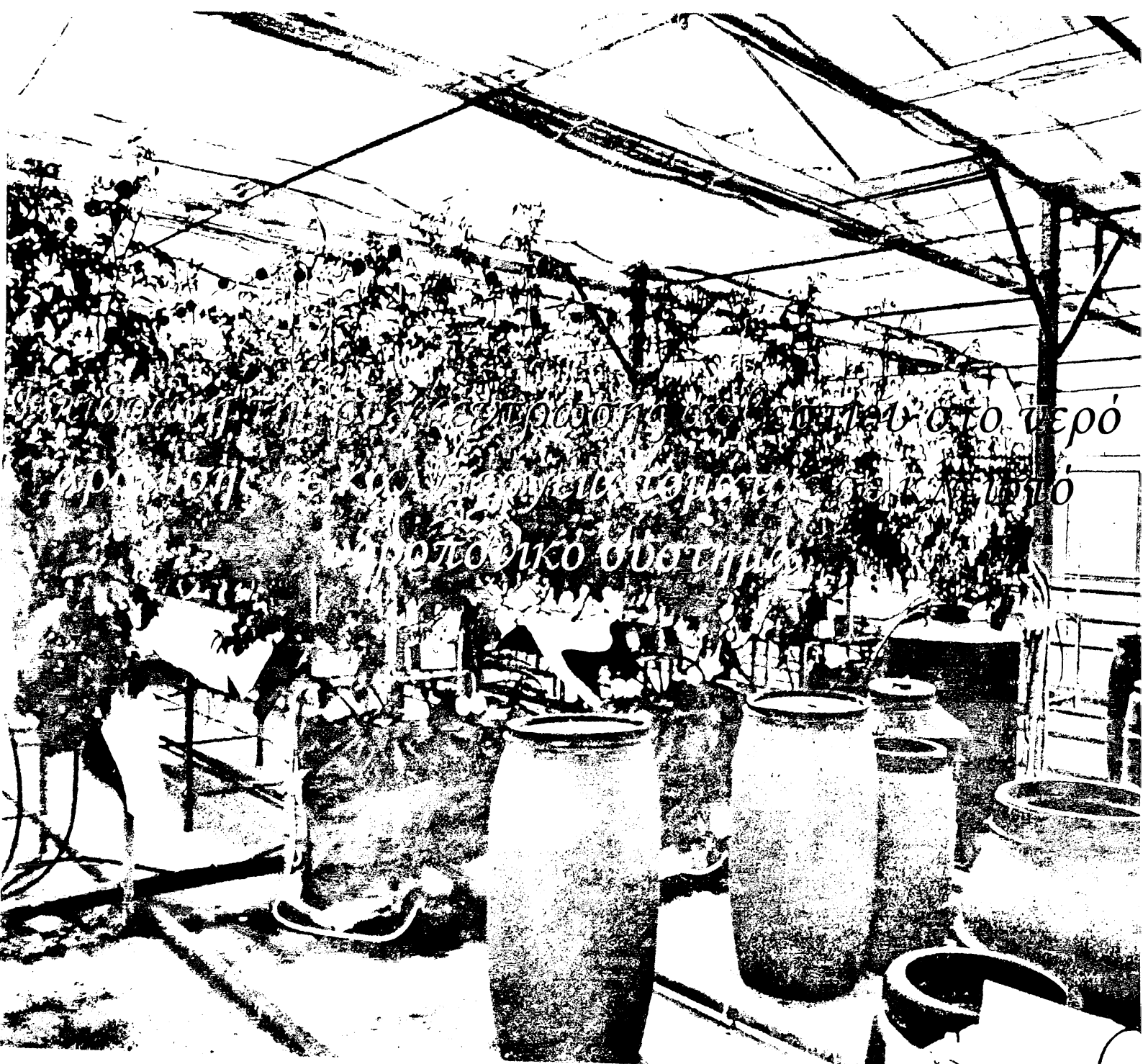






Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Χημείας
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Αγροχημεία – Βιολογικές Καλλιέργειες

Επίδραση της συγκέντρωσης αζωτούχου στο
νερό άρδευσης σε καλλιέργεια τομάτας σε κλειστό
υδροπονικό σύστημα

Εξεταστική επιτροπή
Εισηγητής: Σάββας Δημήτριος
Μέλη: Μάνος Γεώργιος
Παπαδόπουλος Γεώργιος

Ντάτση Γεωργία
Γεωπόνος

Ιωάννινα 2008



Ευχαριστίες

Η εκπόνηση μιας μεταπτυχιακής διατριβής αποτελεί για τους περισσότερους ενασχοληθέντες με το αντικείμενο, βήμα ζωής, μικρό μεν, δειλό κάποιες φορές, αλλά πάντα ουσιώδες για την μετέπειτα εξέλιξη της επαγγελματικής αλλά και προσωπικής τους ζωής. Όπως λοιπόν σε κάθε σημαντικό βήμα της ζωής μας θέλουμε και επιλέγουμε στο πλευρό μας να έχουμε πραγματικούς αρωγούς έτσι και σε αυτό πολλοί ήταν εκείνοι στους οποίους εκτός από τη συγνώμη μου για την ταλαιπωρία στην οποία τους υπέβαλα τους οφείλω και ένα εκ βάθρων καρδιάς μεγάλο ευχαριστώ αρχής γενομένης από τον κύριο Σάββα Δημήτριο.

Ο Κύριος Σάββας Δημήτριος Επίκουρος Καθηγητής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, αντάξιος της φήμης και της θέσης του, υπήρξε εισηγητής του θέματος μου. Η ευκαιρία επομένως που μου δόθηκε στο να ενασχοληθώ και ίσως και σε κάποιο βαθμό να εντρυφήσω στην επιστήμη της Θρέψης των φυτών οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στον ίδιο. Το να τον ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθεια, επιστημονική και ηθική και τις εξίσου πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειραματικού μέρους, όσο και κατά τη συγγραφή, διόρθωσή και τελική παρουσίαση της είναι αυτονόητο αλλά ίσως και λίγο. Η συμπαράσταση, η αγάπη, η υπομονή και η κατανόηση του είναι αυτά που θα κρατήσω και πάντα θα θυμάσαι όσα ακόμη βήματα και αν κάνω στη ζωή μου.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τον Κύριο Γκίζα Γεώργιο, τον Κύριο Πατακιούτα Γεώργιο και τον Κύριο Χαρρά Γεώργιο για την τόσο πολύτιμη επιστημονική και ηθική βοήθεια που μου προσέφεραν τόσο κατά την διεξαγωγή όσο και κατά την τελική παρουσίαση της μελέτης μου. Η αξιόλογη προσφορά τους στον υλικοτεχνικό τομέα της εκπόνησης της μελέτης μου καθώς και οι πολύτιμες συμβουλές τους έπαιξαν καταλυτικό ρόλο στην όλη μου προσπάθεια. Η συμπαράσταση που μου προσέφερε το επιστημονικό αυτό προσωπικό του Τμήματος Αυθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του ΤΕΙ Ηπείρου καθώς και η πραγματική φιλοξενία του θα μείνουν για πάντα χαραγμένα στη μνήμη μου.

Θα ήταν θεωρώ μεγάλη παράληψη μου να μην ευχαριστήσω δύο ακόμη άτομα τον Κύριο Μάντζο Νικόλαο ΕΤΠ του Τμήματος Αυθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του ΤΕΙ Ηπείρου για την άμεση και ταχύτατη ανταπόκριση του σε κάθε τηλεφώνημα μου και την βοήθεια του όπου και όταν μου ήταν απαραίτητη ή και καταλυτική ακόμη θα έλεγα. Όσο για τον δεύτερο τον Κύριο Κόνιαρη Γεώργιο δανειζόμενη τα λόγια κάποιου ένα έχω να πω: "Θησαυρός". Πάντα ακούραστος και πάντα αγέρωχος.



Ευχαριστώ ακόμη τον Κύριο Παπαδόπουλο Α. Γεώργιο Καθηγητή του τμήματος Ιχθυοκαλλιιεργειών του ΤΕΙ Ηπείρου για την συμβολή του στην εξέταση της εργασίας μου.

Οι ευχαριστίες μου φυσικά δεν θα μπορούσαν να μην περιλαμβάνουν ένα ακόμη πρόσωπο ή καλύτερα θα έπρεπε να πω μια ιστορική και ηγετική μορφή του ΤΕΙ Ηπείρου τον Καθηγητή Κύριο Μάνο Γεώργιο. Η ηθική του συμπαράσταση υπήρξε ένας ιδιαίτερα παλύντος και αξιόλογος σύμμαχος στην όλη μου προσπάθεια. Στο πρόσωπο άλλωστε του Κυρίου Μάνου Γεωργίου επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι κάποια πράγματα στη ζωή αυτή δεν είναι τυχαία. Τον ευχαριστώ τέλος για το χρόνο που διέθεσε για την μελέτη και την τελική εξέταση της εργασίας μου.

Και κλείνοντας για ένα πράγμα ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Θεό: Για την οικογένεια που μου προσέφερε. Χάρη σε αυτούς και για χάρη αυτών βάζω κάθε φορά τα δυνατά μου και αντιμάχομαι τις όποιες αντιξοότητες και δυσκολίες.

Ντάτση Γεωργία

Πρέβεζα, 20 Απριλίου 2008

Όσοι βρίσκουν άσχημο νόημα σε μια ομορφιά είναι οι διεφθαρμένοι.
Αυτό είναι ελάττωμα.
Όσοι βρίσκουν όμορφο νόημα σε μια ομορφιά είναι οι καλλιεργημένοι.
Για αυτούς υπάρχει ελπίδα.

Oscar Wilde
(Το πορτραίτο του Ντόριαν Γκρεϊ)



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	Σελ.10
Α ΜΕΡΟΣ.....	12
1. Υδροπονία.....	12
1.1. Ορισμός- Ιστορική αναδρομή της υδροπονίας	12
1.2. Καλλιεργούμενες εκτάσεις.....	19
1.3. Υποστρώματα υδροπονίας.....	20
1.4. Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών.....	23
1.4.1. Καλλιέργεια σε διογκωμένο περλίτη	24
1.5. Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος.....	27
1.5.1. Φυσιολογικός ρόλος θρεπτικών στοιχείων.....	27
1.5.1.1. Φυσιολογικός ρόλος αζώτου.....	27
1.5.1.2. Φυσιολογικός ρόλος φωσφόρου.....	28
1.5.1.3. Φυσιολογικός ρόλος θείου.....	28
1.5.1.4. Φυσιολογικός ρόλος καλίου.....	29
1.5.1.5. Φυσιολογικός ρόλος ασβεστίου.....	29
1.5.1.6. Φυσιολογικός ρόλος μαγνησίου.....	30
1.5.1.7. Φυσιολογικός ρόλος σιδήρου.....	31
1.5.1.8. Φυσιολογικός ρόλος μαγγανίου.....	31
1.5.1.9. Φυσιολογικός ρόλος ψευδαργύρου.....	31
1.5.1.10. Φυσιολογικός ρόλος χαλκού.....	32
1.5.1.11. Φυσιολογικός ρόλος νατρίου.....	32
1.5.2. Υδατοδιαλυτά λιπάσματα.....	33
1.6. Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων	36
1.6.1. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) των θρεπτικών διαλυμάτων..	37
1.6.2. Το pH των θρεπτικών διαλυμάτων.....	38
1.7. Τεχνική παρασκευής θρεπτικών διαλυμάτων.....	38
1.8. Κατάρτιση σύνθεσης θρεπτικών διαλυμάτων.....	39
1.9. Ανακύκλωση θρεπτικών διαλυμάτων.....	42
1.10. Υφιστάμενη κατάσταση-Προοπτικές.....	44
2. Η Τομάτα.....	47



2.1. Εισαγωγή.....	47
2.2. Ιστορικά στοιχεία.....	47
2.3. Ποικιλίες-Υβρίδια.....	49
2.3.1. Πλεονεκτήματα –Προοπτικές της χρήσης υβριδίων.....	50
2.4. Βοτανικοί χαρακτήρες.....	52
2.4.1. Φυτό.....	52
2.4.2. Ρίζα.....	52
2.4.3. Βλαστός.....	53
2.4.4. Φύλλα.....	53
2.4.5. Άνθη-Ταξιανθία.....	54
2.4.6. Καρπός.....	55
2.4.7. Σπόρος.....	57
2.5. Πολλαπλασιασμός της τομάτας.....	57
2.6. Θρέψη και λίπανση της τομάτας.....	57
2.6.1. Άζωτο.....	58
2.6.2. Φώσφορος.....	60
2.6.3. Κάλιο.....	61
2.6.4. Ασβέστιο.....	62
2.6.5. Μαγνήσιο.....	64
2.6.6. Ιχνοστοιχεία.....	64
2.6.6.1. Σίδηρος.....	65
2.6.6.2. Μαγγάνιο.....	65
2.6.6.3. Ψευδάργυρος.....	65
2.6.6.4. Χαλκός.....	66
2.7. Διαιτητική αξία της τομάτας.....	66
2.8. Καλλιέργεια της τομάτας στον κόσμο, την Ευρώπη και την Ελλάδα...67	
2.9. Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας.....	70
3. Αλατότητα.....	74
3.1. Ορισμός.....	74
3.2. Προέλευση των προβλημάτων αλατότητας.....	75
3.3. Προβλήματα που προκαλεί η αλατότητα στα φυτά.....	77
3.4. Αντιμετώπιση αλατότητας μέσω αποκλεισμού των αλάτων.....	78
3.5. Αντιμετώπιση αλατότητας μέσω απορρόφησης αλάτων.....	80



3.6. Επίδραση της αλατότητας στη τομάτα.....	80
--	----

Β ΜΕΡΟΣ.....	84
---------------------	-----------

1. Υλικά και Μέθοδοι.....	84
1.1. Περιγραφή του θερμοκηπίου.....	84
1.2. Περιγραφή του πειράματος.....	87
2. Αποτελέσματα.....	95
2.1. Αθροιστική κατανάλωση διαλύματος.....	95
2.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και οξύτητα (pH) του θρεπτικού διαλύματος.....	96
2.3. Πορεία συσσώρευσης των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα της απορροής κατά τη διάρκεια της ανακύκλωσης.....	98
2.4. Αναλογίες απορρόφησης ιόντων/νερό στο διάλυμα απορροής.....	104
2.5. Πορεία απορρόφησης ιόντων ανά φυτό και ημέρα από το διάλυμα απορροής.....	110
2.6. Αναλογία απορρόφησης ιόντων προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης αυτών στο διάλυμα απορροής.....	116
2.7. Παραγωγή και ποιότητα καρπών τομάτας.....	122
3. Συζήτηση.....	123

Γ. ΜΕΡΟΣ.....	126
----------------------	------------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	126
--------------------------	------------



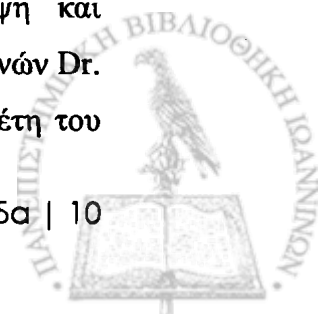
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε πολλά μέρη της γης το διαθέσιμο για άρδευση νερό συχνά περιέχει ασβέστιο σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από τις αντίστοιχες αναλογίες απορρόφησης ασβεστίου προς νερό (συγκεντρώσεις απορρόφησης). Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα συχνό σε χώρες με ζεστό και ξηρό κλίμα, λόγω χαμηλών βροχοπτώσεων, αλλά καθίσταται ακόμα πιο έντονο στις πεδινές και παράκτιες περιοχές, δεδομένου ότι η πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού ανοίγει το δρόμο στην μετακίνηση θαλασσινού νερού προς τον υδροφόρο ορίζοντα. Έτσι τα νερά με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα φέρουν δυσμενείς συνέπειες στις καλλιέργειες, είτε σε υπαίθριες είτε σε θερμοκηπιακές, πράγμα που γίνεται συχνά αντιληπτό σε πολλές περιοχές στον Ελλαδικό χώρο.

Η χρήση τέτοιου νερού άρδευσης σε κλειστά υδροπονικά συστήματα, τα οποία πλεονεκτούν σε σχέση με τα ανοικτά γιατί απαιτούν κατανάλωση μικρότερης ποσότητας νερού άρδευσης και λιγότερων λιπασμάτων, ενώ παράλληλα, με τη χρήση τους περιορίζεται η περιβαλλοντική ρύπανση με νιτρικά και φωσφορικά (Carmassi et al., 2005) οδηγεί σε βαθμιαία συσσώρευση του ασβεστίου στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα. Η συσσώρευση αυτή των αλάτων στο περιβάλλον των ριζών έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή (Sonneveld, 2000).

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μαθηματικά πρότυπα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από «ευφυή» ολοκληρωμένα υπολογιστικά συστήματα διαχείρισης των απορροών, για την εύρεση του κατάλληλου χρόνου απόρριψης μέρους του διαλύματος απορροής. Τα πρότυπα αυτά θα μπορούν να επιτρέπουν τον υπολογισμό της συγκέντρωσης αλάτων στο περιβάλλον των ριζών ως συνάρτησης μίας εύκολα μετρούμενης μεταβλητής σε πραγματικό χρόνο, όπως είναι η αθροιστική κατανάλωση νερού από τα φυτά.

Στα πλαίσια της μεταπτυχιακής μου διατριβής κατά τα έτη 2006-2008 πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο υδροπονίας του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου στην Άρτα, το πείραμα που περιγράφεται στην παρούσα εργασία υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση του Επίκουρου Καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών Dr. Σάββα Δημήτριου. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη του



τρόπου συσσώρευσης του Ca στο περιβάλλον των ριζών των φυτών υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας που θα βοηθήσει στην ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου για την περιγραφή του φαινομένου καθώς και η μελέτη των επιπτώσεων της έκθεσης της τομάτας σε βαθμιαία αυξανόμενα επίπεδα Ca στο περιβάλλον των ριζών.



Α ΜΕΡΟΣ

1. Υδροπονία

1.1. Ορισμός- Ιστορική αναδρομή της υδροπονίας

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, η χρήση βρωμιούχου μεθυλίου για απολύμανση του εδάφους των θερμοκηπίων υπόκειται σε αυστηρούς περιορισμούς στις ανεπτυγμένες χώρες μετά το 2005 με προοπτική να απαγορευτεί πλήρως σε όλες τις χώρες μέχρι το 2015 (Batchelor, 2004). Οι περιορισμοί αυτοί ήδη έχουν δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στους καλλιεργητές θερμοκηπίων της χώρας μας (Γενειατάκης, 2007), δεδομένου ότι εναλλακτικές απολυμαντικές ουσίες με αποτελεσματικότητα παρόμοια με αυτή του βρωμιούχου μεθυλίου δεν υπάρχουν και δεν φαίνεται ότι μπορούν να βρεθούν στο εγγύς μέλλον. Υπό το βάρος αυτής της κατάστασης, αναζητούνται άλλες λύσεις για την αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθενειών πέρα από την χημική απολύμανση του εδάφους (Batchelor, 2004). Μία αξιόπιστη εναλλακτική λύση που καθιστά τελείως περιττή την απολύμανση του εδάφους είναι η καλλιέργεια εκτός εδάφους, η οποία στην Ελλάδα είναι γνωστή κυρίως με τον όρο «υδροπονική καλλιέργεια».

Με την πλατιά έννοια του όρου, υδροπονία ή χωρίς έδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους. Αναφέρεται μερικές φορές και ως τεχνητή καλλιέργεια και ανέδαφος γεωργία (soiless culture). Ο τελευταίος όρος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα, όταν χρησιμοποιούνται οργανικά ή άλλα μη αδρανή υποστρώματα. Στη διεθνή βιβλιογραφία όλες οι υδροπονικές μέθοδοι καλλιέργειας συνήθως συναντώνται με τους όρους “καλλιέργειες εκτός εδάφους” (soiless culture) και υδροπονία (hydroponics). Άλλοι δύο όροι που χρησιμοποιούνται ορισμένες φορές είναι “καλλιέργεια σε υπόστρωμα” και “καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα”.

Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς, είναι η ελληνική λέξη υδροπονία (hydroponics). *Υδροπονία είναι κάθε μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, κατά την οποία τα ανόργανα θρεπτικά διαλύματα παρασκευάζονται τεχνητά και χορηγούνται στα φυτά, για την κάλυψη των υδατικών και διατροφικών αναγκών τους, μέσω του νερού της άρδευσης.*



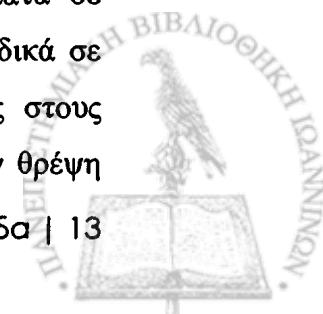
Το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται σε κάποιο στερεό πορώδες υλικό που καλείται υπόστρωμα αλλά όχι απαραίτητα. Ως υπόστρωμα υδροπονικής καλλιέργειας μπορεί να θεωρηθεί κάθε φυσικό ή προερχόμενο από βιομηχανική επεξεργασία πορώδες υλικό, εκτός από το φυσικό χώμα, το οποίο λόγω της ύπαρξης πόρων μπορεί να συγκρατεί νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες, με συνέπεια να μπορεί να υποκαθιστά το έδαφος κατά την καλλιέργεια των φυτών.

Ο όρος υδροπονία (hydroponics) προτάθηκε δημόσια για πρώτη φορά από τον Gericke το 1937. Στόχος του αμερικάνος καθηγητής στο πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας ήταν η να περιγράψει την καλλιέργεια φυτών σε τεχνητά θρεπτικά διαλύματα με στόχο την παραγωγή σε επαγγελματικό επίπεδο.

Κατά την περίοδο 1860 έως το 1900 στη Γερμανία η υδροπονική καλλιέργεια αποτελούσε απλά ένα γενικά παραδεκτό εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα στη θρέψη των φυτών. Ο Gericke (1929) άλλωστε ήταν πρώτος που επιχείρησε να αξιοποιήσει την δυνατότητα θρέψης των φυτών αποκλειστικά και μόνο μέσω θρεπτικών διαλυμάτων για την καλλιέργεια λαχανοκομικών και ανθοκομικών φυτών εκτός εδάφους σε εμπορική κλίμακα.

Η καλλιέργεια βέβαια φυτών εκτός του φυσικού εδάφους είχε πραγματοποιηθεί ήδη από τα αρχαία χρόνια. Συγκεκριμένα από το Μεσαίωνα μέχρι το 18^ο αιώνα ήταν κοινή πίστη ότι τα φυτά τρέφονταν μόνο με το νερό και ότι το έδαφος τους προσέφερε μόνο τη στήριξη. Ένα από τα Επτά Θαύματα του Κόσμου, οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας, καθώς και οι πλωτοί κήποι στο Μεξικό ήταν στην πραγματικότητα υδροπονικά συστήματα. Στην περίπτωση των Κρεμαστών Κήπων της Βαβυλώνας, τα φυτά αναπτύσσονταν πάνω σε αναβαθμίδες γεμισμένες με μείγμα άμμου και χώματος. Στα νεώτερα χρόνια, η πρώτη αναφορά σε καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους γίνεται από τον Ιρλανδό Robert Boyle κατά το 1666 ο οποίος κατάφερε να καλλιεργήσει ορισμένα είδη φυτών σε φυτοδοχεία που περιείχαν μόνο φυσικό νερό χωρίς να υπάρχει κάποιο στερεό μέσα στο χώρο ανάπτυξης των ριζών.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις όμως, τα φυτά προσλάμβαναν τα απαραίτητα για την ανάπτυξή τους θρεπτικά στοιχεία από το φυσικό νερό του ποτίσματος, το οποίο όπως είναι γνωστό περιέχει μέσα του διαλυμένα διάφορα ανόργανα άλατα σε μικρότερες ή μεγαλύτερες ποσότητες, ανάλογα με την προέλευσή του. Ειδικά σε περιπτώσεις που γινόταν χρήση κάποιου φυσικού υποστρώματος, όπως στους Κρεμαστούς Κήπους της Βαβυλώνας, ένα μέρος των απαραίτητων για την θρέψη



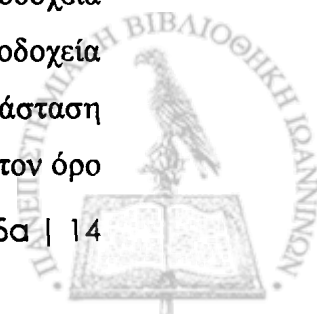
των φυτών ανόργανων στοιχείων προερχόταν από το ίδιο το υπόστρωμα. Στην πραγματικότητα, το μόνο πραγματικά κοινό γνώρισμα αυτών των πρωτόγονων καλλιεργειών εκτός εδάφους με την σημερινή υδροπονία είναι ο περιορισμός του όγκου ανάπτυξης των ριζών και ο στεγανός διαχωρισμός του ριζοστρώματος από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και συνεπώς και από τον υδροφόρο ορίζοντα (Σάββας, 1998). Αντίθετα, η θρέψη στις πρωτόγονες εκτός εδάφους καλλιεργείες ήταν ελλιπής και ανισόρροπη και εξαρτιόταν από τυχαίους παράγοντες.

Σύμφωνα με τον Hewitt (1966), οι Γερμανοί φυσιολόγοι Sachs (1859, 1861) (1860) και Knop (1860) ήταν οι πρώτοι που καλλιεργήσαν φυτά μέσα σε τεχνητό θρεπτικό διάλυμα του οποίου η σύσταση σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία καθορίστηκε από τους παρασκευαστές του με στόχο να συμφωνεί με τις ανάγκες θρέψης των φυτών και επιτεύχθηκε με προσθήκη συγκεκριμένων ποσοτήτων ανόργανων αλάτων σε μία ποσότητα φυσικού νερού. Με τον τρόπο αυτό προσπάθησαν να προσδιορίσουν ποία ανόργανα στοιχεία και σε τι ποσότητες είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των φυτών. Την εποχή αυτή προσδιορίστηκαν ως απαραίτητα 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών. Η πυκνότητα των διαλυμάτων σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία κυμαινόταν από 0,1-0,6%. Γι αυτό και όχι άδικα σήμερα θεωρείται ότι οι Sachs και Knop είναι εκείνοι που έθεσαν τις επιστημονικές βάσεις της υδροπονίας.

Η μέθοδος αυτή της μελέτης της φυσιολογίας της θρέψης των φυτών υιοθετήθηκε και σε μεταγενέστερο επίπεδο από πολλούς ερευνητές από τους οποίους, εκτός των χημικές ιδιότητες των στοιχείων, δόθηκε προσοχή και στις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος ανάπτυξης και του περιβάλλοντος της ρίζας γενικά (ωσμωτική πίεση, θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου, οξύτητα).

Το 1914 ο Tottingham δημοσίευσε μια ερευνητική εργασία για την ποσοτική σύνθεση των στοιχείων του διαλύματος και τη φυσιολογική τους επίδραση στο φυτό (προτείνει συνολική συγκέντρωση 0,6% ή 2,5 atm ωσμωτική πίεση, με βάση το διάλυμα Knops) (Μαυρογιανόπουλος, 2006).

Ο McCall (1916), έχοντας σαν στόχο να πειραματισθεί εργαστηριακά στην ανόργανη θρέψη των φυτών, ανέπτυξε μία μέθοδο καλλιεργείας σε φυτοδοχεία γεμισμένα με αδρανή άμμο. Σύμφωνα με τη μέθοδο του McCall τα φυτοδοχεία έπρεπε να τροφοδοτούνται τακτικά με νέο θρεπτικό διάλυμα σε αντικατάσταση αυτού που κατανάλωναν τα φυτά. Η μέθοδος αυτή καθιερώθηκε διεθνώς με τον όρο



sand culture (καλλιέργεια σε άμμο) και χρησιμοποιείται ευρύτατα και σήμερα με διάφορες βελτιώσεις και παραλλαγές τόσο σε πειράματα διατροφής φυτών όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο (Savvas 2001).

Το 1919-1920 ο Hoagland βρήκε ότι διαλύματα με συγκέντρωση λιπαντικών στοιχείων από 0,48 έως 1,45% έδιναν πολύ καλό αποτέλεσμα, αρκεί να ανανεώνονταν συχνά (Μαυρογιανόπουλος, 2006).

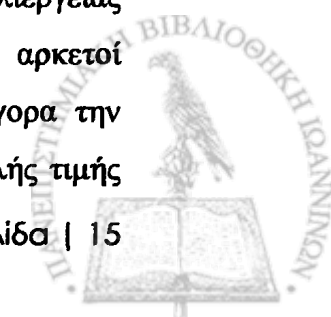
Το 1923 από εργασίες των Bakke και Erdman αποδείχτηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονική μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτήν του εδάφους (Μαυρογιανόπουλος, 2006).

Ο Gericke (1929), στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας, επιχείρησε σε εμπορική κλίμακα να αναπτύξει σύστημα καλλιέργειας αποκλειστικά μέσω θρεπτικών διαλυμάτων. Το σύστημα του όμως, που βασιζόταν στην ανάπτυξη των ριζών μέσα σε θρεπτικό διάλυμα, παρουσίασε αρκετά μειονεκτήματα με κυριότερο αυτό του αερισμού του διαλύματος ώστε να εξασφαλίζεται το απαραίτητο οξυγόνο για τη λειτουργία του ριζικού συστήματος.

Η υδροπονική μέθοδος που ανέπτυξε τότε ο Gericke όμως, στην καλλιεργητική πρακτική δεν βρήκε εφαρμογή σε αξιόλογη κλίμακα γιατί είχε υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, χωρίς να δίνει καλύτερες παραγωγές από τις αντίστοιχες που λαμβάνονταν σε καλές καλλιέργειες στο έδαφος. Σύμφωνα με τη μέθοδο που πρότείνει ο Gericke, οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονταν μέσα σε μεγάλα φυτοδοχεία διαστάσεων 0,15x0,61x10,7, στον πυθμένα των οποίων υπήρχε μία λεπτή στρώση άμμου περίπου 1,2cm. Τα δοχεία περιείχαν θρεπτικό διάλυμα και ήταν καλυμμένα με δικτυωτό σύρμα στην πάνω επιφάνεια για την στήριξη των φυτών. Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που παρουσίαζε η μέθοδος του Gericke ήταν οι δυσκολίες με τον αερισμό του διαλύματος και τον εμπλουτισμό του με οξυγόνο.

Την επόμενη δεκαετία πολλοί επιστήμονες (Lourie, 1931; Eaton, 1936; Withrow & Biebel, 1936; Mullard & Stoughton, 1939; Arnon και Hoagland 1940 cited by Cooper 1979), ανέπτυξαν υδροπονικά συστήματα παρόμοια με αυτά του Gericke τα οποία όμως δεν βρήκαν ευρεία πρακτική εφαρμογή.

Το 1938 αρχίζει η πρώτη εμπορική εκμετάλλευση της υδροπονικής καλλιέργειας στις ΗΠΑ και τη Β. Ευρώπη, όπου γύρω από τις μεγάλες πόλεις αρκετοί καλλιεργητές ξεκίνησαν υδροπονική καλλιέργεια στο θερμοκήπιο. Γρήγορα την εγκατέλειψαν όμως, λόγω διαφόρων τεχνικών προβλημάτων και της υψηλής τιμής



των χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούσαν. Συγκεκριμένα η ανεπαρκής γνώση των θρεπτικών και υδατικών απαιτήσεων των φυτών, προβλήματα λόγω μη καλού αερισμού των ριζών, η αναποτελεσματικότητα και ο ακριβής εξοπλισμός της άρδευσης, καθώς και η ελλιπής γνώση αυτοματισμού της τροφοδοσίας και της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος αποτέλεσαν τις περιοριστικές παραμέτρους στην υιοθέτηση της υδροπονίας ως μεθόδου καλλιέργειας σε εμπορική κλίμακα.

Παρά όμως τα τόσο απογοητευτικά αποτελέσματα που παρουσίασε η σε εμπορική κλίμακα υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας, το ενδιαφέρον, τόσο στις Η.Π.Α όσο και σε άλλες πόλεις του κόσμου, έναντι της χρήσης της νέας αυτής μεθόδου καλλιέργειας υπήρξε αμείωτο (Hoagland and Arnon 1950; Jones, 1982). Η ιδέα της καλλιέργειας υγιών φυτών και της παραγωγής φρούτων, λαχανοκομικών και ανθοκομικών ειδών άνευ χρήσης εδάφους συνεπήρε πολλούς ανθρώπους, με αποτέλεσμα η απαίτηση για περαιτέρω πληροφόρησης από τους επιστήμονες να παρουσιάζεται όλο και πιο έντονη γεγονός που οδήγησε τους Hoagland και Arnon (1950) στη διατύπωση των βασικών αρχών και πρακτικών πάνω στις οποίες εστηρίζοντο μέχρι την εποχή εκείνη η επιστήμη της υδροπονίας.

Η υδροπονία βρήκε πρακτική εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια του 2ου παγκοσμίου πολέμου από τον αμερικανικό στρατό. Από το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και μετά γίνονται στις ΗΠΑ μερικές εγκαταστάσεις υδροπονικής καλλιέργειας. Την εποχή εκείνη, η υδροπονία χρειάστηκε να εφαρμοστεί σε εκτεταμένη κλίμακα σε ορισμένα άγονα νησιά του Ειρηνικού με σκοπό την παραγωγή νωπών λαχανικών για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών των μαχόμενων αμερικανών στρατιωτών στην περιοχή (Cooper, 1979; Jones, 1982).

Αμέσως μετά τον πόλεμο η επιστημονική έρευνα πάνω στην υδροπονία συνεχίστηκε αν και η εφαρμογή της σε παραγωγικό επίπεδο ήταν ακόμα περιορισμένη. Νέες, πολύ πιο ευαίσθητες μέθοδοι και συσκευές χημικών αναλύσεων που επινόηθηκαν στο μεταξύ διευκόλυναν τον ακριβέστερο ποσοτικό προσδιορισμό και εκείνων των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων τα οποία είναι απαραίτητα σε ίχνη στα φυτά. Οι νέες αυτές πρόοδοι της χημείας βοήθησαν πάρα πολύ στην εξέλιξη της υδροπονίας, γιατί επέστρεψαν την συμπλήρωση και τελειοποίηση της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων. Παράλληλα όμως κατέστησαν εφικτή και την τακτική διενέργεια της χρησιμοποίησής τους από τα φυτά, με αποτέλεσμα την επίτευξη καλύτερου ελέγχου στη θρέψη της καλλιέργειας.



Μετά τον πόλεμο τόσο η πρακτική εφαρμογή της υδροπονίας όσο και οι έρευνες συνεχίζονται με αργούς ρυθμούς μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1960. Από τις αρχές της δεκαετίας του '70 το ενδιαφέρον, για την εφαρμογή της υδροπονίας σε επιχειρηματικές καλλιέργειες σε θερμοκήπια, αναζωπυρώνεται κυρίως στην Αγγλία και Ολλανδία. Στην Αγγλία ο Cooper (1975, 1979), εφαρμόζει με επιτυχία την τεχνική της λεπτής θρεπτικής στιβάδας (Nutrient Film Technique) που υιοθετείται από τους παραγωγούς σε μεγάλη κλίμακα. Στην Ολλανδία ανακαλύπτονται οι θαυμάσιες ιδιότητες του πετροβάμβακα (Verwer, 1976 και 1978) σαν αδρανές υπόστρωμα το οποίο δίνει λύση στο πρόβλημα της κόπωσης των εδαφών από την εντατική καλλιέργεια που συνοδεύονταν από έξαρση των εδαφογενών ασθενειών.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 50 τόσο οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις όσο και η έρευνα απάνω στην υδροπονία ήταν περιορισμένες. Ελάχιστες δημοσιεύσεις σχετικά με την σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων εμφανίζονται την εποχή αυτή (Jacobson, 1951; Steiner, 1961 and 1966 και Hewitt, 1966). Παρ' όλα αυτά, μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 60 η υδροπονία βρήκε πρακτική εφαρμογή μόνο σποραδικά και σε περιορισμένη κλίμακα, κυρίως στην Αμερική και την Αγγλία.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 70 το ενδιαφέρον για τη χρήση υδροπονικών συστημάτων σε εμπορική κλίμακα αναζωπυρώθηκε διεθνώς, ξεκινώντας από την Αγγλία, τις Σκανδιναβικές χώρες και την Ολλανδία. Οι λόγοι που οδήγησαν στην αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για την υδροπονία στις χώρες αυτές ήταν η κούραση των εδαφών των θερμοκηπίων μετά από συνεχή καλλιέργεια επί σειρά ετών και η συνεπαγόμενη έξαρση των εδαφογενών ασθενειών, καθώς και τα προβλήματα που δημιουργούσαν οι συνεχείς απολυμάνσεις του εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο.

Στην Αγγλία αναπτύχθηκε από τον Cooper (1975,1979) ένα σύστημα καλλιέργειας των φυτών σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα χωρίς την χρήση στερεού υποστρώματος. Το σύστημα αυτό έγινε γνωστό ως NFT από τα αρχικά των λέξεων Nutrient Film Technique που στα Ελληνικά, σε ελεύθερη μετάφραση, θα μπορούσε να αποδοθεί με τον όρο Τεχνική Λεπτής Στοιβάδας Θρεπτικού Διαλύματος (Maloupa, 2002).

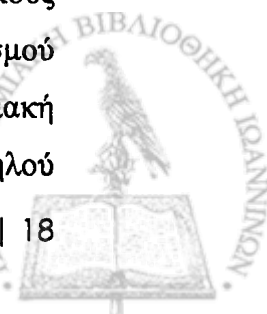
Στις Σκανδιναβικές χώρες και την Ολλανδία αντίθετα κυριάρχησε η καλλιέργεια σε αδρανή στερεά υποστρώματα και κυρίως σε πετροβάμβακα. Ειδικά στην Ολλανδία η εξέλιξη της υδροπονίας ήταν ιδιαίτερα ορμητική, αφού τα 50 στρέμματα που πρωτοκαλλιεργήθηκαν υδροπονικά το 1976 (Van Os, 1982) ανήλθαν στα 15000



το 1984 (Sonneveld και Welles, 1984) και στα 25000 το 1989 (Sonneveld, 1989), με προοπτική να φθάσουν τα 50000 μέχρι το 2000 (Van Os, 1991). Σήμερα στην Ολλανδία το σύνολο σχεδόν της παραγωγής καρποδοτικών λαχανικών στο θερμοκήπιο, όπως για παράδειγμα ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά, προέρχεται από υδροπονικές καλλιέργειες (Van Os, 1991). Αντίθετα, τα μικρά φυλλώδη λαχανικά συνεχίζουν ακόμα να καλλιεργούνται σε σημαντικό ποσοστό στο έδαφος των θερμοκηπίων. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα 50 στρέμματα υδροπονικών καλλιεργειών που υπήρχαν το 1976 (Van Os, 1982), έφτασαν τα 100.000 στρέμματα το 2001, όπου απασχολούνται 40.000 άτομα σύμφωνα με στοιχεία της NDEFRA (Netherlands Department of Environment, Food and Rural Affairs)

Σύμφωνα με στοιχεία του 1991, στις 8 βόρειες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το 27,6% των εκτάσεων με θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι υδροπονικές (46000 στρέμματα). Άλλες χώρες, στις οποίες η υδροπονία καταλαμβάνει σημαντικό μέρος των εκτάσεων που καλύπτονται με θερμοκήπια είναι η Ιαπωνία και το Ισραήλ (Μαυρογιαννόπουλος 2006).

Σε χώρες, στις οποίες σημαντικό μέρος των εδαφών παρουσιάζει προβλήματα, είτε λόγω της υπερεντατικής εκμετάλλευσης όπως για παράδειγμα στην Ολλανδία είτε λόγω άρδευσης με νερό υψηλής περιεκτικότητας σε άλατα όπως για παράδειγμα στο Ισραήλ, η αναγκαιότητα εισαγωγής της υδροπονίας στην παραγωγή είναι λογικό να είναι μεγαλύτερη. Το ίδιο ισχύει και για τις χώρες που ισχύουν αυστηροί περιορισμοί στην χρήση τοξικών χημικών απολυμαντικών του εδάφους και άλλων ισχυρών φυτοφαρμάκων. Για τους παραπάνω λόγους, στις ανεπτυγμένες τεχνολογικά χώρες που χαρακτηρίζονται από αντίξοες καιρικές συνθήκες για την παραγωγή κηπευτικών εκτός εποχής όπως για παράδειγμα στις βορειοευρωπαϊκές χώρες και στην Ιαπωνία, η μεταπήδηση στην υδροπονία ήταν και ευκολότερη και πλέον επιβεβλημένη. Η χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού υψηλού επιπέδου στα θερμοκήπια των χωρών αυτών συνεπάγεται σημαντικά αυξημένο κόστος, το οποίο μπορεί να καλυφθεί μόνο με την επίτευξη υψηλών αποδόσεων. Η μεταπήδηση στην υδροπονία στις χώρες αυτές ήταν επομένως το απαραίτητο συμπλήρωμα στην προϋπάρχουσα χρήση εξοπλισμών υψηλής τεχνολογίας στα θερμοκήπια, ώστε το έδαφος και η καλή θρέψη των φυτών να μην αποτελούν τους περιοριστικούς παράγοντες στην πλήρη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του υπόλοιπου εξοπλισμού και κατά συνέπεια στην επίτευξη υψηλών παραγωγών. Αντίθετα, η Μεσογειακή Ευρώπη είναι συνηθισμένη να παράγει λαχανικά και άνθη εκτός εποχής σε χαμηλού



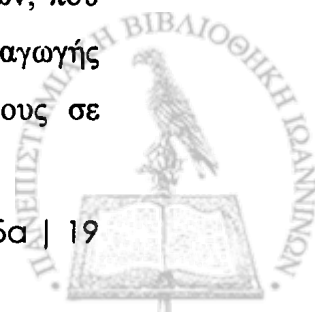
κόστους κατασκευές κυρίως, εκμεταλλευόμενη τις ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στις χώρες αυτές, παρόλο που έτσι δεν διασφαλίζονται ούτε υψηλές αποδόσεις ούτε ικανοποιητική ποιότητα προϊόντων. Γι αυτό το λόγο στις χώρες τις Μεσογείου, οι παραγωγοί δεν είναι ιδιαίτερα πρόθυμοι να επενδύσουν εγκαθιστώντας σύγχρονο εξοπλισμό στα θερμοκήπιά τους και διστάζουν να πληρώσουν το κόστος της υδροπονίας. Εξαίρεση αποτελούν οι περιπτώσεις εκείνες στις οποίες το έδαφος είναι ή τείνει να γίνει περιοριστικός παράγοντας ακόμη και στην επίτευξη των ήδη χαμηλών αποδόσεων που λαμβάνονται στις θερμοκηπιακές κατασκευές αυτού του είδους. Γι αυτό το λόγο η εξάπλωση της υδροπονίας στις μεσογειακές χώρες της Ευρώπης συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας άρχισε με χρονική καθυστέρηση και βαίνει μέχρι σήμερα με σημαντικά πιο αργούς ρυθμούς (Σάββας, 2003).

Σήμερα χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σ' όλο τον κόσμο, πάρα πολλές μέθοδοι υδροπονικής καλλιέργειας. Ο διεθνής οργανισμός International Society for Soilless Culture (ISOSC), καθώς και πολλά εθνικά Ινστιτούτα, ασχολούνται δραστήρια με το θέμα των υδροπονικών καλλιεργειών και προωθούν την έρευνα στον τομέα αυτό.

Η Υδροπονία κερδίζει συνεχώς έδαφος λόγω της κατάργησης μιας σειράς χημικών απολυμαντικών εδάφους, των προβλημάτων από την κόπωση των εδαφών, της έξαρσης των εδαφογενών ασθενειών και των υψηλών αποδόσεων. Παράλληλα υπάρχει σημαντική υποστήριξη από τις σύγχρονες μεθόδους και συσκευές χημικών αναλύσεων που σημείωσαν εξαιρετική πρόοδο τα τελευταία χρόνια.

