

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΙΔΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ,
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΙΕΡΑ ΟΔΟΣ 75, 118 55 ΑΘΗΝΑ.

Ερευνητικό πρόγραμμα: *Εφαρμογή εναλλασσόμενου Ηλεκτρικού Πεδίου για τη βελτίωση της αρνητικής επίδρασης της άρδευσης με αλατούχο νερό.*

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Επιστημονικός Υπεύθυνος: *Γ. Μαυροπραννόπουλος*
Αναπληρωτής Καθηγητής

Φορέας – Χρηματοδότης: *Μανώλης Καλής*

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΑΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΝΕΡΟ.

Το πρόβλημα

Σε πολλές περιοχές του πλανήτη μας αλλά και της Ελλάδος, ιδιαίτερα σε παράλιες ζώνες, η χρήση αλατούχου νερού στη γεωργία είναι αναπότρεπτη ανάγκη λόγω της έλλειψης του καλής ποιότητας νερού. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αλατότητα του νερού άρδευσης είναι αυξημένη λόγω υψηλής συγκέντρωσης NaCl. Η παρατεταμένη χρήση του αλατούχου νερού άρδευσης στην ανοιχτή γεωργία έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της παραγωγής καθώς και την υπερβολική συσσώρευση αλάτων στο έδαφος.

Η βελτίωση κακής ποιότητας νερών μπορεί να γίνει σήμερα κυρίως με τη μέθοδο της αντίστροφης δισμοσης. Με τη μέθοδο αυτή στα πολύ αλατούχα νερά για την παραγωγή μιας ποσότητας καθαρού νερού απαιτείται να απορριφθεί ίση ποσότητα πολύ κακής ποιότητας νερού. Επιπλέον το κόστος της αρχικής επένδυσης αλλά και λειτουργίας είναι πολύ υψηλό.

Η χρησιμοποίηση επομένως εναλλακτικών τρόπων χαμηλού κόστους, για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των χρησιμοποιουμένων υφάλμυρων νερών στη γεωργία είναι πολύ χρήσιμη.

Η επιστημονική γνώση για το θέμα σήμερα

Όταν η αλατότητα αυξάνει στην περιοχή της ρίζας, πάνω από ορισμένα όρια, η αύξηση των φυτών καθίσκει και η παραγωγή τους μειώνεται και η μείωση αυτή είναι γραμμική συνάρτηση της συγκέντρωσης των αλάτων στο ριζικό σύστημα (Muas, E. V. and Hoffman, G. J., 1977, Sonneveld, C. and Welles, G. W. H. 1988, Sonneveld, C. and Van der Burg, A. M. M. 1991, Savvas, D. and Lenz, F., 1996, Sonneveld, C. and Voogt, W. 2000). Η ταχύτητα συσσώρευσης των αλάτων στο έδαφος και η μείωση της παραγωγής πουκύλουν πολύ μεταξύ των διαφόρων ειδών των φυτών, αλλά επηρεάζεται και από την εμασθητίσια της πουκύλιας και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (Helal, H. M. and Mengel, K. 1981, Sonneveld C. and Van der Burg A. M. M. 1991, Ling Li, Y. et al 2001).

Στα καρποφόρα λαχανικά η αλατότητα έχει ως συνέπεια κυρίως την τη μείωση του μεγέθους των καρπών (Shannon, M. C. et al 1987, Adams, P. and Ho, L. C. 1989, Adams, P. 1991, Xu, H. L., et al 1995, Ling Li, Y. et al 2001). Οι περισσότερες πειραματικές εργασίες δείχνουν ότι στα καρποφόρα λαχανικά η αλατότητα επηρεάζει περισσότερο το μέγεθος του καρπού από τη βλαστητική ανάπτυξη (Shannon, M. C. et al 1987, Savvas, D. and Lenz, F., 1996, Katerji, N., et al 1998, Mavtogiannopoulos G. N. et al 1999).

Συγκριτικά πειράματα αποδεικνύουν ότι η χαμηλή και μέτρια αλατότητα επηρεάζει την ανάπτυξη του καρπού περισσότερο λόγω των επιπτώσεων της οσμωτικής πίεσης, παρά λόγω τοξικότητας του NaCl που βρίσκεται σε υψηλή συγκέντρωση. Αυτό ισχύει αν τα βασικά θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται σε αρθρονία και σε ισορροπία στην περιοχή των ριζικού συστήματος (Adams, P. and Ho, L. C. 1989, Adams, P. 1991, Sonneveld, C. and Voogt, W. 2000).

Ο κυριαρχος μηχανισμός που σχετίζεται με την ανεκτικότητα των διαφόρων καλλιεργούμενων φυτών στο NaCl βασίζεται στον ενεργό αποκλεισμό, σε συνδυασμό με την κατακράτηση του Na από το ξυλώδες παρέγχυμα των ριζών και τα στελέχη και μίσχους των παλαιοτέρων φύλλων (Jacoby, B. 1964, Sonneveld, C. and Welles, G. W. H. 1988, Savvas, D. and Lenz, F. 2000). Έτσι η συγκέντρωση Na στα νεαρότερα και φωτοσυνθετικά δραστήρια φύλλα συγκρατείται σε χαμηλότερα επίπεδα έτσι ώστε να μην ασκείται τοξική δράση για την ανάπτυξη και τη λειτουργία τους (Jeschke, W. D. 1984, Perez-Alfocea et al 1993). Οπωσδήποτε όμως, η αποδοτικότητα αυτού του μηχανισμού, που πουκάλει μεταξύ των διαφόρων ειδών των φυτών (Bernstein, L. 1975, Brugnoli, E. and Lauteri, M. 1991), μειώνεται με την αύξηση των αλάτων στο ριζικό σύστημα, με αποτέλεσμα τη μεταφορά μεγαλυτέρων ποσοτήτων Na στα δραστήρια νεαρά φύλλα (Greenway, H. and Munns, R. 1980, Jennings, D. H. 1976).

Υπ' αυτές τις συνθήκες, η αύξηση και η παραγωγή περιορίζονται πολύ. Επομένως κάθε μέτρο που θα βοηθούσε την αποδοτικότητα του μηχανισμού αποκλεισμού των αλάτων από τους μεταβολικά δραστήρια ιστούς και φύλλα αυξάνει την ανεκτικότητα του φυτού στα άλατα.

Από την άλλη πλευρά, οι απαιτήσεις για τη διατήρηση της σπαργής στους ιστούς του φυτού υπό συνθήκες υψηλής οσμωτικής πίεσης στο περιβάλλον της ρίζας οδηγεί στη δημιουργία μορφολογικών και φυσιολογικών αλλαγών στο φυτό. Οι φυσιολογικές προσαρμογές αφορούν κυρίως αλλαγές στην καθαρή αφομοίωση (Brugnoli, E. and Lauteri, M. 1991), την αγωγιμότητα των στομάτων (Xu, H. L. et al 1995), το δυναμικό νερού στο φύλλο (Perez-

Alfocca et al 1993) και τη σύνθεση των ιστών (Shalhevet, J. and Yaron, B. 1973, Sonneveld, C. and Welles, G. W. H. 1988, Rai, S. et al 1994, Roberts A. G. 2002).

