκος κύματος (χρώμα) αξιολογείται ως ποιοτικό διαγνωστικό στοιχείο (σε ποιο στοιχείο οφείλεται η ακτινοβολία) και η ένταση της ακτινοβολίας ως ποσοτικό διαγνωστικό στοιχείο (Σινάκης, 2015).



Εικόνα 18 Μέτρηση Καλίου (Κ)



## Διαδικασία μέτρησης νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) στα διαλύματα και στα φυτικά εκχυλίσματα

Η μέτρηση των  $\text{NO}_3^-$  έγινε με τη μέθοδο Griess-Ilosvay κατά την οποία τα  $\text{NO}_3^-$  μετατρέπονται σε  $\text{NO}_2^-$  μέσω στήλης ενεργοποιημένου Cd, όπως αυτή περιγράφεται από τους Page et al. (1982).

Αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν:

1. Ενεργοποιημένο Cd: Αρχικά προστέθηκαν 50gr δείγματος Cd σε 250ml υδροχλωρικού οξέος (HCl) 6N για ένα λεπτό και αφού το HCl μεταγγίστηκε ακολουθήθηκε σχολαστικό ξέπλυμα με απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια προστέθηκε δύο φορές διάλυμα πενταϋδρικού θειικού χαλκού ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 2% (wt/vol) το οποίο διαχωρίστηκε με έκπλυση με απιονισμένο νερό. Το διάλυμα πενταϋδρικού θειικού χαλκού μεταγγίστηκε και το ενεργοποιημένο Cd ξεπλύθηκε σχολαστικά έως ότου το μπλε-γκρίζο χρώμα εξαφανιστεί. Τέλος το ενεργοποιημένο Cd τοποθετήθηκε στις στήλες αναγωγής.
2. Πυκνό διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ): Διαλύθηκαν 100gr  $\text{NH}_4\text{Cl}$  σε 500ml απιονισμένο νερό και αποθηκεύτηκε σε γυάλινο ποτήρι ζέσεως
3. Αραιό διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ): Αραιώθηκαν 50ml πυκνού  $\text{NH}_4\text{Cl}$  σε 2L απιονισμένου νερού και αποθηκεύτηκε σε γυάλινο ποτήρι ζέσεως.
4. Αντιδραστήριο diazotizing: Διαλύθηκαν 0,5gr σουλφανιλαμίνης σε 100ml HCl 2M και το διάλυμα αποθηκεύτηκε στο ψυγείο στους 4 °C.
5. Αντιδραστήριο coupling: Διαλύθηκαν 0,3gr [N-(1-naphthyl)-ethylenediamine] υδροχλωριδίου σε 100ml HCl 0,2M και το διάλυμα αποθηκεύτηκε σε σκουρόχρωμο, γυάλινο φιαλίδιο στο ψυγείο.
6. Πρότυπο διάλυμα νιτρικών  $\text{NO}_3^-$  : Διαλύθηκαν 0,3609 νιτρικού καλίου ( $\text{KNO}_3$ ) σε απιονισμένο νερό, στη συνέχεια αραιώθηκε σε ένα λίτρο και τοποθετήθηκε σε διαφανές, γυάλινο ποτήρι ζέσεως στο ψυγείο.



Προετοιμασία στήλης αναγωγής:

Οι προχοΐδες γεμίστηκαν με αραιό διάλυμα  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και ακολούθησε η προσθήκη ποσότητας επιχαλκωμένου Cd μέχρι τα πρώτα 20cm της στήλης. Απομακρύνθηκαν τυχόν φουσκάλες και απομακρύνθηκε το πλεονάζον αραιό διάλυμα  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Στη συνέχεια η στήλη εκπλύθηκε επιμελώς με αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και με χαμηλή ροή. Όταν η στήλη δεν χρησιμοποιούταν, το Cd ήταν πάντα καλυμμένο με 1 ml αραιού  $\text{NH}_4\text{Cl}$  τουλάχιστον πάνω από 1cm πάω από τη στήλη.

Εκτέλεση διαδικασίας:

Τόσο για τα θρεπτικά διαλύματα όσο και για τα φυτικά εκχυλίσματα, η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν ίδια, με τη μόνη διαφορά τη ποσότητα δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για κάθε περίπτωση. Συγκεκριμένα στις προχοΐδες εισήχθησαν 0,2 ml και 1 ml για τα φυτικά εκχυλίσματα και τα θρεπτικά διαλύματα αντίστοιχα.

Αμέσως πριν την χρήση της στήλης για την ανάλυση των νιτρικών προστέθηκε 1ml πυκνού διαλύματος  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και η στάθμη του υγρού στη προχοΐδα χαμηλώθηκε στο ύψος της στήλης Cd. Στη συνέχεια προστέθηκε στη κορυφή της προχοΐδας το δείγμα και ακολούθησε η σταδιακή προσθήκη 75ml αραιού διαλύματος  $\text{NH}_4\text{Cl}$  από το άνω στόμιο της προχοΐδας. Ακριβώς κάτω από αυτή τοποθετήθηκε μια φλάσκα των 100ml ώστε να συλλεχθεί το απόσταγμα από τη ροή του  $\text{NH}_4\text{Cl}$  μέσα από τη στήλη Cd. Για την ορθή αναγωγή των  $\text{NO}_3$ , ρυθμίστηκε η ροή με την στρόφιγγα της στήλης σε χαμηλούς ρυθμούς (περίπου  $20\text{ml min}^{-1}$ ).

Μεταξύ των δειγμάτων, το εσωτερικό της στήλης επιχαλκωμένου Cd ξεπλύθηκε με 1 ml πυκνού  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και ακολούθως με τη συνεχόμενη προσθήκη αραιού  $\text{NH}_4\text{Cl}$ (περίπου 70 ml) από την άνω οπή της προχοΐδας. Δόθηκε προσοχή έτσι ώστε η στάθμη του αραιού  $\text{NH}_4\text{Cl}$  να παραμένει τουλάχιστον 1 cm πάνω από τη στήλη Cd.

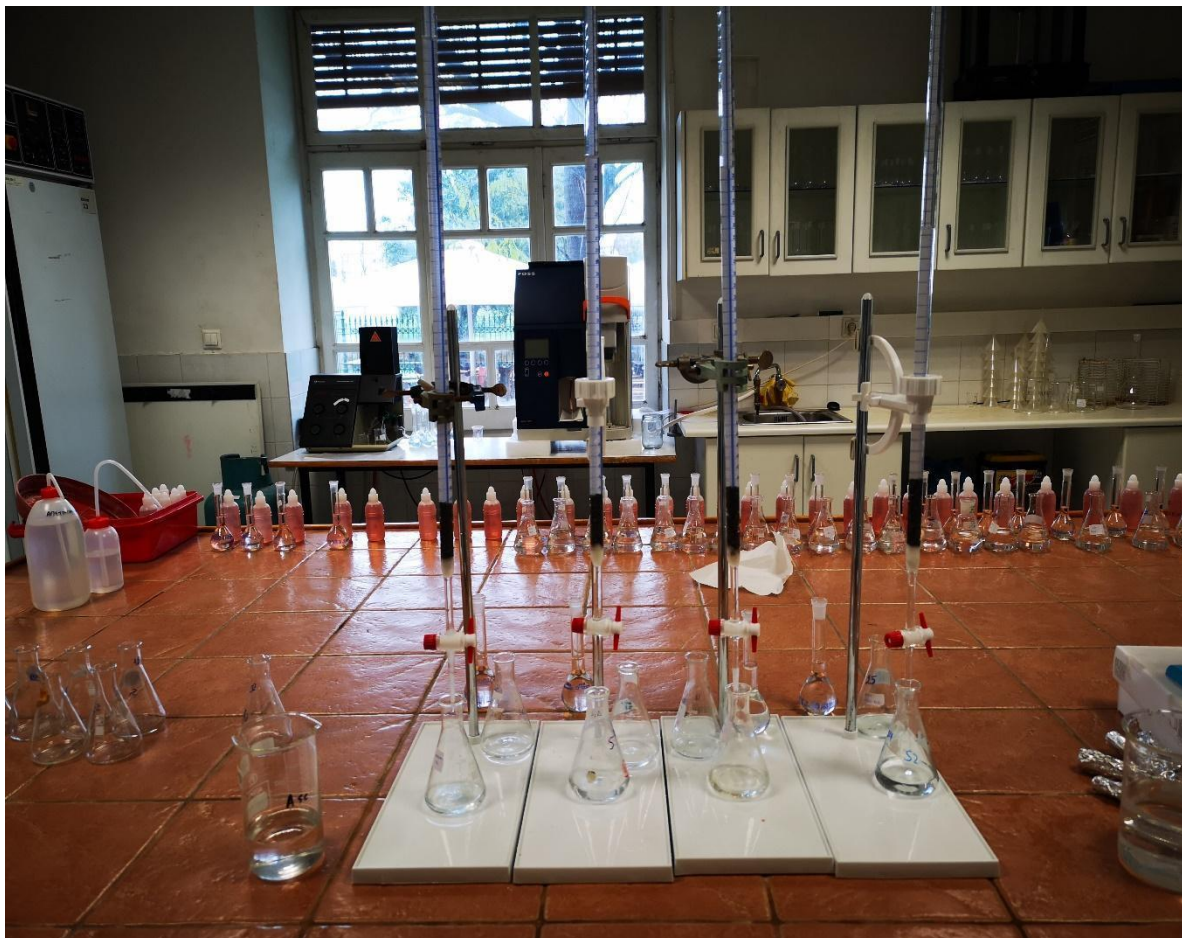
Μετά την παραλαβή του διηθήματος στη φλάσκα, προστέθηκαν 2ml από το αντιδραστήριο diazotizing και μετά από 5 λεπτά προστέθηκαν 2ml από το αντιδραστήριο coupling. Ακολούθησε συμπλήρωση του διηθήματος ως τα 100 ml με





τη χρήση αραιού  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Το διάλυμα αναδεύτηκε επιμελώς και παρέμεινε ακίνητο για 20 λεπτά μέχρι να ολοκληρωθεί ο μεταχρωματισμός του (ροζ χρώμα). Τέλος, 200  $\mu\text{l}$  από κάθε φιάσκα τοποθετήθηκαν σε plate και η μέτρηση έγινε στο φασματοφωτόμετρο στα 540nm.

Για τον καθορισμό της συγκέντρωσης των  $\text{NO}_3^-$ -N των δειγμάτων, παρασκευάστηκε πρότυπη καμπύλη αναφοράς, που περιλάμβανε πρότυπα διαλύματα συγκέντρωσης 0,2,4,6,10 και 20  $\mu\text{g NO}_3^-$ -N. Για την Παρασκευή τους αραιώθηκαν 20 ml του πρότυπου διαλύματος νιτρικών  $\text{NO}_3^-$  σε 500 ml απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια προστέθηκαν 0, 1, 2, 3, 4, 5 και 10 ml του πρότυπου διαλύματος στην αναγωγική στήλη, ακολουθώντας τη προαναφερθείσα διαδικασία.



Εικόνα 19 Μέτρηση Νιτρικών με χρήση στυλών Καδμίου



### Μετρήσεις παραγωγής και ποιότητας καρπών

Μετά την ωρίμανση του πρώτου καρπού τομάτας, η συγκομιδή γινόταν συνήθως κάθε δυο ή τρεις ημέρες. Κατά την διαδικασία της συγκομιδής πραγματοποιούνταν καταγραφή κάθε καρπού από ποιο φυτό προήλθε καθώς και το βάρος του.

### Προσδιορισμός σιδήρου, μαγγανίου, ασβεστίου, μαγνησίου, χαλκού και ψευδαργύρου στο θρεπτικό διάλυμα

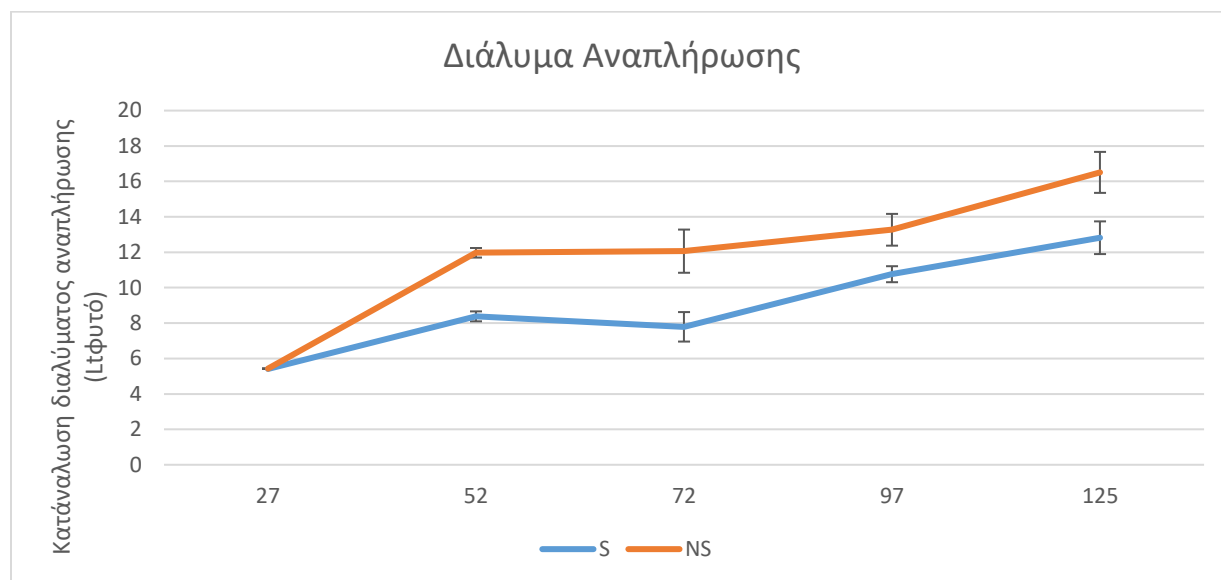
Τα στοιχεία Fe, Mn, Ca, Mg, Cu και Zn μετρήθηκαν με την μέθοδο της φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων (ΜΑΙΧ).



## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Κατανάλωση Θρεπτικού διαλύματος Αναπλήρωσης (Replenishment)

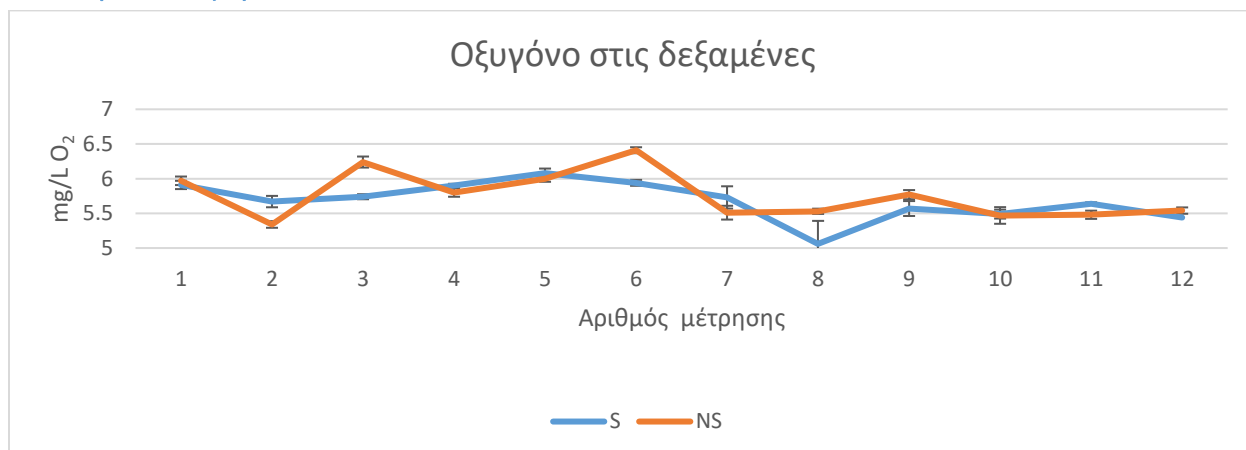
Με βάση το διάγραμμα 1, η κατανάλωση του διαλύματος αναπλήρωσης στις δεξαμενές των φυτών που αναπτύσσονταν σε θρεπτικό διάλυμα αυξημένης αλατότητας δεν επηρεάστηκε σημαντικά σε σύγκριση με τις δεξαμενές των φυτών που αναπτύσσονταν σε θρεπτικό διάλυμα χωρίς την προσθήκη NaCl.