1.2 Καλλιεργούμενες εκτάσεις

Η υδροπονική καλλιέργεια φυτών έχει γίνει σήμερα δημοφιλής σε πάρα πολλές περιοχές του κόσμου και ιδιαίτερα στις οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ολλανδία, περίπου 6.000 στρέμματα κατά την περίοδο 1981-82, έφθασαν πάνω από 100.000 στρέμματα σήμερα. Σχεδόν όλα τα παραγόμενα κηπευτικά σ' αυτή τη χώρα παράγονται υδροπονικά. Στη Βόρειο Αμερική εκτιμάται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των καρποφόρων λαχανικών, που καταναλώνονται, παράγονται υδροπονικά, ανεξάρτητα από τη χώρα παραγωγής τους. Κατ' εκτίμηση, η καλλιεργούμενη έκταση με υδροπονικές μεθόδους σε διάφορες χώρες είναι:



Ιαπωνία	120.000 στρέμματα
Αυστραλία	100.000
Ολλανδία	100.000
Ισπανία	40.000
Γαλλία	20.000
Καναδάς	15.000
Μ. Βρετανία	8.000
USA	5.000
Ιταλία, Βέλγιο, Δανία	5.000
Ισραήλ	5.000
Κίνα	1.500

Η συνολική έκταση σ' όλο τον κόσμο εκτιμάται κάπως μικρότερη από 600.000 στρέμματα. Οι κυριότερες εμπορικές μέθοδοι καλλιέργειας είναι: καλλιέργεια σε υπόστρωμα πετροβάμβακα (Rockwool Culture), καλλιέργεια σε σάκους ινών καρύδας, καλλιέργεια σε περλίτη και καλλιέργεια σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (NFT). Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε σημαντικό βαθμό, είναι η καλλιέργεια σε άμμο (κυρίως σε τοπική άμμο) και καλλιέργεια σε πριονίδι (π.χ. στον Καναδά). Περιπτώσιακά χρησιμοποιείται σ' όλο τον κόσμο και η καλλιέργεια σε χαλίκι μικρής διαμέτρου (φυσικό ή τεχνητό) (Μαυρογιανόπουλος 2006).

Στην Ελλάδα εκτιμάται η καλλιεργούμενη έκταση στην Ελλάδα ανέρχεται περίπου στα 1.500 στρ. τη πλειονότητα των οποίων (1000 στρ) καταλαμβάνει η καλλιέργεια της τομάτας, ακολουθεί αυτή του αγγουριού με 450 στρ ενώ η καλλιέργεια μαρουλιού φθάνει μόλις τα 50 στ. Τέλος η καλλιέργεια ανθοκομικών ειδών και δη τριαντάφυλλων, ζέρμπερας κ.α ανέρχεται μόλις στα 150 στρ. Τα κύρια υποστρώματα που χρησιμοποιούνται είναι ο πετροβάμβακας σε ποσοστό 75%, ο περλίτης 10%, το NFT σε ποσοστό 10% ο κοκοφοίνικας 5%, η ελαφρόπετρας κ.λ.π (Olymprios 2008).

1.3.Υποστρώματα υδροπονίας

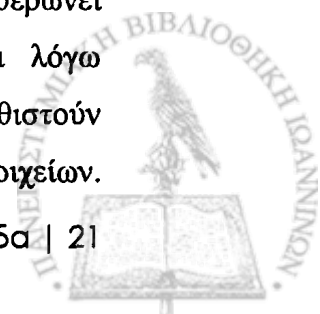
Στις υδροπονικές καλλιέργειες το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και επομένως θα πρέπει να είναι σε θέση να επιτελεί όλες τις λειτουργίες



που γίνονταν από το χώμα και μάλιστα με καλύτερο τρόπο. Μόνο όταν εκπληρώνεται αυτή η προϋπόθεση είναι οικονομικά σκόπιμη η χρήση υποστρώματος αντί της καλλιέργειας στο έδαφος.

Η χρησιμότητα του εδάφους για τα φυτά συνίσταται στην εξασφάλιση της ανόργανης θρέψης τους και στην παροχή μηχανικής υποστήριξης σε αυτά. Ο προφανέστερος τρόπος εξασφάλισης καλής και ισορροπημένης θρέψης στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η χρησιμοποίηση υποστρωμάτων που συμπεριφέρονται σαν ένα πολύ καλό και γόνιμο έδαφος. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση του προβλήματος, τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να έχουν πολύ καλή και ομοιόμορφη δομή, υφή και σύσταση και να διαθέτουν υψηλό επίπεδο ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων. Θα πρέπει δηλαδή να μπορούν να συγκρατούν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ιόντων όταν αυτά υπάρχουν σε περίσσεια στο εδαφικό διάλυμα και αντίστοιχα, να μπορούν άμεσα να απελευθερώσουν αξιόλογες ποσότητες από αυτά όταν στο χώρο του ριζοστρώματος δημιουργούνται συνθήκες ανεπάρκειας. Τα υποστρώματα αυτά συνήθως περιέχουν οργανική ουσία είτε σε μορφή τύρφης είτε σε κάποια άλλη μορφή και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως χημικώς ενεργά υποστρώματα. Στην πραγματικότητα τα υποστρώματα αυτά υπερτερούν μόνο λόγω της ομοιομορφίας τους και λόγω της επιλογής των πλέον κατάλληλων υλικών για την παρασκευή τους σε σύγκριση με τα περισσότερα φυσικά εδάφη. Μειονεκτούν όμως σε σύγκριση με το χώμα λόγω του πολύ μικρότερου όγκου υποστρώματος ανά φυτό. Από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται προφανές ότι η καλλιέργεια φυτών σε χημικώς ενεργά υποστρώματα κατά βάση ομοιάζει πολύ με τις κοινές καλλιέργειες που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος με συνέπεια οι δυνατότητες αριστοποίησης της θρέψης να είναι περιορισμένες αφού όπως και στο έδαφος η θρέψη δεν είναι πλήρως ελεγχόμενη.

Όπως είναι γνωστό, ο ρόλος του εδάφους στην θρέψη των φυτών είναι πολύπλευρος και συνίσταται τόσο στην παροχή θρεπτικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα και μέσω αυτού στα φυτά όσο και στη ρύθμιση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων. Η ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους οφείλεται κυρίως στην ανταλλακτική του ικανότητα η οποία του επιτρέπει να εναποθηκεύει ένα μέρος των θρεπτικών στοιχείων όταν αυτά βρίσκονται σε αφθονία και να τα απελευθερώνει ξανά όταν οι συγκεντρώσεις τους στο εδαφικό διάλυμα μειώνονται λόγω απορρόφησης από τα φυτά ή έκπλυσης. Οι ιδιότητες αυτές του εδάφους καθιστούν τα φυτά μη εξαρτώμενα από την συχνή εξωτερική χορήγηση θρεπτικών στοιχείων.



Για τα καλλιεργούμενα φυτά αυτό σημαίνει ότι μπορούν να επιβιώνουν και να αναπτύσσονται ως ένα βαθμό ακόμη και όταν η χορήγηση λιπασμάτων στην καλλιέργεια αποκλίνει σημαντικά από τις ποσότητες που απορροφώνται από αυτή.

Από την άλλη πλευρά όμως, η έντονη αυτή εξάρτηση της προσφοράς θρεπτικών στοιχείων στα φυτά από το έδαφος αποτελεί μειονέκτημα για την καλλιέργεια, δεδομένου ότι λόγω της ετερογένειας του εδάφους και των δυσχερειών στην πρόβλεψη των συνθηκών περιβάλλοντος είναι δύσκολο να εκτιμηθεί πως ακριβώς θα συμπεριφερθεί αυτό από άποψη θρέψης σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Επομένως η κατάρτιση ενός ισόρροπου σχήματος λίπανσης και θρέψης της καλλιέργειας δυσχεραίνεται ενώ και η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου σχήματος λίγο ως πολύ περιορίζεται αφού η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικά στοιχεία δεν εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τις χορηγούμενες ποσότητες λιπασμάτων αλλά και από τις εκάστοτε ιδιότητες του εδάφους. Για αυτούς τους λόγους μία άλλη προσέγγιση στην επιλογή κατάλληλων για υδροπονία υποστρωμάτων είναι αυτή η οποία απορρίπτει την ιδέα της χρησιμοποίησης ενός υλικού που θα ρυθμίζει την θρέψη των φυτών με τον ίδιο τρόπο όπως το έδαφος. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, το υπόστρωμα θα πρέπει να μην ασκεί καμία ρύθμιση στην προσφορά θρεπτικών στοιχείων στα φυτά με συνέπεια να είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος της θρέψης μέσω της λίπανσης και μόνο. Τα υλικά αυτά δηλαδή θα πρέπει να μην συγκρατούν αλλά και να μην αποδίδουν ανόργανα ιόντα στο περιεχόμενο σε αυτά θρεπτικό διάλυμα. Τα υλικά που χαρακτηρίζονται από μία τέτοια συμπεριφορά ονομάζονται χημικώς αδρανή υποστρώματα και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην υδροπονία (Σάββας 1998).

Για να είναι σε θέση ένα υπόστρωμα να επιτελεί με τον καλύτερο τρόπο τον ρόλο για τον οποίο προορίζεται θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Σάββας 2003):

- i. Σταθερή δομή, ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα
- ii. Ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας
- iii. Ομοιομορφία στη σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
- iv. Απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων
- v. Εύκολο στη χρήση του και στους καλλιεργητικούς χειρισμούς
- vi. Σχετικά χαμηλό κόστος.



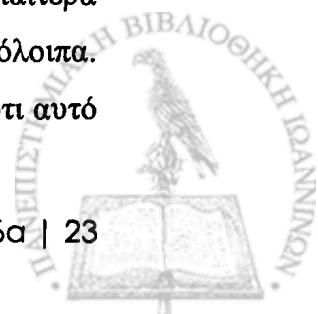
Εκτός από αυτά τα χαρακτηριστικά ένα καλό υπόστρωμα θα πρέπει ή να είναι χημικά αδρανές ή να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και κατάλληλο pH εφόσον είναι χημικά ενεργό.

1.4.Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών

Στην υδροπονική ορολογία γίνεται διαχωρισμός των υδροπονικών συστημάτων σε δύο τύπους: στα ανοικτά υδροπονικά συστήματα και στα κλειστά υδροπονικά συστήματα.

Ως ανοικτό χαρακτηρίζεται ένα υδροπονικό σύστημα όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει ως πλεονάζον από το χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον. Αντίθετα ως κλειστό χαρακτηρίζεται κάθε υδροπονικό σύστημα, στο οποίο το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και οδηγείται ξανά στα φυτά για επαναχρησιμοποίηση. Υπάρχει δηλαδή μια συνεχής ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος. Με αυτόν τον τρόπο η ποσότητα του νέου διαλύματος που εισάγεται στο σύστημα ισούται με την ποσότητα που καταναλώνεται από τα φυτά, στο βαθμό τουλάχιστον που δεν υπάρχουν διαρροές και οι αγωγοί, μέσα από τους οποίους ρέει το διάλυμα, είναι καλυμμένοι οπότε οι απώλειες από εξάτμιση είναι αμελητέες.

Το δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό, με βάση το οποίο ταξινομούνται τα διάφορα υδροπονικά συστήματα είναι το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα, εφόσον γίνεται χρήση κάποιου στερεού υποστρώματος. Διάκριση των υδροπονικών συστημάτων μπορεί να γίνει επίσης και με βάση τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υποδοχείς υποστρωμάτων (φυτοδοχεία, υδρορροές, σάκκοι, κ.λπ.), με βάση τον τρόπο άρδευσης (στάγδην άρδευση και είδος σταλακτών, ροή του διαλύματος σε κανάλια, κ.λπ.). Τέλος, διάκριση των υδροπονικών συστημάτων μπορεί να γίνει επίσης και με βάση την τεχνική λειτουργίας του συστήματος εφόσον αυτή διακρίνεται από κάποια ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά ή έναν ιδιαίτερο τρόπο λειτουργίας (π.χ. σύστημα NFT, plant plane hydroponics, κ.λπ.) Κάτωθι παρατίθεται ένα μεικτό σύστημα ταξινόμησης, το οποίο λαμβάνει υπόψη όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διαχωρίζουν ένα υδροπονικό σύστημα από τα υπόλοιπα. Κυρίαρχο ρόλο για την ταξινόμηση παίζει όμως το υπόστρωμα, δεδομένου ότι αυτό



είναι το σπουδαιότερο συστατικό μέρος ενός υδροπονικού συστήματος, το οποίο το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα.

Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών

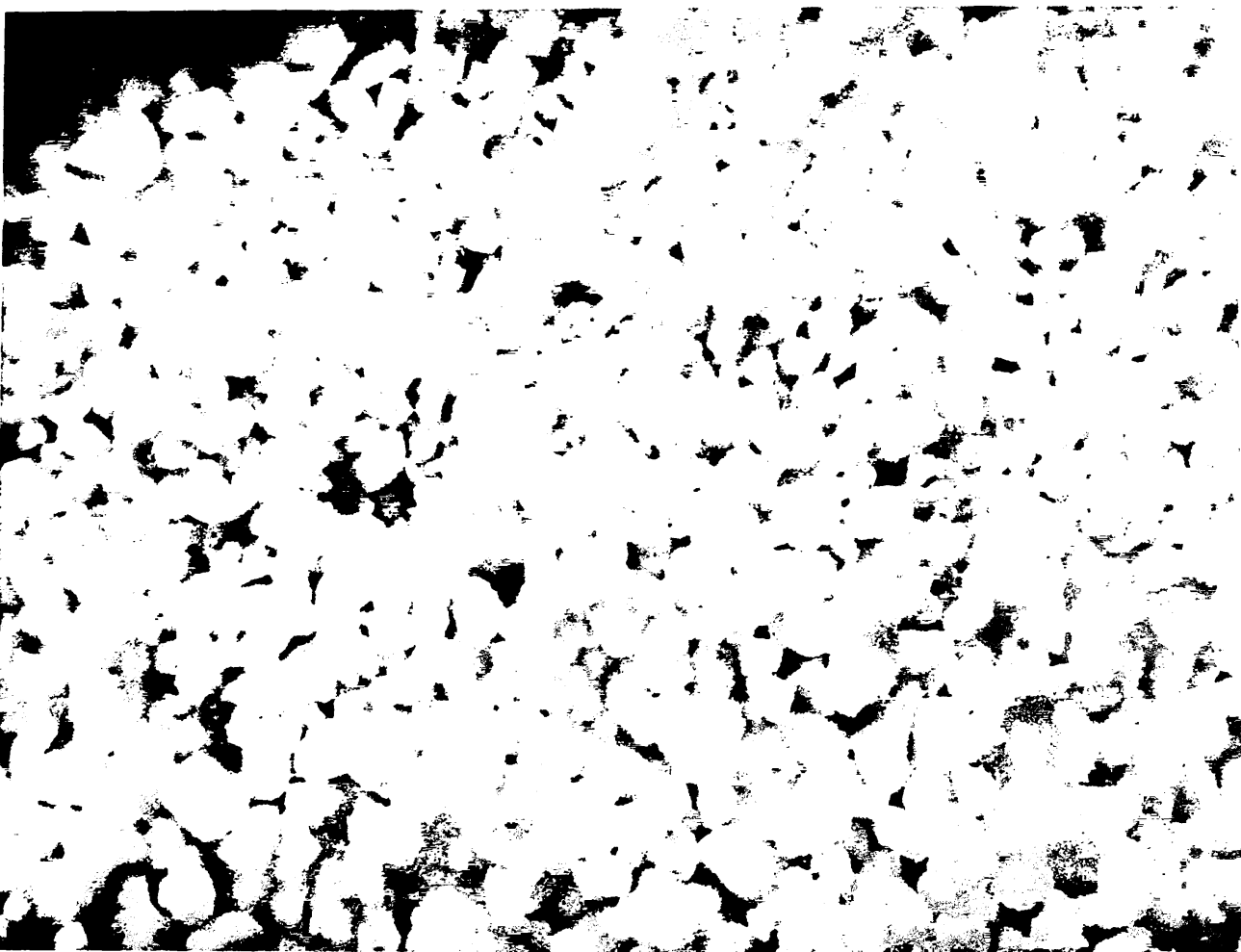
- I. Καλλιέργεια σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα
 - i. Καλλιέργεια σε δοχεία γεμισμένα με θρεπτικό διάλυμα
 - ii. Σύστημα NFT
 - iii. Αεροπονία
 - iv. Plant plane hydroponics (επιδαπέδια υδροπονία)
- II. Καλλιέργεια σε κοκκώδη ανόργανα υποστρώματα
 - i. Καλλιέργεια σε άμμο (sand culture)
 - ii. Καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture)
 - iii. Καλλιέργεια σε διογκωμένο περλίτη
 - iv. Καλλιέργεια σε διογκωμένη άργιλο
 - v. Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα
 - vi. Καλλιέργεια σε πλάκες ορυκτοβάμβακα
 - vii. Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα
 - viii. Καλλιέργεια σε πλάκες υαλοβάμβακα
- III. Καλλιέργεια σε οργανικά ή μείγματα οργανικών – ανόργανων υλικών

1.4.1 Καλλιέργεια σε διογκωμένο περλίτη.

Ο περλίτης (Εικόνα 1) είναι ηφαιστειακό, υαλώδες, αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6 %. Το πρωτογενές ορυκτό όταν θερμανθεί για σύντομο χρόνο στους 1200-1300 °C, διογκώνεται και σχηματίζει μια αφρώδη μάζα δεκαπλασίου έως εικοσαπλασίου περίπου όγκου από τον αρχικό. Η ιδιότητα του αυτή χρησιμοποιείται από την βιομηχανία για την δημιουργία ενός κοκκώδους υλικού με πλούσιο πορώδες, το οποίο έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Το νερό συγκρατείται κυρίως στους μικρούς πόρους, ενώ στους μεγαλύτερους παραμένει αέρας και μετά την διαβροχή του υλικού. Η ιδιότητά του αυτή, παράλληλα με τη χημική του αδράνεια (απουσία ανταλλακτικής ικανότητας), κάνουν τον περλίτη ιδιαίτερα κατάλληλο για χρήση ως υπόστρωμα καλλιέργειας.



Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νήσια Μι
ντίπαρο, Νίσσυρο, Κώ, κλπ.. Σήμερα ο ελληνικός διογκωμένος περλί
φτάνει κυρίως από τη Μήλο.



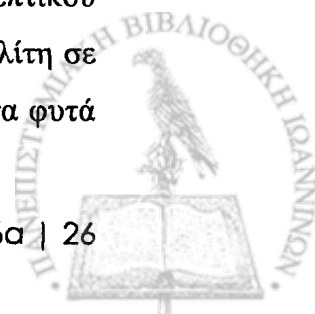
Εικόνα 1. Κόκκοι διογκωμένου περλίτη



Η στερεά μάζα του περλίτη συνίσταται κατά τα 3/4 περίπου από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), ενώ το υπόλοιπο 1/4 είναι οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) σε ποσοστό 14%, καθώς επίσης και οξείδια του νατρίου, του καλίου, του σιδήρου, κ.λπ. σε μικρότερη ποσότητα. Το μέγεθος των κόκκων που συνιστάται για υδροπονία είναι 3-5 mm (διάμετρος). Το ολικό πορώδες του περλίτη ανέρχεται στο 95%, η ικανότητα συγκράτησης νερού σε 200-450% του βάρους του (ανάλογα με τη κοκκομετρική του σύσταση) και το ειδικό του βάρος στα 40-150 Kg/m^3 (Σάββας, 2003).

Από πειράματα και από την μέχρι σήμερα καλλιεργητική εμπειρία έχει αποδειχθεί ότι μια ποσότητα 4-5L περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια την κυριότερων καρποδοτικών κηπευτικών (τομάτα, πιπεριά, αγγούρι κ.λπ.) (Εικόνα 2). Ειδικά για καλλιέργεια αγγουριού η ποσότητα περλίτη ανά φυτό θα μπορούσε ίσως να είναι λίγο μεγαλύτερη. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκκους είτε σε γλάστρες είτε σε άλλα φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί μέσα σε υδροροές οι οποίες στη συνέχεια καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το τελευταίο αυτό σύστημα όμως παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα, κυριότερο από τα οποία είναι η ανάγκη χρησιμοποίησης μεγαλύτερων ποσοτήτων περλίτη ανά φυτό.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος καλλιέργειας κηπευτικών σε περλίτη είναι η προβλάστηση των σποροφύτων σε κύβους τύρφης ή πετροβάμβακα ή άλλου αποστειρωμένου υλικού και η τοποθέτηση τους κατά την μεταφύτευση πάνω στους σάκκους ή στα φυτοδοχεία με τον περλίτη. Φυτά τα οποία είναι ανθεκτικά στην μεταφυτρωτική διαταραχή όπως η τομάτα μπορούν εναλλακτικά να σπαρθούν ομαδικά σε κιβώτια σποράς με περλίτη και αργότερα, μόλις φθάσουν σε ηλικία κατάλληλη για μεταφύτευση, να μεταφυτευτούν μόνιμα πάνω στο υπόστρωμα που περιέχεται στους σάκκους ή στις γλάστρες. Αντίθετα, φυτά ευαίσθητα στην μεταφυτευτική διαταραχή όπως το αγγούρι, θα πρέπει κατά προτίμηση να σπέρνονται απευθείας σε ατομικά κυβάκια. Η παρασκευή και η παροχή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά δεν παρουσιάζει καμία ιδιαιτερότητα σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα πάνω σε αδρανή υποστρώματα. Σημαντικό είναι βέβαια, κατά τον καθορισμό της ποσότητας και της συχνότητας παροχής θρεπτικού διαλύματος, να λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα συγκράτησης νερού του περλίτη σε συνδυασμό με την ποσότητα υποστρώματος ανά φυτό ώστε να μην διψούν τα φυτά στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των ποτισμάτων με θρεπτικό διάλυμα.



Ο περλίτης δεν μπορεί κατά κανόνα να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη και πολύ περισσότερο για τρίτη καλλιέργεια γιατί οι κόκκοι του γρήγορα θρυμματίζονται. Αυτό έχει σαν συνέπεια να υποβαθμίζεται το πορώδες του και να μειώνεται έτσι η υδατοχωρητικότητα και η αεροπερατότητά του. Σε γενικές γραμμές η συμπεριφορά του σαν υπόστρωμα για μια καλλιέργεια είναι ικανοποιητική, αρκεί το θρεπτικό διάλυμα να έχει την κατάλληλη σύνθεση. Το μεγάλο πλεονέκτημα του περλίτη όμως σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα είναι το φθινό κόστος του.

1.5.Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος

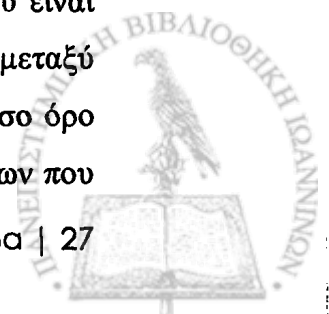
Τα φυτά για την ανάπτυξη τους έχουν ανάγκη από 16 χημικά στοιχεία. Από αυτά τα 9 είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες και ονομάζονται μακροστοιχεία ενώ τα υπόλοιπα 7 είναι απαραίτητα μόνο σε ίχνη και ονομάζονται ιχνοστοιχεία. Τα μακροστοιχεία είναι ο άνθρακας (C), το υδρογόνο (H), το Οξυγόνο (O), το άζωτο (N), ο φωσφόρος (P), το θείο (S), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca) και το μαγνήσιο (Mg). Τα ιχνοστοιχεία είναι ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn), ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu), το βόριο (B), το μολυβδαίνιο (Mo), και το χλώριο (Cl). Αν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία προστεθούν στο νερό σε κατάλληλες ποσότητες, προκύπτει ένα υδατικό διάλυμα το οποίο καλείται θρεπτικό διάλυμα γιατί μπορεί να καλύψει πλήρως τις ανάγκες των φυτών.

1.5.1Φυσιολογικός ρόλος θρεπτικών στοιχείων

1.5.1.1. Φυσιολογικός ρόλος αζώτου

Το άζωτο (N) αποτελεί το σημαντικότερο θρεπτικό στοιχείο μετά τον άνθρακα (C), το οξυγόνο (O) και το υδρογόνο (H). Το άζωτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά τόσο σε νιτρική (NO_3^-), όσο και αμμωνιακή (NH_4^+) μορφή (Forde and Clarson, 1999).

Είναι συστατικό των αμινοξέων στα οποία συμμετέχει σε μορφή αμινομάδας ($-\text{NH}_2$). Κατά συνέπεια το άζωτο είναι συστατικό όλων των πρωτεϊνών, αφού είναι γνωστό ότι οι τελευταίες αποτελούνται από πολλά αμινοξέα συνδεδεμένα μεταξύ τους σε μορφή αλυσίδας. Υπολογίζεται ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν κατά μέσο όρο 12% άζωτο περίπου. Επιπλέον, το άζωτο συμμετέχει στην δομή των 5 βάσεων που



συνιστούν τα νουκλεοξέα (αδερίνη, γουανίνη, κυτοσίνη, θυμίνη, ουρακίλη), καθώς και στο μόριο ορισμένων συνενζύμων, μεταξύ των οποίων και της χλωροφύλλης. Επομένως, το άζωτο είναι ένα θρεπτικό στοιχείο το οποίο είναι απολύτως αναγκαίο για όλους τους ζώντες οργανισμούς και όχι μόνο για τα φυτά. Η ονομασία ά-ζωτο χρησιμοποιήθηκε ακριβώς για να υποδηλώσει ότι χωρίς αυτό το χημικό στοιχείο δεν νοείται ζωή, ούτε ακόμη και σε στοιχειώδη μορφή όπως είναι αυτή των ιών. Κατά μέσο όρο η περιεκτικότητα των διαφόρων φυτών σε άζωτο ανέρχεται περίπου σε 1,5-4,5% της ξηράς ουσίας ολόκληρου του φυτού (Forde and Clarkson 1999).

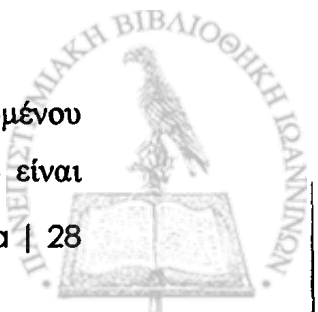
1.5.1.2. Φυσιολογικός ρόλος φωσφόρου

Ο φωσφόρος είναι το δεύτερο πιο σημαντικό στοιχείο μετά το άζωτο και η σημασία του για τους φυτικούς οργανισμούς οφείλεται στο γεγονός εμπλέκεται στη φωτοσύνθεση, την αναπνοή και άλλες μεταβολικές διαδικασίες (Γαλάτης, 2003). Συγκεκριμένα μέσα στους φυτικούς ιστούς ο φώσφορος αποτελεί συστατικό:

- 1) των φωσφορολιπιδίων,
- 2) των νουκλεοξέων,
- 3) των φωσφορυλιωμένων υδατανθράκων,
- 4) Πολλών συνενζύμων καθώς και προσθετικών ομάδων (πυριδινονουκλεοτίδια, φλαβινοπαράγωγα, FMN, FAD, πυροφωσφορική θειαμίνη, φωσφορική πυριδοξάλη, ATP, ADP, κ.λπ.) και
- 5) των φυτικών αλάτων. Τα φυτικά άλατα προέρχονται από την εστεροποίηση της κυκλικής αλκοόλης μυοϊνοσιτόλη με $H_2PO_4^-$ (οπότε προκύπτει εξαφωσφορική ινοσιτόλη η οποία είναι γνωστή και ως φυτινικό οξύ) και στην συνέχεια τον σχηματισμό των αλάτων αυτής με Mg, Ca και K. Τα φυτικά άλατα αποτελούν μορφή αποθησαυρισμού του φωσφόρου τα οποία εναποτίθενται σε όργανα όπως τα σπέρματα και διάφορα όργανα αγενούς αναπαραγωγής των φυτών. Ειδικά το φυτινικό άλας Mg και Ca καλείται φυτίνη.

1.5.1.3. Φυσιολογικός ρόλος θείου

Το θείο (S) είναι πολύ σημαντικό δομικό συστατικό των κυττάρων δεδομένου ότι: α) είναι συστατικό των θειούχων αμινοξέων (κυστεΐνη, μεθειονίνη) β) είναι



συστατικό συνενζύμων και προσθετικών ομάδων (θειαμίνη, CoA, λιποϊκόξύ, βιοτίνη, γλουτοθειόνη, κ.λπ. γ) είναι συστατικό πολυσακχαριτών, θεικών εστέρων, κ.λπ. (Σάββας 2000).

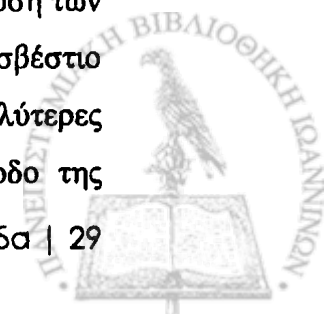
1.5.1.4. Φυσιολογικός ρόλος καλίου

Το κάλιο είναι το ιόν που βρίσκεται στη μεγαλύτερη αφθονία μέσα στα φυτά και παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές λειτουργίες των φυτών όπως στην κυτταρική αύξηση, τη βλάστηση των σπερμάτων, στο άνοιγμα των στοματίων, στην οσμωτική ρύθμιση, στην ενεργοποίηση των ενζύμων κ.α. Η απορρόφηση του είναι πολύ επιλεκτική και η επάρκεια του στις καλλιέργειες είναι συνώνυμη με την κανονική διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών και τη διευκόλυνση του φυτού στην απορρόφηση νερού (Χατζηευστρατίου, 2007).

1.5.1.5. Φυσιολογικός ρόλος ασβεστίου

Το ασβέστιο ενεργοποιεί τα ένζυμα, βοηθάει στην κυκλοφορία του νερού στα κύτταρα και είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη και τη διαίρεση τους.

Η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε ασβέστιο κυμαίνεται μεταξύ 0,1-5% ανάλογα με το είδος του φυτού, το φυτικό όργανο και την ηλικία του (Marschner, 1995). Σε γενικές γραμμές τα δικότυλα φυτά περιέχουν αρκετά μεγαλύτερες ποσότητες ασβεστίου (περίπου εικοσαπλάσιες) σε σύγκριση με τα μονοκότυλα. Οι διαφορές αυτές οφείλονται κυρίως στις σημαντικά μεγαλύτερες ανάγκες που έχουν τα δικότυλα φυτά σε κατιόντα για να κορεσθούν τα σταθερά αρνητικά φορτία των κολλοειδών των κυτταρικών τους τοιχωμάτων. Όσον αφορά το είδος των φυτικών οργάνων, τις μικρότερες συγκεντρώσεις Ca τις παρουσιάζουν οι καρποί και τα αποθηκευτικά όργανα (κόνδυλοι, ριζοκόνδυλοι, κ.λπ.) για λόγους που έχουν ήδη εξηγηθεί παραπάνω. Αντίθετα, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Ca υφίστανται στα ελάσματα των φύλλων όπου καταλήγει το ρεύμα της διαπνοής, ενώ σημαντικές ποσότητες ασβεστίου περιέχονται και στους μίσχους των φύλλων αφού μέσω αυτών διέρχονται τα αγγεία του ξύλου. Τέλος, όσον αφορά την ηλικία, στην περίπτωση των φύλλων τα κατώτερα και παλιότερα περιέχουν κατά κανόνα περισσότερο ασβέστιο αφού έχουν δεχθεί και καταναλώσει μέσω της διαπνοής σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Αντίθετα, στην περίπτωση των καρπών, με την πάροδο της



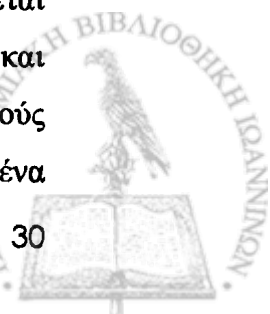
ηλικίας η περιεκτικότητα σε ασβέστιο συνήθως ελαττώνεται (Mix and Marschner, 1976a).

Οι βασικές λειτουργίες των φυτών στις οποίες υπεισέρχεται το ασβέστιο μπορούν σύμφωνα με τον Bangerth (1979) να ταξινομηθούν στις εξής 4 κατηγορίες: α) σταθεροποίηση κυτταρικών μεμβρανών, β) επίδραση στην λειτουργία ενζύμων γ) επίδραση στον σχηματισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων και δ) επίδραση στην διακίνηση και δράση ορισμένων φυτορμονών.

Εκτός από τις παραπάνω φυσιολογικές λειτουργίες, το ασβέστιο είναι απαραίτητο για τη βλάστηση των γυρεοκόκκων (Marthe, 1983) καθώς και την συμβιωτική δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου στις ρίζες των ψυχανθών από τα βακτήρια του γένους *Rhizobium* (Lowiher and Lonerang, 1968). Ο ρόλος του ασβεστίου στην συμβιωτική δέσμευση του αζώτου στις ρίζες των ψυχανθών από τα βακτήρια του γένους *Rhizobium* φαίνεται ότι σχετίζεται με την αρχική είσοδο των βακτηρίων στους φυτικούς ιστούς και τον σχηματισμό των φυματίων στις ρίζες.

1.5.1.6. Φυσιολογικός ρόλος μαγνησίου

Οι φυτικοί ιστοί συνήθως περιέχουν Mg σε ποσοστό μεταξύ 0,1-0,8% στην ξηρή ουσία. Υπάρχουν όμως και φυτά, όπως τα πυρηνόκαρπα ή τα ζαχαρότευτλα, των οποίων η περιεκτικότητα σε Mg ξεπερνά το 1 % στην ξηρή ουσία. Κατά κανόνα πιο πολύ Mg περιέχουν τα μεταβολικά ενεργά φύλλα καθώς και διάφορα αποθηκευτικά όργανα όπως τα σπέρματα. Όσον αφορά τις διαφορές που εμφανίζει η περιεκτικότητα σε Mg ανάμεσα στα διάφορα φυτικά είδη, φαίνεται σε γενικές γραμμές ότι τα δικότυλα φυτά περιέχουν πιο πολύ μαγνήσιο σε σύγκριση με τα μονοκότυλα. Το μαγνήσιο είναι ένα σημαντικό στοιχείο στη δομή της χλωροφύλλης και είναι απαραίτητο για την λειτουργία των ενζύμων, καθώς και για τη σύνθεση υδατανθράκων και σακχάρων. Το μεγαλύτερο μέρος του μαγνησίου που περιέχεται στους φυτικούς ιστούς περικλείεται στα χυμοτόπια των κυττάρων σε μορφή δισθενούς κατιόντος. Ο ρόλος του στο χυμοτόπιο είναι να αντισταθμίζει τα ηλεκτρικά φορτία των ανόργανων ανιόντων καθώς και των ανιόντων οργανικών οξέων που περικλείονται στα χυμοτόπια. Παράλληλα, το μαγνήσιο που περικλείεται στα χυμοτόπια λειτουργεί και ως απόθεμα που μπορεί εν μέρει να κινητοποιηθεί και να αξιοποιηθεί στον μεταβολισμό του κυττάρου κάτω από συνθήκες ανεπαρκούς τροφοδότησης των φυτών με Mg. Ειδικά στους αποθησαυριστικούς ιστούς, ένα



σημαντικό μέρος του μαγνησίου που περικλείεται στα χυμοτόπια βρίσκεται σε μορφή αλάτων της φυτίνης (εξαφωσφοροϊννοσίτης) με Mg. Σημαντικό επίσης μέρος του μαγνησίου των φυτικών ιστών βρίσκεται προσροφημένο στα αρνητικά φορτία των πηκτινών καθώς και των άλλων συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων. Το υπόλοιπο μαγνήσιο βρίσκεται στον πρωτοπλάστη όπου λαμβάνει μέρος σε διάφορες φυσιολογικές διεργασίες. Όπως είναι γνωστό, η χλωροφύλλη βρίσκεται στους χλωροπλάστες. Περίπου 10-20% του Mg των φυτικών ιστών περικλείεται στους χλωροπλάστες. Από το Mg, των χλωροπλαστών, περίπου το μισό ή και λιγότερο είναι δεσμευμένο στον δακτύλιο της πορφυρίνης ο οποίος συνιστά το βασικό τμήμα της χλωροφύλλης. Το υπόλοιπο Mg των χλωροπλαστών βρίσκεται ή σε μορφή ιόντος ή χαλαρά δεσμευμένο σε οργανικά μεγαλομόρια (κυρίως ένζυμα) λειτουργώντας ως γέφυρα μεταξύ επιμέρους αλυσίδων ή τμημάτων αυτών (Σάββας, 2000).

1.5.1.7. Φυσιολογικός ρόλος σιδήρου

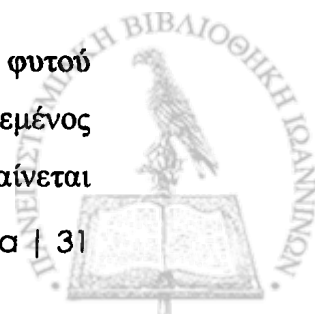
Ο σίδηρος στα φυτά συναντάται κυρίως ως συστατικό των σιδηροπρωτεϊνών όπως οι σιδηρούχες πρωτεΐνες και των αιμοπρωτεϊνών όπως είναι τα κυτοχρώματα, οι καταλάσες, οι υπεροξειδάσες και οι λεγκαιμογλοβίνες. Υπεισέρχεται στην αναπνοή στην φωτοσύνθεση και στην αζωτοδέσμευση (Σάββας, 2000)

1.5.1.8. Φυσιολογικός ρόλος του μαγγανίου

Το μαγγάνιο ενεργοποιεί διάφορα ένζυμα ιδιαίτερα ορισμένα που εμπλέκονται στην φωσφορυλίωση και τον κύκλο τρικαρβονικών οξέων. Επίσης συμβάλλει στην οξείδωση του ινδολυλοξικού οξέως μέσω ενεργοποίησης της υπεροξειδάσης. Τέλος το μαγγάνιο ενεργοποιεί αντιδράσεις της φωτόλυσης (Σάββας, 2000)

1.5.1.9. Φυσιολογικός ρόλος ψευδαργύρου

Ο ψευδάργυρος μεταφέρεται από την ρίζα προς το υπέργειο μέρος του φυτού μέσω των αγγείων του ξύλου, εν μέρει ως ελεύθερο ιόν και εν μέρει συνδεδεμένος με οργανικές ρίζες. Η συνηθισμένη περιεκτικότητα του Zn στα φυτά: κυμαίνεται



μεταξύ 20-100 $\mu\text{g/Kg}$ στην ξηρή ουσία. Γενικά ο ψευδάργυρος παρουσιάζει μικρή κινητικότητα μέσω του ηθμού με συνέπεια να κατατάσσεται στα μη διακινήσιμα θρεπτικά στοιχεία. Γι αυτό σε περίπτωση τροφопενίας ψευδαργύρου τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα νεαρά φύλλα της κορυφής.

Η βιολογική του δράση οφείλεται είτε στην συμμετοχή του ως δομικού συστατικού σε ορισμένα ένζυμα είτε στον ρόλο του στην ενεργοποίηση πολλών ενζύμων όταν βρίσκεται στο περιβάλλον τους. Η έλλειψη Ζη έχει ως συνέπεια την ανασχεση της σύνθεσης πρωτεϊνών, α) λόγω συμμετοχής του στην δομή της πολυμεράσης του RNA, β) λόγω συμμετοχής του Ζη στα ριβοσώματα, και γ) λόγω αυξημένης αποδόμησης του RNA επειδή η απουσία Ζη έχει ως συνέπεια την αυξημένη δραστηριότητα της RNAσης, η οποία καταλύει την αποδόμηση του RNA (Σάββας, 2000).

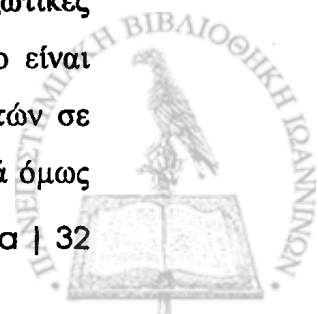
1.5.1.10. Φυσιολογικός ρόλος χαλκού

Μέσα στο φυτό ο χαλκός συμμετέχει στις εξής φυσιολογικές και βιοχημικές λειτουργίες: α) είναι συστατικό πλαστοκυανίνης, β) ενεργοποιεί οξειδάσες (π.χ. οξειδάση κυτοχρώματος c), γ) συμμετέχει στον μεταβολισμό των λιπαρών οξέων, δ) είναι συστατικό του ενζύμου υπεροξυδισμουτάση

Τέλος, ο χαλκός συμβάλλει στην πρωτεϊνοσύνθεση καθώς και την βιοσύνθεση σακχάρων (Σάββας, 2000).

1.5.1.11. Φυσιολογικός ρόλος νάτριου

Το νάτριο βρίσκεται σε αφθονία στον στερεό φλοιό της γης. Υπολογίζεται ότι το 2,8% του στερεού φλοιού της γης συνίσταται από Na. Το αντίστοιχο ποσοστό για το κάλιο είναι 2,6%. Εντούτοις, ενώ το κάλιο είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο το οποίο περιέχεται σε μεγάλες ποσότητες στα φυτά, δεν συμβαίνει το ίδιο και με το νάτριο. Το νάτριο είναι τοξικό για την ζωή ύλη και γι αυτό τα φυτά έχουν αναπτύξει μηχανισμούς εκλεκτικής απέκκρισης του είτε εκτός των ζωντανών κυττάρων είτε εκτός συγκεκριμένων περιοχών αυτών όπου επιτελούνται ζωτικές βιοχημικές λειτουργίες, όπως π.χ. η φωτοσύνθεση. Επειδή όμως το νάτριο είναι άφθονο στη φύση, συνήθως δημιουργούνται προβλήματα έκθεσης των φυτών σε υπερβολικές συγκεντρώσεις του χημικού αυτού στοιχείου. Σε ορισμένα φυτά όμως



φυτά το νάτριο ασκεί επωφελή δράση, ενώ για ορισμένες άλλες κατηγορίες φυτών το νάτριο θεωρείται απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο (C4, CAM, τεύτλο) (Σάββας, 2000).

1.5.2.Υδατοδιαλυτά λιπάσματα

Για να προστεθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά υδατοδιαλυτά άλατα καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται με τη μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χηλικές ενώσεις σιδήρου). Στην υδροπονία δε συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται σύνθετα, πλήρη υδατοδιαλυτά λιπάσματα, που αποτελούνται από ένα μείγμα απλών λιπασμάτων με δεδομένες για κάθε τύπο σκευάσματος αναλογίες θρεπτικών στοιχείων. Κατ' αρχήν τα σύνθετα υδατοδιαλυτά λιπάσματα αν και αποκαλούνται πλήρη δεν μπορούν να περιέχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά. Συγκεκριμένα, εφόσον περιέχουν φώσφορο και θείο δεν είναι δυνατόν να περιέχουν συγχρόνως και ασβέστιο και να είναι υδατοδιαλυτά. Εκτός αυτού, η χρήση ενός σύνθετου λιπάσματος καθιστά εκ των πραγμάτων ανέφικτη την προσαρμογή της θρέψης στα δεδομένα της εκάστοτε καλλιεργητικής συγκυρίας και δυσχεραίνει την διεξαγωγή διορθωτικών παρεμβάσεων οπότε αυτό κρίνεται αναγκαίο για την αποκατάσταση της ισορροπίας στη θρέψη (Σάββας, 2005).

Τα υδατοδιαλυτά λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα για την παρασκευή θρεπτικού διαλύματος είναι τα εξής:

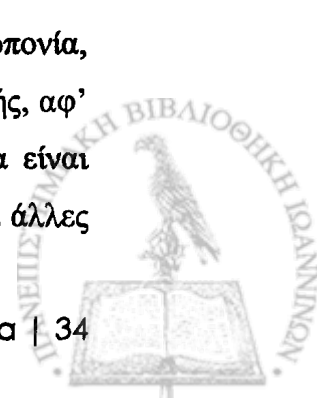
Πίνακας 1. Συνοπτική περιγραφή κυριότερων απλών υδατοδιαλυτών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων.