Οπωσδήποτε το κόστος αυτής της προσαρμογής είναι μια μείωση στο ρυθμό ανάπτυξης και παραγωγής (Bernstein, L., 1975, Greenway, H. and Munns, R. 1980, Willumsen, J. et al 1996). Πουκιλα ένζυμα και οργανικές ενώσεις σχετίζονται με αυτές τις επιδράσεις, περιλαμβανομένων των superoxide dismutase και malondialdehyde (Liang, Y. 1999), σάκχαρα (Rathert, G. 1984), proline (Greenway, H. and Munns, R. 1980), καροτινοειδή (De Pascale S. et al 2001), etc. Επομένως, κάθε παράγοντας ο οποίος βοηθά στην μεγαλύτερη ανεκτικότητα του φυτού στην αλατότητα αναμένεται να επιδρά σε μία ή παραπάνω από αυτές τις μεταβολικές λειτουργίες και χαρακτηριστικά του φυτού.

Μια καινούργια προσέγγιση στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της αλατότητας του νερού άρδευσης στις αγροτικές καλλιέργειες θα μπορούσε να είναι η ανακούφιση της βλαβερής ικανότητας μιας συγκεκριμένης συγκέντρωσης άλατος με την αλλαγή των ιδιοτήτων του διαλύματος. Λιγό θα μπορούσε να επιτευχθεί με την έκθεση του διαλύματος σε εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο υψηλής συχνότητας πριν την εφαρμογή του στα φυτά. Σε πρόσφατες εργασίες έχει δειχθεί ότι μια τέτοια δράση έχει ασήμαντες επιπτώσεις στο ισοζύγιο περιεκτικότητας στο διαλυμένο οξυγόνο (<0.3 mM στους 20 °C σε συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες) αλλά αυξάνει σημαντικά το ρυθμό διαλυτότητάς του (Kitazawa, K. et al 2001). Άλλη ερευνητική εργασία αποδεικνύει ότι η χρήση νερού επηρεασμένου από ηλεκτρομαγνητικό πεδίο υψηλής συχνότητας είχε σημαντική επίπτωση στη βλάστηση των σπόρων μυκήτων τουλάχιστο για ένα 24ώρο (Rai, S. et al 1994). Οι Jae-Duk Moon και Hwa-Sook Chung (2000) σε επιστημονική δημοσίευση αναφέρουν ότι η βλαστικότητα των σπόρων τομάτας επιταχύνθηκε 1,1-2,8 φορές όταν χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. Επίσης σε εφαρμοσμένη έρευνα με υδροπονική καλλιέργεια, όπου χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στο θρεπτικό διάλυμα, βρέθηκε ότι αυτό βελτίωσε τη διαλυτότητα των αλάτων, την απορροφητικότητα τους και την παραγωγή (Roberts A. G. 2002).

Επιστημονικός Στόχος της Έρευνας

Ο κύριος στόχος της έρευνας αυτής ήταν να διαπιστώσει τις επιπτώσεις της χρήσης του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου που παράγεται από τη συσκευή "Aqua wizard II", όταν

εφαρμόζεται στα υφάλμυρα νερά αρδευσης που χρησιμοποιούνται στην υδροπονική καλλιέργεια τομάτας, κλειστού συστήματος.

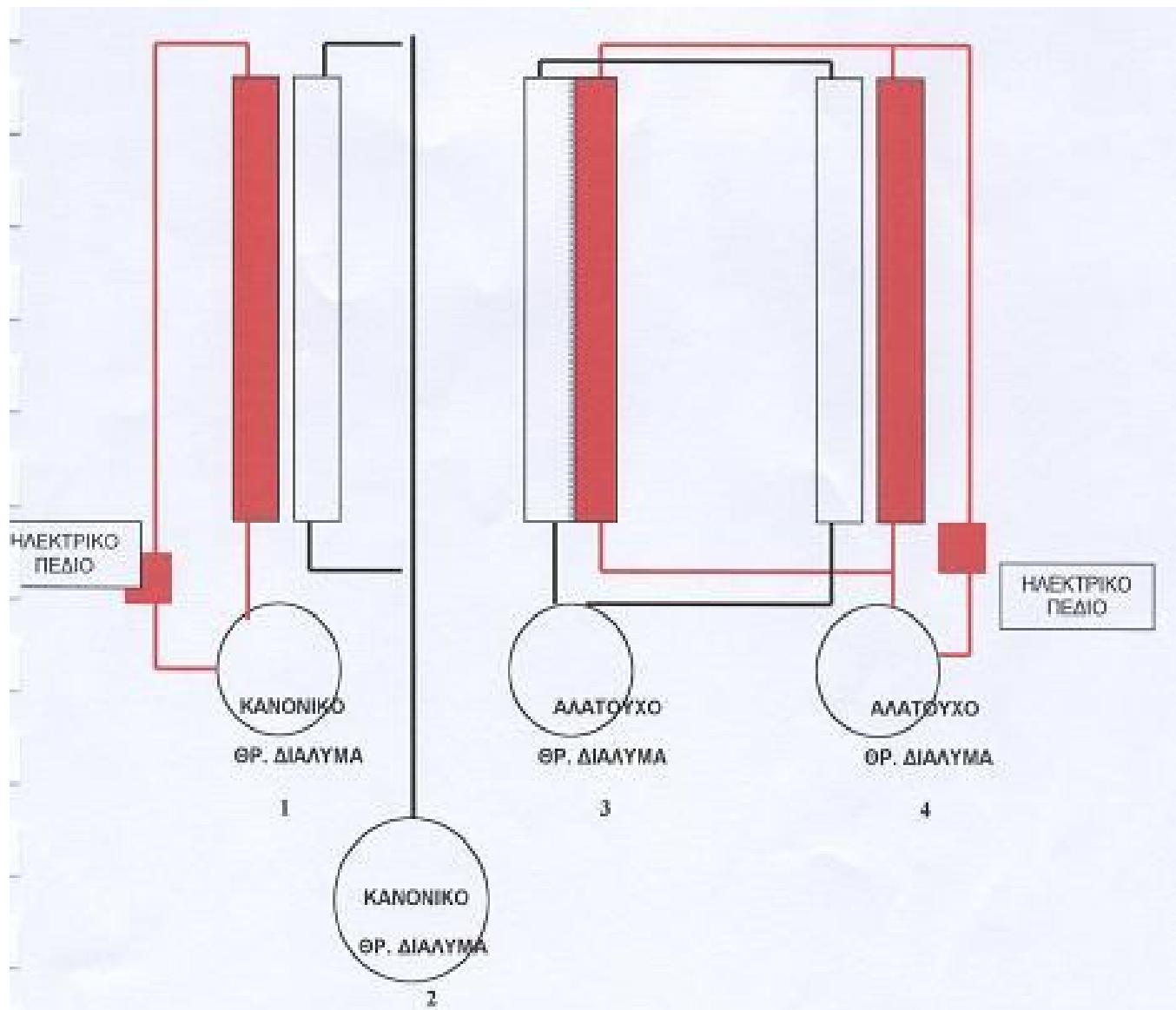
Ειδικότερα μελετήθηκε, συγκριτικά με το μάρτυρα, η απορρόφηση των διαφόρων ανόργανων θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα του φυτού η μετακίνησή τους στα φύλλα, η ανάπτυξη της ρίζας, της κόμης, και η παραγωγή των φυτών.