**Διάγραμμα 1.** Αθροιστική κατανάλωση διαλύματος αναπλήρωσης ανά φυτό καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).



## Διαλυμένο Οξυγόνο

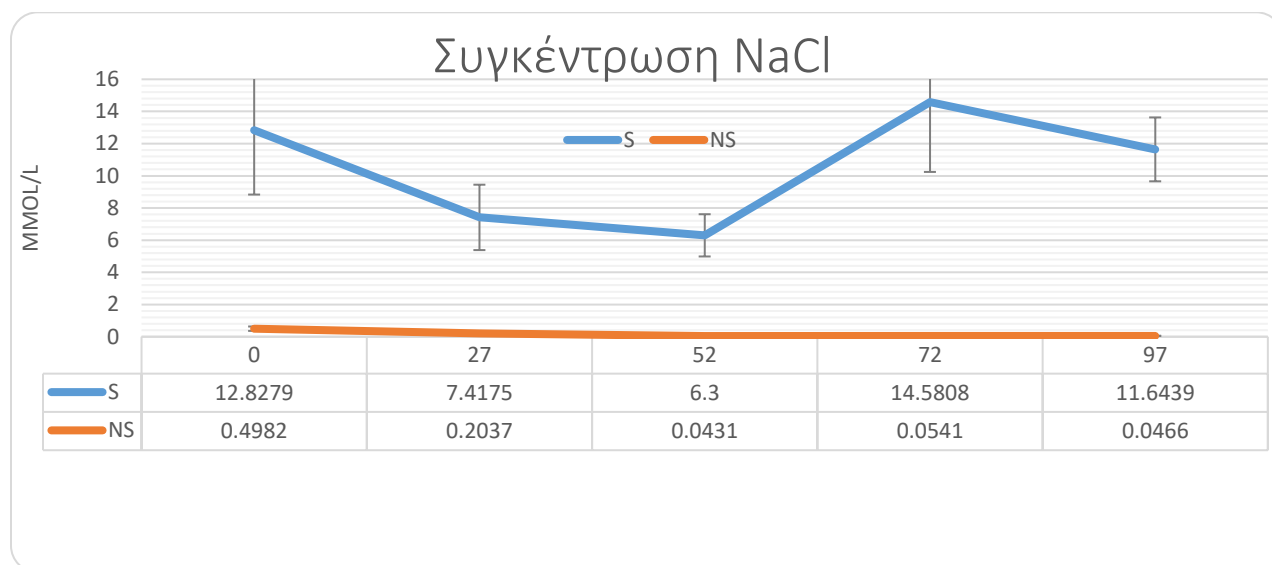


**Διάγραμμα 2.** Συγκέντρωση οξυγόνου καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).

Με βάση το διάγραμμα 2, η συγκέντρωση του οξυγόνου στις δεξαμενές των φυτών που αναπτύσσονταν σε θρεπτικό διάλυμα αυξημένης αλατότητας δεν επηρεάστηκε σημαντικά σε σύγκριση με τις δεξαμενές των φυτών που αναπτύσσονταν σε θρεπτικό διάλυμα χωρίς την προσθήκη NaCl.



Στο διάγραμμα 3, παρατηρείται ότι στα φυτά που δεν προστέθηκε NaCl στο θρεπτικό διάλυμα (φυτά μάρτυρες) δεν εμφανίστηκε αύξηση της συγκέντρωσης NaCl. Αντίθετα, στις δεξαμενές όπου πραγματοποιούνταν χορήγηση NaCl η συγκέντρωση ήταν σημαντικά αυξημένη και κυμαινόταν από 6 έως 14 mmol\*I<sup>-1</sup>.

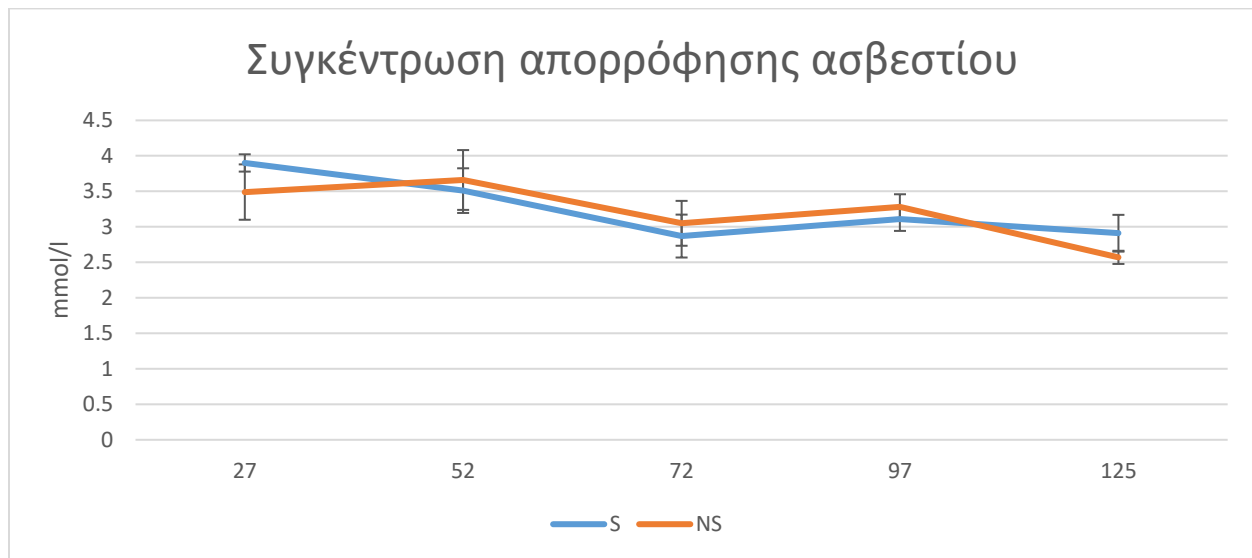


**Διάγραμμα 3. Συγκέντρωση Na (mmol\*I<sup>-1</sup>) στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).**

Η απορρόφηση του ασβεστίου, όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4 και 5 δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των φυτών που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν υπό συνθήκες αλατότητας. Η συγκέντρωση απορρόφησης του καλίου ήταν αρχικά μεταξύ 3,5 με 4 mmol\*I<sup>-1</sup> ενώ κατά το τέλος της καλλιέργειας ήταν κοντά στα 3 mmol\*I<sup>-1</sup>. Η αύξηση του κλάσματος απορρόφησης από 20 σε 40% αύξησε κατά 40% την απορρόφηση του ασβεστίου (Διάγραμμα 5).



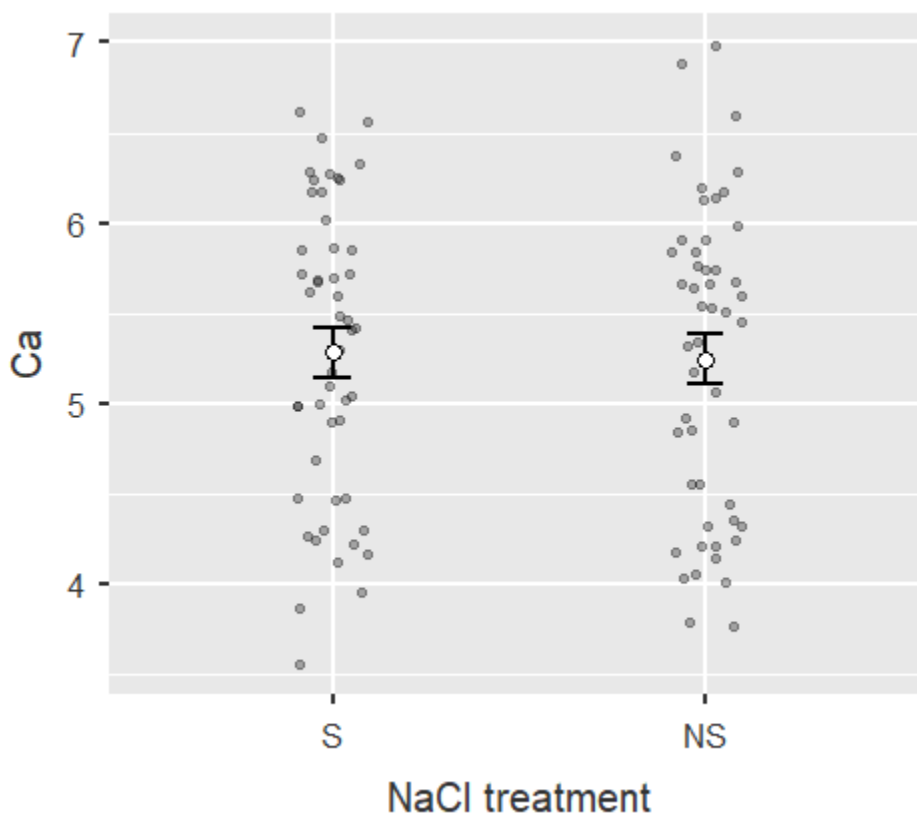
## Ασβέστιο



Διάγραμμα 4. Συγκέντρωση ( $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) απορρόφησης του ασβεστίου στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).



Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του ασβεστίου (Ca) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας



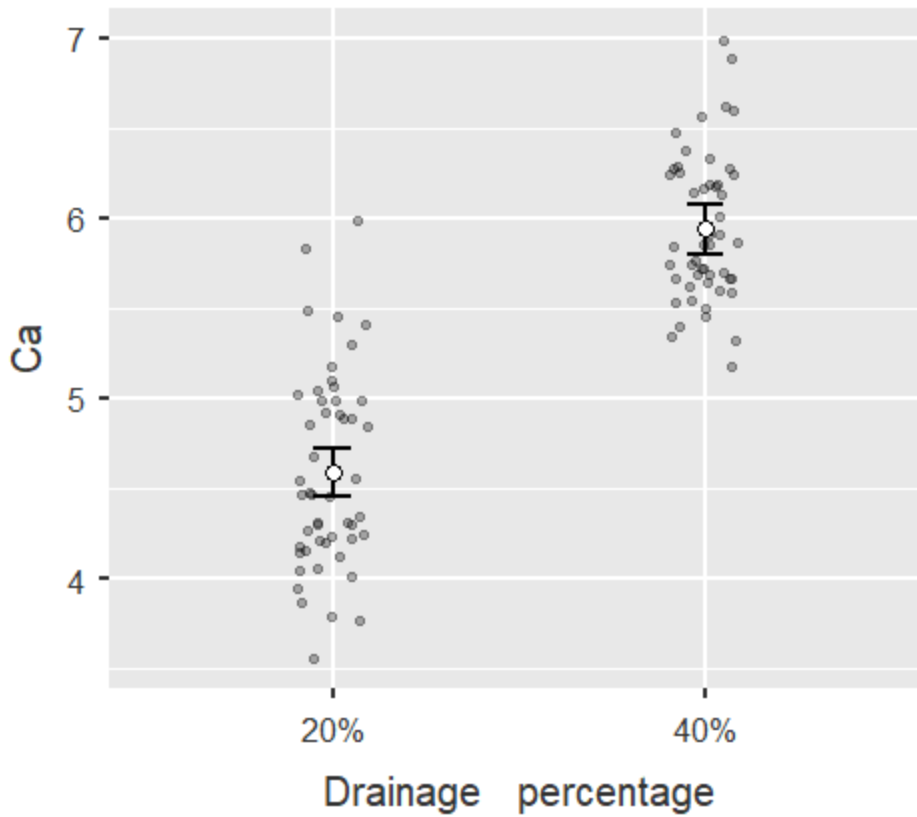
Διάγραμμα 5. Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην τιμή στόχο του διαλύματος του ασβεστίου ( $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες

Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	5.28	0.0691	5.15	5.42
NS	5.25	0.0691	5.11	5.38



### Κλάσμα απορροής Ασβεστίου



**Διάγραμμα 6. Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του ασβεστίου που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε δύο διαφορετικά κλάσματα απορροής.**

Estimated Marginal Means - Drainage percentage

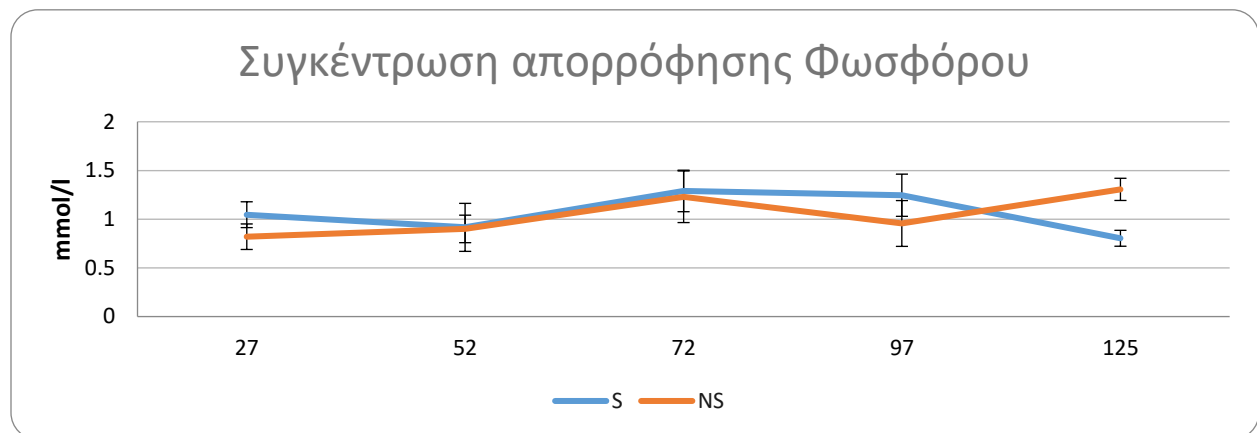
Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	4.59	0.0691	4.45	4.73
40%	5.94	0.0691	5.80	6.08





Με βάση τα διαγράμματα 7 και 8, η συγκέντρωση απορρόφησης του φωσφόρου δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την αυξημένη αλατότητα στο θρεπτικό διάλυμα, ούτε μεταβλήθηκε αισθητά κατά την πορεία της καλλιέργειας. Επιπλέον, η αύξηση του κλάσματος απορρόφησης δεν επηρεάζει την συγκέντρωση απορρόφησης του φωσφόρου (Διάγραμμα 9)

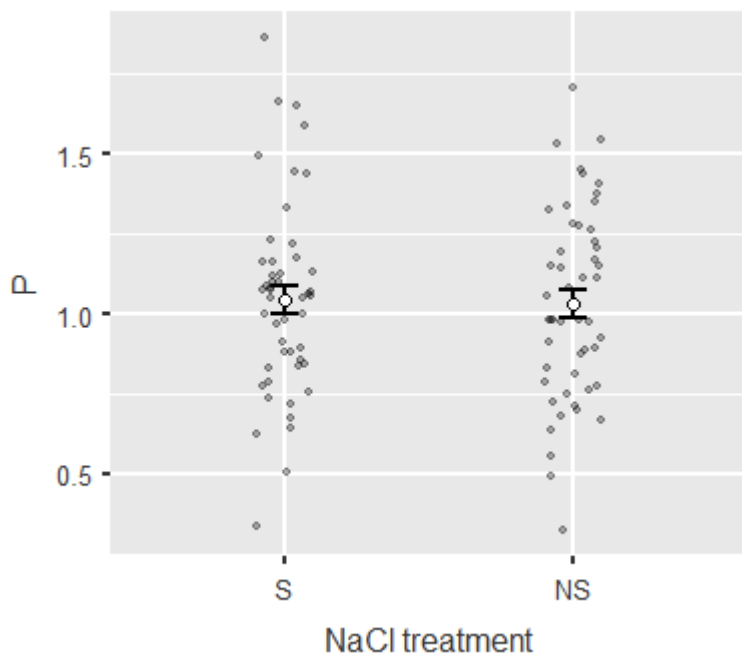
## Φώσφορος



**Διάγραμμα 7.** Συγκέντρωση ( $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) απορρόφησης του φωσφόρου στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).



Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του Φωσφόρου (P) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας



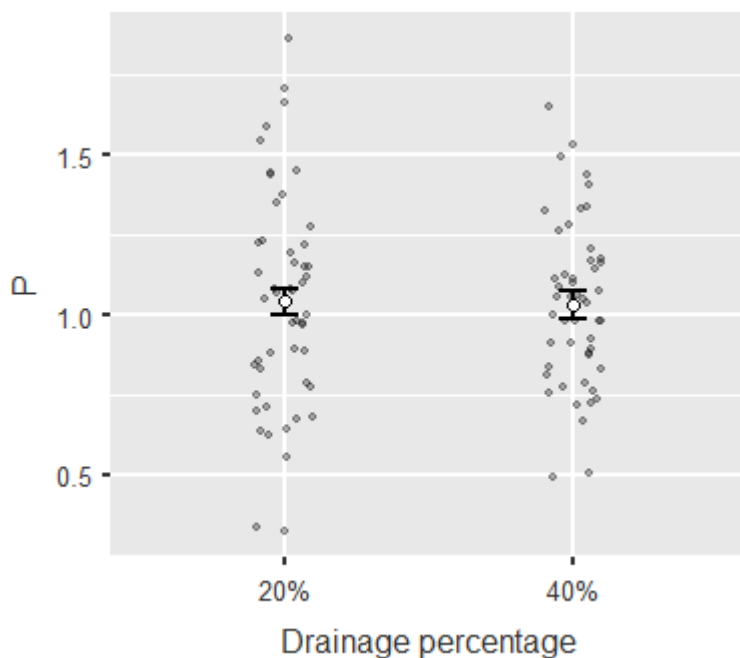
Διάγραμμα 8. Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην απορρόφηση του φωσφόρου (mmol·l<sup>-1</sup>). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες

Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	1.04	0.0429	0.957	1.13
NS	1.03	0.0429	0.945	1.11



### Κλάσμα απορροής Φωσφόρου



**Διάγραμμα 9. Επίδραση του κλάσματος απορροής (20 ή 40%) στην τιμή στόχο του διαλύματος του φωσφόρου.**

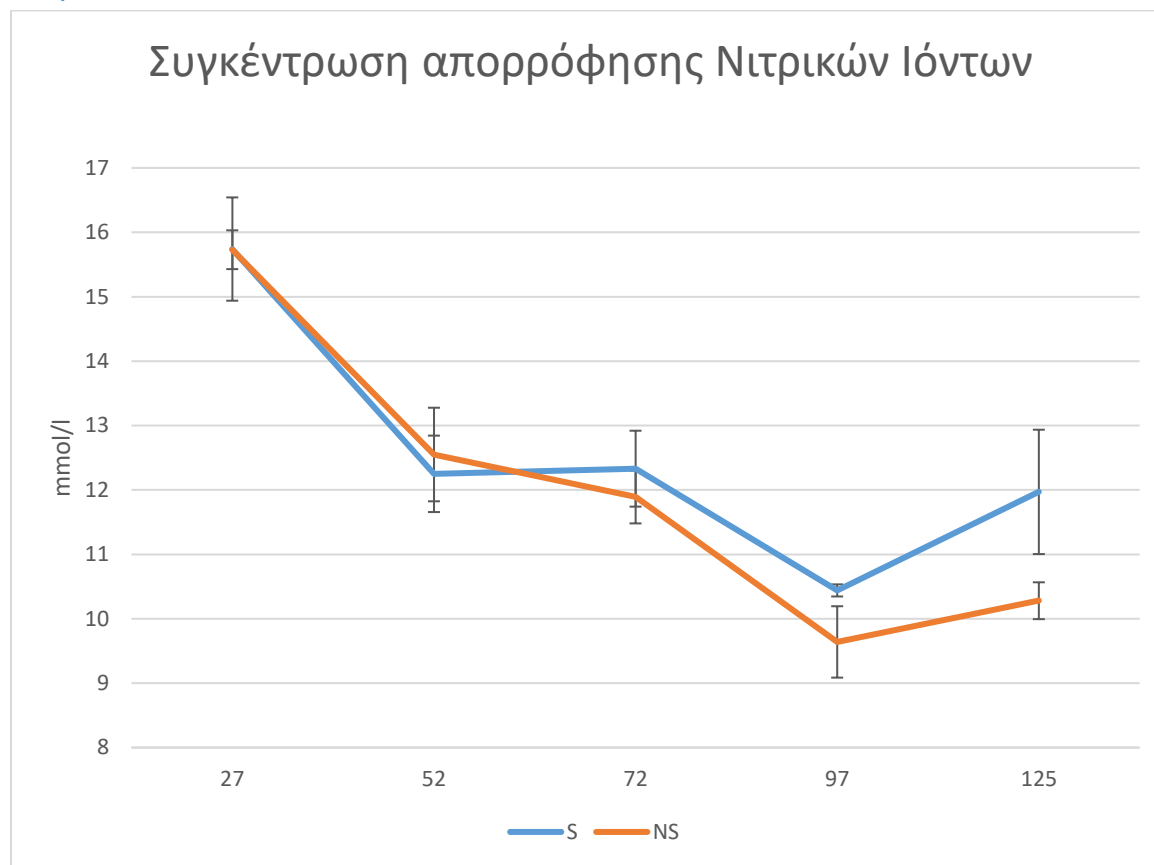
#### Estimated Marginal Means - Drainage percentage

Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	1.04	0.0429	0.956	1.13
40%	1.03	0.0429	0.946	1.12

Με βάση τα διαγράμματα 10 και 11, η συγκέντρωση απορρόφησης των νιτρικών ιόντων μειώνεται υπό συνθήκες αλατότητας σε σύγκριση με τα φυτά μάρτυρες. Η μείωση της συγκέντρωσης είναι σημαντική μετά τους δυο πρώτους μήνες της καλλιέργειας. Με την αύξηση του κλάσματος απορροής από 20 στο 40% επιτυγχάνεται μια αύξηση της απορρόφησης των νιτρικών κατά 15.27%.



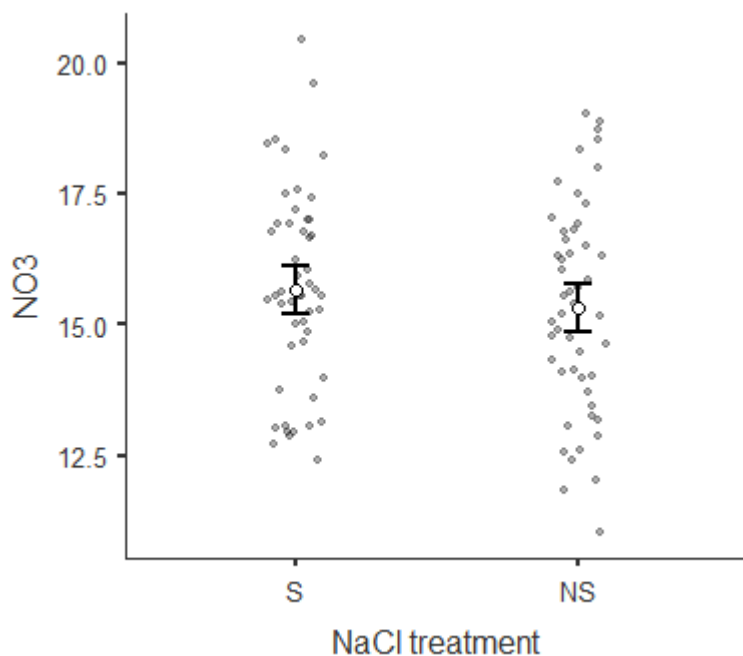
## Νιτρικά Ιόντα



**Διάγραμμα 10.** Συγκέντρωση ( $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) απορρόφησης νιτρικών ιόντων στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).



Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων (NO<sub>3</sub>) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας



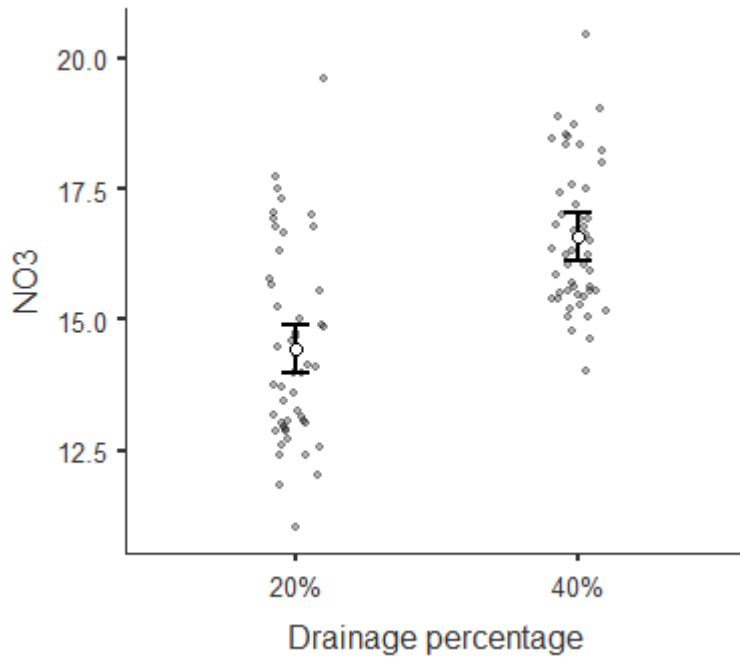
**Διάγραμμα 11.** Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην απορρόφηση των νιτρικών ιόντων (mmol·l<sup>-1</sup>). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες

Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	15.7	0.232	15.2	16.1
NS	15.3	0.232	14.9	15.8



### Κλάσμα απορροής Νιτρικών Ιόντων



**Διάγραμμα 12.** Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε δύο διαφορετικά κλάσματα απορροής.

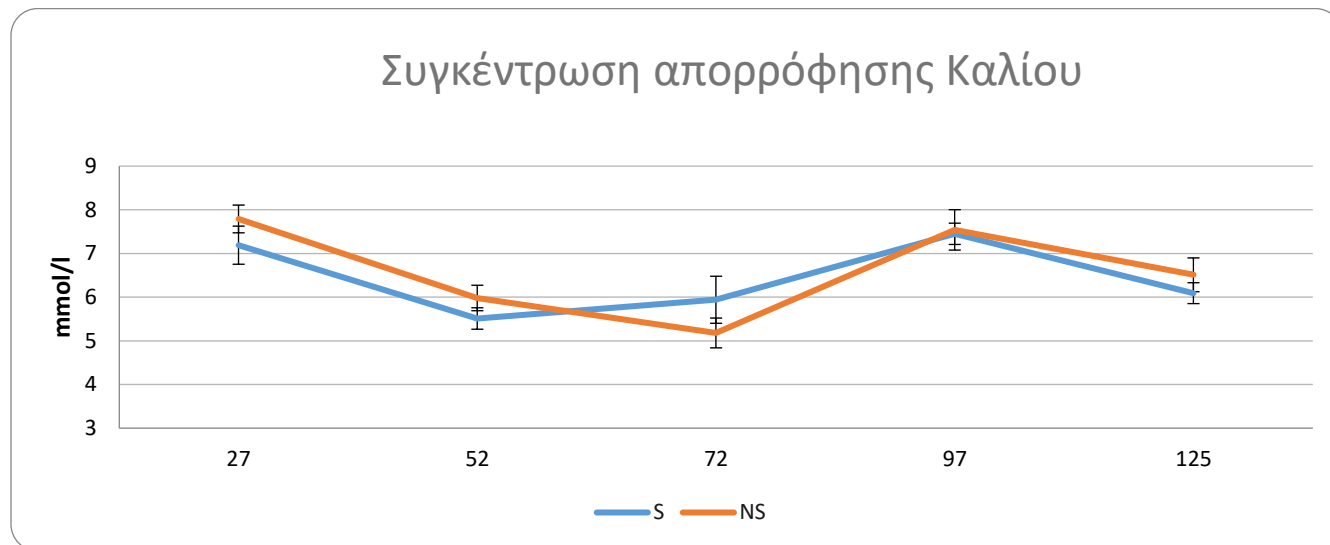
Estimated Marginal Means - Drainage percentage

Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	14.4	0.232	14.0	14.9
40%	16.6	0.232	16.1	17.0



Στα διαγράμματα 13 και 14 παρατηρείται ότι η απορρόφηση καλίου δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των φυτών που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν υπό συνθήκες αλατότητας καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας. Η συγκέντρωση απορρόφησης του καλίου κυμάνθηκε από 5 έως 7 mmol/l<sup>-1</sup>. Η αύξηση του κλάσματος απορρόφησης αυξάνει όμως σημαντικά την απορρόφηση καλίου κατά 7% (Διάγραμμα 15).

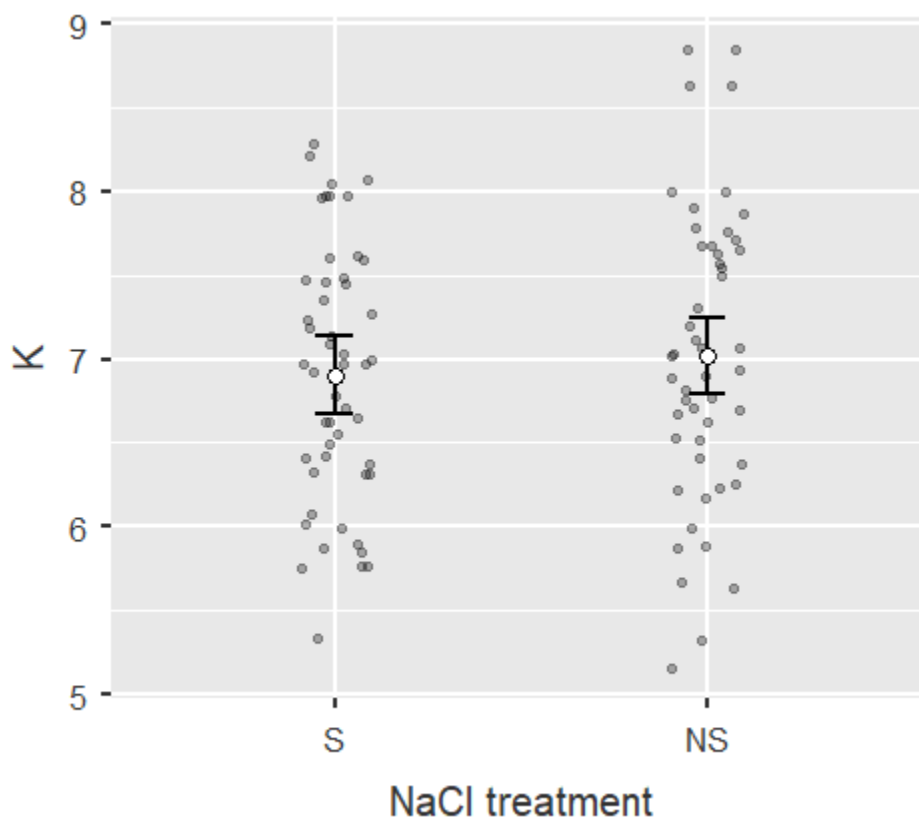
## Κάλιο



**Διάγραμμα 13.** Συγκέντρωση (mmol/l<sup>-1</sup>) απορρόφησης του καλίου στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).



Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του Καλίου (K) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας



Διάγραμμα 14. Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην απορρόφηση του καλίου (mmol·l<sup>-1</sup>). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες

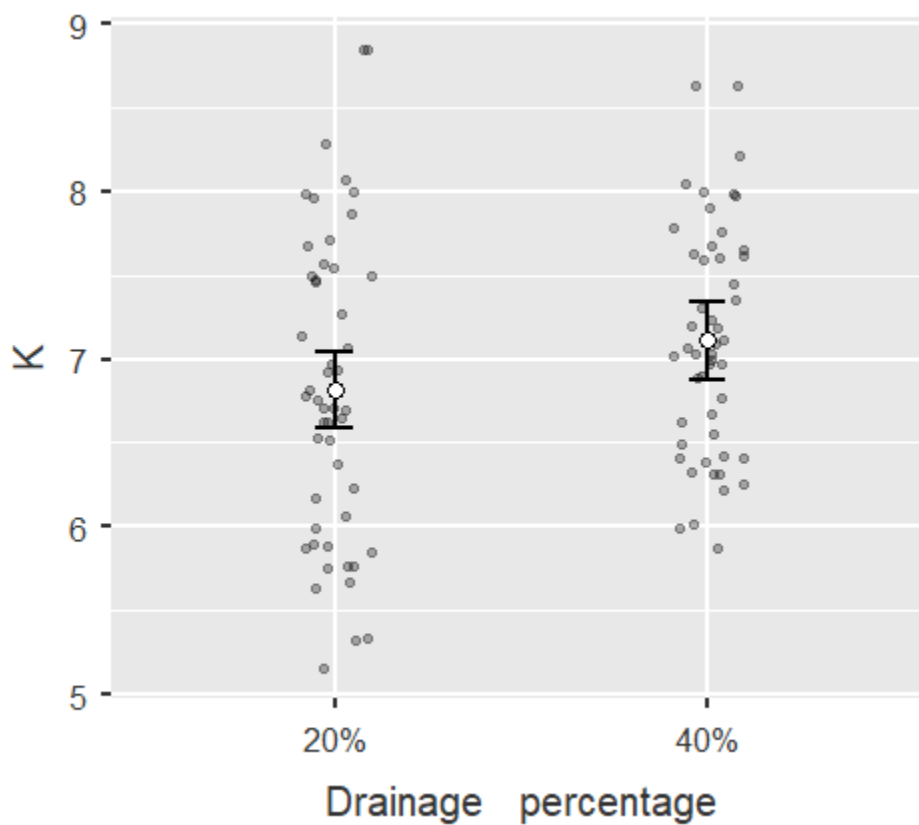




Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	6.90	0.116	6.68	7.13
NS	7.02	0.116	6.79	7.25

### Κλάσμα απορροής Καλίου



**Διάγραμμα 15.** Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του καλίου που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε δύο διαφορετικά κλάσματα απορροής.

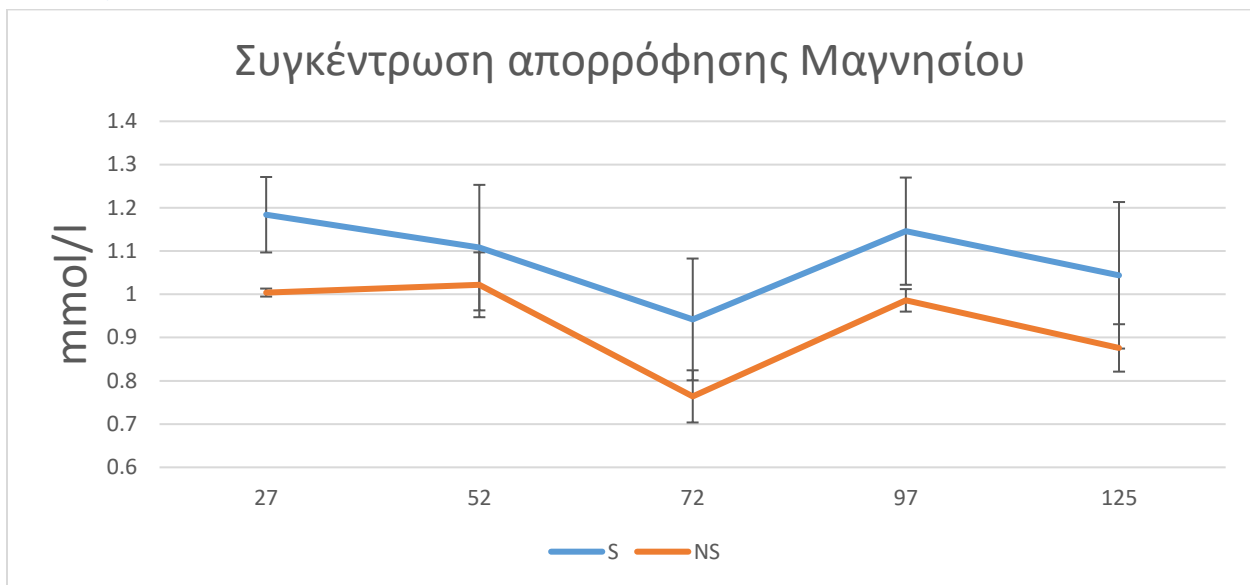


Estimated Marginal Means - Drainage percentage

Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	6.82	0.116	6.59	7.04
40%	7.11	0.116	6.88	7.34

Η συγκέντρωση απορρόφησης του μαγνησίου ήταν αυξημένη στα φυτά που καλλιεργήθηκαν υπό συνθήκες αλατότητας σε σύγκριση με τα φυτά μάρτυρες (Διάγραμμα 16). Η αυξημένη απορρόφηση παρατηρήθηκε κυρίως τους πρώτους δυο μήνες της καλλιέργειας, ενώ στην συνέχεια η απορρόφηση δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δυο επεμβάσεων (Διάγραμμα 16). Με την αύξηση του κλάσματος απορροής, η συγκέντρωση απορρόφησης του μαγνησίου αυξάνεται κατά 50% (Διάγραμμα 18).

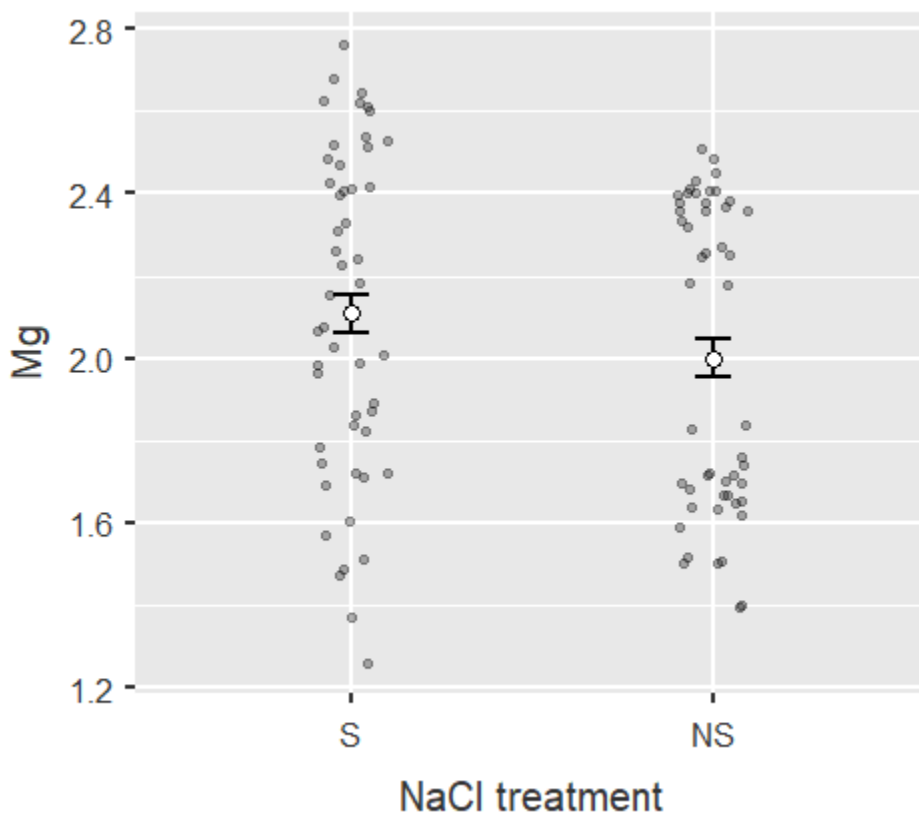
### Μαγνήσιο



**Διάγραμμα 16.** Συγκέντρωση ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) απορρόφησης του μαγνησίου στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).



Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του Μαγνησίου (Mg) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας



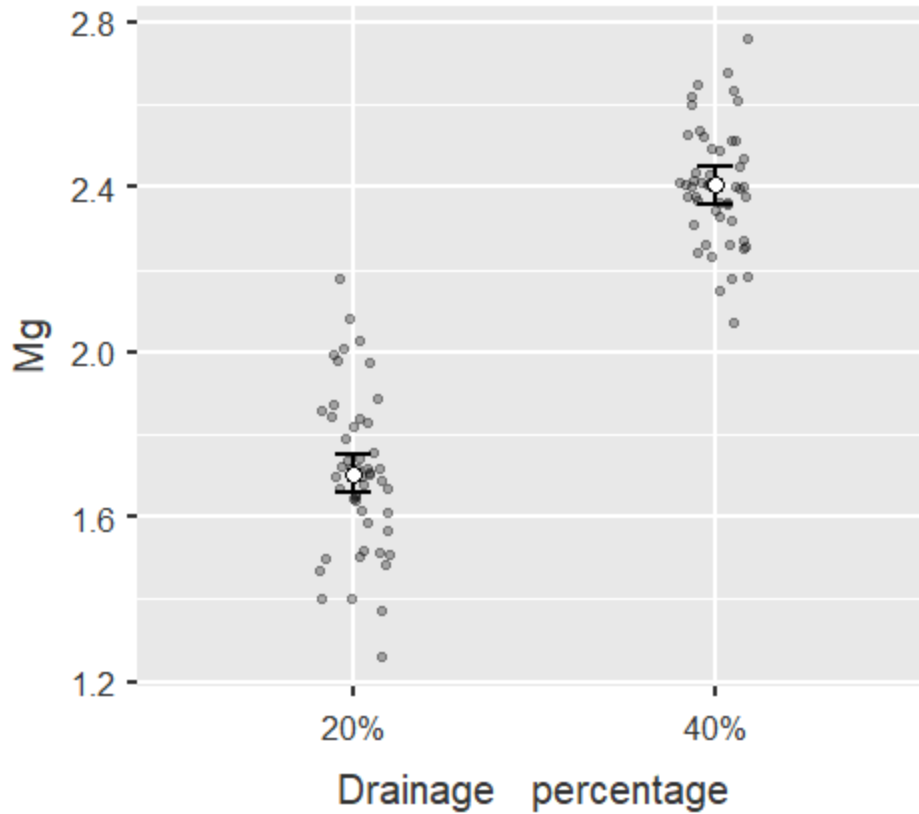
Διάγραμμα 17. Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην στην τιμή στόχο του διαλύματος του μαγνησίου (mmol·l<sup>-1</sup>). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες

Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	2.11	0.0229	2.06	2.15
NS	2.00	0.0229	1.95	2.05



## Κλάσμα απορροής Μαγνησίου



**Διάγραμμα 18.** Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του μαγνησίου που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε δύο διαφορετικά κλάσματα απορροής.

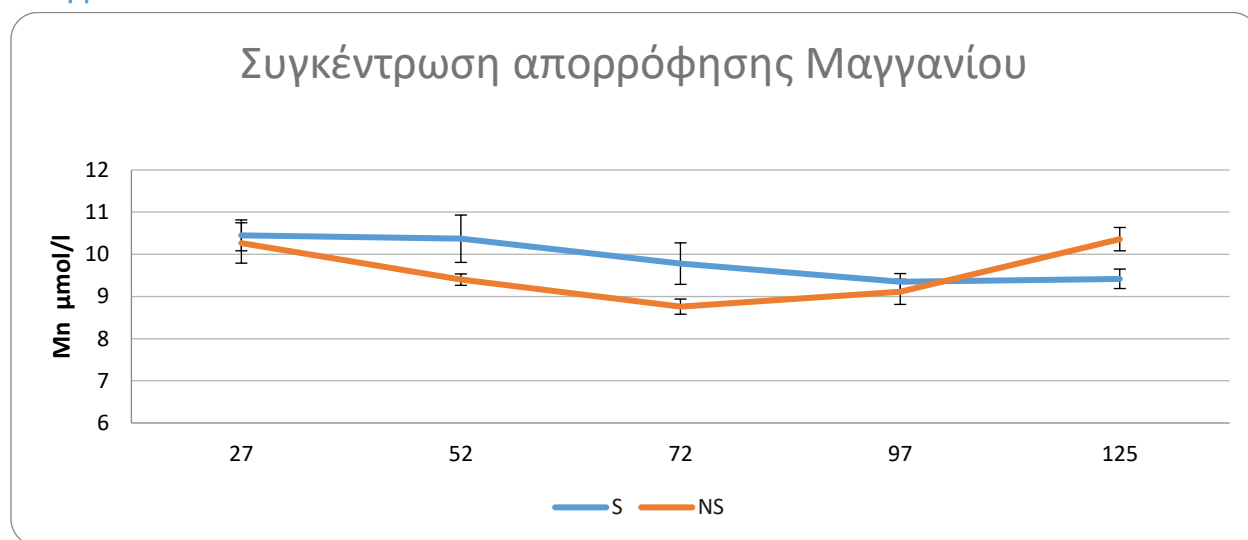
Estimated Marginal Means - Drainage percentage

Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	1.70	0.0229	1.66	1.75
40%	2.40	0.0229	2.36	2.45



Στο διάγραμμα 19 παρατηρείται ότι η απορρόφηση του μαγγανίου είναι μειωμένη από τις 27 μέχρι τις 97 ημέρες της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργούνται κάτω από συνθήκες αλατότητας. Βέβαια, τις τελευταίες μέρες της καλλιέργειας η συγκέντρωση απορρόφησης του μαγγανίου αυξάνεται σταδιακά και ξεπερνάει την απορρόφηση του μαγγανίου από τα φυτά μάρτυρες. Στο διάγραμμα 20 βέβαια παρατηρείται ότι η μέση απορρόφηση του μαγγανίου καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ stress και no stress φυτών. Η αύξηση του κλάσματος απορροής οδηγεί σε σημαντική μείωση 5% στην απορρόφηση του μαγγανίου (Διάγραμμα 21)

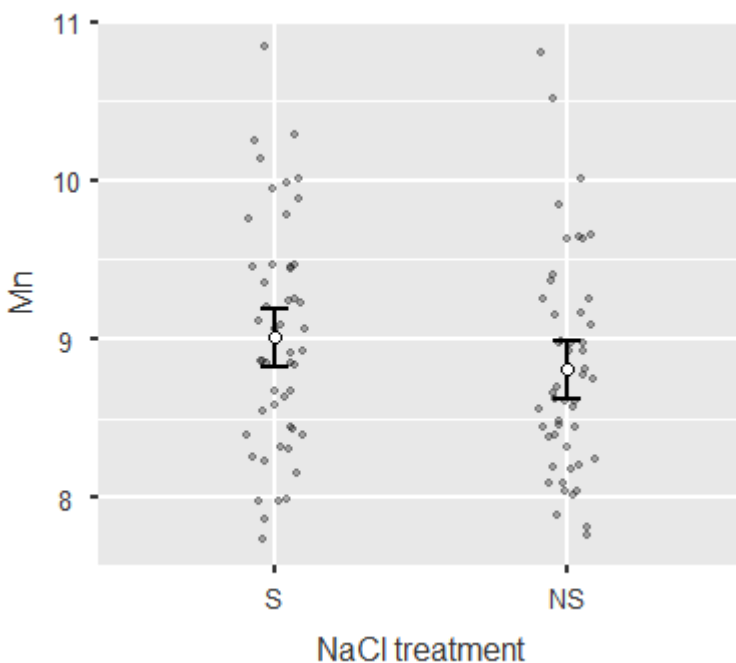
## Μαγγάνιο



**Διάγραμμα 19.** Συγκέντρωση (μmol/L) απορρόφησης του μαγγανίου στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).



Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του Μαγγανίου (Mn) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας



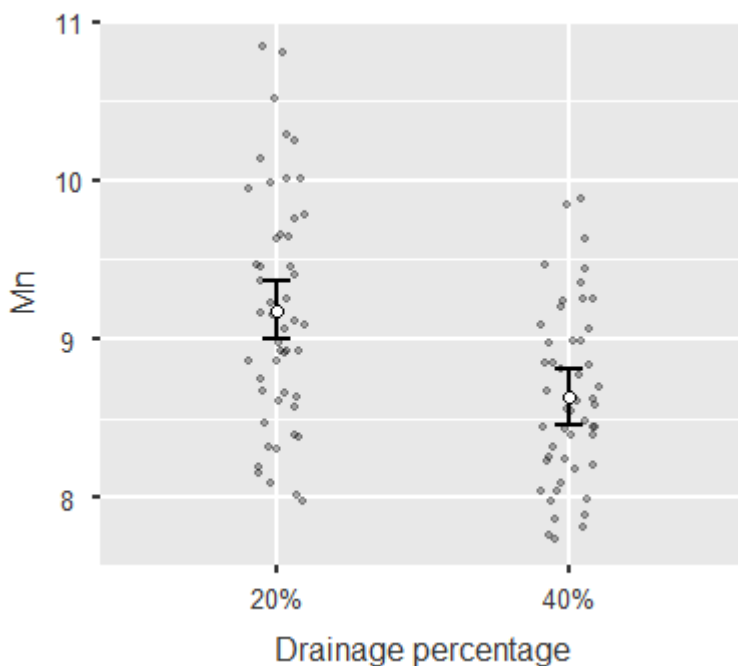
Διάγραμμα 20. Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην απορρόφηση του μαγγανίου ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες

Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	9.01	0.0913	8.83	9.19
NS	8.81	0.0913	8.63	8.99



### Κλάσμα απορροής Μαγγανίου



**Διάγραμμα 21.** Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του μαγγανίου ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε δύο διαφορετικά κλάσματα απορροής.