Λίπασμα	χημικός τύπος	θρεπτικά στοιχεία (%)	μοριακό βάρος	διαλυτότητα (Kg/l, 0° C)
νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3	N: 35	80,0	1,18
νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$	N: 15,5, Ca: 19	1080,5	1,02
νιτρικό κάλιο	KNO_3	N: 13, K: 38	101,1	0,13
νιτρικό μαγνήσιο	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	N: 11, Mg:9	256,3	2,79 (20° C)
νιτρικό οξύ	HNO_3	N: 22	63,0	-

φωσφορικό μονό κάλιο	KH_2PO_4	P: 23, K: 28	136,1	1,67
θειικό κάλιο	K_2SO_4	K: 45, S: 18	174,3	0,12
θειικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg:9,7, S: 13	246,3	0,26
Χηλικός σίδηρος	διαφόρων τύπων	Fe:6-13	-	-
θειικό μαγγάνιο	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn: 32	169,0	1,05
θειικός ψευδάργυρος	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn:23	287,5	0,62
θειικός χαλκός	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu: 25	249,7	0,32
βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	B: 11	381,2	0,016
μολυβδαινικό αμμώνιο	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mo:54	1235,9	0,43

Τα απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα συνίστανται μόνο από μία χημική ένωση (με εξαίρεση το νιτρικό ασβέστιο), συνοδευόμενη συνήθως και από νερό, είτε σε κρυσταλλική μορφή (άλατα) είτε σε διαλυτή (οξέα). Επομένως, για να παρασκευασθεί ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα με μία δεδομένη σύνθεση θα πρέπει να προστεθεί στο νερό ένα μείγμα από τα λιπάσματα του Πίνακα 1. Όλα σχεδόν τα λιπάσματα του Πίνακα 1 που χρησιμοποιούνται ως πηγές μακροστοιχείων κατά την Παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων αποτελούνται από δύο ιόντα θρεπτικών στοιχείων (ένα κατιόν και ένα ανιόν). Υδατοδιαλυτά άλατα των οποίων το ένα ιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο ενώ το άλλο όχι (π.χ. KCl , NaNO_3 , κ.λπ.) δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν ποτέ ως λιπάσματα μακροστοιχείων λόγω της επιβάρυνσης του διαλύματος με ένα ανεπιθύμητο ιόν σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις. Αντίθετα, για τα ιχνοστοιχεία δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα, δεδομένου ότι οι ποσότητες λιπασμάτων ιχνοστοιχείων που προστίθενται στο διάλυμα είναι πολύ χαμηλές. Επομένως, το συνοδό ιόν των χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται για την προσθήκη κάποιου ιχνοστοιχείου σε ένα θρεπτικό διάλυμα δεν είναι απαραίτητο να περιέχει ή να είναι και αυτό κάποιο θρεπτικό στοιχείο. Μπορεί να είναι κάποιο άλλο ιόν (π.χ. Na^+) χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα, αρκεί το ιόν αυτό να μην είναι επιβλαβές για τα φυτά στην συγκεκριμένη συγκέντρωση (Σάββας, 2005).

Για να εξασφαλίζεται η καλή θρέψη και ανάπτυξη των φυτών στην υδροπονία, θα πρέπει αφ' ενός μεν η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος να είναι ακριβής, αφ' εταίρου δε η παροχή του στο χώρο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος να είναι τακτική. Επομένως είναι απαραίτητο να ελέγχεται τακτικά η σύσταση και οι άλλες



ιδιότητες του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο των ριζών και όποτε υπάρχει ανάγκη τα μεγέθη αυτά να αναπροσαρμόζονται στα επιθυμητά αρχικά επίπεδα.

Από την άλλη πλευρά όμως, η αριστοποίηση της σύστασης του διαλύματος με το οποίο τρέφονται τα φυτά αλλά και η επέμβαση προς διόρθωση ανισορροπιών που τυχόν εμφανίζονται είναι πολύ πιο εύκολη στην υδροπονία, αφού σε κάθε φυτό αντιστοιχεί ένας τόσο μικρός όγκος ριζοστρώματος και θρεπτικού διαλύματος, το οποίο πολύ εύκολα και γρήγορα μπορεί να ανανεώνεται.

Πριν γίνει συγκεκριμένη αναφορά στους ελέγχους και τις αναπροσαρμογές που πρέπει να γίνονται στο θρεπτικό διάλυμα ώστε να εξασφαλίζεται σε όλα τα στάδια της καλλιέργειας η ισόρροπη θρέψη και ανάπτυξη των φυτών θα πρέπει πρώτα να διευκρινισθεί ότι αυτό θα πρέπει να γίνεται τόσο στο νωπό θρεπτικό διάλυμα που φτάνει στα φυτά μέσω του συστήματος παροχής, όσο και σε αυτό που υπάρχει στο χώρο των ριζών (Σάββας, 2005).

Στην περίπτωση των ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων, η σύσταση του διαλύματος με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά δεν είναι η ίδια με αυτή του διαλύματος που υπάρχει στον χώρο του ριζικού συστήματος, δηλαδή μέσα στο υπόστρωμα. Πράγματι, το διάλυμα που παρέχεται στα φυτά είναι καινούριο και στο βαθμό που παρασκευάζεται σωστά θα έχει γνωστές και δεδομένες συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων και επομένως θα χαρακτηρίζεται από τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Έτσι στα ανοιχτά συστήματα το μόνο που χρειάζεται να γίνεται για να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα του διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, είναι να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα αν οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι αυτές που προβλέπονται από το σχήμα θρέψης που εφαρμόζεται. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται εύκολα και γρήγορα με απλά φορητά όργανα και αποσκοπούν στην έγκαιρη διάγνωση και διόρθωση ενδεχομένων λαθών ή βλαβών στο σύστημα μείξης και παροχής του διαλύματος.

Αντίθετα, τόσο οι συγκεντρώσεις σε θρεπτικά στοιχεία, όσο και οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του διαλύματος που βρίσκεται στο χώρο ανάπτυξης των ριζών δεν είναι ούτε δεδομένες ούτε σταθερές. Οι μεταβολές που υφίστανται προσδιορίζονται από τρεις παράγοντες:

α) από το είδος και την ποσότητα του διαλύματος που φτάνει στο χώρο του ριζοστρώματος μέσω του συστήματος παροχής,

β) από την πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων από το φυτό και



γ) από την έκταση της απορροής διαλύματος από το χώρο των ριζών προς το έδαφος.

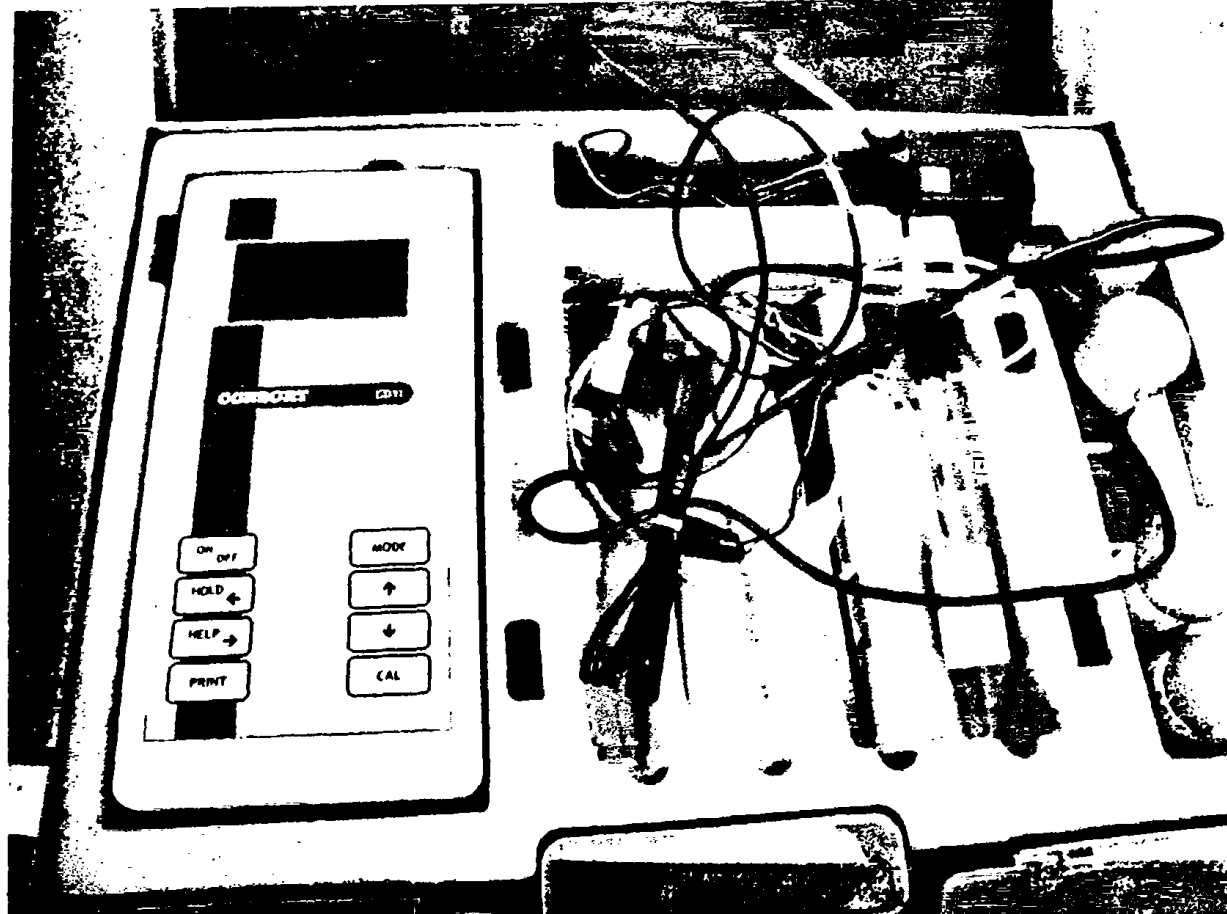
Στους παραπάνω παράγοντες δεν προστίθεται η εξάτμιση διαλύματος από το χώρο του ριζοστρώματος διότι σε ένα καλά εγκατεστημένο υδροπονικό σύστημα ο χώρος του ριζικού συστήματος καλύπτεται πλήρως με πλαστικό φύλλο, συνεπώς η εξάτμιση είναι πρακτικά πολύ μικρή.

Για την υδροπονική πράξη σημασία έχει, οι ιδιότητες του διαλύματος που βρίσκεται στο χώρο των ριζών να μεταβάλλονται όσο το δυνατόν πιο λίγο και πιο αργά σε σχέση με αυτές του καινούργιου διαλύματος, με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά. Επομένως, όλοι οι καλλιεργητικοί χειρισμοί θα πρέπει να συντείνουν προς αυτό το στόχο. Για να γίνονται όμως έγκαιρα αντιληπτές οι ανεπιθύμητες μεταβολές στη σύσταση και τις άλλες ιδιότητες του διαλύματος που υπάρχει στο χώρο των ριζών σαν αποτέλεσμα των προαναφερθέντων παραγόντων θα πρέπει το pH και η ηλεκτρική του αγωγιμότητα να μετριοούνται τακτικά ενώ σε αραιότερα χρονικά διαστήματα θα πρέπει να προσδιορίζεται και η περιεκτικότητά του σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Αν οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ή κάποιες περιεκτικότητες σε θρεπτικά στοιχεία αποκλίνουν σημαντικά από τις επιθυμητές τιμές που υφίστανται στο παρεχόμενο διάλυμα, θα πρέπει με κατάλληλους χειρισμούς αυτές να αναπροσαρμόζονται στα επιθυμητά επίπεδα.

1.6. Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων

Η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος εκτός βέβαια από την περιεκτικότητα στα επιμέρους θρεπτικά στοιχεία, εξαρτάται από το pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητά του (E.C.). Το pH είναι μέτρο της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου (H^+) στο διάλυμα και η τιμή του επηρεάζει καθοριστικά την διαλυτότητα και συνεπώς την διαθεσιμότητα των περισσότερων ιόντων θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια. Αντίστοιχα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί μέτρο της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων στο διάλυμα και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του βαθμού επάρκειας θρεπτικών στοιχείων σε αυτό. Τα δύο αυτά μεγέθη χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τον καθημερινό έλεγχο της ποιότητας του διαλύματος χάρις στην δυνατότητα που υπάρχει να μετρώνται εύκολα και γρήγορα με απλά φορητά όργανα (Εικόνα 3).





Εικόνα 3. Όργανο μέτρησης EC, pH

1.6.1. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) των θρεπτικών διαλυμάτων

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity - E.C.) σαν φυσικό μέγεθος είναι το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, έχει δηλαδή διαστάσεις ηλεκτρικής αντίστασης ανά μονάδα μήκους. Στην πραγματικότητα πρόκειται για την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα για συντομία όμως ονομάζεται απλώς ηλεκτρική αγωγιμότητα. Στην περίπτωση των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων εκφράζει την ικανότητα ενός διαλύματος ευρισκομένου εντός κύβου πλευράς μήκους ενός μέτρου να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα, αν αυτό μέσω δύο ηλεκτροδίων τεθεί υπό διαφορά δυναμικού.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Έτσι στην περίπτωση των νερών άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων είναι μέτρο της περιεκτικότητας τους σε θρεπτικά στοιχεία και άλλα ανόργανα άλατα. Βέβαια η ηλεκτρική αγωγιμότητα δε μας δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων, που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα αλλά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση. Όταν επικρατεί ζεστός καιρός και ηλιοφάνεια και

γενικά συνθήκες που ευνοούν υψηλούς ρυθμούς διαπνοής οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας θα πρέπει να τείνουν προς τα κατώτερα όρια, ενώ σε συνθήκες χαμηλών ρυθμών διαπνοής ενδείκνυται τιμές κοντά στα ανώτερα όρια που συνιστώνται για το συγκεκριμένο φυτό και στάδιο καλλιέργειας.

1.6.2. Το pH των θρεπτικών διαλυμάτων

Το pH του θρεπτικού διαλύματος που αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητάς του σε ιόντα υδρογόνου, δηλαδή της ενεργού οξύτητάς του, είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητα του θρεπτικού διαλύματος. Όταν το pH είναι ψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ως ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία που είναι ευδιάλυτα μέσα σε ένα σχετικά στενό εύρος τιμών pH παύουν να είναι διαθέσιμα για τα φυτά, ενώ άλλα απορροφώνται ταχύτερα από ότι συνήθως, γιατί αυξάνεται η διαλυτότητα τους. Οι παραπάνω καταστάσεις έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση διαταραχών στη θρέψη των φυτών όπως τροφопενίες και τοξικότητες.

1.7. Τεχνική παρασκευής θρεπτικών διαλυμάτων

Όταν μία καλλιέργεια φυτών τροφοδοτείται για ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα με θρεπτικό διάλυμα, οι ποσότητες που θα χρειαστεί να καταναλωθούν μπορεί να είναι σχετικά μεγάλες. Στην περίπτωση αυτή, για να αποφευχθεί η συχνή παρασκευή θρεπτικού διαλύματος, παρασκευάζονται πυκνά διαλύματα τα οποία είναι 100-200 ή και περισσότερες φορές πυκνότερα από το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο θα τροφοδοτηθούν τα φυτά. Τα πυκνά αυτά διαλύματα (γνωστά και ως μητρικά διαλύματα) στη συνέχεια αραιώνονται σε μία καθορισμένη αναλογία με το νερό άρδευσης, οπότε τελικά προκύπτει το κανονικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά. Πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιούνται διαφορετικά δοχεία πυκνών διαλυμάτων, γιατί το νιτρικό ασβέστιο δεν μπορεί να τοποθετηθεί στο ίδιο δοχείο με φωσφορικά και θειικά λιπάσματα σε τόσο μεγάλες συγκεντρώσεις. Κάτι τέτοιο θα είχε σαν συνέπεια την κατακρήμνιση $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ και CaSO_4 , λόγω της χαμηλής διαλυτότητας που έχουν αυτά τα δύο άλατα. Συνήθως χρησιμοποιείται και βαρέλι μητρικού διαλύματος, στο οποίο τοποθετείται



αποκλειστικά και μόνο οξύ (κατά κανόνα HNO_3), για τον έλεγχο του pH του διαλύματος (Σάββας, 2005).

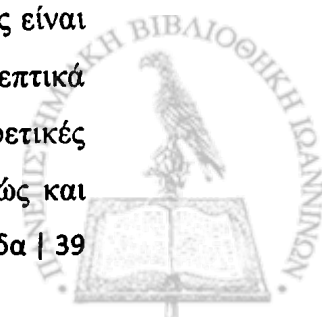
Τα δοχεία των πυκνών διαλυμάτων συνδέονται με ένα σύστημα μίξης, το οποίο αραιώνει (συνήθως στην ίδια αναλογία) τα πυκνά διαλύματα με νερό. Η αναλογία αραιώσης είναι τόση, όσες φορές πιο πυκνά έχουν παρασκευασθεί τα μητρικά διαλύματα αναφορικά με το αραιό διάλυμα, με το οποίο θα τροφοδοτηθούν τα φυτά. Το αραιό διάλυμα που προκύπτει οδηγείται στον χώρο ανάπτυξης των φυτών με τη βοήθεια μιας αντλίας. Στη συνέχεια διοχετεύεται η απαιτούμενη κάθε φορά ποσότητα οξέως στο αραιό διάλυμα ώστε το pH να συγκρατείται μεταξύ 5,5 και 6,0.



Εικόνα 4. Δοχεία παρασκευής πυκνών διαλυμάτων

1.8. Κατάρτιση σύνθεσης θρεπτικών διαλυμάτων

Η σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων διαφοροποιείται ανάλογα με το ύψος των συγκεντρώσεων των επιμέρους θρεπτικών στοιχείων αφενός και με τις αναλογίες μεταξύ των συγκεντρώσεων αυτών αφετέρου. Η διαφοροποίηση της σύνθεσης είναι αναγκαία δεδομένου ότι οι ανάγκες των διαφόρων φυτικών ειδών σε θρεπτικά στοιχεία διαφέρουν, ενώ παράλληλα ακόμη και το ίδιο φυτό έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του καθώς και



άλλους εξωγενείς παράγοντες (κλιματικές συνθήκες, κ.λπ.). Επομένως το πρώτο ζήτημα που τίθεται όταν πρόκειται να παρασκευασθεί ένα θρεπτικό διάλυμα είναι η επιλογή της κατάλληλης σύνθεσης η οποία θα πρέπει να αντιστοιχεί στις ανάγκες της συγκεκριμένης καλλιέργειας για την οποία προορίζεται.

Οι συνθέσεις θρεπτικών διαλυμάτων που προτείνονται σε διάφορες βιβλιογραφικές πηγές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσιες κατά τον υπολογισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων λιπασμάτων μόνο στην περίπτωση που το νερό που χρησιμοποιείται είναι απιονισμένο ή βρόχινο με μηδενική πρακτικά συγκέντρωση αλάτων. Όταν όμως το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων προέρχεται από γεωτρήσεις, φράγματα ή φυσικές πηγές, είναι σίγουρο ότι περιέχει σημαντικές ποσότητες ανόργανων ιόντων. Γι αυτό, από τις ποσότητες λιπασμάτων που θα έπρεπε να προστεθούν σε απεσταγμένο νερό για να προκύψει θρεπτικό διάλυμα μιας δεδομένης σύστασης θα πρέπει να αφαιρούνται οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στο χρησιμοποιούμενο νερό. Όπως είναι γνωστό, σε όλα τα υδατικά διαλύματα ισχύει η αρχή της ηλεκτρικής ουδετερότητας (το σύνολο των θετικών φορτίων ισούται με το σύνολο των αρνητικών φορτίων των ιόντων). Επομένως, κάθε προτεινόμενη σύνθεση θρεπτικού διαλύματος για να είναι εφαρμόσιμη θα πρέπει να είναι ισοσκελισμένη ως προς τις συγκεντρώσεις ανιόντων και κατιόντων που δίνονται. Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα δεν παίζουν πρακτικά κανένα ρόλο στο ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σ' αυτά, γιατί, είναι αμελητέες σε σύγκριση με αυτές των μακροστοιχείων (η συνολική συγκέντρωση ιχνοστοιχείων είναι περίπου το 1/500 αυτής των μακροστοιχείων). Γι αυτό κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων καθορίζονται ανεξάρτητα από αυτές των μακροστοιχείων (Σάββας, 2005).

Για τον καθορισμό της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος έχουν αναπτυχθεί ειδικά προγράμματα Η/Υ για τον υπολογισμό των ποσοτήτων λιπασμάτων που απαιτούνται για την παρασκευή ενός συγκεκριμένου θρεπτικού διαλύματος. Ένα τέτοιο πρόγραμμα μαζί με οδηγίες χρήσης δίνεται στην ιστοσελίδα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (www.aua.gr). Το μαθηματικό πρότυπο πάνω στο οποίο στηρίζονται οι υπολογισμοί με το προαναφερόμενο πρόγραμμα Η/Υ έχει περιγραφεί από τους Savvas and Adamidis (1999) και Savvas (2001) (Εικόνα 5).



ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Καλλιεργητής: ΓΠΑ - ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ		Επείγουσα χαρακτηριστικά Δ.Α.		Ε.Ε.		Εύρεση νερού		Calc.	
Καλλιεργήσιμα: Τομάτα		pH opt.		pH		7.63		(kg)	
Πείραμα με Ca-salinity model		X: (K)		Ca ⁺⁺		3.80 meq/l		0.217	
Ημερομηνία: 07 Σεβρουαρίου 2007		Y: (Ca)		Mg ⁺⁺		1.30 meq/l			
Σχήμα θρέψης: Διάλυμα συμπλήρωσης		Z: (Mg)		K ⁺		0.05 meq/l		0.983	
		R (NPK)		NH ₄ ⁺		0.00 meq/l			
		M _r (NH ₄ Not N)		Na ⁺		0.80 meq/l			
		P _r (P ratio)		SO ₄ ²⁻		1.55 meq/l			
		[Ca] _{av}		[Fe] _{av}		0.00 meq/l		6.068	
Δοσεία πυκνών διαλυμάτων		V, m ³		[Mn] _{av}		3.60 meq/l			
Δοσείο Α		0,1		[Zn] _{av}		0.80 meq/l		5.247	
Δοσείο Β		0,1		[Cu] _{av}		1.20 μmoli		ΚΙΛΑ	
Δοσείο Γ		0,1		[B] _{av}		0.15 μmoli		100 ΑΙΤΡΑ	
Δοσείο Δ		0,1		[Mo] _{av}		0.00 μmoli		ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
Δοσείο Ε		0,1		Calculation of C _p		2.78 μmoli		ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
Δοσείο ΣΤ		0,1		[H ₂ O] _{av}		0.00 μmoli		ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				B _{av}				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				[CO ₃] _{av} + [HCO ₃] _{av} + [H ₂ CO ₃]				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				[H ₂ O] _{av}				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				B _{av}				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				C.C.W.				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				C.A.F.				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				C.C.S				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				C.A.S				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				C.A.W.				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				A.A.F.				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				Ca ⁺⁺				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				Mg ⁺⁺				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				K ⁺				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				NH ₄ ⁺				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				Na ⁺				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	
				0.00				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ	

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΠΥΚΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

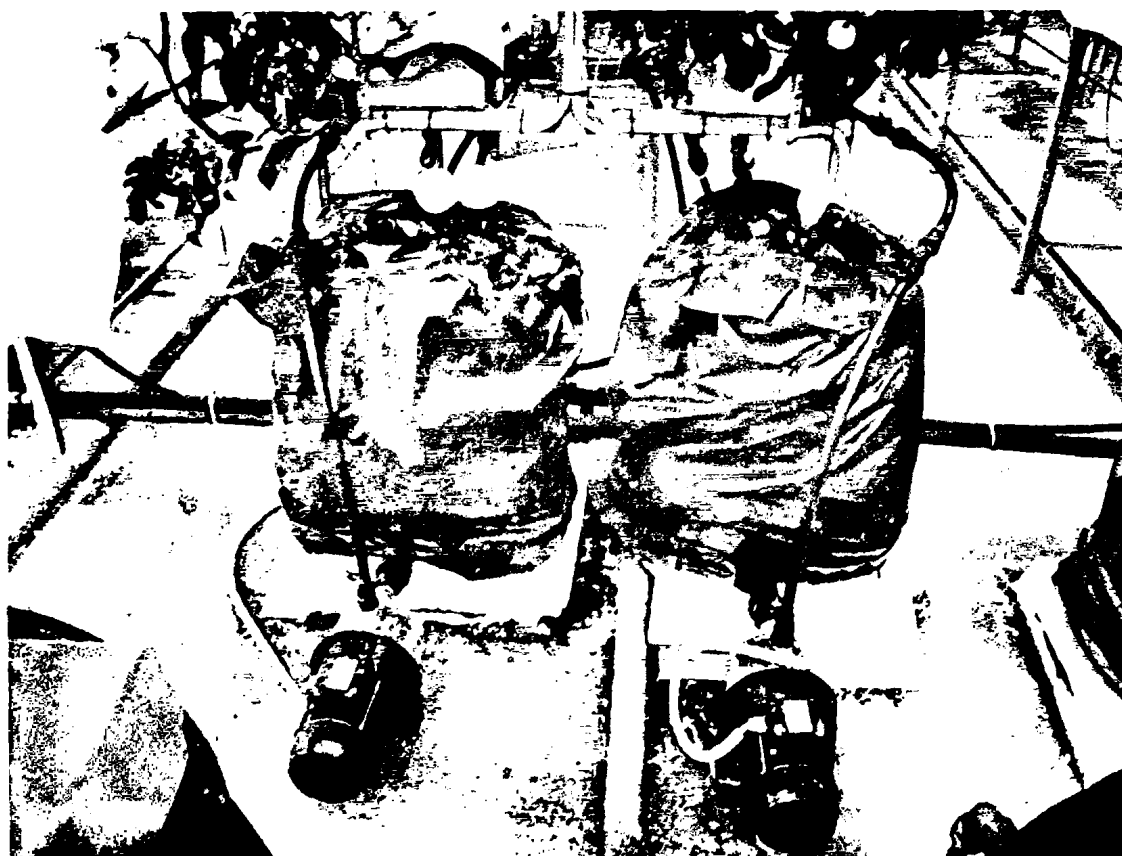
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		5.0	
		13 Solubar				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		35.5	
		14 Μολυβδαινικό α				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		3.5	

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
Ε.Ε.		pH		Calc.		1.71 dSm		5.58	
ΔΟΧΕΙΟ Α		1 Νιτρικό αζώτου		0.217		100 ΑΙΤΡΑ		2.187	
ΔΟΧΕΙΟ Β		2 Νιτρική αμμωνία		0.983		100 ΑΙΤΡΑ		0.228	
ΔΟΧΕΙΟ Γ		3 Χημικός Fe (5%)				100 ΑΙΤΡΑ		0.140	
ΔΟΧΕΙΟ Δ		4 Νιτρικό κάλιο		6.068		100 ΑΙΤΡΑ		0.952	
ΔΟΧΕΙΟ Ε		5 Θειικό κάλιο		0.002		100 ΑΙΤΡΑ		5.247	
ΔΟΧΕΙΟ ΣΤ		6 Θειικό μαγνήσιο				100 ΑΙΤΡΑ		3.442	
		7 Νιτρικό μαγνήσιο				ΚΙΛΑ		0.000	
		8 Φωσφορικό μονο				ΚΙΛΑ		6.792	
		9 Νιτρικό οξύ 68%				ΑΙΤΡΑ		7.816	
		10 Θειικό μαγνήσιο				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		59.5	
		11 Θειικός ψευδάργ				ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ		38.5	
		12 Θειικός χαλκός							

1.9. Ανακύκλωση θρεπτικών διαλυμάτων

Ο όρος υποδηλώνει την επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών μετά την χορήγηση του στα φυτά. Για να είναι δυνατή η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τον χώρο των ριζών θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλο δίκτυο συλλογής αυτού από κανάλι (Εικόνα 6). Μέσω αυτού του δικτύου, το συλλεγόμενο διάλυμα επιστρέφει ξανά στην κεφαλή του συστήματος παροχής θρεπτικού διαλύματος ώστε να ξαναχρησιμοποιηθεί. Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος προϋποθέτει τη ύπαρξη ενός κλειστού δικτύου αγωγών (κλειστά υδροπονικά συστήματα). Τα κλειστά υδροπονικά συστήματα θεωρούνται από άποψη προστασίας του περιβάλλοντος πιο ενδεδειγμένα, αφού τα λιπάσματα που περιέχονται στο διάλυμα που περισσεύει και απορρέει (συνήθως το 15-30% της συνολικής παροχής) ανακυκλώνεται και επομένως δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Εκτός αυτού, χάρη στην ανακύκλωση του απορρέοντος διαλύματος γίνεται σημαντική εξοικονόμηση τόσο στο νερό όσο και σε λιπάσματα.



Εικόνα 6. Δίκτυο συλλογής και ανακύκλωσης θρεπτικού διαλύματος σε κλειστό υδροπονικό σύστημα

Απέναντι σε αυτά τα πλεονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων αντιπαραβάλλονται όμως και ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία τα καθιστούν πώ δύσκολα στην εφαρμογή τους από τον παραγωγό ενώ παράλληλα αυξάνουν και τους κινδύνους για την καλλιέργεια. Καταρχήν υπάρχει κίνδυνος, μέσω της ανακύκλωσης του διαλύματος να μολυνθεί όλη η καλλιέργεια με διαφορές ασθένειες αν προσβληθεί έστω και ένα φυτό (τουλάχιστον θεωρητικά). Εκτός αυτού, η συνεχής ανακύκλωση του ίδιου διαλύματος το οποίο απλώς συμπληρώνεται με καινούργιο διάλυμα σε αντικατάσταση των ποσοτήτων που καταναλώνονται από τα φυτά, οδηγεί αναγκαστικά στην συσσώρευση ορισμένων ανόργανων ιόντων που δεν προσλαμβάνονται ευχερώς από τα φυτά, όπως π.χ. Na^+ και Cl^- . Το πρόβλημα αυτό βέβαια δημιουργείται όταν τα ιόντα αυτά περιέχονται σε σημαντικές ποσότητες στο χρησιμοποιούμενο νερό, οπότε η συγκέντρωσή τους στο θρεπτικό διάλυμα αναγκαστικά είναι μεγαλύτερη από τις προσλαμβανόμενες από το φυτό ποσότητες αυτών. Η συνέπεια μίας τέτοιας κατάστασης είναι να ξεφεύγει η θρέψη από τον έλεγχο του παραγωγού αν δεν γίνονται τακτικές αναλύσεις στο ανακυκλούμενο διάλυμα για την παρακολούθηση των αλλαγών που σημειώνονται στην σύστασή του, ώστε όταν σημειώνεται υπέρβαση ορισμένων κρίσιμων τιμών να γίνεται ολοκληρωτική αντικατάστασή του με νέο διάλυμα και όχι απλώς συμπλήρωσή του. Ένα τρίτο πρόβλημα που δημιουργείται όταν γίνεται ανακύκλωση του διαλύματος είναι η βαθμιαία αλλαγή της σύστασής του, δεδομένου ότι τα φυτά διακρίνονται από εκλεκτικότητα κατά την απορρόφηση των ιόντων με συνέπεια η αναλογία απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων να μην συμπίπτει με την αναλογία που υφίσταται στο διάλυμα (Σάββας, 2005).

Για όλους αυτούς τους λόγους τα κλειστά υδροπονικά συστήματα δεν προτιμώνται συνήθως. Όταν όμως εφαρμόζεται ανακύκλωση του διαλύματος, οι λόγοι που υπαγορεύουν αυτή την επιλογή σχετίζονται κυρίως με προσπάθειες αποφυγής της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος και κυρίως του πόσιμου νερού του εδάφους με τα λιπάσματα που περιέχονται στο απορρέον διάλυμα και ιδιαίτερα με τα νιτρικά ιόντα.

Γι' αυτό τα τελευταία χρόνια τα κλειστά υδροπονικά συστήματα στηρίζονται μέσω διαφόρων κινήτρων σε όλες τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ σε ορισμένες χώρες όπως η Ολλανδία η εφαρμογή τους είναι υποχρεωτική από τον νόμο (De Kreij and Jonsson 1999)



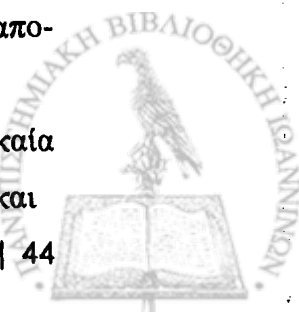
Προς το παρόν βέβαια η αυτοματοποίηση της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος βασίζεται σε σημαντικό βαθμό σε εκτιμήσεις και μοντέλα. Στο μέλλον όμως πιστεύεται ότι η όλη αυτή διαδικασία θα βασίζεται σε μετρήσεις των χαρακτηριστικών του εκάστοτε ανακυκλούμενου διαλύματος απορροής σε πραγματικό χρόνο (Savvas and Manos, 1999). Τέτοια χαρακτηριστικά των οποίων η μέτρηση σε συνθήκες πραγματικού χρόνου δεν είναι ακόμη τεχνικά και οικονομικά εφικτή, είναι κυρίως οι συγκεντρώσεις των επιμέρους θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στο διάλυμα απορροής (Albery et al, 1985; Gieling et al., 1988; Morard, 1996)

1.10. Υφιστάμενη κατάσταση – Προοπτικές

Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εκτός αυτών όμως παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά κλπ.) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

Εκτός όμως των δυνατοτήτων, που παρέχει η μέθοδος αυτή, για καλλιέργεια σε ένα βελτιωμένο περιβάλλον ρίζας, οι υδροπονικές καλλιέργειες παρουσιάζουν και άλλα πλεονεκτήματα, όπως είναι:

1. η απαλλαγή των φυτών από τις ασθένειες εδάφους και επομένως αποφυγή της επιβάρυνσης της επιχείρησης με το κόστος της απολύμανσης, που είναι συνήθως σημαντικό,
2. η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος,
3. η αποφυγή ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με λιπαντικά στοιχεία (ιδιαίτερα στα κλειστά συστήματα),
4. η ευκολότερη τεχνικά ρύθμιση του θερμικού περιβάλλοντος της ρίζας,
5. η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης,
6. ο περιορισμός της σκληρής χειρωνακτικής εργασίας, που είναι αναγκαία στις καλλιέργειες εδάφους, όπως αυτή της κατεργασίας του εδάφους και



7. η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης, γιατί δεν απαιτείται βελτίωση του εδάφους, δημιουργία ειδικών εδαφικών μειγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών, ζιζανιοκτονία κλπ..

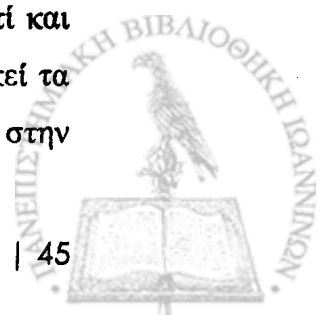
Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι υδροπονικές καλλιέργειες συνοψίζονται στα εξής:

1. είναι σχετικά ευαίσθητα συστήματα καλλιέργειας, με υψηλό κόστος χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών και
2. για ένα καλό αποτέλεσμα απαιτούνται περισσότερες από τις συνήθεις γνώσεις του καλλιεργητή.
3. Η υδροπονική καλλιέργεια, ιδιαίτερα όταν γίνεται (όπως συνήθως συμβαίνει) στο θερμοκήπιο, απαιτεί μεγαλύτερο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση των επιπτώσεων των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Όσο αυξάνει ο πληθυσμός της γης και όσο προχωρεί η αστικοποίηση του πληθυσμού, τόσο θα αυξάνεται η ζήτηση των φρέσκων λαχανικών και φρούτων, απαραίτητων για τη κάλυψη των διατροφικών αναγκών του κάθε ανθρώπου.

Η ανάπτυξη των φυτών απουσία του φυσικού εδάφους, με την πρώτη ματιά θα μπορούσε να αξιολογηθεί αρνητικά, γιατί είναι μια διαδικασία που απομακρύνει την παραγωγή των τροφίμων από το φυσικό περιβάλλον. Αν όμως ληφθεί υπόψη ότι, για να καλυφθούν οι ανάγκες της ανθρωπότητας σε τροφή, αναγκάζεται ο άνθρωπος να εκχερσώνει τεράστιες εκτάσεις δασών, ότι η συνεχής εντατική καλλιέργεια του εδάφους μακροχρόνια συμβάλλει στην καταστροφή αυτού του φυσικού πόρου και ότι, για να γίνει δυνατή η συνεχής καλλιέργεια ενός φυτού στο ίδιο έδαφος, χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες χημικών φυτοφαρμάκων τα οποία συχνά περνούν στα τρόφιμα ζημιώνοντας την υγεία των καταναλωτών, τότε η ανάπτυξη των φυτών εκτός του φυσικού εδάφους, σε πολλές περιπτώσεις, προστατεύει το περιβάλλον και την υγεία.

Η άποψη ότι στην υδροπονία τα φυτά καλλιεργούνται σε ανόργανα χημικά διαλύματα και επομένως είναι κατώτερης θρεπτικής αξίας είναι απλοϊκή, γιατί και στην καλλιέργεια του εδάφους, με εξαίρεση την οργανική καλλιέργεια, και εκεί τα φυτά καλλιεργούνται με τη χρήση χημικών λιπασμάτων και μάλιστα στην



υδροπονία τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται είναι πολύ πιο καθαρά και απαλλαγμένα βαρέων μετάλλων.

Και στην περίπτωση του εδάφους και στην περίπτωση της υδροπονίας, η ρίζα αποτελεί το φίλτρο ελέγχου της εισόδου των διαφόρων χημικών στοιχείων στα όργανα του φυτού.

Γενικά τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας δε διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται με το συνηθισμένο τρόπο στο έδαφος, μάλιστα από τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας αποδεικνύεται ότι περιέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες ακριβώς στην ίδια ποσότητα με τα υψηλής ποιότητας προϊόντα εδάφους.



2.Η Τομάτα

2.1.Εισαγωγή

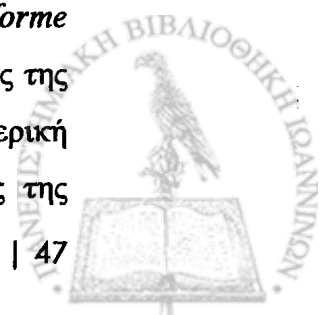
Από τη μια ήπειρο στην άλλη, και ξεπερνώντας πολλές εθνικές προκαταλήψεις και εμπόδια, η τομάτα κατάφερε τελικά να καθιερωθεί ως κυρίαρχο, παγκόσμιο λαχανικό. Με παρουσία στην Ευρώπη μόλις λίγων εκατονταετηρίδων, κατέλαβε δεσπόζουσα θέση στο σύγχρονο διαιτολόγιο.

Η τομάτα είναι κανονικά ένα φρούτο, αλλά λόγω του τρόπου που χρησιμοποιείται συγκαταλέγεται στα λαχανικά, όπως συμβαίνει και με το κολοκύθι, το αγγούρι, τη μελιτζάνα και την πιπεριά. Μάλιστα μεταξύ των λαχανικών, η τομάτα καταναλώνεται σήμερα σε τέτοιες ποσότητες που στις περισσότερες χώρες έρχεται δεύτερη, με μόνο ανταγωνιστή της, την πατάτα, ενώ υπάρχουν και χώρες όπου η τομάτα κατέχει την πρώτη θέση σε κατανάλωση.

Σε διεθνή κλίμακα, η καλλιέργεια της τομάτας καταλαμβάνει την τρίτη σε έκταση θέση μετά την πατάτα και γλυκοπατάτα, ενώ στην Ελλάδα η επιτραπέζια τομάτα καταλαμβάνει τη δεύτερη σε έκταση θέση μετά την πατάτα. Η δημοτικότητα της τομάτας ποικίλλει στις διάφορες χώρες, αλλά είναι πολύ λίγες οι περιοχές της γης όπου η τομάτα δεν καλλιεργείται με κάποια από τις μορφές καλλιέργειας της. Καλλιεργείται για τον καρπό της, ο οποίος καταναλώνεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέραιος ή σε πολτό. Ακόμη και οι άωροι καρποί (τοξικοί, εάν καταναλωθούν νωποί) συντηρούνται σε άλμη ή ξύδι (τουρσί).

2.2. Ιστορικά στοιχεία

Η τομάτα είναι ένα από τα 8-10 πολύ συγγενικά είδη του γένους *Lycopersicon*, το οποίο ξεχωρίζει από το πολύ συγγενικό είδος *Solanum* (πιθανός πρόγονος), από τα χαρακτηριστικά διάρρηξης των ανθέρων και απελευθέρωσης της γύρης. Τα πλείστα είδη του γένους *Lycopersicon* είναι θάμνοι ετήσιοι, βραχείας διάρκειας, με βιολογικό κύκλο 5 ή και λιγότερους μήνες. Όλα τα είδη είναι ενδογενή φυτά της ΝΑ Αμερικής. Η άγρια μορφή της τομάτας *Lycopersicon esculentum var cerasiforme* έχει βρεθεί επίσης και στο Μεξικό, στην Κεντρική Αμερική και άλλες περιοχές της Ν. Αμερικής. Ο τόπος καταγωγής της τομάτας πιστεύεται ότι είναι η Νότια Αμερική (ιδιαίτερα το Περού) όπου και σήμερα αυτοφύονται διάφορες παραλλαγές της



άγριας τομάτας. Σύμφωνα με όλα τα στοιχεία, από το Περού η άγρια τομάτα μεταφέρθηκε, μάλλον ως ζιζάνιο με σπόρους καλαμποκιού, στην Κεντρική Αμερική, ιδιαίτερα στο Μεξικό, όπου άρχισε η καλλιέργεια και η χρήση της από τους Ινδιάνους και τους Αζτέκους πριν πάρα πολλά χρόνια.

Πιθανότατα ο τύπος τομάτας που ανέπτυξαν οι Ινδιάνοι στην Κεντρική Αμερική ήταν η κερασοτομάτα (cherry tomato), η οποία θεωρείται και ο άμεσος πρόγονος της καλλιεργούμενης σήμερα τομάτας.

Αν και αρχικά επικρατούσε η άποψη ότι χώρα καταγωγής της τομάτας είναι το Περού, σήμερα, με τις πληροφορίες (ιστορικές, αρχαιολογικές, εθνοβοτανικές) που έδωσε ο Jenkins (1948), γίνεται δεκτό ότι καταγωγή της καλλιεργούμενης τομάτας είναι το Μεξικό και μάλιστα η περιοχή Vera Cruz-Puebla.

Από το Μεξικό, μέσω των Ισπανών εξερευνητών, η τομάτα ήρθε στην Ευρώπη το 16ο αιώνα. Για 2 αιώνες, μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνα για πολλούς λαούς ήταν άγνωστη ή τη θεωρούσαν δηλητηριώδη και δειλά δειλά την χρησιμοποιούν μόνο στην Ισπανία, Ιταλία και Γαλλία και περισσότερο στους κήπους ως καλλωπιστικό φυτό. Οι ΒορειοΕυρωπαίοι αντιμετωπίζουν την τομάτα με πολύ σκεπτικισμό μέχρι το 18ο αιώνα, οπότε υπάρχουν και οι πρώτες αναφορές για εμπορία τομάτας από μεσογειακές χώρες.,

Παρόμοια στάση και επιφυλακτικότητα υπήρχε και στη Βόρεια Αμερική, όπου η τομάτα έφτασε με τους ευρωπαίους εποίκους στα μέσα του 17ου αιώνα, αλλά η καλλιέργεια και η ευρεία χρήση της αρχίζει μόλις μετά τα μέσα του 18ου αιώνα.