Υλικά και μέθοδοι

Καλλιέργεια τομάτας σε κλειστό υδροπονικό σύστημα NFT.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε πλαστικό θερμαινόμενο θερμοκήπιο στο χώρο των Γεωργικών Κατασκευών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, την περίοδο Οκτώβριος 2001 – Μάρτιος 2002.

Φυτά τομάτας τοποθετήθηκαν σε κανάλια NFT και εφαρμόστηκαν 5 διαφορετικές επιμβάσεις. Στο πρώτο κανάλι τα φυτά αρδεύονται με κανονικό θρεπτικό διάλυμα ($2,5 \text{ dS m}^{-1}$) στο οποίο είχε εφαρμοστεί εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο, στο δεύτερο κανάλι τα φυτά αρδεύονται με κανονικό θρεπτικό διάλυμα ($2,5 \text{ dS m}^{-1}$) χωρίς εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου, στο τρίτο κανάλι η μισή ρίζα των φυτών αρδεύεται με αλατούχο θρεπτικό διάλυμα (προσθήκη $\text{NaCl, EC} = 13 \text{ dS m}^{-1}$) με εφαρμογή εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου και η άλλη μισή με αλατούχο θρεπτικό διάλυμα (προσθήκη $\text{NaCl, EC} = 13 \text{ dS m}^{-1}$) χωρίς την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου, στο τέταρτο κανάλι τα φυτά αρδεύονται με αλατούχο θρεπτικό διάλυμα (προσθήκη $\text{NaCl, EC} = 13 \text{ dS m}^{-1}$) χωρίς εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου και στο πέμπτο κανάλι τα φυτά αρδεύονται με αλατούχο θρεπτικό διάλυμα (προσθήκη $\text{NaCl, EC} = 13 \text{ dS m}^{-1}$) με εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου.



Υπάρχουν 4 δεξαμενές με θρεπτικά διαλύματα. Μία περιέχει το ανακυκλούμενο κανονικό θρεπτικό διάλυμα που πηγαίνει στο πρώτο κανάλι με εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου, μία δεύτερη περιέχει το κανονικό ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα που πηγαίνει στο δεύτερο κανάλι χωρίς εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου, μία τρίτη δεξαμενή περιέχει το ανακυκλούμενο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα που αρδεύει την μισή ρίζα των φυτών του τρίτου καναλιού και τα φυτά του τέταρτου καναλιού, χωρίς την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου και η τελευταία δεξαμενή περιέχει το ανακυκλούμενο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα που αρδεύει την άλλη μισή ρίζα των φυτών του τρίτου καναλιού και τα φυτά του πέμπτου καναλιού, με εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου. Η σύσταση από πλευρά ανόργανων θρεπτικών στοιχείων των θρεπτικών

διαλυμάτων που περιείχαν οι δεξαμενές ήταν ίδια, με μόνη διαφορά την προσθήκη NaCl, στις δεξαμενές που περιείχαν το αλατούχο θρεπτικό διάλυμα.

Η διόρθωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των θρεπτικών διαλυμάτων στις δεξαμενές γίνεται καθημερινά με προσθήκη πυκνών θρεπτικών διαλυμάτων σε ποσότητα ανάλογη με την τιμή της και η διόρθωση του pH των διαλυμάτων γίνεται με την προσθήκη οξέων σε ποσότητα ανάλογη με την τιμή του. Η αλατότητα των αλατούχων θρεπτικών διαλυμάτων στις 2 δεξαμενές οφείλεται στην προσθήκη 900 gr NaCl στα 150lt νερό, κατά την ανανέωση του θρεπτικού διαλύματος των δεξαμενών. Κατά μέσο όρο η ηλεκτρική αγωγιμότητα των αλατούχων θρεπτικών διαλυμάτων είναι 13000 μ S/cm και των μη αλατούχων θρεπτικών διαλυμάτων 2500 μ S/cm. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα (7-10 ημέρες) γίνεται ανανέωση των θρεπτικών διαλυμάτων όλων των δεξαμενών. Δηλαδή αδειάζονται οι δεξαμενές και φτιάχνονται νέα θρεπτικά διαλύματα.

Η ροή στα κανάλια είναι συνεχής.

Μετρήσεις

➤ Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Έχουν ορισθεί τυχαία από την κάθε επέμβαση 7 φυτά στα οποία ανά 15 ήμερο μετρώνται το ύψος των φυτών

➤ Ανόργανα στοιχεία θρεπτικών διαλυμάτων

Κατά την ανάπτυξη των φυτών εφαρμόστηκε η ακόλουθη συγκέντρωση ανόργανων θρεπτικών στοιχείων στο βασικό θρεπτικό διάλυμα: NO₃⁻ = 10,5 mmol/l, H₂PO₄⁻ = 1,5 mmol/l, SO₄²⁻ = 2,5 mmol/l, NH₄⁺ = 0,5 mmol/l, K⁺ = 7,0 mmol/l, Ca²⁺ = 3,75 mmol/l, Mg²⁺ = 1,0 mmol/l, Fe = 2,0 mg/l, Mn = 1,0 mg/l, Zn = 0,25 mg/l, B = 0,2 mg/l, Cu = 0,03 mg/l, Mo = 0,05 mg/l.

Κατά την ανανέωση των θρεπτικών διαλυμάτων λαμβάνονται δείγματα πριν το άδειασμα των δεξαμενών και μετά τον σχηματισμό των νέων διαλυμάτων. Επίσης μία εβδομάδα κάθε μήνα λαμβάνονται δείγματα διαλυμάτων από όλες τις δεξαμενές από την δημιουργία νέων

διαλυμάτων και για πέντε συνεχείς ημέρες. Τα δείγματα των θρεπτικών διαλυμάτων αναλύονται ως προς τα εξής στοιχεία: Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , P , K^+ , Ca^{+2} και Mg^{+2} .

➤ **Ανόργανα στοιχεία φύλλων και ρίζας**

Ανά τακτά χρονικά διαστήματα (15 ημέρες) λαμβάνονται 5 δείγματα φύλλων και 3 ρίζας από κάθε διαφορετική επέμβαση και γίνονται αναλύσεις αυτών ως προς την περιεκτικότητα τους στα εξής στοιχεία: Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} και P .

➤ **Παραγωγή καρπών**

Σε 7 τυχαία οριζόμενα φυτά από την κάθε επέμβαση, ανά 15 ήμερο, μετράται η παραγωγή τους.