#### Estimated Marginal Means - Drainage percentage

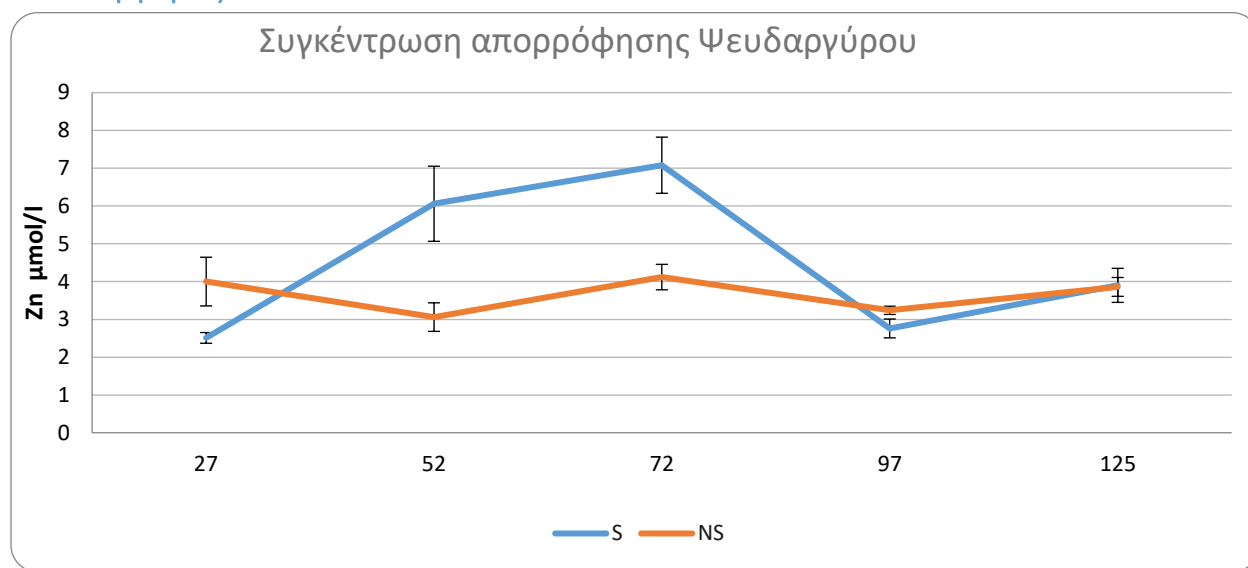
Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	9.18	0.0913	9.00	9.36
40%	8.64	0.0913	8.46	8.82

Η μέση απορρόφηση του ψευδαργύρου δεν επηρεάστηκε από την αλατότητα του θρεπτικού διαλύματος (Διάγραμμα 23). Βέβαια, με βάση το διάγραμμα 22, η συγκέντρωση απορρόφησης του ψευδαργύρου στα φυτά που καλλιεργούνται υπό



συνθήκες αλατότητας είναι υψηλότερες κατά τις πρώτες 27 μέρες της καλλιέργειας σε σύγκριση με τα φυτά μάρτυρες, ενώ στην συνέχεια, στις 52 ημέρες καλλιέργειας η απορρόφηση ψευδαργύρου μειώνεται σημαντικά σε σχέση με τον μάρτυρα. Μέχρι και τις 97 ημέρες καλλιέργειας, η συγκέντρωση απορρόφησης είναι σημαντικά μειωμένη σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ κατά το τέλος της καλλιέργειας, η συγκέντρωση απορρόφησης του ψευδαργύρου δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των φυτών no stress και stress. Παρατηρείται ότι η συγκέντρωση απορρόφησης του ψευδαργύρου είναι σχετικά σταθερή στα φυτά που καλλιεργούνται υπό συνθήκες αλατότητας και κυμαίνεται μεταξύ 3 και 4  $\mu\text{M}$ . Αντίθετα, τα φυτά μάρτυρες εμφανίζουν μια αύξηση από τα 2,5 στα 6 με 7  $\mu\text{M}$  μέχρι τις 72 ημέρες, ενώ έπειτα η συγκέντρωση απορρόφησης μειώνεται και διατηρείται μεταξύ 3 και 4  $\mu\text{M}$ . Η αύξηση του κλασματος απορροής δεν επηρεάζει σημαντικά την απορρόφηση του ψευδαργύρου (Διάγραμμα 24).

### Ψευδάργυρος

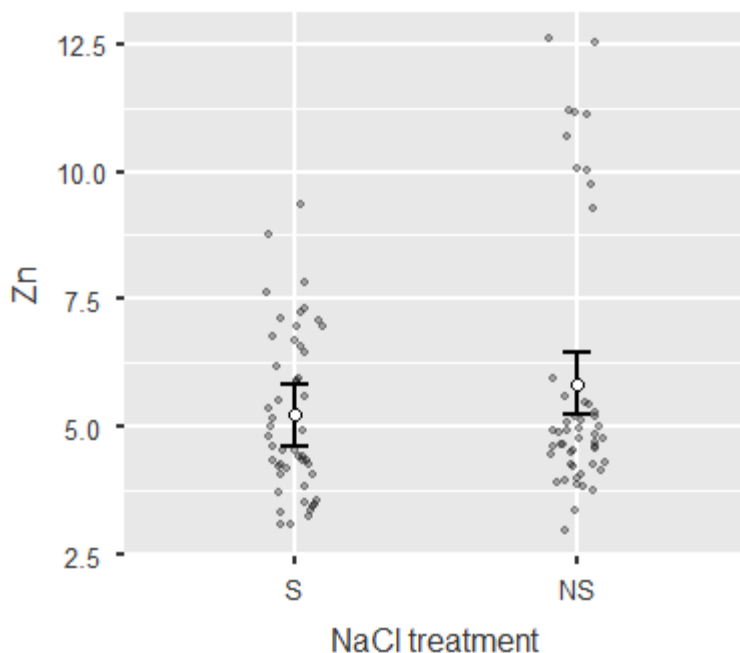


**Διάγραμμα 22.** Συγκέντρωση ( $\mu\text{mol/L}$ ) απορρόφησης του ψευδαργύρου στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).





Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του Ψευδαργύρου (Zn) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας



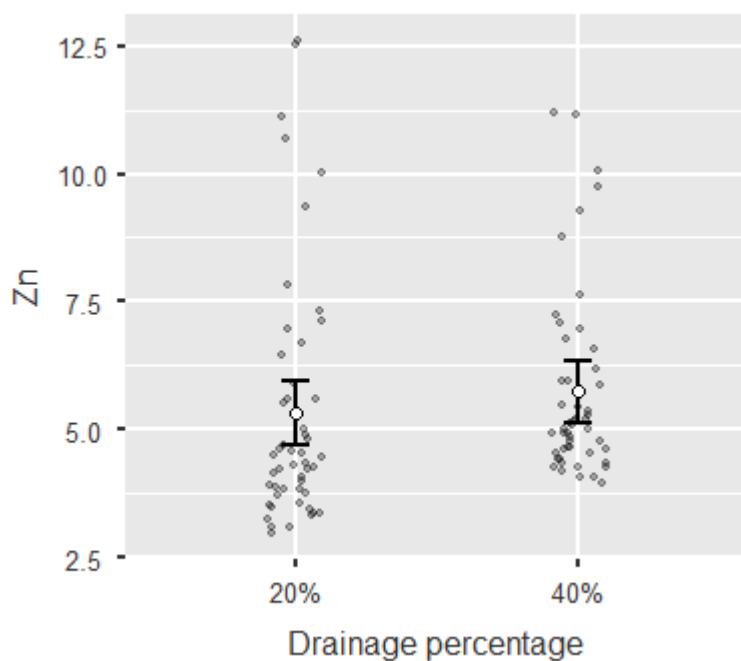
Διάγραμμα 23. Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην απορρόφηση του ψευδαργύρου (μmol/L). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες

Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	5.22	0.308	4.61	5.84
NS	5.85	0.308	5.23	6.46



## Κλάσμα Απορροής Ψευδαργύρου



Διάγραμμα 24 Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του ψευδαργύρου ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε δύο διαφορετικά κλάσματα απορροής.

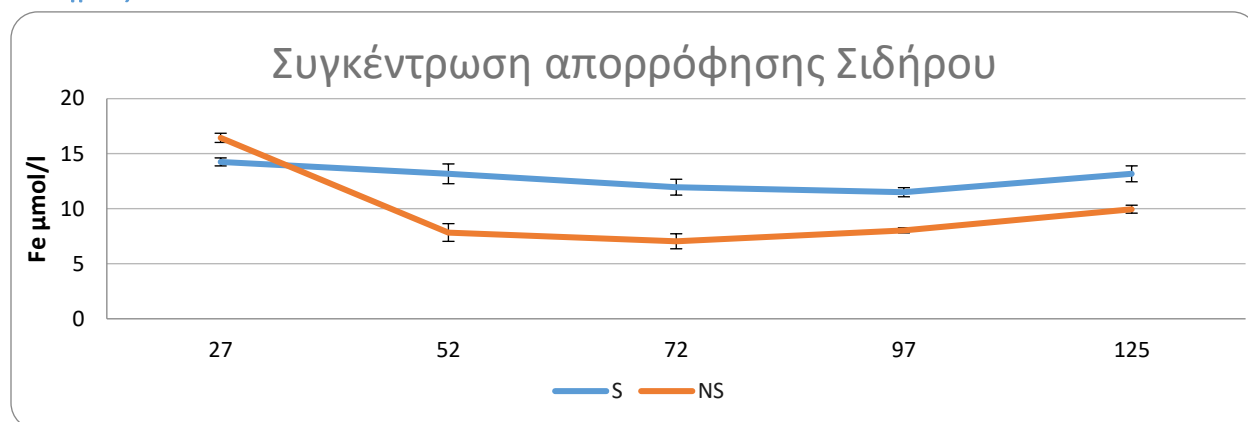
### Estimated Marginal Means - Drainage percentage

Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	5.33	0.308	4.71	5.94
40%	5.74	0.308	5.13	6.36



Στο διάγραμμα 25 παρατηρείται ότι η απορρόφηση του σιδήρου είναι σημαντικά υψηλότερη στις πρώτες μέρες της καλλιέργειας στα φυτά NS. Από τις 27 ημέρες και μετά όμως η συγκέντρωση απορρόφησης του σιδήρου είναι σημαντικά μειωμένη στα φυτά S σε σύγκριση με τα φυτά NS, με αποτέλεσμα η μέση συγκέντρωση των φυτών S να είναι υψηλότερη (Διάγραμμα 26). Με την αύξηση του κλάσματος απορροής, η συγκέντρωση απορρόφησης του σιδήρου δεν επηρεάζεται σημαντικά (Διάγραμμα 27)

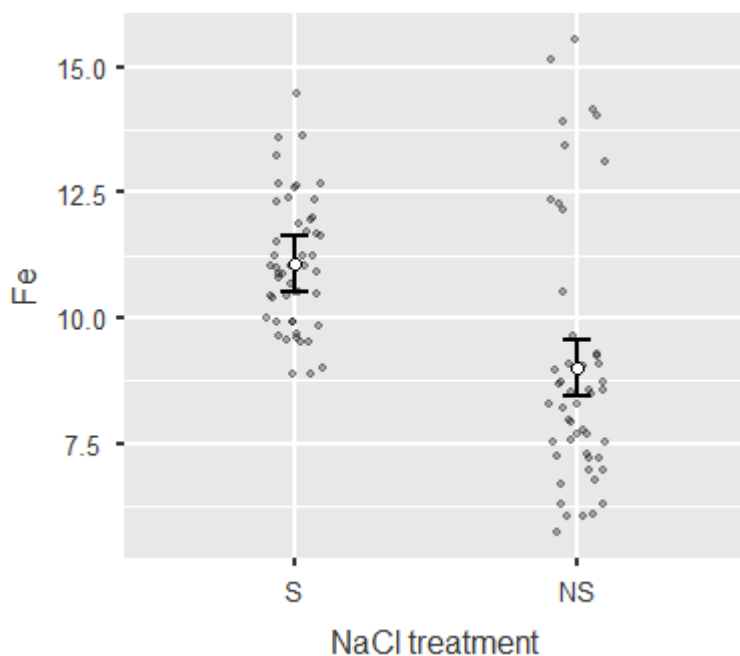
## Σίδηρος



**Διάγραμμα 25.** Συγκέντρωση ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) απορρόφησης του σιδήρου στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).



Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του Σιδήρου (Fe) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας



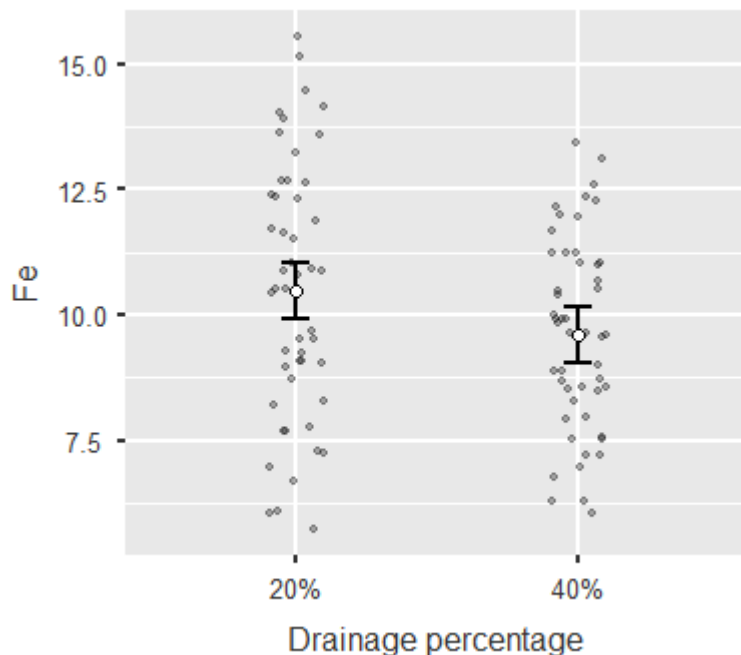
Διάγραμμα 26. Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην απορρόφηση του σιδήρου ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες

Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	11.07	0.285	10.50	11.63
NS	9.01	0.285	8.44	9.57



### Κλάσμα απορροής Σιδήρου



**Διάγραμμα 27 Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του σιδήρου (μmol/L του ασβεστίου που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε δύο διαφορετικά κλάσματα απορροής.**