Η διαδρομή αυτή της τομάτας, από τη Νότια στην Κεντρική Αμερική και στην Ευρώπη και από εκεί πάλι στην αμερικάνικη ήπειρο (Β. Αμερική) και μετά σ' όλο τον κόσμο συνοδεύεται από πολλές ιστορίες που είναι δύσκολο να πει κανείς κατά πόσο είναι μύθοι.

Η τομάτα ανήκει βοτανικά στην οικογένεια των Σολανωδών (*Solanaceae*), τα μέλη της οποίας είναι γνωστό ότι περιέχουν (κυρίως στα φύλλα τους) το αλκαλοειδές σολανίνη που είναι τοξικό για τον άνθρωπο και τα ζώα. Η τομάτα περιέχει πράγματι στα φύλλα σολανίνη, στον ίδιο βαθμό που περιέχουν και τα φύλλα του καπνού, τα φύλλα της πατάτας (πρασινισμένοι κόνδυλοι της πατάτας περιέχουν βέβαια πολύ περισσότερη σολανίνη και είναι πιο επικίνδυνοι και άλλων φυτών της ίδιας οικογένειας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις άγνωστες ιδιότητες των καρπών ενός «εξωτικού» είδους, όπως εθεωρείτο τα χρόνια εκείνα η τομάτα, απετέλεσαν ένα λόγο της επιφυλακτικότητας. Τον κυριότερο λόγο, όμως



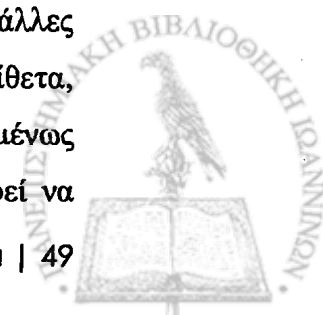
αποτελέσει η μεγάλη ομοιότητα της τομάτας με το φυτό Άτροπος (ή μπελλαντόνα) της ίδιας οικογένειας, το οποίο ήταν γνωστό από την αρχαιότητα για τις φαρμακευτικές και δηλητηριώδεις ιδιότητές του. Το όνομα του φυτού αυτού (δόθηκε από το Θεόφραστο) παραπέμπει στη Μοίρα Άτροπο των αρχαίων Ελλήνων, εκείνη που κόβει τη νήμα της ζωής. Το φυτό, που οφείλει τις τοξικές ιδιότητες του στην ατροπίνη την οποία περιέχει σε όλα τα μέρη του, ήταν γνωστό στους περισσότερους λαούς και συνδεδεμένο με ιστορίες κακών μαγισσών, με δηλητηριάσεις στρατευμάτων, περίεργες επιδράσεις σε ανθρώπους κλπ. Έτσι η ομοιότητα του φυτού της τομάτας με την Άτροπο στάθηκε το εμπόδιο στην αξιοποίηση της για περίπου τρεις αιώνες (Ολύμπιος, 2001).

Λόγω των ιστοριών αυτών, για παράδειγμα, την τομάτα στη Γερμανία την έλεγαν «ροδάκινο του λύκου», κάτι που κατέγραψε και ο Λινναίος, τον 18^ο αιώνα, όταν έδωσε το επιστημονικό όνομα στην τομάτα (*Lycopersicon esculentum* = δώδιμο ροδάκινο του λύκου).

Στην Ελλάδα η εισαγωγή της έγινε αρχικά στην Αθήνα περίπου το 1818. Όποια και να είναι η γεωγραφική καταγωγή της τομάτας, είναι σήμερα γενικά αποδεκτό, ότι άμεσος πρόγονος της καλλιεργούμενης τομάτας είναι η *var cerasiforme*, και με μοναδικό ίσως άλλο διεκδικητή (πρόγονο) την *L. pimpinellifolium*, που είναι πιθανό να είναι μάλλον παραπροϊόν, παρά μέλος της γενετικής σειράς.

2.3. Ποικιλίες-Υβρίδια τομάτας

Οι διάφοροι τύποι τομάτας που ήρθαν κατά καιρούς στην Ευρώπη απετέλεσαν τη βάση για τη δημιουργία βελτιωμένων ποικιλιών με άριστα χαρακτηριστικά και κατάλληλες για διάφορες χρήσεις. Προς την κατεύθυνση αυτή υπήρχε μεγάλο ενδιαφέρον και έγιναν εντατικές προσπάθειες το 19^ο αιώνα, αρχικά στην Ευρώπη και λίγο αργότερα και στη Β. Αμερική. Όλα τα είδη του γένους *Lycopersicon* έχουν τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων (2n=24) και πολύ σπάνια έχουν αναφερθεί περιπτώσεις αυτοπολυπλοϊδίας. Το *Lycopersicon esculentum* Mill και οι στενοί συγγενείς, είναι γενικά αυτογονιμοποιούμενα είδη. Όπως αναφέρει ο Rick (1950), σταυρογονιμοποιούνται στις περιοχές που αυτοφύονται και σε μερικές άλλες υποτροπικές περιοχές, αλλά σε άλλα μέρη αυτογονιμοποιούνται πλήρως. Αντίθετα, τα άλλα είδη του γένους *Lycopersicon* είναι αυτόστειρα, και επομένως σταυρογονιμοποιούνται πλήρως με διάφορα είδη μελισσών. Η τομάτα μπορεί να



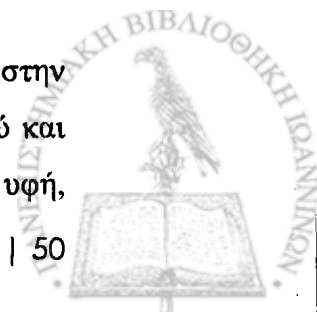
διασταυρωθεί με μικρή ή μεγάλη δυσκολία, με όλα τα άλλα είδη του γένους και να δημιουργήσει υβρίδια. Η διαδικασία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση τα τελευταία 50 χρόνια, με αποτέλεσμα αρκετά επιθυμητά χαρακτηριστικά (γόννοι), να έχουν μεταφερθεί και ενσωματωθεί στις καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβρίδια. Είναι ποικιλίες που ξεχώρισαν ιδιαίτερα για τις γευστικές τους ιδιότητες, φυλάσσονται ως κόρες οφθαλμού από θιασώτες των παλιών καλών ποικιλιών και αναφέρονται διεθνώς ως τομάτες «κειμήλια». Η διατήρηση και η μεγάλη επιτυχία αυτών των ποικιλιών διευκολύνθηκε από το σημαντικό χαρακτηριστικό που έχουν τα άνθη της τομάτας να είναι αυτογονιμοποιούμενα. Λόγω αυτού του γεγονότος, στην τομάτα αυξάνει η ομοζυγωτία από γενεά σε γενεά και η ποικιλία αποκτά μεγάλη σταθερότητα στα χαρακτηριστικά της. Ο καλλιεργητής κρατάει σπόρο από τα φυτά και τα νέα φυτά θα είναι ακριβώς της ποικιλίας που καλλιεργήσε.

Η ύπαρξη ομόζυγων σειρών στην τομάτα διευκόλυνε επίσης πάρα πολύ την περαιτέρω βελτίωση με υβριδισμό. Με τη διασταύρωση δηλαδή καθαρών (ομόζυγων) σειρών, από τις παραπάνω καλλιεργούμενες ποικιλίες ή και από τις άγριες σειρές που υπήρχαν στην περιοχή καταγωγής της τομάτας, παρήχθησαν, από τις αρχές του 20ου αιώνα υβρίδια που ήταν ανώτερα και από τους δύο γονείς, κάτι σαν $1+1=3$). Λόγω μάλιστα του μεγάλου αριθμού ποικιλιών και υβριδίων που παράγονται σε σύντομο διάστημα, η αντικατάσταση ποικιλιών και υβριδίων με νέα, γίνεται με γρήγορο ρυθμό. Είναι γνωστό ότι η τομάτα είναι φυτό που εύκολα μπορεί να μεταχειριστεί κανείς τα άνθη του για διασταυρώσεις και παραγωγή υβριδίων. Επίσης, για παραγωγή υβριδίων χρησιμοποιούνται σήμερα και αρρενόστειρες σειρές (Γιαννοπολίτης, 2007).

Το χρησιμοποιούμενο υβρίδιο του πειράματος ήταν το Belladona. Πρόκειται για ένα υβρίδιο κατάλληλο για μεσωπρώιμη καλλιέργεια. Δίνει συμπαγές φυτό με μέσο βάρος καρπού 180-250gr, ανθεκτικό στην ίωση του μωσαϊκού της τομάτας (TMV) και στο *Fusarium oxysporum*.

2.3.1. Πλεονεκτήματα και προοπτικές από τη χρήση των υβριδίων

Οι πιο σημαντικές επιτυχίες που επιτεύχθηκαν με τη γενετική βελτίωση στην τομάτα, είναι: α) αύξηση της παραγωγής με αύξηση του μεγέθους του καρπού και του αριθμού των καρπών, β) βελτίωση της ποιότητας, σχήμα, χρώμα, άρωμα, υφή,

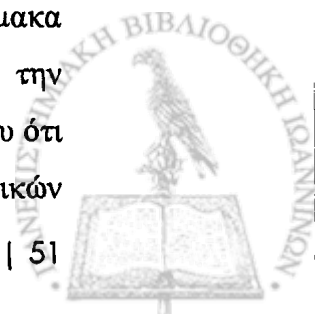


ομοιομορφία σε όλα τα χαρακτηριστικά, γ) οι συνήθειες του φυτού για διευκόλυνση καλλιεργητικών περιποιήσεων και συγκομιδής. Σημαντικό γεγονός αποτελεί η ανακάλυψη γενετικά ελεγχόμενης ανάπτυξης, δ) βελτίωση της αντοχής του καρπού στις μεταχειρίσεις και στην αποθήκευση, ε) πρωιμότητα στην παραγωγή, στ) δυνατότητα καρπόδεσης σε αντίξοες συνθήκες, ζ) αντοχή στους εχθρούς και ασθένειες, η) Η δημιουργία υβριδίων των οποίων οι καρποί έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής μετά τη συγκομιδή (long life ή semi long life). Η καλλιέργεια των υβριδίων αυτών στο θερμοκήπιο έχει επεκταθεί σημαντικά σε πολλές χώρες της Μεσογείου, γιατί διευκολύνεται η μεταφορά των καρπών χωρίς προβλήματα σε αγορές που βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις. Η μεγάλη διάρκεια ζωής έχει εξασφαλιστεί με την ενσωμάτωση στις καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβριδίων γόνων ανωριμότητας (non ripening genes). Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η ποιότητα των παραγομένων καρπών, ενώ έχει άριστα χαρακτηριστικά όσον αφορά το σχήμα, το χρώμα, τη συνεκτικότητα, την ομοιομορφία, εν τούτοις, υστερεί όσον αφορά τη γεύση, το άρωμα και γενικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Καταβάλλονται, βέβαια, προσπάθειες από τους βελτιωτές, να επιλεγούν υβρίδια με βελτιωμένα και αυτά τα χαρακτηριστικά (Ολύμπιος, 2001)

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι με τη γενετική βελτίωση έχουν επιτευχθεί και σημαντικές αλλαγές στη μορφολογία του άνθους. Έτσι επιλέχτηκαν άνθη που από μακρόστυλα έγιναν κοντόστυλα, τα οποία εξυπηρετούν την αυτογονιμοποίηση και ευνοούν την καρπόδεση στα θερμοκήπια, όπου, ως γνωστόν, απουσιάζουν ο αέρας και τα έντομα (Ολύμπιος, 2001).

Η χρήση υβριδίων (F1) θα αυξηθεί, γιατί παρουσιάζουν πλεονεκτήματα. Μάλιστα, η μέθοδος της καλλιέργειας κυττάρων και η δυνατότητα υβριδισμού με ένωση κυττάρων (πρωτοπλαστών) φαίνεται να είναι προσιτή και να ανοίγει καινούργιες προοπτικές για βελτίωση στην τομάτα. Επίσης, γίνονται προσπάθειες να διαλευκανθεί η γενετική εξάρτηση του παράγοντα άρωμα, ο έλεγχος και η χρήση του για βελτίωση της ποιότητας. Πολύ κοντά στην πραγματοποίηση βρίσκεται η δημιουργία παρθενοκαρπικών υβριδίων, με όλα τα γνωστά πλεονεκτήματα για καλλιέργεια στα θερμοκήπια (Ολύμπιος, 2001).

Τα πλεονεκτήματα των υβριδίων για καλλιέργεια τομάτας σε εμπορική κλίμακα ήταν τόσο μεγάλα που πολύ σύντομα επεκράτησαν ολοκληρωτικά. Με την επικράτηση των υβριδίων δημιουργήθηκαν και ορισμένα προβλήματα. Λόγω του ότι με τον υβριδισμό επιδιώχθηκε κυρίως βελτίωση των καλλιεργητικών και εμπορικών



χαρακτηριστικών της τομάτας, τα εξαιρετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά μπήκαν σε δεύτερη μοίρα και δεν είναι λίγοι εκείνοι που υποστηρίζουν ότι τα υβρίδια γενικά υστερούν στο άρωμα και στη γεύση των καρπών. Παράλληλα, οι καλλιεργητές έχασαν τη δυνατότητα να κρατάνε σπόρο από την καλλιέργεια τους για την επόμενη χρονιά. Θα πρέπει κάθε χρόνο να αγοράζουν νέο σπόρο, γιατί ο σπόρος από τις τομάτες υβριδίων δεν δίνει ποτέ ίδια φυτά και καρπούς (ετεροζυγωτία, όχι σταθερότητα) (Γιαννοπολίτης, 2007).

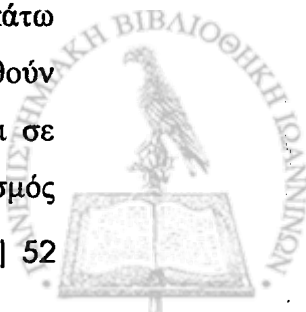
2.4. Βοτανικοί χαρακτήρες

2.4.1. Φυτό

Ποώδες, ετήσιο, διετές και σπανιότερα πολυετές.

2.4.2. Ρίζα

Το φυτό της τομάτας αναπτύσσει ευδιάκριτη κεντρική ρίζα, αρκετές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια, όταν ο σπόρος σπέρνεται απευθείας στη μόνιμη θέση. Επειδή όμως, κατά κανόνα τουλάχιστον, στην καλλιέργεια στο θερμοκήπιο η τομάτα μεταφυτεύεται μια ή περισσότερες φορές, η κεντρική ρίζα κόβεται, καταστρέφεται και το φυτό αρχίζει να παράγει με "ευκολία" πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες, ακόμη και από το λαιμό του φυτού, γεγονός που θεωρείται πλεονέκτημα, γιατί διευκολύνει τη μεταφύτευση του φυτού, ακόμη και με γυμνή ρίζα ή μπάλα χώματος, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αυτή είναι και η ενδεδειγμένη τεχνική της καλλιέργειας της τομάτας. Η τομάτα θεωρείται φυτό που μεταφυτεύεται εύκολα, γιατί γρήγορα παράγει νέες ρίζες και το τραυματισμένο ριζικό σύστημα απορροφά νερό και θρεπτικά στοιχεία, που του επιτρέπουν να αναλάβει γρήγορα από τη μεταφυτευτική διαταραχή. Τοποθέτηση βρεγμένης τύρφης ή χώματος στο κάτω μέρος του βλαστού κοντά στην επιφάνεια του εδάφους προκαλεί την ανάπτυξη δευτερογενών ριζών σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το γεγονός ότι το φυτό εύκολα παράγει νέες ρίζες από το λαιμό του βοηθά στη διαπίστωση των συνθηκών κάτω από τις οποίες ζει και αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα, π.χ. εάν παρατηρηθούν εξογκώματα ή εναέριες ρίζες στην περιοχή του λαιμού του φυτού, εμβάλλει σε υποψία ότι η κατάσταση στο ριζόστρωμα είναι προβληματική, π.χ. κακός αερισμός



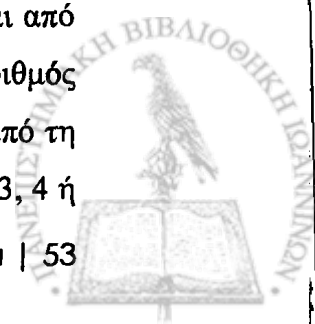
(έλλειψη O_2) λόγω υπερβολικής υγρασίας, συμπίεσης εδάφους, κ.α. (Ολύμπιος, 2001)

2.4.3.Βλαστός

Κατά το φύτευμα και μετά την οριζοντιοποίηση των κοτυληδονόφυλλων από το αρχέφυτρο που βρίσκεται μεταξύ τους, και που μπορεί να το δει κανείς σε τομή στο μικροσκόπιο, παράγεται ο κεντρικός βλαστός. Ο κεντρικός βλαστός φέρει τα πραγματικά φύλλα, στις μασχάλες των οποίων υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν πλευρικούς βλαστούς. Η τομάτα έχει την τάση να σχηματίζει πολλούς βλαστούς. Πολλές φορές, οι πλευρικοί βλαστοί που βρίσκονται κοντά στην κορυφή του φυτού, είναι τόσο ζωντοί, που με δυσκολία μπορεί κανείς να ξεχωρίσει ποιος είναι ο κεντρικός βλαστός και ποιος ο πλευρικός. Είναι σημαντικό κατά το κλάδεμα να μπορεί να ξεχωρίσει ο χειριστής, τον κεντρικό από τον πλευρικό βλαστό. Το σχήμα του βλαστού είναι κυλινδρικό και εσωτερικά είναι πλήρης. Σε μερικές περιπτώσεις ο βλαστός εμφανίζεται με κενό στο εσωτερικό του, κατάσταση που δεν είναι φυσιολογική. Μεταξύ των αιτιών που προκαλούν "κούφωμα" του βλαστού στην τομάτα είναι η προσβολή από βακτήρια. Ο βλαστός στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξης του ή, καλύτερα, αμέσως κάτω από το αρχέφυτρο, είναι τρυφερός, εύθραυστος, χυμώδης, μαλακός, αργότερα όμως γίνεται σταδιακά πιο σκληρός, αποκτά μηχανική αντοχή, χωρίς να ξυλοποιείται, και είναι σχετικά εύθραυστος. Η ανάπτυξη του βλαστού, όσον αφορά το μήκος, καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες και διακρίνονται ποικιλίες με απεριόριστη ανάπτυξη βλαστών ή με καθορισμένο μήκος. Αυτό το γεγονός είναι πιο έντονο, όταν κλαδεύεται η τομάτα σε μονοστέλεχο σύστημα (αφαίρεση πλαγίων), οπότε, στην πρώτη περίπτωση το μήκος του κεντρικού Βλαστού μπορεί να φθάσει και 10 ή περισσότερα μέτρα (Ολύμπιος, 2001).

2.4.4.Φύλλα

Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα. Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παραφύλλων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία, και από τη θέση του φύλλου επί του βλαστού. Είναι δυνατόν να απαντηθούν ποικιλίες με 3, 4 ή



5 ζευγή φυλλαριών (Εικόνα 7). Τα πρώτα πραγματικά φύλλα μίας συγκεκριμένης ποικιλίας, έχουν μικρότερο αριθμό ζευγών. Εκτός από τον αριθμό των ζευγών και το μέγεθος των φύλλων (μήκος πλάτος), που είναι χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας, επηρεάζεται και από τις συνθήκες καλλιέργειας. Συνήθως, οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες έχουν πιο μακριά και πιο πλατιά φύλλα, ενώ στις μικρόκαρπες ποικιλίες οι διαστάσεις των φύλλων είναι μικρότερες. Το μέγεθος των φύλλων της ποικιλίας που θα καλλιεργηθεί θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό των αποστάσεων φύτευσης των φυτών στο θερμοκήπιο. Τα φύλλα εμφανίζονται σε ελικοειδή διάταξη πάνω στο βλαστό. Η επάνω επιφάνεια των φύλλων έχει χρώμα λαμπερό βαθύ πράσινο και η κάτω ελαιώδες ανοικτό πράσινο.



Εικόνα 7. Σύνθετο φύλλο τομάτας

2.4.5. Άνθη-Ταξιανθία

Τα άνθη της τομάτας εμφανίζονται σε ταξιανθίες από 2-3/ταξιανθία μέχρι 20 ή και περισσότερα. Ένας μέσος επιθυμητός αριθμός ανθέων ανά ταξιανθία που θα εξελιχθεί σε καρπούς είναι 6-8 άνθη. Οι ταξιανθίες εμφανίζονται επί των βλαστών του φυτού και διακλαδίζονται συμμετρικά ή ασύμμετρα, ανάλογα με την ποικιλία. Στο άκρο κάθε διακλάδωσης υπάρχει και ένα άνθος. Το άνθος φέρει πράσινο

οερματώση καλυκα, που αποτελείται από 5 ή περισσότερα σεπάλα, στεφάνη κιτρίνη με 5 ή περισσότερα ενωμένα πέταλα και 5 ή περισσότερους στήμονες, ενωμένους στη βάση τους με τη στεφάνη και ενωμένους κατά μήκος μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν κώνο γύρω από το στύλο, που είναι συνήθως πιο κοντός, εγκλωβισμένος από τους ανθήρες (Εικόνα 8). Η ωθήκη είναι πολύχωρη (2-7 ή και περισσότερους χώρους) και κάθε χώρος έχει πολλά ωάρια.



Εικόνα 8. Άνθος τομάτας

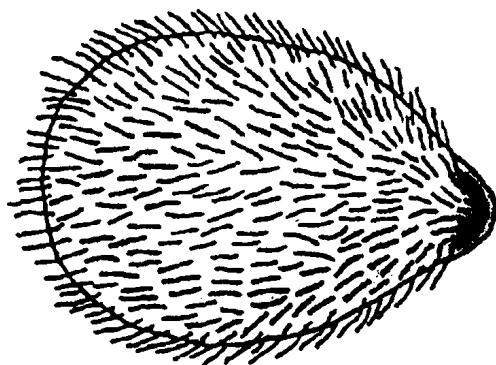
2.4.6.Καρπός

Ο καρπός της τομάτας είναι πολύχωρος ράγα, με ποικίλα σχήματα. Ο καρπός ποικιλιών με δύο χωρίσματα (χώρους) είναι συνήθως στρογγυλός, ενώ αυτών με 3, 4, 5 ή περισσότερα χωρίσματα είναι πεπλατυσμένος και πιθανόν ακανόνιστος (Εικ. 9) (Ολύμπιος, 2001)



2.4.7.Σπόρος

Είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, χρώματος κίτρινο-καφέ χρυσαφένιο και η επιφάνεια του καλύπτεται με τριχοειδείς αποφύσεις, που του δίνουν μεταξώδη επιφάνεια (διαφορά από μελιτζάνα και πιπεριά) (Εικόνα 10). Το μέγεθος των σπόρων είναι μικρό, διαμέτρου 3-5 χλστ. Εσωτερικά ο σπόρος φέρει ένα κυρτό (σπειροειδές) έμβρυο, που περιβάλλεται από ένα μικρό ενδοσπέρμιο.



Εικόνα 10: Σχηματική παρουσίαση σπόρου τομάτας σε μεγέθυνση.

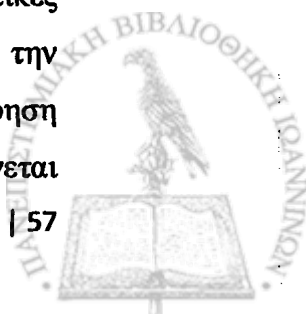
Ο σπόρος της τομάτας διατηρεί υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης τη βλαστικότητα του για τουλάχιστον 4 χρόνια μετά τη συγκομιδή του, εάν όμως αποθηκευτεί σε χαμηλή θερμοκρασία και με χαμηλή περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία, εύκολα διατηρεί τη βλαστικότητά του πάνω από 10 χρόνια. Ένα γραμμάριο "σπόρου" έχει 450 περίπου σπέρματα (Ολύμπιος, 2001).

2.5 Πολλαπλασιασμός τομάτας

Η τομάτα πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Είναι επιβεβλημένο ο σπόρος πριν από την αποθήκευση ή πριν από τη σπορά να έχει απολυμανθεί ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών και παθογόνων δια του σπόρου

2.6.Θρέψη και λίπανση της τομάτας

Η λίπανση της τομάτας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες καλλιεργητικές φροντίδες από μέρους των παραγωγών για την ανάπτυξη των φυτών και την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση των αποδόσεων τους, καθώς και για την διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Το πρόβλημα της λίπανσης σήμερα επικεντρώνεται

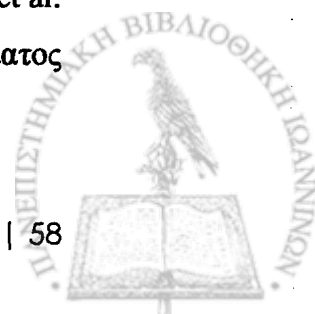


στον προσδιορισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων των θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο έδαφος για την κάλυψη των αναγκών των φυτών, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος, την αειφορία του εδάφους και το εισόδημα του παραγωγού (Τσαπικούνης, 1997).

2.6.1. Το άζωτο

Είναι γενικά γνωστό, ότι τα φυτά τομάτας απορροφούν και τις δυο μορφές αζώτου (Gill, 1993; Forde and Clarkson, 1999). Η μορφή με την οποία παρέχεται στα φυτά επηρεάζει το μεταβολισμό του φυτού (Raab and Terry, 1994; Gerendas et al., 1997) και την απορρόφηση και άλλων μακροστοιχείων λόγω ιοντικού ανταγωνισμού (Marschner, 1995). Η ταχύτερη απορρόφηση της μιας ή της άλλης μορφής εξαρτάται από το ίδιο το φυτό (βιοχημικές μεταβολές), το pH και τον τύπο του υποστρώματος ανάπτυξης, καθώς και διάφορους άλλους παράγοντες. Έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με την επίδραση της μορφής χορήγησης του αζώτου και των αλληλεπιδράσεων αυτής με διάφορους θρεπτικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες καταδεικνύουν την ευαισθησία της τομάτας στην χορήγηση αμμωνιακού αζώτου (Kirkby and Knight, 1977; Ganmore-Neumann and Kafkafi, 1980; Imas et al., 1997). Σύμφωνα με τον Claussssen (2002) η χορήγηση σε καλλιέργεια τομάτας αμμωνιακού N επηρέασε τόσο την ανάπτυξη όσο και την παραγωγή αυτής.

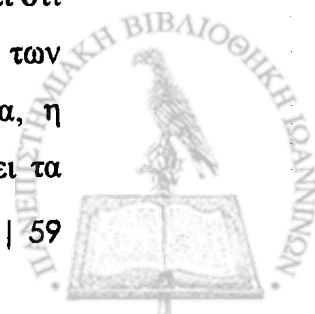
Το άζωτο είναι πρωταρχικός παράγοντας της αύξησης της βλάστησης και της απόδοσης της τομάτας. Πιο συγκεκριμένα, το ύψος των φυτών, η φυλλική επιφάνεια και ο αριθμός των ανθέων (και καρπών) είναι πολύ ευαίσθητα στην επίδραση του αζώτου. Υπερβολική αζωτούχος λίπανση προκαλεί ανισορροπίες που εκδηλώνονται με υπερβολική βλαστική ανάπτυξη, αυξάνοντας έτσι τις απαιτήσεις των φυτών σε νερό. Η χορήγηση κλάσματος αμμωνιακού/ολικού αζώτου με τιμή μεγαλύτερη του 1.0 είχε αρνητική επίδραση τόσο στην παραγωγή όσο και στην ανάπτυξη του φυτού της τομάτας (Siddigi et al., 2002; Akl et al., 2003). Ωστόσο οι Claussen (2002) και Dong et al (2004) παρατήρησαν μια αύξηση τόσο στο ολικό όσο και το ξηρό βάρος των καρπών όταν ο ίδιος λόγος ήταν 0.25. Βέβαια σύμφωνα με τους Chaignon et al. (2002) η αρνητική επίδραση που ασκεί η χαμηλή τιμή του κλάσματος αμμωνιακού/ολικού N συσχετίζεται άμεσα με το pH της ριζόσφαιρας.



Μεγάλες αποδόσεις καρπών επιτυγχάνονται με σχετικά μεσαίες δόσεις αζώτου τόσο σε θερμοκηπιακές όσο και σε υπαίθριες καλλιέργειες τομάτας. Ειδικότερα, οι Τσικαλάς και Μανιός (1985) σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε θερμοκηπιακή τομάτα, ανέφεραν ότι η μέγιστη παραγωγή επετεύχθη με χορήγηση 200 ppm N ενώ η αύξηση της συγκέντρωσης του σε 350 ppm, δεν επέφερε καμία ουσιαστική αύξηση στην παραγωγή. Η αύξηση της παραγωγής με τη χορήγηση αζώτου οφείλεται στην αύξηση του αριθμού των συγκομισμένων καρπών και όχι στην αύξηση του βάρους των καρπών (Παναγιωτόπουλος, 1995α). Με τη χορήγηση μεγάλων δόσεων αζώτου, παρατείνεται η άνθιση και μειώνεται η καρπόδεση (Μπενάτος, 1994). Μικρές ποσότητες καλίου και μέση συγκέντρωση αζώτου προκαλεί το σχηματισμό μεγάλων καρπών, αλλά μειωμένης ποιότητας (Ολύμπιος, 2001).

Το άζωτο έχει πολύπλοκη δράση στο χρωματισμό του καρπού κατά την ωρίμανση. Ειδικότερα, το ποσοστό των καρπών τομάτας που παρουσιάζει ανομοιόμορφο χρωματισμό, είναι υψηλό σε μέσα επίπεδα αζώτου και μειώνεται όταν η ανάπτυξη των φυτών είναι μικρή από έλλειψη αζώτου, ή όταν η παραγωγή είναι μειωμένη από υπερβολική χορήγηση αζώτου (Παναγιωτόπουλος, 1995β). Ιδιαίτερα στις υπαίθριες καλλιέργειες η υπερβολική αζωτούχος λίπανση οδηγεί σε οψίμιση και κλιμάκωση της ωρίμανσης των καρπών, οι οποίοι γίνονται λιγότερο συνεκτικοί και ακατάλληλοι για μεταφορές. Η σωστή αζωτούχος λίπανση αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση της μηχανικής συγκομιδής σε καλλιέργειες βιομηχανικής τομάτας γιατί τότε επιζητείται σχεδόν ταυτόχρονη ωρίμανση των καρπών και σχηματισμός μικρόσωμων φυτών (Μπενάτος, 1994).

Η ποιότητα των κηπευτικών είναι ένας ευρύς όρος, ο οποίος καθορίζεται από τη μετασυλλεκτική χρήση των προϊόντων και τις απαιτήσεις των καταναλωτών (Cuartero, 1999). Υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά των καρπών της τομάτας όπως, η περιεκτικότητα τους σε σάκχαρα, η οξύτητα κ.α., τα οποία χρησιμοποιούνται ως παράμετροι ποιότητας τόσο για τα νωπά, όσο και για τα μεταποιημένα προϊόντα, ενώ παράμετροι όπως η γεύση και η διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής και ποιότητας των καρπών είναι σημαντικοί κυρίως για τη νωπή αγορά. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές μελέτες και έχει αποδειχθεί ότι η λίπανση διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στα διάφορα χαρακτηριστικά των καρπών της τομάτας και κυρίως στη γεύση (Wright, 1985). Συγκεκριμένα, η αυξημένη χορήγηση αζώτου, αυξάνει τη συγκέντρωση αμινοξέων και μειώνει τα



σάκχαρα των καρπών (Μπενάτος, 1994), ενώ ο ορθός συνδυασμός αζώτου και καλίου βελτιώνει τη γεύση τους (Wright, 1985).

Η χρησιμοποίηση αμμωνιακού αζώτου μειώνει την περιεκτικότητα σε κάλιο στα νεαρά σπορόφυτα και την περιεκτικότητα ώριμων φύλλων τομάτας σε Ca και Mg, πιθανότατα λόγω ανταγωνισμού, και αυξάνει το ποσοστό των καρπών που παρουσιάζουν συμπτώματα «ξηρής κορυφής» (blossom end rot) (Kirkby and Mengel, 1967; Siddigi et al., 2002; Akl et al., 2003; Heeb et al., 2005b).

Η αλληλεπίδραση αλατότητας και N μελετήθηκε προσφατά από τον Ben-Oliel (2004) ο οποίος διαπίστωσε ότι η προσθήκη 1 mM αμμωνιακού αντί 7 mM νιτρικού N επηρέασε θετικά την παραγωγή της τομάτας καλλιεργούμενης υπό συνθήκες αλατότητας.

Στις ελληνικές θερμοκηπιακές συνθήκες (υδρολίπανση) τα λιπάσματα νιτρική αμμωνία, νιτρικό ασβέστιο και νιτρικό κάλιο, ανάλογα με το pH του εδάφους και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, θεωρούνται τα πιο κατάλληλα για προσθήκη αζώτου (Παναγιωτόπουλος, 1995α)

2.6.2. Ο φωσφόρος

Η αντίδραση της τομάτας στα χορηγούμενα λιπάσματα φωσφόρου εξαρτάται κυρίως από τα υπάρχοντα στο έδαφος σε διαθέσιμη μορφή ποσά φωσφόρου, την παρουσία οργανικής ουσίας και το pH του εδάφους. Η χορήγηση P σε συνθήκες έλλειψης οδηγεί σε αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης του φυτού (Groot et al., 2002). Η βλάστηση και η καρποφορία φυτών τομάτας εξαρτώνται άμεσα από τον επαρκή εφοδιασμό τους με φωσφόρο (Passam et al., 2007). Ειδικότερα, ο φωσφόρος επιταχύνει την αύξηση του ριζικού συστήματος, γι' αυτό κατά τη μεταφύτευση των νεαρών σποροφύτων ο εφοδιασμός τους με φωσφόρο θα πρέπει να είναι ικανοποιητικός (Παναγιωτόπουλος, 1995α). Ο εμπλουτισμός άλλωστε του φυλλώματος με P στα θερμοκήπια σύμφωνα με τους Charagain και Wiesman (2004) προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης του K του P, του Mg και του Fe στα φύλλα, επιταχύνει τη διαδικασία της ωρίμανσης και επιδρά θετικά στην βλάστηση και την παραγωγή. Έλλειψη P επιδρά αρνητικά στη φωτοσύνθεση (Groot et al., 2001) και παράλληλα προκαλεί μείωση τη συγκέντρωσης του N στα φύλλα λόγω μείωσης των επιπέδων της κυτοκίνης (Groot et al., 2002).



Η επίδραση του P στην αναπαραγωγή της τομάτας είναι επίσης σημαντική. Η ποιότητα και η ποσότητα επηρεάζεται θετικά από την αύξηση του P (Routon et al., 2001). Παράλληλα αυξημένη τιμή του P μειώνει και τις αρνητικές επιδράσεις που προκαλεί η αυξημένη συγκέντρωση Co (Chatterjee and Chatterjee, 2002) και Zn (Kaya and Higgs, 2002). Επίσης, η σωστή φωσφορική λίπανση είναι πολύ σημαντική στην περίπτωση της μηχανικής συγκομιδής όπου επιζητείται σχεδόν ταυτόχρονη ωρίμανση των καρπών τομάτας (Μπενάτος κ.α., 1994). Αυξημένες δόσεις φωσφόρου όμως συμβάλλουν στην αύξηση του ποσοστού των καρπών τομάτας που παρουσιάζει ανομοιόμορφο χρωματισμό κατά την ωρίμανση τους, καθώς και στην υποβάθμιση της ποιότητας τους (αύξηση ποσοστού κενών χώρων στο εσωτερικό και μείωση οξύτητας).

Συγκέντρωση P 1% επί του ξηρού βάρους προτείνεται από τον Jones (1998) ως η καταλληλότερη για αποφυγή προβλημάτων που προκαλούνται λόγω έλλειψης ή υπερεπάρκειας αυτού. Τοξικότητα P βέβαια σύμφωνα με τους Kaya and Higgs (2001) μπορεί να εμφανιστεί και λόγω έλλειψης Zn.

Ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και την περιεκτικότητα του σε φωσφόρο, προσδιορίζονται οι ποσότητες των φωσφορικών λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στην καλλιέργεια. Λόγω της χαμηλής διαλυτότητας των φωσφορικών αλάτων, η προσθήκη των λιπασμάτων θα πρέπει να γίνεται έγκαιρα, πριν τη σπορά ή τη μεταφύτευση (βασική λίπανση). Με την επιφανειακή λίπανση (υδρολίπανση) αποφεύγεται η προσθήκη φωσφόρου, γιατί συχνά προκαλεί προβλήματα στο σύστημα άρδευσης (Ολύμπιος, 2001).

2.6.3. Το κάλιο

Σε αργιλώδη εδάφη ο εφοδιασμός των φυτών με κάλιο γίνεται συνήθως απρόσκοπτα, ενώ στα αμμώδη τα φυτά τομάτας παρουσιάζουν συχνά έλλειψη καλίου και αντιδρούν εντονότερα στην προσθήκη του. Το ύψος των φυτών και η παραγωγή μπορούν να αυξηθούν σημαντικά σε εδάφη με μικρή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Αντίθετα, δεν έχει παρατηρηθεί κάποια επίδραση στη φυλλική επιφάνεια, τον αριθμό και το μέγεθος των καρπών, σε εδάφη εφοδιασμένα με εναλλακτικό κάλιο και μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα (Παναγιωτόπουλος, 1995α).

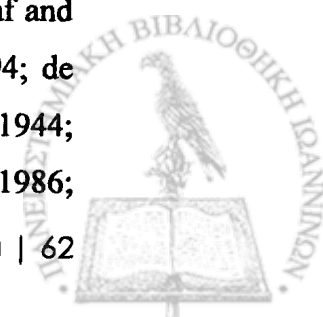


Οι απαιτήσεις της τομάτας σε κάλιο παρουσιάζονται ιδιαίτερα αυξημένες οφειλόμενες στην ταχύτατη ανάπτυξη του φυτού σε συνδυασμό με το αυξημένο φορτίο παραγωγής (Charagain and Wiesman, 2004). Η ανάπτυξη μηχανισμών άμυνας για την αντιμετώπιση προβλημάτων λόγω έλλειψης K στο περιβάλλον των ριζών είναι χαρακτηριστική στην περίπτωση της τομάτας (Chen and Gabelman, 2000; Rubio et al., 2006) μηχανισμοί οι οποίοι ελέγχονται από συγκεκριμένα γονίδια τα οποία εκφράζονται κάτω από αυτές τις συνθήκες (Wang et al., 2002). Προσθήκη ακόμη NaCl δύναται να επιφέρει αποκατάσταση των προβλημάτων που προκαλεί η έλλειψη K στην ανάπτυξη φυτών τομάτας (Walker et al., 2000)

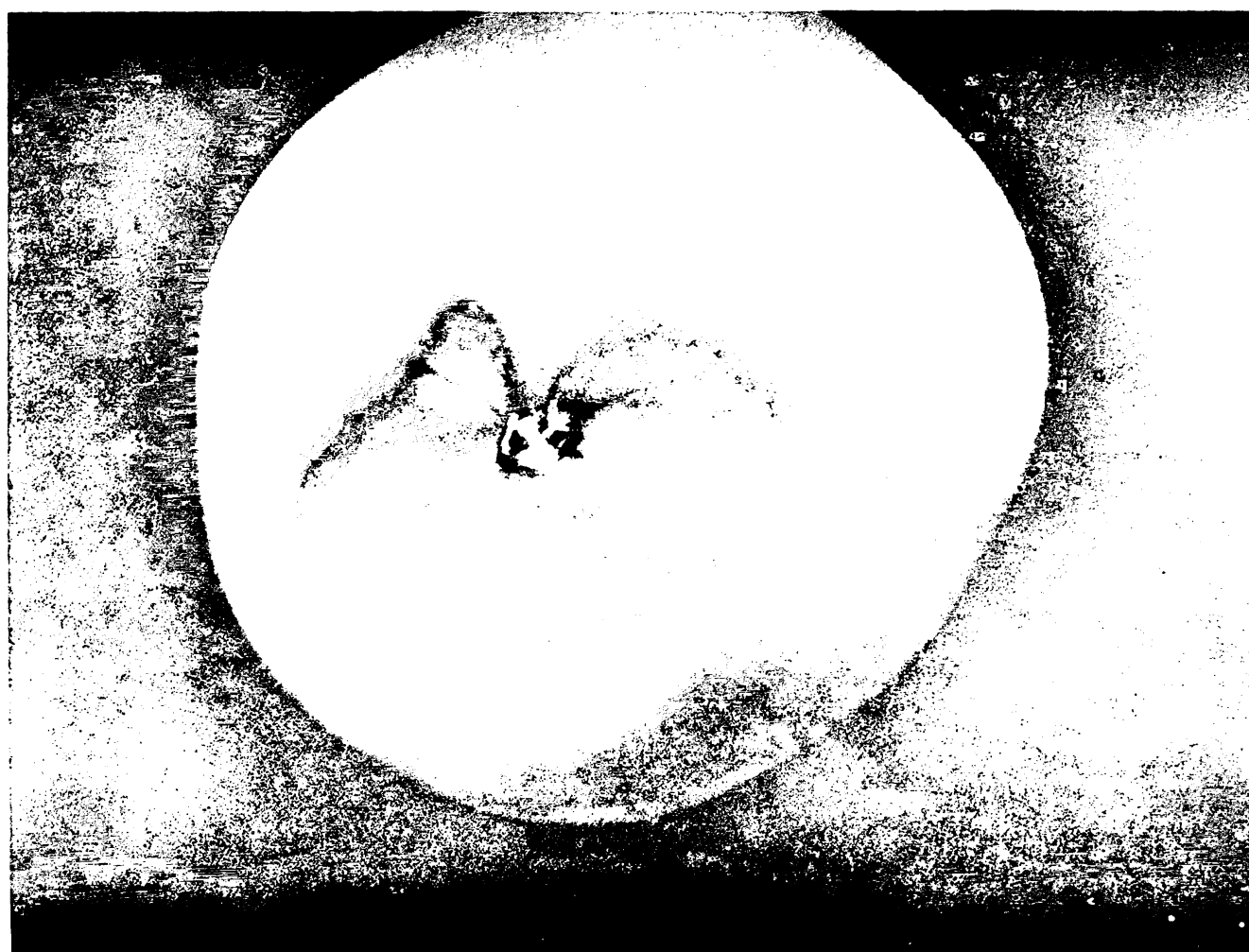
Είναι γνωστό ότι μεγάλες αποδόσεις καρπών επιτυγχάνονται με σχετικά μεσαίες δόσεις καλίου (100-120 ppm) (Lingle et al., 1969). Η χορήγηση μέσων ποσοτήτων καλίου μπορεί να οδηγήσει σε μέγιστη παραγωγή, όμως οι καρποί είναι μέτριοι ποιοτικά (χρωματισμός-γεύση). Η προσθήκη μεγαλύτερων ποσοτήτων καλίου (200-300 ppm) έχει σαν αποτέλεσμα την απορρόφηση από τα φυτά μεγάλων ποσοτήτων καλίου, με συνέπεια τη βελτίωση όλων των παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα των καρπών. Συγκεκριμένα, η αυξημένη χορήγηση καλίου αυξάνει την ολική οξύτητα του χυμού και τα σάκχαρα των καρπών (Lacatus et al., 1994), μειώνει το ποσοστό των καρπών με ανομοιόμορφο χρωματισμό και καλυτερεύει το σχήμα και τη συνεκτικότητα τους.