➤ **Μέθοδοι μετρήσεων:**

Μέτρηση	Μέθοδος που ακολουθήθηκε
pH	A glass electrode with a WTW pH 320 H-meter
Dissolved oxygen	WTW OXI 320 portable oximeter (ISO 5814).
NH_4^+	Colorimetric method (Keeney & Nelson, 1982)
NO_3^-	Colorimetric method (Keeney & Nelson, 1982)
N Kjeldal	Standard analytic method (ISO 7890-1).
P_2O_5	Colorimetric method (Olsen & Sommers, 1982)
K_2O	NaOAc method (Rhoades, 1982)

Αποτελέσματα

Μεταβολές στα ανόργανα στοιχεία των θρεπτικών διαλυμάτων

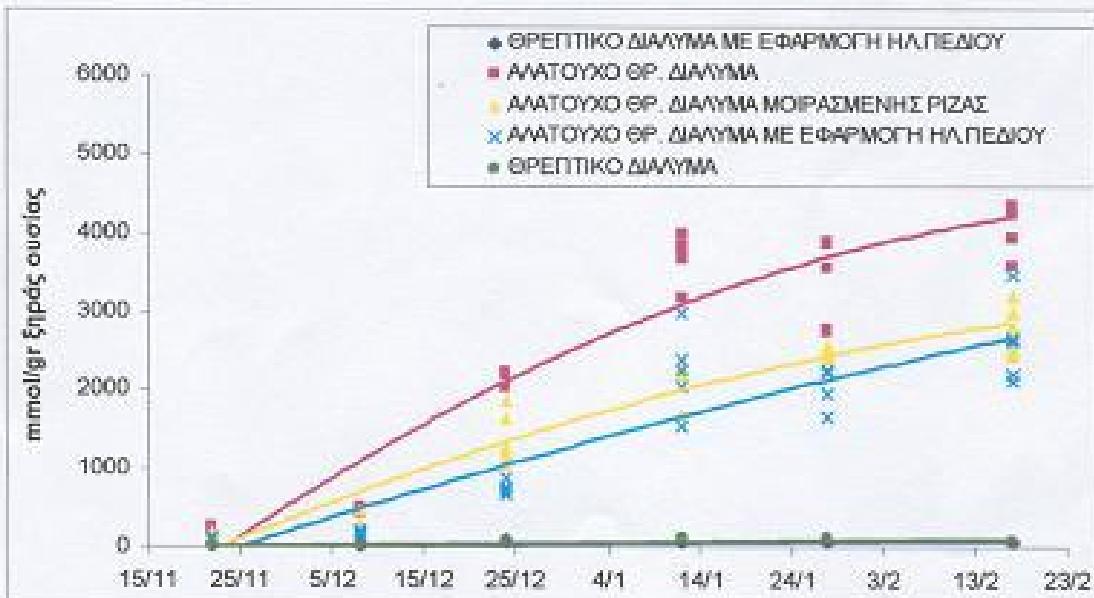
Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στην περιεκτικότητα του θρεπτικού διαλύματος, στα διάφορα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, λόγω της επίδρασης του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου.

Συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στα φύλλα

Πίνακας 1: Οι μέτρες τιμών των συγκέντρωσεων των στοιχείων στα φύλλα.

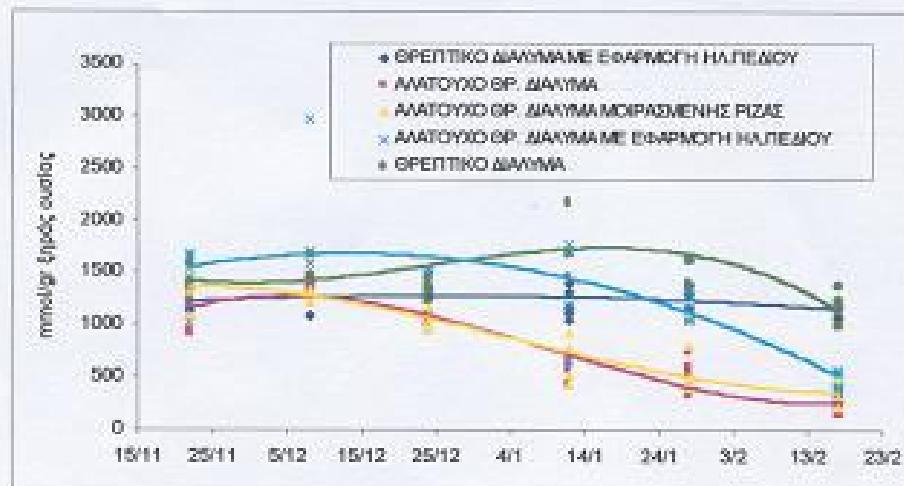
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ, ppm (Στατιστική ανάλογη - Duncan test)				
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	P
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (1)	67,4 ^a	1497,6 ^a	1306,1 ^a	269,7 ^a	346,9 ^b
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (2)	62,7 ^a	1241,6 ^b	918,8 ^{bc}	256,5 ^{ab}	292,2 ^c
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (3)	2350,4 ^c	822,1 ^c	801,9 ^c	219,3 ^{bc}	305,3 ^c
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (4)	1321,5 ^b	1332,7 ^{ab}	1014,9 ^b	233,8 ^b	379,4 ^a
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΟΙΡΑΣΜΕΝΗΣ ΡΙΖΑΣ (5)	1555,1 ^b	875,0 ^c	830,6 ^{bc}	202,1 ^c	305,9 ^c

Όπως φαίνεται στην Εικ.1 και τον πίνακα 1, η συγκέντρωση του Na⁺ στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν στο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα που είχε υποστεί την επίδραση του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου, είναι το 56% περίπου της συγκέντρωσης των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο διάλυμα χωρίς την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου. Στα φυτά όπου διαγχορίστηκε το ριζικό σύστημα η συγκέντρωση Na⁺ στα φύλλα είναι το 66% αυτής των φυτών, που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο διάλυμα χωρίς την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου.



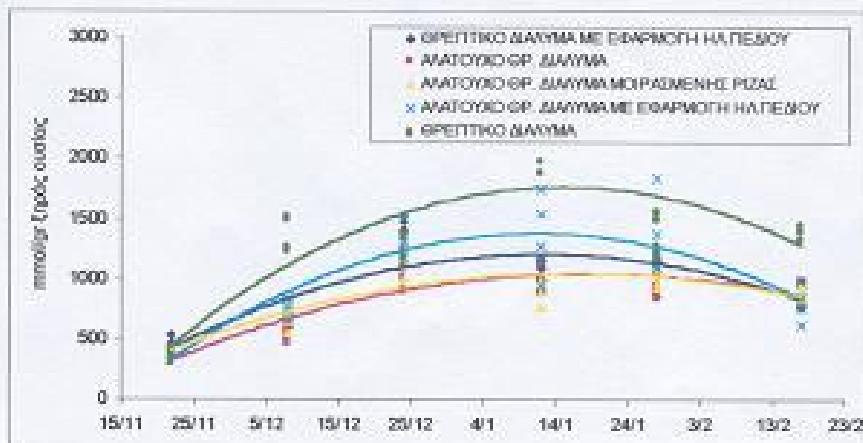
Εικόνα 1: Η Συγκέντρωση Na⁺ στα φύλλα

Σύμφωνα με τον πίνακα 1, βλέπε και Εικ. 1, η συγκέντρωση του K^+ στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα στο οποίο εφαρμόστηκε ηλεκτρικό πεδίο, στο σύνολο της περιόδου, δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά με αυτή των φυτών που αναπτύχθηκαν σε κανονικό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την προσθήκη NaCl. Στις τελευταίες μετρήσεις παρουσιάζεται μια σχετική μείωση, που πιθανόν να οφείλεται στην ταχύτατη ανάπτυξη των καρπών. Αντίθετα η συγκέντρωση του K^+ στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα χωρίς την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου ήταν σημαντικά χαμηλότερη.