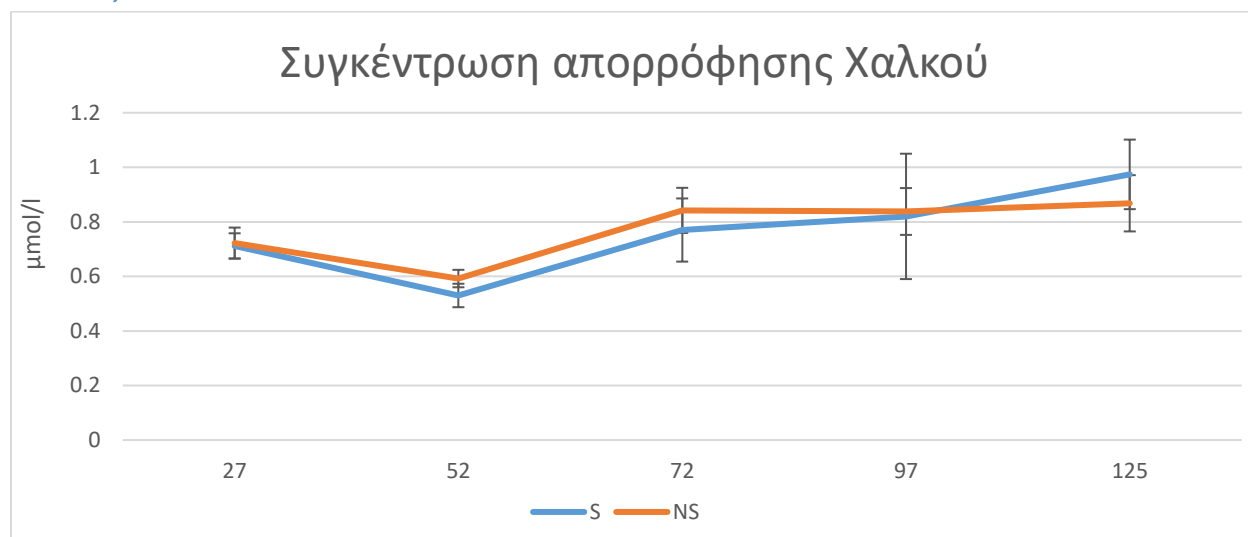
#### Estimated Marginal Means - Drainage percentage

Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	10.47	0.285	9.91	11.0
40%	9.60	0.285	9.04	10.2



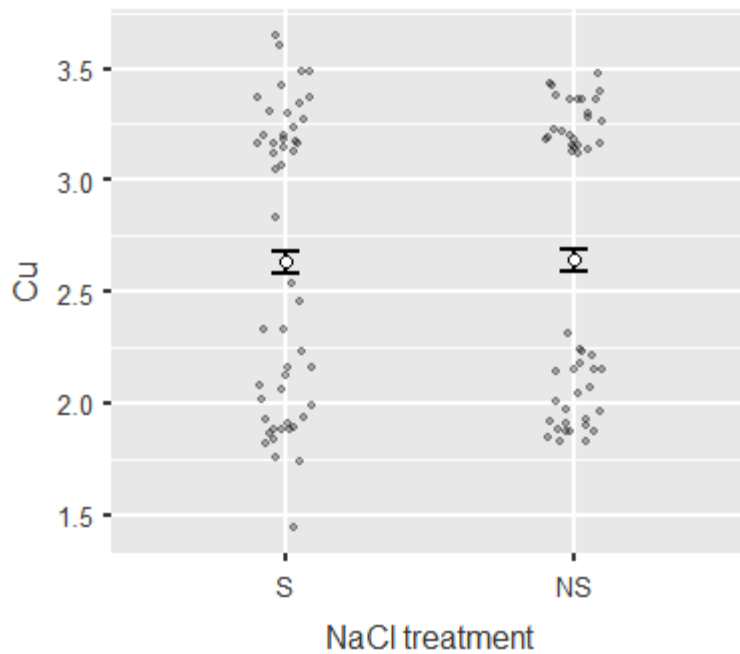
Η συγκέντρωση απορρόφησης του χαλκού, όπως παρατηρείται στα διαγράμματα 28 και 29 δεν επηρεάζεται σημαντικά από την αυξημένη αλατότητα στα stress φυτά και η συγκέντρωση απορρόφησης είναι σχετικά σταθερή καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας και κυμαίνεται από 1,5 έως 3  $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Η αύξηση του κλάσματος απορροής αυξάνει σημαντικά την απορρόφηση του χαλκού από τα φυτά τομάτας, όπως παρατηρείται στο διάγραμμα 30.

## Χαλκός



**Διάγραμμα 28.** Συγκέντρωση ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) απορρόφησης του χαλκού στη λεκάνη καλλιέργειας καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S).





**Διάγραμμα 29. Επίδραση της αλατότητας από NaCl στην απορρόφηση του χαλκού (μmol/L). (S): φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, (NS): φυτά μάρτυρες**

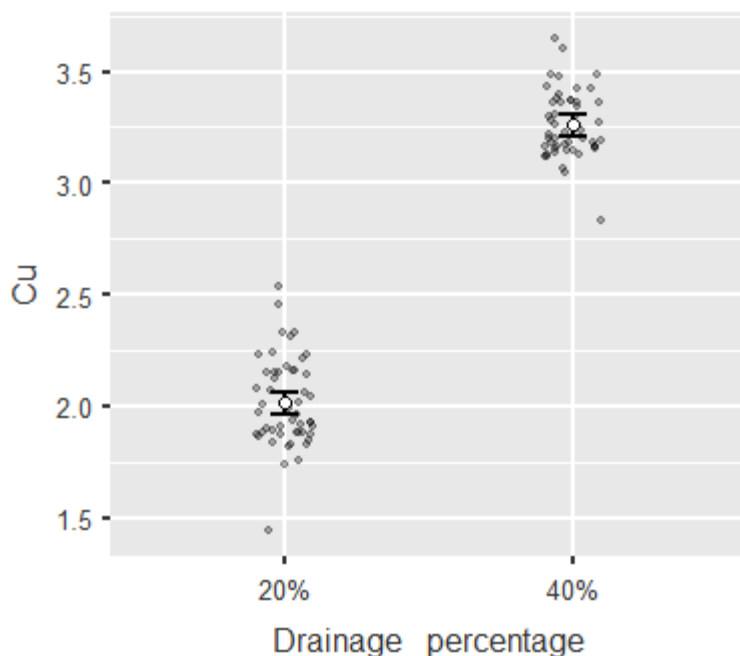
Estimated Marginal Means - NaCl treatment

NaCl treatment	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
S	2.63	0.0254	2.58	2.68
NS	2.64	0.0254	2.59	2.69



## Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του Χαλκού (Cu) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες αλατότητας

### Κλάσμα απορροής Χαλκού



**Διάγραμμα 30.** Προσδιορισμός της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της συγκέντρωσης του χαλκού ( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) που συνιστάται για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας σε δύο διαφορετικά κλάσματα απορροής.

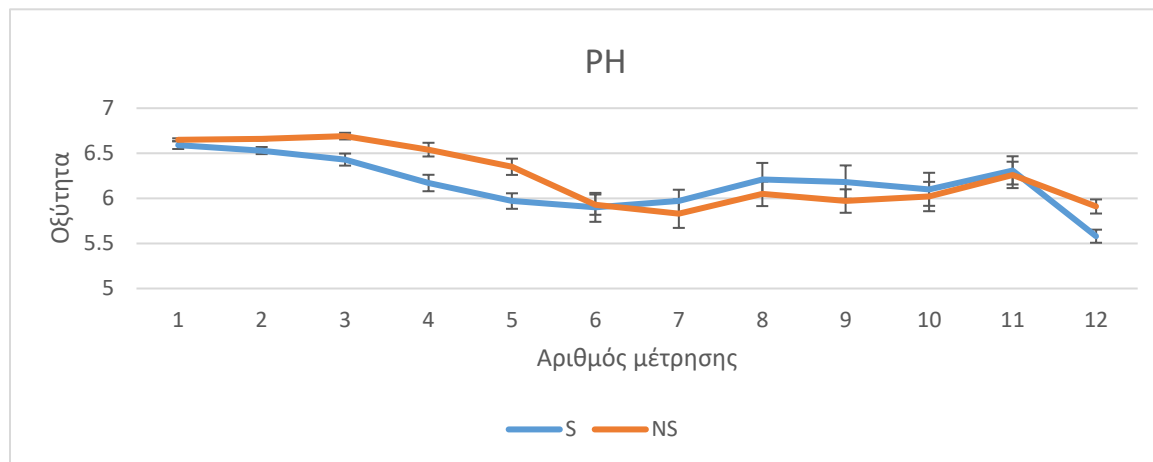
Estimated Marginal Means - Drainage percentage

Drainage percentage	Mean	SE	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
20%	2.01	0.0254	1.96	2.06
40%	3.26	0.0254	3.21	3.31



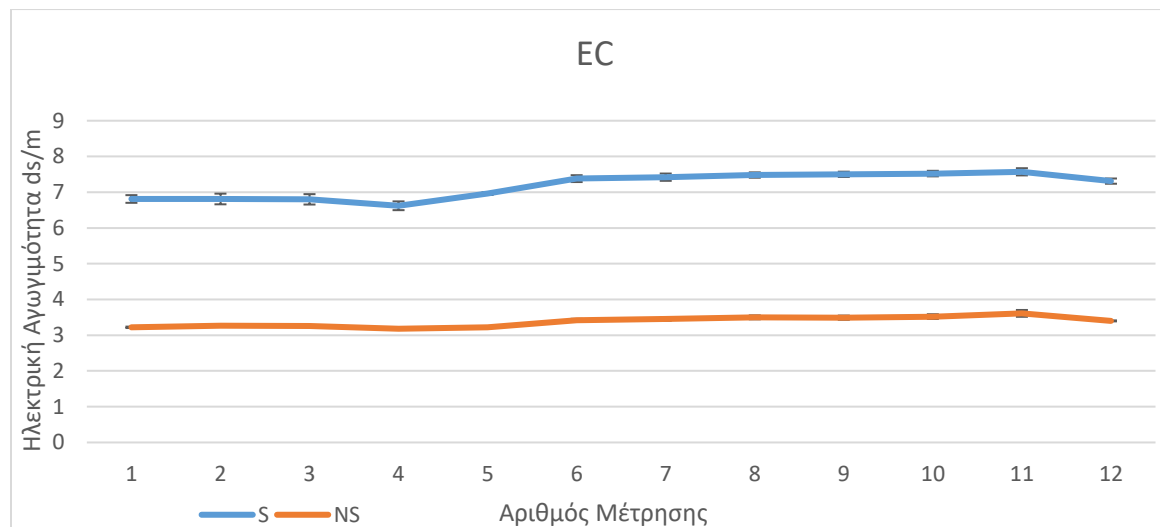


## Οξύτητα (PH)



Διάγραμμα 31. Η μεταβολή της τιμής της οξύτητας (PH) του θρεπτικού διαλύματος καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S)

## Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)



Διάγραμμα 32. Η μεταβολή της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ds/m) καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας στα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από ιδανικές συνθήκες (NS) σε σύγκριση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας NaCl (S)



## Συζήτηση

Η συγκέντρωση του νατρίου στο θρεπτικό διάλυμα ήταν σαφώς αυξημένη στα φυτά όπου πραγματοποιούνταν προσθήκη χλωριούχου νατρίου. Η συγκέντρωση του νατρίου παρουσίασε μια μείωση κατά τους πρώτους 2 μήνες της καλλιέργειας. Στην συνέχεια παρατηρείται μια αύξηση της συγκέντρωσης η οποία σταθεροποιείται κατά το τέλος της καλλιέργειας. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι στα αρχικά στάδια ανάπτυξης τα φυτά είχαν διαθέσιμο χώρο αποθήκευσης του νατρίου στα κύτταρα του ξυλώδους παρεγχύματος στις ρίζες τους βλαστούς και τους μίσχους των φύλλων, με συνέπεια να απορροφούν περισσότερο νάτριο. Όταν αυτή η αποθηκευτική ικανότητα εξαντλήθηκε, η τομάτα για να προστατευθεί από τον κίνδυνο της μεταφοράς του νατρίου στα φωτοσυνθετικά ενεργά φύλλα ενέτεινε την δράση των μηχανισμών που αποτρέπουν την είσοδο του συγκεκριμένου ιόντος στα αγγεία του ξύλου. Κατά συνέπεια, η απορρόφηση νατρίου μειώθηκε και επομένως αυξήθηκε ο ρυθμός συσσώρευσής του στο εξωτερικό θρεπτικό διάλυμα που περιεχόταν μέσα στις λεκάνες καλλιέργειας.

Το νάτριο σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 20-25 mM στο θρεπτικό διάλυμα έχει παρατηρηθεί ότι μειώνει την παραγωγή της τομάτας και την ποιότητα των καρπών (Cuartero & Fernández-Muñoz, 1998). Ο βασικός μηχανισμός για την αντοχή της τομάτας στην αυξημένη συγκέντρωση νατρίου είναι ο συνδυασμός αποκλεισμού του νατρίου από την ρίζα και η κατακράτησή του από το ξυλώδες παρέγχυμα των ριζών, τον βλαστό και το έλασμα των παλαιότερων φύλλων, με σκοπό να μην υπάρχει συσσώρευση στα νεότερα φύλλα (Shannon et al., 1987). Οι An et al. (2005) υποστήριξαν επίσης ότι κάποιες ποικιλίες τομάτας απορρίπτουν το Νάτριο από το υπέργειο μέρος του και έτσι αυξάνεται η ανθεκτικότητά τους σε υψηλές συγκεντρώσεις Νατρίου.

Το διαλυμένο οξυγόνο στο θρεπτικό διάλυμα ήταν σχετικά σταθερό καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας και δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την ύπαρξη αυξημένης συγκέντρωσης νατρίου στο θρεπτικό διάλυμα των φυτών όπου πραγματοποιούνταν χορήγηση χλωριούχου νατρίου. Έχει παρατηρηθεί ότι ο καλύτερος αερισμός των φυτών αυξάνει την παροχή οξυγόνου στα κύτταρα της ρίζας και μπορεί ενδεχομένως να αυξήσει την αντοχή των φυτών σε αυξημένα επίπεδα αλατότητας (Bhattarai et al., 2006). Βέβαια στην συγκεκριμένη μελέτη, δεν πραγματοποιήθηκαν επεμβάσεις στην συγκέντρωση του οξυγόνου και εφόσον η συγκέντρωση του δεν επηρεάστηκε από την ίδια την επέμβαση της αλατότητας, τότε δεν μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα αν όντως αυξάνει η μείωση την αντοχή στην αλατότητα.



Η αυξημένη αλατότητα επηρέασε σημαντικά μόνο την απορρόφηση των νιτρικών ιόντων του μαγνησίου και του σιδήρου. Είναι ήδη γνωστό ότι η αλατότητα μπορεί να επηρεάσει την απορρόφηση των θρεπτικών μέσω ανταγωνιστικών επιδράσεων του νατρίου με ορισμένα θρεπτικά στοιχεία (Shibli, 1993). Στην συγκεκριμένη μελέτη, παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση απορρόφησης του σιδήρου και του μαγνησίου αυξήθηκε με την παρουσία αυξημένου νατρίου στο θρεπτικό διάλυμα, ενώ αντίθετα η απορρόφηση των νιτρικών ιόντων μειώθηκε με την επίδραση της αλατότητας. Η απορρόφηση των στοιχείων φώσφορος, κάλιο, ασβέστιο, ψευδάργυρος και χαλκός δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την αυξημένη αλατότητα.

Για τα νιτρικά ιόντα έχει γίνει ήδη αναφορά από τους Pessarakli & Tucker (1988) όπου αναφέρουν ότι τα 70 mM νατρίου δεν επηρεάζουν σημαντικά την απορρόφηση των νιτρικών, ενώ τα 140 ή 200 mM μειώνουν κατά το  $\frac{1}{3}$  την απορρόφηση τους.

Σχετικά με τις συγκεντρώσεις του φωσφόρου, του καλίου και του ασβεστίου, έχει παρατηρηθεί ότι οι συγκεντρώσεις τους στους φυτικούς ιστούς μειώνονται όταν υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση νατρίου στο διάλυμα της ριζόσφαιρας (Hu and Schmidhalter, 1997; Mohammad et al., 1998). Μάλιστα οι Mohammad et al. (1998) αναφέρουν επίσης ότι σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, η περιεκτικότητα των φυτών σε φώσφορο ήταν μειωμένη, όμως η συγκέντρωση αυξήθηκε λόγω του μειωμένου νωπού βάρους των φυτών. Βέβαια μειωμένη περιεκτικότητα των φυτών σε φώσφορο, κάλιο και ασβέστιο, θα έπρεπε να προέρχεται και από μειωμένη απορρόφηση, κάτι το οποίο δεν επιβεβαιώθηκε στην παρούσα μελέτη.

Σχετικά με την απορρόφηση του μαγνησίου κάτω από συνθήκες αλατότητας, οι Magan et al. (2004) παρατήρησαν ότι η αύξηση της αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος από τα  $2,7 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  σε  $8,4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  λόγω της προσθήκης NaCl σε τομάτα καλλιεργούμενη σε κλειστό υδροπονικό σύστημα δεν μείωσε την συγκέντρωση απορρόφησης μαγνησίου.