2.6.4. Το ασβέστιο

Πρόσφατες έρευνες έχουν αποκαλύψει ότι η έλλειψη ασβεστίου αποτελεί περιοριστικό παράγοντα της ανάπτυξης των φυτών τομάτας (del Amor and Marcelis, 2006). Επίσης, η ανεπαρκής χορήγηση ασβεστίου μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση της ξηρής σήψης της κορυφής (Blossom end rot, BER) (Εικόνα 11) που εμφανίζεται στους καρπούς της τομάτας, μειώνοντας έτσι την ποιότητα τους (Ho et al., 1993; Grattan and Grieve., 1999). Προκαλείται από τοπική έλλειψη ασβεστίου στους καρπούς γεγονός ικανό να διαταράξει τη δομή των κυττάρων στο σημείο αυτό (Adams, 2002). Είναι μια φυσιολογική ανωμαλία η οποία, επηρεάζεται από τις συγκεντρώσεις Ca (Raleigh and Chucka, 1944; Maynard et al., 1957; Greenleaf and Adams, 1969; Ward, 1973; Adams and El-Gizawy, 1988; Franco et al., 1994; de Kreij, 1996; Paiva et al., 1998; Adams, 2002), NH₄-N (Raleigh and Chucka, 1944; Wilcox et al., 1973; Pill et al., 1978; Pill and Lambeth, 1980; Hartman et al., 1986;



Ikeda and Osawa, 1988; Barker and Ready, 1994; Nukaya et al., 1995), P (Cérda et al., 1979; de Kreijl, 1996; Ho, 1998a), K (Raleigh and Chucka, 1944; Adams, 2002 Mg (Raleigh and Chucka, 1944; Geraldson, 1957; Hao and Papadopoulos, 2003 2004), από αλατούχα (Adams, 1991; Adams and Ho, 1992; Willumsen et al., 1996 Cuartero and Fernández-Muñoz, 1999; del Amor et al., 2001; Dorais et al., 2001) 1 υδατικά στρες (Shaykewich et al., 1971; van der Boon, 1973) από τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου στη ρίζα (Tachibana, 1988), από τη σχετική υγρασία (Gerard and Hipp, 1968; Bradfield and Guttridge, 1984; de Kreijl, 1996) και θερμοκρασία του αέρα (Ho et al., 1993, Saure 2001, Navarro et al 2005). Εξαιτίας των τόσων παραγόντων που υπεισέρχονται στην αιτιολόγηση του φαινομένου της ξηρής σήψης κορυφής ακριβή κριτική συγκέντρωση ασβεστίου συσχετιζόμενη με την εμφάνιση ή μη του φαινομένου αυτή είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Ο ψεκασμός με ασβέστιο νεαρών καρπών δύναται σύμφωνα με τους Ho and White (2005) να αποτρέψει την εκδήλωση του φαινομένου αυτού.



Εικόνα 11 . Ξηρή σήψη της κορυφής (Blossom end rot, BER)

Επιπρόσθετα αυξημένη διαπνοή και θερμοκρασία οδηγεί σε αύξηση της διακίνησης του ασβεστίου μέσω των αγγείων του ξύλου στα φύλλα (Taylor et al., 2004), με παράλληλη μείωση της διακίνησης του νερού προς τους καοπούς λόνων



του ανταγωνισμού αυτών με τα φύλλα και παρεμπόδιση της σωστής κατανομή αυτού στους καρπούς με συνεπεία την αύξηση του ποσοστού εμφάνισης των καρπών με ξηρή σήψη κορυφής (Adams, 2002). Σύμφωνα πάλι με τον Hammer (2003) υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία στο περιβάλλον του θερμοκηπίου λόγω θέρμανσης προκαλεί μείωση της διαπνοής με αποτέλεσμα τη μείωση των επιπέδων ασβεστίου στα φύλλα η οποία αυτομάτως συνάγει στη μείωση της ποιότητας και της συνολικής παραγωγής καρπών.

2.6.5. Το μαγνήσιο

Ανεπαρκής εφοδιασμός του εδάφους με μαγνήσιο μπορεί να επιφέρει μείωση στην ανάπτυξη και την παραγωγή της τομάτας. Αντίθετα, η χορήγηση μαγνησίου βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (ομοιόμορφο χρωματισμό, καλό σχήμα κλπ.) (Παναγιωτόπουλος, 1995α). Σύμφωνα με τον Adams (2002) συγκέντρωση Mg περίπου 4 mM στην περιοχή της ρίζας τοματών ανεπτυγμένων σε NFT οδήγησαν σε εκδήλωση τροφοπενιακών συμπτωμάτων ενώ συγκέντρωση 6 mM διατήρησε τα φυτά σε υγιεινή κατάσταση. Παρόμοια αποτελέσματα είχε και η καλλιέργεια τομάτας σε πετροβάμβακα (Hao and Papadopoulos, 2003,2004)

2.6.6. Τα ιχνοστοιχεία

Τα ιχνοστοιχεία είναι πολύ σημαντικά για την αξιοποίηση του παραγωγικού δυναμικού της τομάτας. Η ομαλή πορεία των σύνθετων βιοχημικών μεταβολών δεν εξασφαλίζεται χωρίς την ικανοποιητική παρουσία τους (Μπενάτος κ.α., 1994)

Οι ελλείψεις όλων των ιχνοστοιχείων προκαλούν μείωση της παραγωγής και της ποιότητας των καρπών. Η τομάτα παρουσιάζει μεγαλύτερη ευαισθησία στις ελλείψεις του βορίου και του μαγγανίου, δεδομένης της επίδρασης τους στη σύνθεση των υδατανθράκων και στην εξέλιξη των οργάνων καρποφορίας. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι η ανάπτυξη των φυτών τομάτας μειώνεται τόσο από πολύ υψηλή, όσο και από πολύ χαμηλή συγκέντρωση μαγγανίου στη ζώνη της ρίζας (Shenker et al., 2004). Επίσης, τόσο τα πολύ υψηλά επίπεδα βορίου, όσο και τα πολύ χαμηλά, μειώνουν την παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (Davis et al., 2003).



2.6.6.1.Σιδήρος

Τροφοπενία σιδήρου είναι το πιο συχνό πρόβλημα θρέψης που παρουσιάζεται σε καλλιέργεια τοματας όταν τα επίπεδα του pH στην περιοχή των ριζών είναι πολύ υψηλά κάτι που δεν εμφανίζεται σε pH από 6-7 (Islam et al., 1980; Akl et al., 2003) Ωστόσο χορήγηση αμμωνιακού αζώτου δίνεται να προκαλέσει μείωση της εμφάνισης χλωρωτικών συμπτωμάτων ειδικά σε υδροπονικές καλλιέργειες (Sonneveld, 2002). Η έλλειψη σιδήρου οδηγεί σε μείωση της χλωροφύλλης των φύλλων (Dasgan et al., 2003). Χορήγηση χηλικού σιδήρου μέσω της άρδευσης ή με ψεκασμό φυλλώματος είναι ένας ακόμη αποτελεσματικός τρόπος για την αντιμετώπιση της τροφοπενίας σιδήρου (Fernandez and Ebert, 2005; He et al., 2005).

2.6.6.2.Μαγγάνιο

Η έλλειψη μαγγανίου προκαλεί διαταραχή θρέψης σε καλλιέργεια τοματας. Υψηλή ή χαμηλή συγκέντρωση στο περιβάλλον των ριζών περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών της τοματας (Shenker et al., 2004) σύμφωνα με τους Mills και Jones (1996) μια ασφαλή συγκέντρωση μαγγανίου στα φύλλα για την μη εκδήλωση τροφοπενιακών ή τοξικών φαινομένων θεωρείται αυτή των 250 mg ανα kg Συνήθως η υψηλή συγκέντρωση μαγγανίου στο περιβάλλον των ριζών οδηγεί σε μειωμένη απορρόφηση σιδήρου λόγω εμφάνισης φαινομένων ανταγωνισμού (Marschner 1995 Korshunova et al., 1999)

2.6.8.3.Ψευδάργυρος

Μια άριστη συγκέντρωση ψευδαργύρου στα φύλλα της τοματας θεωρείται αυτή μεταξύ των 20 και 250 mg ανα kg (Mills & Joens, 1996). Τοξικότητα ψευδαργύρου στην τομάτα μπορεί να προκληθεί από ψεκασμό φυλλώματος με φώσφορο και Fe (Kaya and Higgs, 2002)

2.6.8.4.Χαλκός

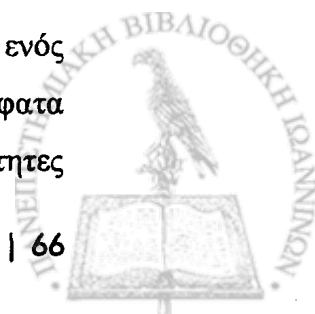
Η τομάτα θεωρείται ιδιαίτερα ευαίσθητη στα χαμηλά pH στο περιβάλλον των ριζών (Akl et al., 2003) η οποία εν μέρη μπορεί να αποδοθεί σε τοξικότητα χαλκού (Chaignon et al., 2002) Συγκέντρωση χαλκού υψηλότερη από 5mg/l προκάλεσε μείωση της ανάπτυξης των ριζών σε κλειστό υδροπονικό σύστημα NFT. Επιπρόσθετα τοξικότητα χαλκού οδηγεί σε μείωση απορρόφησης σιδήρου από την τομάτα και την εκδήλωση εμφάνισης τροφοπενίας (Bergman, 1988).

2.7.Διαιτητική αξία τομάτας

Η διαιτητική αξία της τομάτας είναι μεγάλη καθώς αποδεικνύεται ότι αποτελεί για τον άνθρωπο μία από τις πηγές κάλυψης των αναγκών του σε βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Σήμερα θεωρείται ότι με τον τρόπο που καταναλώνεται στις δυτικές χώρες αποτελεί το πιο σημαντικό λαχανικό από την άποψη αυτή

Η διαιτητική αξία της τομάτας ως λαχανικού συνίσταται στον εφοδιασμό του ανθρώπινου οργανισμού με αρκετές βιταμίνες (κυρίως προβιταμίνη Α, διάφορες βιταμίνες του συμπλέγματος Β και βιταμίνη C), καροτενοειδή και φαινολικές ουσίες με αντιοξειδωτικές ιδιότητες, ανόργανα άλατα (κάλιο, μαγνήσιο, κ.λπ.) και άπεπτες ινώδεις ουσίες χρήσιμες στο πεπτικό σύστημα (Fanasca et al., 2006). Παράλληλα όμως με την διαιτητική του αξία, ο καρπός της τομάτας διαθέτει και άριστες οργανοληπτικές ιδιότητες (δροσερή και ευχάριστη γεύση σε νωπή κατάσταση και δυνατότητα χρησιμοποίησης του ως γευστικότατου καρυκεύματος στο μαγείρεμα), υπέροχο άρωμα και ελκυστική εμφάνιση. Χάρη σε αυτές τις ιδιότητες η τομάτα έχει καθιερωθεί σε όλο σχεδόν τον κόσμο ως το πλέον δημοφιλές λαχανικό.

Το ενδιαφέρον για την τομάτα αυξάνει ακόμα περισσότερο τα τελευταία χρόνια χάρη στο λυκοπίνη που περιέχει. Το λυκοπίνη είναι μια καροτινοειδής χρωστική που υπάρχει άφθονη στον καρπό της τομάτας, ο οποίο οφείλει ακριβώς σ' αυτή το χαρακτηριστικό του κόκκινο; Εκτός από τις χρωστικές του ιδιότητες, το λυκοπίνη είναι και ισχυρή αντιοξειδωτική ουσία εξουδετερώνοντας ελεύθερες ρίζες του οξυγόνου που συσσωρεύονται λόγω διαφορών στρεσαρισμάτων στο κύτταρο ενός οργανισμού και μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες σ' αυτά. Πολλά πρόσφατα πειράματα έχουν αποδείξει ότι άνθρωποι που καταναλώνουν αυξημένες ποσότητες



τομάτας και προϊόντων από τομάτα έχουν σημαντικά μικρότερο κίνδυνο για καρδιοπάθειες και ορισμένες μορφές καρκίνου. Σύμφωνα με εκτιμήσεις των ειδικών, το 85% περίπου το λυκοπηνίου που προσλαμβάνει ο άνθρωπος με το σύγχρονο διαιτολόγιο προέρχεται αποκλειστικά από την τομάτα, η οποία είναι από τα ελάχιστα φρούτα και λαχανικά που περιέχουν άφθονο λυκοπίνη (ένα άλλο είναι το καρπούζι).

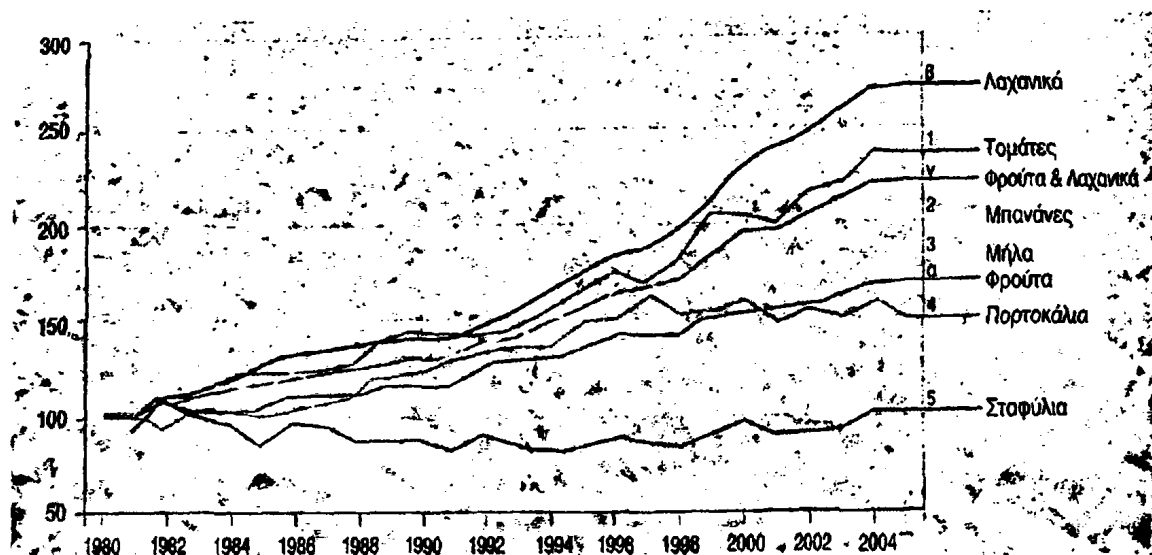
2.8.Η καλλιέργεια της τομάτας στον κόσμο, στην Ευρώπη, στην Ελλάδα

Σήμερα η καλλιέργεια της τομάτας εκτείνεται από τις τροπικές περιοχές μέχρι και μερικές μοίρες από τον αρκτικό κύκλο και στις μεν περιοχές όπου η διάρκεια της θερμής περιόδου το επιτρέπει, η τομάτα καλλιεργείται στο ύπαιθρο, ενώ σε άλλες περιοχές και σε περιόδους "εκτός εποχής" καλλιεργείται σε θερμοκήπια και άλλες κατασκευές υπό προστασία. Η μορφή καλλιέργειας της τομάτας ποικίλει από την εκτατική (μεγάλες εκτάσεις σε γραμμική καλλιέργεια πλήρως μηχανοποιημένη, με εφάπαξ συγκομιδή με μηχανικά μέσα), έως την εντατική (καλλιέργεια σε θερμοκήπια, υποστύλωση, κλάδεμα, επαναλαμβανόμενη συγκομιδή με το χέρι κ.λπ.).

Η τομάτα είναι ένα από τα πιο εμπορικά οπωροκηπευτικά, αφού περιλαμβάνεται στα πέντε πρώτα σε διακινούμενες ποσότητες κατέχοντας μάλιστα τη δεύτερη θέση μετά τις μπανάνες, στο παγκόσμιο εμπόριο οπωροκηπευτικών. Συγκεκριμένα, με βάση τα στοιχεία 2002-2004, οι μπανάνες κατέχουν ένα μερίδιο γύρω στο 13% της παγκόσμιας αγοράς οπωροκηπευτικών και οι τομάτες ένα μερίδιο 8%, ενώ ακολουθούν τα μήλα (7,5%), τα σταφύλια (7,5%) και τα πορτοκάλια (5%). Οι τομάτες και τα σταφύλια έχουν τα τελευταία 20 χρόνια αυξήσει ελαφρά το μερίδιο τους, ενώ οι μπανάνες, τα μήλα και ιδιαίτερα τα πορτοκάλια έχουν χάσει έδαφος.

Εξετάζοντας την εξέλιξη της παραγωγής των πέντε αυτών οπωροκηπευτικών μετά το 1980, σε παγκόσμια κλίμακα, γίνεται φανερό ότι η τομάτα παρουσίασε την πιο δυναμική αύξηση. Η παραγόμενη ποσότητα τομάτας διπλασιάστηκε, όπως περίπου συνέβη με τη μπανάνα, ενώ η ποσότητα των παραγόμενων σταφυλιών έμεινε στάσιμη. Τα λαχανικά, γενικά, παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση συγκριτικά μετά φρούτα (Διάγραμμα 1).





Διάγραμμα 1. Συγκριτική παρουσίαση της αύξησης της παγκόσμιας παραγωγής από το 1980 (=100) μέχρι το 2005, γενικά των: φρούτων (α), των λαχανικών (β) και των φρούτο-λαχανικών (γ) και ειδικά των πέντε πιο εμπορικών φρούτο-λαχανικών: τομάτες (1), μπανάνες (2), μήλα (3), πορτοκάλια (4) και σταφύλια (5) (πηγή: FAOstat).

Την τελευταία 20ετία η παγκόσμια παραγωγή τομάτας διπλασιάστηκε, όπως αναφέρθηκε. Τη μεγαλύτερη αύξηση είχε η Κίνα (από 6 εκατομμύρια τόνους το 1982-84 σε 28 εκατομμύρια τόνους το 2002-04), η οποία σήμερα κατέχει την πρώτη θέση από άποψη παραγωγής. Η Ευρωπαϊκή Ένωση των 15, που μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 κατείχε την πρώτη θέση, βρίσκεται τώρα στη δεύτερη θέση. Στις πέντε πρώτες χώρες από άποψη παραγωγής περιλαμβάνονται επίσης οι ΗΠΑ, η Τουρκία και η Ινδία.

Από τη συνολική παραγωγή των 120 εκατομμυρίων τόνων τομάτας που παράγεται παγκοσμίως κάθε χρόνο, μια ποσότητα γύρω στα 33 εκατομμύρια τόνοι είναι βιομηχανική τομάτα που μεταποιείται και διακινείται στο διεθνές εμπόριο ως τοματοπολτός και άλλα προϊόντα μεταποίησης. Οι κύριοι παίκτες σήμερα στη διεθνή αγορά προϊόντων μεταποίησης τομάτας είναι με τη σειρά: Κίνα, Ευρωπαϊκή Ένωση, ΗΠΑ, Χιλή και Τουρκία.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ελλάδα καταλαμβάνει μια καλή θέση όσον αφορά την ετήσια παραγωγή τομάτας (συνολικά επιτραπέζιας και βιομηχανικής). Με μέση ετήσια παραγωγή σταθερά γύρω στους δύο εκατομμύρια τόνους έρχεται τρίτη, αν και με σημαντική διαφορά μετά την Ιταλία και την Ισπανία. Στην παραγωγή επιτραπέζιας τομάτας, την πρώτη θέση κατέχει η Ισπανία και ακολουθεί η Ιταλία, ενώ η Ελλάδα βρίσκεται και εδώ στην τρίτη θέση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ισπανία πραγματοποιεί σημαντικές εξαγωγές τομάτας και κυριαρχεί στις ευρωπαϊκές αγορές νωπών οπωροκηπευτικών. Σημαντικές εξαγωγές επιτραπέζιας

τομάτας κάνει και η Ολλανδία. Εξαγωγικές, έστω και με μικρότερες ποσότητες, είναι επίσης η Ιταλία, το Βέλγιο - Λουξεμβούργο και η Γαλλία, αλλά όχι η Ελλάδα. Το γεγονός αυτό συνδέεται με την ιδιαίτερα υψηλή κατανάλωση νωπής τομάτας στην Ελλάδα η οποία είναι ετησίως 60-80 χγρ/κάτοικο ενώ δεν υπερβαίνει τα 10-20 χγρ/κάτοικο στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. Έτσι, η Ελλάδα έχει αυξημένες απαιτήσεις επιτραπέζιας τομάτας σε σύγκριση με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες γι' αυτό το παραγόμενο προϊόν διατίθεται στην εσωτερική αγορά, συνήθως σε καλές τιμές, οι πραγματοποιούμενες εξαγωγές είναι ασήμαντες ενώ γίνονται και κάποιες εισαγωγές ιδιαίτερα σε εναλλακτικούς τύπους τομάτας (κερασοτομάτες, μικρόκαρπες κ.λπ.) για τις οποίες δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία. Στην παραγωγή βιομηχανικής τομάτας, την πρώτη θέση στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατέχει η Ιταλία και τη δεύτερη η Ισπανία. Ακολουθεί η Ελλάδα με την Πορτογαλία και η Γαλλία. Η παραγωγή βιομηχανικής τομάτας στη χώρα μας, μετά μια ελαφρά αυξητική πορεία την περίοδο 1995-2000, παρουσιάζει στη συνέχεια πτωτική πορεία σε αντίθεση με άλλες χώρες στις οποίες παρατηρείται εντυπωσιακή αύξηση της παραγωγής. Έτσι, παίρνοντας σαν βάση την περίοδο 1978/79, είχαμε το 2005/06 στην Ελλάδα 83%, στην Ισπανία 486%, στην Ιταλία 239% και στην Τουρκία 361% (στοιχεία από το World Processing Tomato Council) (Γιαννοπολίτης, 2007).

Στην Ελλάδα η τομάτα καταλαμβάνει την πρώτη θέση ανάμεσα σε όλα τα καλλιεργούμενα λαχανικά, τόσο σε έκταση όσο και σε παραγωγή. Όπως σε όλες σχεδόν τις μεσογειακές χώρες, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής τομάτας προέρχεται από υπαίθριες καλλιέργειες. Από το σύνολο της καλλιεργούμενης στην Ελλάδα για παραγωγή νωπών καρπών τομάτας εκτιμάται ότι το 8-10% περίπου αντιστοιχεί σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, στην Ελλάδα το 2005 καλλιεργήθηκαν συνολικά 34.849 στρέμματα με τομάτα θερμοκηπίου, τα οποία έδωσαν συνολική παραγωγή 292.088 τόνους (Σάββας, 2007). Η παραπάνω έκταση κατανέμεται σε 28.392 στρέμματα με τομάτα ως κύρια καλλιέργεια και σε 6.457 στρέμματα στα οποία η τομάτα ήταν δεύτερη καλλιέργεια.

Η επιτραπέζια τομάτα στην Ελλάδα καλλιεργείται ως υπαίθρια σε μια έκταση περίπου 180.000 στρ και δίνει παραγωγή γύρω στους 580.000 τόνους (μέση στρεμματική απόδοση 3,2 τόνοι). Καλλιεργείται επίσης σε περίπου 32.000 στρ στο θερμοκήπιο με ετήσια παραγωγή 320.000 τόνους (μέση στρεμματική απόδοση 10 τόνοι). Η υπαίθρια καλλιέργεια είναι κατανεμημένη σε μικρά συνήθως αγροτεμάχια



σ' όλη σχεδόν τη χώρα ενώ κύρια κέντρα θερμοκηπιακής καλλιέργειας είναι η Κρήτη, η ΝΔ Πελοπόννησος, η Πρέβεζα, Θεσσαλονίκη, Χαλκιδική, Εύβοια κ.ά. Το σύνολο της επιτραπέζιας στη χώρα μας είναι κλασσικοί τύποι μεγάλοκαρπης τομάτας, με τους τύπους μικρόκαρπης τομάτας και κερασοτομάτας να βρίσκονται ακόμα σε ασήμαντες εκτάσεις και σε στάδιο δοκιμών.

Η βιομηχανική τομάτα στην Ελλάδα καλλιεργείται σε μια έκταση περίπου 130.000 στρ (στοιχεία 2005) και δίνει μέση στρεμματική απόδοση 6,5 τόνους προϊόντος. Οι εκτάσεις κατανέμονται κατά 25% στη Βόρεια Ελλάδα (Μακεδονία, Θράκη), κατά 60% στην Κεντρική Ελλάδα (Θεσσαλία, Βοιωτία) και 15% στην Πελοπόννησο. Η εγκατάσταση της καλλιέργειας με μεταφύτευση έτοιμων σποροφύτων κερδίζει συνεχώς έδαφος (ποσοστό σήμερα 60% περίπου) έναντι της απευθείας σποράς (40%). Το ίδιο ισχύει και με τη μηχανική συγκομιδή (ποσοστό 70%) έναντι της συγκομιδής με το χέρι (30%). Στη χώρα μας υπάρχουν 25 εργοστάσια επεξεργασίας βιομηχανικής τομάτας, εκ των οποίων τα 4 επεξεργάζονται το 60% της παραγωγής (Γιαννοπολίτης, 2007).

2.9. Η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας

Η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας εφαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία σε πολλές χώρες, ενώ σε ορισμένες χώρες όπως η Ολλανδία αποτελεί σχεδόν την αποκλειστική μέθοδο καλλιέργειας του φυτού αυτού ήδη από την προηγούμενη δεκαετία (de Krij, 1995). Εκτός από την υποκατάσταση της χημικής απολύμανσης του εδάφους, η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας καθιστά ευκολότερη και αποτελεσματικότερη την ολοκληρωμένη διαχείριση του συστήματος παραγωγής θερμοκήπιο - κλίμα - φυτά, με συνέπεια να συμβάλει σε σημαντικό βαθμό στην βελτίωση της ποιότητας του παραγομένου προϊόντος. Τέλος, η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας, αν εφαρμοσθεί σωστά, μπορεί να δώσει υψηλότερες αποδόσεις και πρωιμότερη παραγωγή κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους (Resh, 1997). Ο μόνος παράγοντας που περιορίζει την εξάπλωση της υδροπονικής καλλιέργειας της τομάτας στην Ελλάδα είναι η έλλειψη τεχνογνωσίας και η ανεπαρκής πληροφόρηση μεταξύ των αγροτών (Σάββας, 2008).

Τα πλέον συχνά χρησιμοποιούμενα υποστρώματα καλλιέργειας της τομάτας στην Ελλάδα είναι ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα και ο κομποστοποιημένος φλοιός της ινδικής καρύδας (γνωστός και ως κοκκοχωμα ή



κόκκος ή κοκκοτύρφη). Από τα παραπάνω υποστρώματα, το πλέον διαδεδομένο είναι ο πετροβάμβακας (Σάββα, 2007). Αν και είναι υλικό που εισάγεται, με αποτέλεσμα να έχει σχετικά υψηλό κόστος αγοράς, συχνά προτιμάται γιατί έχει πολύ καλές φυσικές ιδιότητες, με συνέπεια να επιτρέπει την διατήρηση άριστων συνθηκών υγρασίας και αερισμού στο ριζικό περιβάλλον. Πολύ καλά αποτελέσματα δίνει επίσης και η ελαφρόπετρα όταν χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα καλλιεργείας της τομάτας στο θερμοκήπιο (Οικονομάκης, 1995). Τα βιβλιογραφικά δεδομένα που υπάρχουν για την ελαφρόπετρα είναι σχετικά περιορισμένα. Από πειράματα με άλλα καλλιεργούμενα φυτά όμως προέκυψε ότι η καλύτερη κοκκομετρία για την ελαφρόπετρα είναι αυτή των 0-8 mm γιατί διακρίνεται από την πλέον ισόρροπη αναλογία μεταξύ νερού και αέρα (Gizas and Savvas, 2007).

Τα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας της τομάτας είναι τα εξής;

- i. Καλλιέργεια σε πλάκες υποστρώματος σταθερού σχήματος (π.χ. πετροβάμβακας) συσκευασμένες σε σάκους,
- ii. Καλλιέργεια σε πλάκες υποστρώματος σταθερού σχήματος τοποθετημένες σε κανάλια ή άλλα επιμήκη φυτοδοχεία,
- iii. Καλλιέργεια σε σάκους γεμισμένους με κοκκώδη υποστρώματα (π.χ. περλίτης, κόκκος),
- iv. Καλλιέργεια σε κανάλια ή άλλα επιμήκη φυτοδοχεία γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- v. Καλλιέργεια σε ατομικά φυτοδοχεία για κάθε φυτό (π.χ. γλάστρες) γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα, και
- vi. Καλλιέργεια σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα

Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος δεν θα πρέπει να είναι πάντοτε η ίδια αλλά να μεταβάλλεται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν και την ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του. Γενικά, η κατάρτιση της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος σε μακροστοιχεία παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες. Για να παρασκευασθεί ένα θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει αρχικά να καθορισθεί πλήρως η επιθυμητή του σύνθεση με βάση τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του συγκεκριμένου καλλιεργούμενου φυτού σε θρεπτικά στοιχεία. Ενδεδειγμένες συνθέσεις θρεπτικού διαλύματος για τα διάφορα στάδια υδροπονικής καλλιέργειας παρατίθενται από τον Σάββα (2007). Οι επιθυμητές αυτές τιμές που δίνονται σε συνδυασμό με τα δεδομένα της περιεκτι-



κότητας του νερού άρδευσης σε ιόντα ανόργανων αλάτων χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ποσοτήτων λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στο νερό άρδευσης για την παρασκευή πυκνών (μητρικών) διαλυμάτων λιπασμάτων. Στη συνέχεια, τα πυκνά διαλύματα χρησιμοποιούνται για την παρασκευή αραιού θρεπτικού διαλύματος με το οποίο θα τροφοδοτηθεί η καλλιέργεια. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο ύψος της ολικής συγκέντρωσης αλάτων στα θρεπτικά διαλύματα που προορίζονται για καλλιέργειες τομάτας καθώς και στο pH του θρεπτικού διαλύματος διότι η επίδραση και των δύο αυτών παραμέτρων στην ανάπτυξη, την παραγωγή και την ποιότητα των φυτών και των καρπών είναι άμεση και καταλυτική παράγραφο.

Η ολική συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων σε ένα θρεπτικό διάλυμα που προορίζεται για τομάτα είναι επαρκής από άποψη θρέψης όταν αντιστοιχεί σε μία ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) γύρω στο 1,5 dS/m (Sonneveld, 2000). Η παραπάνω τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας αντιστοιχεί σε ολική συγκέντρωση θρεπτικών ιόντων ίση περίπου με 14 meq/l. Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας χαμηλότερες από αυτό το όριο υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ορισμένα τουλάχιστον θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής. Αντίστοιχα, πολύ υψηλές τιμές EC, οι οποίες υπερβαίνουν ένα δεδομένο όριο, συνδέονται με υπερβολικά μεγάλη συνολική περιεκτικότητα του διαλύματος σε άλατα θρεπτικών και μη θρεπτικών στοιχείων. Η υπερβολικά υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα προκαλεί αλατούχο καταπόνηση στα φυτά με τον ίδιο τρόπο όπως και στα αλατούχα εδάφη (Mass and Hoffmann, 1977; Shannon and Grieve, 1999; Munns, 2002), με συνέπεια να μειώνεται η παραγωγή τους. Έχει διαπιστωθεί ότι η παραγωγή καρπών τομάτας μειώνεται γραμμικά όταν η EC του θρεπτικού διαλύματος αυξάνει πάνω από ένα ορισμένο όριο, υπό την προϋπόθεση ότι κανένα θρεπτικό στοιχείο δεν βρίσκεται σε επίπεδα τροφοπενίας ή τοξικότητας στο διάλυμα (Cuarteto and Munoz, 1999). Η μέγιστη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο περιβάλλον της ρίζας της τομάτας που δεν προκαλεί μείωση της παραγωγής ανέρχεται σε 2,5 dS/m (Sonneveld and Welles, 1988). Σύμφωνα με τους προαναφερόμενους ερευνητές η παραγωγή καρπών τομάτας αναμένεται να μειωθεί με ρυθμό περίπου 5-7% ανά μονάδα αύξησης της EC πάνω από την τιμή-κατώφλι των 2,5 dS/m.

Σε ένα θρεπτικό διάλυμα, κάθε αλλαγή του pH προκαλεί μεταβολές στις συγκεντρώσεις των κατιόντων και των ανιόντων των θρεπτικών στοιχείων που αντιστοιχούν σε ασθενή οξέα και ασθενείς βάσεις αντίστοιχα. Αύξηση του pH



Δύναται να προκαλέσει μετατροπή ενός θρεπτικού στοιχείου από μία χημική μορφή που είναι διαθέσιμη στα φυτά σε μία μορφή που δεν απορροφάται από αυτά. Αν πάλι το pH μειωθεί υπερβολικά, οι συγκεντρώσεις ορισμένων μεταλλικών κατιόντων που σχηματίζουν ασθενείς βάσεις μπορεί να ανέβουν σε τοξικά επίπεδα συνέπεια την εμφάνιση τοξικότητας. Για να μην εμφανισθούν τέτοια προβλήματα, το pH του θρεπτικού διαλύματος στο περιβάλλον της ρίζας της τομάτας θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5-6,5. Τιμές pH μεταξύ 5 και 5,5 καθώς και μεταξύ 6,5 και 7 δεν αναμένεται να προκαλέσουν προβλήματα ανισορροπιών θρέψης. Επειδή όμως είναι οριακές και ενέχουν τον κίνδυνο της υπέρβασης τους δεν συμπεριλαμβάνονται στη ζώνη των επιθυμητών τιμών αλλά απαρτίζουν μία ανώτερη και μία κατώτερη ζώνη ρυθμιστικών τιμών. Αυτό σημαίνει ότι αν το pH στο περιβάλλον της ρίζας ή στο διάλυμα απορροής βρίσκεται μέσα σε αυτό το ρυθμιστικό εύρος τιμών θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα επαναφοράς του στη ζώνη μεταξύ 5,5-6,5 πριν υπερβεί το κατώτερο όριο του 5 ή το ανώτερο όριο του 7. Γενικά, έχει αποδειχθεί ότι σε σύγκριση με άλλα φυτά η τομάτα είναι λιγότερο ευαίσθητη σε τιμές pH που υπερβαίνουν το 7 (Islam et al., 1980; Akl et al., 2003). Αντίθετα, είναι σχετικά ευαίσθητη στην πτώση του pH σε επίπεδα κατώτερα από 5, στα οποία αντιδρά με μειωμένη παραγωγή καρπών οφειλόμενη σε περιορισμό του μέσου βάρους των καρπών (Akl et al., 2003).

Μετά την εγκατάσταση των φυτών της τομάτας στο θερμοκήπιο ξεκινά άμεσα το πότισμα μέσω του συστήματος στάγδην άρδευσης. Λόγω του μικρού όγκου του υποστρώματος ανά φυτό, η καλλιέργεια θα πρέπει να ποτίζεται αρκετές φορές στη διάρκεια μίας ημέρας (συνήθως 5-15). Οι ακριβείς ποσότητες νερού που καταναλώνει μία καλλιέργεια τομάτας εξαρτώνται από το στάδιο ανάπτυξης των φυτών (έκταση φυλλικής επιφάνειας). Σε ένα δεδομένο στάδιο ανάπτυξης των φυτών, η κατανάλωση νερού εξαρτάται απόλυτα από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και γι αυτό μπορεί να κυμαίνεται σε ευρύτατα όρια από ημέρα σε ημέρα. Συνεπώς, η ύπαρξη αυτοματισμών που επιτρέπουν την ρύθμιση του χρόνου έναρξης και τη διάρκεια της εφαρμογής άρδευσης σε εξάρτηση από τις κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν μία πιο ορθολογική χρησιμοποίηση του νερού και των λιπασμάτων που είναι διαλυμένα σε αυτό (Σάββας, 2007)



3.Αλατότητα

3.1.Ορισμός

Αλατότητα είναι η υπερβολική συγκέντρωση διαλυτών αλάτων (ανόργανων ιόντων) στο διάλυμα που βρίσκεται στην περιοχή του ριζοστρώματος των φυτών (εδαφικό διάλυμα ή τεχνητό θρεπτικό διάλυμα). Τα ιόντα που βρίσκονται σε υπερβολική συγκέντρωση συνήθως είναι το Na^+ και το Cl^- , ενώ σε μικρότερο βαθμό υπεύθυνα για την αλατότητα μπορούν να είναι το Ca_2^+ , το Mg_2^+ , το SO_4^{2-} και το HCO_3^- .

Η αλατότητα μπορεί να μετρηθεί με μονάδες που εκφράζουν άμεσα τη συνολική συγκέντρωση διαλυτών αλάτων στο διάλυμα (π.χ. g/l ή mmol/l ή meq/l). Συνήθως όμως εκφράζεται με μονάδες που υποδηλώνουν έμμεσα την συγκέντρωση διαλυτών αλάτων (π.χ. ηλεκτρική αγωγιμότητα σε mmhos/cm ή dS/m), ή ωσμωτικό δυναμικό σε bar ή kPa ή at). Κατά προσέγγιση στα νερά άρδευσης ισχύει η σχέση:

$$1 \text{ dS/m} = 10 \text{ meq/l}$$

Ενώ τα φυτά είναι εκτεθειμένα στην αλατότητα του εδαφικού διαλύματος, στην πράξη είναι πολύ δύσκολο να μετρηθεί άμεσα η περιεκτικότητα του διαλύματος αυτού σε άλατα, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για δείγματα ρουτίνας που χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση της θρεπτικής κατάστασης του εδάφους και την σύσταση του ενδεδειγμένου σχήματος λίπανσης. Εκτός αυτού όμως, ακόμη και αν αυτό ήταν εύκολο, θα επρόκειτο για μία μέτρηση μικρής αξιοπιστίας. Πραγματικά, μία μικρή μείωση ή αύξηση της εδαφικής υγρασίας λόγω εξάτμισης ή κατανάλωσης του εδαφικού νερού από τα φυτά η οποία προφανώς δε συνοδεύεται από αντίστοιχης έκτασης απομάκρυνση αλάτων θα οδηγούσε αμέσως σε αλλαγή της περιεκτικότητας του εδάφους σε άλατα. Για να μην εξαρτάται επομένως η τιμή της μετρούμενης αλατότητας από τη στιγμιαία περιεκτικότητα του εδαφικού δείγματος σε υγρασία κατά το χρόνο διεξαγωγής της μέτρησης, η υδατική του κατάσταση θα πρέπει να ρυθμίζεται σε ένα σταθερό επίπεδο αναφοράς. Συνήθως αυτό το επίπεδο αναφοράς είναι η κατάσταση υδατοκορεσμού, η οποία επιτυγχάνεται εμπειρικά με βαθμιαία προσθήκη αποσταγμένου νερού στο δείγμα κάτω από συνεχή ανάδευση. Όταν το δείγμα φθάσει σε αυτή την κατάσταση γίνεται αναρρόφηση νερού από αυτό με τη βοήθεια μιας αντλίας κενού. Στη συνέχεια το νερό που αποσπάται με αυτόν τον



τρόπο από το δείγμα, το οποίο καλείται εκχύλισμα κορεσμού, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας. Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που μετράται στο εκχύλισμα κορεσμού δεν αντιστοιχεί σε αυτή στην οποία είναι εκτεθειμένο το φυτό, δεδομένου ότι το καλλιεργούμενο έδαφος ποτέ δεν μπορεί να περιέχει τόση πολλή υγρασία ώστε να βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού. Η μέγιστη ποσότητα υγρασίας που μπορεί να συγκρατήσει ένα έδαφος, η οποία αντιστοιχεί στην λεγόμενη κατάσταση υδατοϊκανότητας, είναι κατά προσέγγιση ίση με το ήμισυ αυτής που περιέχεται στην κατάσταση του κορεσμού. Επομένως, η πραγματική ηλεκτρική αγωγιμότητα που επικρατεί σε ένα καλλιεργούμενο έδαφος θα είναι τουλάχιστον διπλάσια από αυτή που μετράται στο εκχύλισμα κορεσμού. Από την άλλη πλευρά ένα καλλιεργούμενο έδαφος περιέχει οπωσδήποτε περισσότερη υγρασία από αυτή που αντιστοιχεί στο λεγόμενο σημείο μόνιμης μάρανσης. Το τελευταίο θεωρείται ότι κατά προσέγγιση αντιστοιχεί στο ένα τέταρτο της υγρασίας που περιέχεται στην κατάσταση του κορεσμού. Άρα, η πραγματική ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός εδάφους θα κυμαίνεται μεταξύ του διπλάσιου και του τετραπλάσιου της τιμής που μετράται στο εκχύλισμα κορεσμού (Σάββας, 2000).

Από τα παραπάνω καθίσταται προφανώς ότι, πέρα από την συνολική αρδευτική δόση, που όταν είναι αυξημένη συμβάλλει στην έκπλυση των αλάτων, σημαντικό ρόλο στην μείωση των δυσμενών επιπτώσεων της αλατότητας διαδραματίζει και η συχνή άρδευση, δεδομένου ότι συμβάλλει στη διατήρηση της αλατότητας στα ελάχιστα δυνατά επίπεδα.

3.2. Προέλευση των προβλημάτων αλατότητας

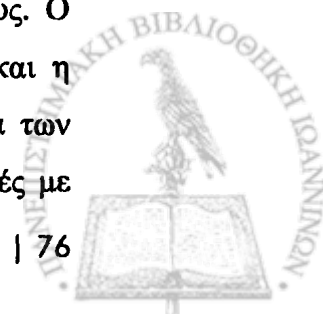
Σε πολλά μέρη της γης τα νερά που υπάρχουν διαθέσιμα για άρδευση περιέχουν διαλυμένα διάφορα ιόντα σε υπερβολικά υψηλές συγκεντρώσεις. Κατά κανόνα τα ιόντα αυτά είναι το νάτριο και το χλώριο. Συχνή όμως είναι και η παρουσία του ασβεστίου, του μαγνησίου των θεικών και των όξινων ανθρακικών ιόντων σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις στα νερά άρδευσης.

Τα νερά με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα αποτελούν τον κανόνα στις περιοχές με ξηρό και θερμό κλίμα. Ο γενεσιουργός παράγοντας που οδηγεί στη συσσώρευση αλάτων είναι η στενότητα νερού η οποία προέρχεται τόσο από τη χαμηλή βροχόπτωση όσο και από την υψηλή εξάτμιση. Το νερό επομένως που καταλήγει να συγκεντρωθεί είτε στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες είτε σε



επιφανειακούς, φυσικούς ή τεχνητούς ταμιευτήρες είναι περιορισμένο και ανανεώνεται όχι πολύ συχνά, με συνέπεια κατά κανόνα να περιέχει αρκετά άλατα τα οποία έχουν διαλυτοποιηθεί στην πορεία της διαδρομής του από το σημείο της πρόσπτωσης του στη γη μέχρι το σημείο συλλογής του. Το πρόβλημα της αυξημένης περιεκτικότητας σε άλατα καθίσταται ακόμη πιο έντονο στις πεδινές και παράκτιες περιοχές, δεδομένου ότι η πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού ανοίγει το δρόμο στην μετακίνηση θαλασσινού νερού προς τον υδροφόρο ορίζοντα. Το αποτέλεσμα είναι να λάβει χώρα ανάμειξη του υπόγειου νερού με θαλάσσιο ύδωρ με συνέπεια τη σημαντική αύξηση της περιεκτικότητάς του σε άλατα και ιδιαίτερα σε NaCl. Στις περιπτώσεις που τα αποθέματα υπόγειου νερού είναι μικρά και βρίσκονται πολύ κοντά στην ακτή, η διαδικασία αυτή οδηγεί στη δημιουργία υφάλμυρων υδάτων (γλυφό νερό).