Εικόνα 2: Η Συγκέντρωση K^+ στα φύλλα

Η συγκέντρωση Ca^{+2} στα φύλλα, με σύμφωνα τον πίνακα 1 και την εικ.3 ήταν υψηλότερη στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε κανονικό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου και αμέσως μετά αυτή των φυτών στο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα με την εφαρμογή του ηλεκτρικού πεδίου. Η χαμηλότερη συγκέντρωση ήταν αυτή στο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα χωρίς την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου.



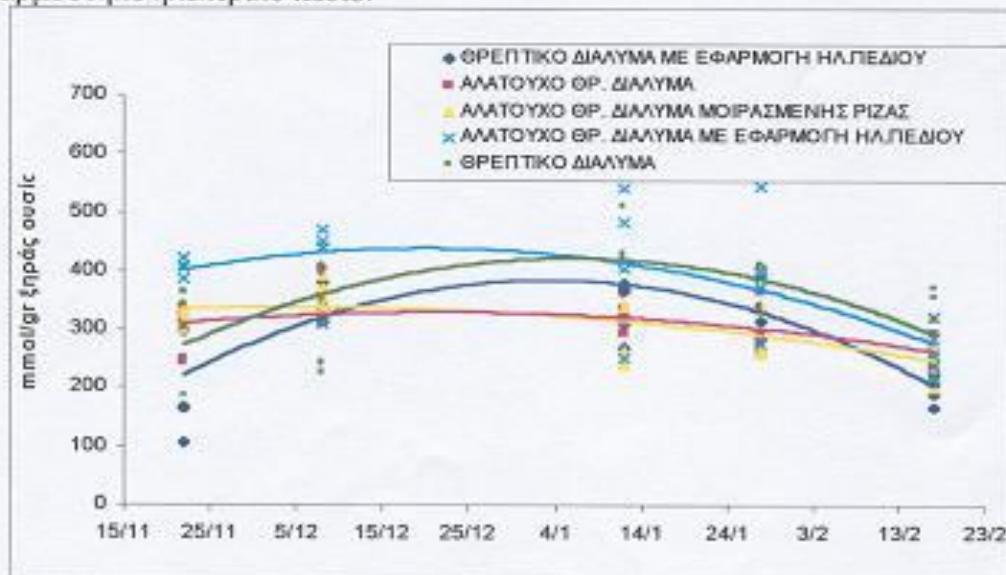
Εικόνα 3: Η Συγκέντρωση Ca^{+2} στα φύλλα

Η συγκέντρωση Mg^{+2} στα φύλλα, σύμφωνα με τον πίνακα 1 και την εικ.4, είναι υψηλότερη στα φυτά, που αναπτύχθηκαν σε κανονικό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου, αμέσως μετά υψηλότερη είναι αυτή των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα με εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου και χαμηλότερη αυτή των φυτών, που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα, χωρίς την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου και των φυτών όπου διαχωρίστηκε η ρίζα.



Εικόνα 4: Η Συγκέντρωση Mg^{+2} στα φύλλα

Η υψηλότερη συγκέντρωση P στα φύλλα, σύμφωνα με τον πίνακα 1 και την εικ.5 παρατηρείται στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα, όπου εφαρμόστηκε ηλεκτρικό πεδίο.

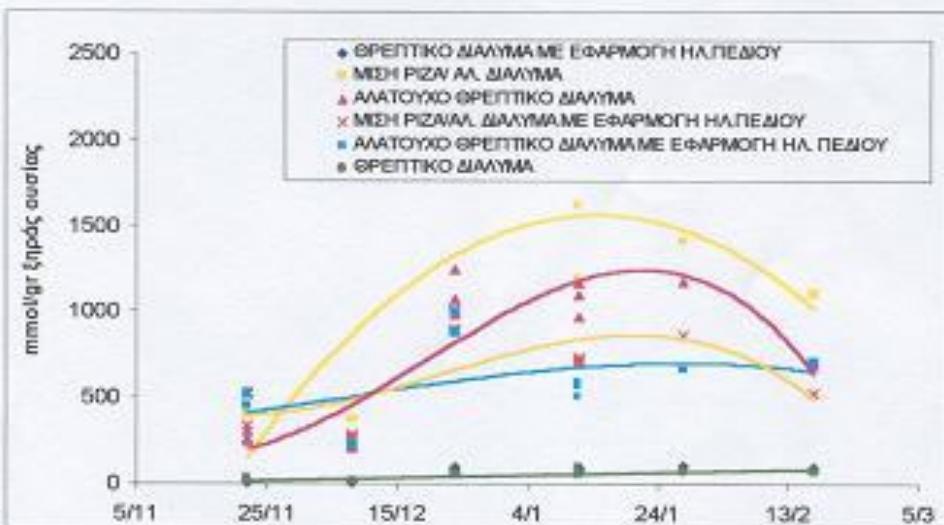


Εικόνα 5: Η συγκέντρωση του P στα φύλλα

Πίνακας 2: Συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στη ρίζα

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΗ ΡΙΖΑ ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ, ppm. (ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ Duncan test)				
	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	P
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (1)	1168,8 ^a	43,8 ^a	271,0 ^b	171,8 ^a	434,7 ^a
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (2)	668,5 ^b	53,4 ^a	330,4 ^{ab}	125,8 ^b	417,3 ^a
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (3)	461,9 ^{bc}	706,3 ^c	356,8 ^a	74,2 ^c	422,8 ^a
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (4)	347,3 ^c	567,4 ^b	242,6 ^{bc}	86,4 ^{bc}	405,9 ^a
ΜΙΣΗ ΡΙΖΑ ΣΕ ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ Σ (5)	659,3 ^b	1084,0 ^a	307,4 ^{ab}	104,5 ^{bc}	477,7 ^a
ΜΙΣΗ ΡΙΖΑ ΣΕ ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (6)	428,2 ^c	609,0 ^{bc}	216,0 ^c	88,4 ^{bc}	463,9 ^a

Η υψηλότερη συγκέντρωση Na⁺ στη ρίζα, όπως φαίνεται από τον πίνακα 2 και την εικ.6, είναι εκείνη των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα χωρίς την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου.



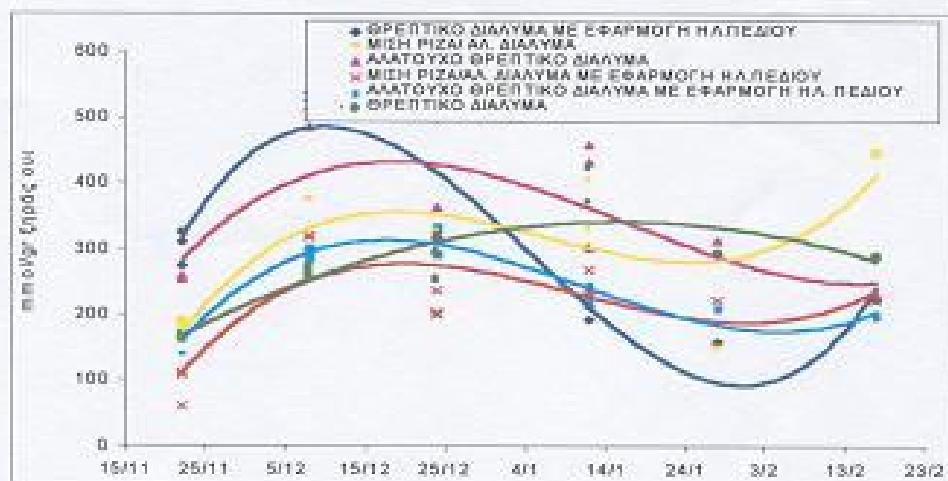
Εικόνα 6: Η συγκέντρωση Na⁺ στη ρίζα.