Ο ψευδάργυρος ήταν ένα θρεπτικό στοιχείο στο οποίο παρατηρήθηκαν μεγάλες διακυμάνσεις και σημαντικές διαφορές κατά την διάρκεια της καλλιέργειας, όμως η απορρόφηση ήταν άλλοτε μεγαλύτερη στα no stress φυτά και άλλοτε στα stress φυτά, με αποτέλεσμα η μέση απορρόφηση καθόλη την διάρκεια της καλλιέργειας να μην εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η αυξημένη προσθήκη ασβεστίου στο θρεπτικό διάλυμα μπορεί να μειώσει τις επιβλαβείς επιπτώσεις της αλατότητας με βάση τους Grattan and Grieve (1999), ενώ η αύξηση της παροχής του αζώτου σε αμμωνιακή μορφή μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα σιδήρου και χλωροφύλλης (Flores et al., 2001; Ben-Oliel et al. 2004).



Η ανάπτυξη του προσομοιώματος για την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων δεν έχει μελετηθεί εκτεταμένα στο παρελθόν και γι' αυτό τον λόγο δεν υπάρχουν αρκετές αναφορές σε προηγούμενες μελέτες. Με βάση τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου προσομοιώματος παρατηρήθηκε ότι, η επίδραση του NaCl στις συγκεντρώσεις των τιμών τροφοδοσίας των στοιχείων Ασβεστίου, Νιτρικών Ιόντων, Μαγνησίου και χαλκού αυξάνονται αναλόγως του κλάσματος απορροής της καλλιέργειας σε αντίθεση με τα στοιχεία Φώσφορος, Κάλιο, Μαγγάνιο και Ψευδάργυρο που δεν επηρεάζονται από την μεταβολή του κλάσματος απορροής. Ο Σίδηρος και το Μαγγάνιο παρουσιάζουν πτώση στην τιμή τροφοδοσίας (Cit).

Θα χρειαστούν βέβαια και άλλες μελέτες στο συγκεκριμένο θέμα ώστε να μπορούν να εξαχθούν πιο βάσιμα συμπεράσματα, αλλά, με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, υπάρχει δυνατότητα αύξησης της απορρόφησης ορισμένων θρεπτικών στοιχείων όταν αυξηθεί το κλάσμα απορροής.

### Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η αυξημένη συγκέντρωση Na στο θρεπτικό διάλυμα της τομάτας επηρέασε την απορρόφηση των νιτρικών ιόντων, του μαγνησίου και του σιδήρου. Επιπλέον παρατηρήθηκε η πορεία της συγκέντρωσης απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας. Τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν λοιπόν να βοηθήσουν για την περαιτέρω έρευνα της απορρόφησης της τομάτας όταν αυτή καλλιεργείται τόσο σε ιδανικές συνθήκες όσο και υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας.

Η καταγραφή των συγκεντρώσεων απορρόφησης σε συνδυασμό με τις συγκεντρώσεις που επικρατούν στο περιβάλλον των φυτών (διάλυμα ριζοστρώματος) όπως αυτές αναφέρονταν από τους Sonneveld & Voogt (2001) οδήγησαν στην ανάπτυξη ενός προσομοιώματος για την θρέψη των φυτών της τομάτας που καλλιεργούνται σε ανοικτά υδροπονικά συστήματα. Υπολογίστηκαν οι διαφορετικές συγκεντρώσεις τροφοδοσίας για το κάθε θρεπτικό στοιχείο, οι οποίες θα πρέπει να χορηγούνται στα φυτά. Το κλάσμα απορροής το οποίο διαφοροποιείται στα ανοικτά συστήματα επηρεάζει τις συγκεντρώσεις τροφοδοσίας. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση από το 20 στο 40% του κλάσματος απορροής απαιτεί αυξημένες συγκεντρώσεις ασβεστίου, νιτρικών ιόντων, καλίου, μαγνησίου και χαλκού και μειωμένη συγκέντρωση μαγγανίου στο διάλυμα τροφοδοσίας.



Το προσομοίωμα που παρουσιάστηκε στην παρούσα εργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες καλλιέργειες για τον προσδιορισμό των κατάλληλων συγκεντρώσεων για όλα τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα τροφοδοσίας. Για την εφαρμογή του προσομοιώματος απαιτείται αρχικά ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων απορρόφησης για τα συγκεκριμένα θρεπτικά στοιχεία. Στη συνέχεια, θα πρέπει να προσδιορίζονται οι ιδανικές συγκεντρώσεις των ίδιων θρεπτικών στοιχείων στο περιβάλλον της ρίζας, είτε με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα, είτε μέσω κατάλληλων πειραμάτων. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στη Σχέση (2) για ένα δεδομένο εύρος του κλάσματος απορρόφησης, μέσω της οποίας προσδιορίζονται οι κατάλληλες συγκεντρώσεις στο διάλυμα τροφοδοσίας ( $C_{it}$ ).



## Βιβλιογραφία

- An, P., Inanaga, S., Li, X. J., Eneji, A. E., & Zhu, N. W. (2005). Interactive effects of salinity and air humidity on two tomato cultivars differing in salt tolerance. *Journal of plant nutrition*, 28(3), 459-473.
- Angus, J. F., & Van Herwaarden, A. F. (2001). Increasing water use and water use efficiency in dryland wheat. *Agronomy Journal*, 93(2), 290-298.
- Bhattarai, S. P., Pendergast, L., & Midmore, D. J. (2006). Root aeration improves yield and water use efficiency of tomato in heavy clay and saline soils. *Scientia horticulturae*, 108(3), 278-288.
- Chartzoulakis, K. S., & Loupassaki, M. H. (1997). Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agricultural Water Management*, 32(3), 215-225.
- Christodoulakis, N. S., & Bazos, J. (1990). Leaf anatomy of three seasonally dimorphic shrubs. *Acta Oecologia*, 11, 291-296.
- Cuartero, J., & Fernández-Muñoz, R. (1998). Tomato and salinity. *Scientia horticulturae*, 78(1-4), 83-125.
- Dobermann, A. (2007). Nutrient use efficiency—measurement and management. Fertilizer best management practices, 1. International Fertilizer Industry Association Paris, France, 2007.
- Eaton, L. J., Stratto, G. W., & Sanderson, K. R. (1996, August). Fertilizer phosphorus in lowbush blueberries: effects and fate. In *VI International Symposium on Vaccinium Culture 446* (pp. 477-486).
- Frantz, J. M., & Welbaum, G. E. (1998). Producing horticultural crops using hydroponic tobacco transplant systems. *HortTechnology*, 8(3), 392-395.
- Grattan, S. R., & Grieve, C. M. (1998). Salinity—mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia horticulturae*, 78(1-4), 127-157.
- Greenway, H., & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual review of plant physiology*, 31(1), 149-190.
- Greenway, H., & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual review of plant physiology*, 31(1), 149-190.
- Hu, Y., Schmidhalter, U. (1997): Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. 2. Composition. *J. Plant Nutr.* 20, 1169–1182.



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

Kang, S., Zhang, L., Liang, Y., Hu, X., Cai, H., & Gu, B. (2002). Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agricultural water management*, 55(3), 203-216.

Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance—current assessment. *Journal of the irrigation and drainage division*, 103(2), 115-134.

Magán, J. J., Casas, E., Gallardo, M., Thompson, R. B., & Lorenzo, P. (2004, November). Uptake concentrations of a tomato crop in different salinity conditions. In International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics 697 (pp. 365-369).

Marshner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, New York.

Mohammad, M., Shibli, R., Ajlouni, M., & Nimri, L. (1998). Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of plant nutrition*, 21(8), 1667-1680.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.

Pessaraki, M., Tucker, T.C., 1988. Dry matter yield and nitrogen-15 uptake by tomatoes under sodium chloride stress. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 698±700.

Raafat, F. (1991). Survey of literature on continuously deteriorating inventory models. *Journal of the Operational Research society*, 42(1), 27-37.

Ruiz-Sánchez, M. C., Domingo, R., Torrecillas, A., & Pérez-Pastor, A. (2000). Water stress preconditioning to improve drought resistance in young apricot plants. *Plant science*, 156(2), 245-251.

Sánchez-Blanco, M. J., Bolarin, M. C., Alarcón, J. J., & Torrecillas, A. (1991). Salinity effects on water relations in *Lycopersicon esculentum* and its wild salt-tolerant relative species *L. pennellii*. *Physiologia Plantarum*, 83(2), 269-274.

Savvas, D., 2001. Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants in Hydroponics. In: Dris, R., Niskanen, R. and Jain, S. M. (Ed.). Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I - Quality Management. Science Publishers, Inc., Plymouth, UK, pp. 37 - 87.

Savvas D (2003) Hydroponics: a modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. *J Food Agric Environ* 1:80–86



Scholberg, J. M. S., & Locascio, S. J. (1999). Growth response of snap bean and tomato as affected by salinity and irrigation method. *HortScience*, 34(2), 259-264.

Shannon, M. C., Gronwald, J. W., & Tal, M. (1987). Effects of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic ions in cultivated and wild tomato species (No. RESEARCH).

Shannon, M. C. (1997). Adaptation of plants to salinity. *Advances in agronomy*, 60, 75-120.

Shibli, R.A. 1993. Influence of increased salinity on yield fruit quality and growth of hydroponic grown tomatoes. *Mu' tah J. Res. Studies* 8:153-165.

Sinclair, T. R., Tanner, C. B., & Bennett, J. M. (1984). *Water-use efficiency in crop production. Bioscience*, 34(1), 36-40.

Sonneveld, C., & Voogt, W. (2001). *Plant nutrition of greenhouse crops*. Springer, Dordrecht.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). Photosynthesis: physiological and ecological considerations. *Plant Physiol*, 9, 172-174.

Van Os, E. A. (1982). Dutch developments in soilless culture. *Outlook on Agriculture*, 11(4), 165-171.

Waisel, Y. (1991). The glands of *Tamarix aphylla*: a system for salt excretion or for carbon concentration?. *Physiologia Plantarum*, 83(3), 506-510.

Wignarajah, K., Jennings, D. H., & Handley, J. F. (1975). The effect of salinity on growth of *Phaseolus vulgaris* L. I. Anatomical changes in the first trifoliate leaf. *Annals of Botany*, 39(5), 1029-1038.

Wyatt, J. E. (1998). Tomato transplant production using the float system and cupric hydroxide. *HortTechnology*, 8(3), 366-369.

ZEKRI, M., & PARSONS, L. R. (1990). Response of split-root sour orange seedlings to NaCl and polyethylene glycol stresses. *Journal of Experimental Botany*, 41(1), 35-40.

Κωνσταντινίδου, Ε.Ι.Α., 2003. Φυσιολογία αβιοτικών καταπονήσεων. Στο: Ρουμπελάκη - Αγγελάκη, Κ.Α. (επιμέλεια): Φυσιολογία φυτών. Από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, σ. 555-620.

Ολύμπιος, Χ. 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις: Σταμούλη, Αθήνα

Σάββας, Δ., 2011. Καλλιέργειες εκτός Εδάφους: Υδροπονία, Υποστρώματα. Εκδόσεις: ΑγροΤύπος, Αθήνα





# Παράρτημα



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΕΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Διευθυντής: Καθηγητής Δημήτριος Σάββας

Θρεπτικό διάλυμα για βλαστικό στάδιο (0.5 mM NaCl) - FLOATING									
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ									
Πυκνά διαλύματα	V, m <sup>3</sup>	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.				Χημική σύσταση νερού		
Πυκνό διάλυμα Α	0.02	100	E <sub>r</sub> *	2.2	dS/m	E.C.	0.32	dS/m	
Πυκνό διάλυμα Β	0.02	100	pH opt.	5.8		pH	7.3		
Πυκνό διάλυμα οξέως	0.02	100	X: (K)	0.58		Ca <sup>2+</sup>	0.95	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου:			Y: (Ca)	0.29		Mg <sup>2+</sup>	0.30	mmol/l	
Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ			Z: (Mg)	0.13		K <sup>+</sup>	0.00	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)			R (tot.-NPK)	2.10		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.00	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο			Nr (NH <sub>4</sub> tot.-N)	0.09		Na <sup>+</sup>	0.50	mmol/l	
Επιθυμητές τιμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)			[H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ]	1.30	mmol/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20	mmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NH <sub>4</sub> /(NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκεντρώση NO <sub>3</sub> (mmol/L)			[Fe] <sub>i</sub>	20.00	μmol/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00	mmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NIK (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκεντρώση NO <sub>3</sub> (mmol/L)			[Mn] <sub>i</sub>	10.00	μmol/l	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.00	mmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NH <sub>4</sub> /(NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκεντρώση NH <sub>4</sub> (mmol/L)			[Zn] <sub>i</sub>	6.00	μmol/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.20	mmol/l	
			[Cu] <sub>i</sub>	0.70	μmol/l	Cl <sup>-</sup>	0.40	mmol/l	
			[B] <sub>i</sub>	35.00	μmol/l	Fe	0.00	μmol/l	
			[Mo] <sub>i</sub>	0.80	μmol/l	Mn <sup>2+</sup>	0.00	μmol/l	
			NaCl	0.50	mmol/l	Zn <sup>2+</sup>	2.15	μmol/l	
			% καθαρό λίπασμα			Cu <sup>2+</sup>	0.00	μmol/l	
			καθαρό HNO <sub>3</sub>	88	(% w/w)	B	0.00	μmol/l	
			καθαρό H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	85	(% w/w)	Mo	0.00	μmol/l	
			Fe σε χηλικό Fe	8	(% w/w)	Si	0.00	mmol/l	
			λιπάσματα (kg/δοχείο)	1.988		Σcat <sub>w</sub>	3.00	meq/l	
						Σan <sub>w</sub>	3.00	meq/l	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ									
Καπόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Si
C.A.S.	21.60			4.11	15.29	1.30	0.40	0.50	0.00
C.A.W.		3.00		0.40	0.00	0.00	2.20	0.40	0.00
A.A.F.			20.40	3.71	15.29	1.30	0.00	0.10	0.00
Ca <sup>2+</sup>	8.00	1.90	6.10	0.00	6.10	0.00	0.00	0.10	0.00
Mg <sup>2+</sup>	3.59	0.80	2.99	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K <sup>+</sup>	8.00	0.00	8.00	0.72	5.98	1.30	0.00	0.00	0.00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.51	0.00	1.51	0.00	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sup>+</sup>	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sup>+</sup>	0.00	0.00	1.80	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00
* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) εισάγεται μόνο όταν καθορίζονται επιθυμητές αναλογίες για τα μακροκατίοντα (K:Ca:Mg). Όταν εισάγονται επιθυμητές συγκεντρώσεις K, Ca, Mg, τότε το πρόγραμμα θα υπολογίσει αυτόματα την EC που αντιστοιχεί σε αυτές τις συγκεντρώσεις.									