Από το νερό που χορηγείται σε μία καλλιέργεια για άρδευση, ένα μέρος εξατμίζεται, ένα φαινόμενο που είναι έντονο σε περιοχές με σχετικά θερμό και ξηρό κλίμα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος απορροφάται από τα φυτά. Αν υπάρχει επάρκεια νερού τότε πιθανόν η άρδευση να γίνεται με περίσσεια, οπότε ένα μέρος του μπορεί να στραγγίζει βαθύτερα μέσα στο έδαφος. Το νερό που εξατμίζεται όμως αφήνει πίσω του στο έδαφος τα άλατα που περιέχει. Παρόμοια, το νερό που απορροφάται από τα φυτά αφήνει πίσω στο έδαφος μέρος των αλάτων που περιέχει και συγκεκριμένα αυτά που βρίσκονται σε υπερβολική συγκέντρωση και δεν είναι χρήσιμα για τη θρέψη των φυτών. Όπως είναι γνωστό, αυτό οφείλεται στους μηχανισμούς εκλεκτικής απορρόφησης και εκλεκτικής απέκκρισης των θρεπτικών στοιχείων και των άλλων ιόντων που περιέχονται στο εδαφικό νερό. Η εξάτμιση και η κατανάλωση του νερού από τα φυτά επομένως έχει ως συνέπεια τη συσσώρευση στο έδαφος των ιόντων που περιέχονται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Ο μόνος τρόπος απομάκρυνσης αυτών των ιόντων από το ριζόστρωμα των φυτών είναι η παροχή μεγάλων ποσοτήτων νερού στην καλλιέργεια, ώστε το έδαφος να φθάσει και να ξεπεράσει την κατάσταση της υδατοϊκανότητας, οπότε το νερό θα αρχίσει να διηθείται προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους παρασύροντας μαζί του και τα συσσωρευμένα άλατα. Κάτω από συνθήκες ξηροθερμικού κλίματος το φαινόμενο της συσσώρευσης αλάτων στο έδαφος είναι πολύ πιο έντονο για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι ότι τόσο η εξάτμιση του νερού από το έδαφος, όσο και η διαπνοή του φυτού αυξάνονται, οπότε αντίστοιχα αυξάνεται και η ποσότητα των αλάτων που απομένουν στο έδαφος. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι στις περιοχές με



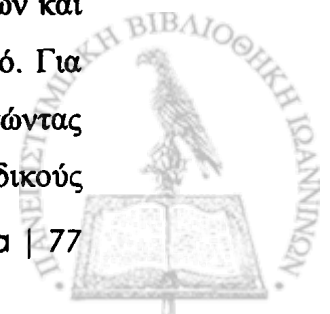
ξηροθερμικό κλίμα το νερό βρίσκεται τις πιο πολλές φορές σε ανεπάρκεια, με συνέπεια η χορήγηση πολύ μεγάλων αρδευτικών δόσεων με στόχο την έκπλυση των συσσωρευμένων αλάτων από το έδαφος να μην είναι αντικειμενικά εφικτή. Επομένως, στις ξηρές και θερμές περιοχές της γης το πρόβλημα της υπερβολικής συσσώρευσης αλάτων στο έδαφος είναι ιδιαίτερα έντονο.

Τέλος, η περιεκτικότητα του αρδευτικού νερό σε άλατα εξαρτάται και από τα γεωλογικά και ορυκτολογικά δεδομένα μιας περιοχής τα οποία υπαγορεύουν σε μεγάλο βαθμό το είδος των αλάτων με τα οποία έρχεται σε επαφή το νερό καθώς και τη χρονική διάρκεια αυτής της επαφής (Σάββας, 2000).

3.3.Προβλήματα που προκαλεί στα φυτά η αλατότητα

Όταν στο περιβάλλον των ριζών η περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα είναι υψηλή αλλά τα φυτά ανθίστανται μέσω μηχανισμών εκλεκτικής απέκκρισης στην απορρόφηση αλάτων με ρυθμούς πολύ πιο εντατικούς από αυτούς που είναι αναγκαίοι για την θρέψη τους, τότε αυτά οδηγούνται σε αδυναμία απορρόφησης νερού λόγω αυξημένου οσμωτικού δυναμικού στο εξωτερικό διάλυμα. Εκτός αυτού, η δαπάνη μεταβολικής ενέργειας που απαιτείται για την απέκκριση των αλάτων που μέσω απλής διάχυσης τείνουν να εισέλθουν μέσα στα κύτταρα οδηγεί σε σημαντική ενεργειακή καταπόνηση του φυτού. Από την άλλη, αν τα φυτά επιτρέψουν την είσοδο αυξημένων ποσοτήτων αλάτων σε σύγκριση με αυτές που χρειάζονται για τη θρέψη τους τότε δεν καταπονούνται ενεργειακά αφού αυτό γίνεται προς την κατεύθυνση της κλίσης του χημικού δυναμικού, ενώ παράλληλα αυξάνεται το οσμωτικό δυναμικό των κυττάρων τους οπότε μπορούν εύκολα να απορροφούν το υψηλής αλατότητας και επομένως υψηλού οσμωτικού δυναμικού νερό που περιβάλλει τις ρίζες. Στην περίπτωση αυτή όμως μπορούν να προκληθούν διαταραχές των ζωτικών λειτουργιών του κυττάρου λόγω της υπερβολικής συγκέντρωσης ορισμένων ιόντων μέσα σε αυτά, οι οποίες είναι γνωστές ως τοξικότητες (Σάββας, 2000).

Η εξισορρόπηση κάπου ενδιάμεσα στις δύο αυτές ακραίες καταστάσεις από μόνη της δεν αποτελεί λύση αφού θα έχει σαν συνέπεια την έκθεση των φυτών και στις δύο αυτές αντίξοες συνθήκες ταυτόχρονα, έστω και σε μικρότερο βαθμό. Για αυτό τα φυτά τείνουν συνήθως να ανταποκρίνονται στην αλατότητα υιοθετώντας την μία από τις δύο παραπάνω στρατηγικές και αναπτύσσοντας ειδικούς



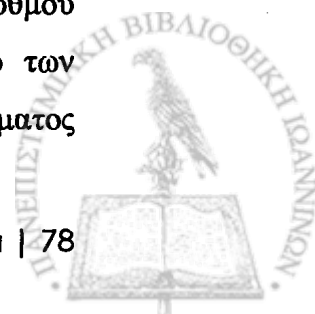
μηχανισμούς ανοχής των αντίστοιχων δυσμενών συνθηκών μέσω της ανάπτυξης ειδικών προσαρμοστικών μηχανισμών. Έτσι, τα φυτά που αντεπεξέρχεται στην αλατότητα με αποκλεισμό της περίσσειας αλάτων από τα μεταβολικά ενεργά κύτταρα, έχουν αναπτύξει ειδικούς μηχανισμούς προσαρμογής του οσμωτικού δυναμικού των κυττάρων στο υψηλό εξωτερικό οσμωτικό δυναμικό με άλλους τρόπους, ώστε να είναι δυνατή η απορρόφηση νερού. Αντίστοιχα, τα φυτά που επιτρέπουν την απρόσκοπτη είσοδο των αλάτων μέσα στους φυτικούς ιστούς και την μεταφορά τους στα μεταβολικά ενεργά όργανα έχουν αναπτύξει μηχανισμούς προστασίας των βιοχημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα μέσα στο κύτταρο από την τοξική επίδραση των αλάτων (Σάββας, 2000).

3.4.Αντιμετώπιση αλατότητας μέσω αποκλεισμού των αλάτων

Τα περισσότερα ανώτερα φυτά έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς αποκλεισμού των ιόντων που δεν είναι απαραίτητα για την θρέψη τους από το εσωτερικό των κυττάρων και ιδιαίτερα από τα κύτταρα που επιτελούν ζωτικές λειτουργίες όπως η φωτοσύνθεση. Δύο βασικοί μηχανισμοί, οι οποίοι συνήθως συνυπάρχουν και δρουν συμπληρωματικά μεταξύ τους για τον σκοπό αυτό, είναι η ενεργός απέκκριση των ανεπιθύμητων ιόντων στο εξωτερικό μέσο και η συσσώρευση τους σε παρεγχυματικούς ιστούς κατώτερων οργάνων, όπως ρίζες, οι κατώτεροι βλαστοί και οι μίσχοι των κατώτερων φύλλων. Το σημαντικότερο ιόν το οποίο συγκρατείται στα κατώτερα φυτικά όργανα, ενώ οι ποσότητες αυτού που θα καταφέρουν παρόλα αυτά να φθάσουν στα ανώτερα φύλλα μεταφέρονται και πάλι προς τη ρίζα και απεκκρίνονται ενεργά είναι το νάτριο.

Για να ελαχιστοποιηθεί η μεταφορά των ανεπιθύμητων ιόντων νατρίου που έχουν καταφέρει να εισέλθουν μέσα στα αγγεία του ξύλου της ρίζας προς τα ανώτερα φύλλα και τις κορυφές αύξησης, τα φυτά αυτής της κατηγορίας το αποθηκεύει στο ξυλώδες παρέγχυμα των κατώτερων, ριζών, βλαστών και μίσχων φύλλων. Έτσι, παρεμποδίζεται η ομοιόμορφη κατανομή του ανεπιθύμητου νατρίου σε όλα τα κύτταρα του μεσόφυλλου όπου λαμβάνει χώρα η φωτοσύνθεση.

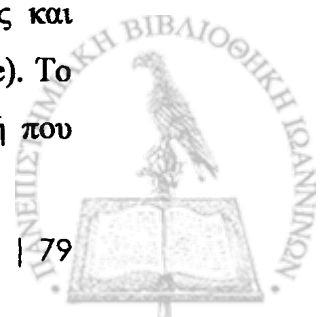
Ένας άλλος μηχανισμός που επίσης αποσκοπεί στον περιορισμό του ρυθμού ανόδου αλάτων στα υπέργεια μέρη του φυτού είναι το μερικό κλείσιμο των στομάτων. Το κλείσιμο των στομάτων έχει σαν συνέπεια τη μείωση του ρεύματος



διαπνοής και επομένως του ρυθμού μεταφοράς αλάτων προς το υπέργειο μέρος του φυτού μέσω του ανιόντος χυμού.

Τέτοιου είδους μηχανισμοί όμως είναι αποτελεσματικοί μόνο σε χαμηλά έως μέτρια επίπεδα αλατότητας, δεδομένου ότι καθώς αυξάνονται οι συγκεντρώσεις αλάτων στο εξωτερικό μέσο οι μηχανισμοί ενεργού απέκκρισης αυτών εκτός των κυττάρων φθάνουν στον κορεσμό. Έτσι, δεν μπορούν πλέον να ανταποκριθούν στην αυξημένη τάση εισόδου και μεταφοράς των ανεπιθύμητων αλάτων στα μεταβολικά ενεργά κύτταρα των φύλλων της κορυφής του φυτού. Παράλληλα όμως, η απέκκριση των ανεπιθύμητων αλάτων είτε προς το εξωτερικό μέσο είτε προς τα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιώδους παρεγχύματος γίνεται με δαπάνες ενέργειας με συνέπεια να επιβαρύνεται σημαντικά το ενεργειακό ισοζύγιο του φυτού. Το τελευταίο επιδεινώνεται περαιτέρω και εξαιτίας του μερικού κλεισίματος των στομάτων το οποίο έχει σαν συνέπεια τη μείωση του ρυθμού αφομοίωσης μέσω της φωτοσύνθεσης. Τέλος, το ενεργειακό ισοζύγιο των φυτών αυτής της κατηγορίας επιβαρύνεται ακόμη περισσότερο επειδή αυτά αναγκάζονται να παράγουν περισσότερες διαλυτές, μη τοξικές οργανικές ουσίες, ώστε να αυξήσουν το οσμωτικό τους δυναμικό και να είναι σε θέση να απορροφούν το αλατούχο νερό που υπάρχει στις ρίζες τους.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι κάτω από συνθήκες αλατούχου στρές, ο αποκλεισμός των αλάτων από τα μεταβολικά ενεργά φύλλα και τις κορυφές αύξησης και η συνεπακόλουθη οσμωτική προσαρμογή των κυττάρων επιβάλουν στα φυτά ένα σημαντικά δυσμενέστερο ενεργειακό ισοζύγιο με αποτέλεσμα αυτά να παρουσιάζουν χαμηλότερους ρυθμούς αύξησης. Πραγματικά, τα καλλιεργούμενα φυτά που αντιμετωπίζουν με αυτόν τον τρόπο την αλατότητα αντιδρούν με πτώση της παραγωγής σε βαθμό ανάλογο με την αύξηση της αλατότητας πάνω από ένα όριο. Το όριο αυτό της αλατότητας είναι η ανώτατη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας που μπορεί να επικρατεί στο περιβάλλον των ριζών χωρίς να προκαλεί δυσμενείς επιδράσεις στην παραγωγή και ονομάζεται «ανώτατη επιτρεπτή αλατότητα» (salinity threshold value). Όσον αφορά τον ρυθμό μείωσης της παραγωγής που παρατηρείται όταν η αλατότητα αυξάνει πάνω από αυτό το όριο, αυτός εκφράζεται ως ποσοστό μείωσης της παραγωγής ανά μονάδα μείωσης της αλατότητας και καλείται ρυθμός μείωσης παραγωγής λόγω αλατότητας (salinity yield decrease). Το ποσοστό μείωσης της παραγωγής υπολογίζεται σε σχέση με την παραγωγή που λαμβάνεται όταν τα φυτά δεν είναι εκτεθειμένα σε αλατότητα.



3.5.Αντιμετώπιση αλατότητας μέσω απορρόφησης αλάτων

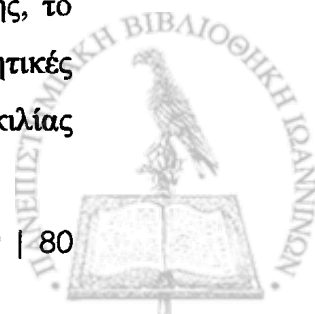
Πολλά φυτά αντιδρούν στην αλατότητα με απορρόφηση μεγάλων ποσοτήτων από τα πλεονάζοντα ιόντα στο χώρο των ριζών με αποτέλεσμα την αύξηση του εσωτερικού οσμωτικού δυναμικού των κυττάρων, οπότε η απορρόφηση νερού γίνεται απρόσκοπτα. Τα φυτά αυτά διαθέτουν μηχανισμούς προσαρμογής των μεταβολικά ενεργών κυττάρων σε υψηλές συγκεντρώσεις ανόργανων ιόντων στο εσωτερικό τους οι οποίοι βασίζονται στην αποτελεσματική διαμερισματοποίηση τους. Έτσι, τα ανόργανα άλατα συσσωρεύονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα όργανα εκείνα στα οποία δε λαμβάνει χώρα δραστηριοποίηση των ευαίσθητων ενζύμων (π.χ. χυμοτόπια) ενώ εκεί που αυτό συμβαίνει, την οσμωτική εξισορρόπηση αναλαμβάνουν να την κάνουν διάφορες διαλυτές και μη τοξικές για τα ένζυμα οργανικές ουσίες. Τέτοιου είδους μηχανισμοί είναι αποτελεσματικοί ακόμη και σε μεγάλες τιμές αλατότητας και χαρακτηρίζουν φυτά που έχουν υψηλού βαθμού ανεκτικότητα στην αλατότητα (αλόφυτα).

Από τα παραπάνω καθίσταται προφανές ότι τα διάφορα είδη φυτών αντιδρούν με διαφορετικούς μηχανισμούς αναπτύσσοντας διαφορετικές μορφολογικές, φυσιολογικές και οικολογικές προσαρμογές έναντι της αλατότητας. Πραγματικά οι διαφορές αυτές, οι οποίες οφείλονται στο γονότυπο του κάθε φυτού, είναι τεράστιες

3.6.Επίδραση της αλατότητας στην τομάτα

Η τομάτα θεωρείται καλλιέργεια μέσης ευαισθησίας στην αλατότητα (Mass, 1986; Cuarteto and Fernandez-Munoz, 1999). Κατά τον Mass (1986) η παραγωγή της τομάτας δεν μειώνεται όταν αρδεύεται με νερό με $EC < 2-2,5$ dS/m, ενώ μειώνεται στο 50% όταν η EC του νερού φτάνει τα 8-9 dS/m,. Ωστόσο, μια εμπορική καλλιέργεια τομάτας δεν θεωρείται οικονομικά προσοδοφόρα όταν η παραγωγή μειώνεται πάνω από 10-15%. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού άρδευσης για την τομάτα δίδονται από τον Χατζουλάκη (2007)

Υπάρχουν γενοτυπικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών της τομάτας όσο αφορά την αντοχή στην αλατότητα (Alarcon et al., 1994; Allan et al., 2000). Επίσης, το είδος των αλάτων που περιέχονται στο νερό άρδευσης έχει σχέση με τις αρνητικές επιδράσεις στην τομάτα. Ακόμη, η αντοχή στην αλατότητα της ίδιας ποικιλίας



διαφέρει ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης. Οι επιδράσεις της αλατότητας στην τομάτα είναι πολλές.

Αρχικά η βλάστηση των σπόρων τομάτας μειώνεται με την αύξηση στα 80 mM της αλατότητας (Cuarteto and Fernandez-Munoz, 1999). Ωστόσο, πέρα από τη μείωση του ποσοστού βλάστησης με την αύξηση της αλατότητας αυξάνεται και ο χρόνος που απαιτείται για την πλήρη βλάστηση. Σπόροι τομάτας για να βλαστήσουν στα 80 mM χρειάζονται 50% παραπάνω χρόνο σε σχέση με το καλής ποιότητας νερό.

Η αλατότητα επιβραδύνει την αύξηση της τομάτας στο στάδιο ανάπτυξης. Αντίθετα από ότι συμβαίνει με πολλά άλλα είδη καρποδοτικών κηπευτικών, στην τομάτα η αλατότητα περιορίζει περισσότερο την βλαστική ανάπτυξη σε σύγκριση με την παραγωγή καρπών, ιδιαίτερα όταν η σύγκριση γίνεται με όρους ξηρής ουσίας (Ehret and Ho, 1986). Στο στάδιο της παραγωγής καρπών είναι πιο ανθεκτική και μπορεί να αντέξει σε συγκεντρώσεις NaCl που τα νεαρά φυτά τομάτας θα καταστρέφονταν. Είναι γενικά αποδεκτό ότι μικρά έως μέτρια επίπεδα αλατότητας βλάπτουν περισσότερο το υπέργειο μέρος της τομάτας παρά την ρίζα (Perez-Alfocea et al., 1996; Mavrogianopoulos et al., 2002). Στα 35 mM NaCl στις ποικιλίες Daniela και Moneymaker μειώθηκε σημαντικά το ύψος των φυτών, η φυλλική επιφάνεια και το ξηρό βάρος (Χαρτζουλάκης, 2007).

Η αύξηση της αλατότητας αλλάζει τη μορφολογία του φύλλου (μειώνει την πυκνότητα των στομάτων), μειώνει την αγωγιμότητα των στομάτων και το ρυθμό φωτοσύνθεσης, ανάλογα με την ποικιλία. Η μείωση της φωτοσύνθεσης οφείλεται κυρίως στο κλείσιμο των στομάτων και τη μείωση της πυκνότητας τους και όχι σε βιοχημικές αλλαγές στο μεσόφυλλο (Xu et al., 1994; Romero-Aranda et al., 2001).

Η οσμωρύθμιση είναι ο κύριος μηχανισμός με τον οποίο η τομάτα διατηρεί τη σπαργή σε συνθήκες αλατότητας. Οι κύριοι οσμωλύτες, που συμβάλλουν στη μείωση του οσμωτικού δυναμικού με αποτέλεσμα να διατηρείται το δυναμικό σπαργής σε τιμές όμοιες ή και μεγαλύτερες από το δυναμικό σπαργής στα φυτά που αρδεύονται με νερό καλής ποιότητας, είναι ανόργανα άλατα (Na^+ , K^+), αμινοξέα (προλίνη) και σάκχαρα (Cuarteto and Fernandez-Munoz, 1999; Romero-Aranda et al., 2001).

Η αλατότητα αυξάνει τη συγκέντρωση του Na^+ και Cl^- στους φυτικούς ιστούς και μειώνει τη συγκέντρωση των K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} και NO_3^- . Η αντοχή της τομάτας στην αλατότητα φαίνεται να σχετίζεται με την ικανότητα να διατηρεί χαμηλή

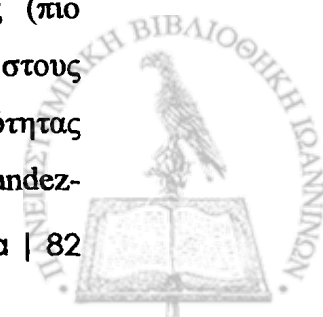


συγκέντρωση Na στα νεαρά φύλλα (Shannon et al., 1987). Όταν η περιεκτικότητα σε Na στα φύλλα τομάτας είναι μεγαλύτερη από 0,7-1% (ξ.β.) εμφανίζονται συμπτώματα τοξικότητας από άλατα, που αρχίζουν με ξήρανση της περιφέρειας του φύλλου και στη συνέχεια προχωρεί σε ολόκληρη την επιφάνεια του φύλλου. Η παρατεταμένη χρήση νερού υψηλής αλατότητας μπορεί να προκαλέσει και την ξήρανση του φυτού.

Η τομάτα είναι πιο ανθεκτική στην αλατότητα από την αγγουριά. Η παραγωγή της τομάτας μειώνεται όταν η EC του νερού άρδευσης είναι μεγαλύτερη από 2-2,5 dS/m, (Mass and Hoffmann, 1977; Mitchell et al., 1991). Η αύξηση της EC κατά 1dS/m, πιο πάνω από τις ανωτέρω τιμές προκαλεί μείωση της παραγωγής κατά 9-10% (Soria and Cuartero, 1977; Mass, 1986; Saranga et al., 1991). Η μείωση της παραγωγής σε χαμηλά επίπεδα αλατότητας ($EC < 4-6$ dS/m,) οφείλεται κυρίως στη μείωση του μέσου βάρους καρπών. Έχει αποδειχθεί ότι η έκθεση της τομάτας σε μέτρια επίπεδα αλατότητας περιορίζει κυρίως το μέσο βάρος του καρπού και όχι τον αριθμό των παραγόμενων καρπών ανά φυτό (Van Ieperen, 1996; Cuartero and Munoz, 1999). Σε σχετικά υψηλά επίπεδα αλατότητας όμως, περιορίζεται και ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, προφανώς ως αποτέλεσμα της σημαντικής ελάττωσης της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών (Adams, 1991). Σε αντίθεση όμως με το μέσο βάρος, η περιεκτικότητα των καρπών σε ξηρή ουσία αυξάνεται καθώς ανυψώνεται η αλατότητα στο περιβάλλον των ριζών (Ehret and Ho, 1986). Ειδικότερα, καθώς η αλατότητα στο ριζικό περιβάλλον αυξάνεται σε επίπεδα ελαφρώς έως μετρίως μεγαλύτερα από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια (μείωση οσμωτικού δυναμικού), η περιεκτικότητα των καρπών σε νερό ελαττώνεται λόγω προσαρμογής του οσμωτικού τους δυναμικού σε αυτό της ρίζας (Gaugh and Hobson, 1990).

Οι καρποί τομάτας που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες ήπιας αλατότητας ωριμάζουν νωρίτερα από αυτές που αρδεύονταν με νερό καλής ποιότητας (Sharaf and Hobson, 1986).

Μέτρια επίπεδα αλατότητας βελτιώνουν την ποιότητα των καρπών της τομάτας (Krauss et al., 2006). Ειδικότερα, οι θετικές επιδράσεις της αλατότητας στην ποιότητα του προϊόντος περιλαμβάνουν την αύξηση της ξηρής ουσίας (πιο συνεκτικοί και λιγότερο υδαρείς καρποί) και της συγκέντρωσης σακχάρων στους καρπούς, της ογκομετρούμενης οξύτητας στον χυμό, καθώς και της περιεκτικότητας τους σε πτητικές ουσίες που τους προσδίδουν άρωμα (Cuartero and Fernandez-



Munoz, 1999; Ολύμπιος κ.α., 2007). Η αλατότητα αυξάνει επίσης τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS), που είναι βασικό κριτήριο ποιότητας. Η αυξημένη συγκέντρωση των σακχάρων και των οργανικών οξέων στους καρπούς των φυτών που αναπτύχθηκαν με αυξημένη αλατότητα συντελεί στην καλύτερη γεύση των καρπών (Mitchell et al., 1991). Ωστόσο, η διάρκεια ζωής και η συμπαγεια των καρπών μειώνεται με την αύξηση της αλατότητας πάνω από τα 50 mM NaCl (Mizrahi, 1982).

Επιπλέον, η μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής της τομάτας στο ράφι επιμηκώνεται με την αύξηση της αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος (Gaugh and Hobson, 1990; Cuarteto and Fernandez-Munoz, 1999) ενώ παράλληλα μειώνεται το ποσοστό των καρπών που παρουσιάζουν τις φυσιολογικές ανωμαλίες ανομοιόμορφη στικτή ωρίμανση (Sonneveld and Welles, 1988), χρυσίζουσες κηλίδες στον καρπό (Dorais et al., 2001) και εσωτερική καστανώση καρπού (Sonneveld and van der Burg, 1991)



B. ΜΕΡΟΣ

1. Υλικά και μέθοδοι

1.1. Περιγραφή του θερμοκηπίου

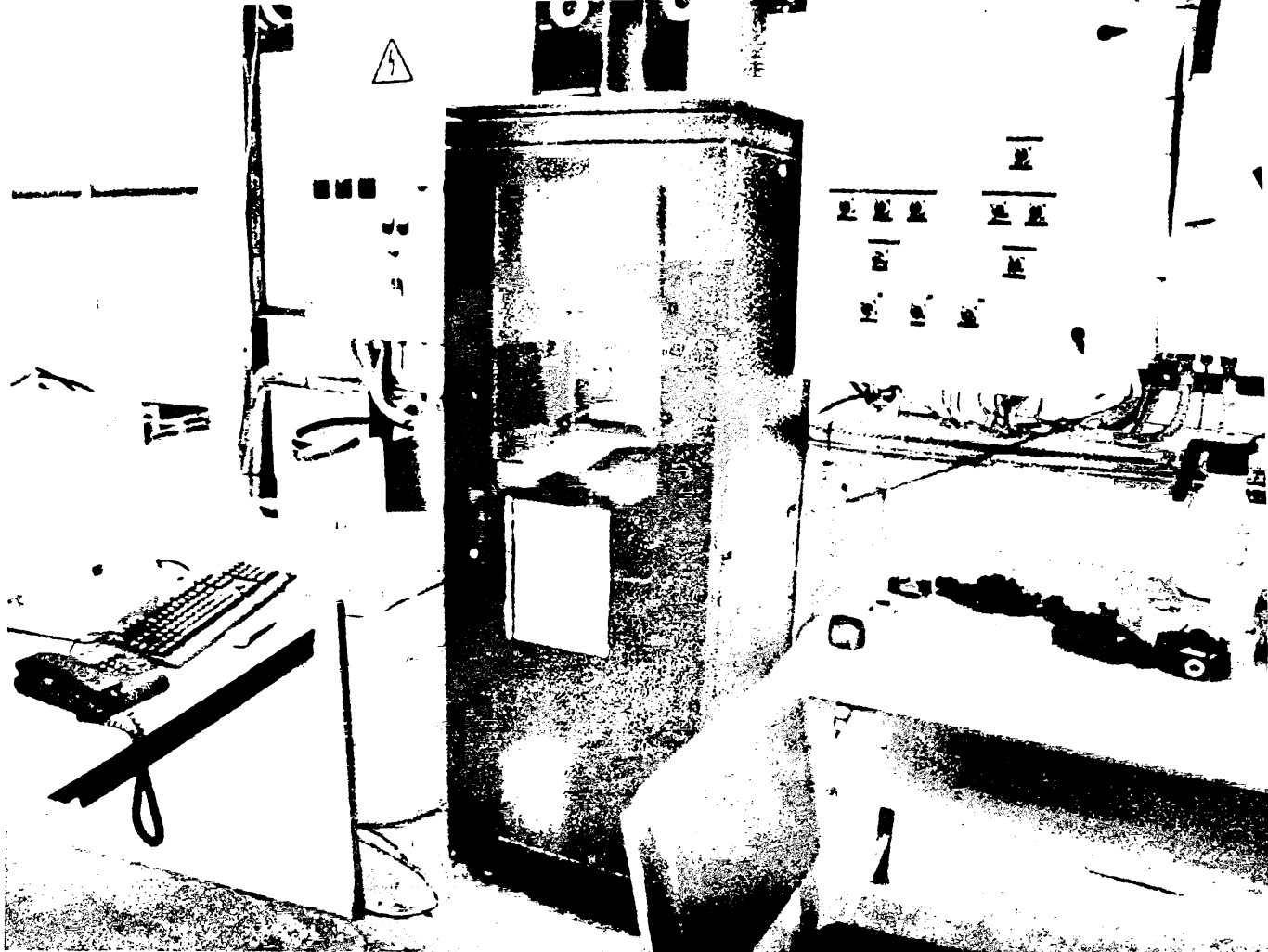
Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο υαλόφρακτο θερμοκήπιο της υδροπονίας το οποίο είναι εγκατεστημένο δίπλα στο κτίριο του τμήματος της Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, της σχολής Τεχνολογίας της Γεωπονίας στο χώρο του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου στην Άρτα.

Το σύγχρονο αυτό θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή πειραμάτων που αποτελούν πτυχιακές ή μεταπτυχιακές εργασίες φοιτητών. Τα πειράματα αυτά δίνουν στους φοιτητές την ευκαιρία να αποκτήσουν μία πρώτη εμπειρία στις θερμοκηπιακές υδροπονικές καλλιέργειες και στην έρευνα.

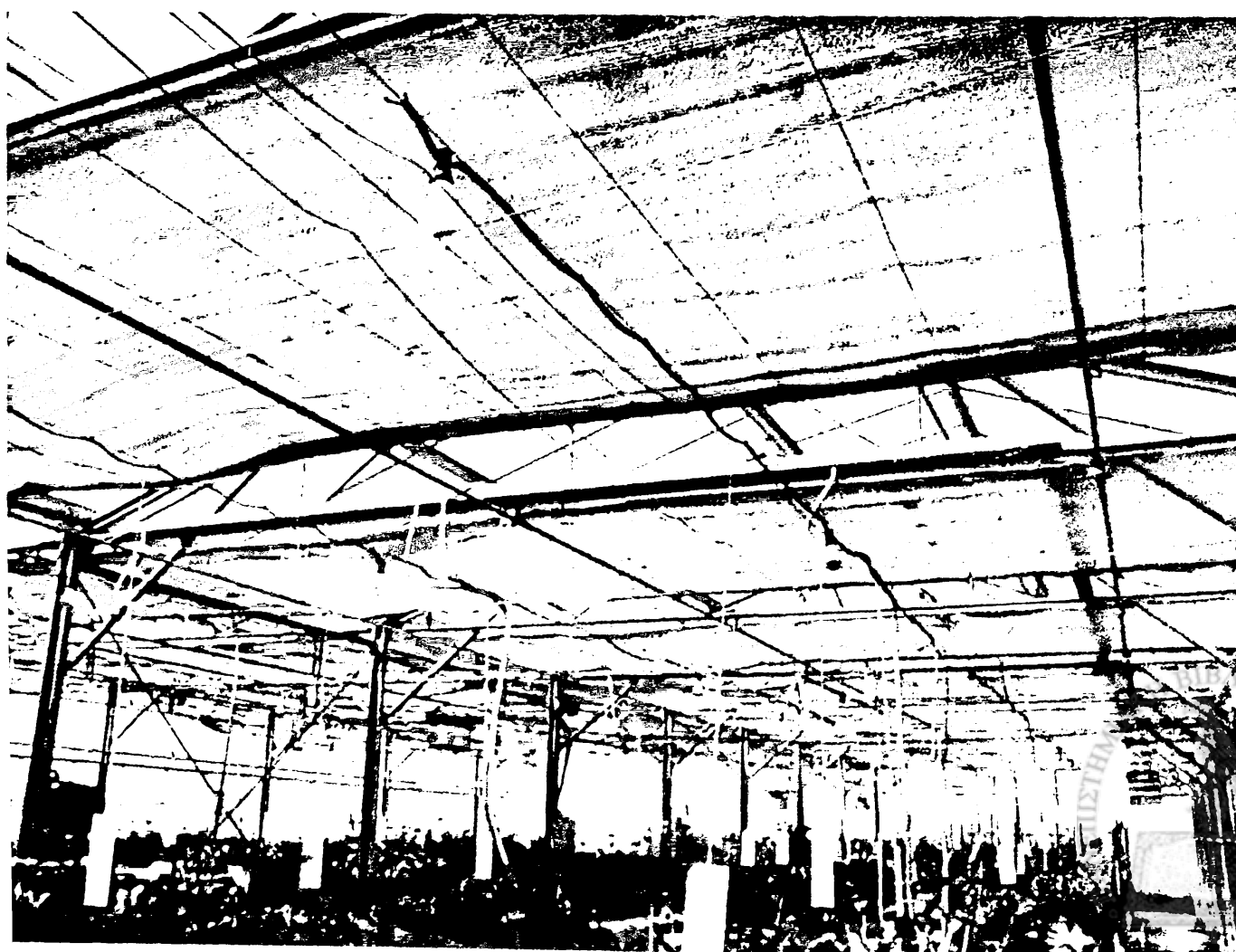
Πρόκειται για ένα θερμοκήπιο συνολικής έκτασης 700 m^2 , που αποτελείται από δύο χώρους. Στο χώρο καλλιέργειας που καλύπτει επιφάνεια 600 m^2 και στο χώρο εργασίας που έχει εμβαδόν 100 m^2 . Το θερμοκήπιο είναι πλήρως αυτοματοποιημένο και είναι εξοπλισμένο με ένα σύστημα αυτόματης διαχείρισης του κλίματος, της υδρολίπανσης και της ανακύκλωσης των απορροών, το οποίο ελέγχεται από ένα ειδικό πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή (Εικόνα 12). Το πρόγραμμα αυτό έχει δημιουργηθεί ειδικά για τις ανάγκες της παραπάνω πειραματικής εγκατάστασης από την εταιρεία AUTONET με βάση ερευνητικά δεδομένα και μοντέλα θρέψης που έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων του τμήματος Ανθοκομίας–Αρχιτεκτονικής Τοπίου (Savvas and Manos, 1999; Savvas and Adamidis, 1999; Savvas, 2001; Savvas, 2002a; Savvas, 2002b).

Μέσω του προγράμματος αυτού διαμορφώνονταν στο εν λόγω πείραμα οι επιθυμητές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας με τα συστήματα θέρμανσης και υδρονέφωσης (Εικόνα 13) αντίστοιχα, ρυθμιζόταν το άνοιγμα και το κλείσιμο των κουρτινών σκίασης οι οποίες το χειμώνα λειτουργούν ως θερμοκουρτίνες (Εικόνα 14), ο φωτοπεριοδικός φωτισμός (στις καλλιέργειες που είναι αναγκαίος) και τέλος το άνοιγμα και το κλείσιμο των παραθύρων αερισμού ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας.





Εικόνα 12. Σύστημα αυτόματης διαχείρισης του κλίματος, της υδρολίπανσης και ανακύκλωσης των απορροών

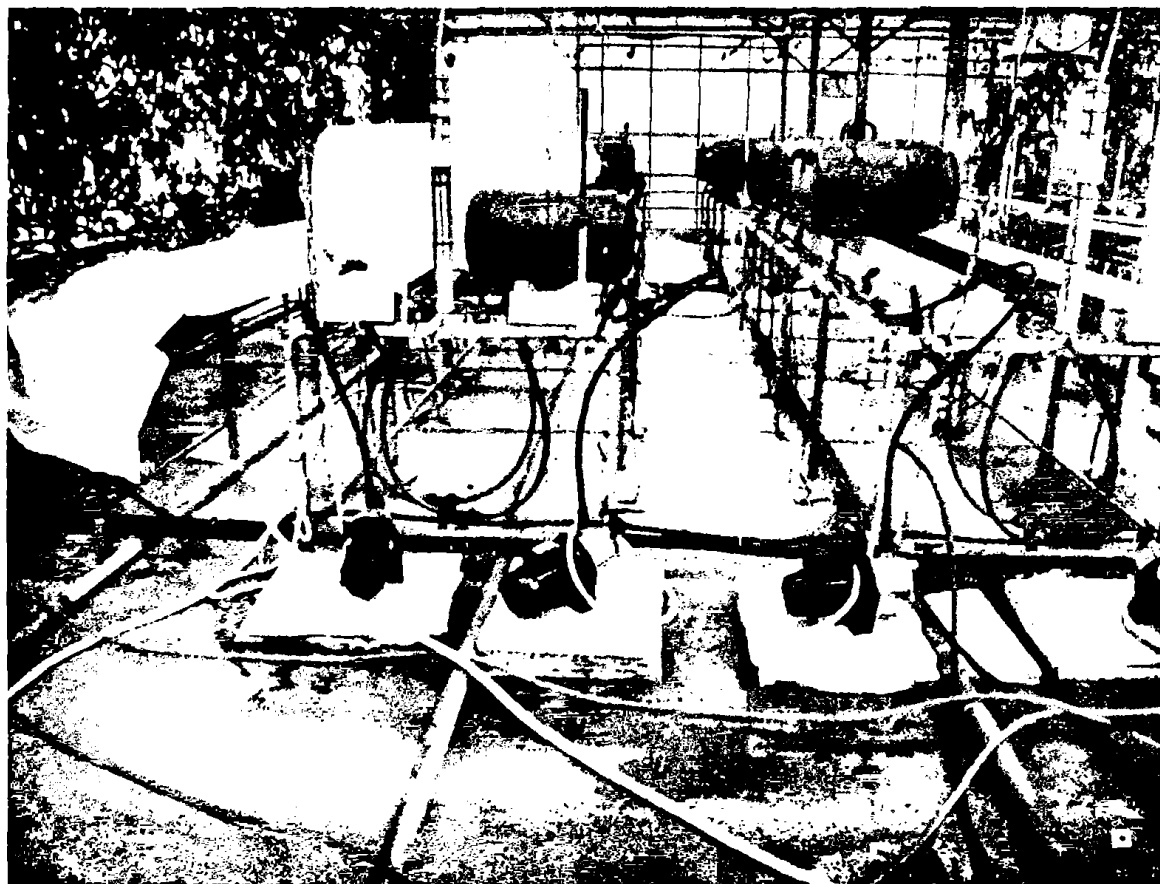




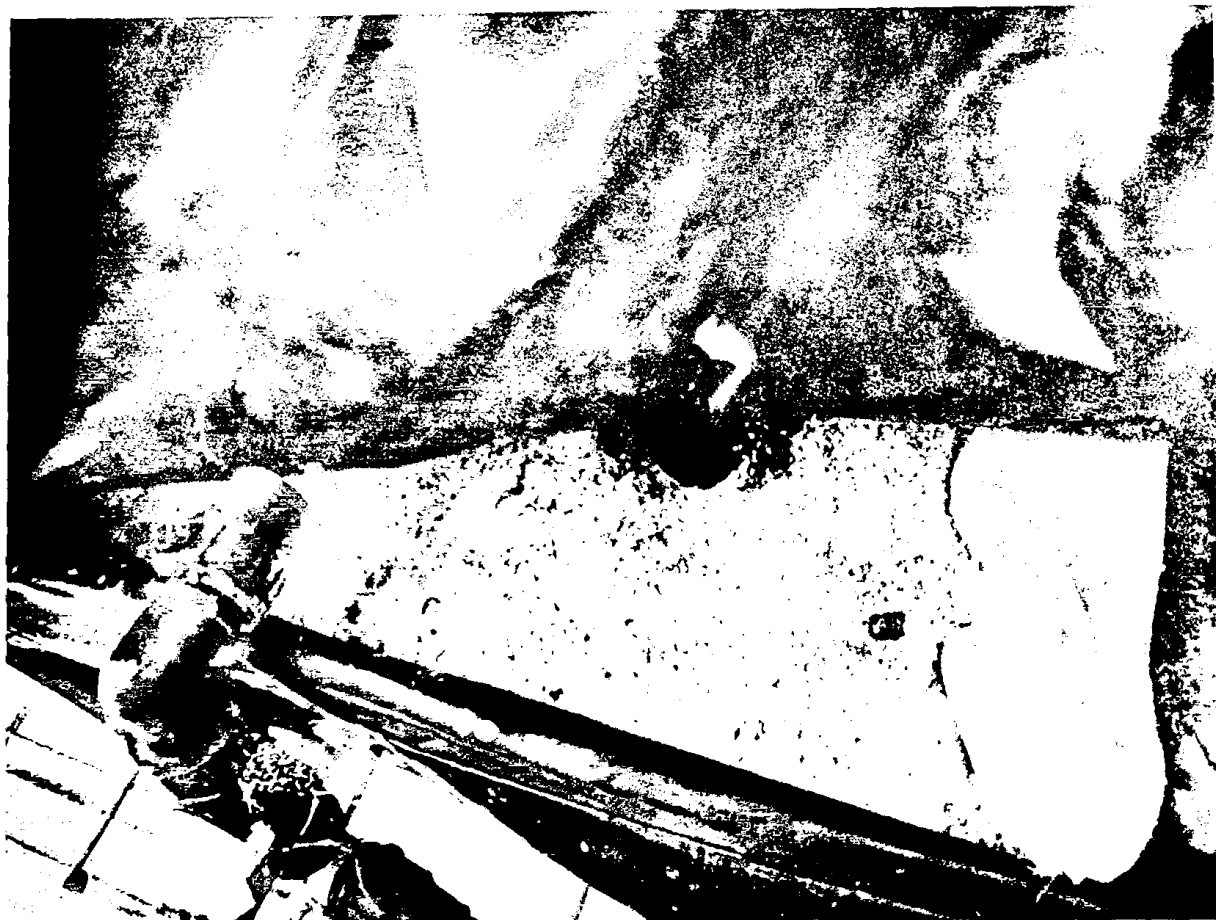
Εικόνα 14. Σύστημα υδρονέφωσης στην οροφή του θερμοκηπίου στις αταστάσεις του ΤΕΙ Ηπείρου



Στο υαλόφρακτο αυτό πλήρως αυτοματοποιημένο θερμαινόμενο θερμοκήπιο πειραματική εγκατάσταση περιελάμβανε: ένα σύστημα 16 παράλληλ τοποθετημένων υδρορροών (καναλιών) (Εικόνα 16), μέσα στις οποίες κυλά θρεπτικό διάλυμα με ρυθμό ροής περίπου 2-3 λίτρων ανά ώρα, μήκους 5 m και πλάτους 20 cm, τα οποία ήταν γεμισμένα σε ύψος μέχρι 8 mm με υπόστρωμα περλίτη διαμέτρου 0 – 2 mm (Εικόνα 17), β) το σύστημα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος στις υδρορροές (βαρέλια), και γ) από τις εγκαταστάσεις συλλογής του διαλύματος και ανακύκλωσης του βαθμονομημένα δοχεία (Εικόν 18). Μέσα σε κάθε υδρορροή τοποθετήθηκαν στις 22/5/2007 μεταφυτεύθηκαν νεαρ φυτά τομάτας (cv. Belladona) σε πυκνότητα που αντιστοιχούσε σε 3 φυτά/m² στ οποία εφαρμόστηκε μονοστέλεχο σύστημα κλαδέματος (Εικόνα 15).