Η συγκέντρωση του K⁺ στη ρίζα, σύμφωνα με τον πίνακα 2 και την εικ.7, είναι υψηλότερη στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε κανονικό θρεπτικό διάλυμα. Στο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα με τη χρήση εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου, παρόλο που παρουσιάζεται χαμηλότερη μέση τιμή, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά, συγκριτικά με το αλατούχο θρεπτικό διάλυμα χωρίς τη χρήση εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου.



Εικόνα 7: Η συγκέντρωση του K^+ στη ρίζα.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 2 και στην εικ. 8 η συγκέντρωση του Ca^{+2} στη ρίζα, στην περίπτωση των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα, χωρίς την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά από την συγκέντρωση του Ca^{+2} στη ρίζα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε κανονικό μη αλατούχο περιβάλλον. Η χαμηλότερη συγκέντρωση με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις άλλες μεταχειρίσεις είναι εκείνη των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα, με εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου.



Εικόνα 8: Η συγκέντρωση Ca^{+2} στη ρίζα

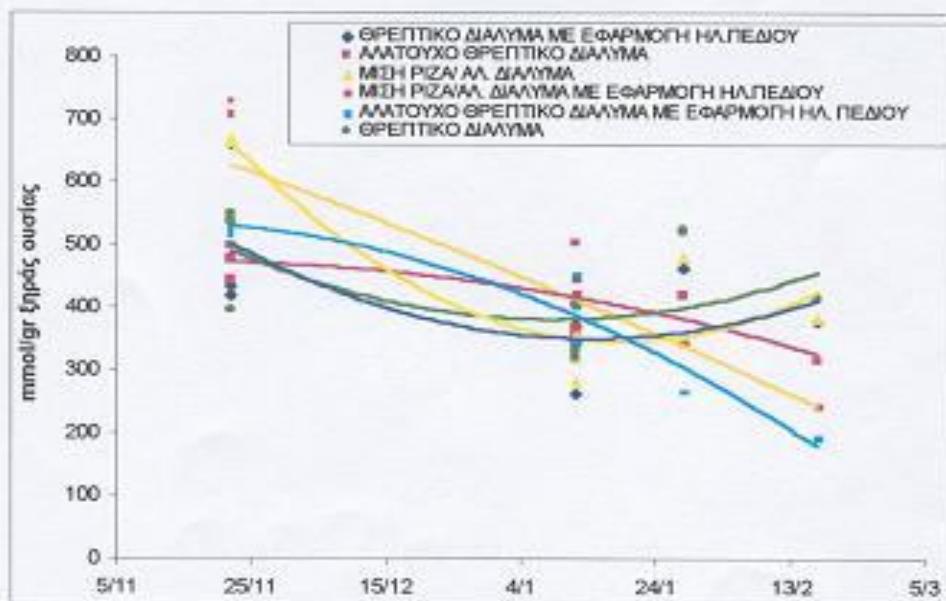
Όπως φαίνεται από τον πίνακα 2 και την εικ.9, το Mg^{+2} στη ρίζα εμφανίζει τις υψηλότερες συγκέντρωσεις στα φυτά που αναπτύχθηκαν με κανονικό θρεπτικό διάλυμα. Η στατιστικά σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρείται στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε κανονικό

θρεπτικό διάλυμα, χωρίς την χρήση ηλεκτρικού πεδίου. Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, μεταξύ των μεταχειρίσεων του αλατούχου θρεπτικού διαλύματος.



Εικόνα 9: Η συγκέντρωση του Mg⁺² στη ρίζα

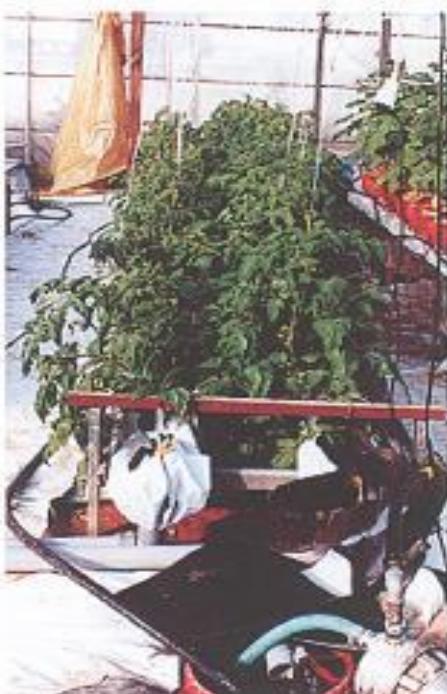
Τέλος, όπως φαίνεται στον πίνακα 2 και στην εικ.10, η συγκέντρωση του P στη ρίζα δεν παρουσιάζει καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των φυτών των διαφορετικών μεταχειρίσεων.



Εικόνα 10: Η συγκέντρωση του P στη ρίζα.



Εικ. 1. Ρίζα φυτών τομάτας χωρισμένη σε δύο μέρη. Και τα δύο μέρη τροφοδοτούνται με θρεπτικό διάλυμα στο οποίο έχει προστεθεί NaCl ($\text{EC} = 13 \text{ dS m}^{-1}$). Στο επάνω μέρος, το αλατούχο θρεπτικό διάλυμα εκτίθεται σε εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο υψηλής συχνότητας. Στο κάτω μέρος, ίδιας χημικής σύνθεσης θρεπτικό διάλυμα χωρίς καμιά επίδραση.



Εικ. 2. Φυτά τομάτας που αναπτύσσονται σε κλειστό υδροπονικό σύστημα (NFT). Στο θρεπτικό διάλυμα έχει προστεθεί NaCl ($\text{EC} = 13 \text{ dS m}^{-1}$). Δεξιά το αλατούχο θρεπτικό διάλυμα εκτίθεται σε εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο υψηλής συχνότητας. Αριστερά ίδιας χημικής σύνθεσης θρεπτικό διάλυμα χωρίς καμιά επίδραση.

Ύψος Φυτών

Όπως φαίνεται από την εικ.11. Δεν παρατηρήθηκε διαφορά στο ύψος των φυτών που αναπτύχθηκαν σε κανονικό θρεπτικό διάλυμα και αυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα με την εφαρμογή του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου. Τα φυτά με το μικρότερο ύψος ήταν εκείνα που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα χωρίς την εφαρμογή του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου. Στα φυτά της αλατούχου μεταχείρισης, όπου διαχωρίστηκε η ρίζα, το ύψος παρουσίασε μια ενδιάμεση τιμή.



Εικόνα 11: Η εξέλιξη του ύψους των φυτών.