Καλλιεργητής: ΕΚΚ		
Καλλιεργούμενο είδος: Τομάτα σε Floating		
Τύπος θρεπτικού διαλύματος: 0.5 mM NaCl		
Ημερομηνία: 26-10-2019		
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ		
E.C.	2.20	dS/m
pH	5.80	
Πυκνό διάλυμα Α 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό ασβέστιο	1.319	Kg
2 Νιτρικό κάλιο	0.467	Kg
3 Νιτρικό αμμώνιο	0.144	Kg
4 Χηλικός σίδηρος	0.037	Kg
Πυκνό διάλυμα Β 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό κάλιο	0.742	Kg
2 Θεϊκό μαγνήσιο	0.736	Kg
3 Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	0.354	Kg
5 Θεϊκό κάλιο	0.126	Kg
6 Φωσφορικό οξύ	0.000	λίτρα
7 Χλωριούχο νάτριο	0.000	Kg
8 Θεϊκό μαγνήσιο	3.38	g
9 Θεϊκός ψευδάργυρος	2.21	g
10 Θεϊκός χαλκός	0.35	g
11 Βορικό οξύ	4.33	g
12 Βόρακας	0.00	g
13 Solubor	0.00	g
14 Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0.00	g
15 Μολυβδαινικό νάτριο	0.29	g
Πυκνό διάλυμα οξέως 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό οξύ	0.235	λίτρα
Υπολογισμοί (C <sub>s</sub> ) για προσθήκη οξέως		
[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] <sub>w</sub>	5.01E-08	
B <sub>w</sub>	11.01	
[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ]+[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]+[H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	0.0024222	
[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] <sub>(n.s.)</sub>	2.51E-08	
B <sub>(n.s.)</sub>	1.1995302	
[K]	8.00	Σ <sub>cation(n.s.)</sub> 21.60
[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	1.51	Σ <sub>anion(n.s.)</sub> 21.60



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Παναγιωτάκης Ιωάννης

2021



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Διευθυντής: Καθηγητής Δημήτριος Σάββας

Θρεπτικό διάλυμα για βλαστικό στάδιο (30 mM NaCl) - FLOATING

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ										
Πυκνό διάλυμα	V, m <sup>3</sup>	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.			Χημική σύσταση νερού				
Πυκνό διάλυμα Α	0.02	100	E <sub>s</sub> *	2.2	dS/m	E.C.	0.32	dS/m		
Πυκνό διάλυμα Β	0.02	100	pH opt.	5.6		pH	7.3			
Πυκνό διάλυμα οξέως	0.02	100	X: (K)	0.58		Ca <sup>2+</sup>	0.96	mmol/l		
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου:			Y: (Ca)	0.29		Mg <sup>2+</sup>	0.30	mmol/l		
Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1		Z: (Mg)	0.13		K <sup>+</sup>	0.00	mmol/l		
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	1		R (tot.-N/K)	2.10		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.00	mmol/l		
Επιλογή λιπάσματος μολυβδανίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδανικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδανικό νάτριο	2		Nr (NH <sub>4</sub> tot.-N)	0.09		Na <sup>+</sup>	0.50	mmol/l		
Επιθυμητές τιμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	1		[H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ]	1.30	mmol/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20	mmol/l		
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής ΝΚ (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO <sub>3</sub> (mmol/L)	1		[Fe] <sub>s</sub>	20.00	μmol/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00	mmol/l		
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NH <sub>4</sub> /(NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH <sub>4</sub> (mmol/L)	1		[Mn] <sub>s</sub>	10.00	μmol/l	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.00	mmol/l		
			[Zn] <sub>s</sub>	6.00	μmol/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.20	mmol/l		
			[Cu] <sub>s</sub>	0.70	μmol/l	Cl <sup>-</sup>	0.40	mmol/l		
			[B] <sub>s</sub>	35.00	μmol/l	Fe	0.00	μmol/l		
			[Mo] <sub>s</sub>	0.80	μmol/l	Mn <sup>2+</sup>	0.00	μmol/l		
			NaCl	3.00	mmol/l	Zn <sup>2+</sup>	2.15	μmol/l		
			% καθαρό λίπασμα			Cu <sup>2+</sup>	0.00	μmol/l		
			καθαρό HNO <sub>3</sub>	88	(% w/w)	B	0.00	μmol/l		
			καθαρό H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	85	(% w/w)	Mo	0.00	μmol/l		
			Fe σε χηλικό Fe	8	(% w/w)	Si	0.00	mmol/l		
			Λιπάσματα (kg/δοχείο)	1.988		Znat <sub>w</sub>	3.00	meq/l		
						Zan <sub>w</sub>	3.00	meq/l		
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ										
Κατόνια/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Si	
C.A.S.	24.10			4.11	15.29	1.30	0.40	3.00	0.00	
C.A.W.		3.00		0.40	0.00	0.00	2.20	0.40	0.00	
A.A.F.			22.90	3.71	15.29	1.30	0.00	2.60	0.00	
Ca <sup>2+</sup>	8.00	1.90	6.10	0.00	6.10	0.00	0.00	2.60	0.00	
Mg <sup>2+</sup>	3.59	0.60	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
K <sup>+</sup>	8.00	0.00	8.00	0.72	6.98	1.30	0.00	0.00	0.00	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.51	0.00	1.51	0.00	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	
Na <sup>+</sup>	3.00	0.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	
H <sup>+</sup>	0.00	0.00	1.80	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) εισάγεται μόνο όταν καθορίζονται επιθυμητές αναλογίες για τα μακροκατόνια (K:Ca:Mg). Όταν εισάγονται επιθυμητές συγκεντρώσεις K, Ca, Mg, τότε το πρόγραμμα θα υπολογίσει αυτόματα την EC που αντιστοιχεί σε αυτές τις συγκεντρώσεις.										

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ		
E.C.	2.49 dS/m	
pH	5.60	
Πυκνό διάλυμα Α 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό ασβέστιο	1.319 Kg	
2 Νιτρικό κάλιο	0.467 Kg	
3 Νιτρικό αμμώνιο	0.144 Kg	
4 Χηλικός σίδηρος	0.037 Kg	
Πυκνό διάλυμα Β 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό κάλιο	0.742 Kg	
2 Θεϊκό μαγνήσιο	0.736 Kg	
3 Νιτρικό μαγνήσιο	0.000 Kg	
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	0.354 Kg	
5 Θεϊκό κάλιο	0.126 Kg	
6 Φωσφορικό οξύ	0.000 λίτρα	
7 Χλωριούχο νάτριο	0.293 Kg	
8 Θεϊκό μαγνήσιο	3.38 g	
9 Θεϊκό ψευδάργυρος	2.21 g	
10 Θεϊκό χαλκό	0.35 g	
11 Βορικό οξύ	4.33 g	
12 Βόρακας	0.00 g	
13 Solubor	0.00 g	
14 Επταμολυβδανικό αμμώνιο	0.00 g	
15 Μολυβδανικό νάτριο	0.29 g	
Πυκνό διάλυμα οξέως 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό οξύ	0.235 λίτρα	
Υπολογισμοί (C <sub>s</sub> ) για προσθήκη οξέως		
[H <sub>2</sub> O] <sub>w</sub>	5.012E-08	
B <sub>w</sub>	11.01	
[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ]+[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]+[H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	0.0024222	
[H <sub>2</sub> O] <sub>(n.s.)</sub>	2.512E-06	
B <sub>(n.s.)</sub>	1.1995302	
[K]	8.00 Σ <sub>cation(n.s.)</sub>	24.10
[NH <sub>4</sub> ]	1.51 Σ <sub>anion(n.s.)</sub>	24.10





Διευθυντής: Καθηγητής Δημήτριος Σάββας

Θρεπτικό διάλυμα για στάβιο καρποφορίας (0.5 mM NaCl) - FLOATING

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ			
Πυκνά διαλύματα	V, m <sup>3</sup>	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά θ.Δ.
Πυκνό διάλυμα Α	0.02	100	E <sub>c</sub> *
Πυκνό διάλυμα Β	0.02	100	pH opt.
Πυκνό διάλυμα οξέως	0.02	100	[K]
Επιλογή λίπασματος φωσφορού:			[Ca]
Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1		[Mg]
			[NO <sub>3</sub> ]
Επιλογή λίπασματος βορίου:			[NH <sub>4</sub> ]
Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	1		[H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ]
Επιλογή λίπασματος μολυβδανίου:			[Fe]
Επιλέξτε 1 για επταμολυβδανικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδανικό νάτριο	2		[Mn]
			[Zn]
			[Cu]
Επιθυμητές τιμές Κ, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία Κ:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2		[B]
			[Mo]
			NaCl
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής Ν:Κ (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκεντρωτική ΝΟ <sub>3</sub> (mmol/L)	2		% καθαρό λίπασμα
			καθαρό HNO <sub>3</sub>
			καθαρό H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NH <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκεντρωτική NH <sub>4</sub> (mmol/L)	2		Fe σε χηλικό Fe
			λίπασμα (kg/δοχείο)

Χημική σύσταση νερού	
E.C.	0.32 dS/m
pH	7.3
Ca <sup>2+</sup>	0.95 mmol/L
Mg <sup>2+</sup>	0.30 mmol/L
K <sup>+</sup>	0.00 mmol/L
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.00 mmol/L
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20 mmol/L
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00 mmol/L
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.00 mmol/L
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.20 mmol/L
Cl <sup>-</sup>	0.40 mmol/L
Fe	0.00 mmol/L
Mn <sup>2+</sup>	0.00 mmol/L
Zn <sup>2+</sup>	2.15 mmol/L
Cu <sup>2+</sup>	0.00 mmol/L
B	0.00 mmol/L
Mo	0.00 mmol/L
Si	0.00 mmol/L
Σcat <sub>Ca</sub>	3.00 meq/l
Σan <sub>Ca</sub>	3.00 meq/l

Καλλιεργητής: ΕΚΚ		
Καλλιεργούμενο είδος: Τομάτα σε σύστημα επίπλευσης		
Τύπος θρεπτικού διαλύματος: 0.5 mM NaCl		
Ημερομηνία: 23-2-2020		
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ		
E.C.	1.71 dS/m	
pH	5.60	
Πυκνό διάλυμα Α 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό ασβέστιο	0.765 Kg	
2 Νιτρικό κάλιο	0.538 Kg	
3 Νιτρικό αμμώνιο	0.135 Kg	
4 Χηλικός σίδηρος	0.034 Kg	
Πυκνό διάλυμα Β 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό κάλιο	0.587 Kg	
2 Θεϊκό μαγνήσιο	0.502 Kg	
3 Νιτρικό μαγνήσιο	0.000 Kg	
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	0.340 Kg	
5 Θεϊκό κάλιο	0.033 Kg	
6 Φωσφορικό οξύ	0.000 Ltρα	
7 Χλωριούχο νάτριο	0.000 Kg	
8 Θεϊκό μαγνήσιο	3.38 g	
9 Θεϊκός ψευδάργυρος	2.21 g	
10 Θεϊκός χαλκός	0.35 g	
11 Βορικό οξύ	3.09 g	
12 Βόρακας	0.00 g	
13 Solubor	0.00 g	
14 Επταμολυβδανικό αμμώνιο	0.00 g	
15 Μολυβδανικό νάτριο	0.29 g	
Πυκνό διάλυμα οξέως 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό οξύ	0.235 Ltρα	
Υπολογισμοί (C <sub>g</sub> ) για προσθήκη οξέως		
[H <sub>2</sub> O] <sub>w</sub>	5.012E-06	
B <sub>w</sub>	11.01	
[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ]-[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]-[H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	0.0024222	
[H <sub>2</sub> O] <sub>h.a.</sub>	2.512E-06	
B <sub>h.a.</sub>	1.1995302	
[K]	40.98 Σ <sub>cation(h.a.)</sub>	10.78
[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	100.80 Σ <sub>cation(h.a.)</sub>	10.78





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Διευθυντής: Καθηγητής Δημήτριος Σάββας

Θρεπτικό διάλυμα για σταβιο καρποφορίας (30 mM NaCl) - FLOATING

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ		Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.		Χημική σύσταση νερού					
Πυκνό Διάλυμα A	V, m <sup>3</sup> A	E <sub>c</sub> *	2.7 dS/m	E.C.	0.32 dS/m				
Πυκνό Διάλυμα B	0.02 100	pH opt.	5.6	pH	7.3				
Πυκνό Διάλυμα οξέως	0.02 100	[K]	7.00 mmol/l	Ca <sup>2+</sup>	0.95 mmol/l				
Επιλογή λιπάσματος φωσφορικού:		[Ca]	2.72 mmol/l	Mg <sup>2+</sup>	0.30 mmol/l				
Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1	[Mg]	1.32 mmol/l	K <sup>+</sup>	0.00 mmol/l				
		[NO <sub>3</sub> ]	12.00 mmol/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.00 mmol/l				
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακος) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	1	[NH <sub>4</sub> ]	1.20 mmol/l	Na <sup>+</sup>	0.50 mmol/l				
		[H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ]	1.25 mmol/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20 mmol/l				
		[Fe]	18.00 μmol/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.00 mmol/l				
Επιλογή λιπάσματος μολυβδανίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδανικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδανικό νάτριο	2	[Mn]	10.00 μmol/l	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.00 mmol/l				
		[Zn]	6.00 μmol/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.20 mmol/l				
		[Cu]	0.70 μmol/l	Cl <sup>-</sup>	0.40 mmol/l				
Επιθυμητές τιμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2	[B]	25.00 μmol/l	Fe	0.00 μmol/l				
		[Mo]	0.60 μmol/l	Mn <sup>2+</sup>	0.00 μmol/l				
		NaCl	3.00 mmol/l	Zn <sup>2+</sup>	2.15 μmol/l				
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NK (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO <sub>3</sub> (mmol/L)	2	% καθαρό λίπασμα		Cu <sup>2+</sup>	0.00 μmol/l				
		καθαρό HNO <sub>3</sub>	68 (% w/w)	B	0.00 μmol/l				
		καθαρό H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	85 (% w/w)	Mo	0.00 μmol/l				
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NH <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH <sub>4</sub> (mmol/L)	2	Fe σε χηλικό Fe	6 (% w/w)	Si	0.00 mmol/l				
		Liπάσματα (kg/δουχείο)	1.472	Σcat <sub>w</sub>	3.00 meq/l				
				Σan <sub>w</sub>	3.00 meq/l				
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ									
Καπόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SI
C.A.S.	19.28			2.63	12.00	1.25	0.40	3.00	0.00
C.A.W.		3.00		0.40	0.00	0.00	2.20	0.40	0.00
C.A.F.			18.08	2.23	12.00	1.25	0.00	2.60	0.00
Ca <sup>2+</sup>	5.44	1.90	3.54	0.00	3.54	0.00	0.00	2.60	0.00
Mg <sup>2+</sup>	2.64	0.60	2.04	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K <sup>+</sup>	7.00	0.00	7.00	0.19	5.56	1.25	0.00	0.00	0.00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sup>+</sup>	3.00	0.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00
H <sup>+</sup>	0.00	0.00	1.80	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00
* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) εισάγεται μόνο όταν καθορίζονται επιθυμητές αναλογίες για τα μακροκατόνια (K:Ca:Mg). Όταν εισαγονται επιθυμητές συγκεντρώσεις K, Ca, Mg, τότε το πρόγραμμα θα υπολογίσει αυτόματα την EC που αντιστοιχεί σε αυτές τις συγκεντρώσεις.									

Καλλιεργητής: ΕΚΚ  
Καλλιεργούμενο είδος: Τομάτα σε σύστημα επίπλευσης  
Τύπος θρεπτικού διαλύματος: 30 mM NaCl  
Ημερομηνία: 23-2-2020

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ		
E.C.	1.96 dS/m	
pH	5.60	
Πυκνό διάλυμα A 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό ασβεστό	0.765 Kg	
2 Νιτρικό κάλιο	0.538 Kg	
3 Νιτρικό αμμώνιο	0.135 Kg	
4 Χηλικός σίδηρος	0.034 Kg	
Πυκνό διάλυμα B 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό κάλιο	0.587 Kg	
2 Θεικό μαγνήσιο	0.502 Kg	
3 Νιτρικό μαγνήσιο	0.000 Kg	
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	0.340 Kg	
5 Θεικό κάλιο	0.033 Kg	
6 Φωσφορικό οξύ	0.000 λίτρα	
7 Χλωριούχο νάτριο	0.293 Kg	
8 Θεικό μαγνήσιο	3.38 g	
9 Θειικός ψευδάργυρος	2.21 g	
10 Θειικός χαλκός	0.35 g	
11 Βορικό οξύ	3.09 g	
12 Βόρακος	0.00 g	
13 Solubor	0.00 g	
14 Επταμολυβδανικό αμμώνιο	0.00 g	
15 Μολυβδανικό νάτριο	0.29 g	
Πυκνό διάλυμα οξέως 20 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό οξύ	0.235 λίτρα	
Υπολογισμοί (C <sub>s</sub> ) για προσθήκη οξέως		
[H <sub>2</sub> O] <sub>w</sub>	5.012E-06	
B <sub>w</sub>	11.01	
[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ]-[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]-[H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	0.0024222	
[H <sub>2</sub> O] <sub>(n.a.)</sub>	2.512E-06	
B <sub>(n.a.)</sub>	1.1995302	
[K]	40.98	Σ <sub>cation(n.a.)</sub> 19.28
[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	100.80	Σ <sub>anion(n.a.)</sub> 19.28