Εικόνα 16. Σύστημα υδρορροών του θερμοκηπίου στις εγκαταστάσεις του ΤΕΙ Ηπείρου



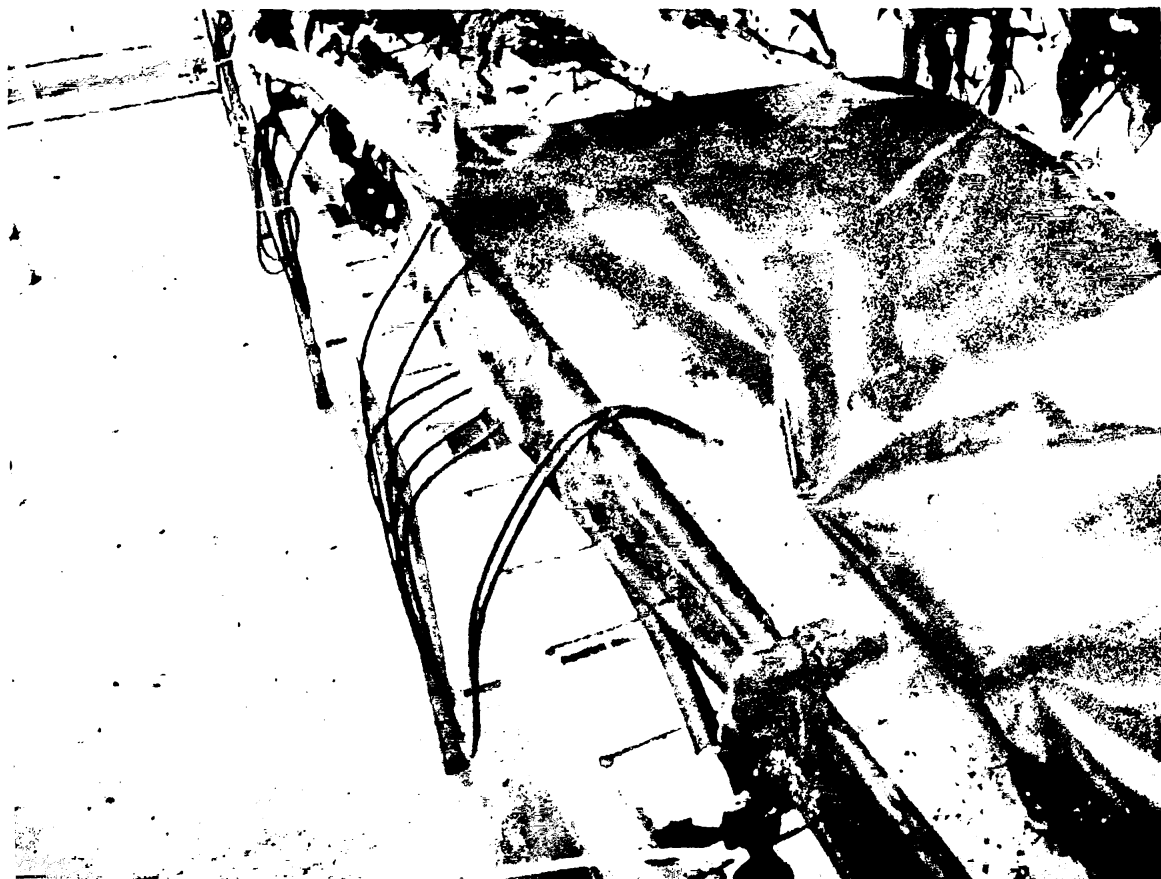
Εικόνα 17. Υδρορροή γεμισμένη με περλίτη. Στην εικόνα απεικονίζεται και οι βάνες.

Οι υδρορροές είναι κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό πολυαιθυλένιο. Επιπλέον οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών αντιστοιχούσαν στις αποστάσεις μεταξύ των γραμμών φύτευσης. Για να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος μέσα στις υδρορροές, αυτές είχαν μια κλίση γύρω στο 1-4% κατά μήκος (Resh, 1997).



Εικόνα 18. Βαθμονομημένα δοχεία συλλογής του διαλύματος απορροή ακύκλωσης του

Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος καλλιέργειας ήταν η χρήση κάθε καναλιού με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου (με λευκή την εξωτερική και μαύρη την εσωτερική του επιφάνεια) σε όλο του το μήκος με στόχο την αποφυγή ανάπτυξης αλγών στο διάλυμα απορροής που κυλάει κατά μήκος του καναλιού και την ελαχιστοποίηση της εξάτμισης του (Σάββας, 2007) (Εικόνα 19).



Εικόνα 19. Σύστημα άρδευσης με βάνες και σταλάκτες. Στην εικόνα φαίνεται η κάλυψη της υδρορροής με τα φύλλα πολυαιθυλενίου

Μετά την εγκατάσταση των φυτών της τομάτας στο θερμοκήπιο ξεκίνησε το πότισμα μέσω του συστήματος στάγδην άρδευσης. Στην συγκεκρι πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν και βάνες (5 ανά υδρορροή) οι τοποθετήθηκαν σε ίση απόσταση μεταξύ τους (Εικόνες 17,19). Η χρησιμοπο τους πραγματοποιήθηκε προκειμένου να γίνεται πλήρης και ομοιόμορφη δια του υποστρώματος, διαβροχή ιδιαίτερα αναγκαία κατά την λήψη δειγ θρεπτικού διαλύματος για περαιτέρω χημική ανάλυση.

Λόγω του μικρού όγκου του υποστρώματος ανά φυτό, η καλλιέργεια θα να ποτίζεται αρκετές φορές στη διάρκεια μίας ημέρας. Η διαδικασία του ποτίσ γινόταν χειρωνακτικά σε μόνιμη βάση με απλό άνοιγμα και κλείσιμο συστήματος. Στην πλέον απλή του μορφή μία τέτοια εγκατάσταση περιλαμβάν αντλία και έναν διακόπτη για το άνοιγμα και το κλείσιμο του συστήματος (Ε 20). Τα φυτά αρδεύονταν με τους σταλάκτες καθώς και με τις βάνες σε συχν συνήθως 5-7 ποτίσματα την ημέρα που καθοριζόταν με βάση την ένταση της ηλ ακτινοβολίας.



Εικόνα 20. Σύστημα ποτίσματος με την αντλία τα βαθμονομημένα δοχεία και τους σωλ μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος

Ανά δύο τα κανάλια εδράζονταν σε πάγκους και κάθε πάγκος αποτελούσε ξεχωριστό, ανεξάρτητο κλειστό υδροπονικό σύστημα με τα βαθμονομημένα δο

για την συλλογή του διαλύματος απορροής, την εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης θρεπτικού διαλύματος και την συμπλήρωση και ανακύκλωση αυτού. Η ανακύκλωση του διαλύματος απορροής άρχισε την 24/5/07 και διήρκεσε μέχρι την 29/9/07.

Η πειραματική διαδικασία περιελάμβανε βέβαια την παρασκευή θρεπτικού διαλύματος δηλαδή ουσιαστικά την παρασκευή τόσο των πυκνών διαλυμάτων όσο και του αραιού διαλύματος συμπλήρωσης (Εικόνα 21). Εφαρμόστηκαν 4 πειραματικές μεταχειρίσεις, οι οποίες αντιστοιχούσαν σε 4 διαφορετικές συγκεντρώσεις Ca στο νερό άρδευσης, και ειδικότερα 2, 4, 6 και 8 mM. Τα συνοδά ανιόντα του ασβεστίου στο νερό άρδευσης ήταν κατά το ήμισυ όξινα ανθρακικά και κατά το υπόλοιπο ήμισυ θειικά (σε γραμμοϊσοδύναμα). Λόγω, όμως, της ρύθμισης του pH του θρεπτικού διαλύματος με νιτρικό οξύ, τα όξινα ανθρακικά αντικαθίσταντο από NO_3^- , με συνέπεια τα συνοδά ανιόντα που συσσωρευόταν στο κλειστό σύστημα μαζί με το ασβέστιο να είναι τα θειικά και τα νιτρικά.

Οι συγκεντρώσεις SO_4^{2-} στα νερά άρδευσης των 4 πειραματικών επεμβάσεων ήταν 1, 2, 3 και 4 mM, ενώ αυτές των HCO_3^- ήταν 2, 4, 6 και 8 mM, αντίστοιχα. Για κάθε μεταχείριση υπήρχαν 3 επαναλήψεις, τυχαία κατανεμημένες στο χώρο του θερμοκηπίου.

Το θρεπτικό διάλυμα, παρασκευαζόταν σε δοχεία όγκου 220 L. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ειδικό πρόγραμμα H/Y (Savvas and Adamidis, 1999). Στη συνέχεια το παραχθέν θρεπτικό διάλυμα μεταφερόταν στο βαθμονομημένο δοχείο. Από εκεί με τη βοήθεια αντλιών μεταφερόταν στους σωλήνες του συστήματος οι οποίοι το οδηγούσαν στο ανώτερο άκρο κάθε υδρορροής. Αφού εισαγόταν στις υδρορροές, το διάλυμα άρχιζε να ρέει μέσα στην κοίτη τους προς το κατώτερο άκρο τους, λόγω της κλίσης που έχουν. Κατά τη διάρκεια της ροής του το διάλυμα έβρεχε τις ρίζες των φυτών και ένα μέρος του απορροφούταν από αυτές. Το υπόλοιπο μέρος του διαλύματος, το διάλυμα απορροής (δηλαδή της περίσσειας θρεπτικού διαλύματος που στραγγίζει από τη βάση των πλακών), διέτρεχε όλη την υδρορροή κατά μήκος και αφού έφτανε στο τέλος της, απόρρεε και μέσω ειδικά τοποθετημένων σωλήνων ή υδρορροών συλλεγόταν και συγκεντρώνεται όλο μαζί στο ειδικά αυτό βαθμονομημένο δοχείο συγκέντρωσης. Εκεί, το συλλεχθέν διάλυμα συμπληρωνόταν με νωπό θρεπτικό διάλυμα και ανακυκλωνόταν, δηλαδή χορηγείτο ξανά στα φυτά (κλειστό υδροπονικό σύστημα).

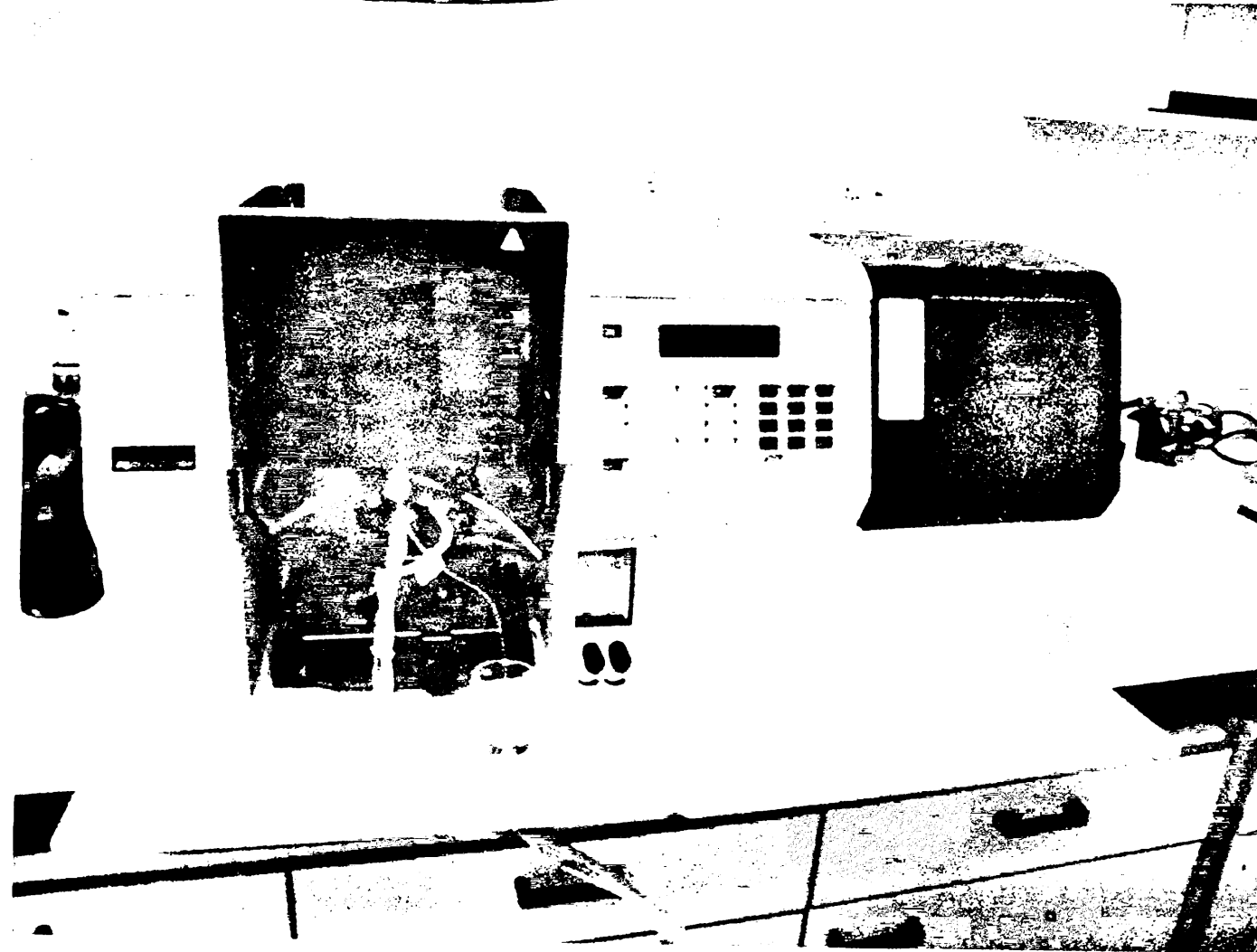




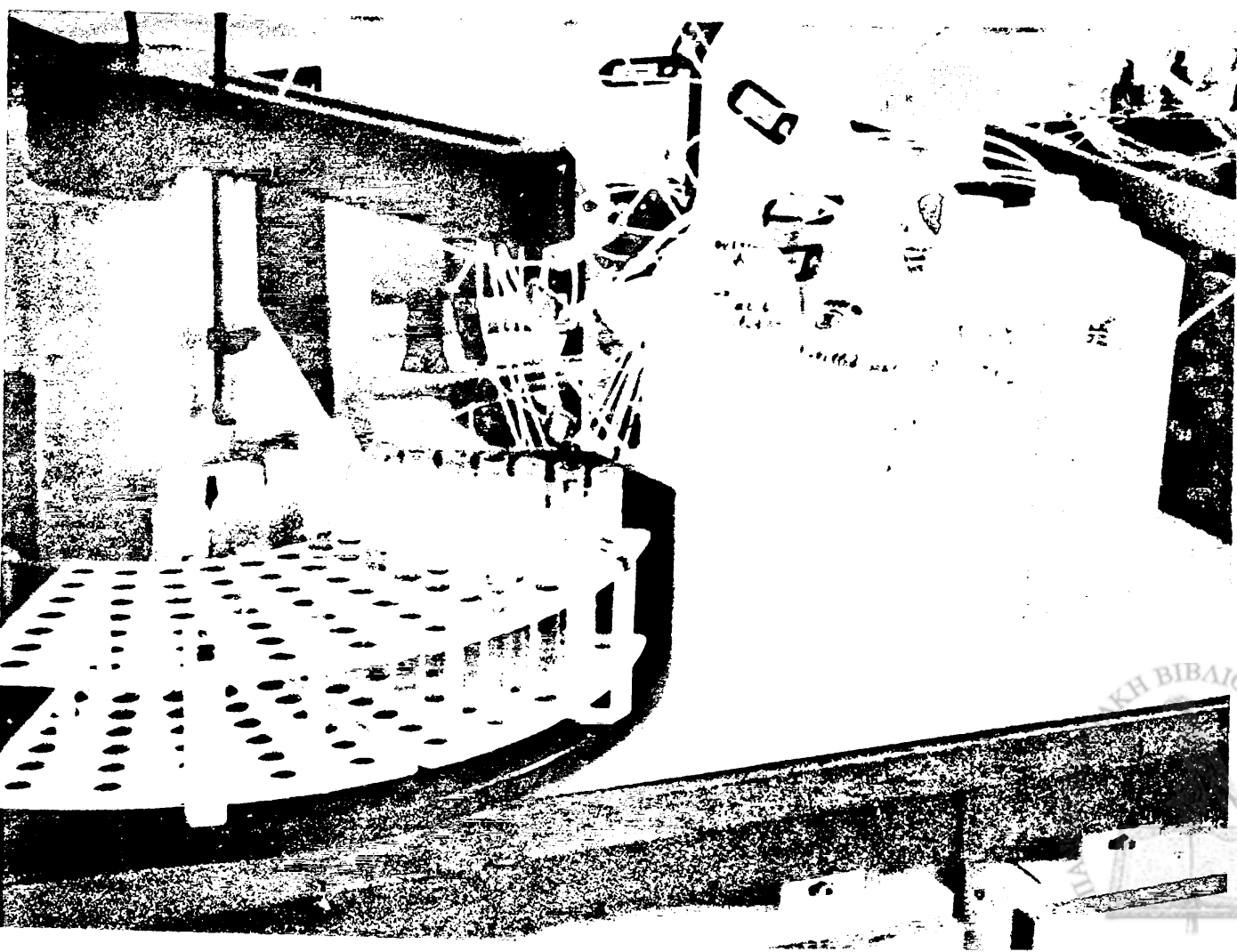
Εικόνα 21. Δοχεία παρασκευής των πυκνών διαλυμάτων καθώς και του αραιού διαλύματος συμπλήρωσης

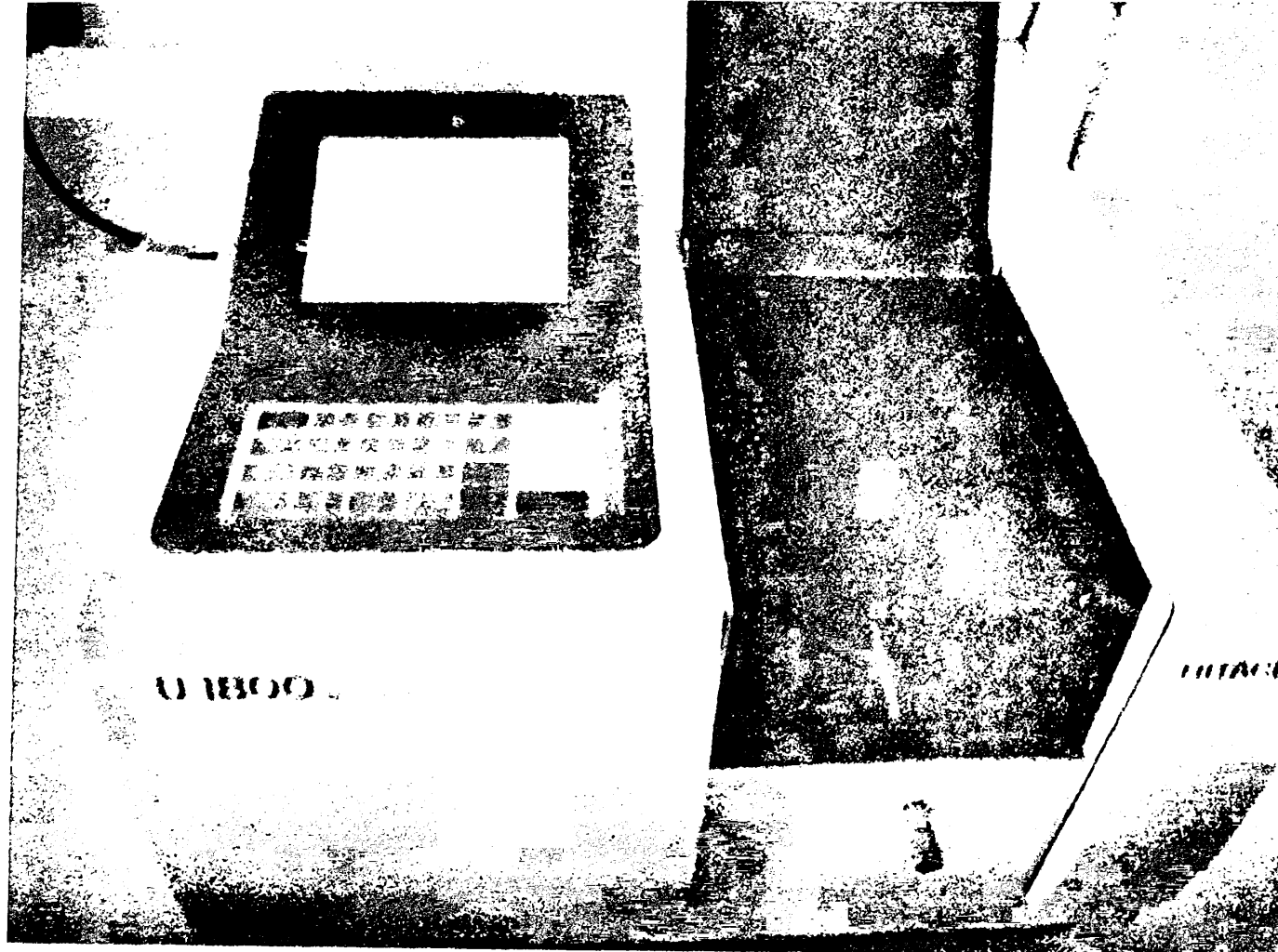
Η συμπλήρωση του διαλύματος απορροής με θρεπτικά στοιχεία και νει πραγματοποιούνται με προσθήκη νέου θρεπτικού διαλύματος (διάλυμα συμπλήρωσης), η σύνθεση του οποίου διαφοροποιούνται μόνο ως προς τις συγκεντρώσεις Ca^{2+} , SO_4^{2-} και NO_3^- μεταξύ των πειραματικών επεμβάσεων.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος και σε τακτά χρονικά διαστήματα λαμβάνονταν δείγματα διαλύματος απορροής για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων Ca, Mg, Zn, Cu, Mn με την βοήθεια ενός φασματοφωτομέτρου ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer A Analyst 100 (Hanlon 1998) (Εικόνα 22), του NO_3^- και του H_2PO_4^- φωτομετρικά με τη χρήση ενός αυτόματου αναλυτή (Eaton et al., 1995 της εταιρείας Skalar, μοντέλο San⁺⁺ (Εικόνα 23), του SO_4^{2-} με τη θολομετρική μέθοδο (ΕΛΟΤ 1981) με τη βοήθεια ενός φασματοφωτομέτρου (Spectrophotometer U180 Hitachi) (Εικόνα 24) και των Na και K με τη χρήση φλογοφωτομέτρου (Εικόνα 25).

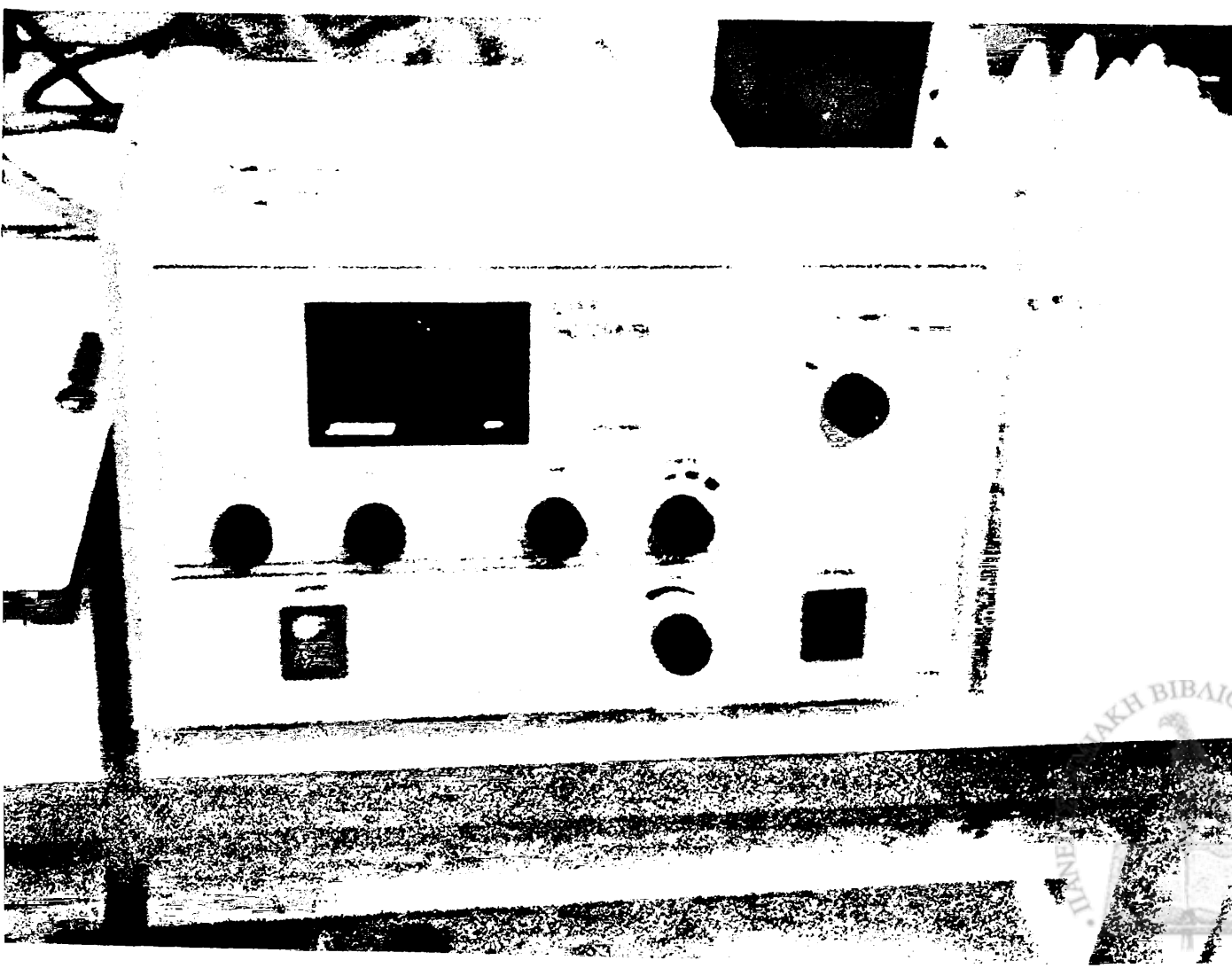


Εικόνα 22. Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer A analy





Εικόνα 24. Φασματοφωτόμετρο (Spectrophotometer U1800 Hitachi)

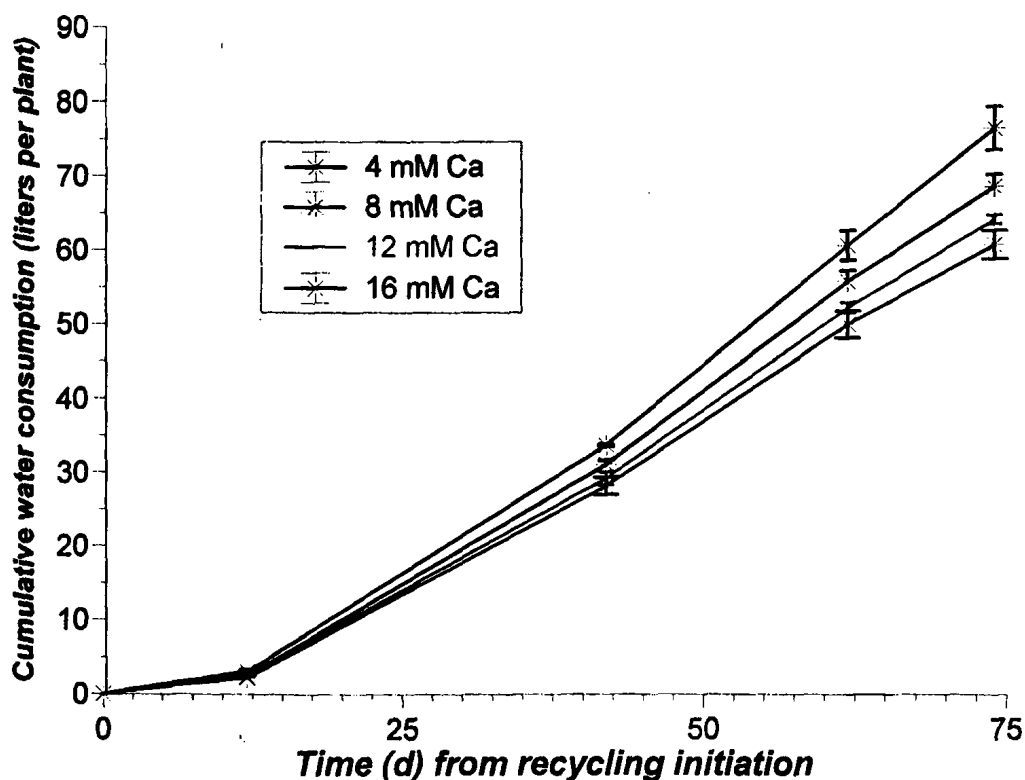


2.Αποτελέσματα

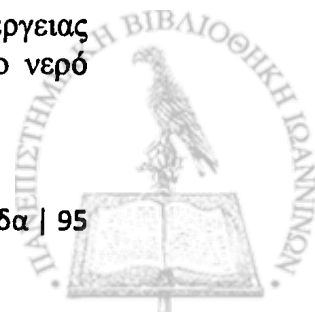
2.1. Αθροιστική κατανάλωση διαλύματος

Ως γνωστό ο όγκος του νερού που εισέρχεται σε ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα είναι ίσος με τον όγκο που απορροφούν τα φυτά

Προκειμένου επομένως να υπολογιστεί η αθροιστική κατανάλωση των φυτών απαιτήθηκε η χρήση των βαθμονομημένων δοχείων με την βοήθεια των οποίων γινόταν καταγραφή της εκάστοτε καθημερινής κατανάλωσης. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στο Διάγραμμα 1. Στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας διαφαίνεται από το διάγραμμα αυτό μια μικρή και χωρίς διαφοροποίηση μεταξύ των μεταχειρίσεων αύξηση της αθροιστικής κατανάλωσης η οποία όμως μετά την παρέλευση 2 περίπου εβδομάδων αποκτά ταχύτατο ρυθμό αύξησης σε όλες τις μεταχειρίσεις. Και μετά ιδίως την 40^η ημέρα της ανακύκλωσης αρχίζει να διαφαίνεται και η αναμενόμενη διαφοροποίηση μεταξύ και των μεταχειρίσεων με αυτή με την χαμηλότερη συγκέντρωση ασβεστίου να υπερτερεί των υπολοίπων τριών.



Διάγραμμα 1. Αθροιστική κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.

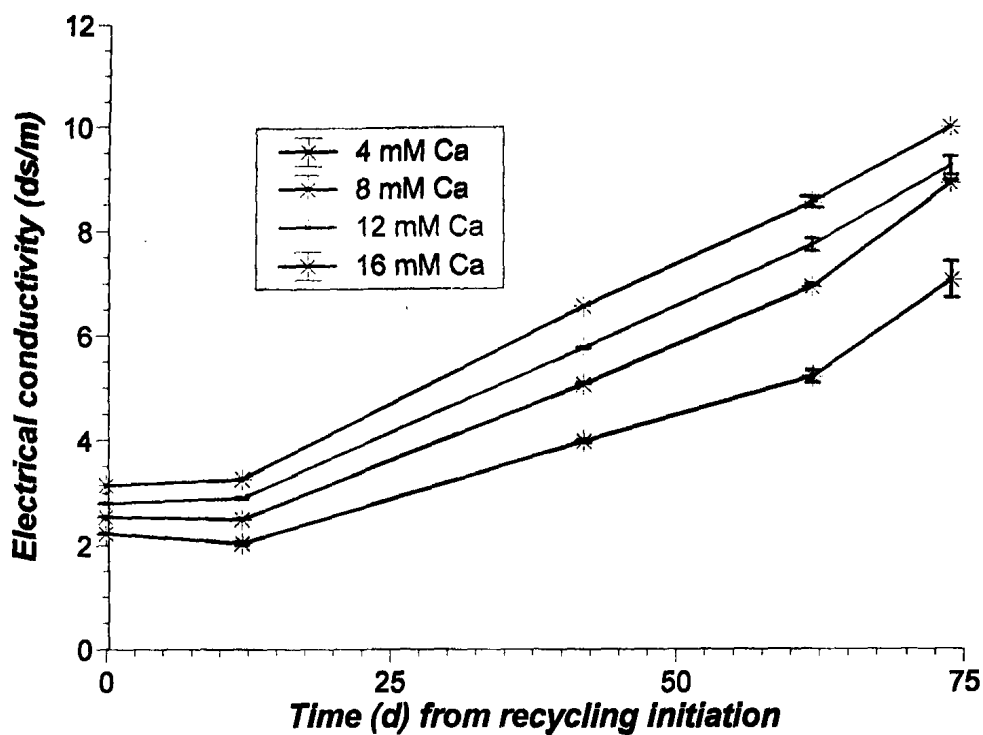


2.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και οξύτητα (pH) του θρεπτικού διαλύματος

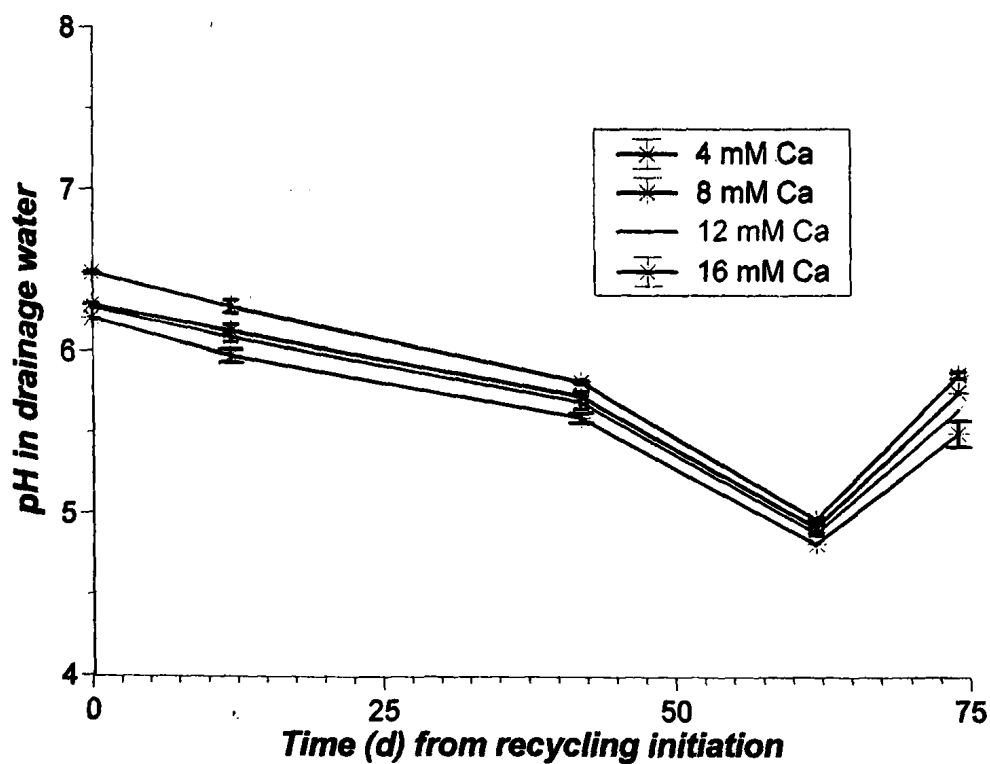
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο διάλυμα απορροής παρουσιάζει και αυτή στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας μια μειούμενη τάση ειδικά στις 2 μεταχειρίσεις με τα χαμηλότερα επίπεδα Ca. Αντίθετα στις 2 μεταχειρίσεις με τα υψηλότερα επίπεδα ασβεστίου στο νερό άρδευσης η EC, αυξάνεται ενώ ο ρυθμός αύξησης ήταν αργός. Μετά την παρέλευση 2-3 εβδομάδων όμως, που άρχισε να παρατηρείται προοδευτική συσσώρευση αλάτων στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα όπως θα δούμε πιο κάτω ακόμα και στη μεταχείριση με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις Ca, στο νερό άρδευσης, παρατηρήθηκε ένας ταχύτατα αυξανόμενος ρυθμός. Από την περίοδο άλλωστε εκείνη και μετά έως και την παρέλευση 2,5 περίπου μηνών από την έναρξη της ανακύκλωσης, παρατηρείται και διαφοροποίηση της EC μεταξύ και των μεταχειρίσεων με αυτή με την υψηλότερη συγκέντρωση ασβεστίου να αγγίζει την τιμή των 10 dS/m περίπου 3 μονάδες πιο πάνω από την μεταχείριση με τη μικρότερη συγκέντρωση Ca (Διάγραμμα 2).

Το pH αντιθέτως (Διάγραμμα 3) παρουσιάζει πτωτική τάση, στην αρχή με αργό και έπειτα με ταχύτατο ρυθμό. Η αύξηση που παρατηρείται την 60 ημέρα οφείλεται στην προσθήκη πυριτικού καλίου στο διάλυμα τροφοδοσίας, επέμβαση που θεωρήθηκε αναγκαία για την διατήρηση του pH σε επίπεδα πάνω από 5. Η πτωτική βέβαια αυτή τάση του pH δεν διαφαίνεται να επηρεάζεται παρά ελάχιστα από την συγκέντρωση του Ca στο νερό άρδευσης μιας και μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων η διαφοροποίηση είναι μεν συστηματική αλλά ελάχιστη.





Διάγραμμα 2. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.



Διάγραμμα 3. Μεταβολή του pH κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.



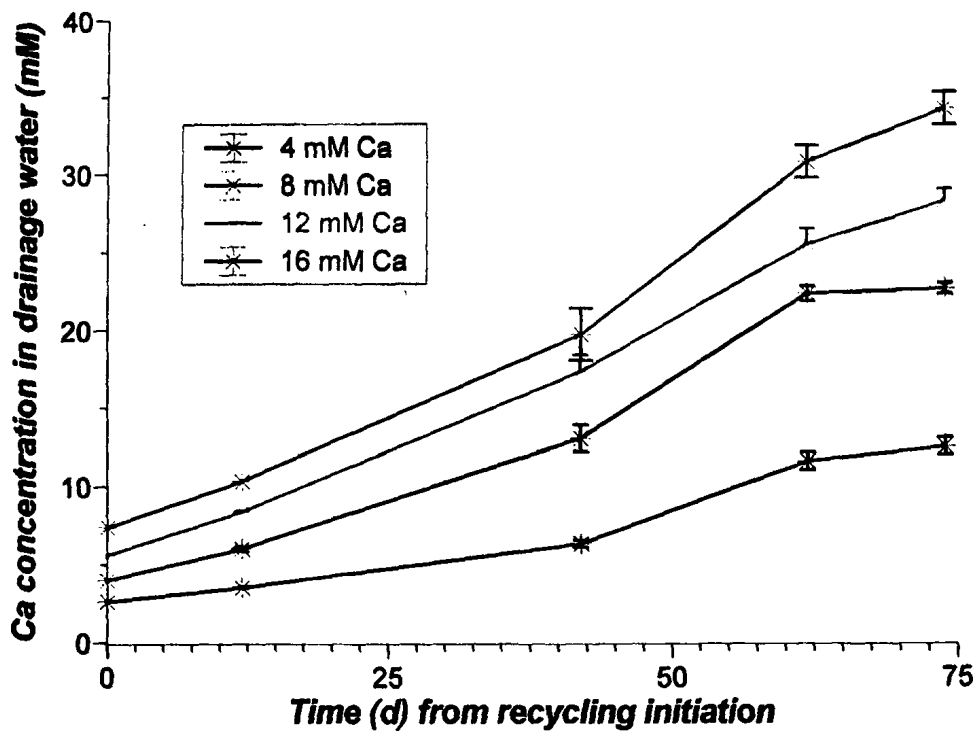
2.3. Πορεία συσσώρευσης των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα της απορροής κατά τη διάρκεια της ανακύκλωσης

Από την εισερχόμενη ποσότητα του Ca ένα μέρος απορροφάται από τα φυτά και ένα μέρος παραμένει και συσσωρεύεται στο περιβάλλον των ριζών.

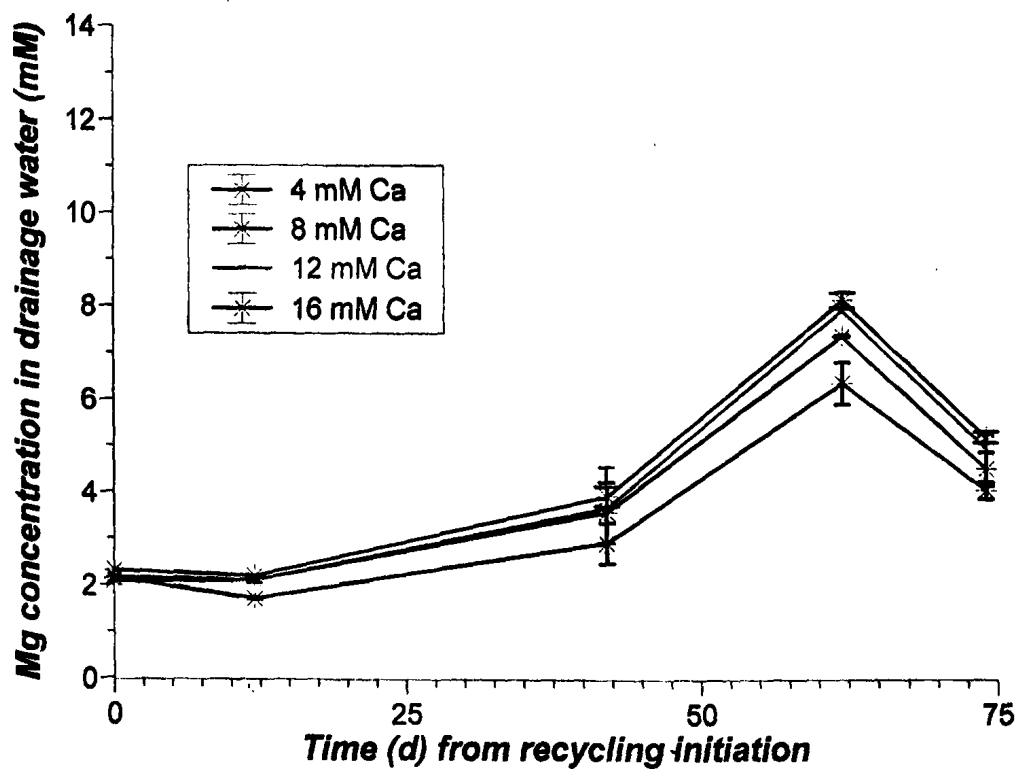
Στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας τα φυτά απορροφούσαν ιόντα Ca με ταχύτατους ρυθμούς γεγονός που υποδεικνύεται από την μειούμενη τάση που παρουσιάστηκε στην συνολική συγκέντρωση αλάτων στο διάλυμα απορροής ειδικά στις 2 μεταχειρίσεις με τα χαμηλότερα επίπεδα Ca. Αντίθετα στις 2 μεταχειρίσεις με τα υψηλότερα επίπεδα ασβεστίου στο νερό άρδευσης οι συγκεντρώσεις Ca, αυξανόταν ενώ ο ρυθμός αύξησης ήταν αργός γεγονός που υποδηλώνει ότι η αναλογία εισόδου τους ως προς το νερό στο σύστημα (Ca/νερό σε mmol/L) ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αναλογία απορρόφησής τους. Μετά την παρέλευση 2-3 εβδομάδων όμως άρχισε να παρατηρείται προοδευτική συσσώρευση αλάτων στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα ακόμα και στη μεταχείριση με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις Ca, στο νερό άρδευσης με ρυθμό αυξανόμενο, ρυθμός ο οποίος όμως μειώθηκε μετά την παρέλευση 2,5 περίπου μηνών από την έναρξη της ανακύκλωσης (Διάγραμμα 4).

Όσον αφορά τα υπόλοιπα στοιχεία παρατηρούμε ότι τα NO_3 , τα SO_4 , τα P ιόντα, καθώς και τα ιόντα Zn επηρεάζονται από την περιεκτικότητα του Ca στο νερό άρδευσης. Συγκεκριμένα αύξηση της συγκέντρωσης του Ca προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης (συσσώρευση) των NO_3 , SO_4 και των ιόντων Zn και μείωση της συγκέντρωσης των ιόντων P στο διάλυμα απορροής προφανώς εξαιτίας δημιουργίας ιζημάτων. Αντίθετα η διαφοροποίηση της συγκέντρωσης του Ca στο νερό άρδευσης δεν επηρέασε καθόλου τις συγκεντρώσεις Mg, Na, K, Mn και Cu στο διάλυμα απορροής (Διαγράμματα 5-13).