Πίνακας 3. Μέσο ύψος φυτών

Μέσο ύψος Φυτών (12-2-2002)	
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	cm
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (1)	224.43 ^a
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (2)	221.00 ^a
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (3)	126.50 ^c
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (4)	200.14 ^{ab}
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΟΙΡΑΣΜΕΝΗΣ ΡΙΖΑΣ (5)	182.14 ^b

(ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ: Duncan test)

Παραγωγή

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 4. και την εικ.12. Η συνολική παραγωγή των φυτών (και των δύο επεμβάσεων) που αναπτύχθηκαν σε κανονικό θρεπτικό διάλυμα ήταν μεγαλύτερη των άλλων. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο κανονικό διάλυμα το οποίο είχε υποστεί την επίδραση του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου έδειξαν μια τάση υψηλότερης συνολικής παραγωγής η οποία όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Η συνολική παραγωγή των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα με την εφαρμογή του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου, καθώς και αυτών της αλατούχου μεταχείρισης όπου διαχωρίστηκε η ρίζα, ήταν περίπου διπλάσια από την παραγωγή των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα χωρίς την εφαρμογή του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου.



Εικόνα 12. Η εξέλιξη της παραγωγής των φυτών.

Πίνακας 4. Παραγωγή καρπών από 18/1/2002 μέχρι 3/4/2002

Μέσο βάρος καρπών (12-2-2002)	
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	g/Φυτό
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (1)	2461.6 ^a
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (2)	2655.4 ^a
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (3)	654.5 ^c
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (4)	1391.3 ^b
ΑΛΑΤΟΥΧΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΜΟΙΡΑΣΜΕΝΗΣ ΡΙΖΑΣ (5)	1778.0 ^b

(ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ Duncan test)

Συμπέρασμα

Η συγκριτική εφαρμογή του συστήματος που έγινε στο εργαστήριο μας σε φυτά τομάτας που αναπτύσσονταν σε κλειστό υδροπονικό σύστημα έδειξαν ότι η έκθεση του θρεπτικού διαλύματος, που περιέχει υψηλή ποσότητα NaCl (13 dS m^{-1}), σε εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο υψηλής συχνότητας πριν φθάσει στις ρίζες των φυτών, είχε ως αποτέλεσμα την πολύ μεγαλύτερη ανεκτικότητα των φυτών στην αλατότητα. Με αποτέλεσμα τα φαινολογικά στοιχεία των αναπτυσσόμενων φυτών να πλησιάζουν πολύ με τα φυτά που καλλιεργούνταν σε μη αλατούχο θρεπτικό διάλυμα και η παραγωγή τους να είναι πολύ ανώτερη αυτής των φυτών που αναπτύσσονταν σε αλατούχο θρεπτικό διάλυμα που δεν εφαρμόστηκε εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο.

Περαιτέρω έρευνα

Απαιτείται περαιτέρω έρευνα ώστε να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα και με άλλα είδη φυτών και υπό διαφορετικές συνθήκες καλλιέργειας. Απαιτείται επίσης η ερμηνεία της δράσης αυτής με τη μελέτη των πιθανών μεταβολών στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών.

Αναφερθείσα στο κείμενο Βιβλιογραφία

- ADAMS, P. (1991). Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *Journal of Horticultural Science*, **66**, 201-7.
- ADAMS, P. and HO, L. C. (1989). Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, **64**, 725-32.
- BERNSTEIN, L., 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Annual Review of Phytopathology*, **13**, 295-312.
- BRUGNOLI, E. and LAUTERI, M. (1991). Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C₃ non-halophytes. *Plant Physiology*, **95**, 628-35.
- CARO, M., CRUZ, V., CUARTERO, J., ESTAN, M. T. and BOLARIN, M. C. (1991). Salinity tolerance of normal-fruited and cherry tomato cultivars. *Plant and Soil*, **136**, 249-55.
- DE PASCALE, S., MAGGIO, A., FOGLIANO, V., AMBROSINO, P., RITIENI, A. (2001). Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **76**, 447-53.
- DREW, M. C. and DIKUMVIN, E. (1985). Sodium exclusion from the shoots by roots of *Zea mays* (cv. LG 11) and its breakdown with oxygen deficiency. *Journal of Experimental Botany*, **36**, 55-62.
- GALE, J., 1975. Water balance and gas exchange of plants under saline conditions. In: Poljakoff-Mayber, A. and Gale, J. (Eds). *Plants in Saline Environments* Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, New York., pp. 168-85.
- GRATTAN, S. R. and GRIEVE, C. M. (1999). Salinity-mineral relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, **78**, 127-57.
- GREENWAY, H. and MUNNS, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, **31**, 149-90.
- HELAL, H. M. and MENGEL, K. (1981). Interaction between light intensity and NaCl

- salinity and their effects on growth, CO₂ assimilation, and photosynthate conversion in young broad beans. *Plant Physiology*, **67**, 999-1002.
- JAE-DUK MOON KAI HWA-SOOK CHUNG (2000). Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. *Journal of Electrostatics* **48**, 103-114.
- JACOBY, B. (1964). Function of bean roots and stems in sodium retention. *Plant Physiology*, **39**, 445-49.
- JENNINGS, D. H. (1976). The effects of sodium chloride on higher plants. *Biological Reviews*, **51**, 453-86.
- JESCHKE, W. D. (1984). K⁺, Na⁺ exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations and salt tolerance. In: Staples, R. C. and Toennissen, G. H. (Eds). *Salinity Tolerance in Plants. Strategies for Crop Improvement*. John Wiley and Sons, New York, pp. 171-8.
- KATERJI, N., VAN HOORN, J. W., HAMDY, A. and MASTRORILLI, M. (1998). Response of tomatoes, a crop of indeterminate growth, to soil salinity. *Agricultural Water Management*, **38**, 59-68.
- KITAZAWA, K., IKEZOE, Y., UETAKE, H., HIROTA, N. (2001). Magnetic field effects on water, air and powders, *Physica B*, **294-295**, 709-14.
- LIANG, Y. (1999). Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant and Soil*, **209**, 217-24.
- LING LI, Y., STANGHELLINI, C. and CHALLA, H. (2001). Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Scientia Horticulturae*, **88**, 11-29.
- MAAS, E. V. and HOFFMAN, G. J. (1977). Crop salt tolerance - Current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, ASCE, **103**, 115-34.
- MAVROGIANOPOULOS, G. N., SPANAKIS, J. and TSIKALAS, P. (1999). Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. *Scientia Horticulturae*, **79**, 51-63.
- PASTERNAK, D. (1987). Salt tolerance and crop production - a comprehensive approach. *Annual Review of Phytopathology*, **25**, 271-91.
- PEREZ-ALFOCEA, F., ESTAN, M. T., SANTA CRUZ, A. and BOLARIN, M. C.

- (1993). Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **68**, 1021-27.
- RAI, S., SINGH, U. P., SINGH, K. P., SINGH, A. (1994). Germination responses of fungal spores to magnetically restructured water. *Electro- Magnetobiology*, **13**, 237-46.
- RATHERT, G. (1984) Sucrose and starch content of plant parts as a possible indicator for salt tolerance of crops. *Australian Journal of Plant Physiology*, **11**, 491-5.
- ROBERTS A. G. "ADAS" (2002) Magnetic water treatment trials. *Practical Hydroponics and Greenhouses*. 15-20
- SAVVAS, D. and LENZ, F. (1996). Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture. *Journal of Applied Botany (Angewandte Botanik)*, **70**, 124-7.
- SAVVAS, D. and LENZ, F. (2000). Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield, and composition of eggplants grown in rockwool. *Scientia Horticulturae*, **84**, 37-47.
- SHALHEVET, J. and YARON, B. (1973). Effect of soil and water salinity on tomato growth. *Plant and Soil*, **39**, 285-92.
- SHANNON, M. C., GRONWALD, J. W., and TAL, M. (1987). Effects of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic ions in cultivated and wild tomato species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **112**, 416-23.
- SONNEVELD, C. and VAN DER BURG, A. M. M. (1991). Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, **39**, 115 - 22.
- SONNEVELD, C. and VOOGT, W. (2000). Chemical Analysis in Substrate Systems and Hydroponics-Use and Interpretation. *Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Acta Horticulturae* 548, 247-259.
- SONNEVELD, C. and WELLES, G. W. H. (1988). Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by variations in EC-value and climatic conditions. *Plant and Soil*, **111**, 37-42.

- WILLUMSEN, J., PETERSEN, K. K. and KAACK, K. (1996). Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *Journal of Horticultural Science*, 71, 81-98.
- XU, H. L., GAUTHIER, L. and GOSSELIN, A. (1995). Stomatal and cuticular transpiration of greenhouse tomato plants in response to high solution electrical conductivity and low soil water content. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, 417-22.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
Πίνακες Στατιστικών αναλύσεων :

Αναλύσεις Φύλλων

Duncan test; K_ (Leaves.sta)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
MAIN EFFECT: TREATMENT					
	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	1497.563	1241.586	822.1531	1332.697	875.0331
N {1}		0.02	0.00	0.11	0.00
N+ {2}		0.02	0.00	0.38	0.00
NS {3}		0.00	0.00	0.00	0.61
NS+ {4}		0.11	0.38	0.00	0.00
SP {5}		0.00	0.00	0.61	0.00

Duncan test; Na (Leaves.sta)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
MAIN EFFECT: TREATMENT					
	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	67.37565	62.70956	2350.445	1321.470	1555.081
N {1}		0.99	0.00	0.00	0.00
N+ {2}		0.99	0.00	0.00	0.00
NS {3}		0.00	0.00	0.00	0.00
NS+ {4}		0.00	0.00	0.00	0.36
SP {5}		0.00	0.00	0.00	0.36

Duncan test; Ca (Leaves.sta)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
MAIN EFFECT: TREATMENT					
	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	1306.081	918.7864	801.8753	1014.928	830.5703
N {1}		0.00	0.00	0.00	0.00
N+ {2}		0.00		0.26	0.32
NS {3}		0.00	0.26		0.04
NS+ {4}		0.00	0.32	0.04	0.07
SP {5}		0.00	0.36	0.77	0.07

Duncan test; Mg (Leaves.sta)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
MAIN EFFECT: TREATMENT					
	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	269.6725	256.5516	219.3203	233.7651	202.0688
N {1}		0.33	0.00	0.01	0.00
N+ {2}		0.33	0.01	0.09	0.00
NS {3}		0.00	0.01		0.28
NS+ {4}		0.01	0.09	0.28	0.02
SP {5}		0.00	0.00	0.20	0.02

Duncan test; P (Leaves.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: TREATMENT

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	346.9056	292.1849	305.3528	379.3959	305.9405
N {1}		0.02	0.04	0.14	0.04
N+ {2}		0.02	0.54	0.00	0.55
NS {3}	0.04		0.54	0.00	0.98
NS+ {4}	0.14	0.00	0.00		0.00
SP {5}	0.04	0.55	0.98	0.00	

Αναλύσεις Ρίζας

Duncan test; K (Root.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: TREATMENT

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1168.836	668.5478	461.9112	347.3360	659.3397	428.2307
N {1}		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N+ {2}	0.00		0.05	0.00	0.93	0.03
NS {3}	0.00	0.05		0.27	0.05	0.73
NS+ {4}	0.00	0.00	0.27		0.00	0.41
SP {5}	0.00	0.93	0.05	0.00		0.03
SP+ {6}	0.00	0.03	0.73	0.41	0.03	

Duncan test; Na (Root.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: TREATMENT

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	43.82207	53.43230	706.3565	567.4186	1084.032	609.0199
N {1}		0.94	0.00	0.00	0.00	0.00
N+ {2}	0.94		0.00	0.00	0.00	0.00
NS {3}	0.00	0.00		0.34	0.01	0.48
NS+ {4}	0.00	0.00	0.03		0.00	0.76
SP {5}	0.00	0.00	0.01	0.00		0.00
SP+ {6}	0.00	0.00	0.48	0.76	0.00	

Duncan test; Ca (Root.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: TREATMENT

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	271.0378	330.4382	356.7795	242.5579	307.4544	216.0598
N {1}		0.12	0.03	0.43	0.31	0.15
N+ {2}	0.12		0.47	0.03	0.52	0.00
NS {3}	0.03	0.47		0.00	0.20	0.00
NS+ {4}	0.43	0.03	0.00		0.09	0.46
SP {5}	0.31	0.52	0.20	0.09		0.02
SP+ {6}	0.15	0.00	0.00	0.46	0.02	

Duncan test; Mg (Root.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: TREATMENT

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	171.7640	125.8305	74.22234	86.37649	104.5045	88.39436
N {1}		0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
N+ {2}		0.02	0.02	0.06	0.27	0.07
NS {3}		0.00	0.02		0.53	0.16
NS+ {4}		0.00	0.06	0.53		0.38
SP {5}		0.00	0.27	0.16	0.38	0.40
SP+ {6}		0.00	0.07	0.49	0.92	0.40

Duncan test; P (root.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: TREATMENT

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	434.6620	417.3509	422.7940	405.9509	477.6761	463.8709
N {1}		0.80	0.86	0.69	0.54	0.65
N+ {2}		0.80	0.93	0.86	0.41	0.52
NS {3}		0.86	0.93		0.81	0.45
NS+ {4}		0.69	0.86	0.81		0.34
SP {5}		0.54	0.41	0.45	0.34	
SP+ {6}		0.65	0.52	0.55	0.43	0.83

Υψος Φυτών

Duncan test; YPSOS (new.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: TREATMENT

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	133.21ab	133.38ab	96.96c	141.00a	127.54b
N {1}		0.98	0.00	0.32	0.20
N+ {2}		0.98		0.18	0.34
NS {3}		0.00	0.00	0.00	0.00
NS+ {4}		0.18	0.20	0.00	0.03
SP {5}		0.34	0.32	0.00	0.03

Παραγωγή

Duncan test; PROD (new.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: TREATMENT

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	2461.6a	2655.4a	654.5c	1391.3b	1778.0b
N {1}		0.53	0.00	0.00	0.03
N+ {2}		0.53		0.00	0.01
NS {3}		0.00	0.00		0.00
NS+ {4}		0.00	0.00	0.02	0.21
SP {5}		0.03	0.01	0.00	0.21