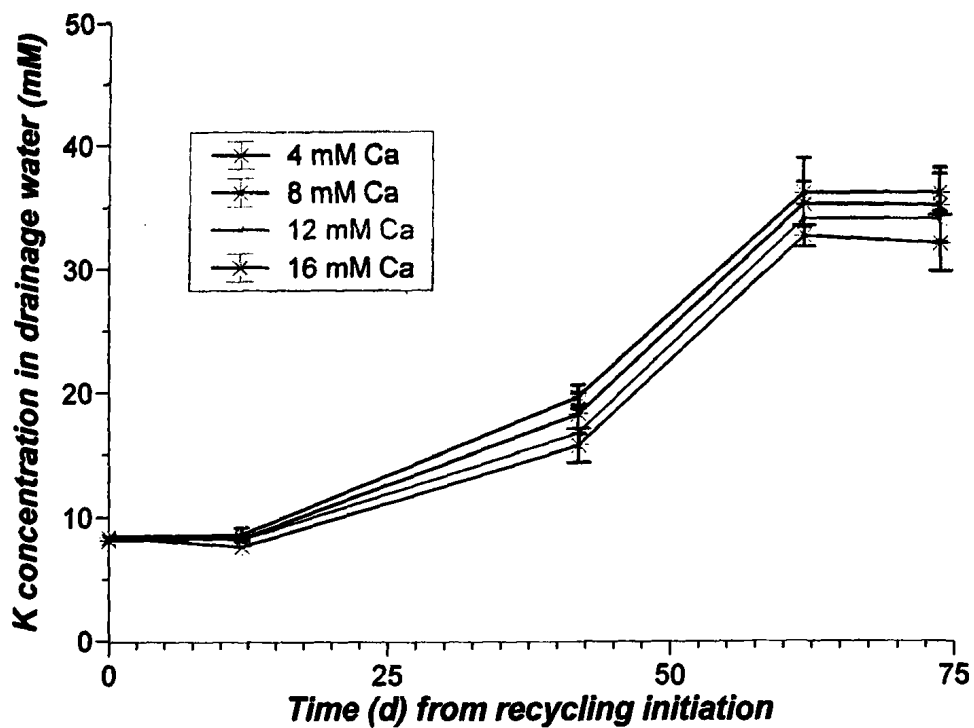


Διάγραμμα 4. Συσσώρευση Ca στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.

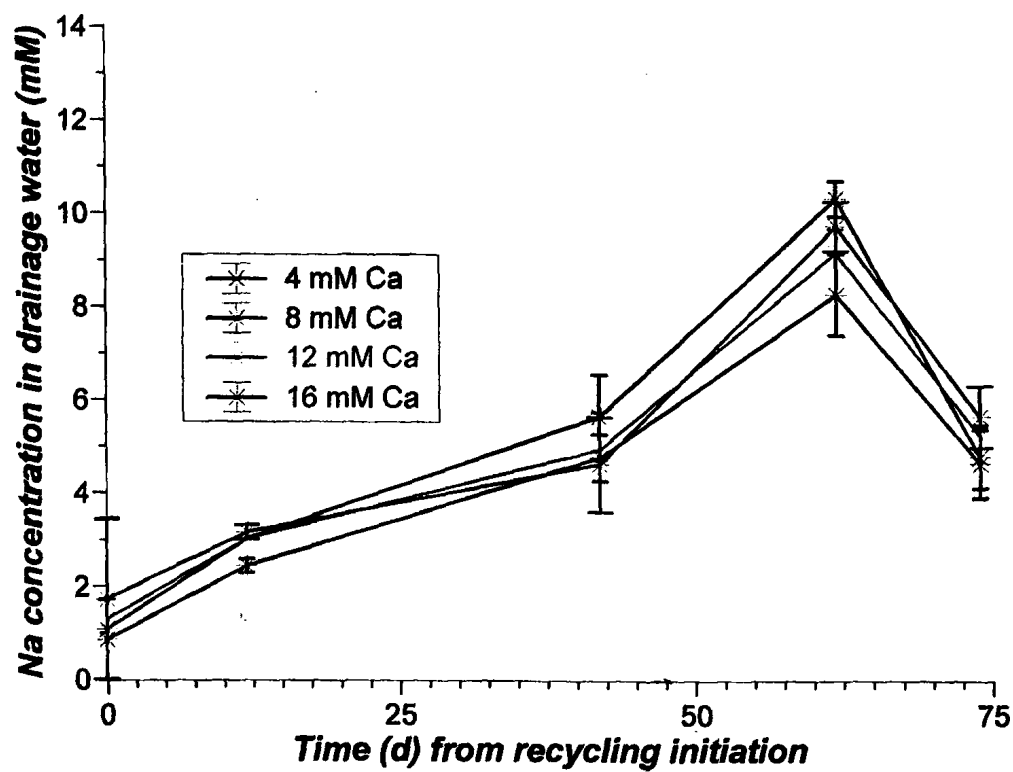


Διάγραμμα 5. Συσσώρευση Mg στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.



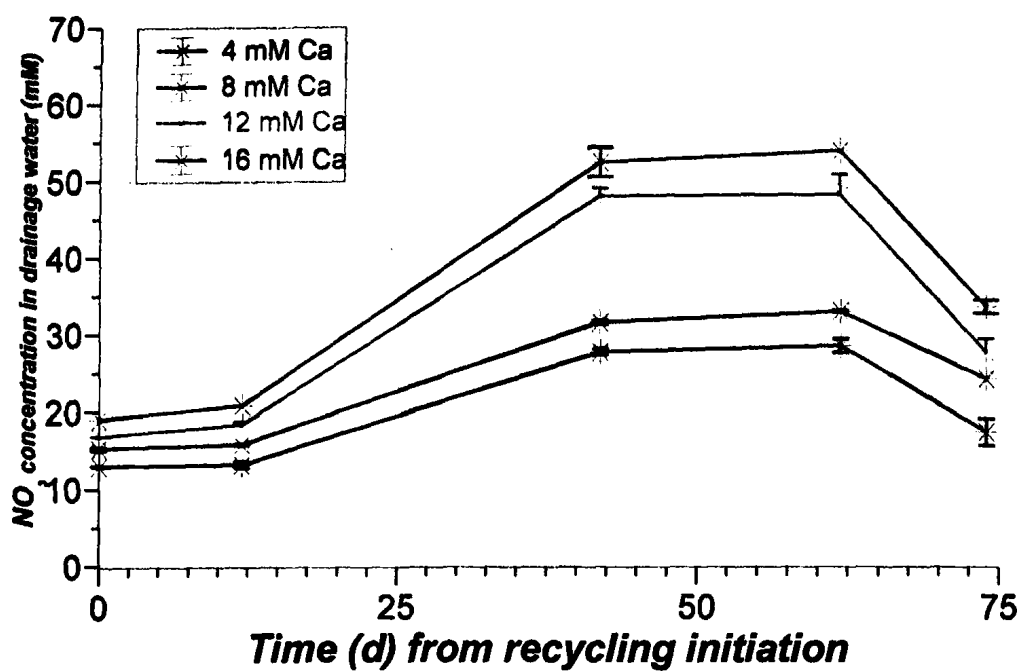


Διάγραμμα 6. Συσσωρευση K στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.

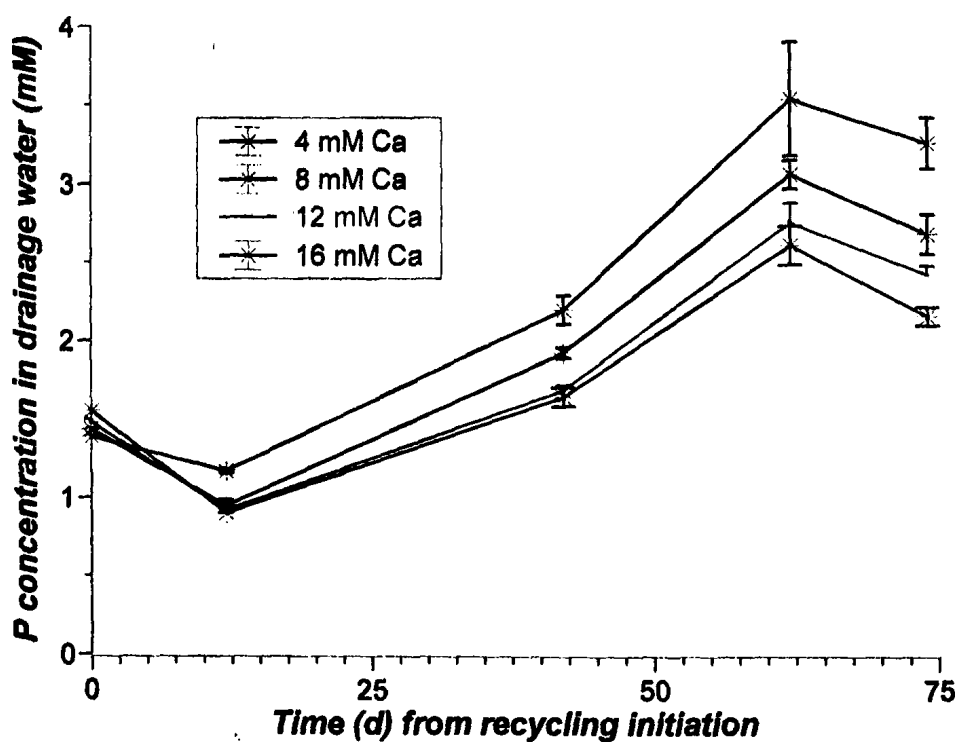


Διάγραμμα 7. Συσσωρευση Na στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.



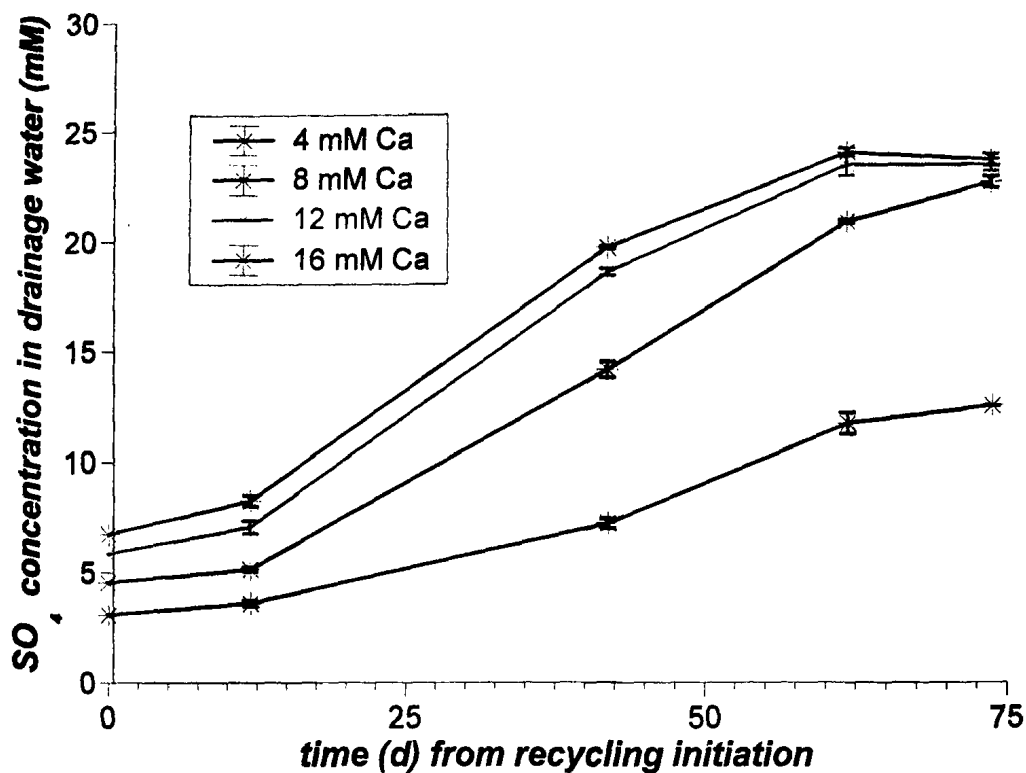


Διάγραμμα 8. Συσσωρευση NO_3 στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.

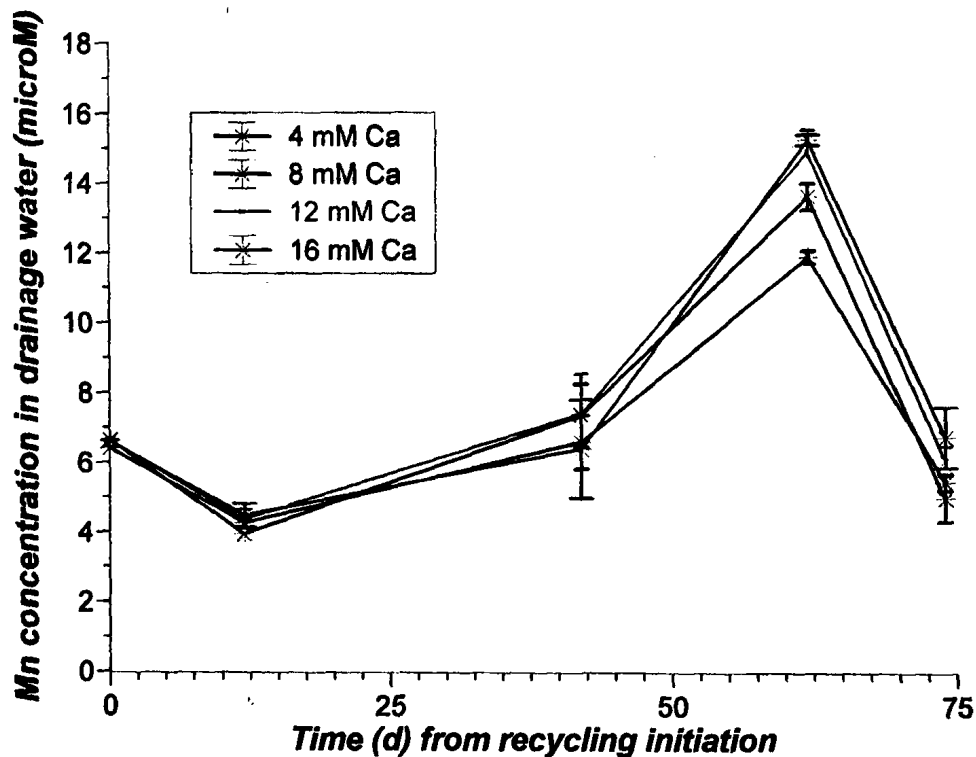


Διάγραμμα 9. Συσσωρευση P στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.



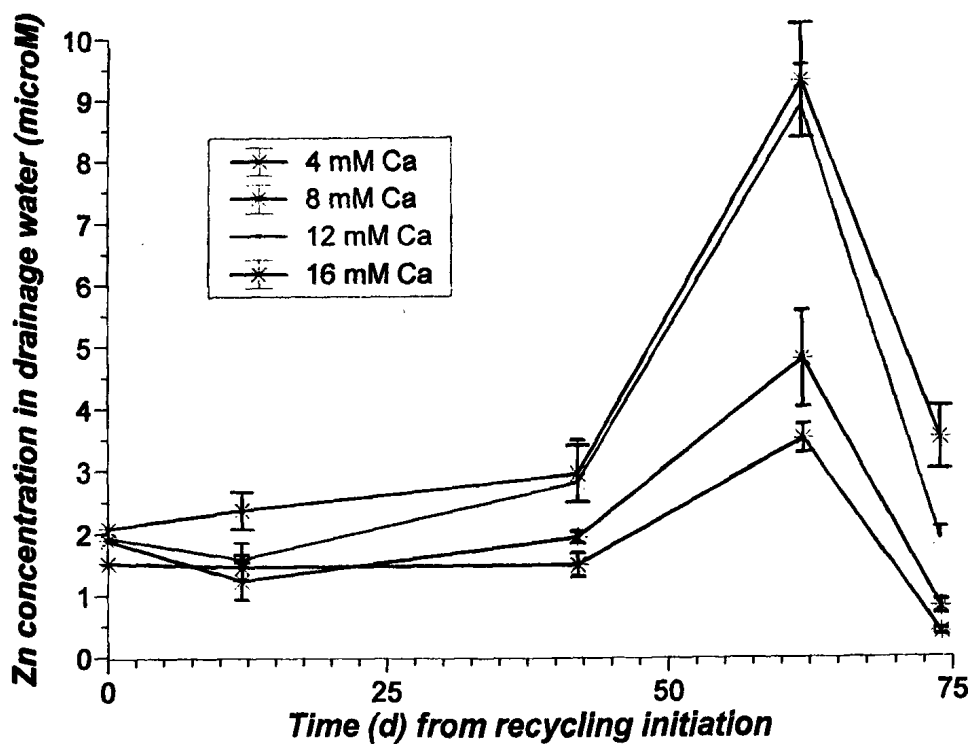


Διάγραμμα 10. Συσσώρευση SO₄ στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.

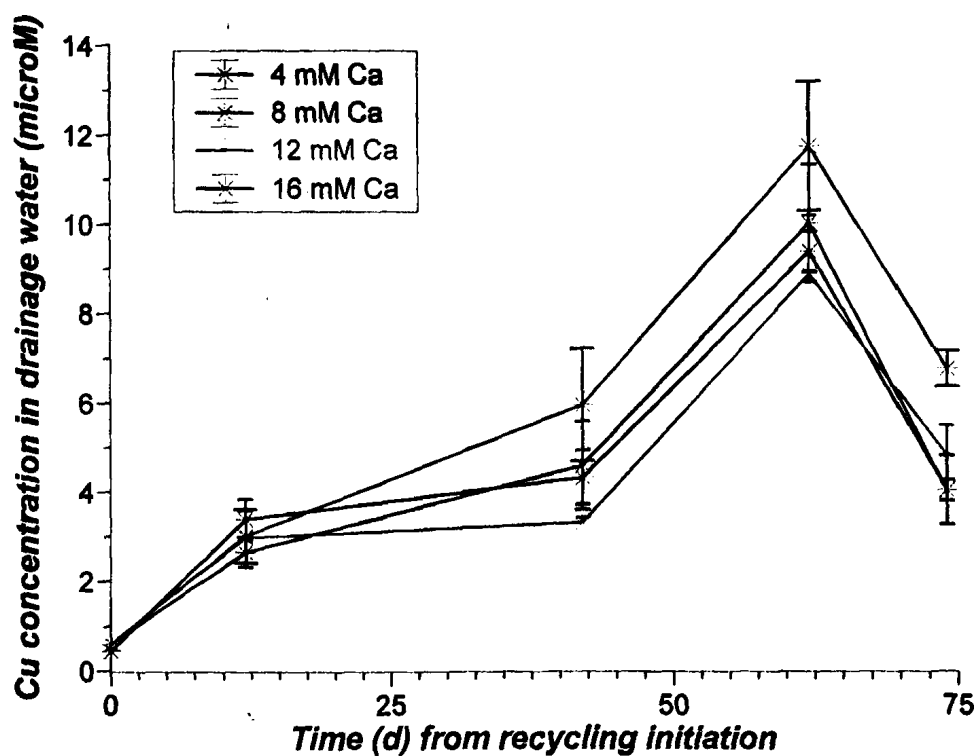


Διάγραμμα 11. Συσσώρευση Mn στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.





Διάγραμμα 12. Συσώρευση Zn στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.



Διάγραμμα 13. Συσώρευση Cu στο διάλυμα απορροής συναρτήσει του χρόνου για 4 διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης Ca στο νερό άρδευσης.



2.4. Αναλογίες απορρόφησης ιόντων/νερό στο διάλυμα απορροής

Προκειμένου να υπολογιστούν οι αναλογίες απορρόφησης ιόντων/ νερό στο διάλυμα απορροής αρχικά μετρήθηκε η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων σε ένα χρόνο t_i στο θρεπτικό διάλυμα που περιλαμβανόταν μέσα στο σύστημα (δοχείο θρεπτικού διαλύματος και διαλύματος στη ρίζα). Στη συνέχεια μετρήθηκε η συγκέντρωση ιόντων στο χρονικό σημείο t_{i+1} . Αυτή η καταγραφή πραγματοποιήθηκε προκειμένου να υπολογιστεί η συγκέντρωση του θρεπτικού στοιχείου που υπήρχε στο θρεπτικό διάλυμα κατά το χρονικό διάστημα από t_i έως t_{i+1} . Με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίστηκε η συσσώρευση των θρεπτικών στοιχείων που αναμενόταν στο σύστημα η οποία θεωρείται ότι είναι ίση κατά προσέγγιση με την φαινομενική απορρόφηση των στοιχείων από το φυτό (αναλογία απορρόφησης ιόντος/νερό (εξίσωση 1)):

$$C_{ui,i+1} = \{(V_f C_f + V_s C_{ii}) - V_s C_{ii+1}\} / V_f \quad (1)$$

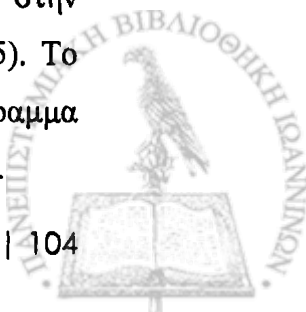
Όπου: $C_{ui,i+1}$ = αναλογία απορρόφησης ιόντος/νερό

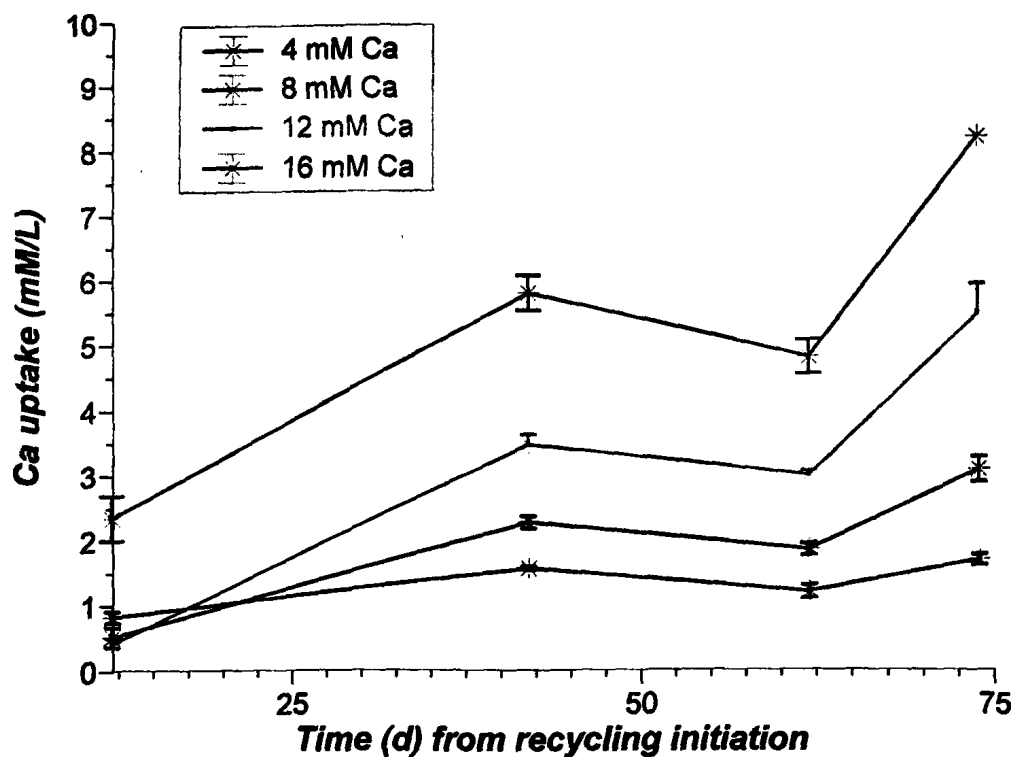
V_f, V_s = όγκος θρεπτικού διαλύματος και διαλύματος στο σύστημα αντίστοιχα

C_f, C_{ii}, C_{ii+1} = συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα και στο σύστημα κατά τις χρονικές στιγμές t_i και t_{i+1} αντίστοιχα.

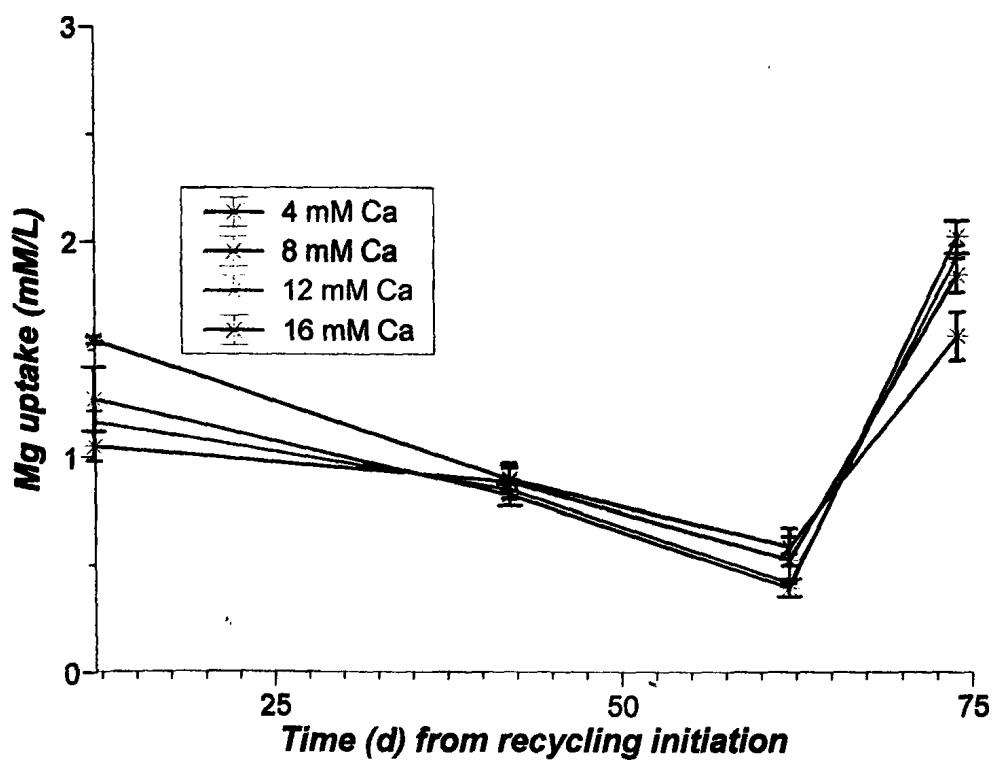
Παρατηρούμε λοιπόν ότι η αυξημένη συγκέντρωση Ca στο περιβάλλον των ριζών αύξησε την αναλογία απορρόφησης Ca/νερό (συγκέντρωση απορρόφησης Ca) (Διάγραμμα 14) και συνεπώς και την συσσώρευση ιόντων Ca. Παρόμοια επίπτωση στην αναλογία απορρόφησης $\text{NO}_3^-/\text{νερό}$ (συγκέντρωση απορρόφησης NO_3^-) παρουσίασε και η αυξημένη συγκέντρωση NO_3^- στη ρίζα (Διάγραμμα 18). Αντίστοιχα αποτελέσματα μας παρέχει και το διάγραμμα 20 το οποίο απεικονίζει την απορρόφηση των SO_4 .

Αντιθέτως αυξημένη συγκέντρωση Ca στη ρίζα δεν είχε καμιά επίπτωση στην αναλογία απορρόφησης Mg/νερό (φαινομενική απορρόφηση) (Διάγραμμα 15). Το ίδιο ισχύει και για το K (Διάγραμμα 16), το Na (Διάγραμμα 17), το P (Διάγραμμα 19), το Mn (Διάγραμμα 21), τον Zn (Διάγραμμα 22) και το Cu (Διάγραμμα 23).

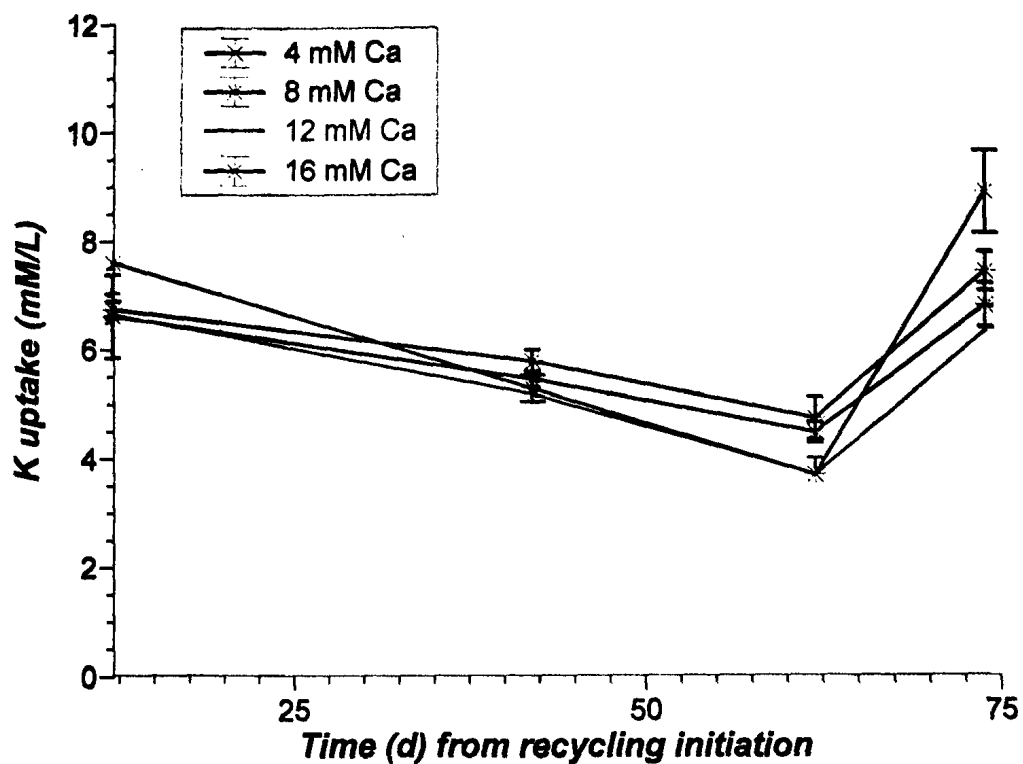




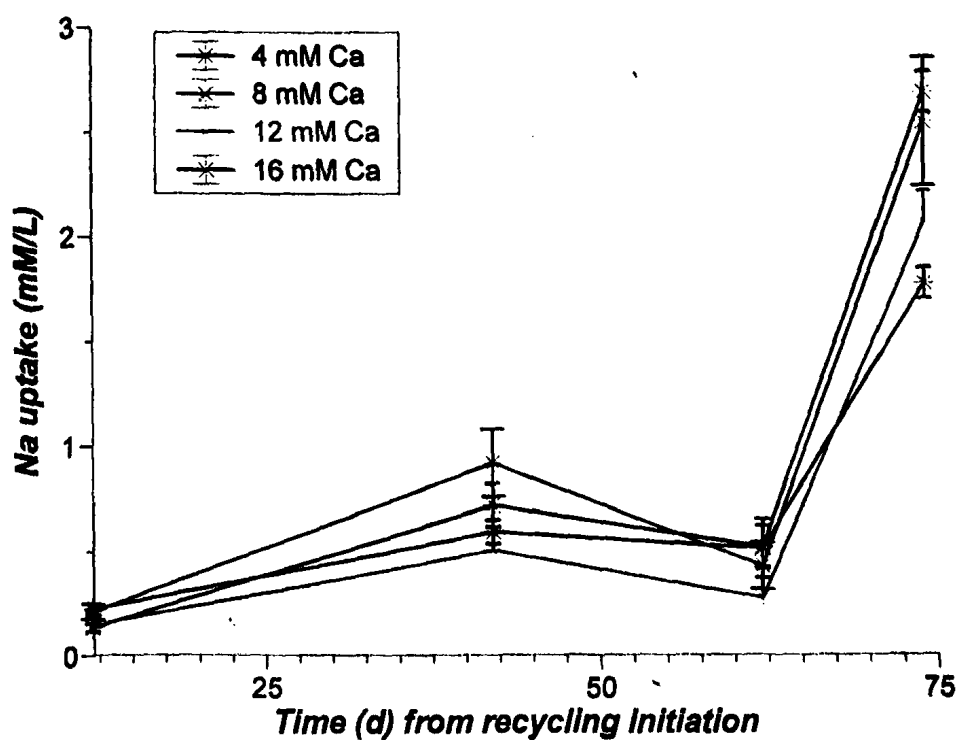
Διάγραμμα 14. Αναλογία απορρόφησης Ca/νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής.



Διάγραμμα 15. Αναλογία απορρόφησης Mg/νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής.

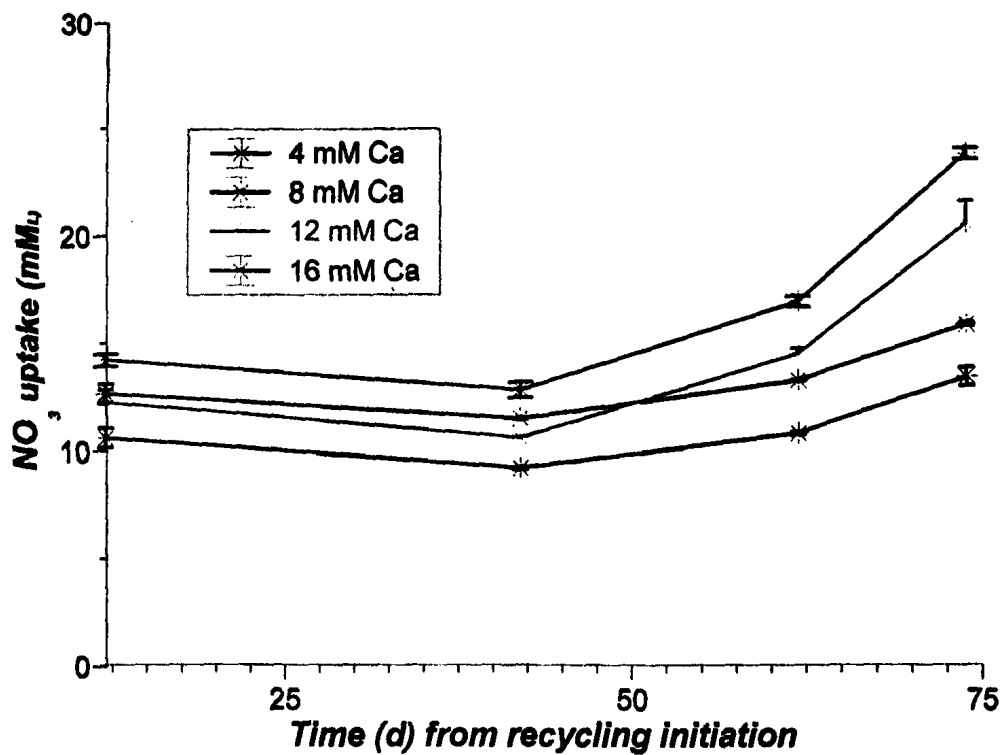


Διάγραμμα 16. Αναλογία απορρόφησης K/νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής.

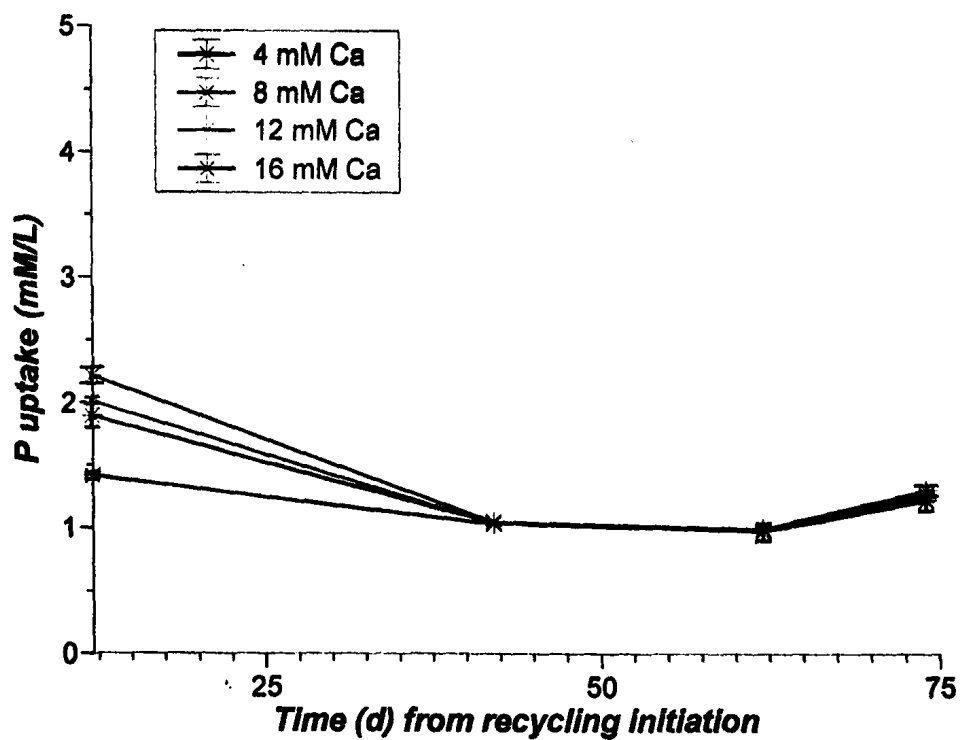


Διάγραμμα 17. Αναλογία απορρόφησης Na/νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής.



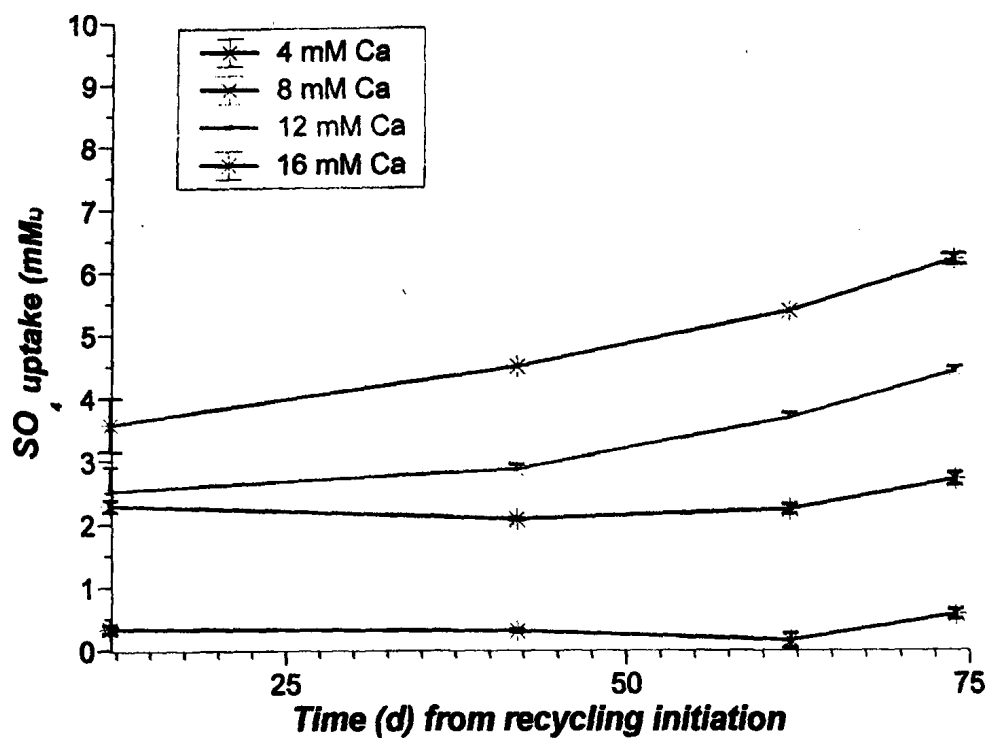


Διάγραμμα 18. Αναλογία απορρόφησης NO_3 /νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης.

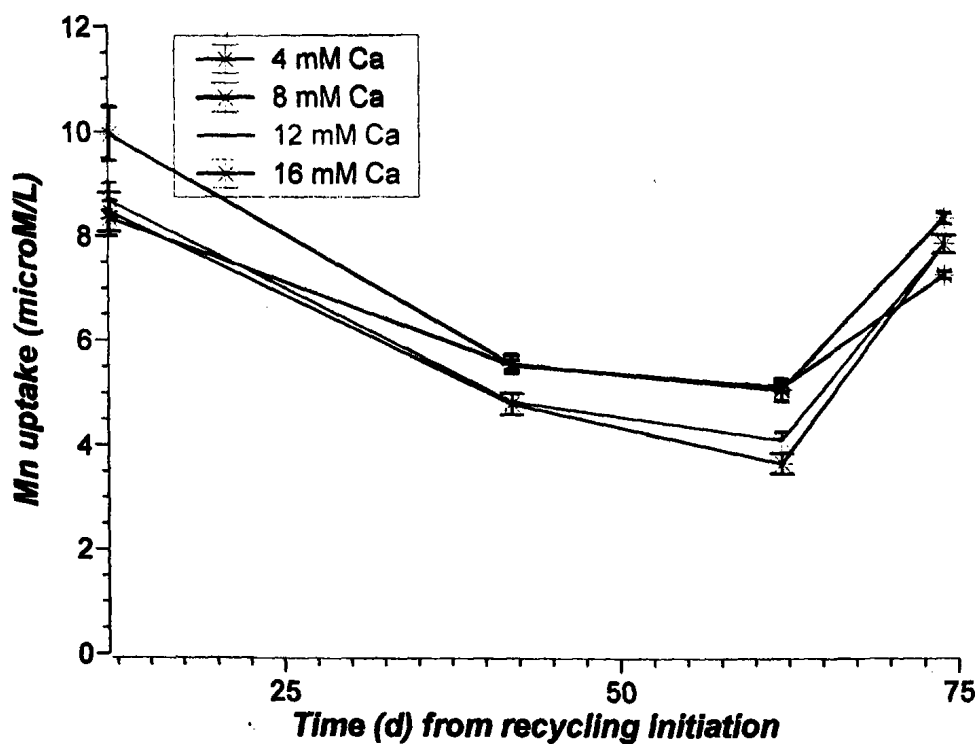


Διάγραμμα 19. Αναλογία απορρόφησης P/νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης.

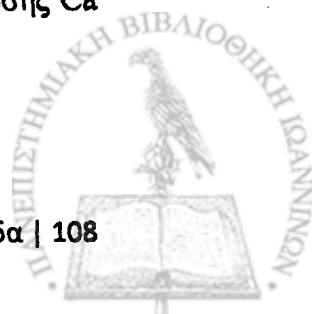


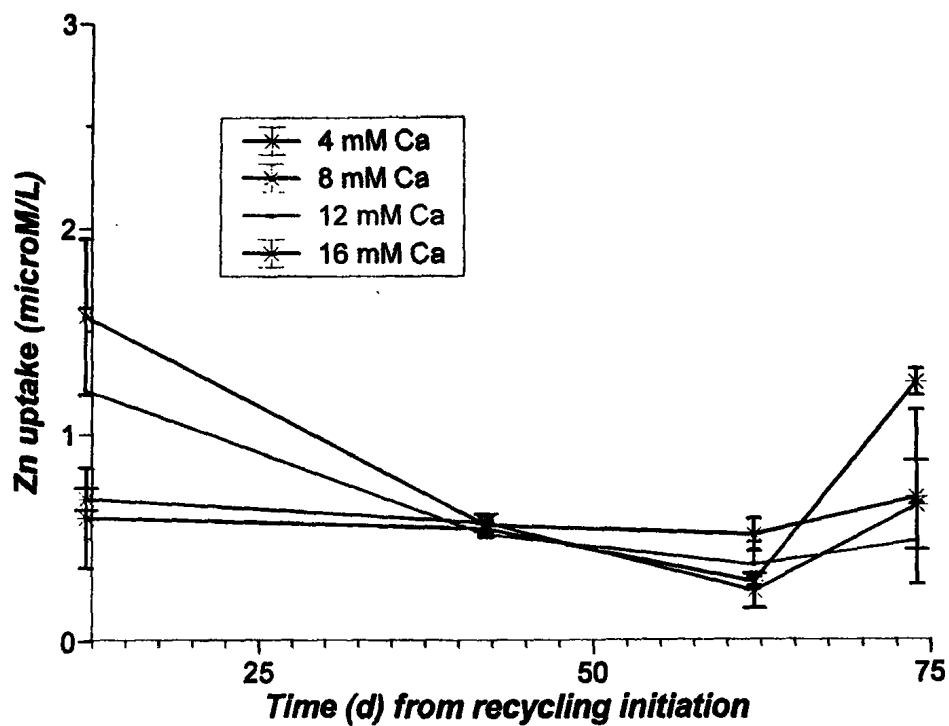


Διάγραμμα 20. Αναλογία απορρόφησης SO_4 /νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής.

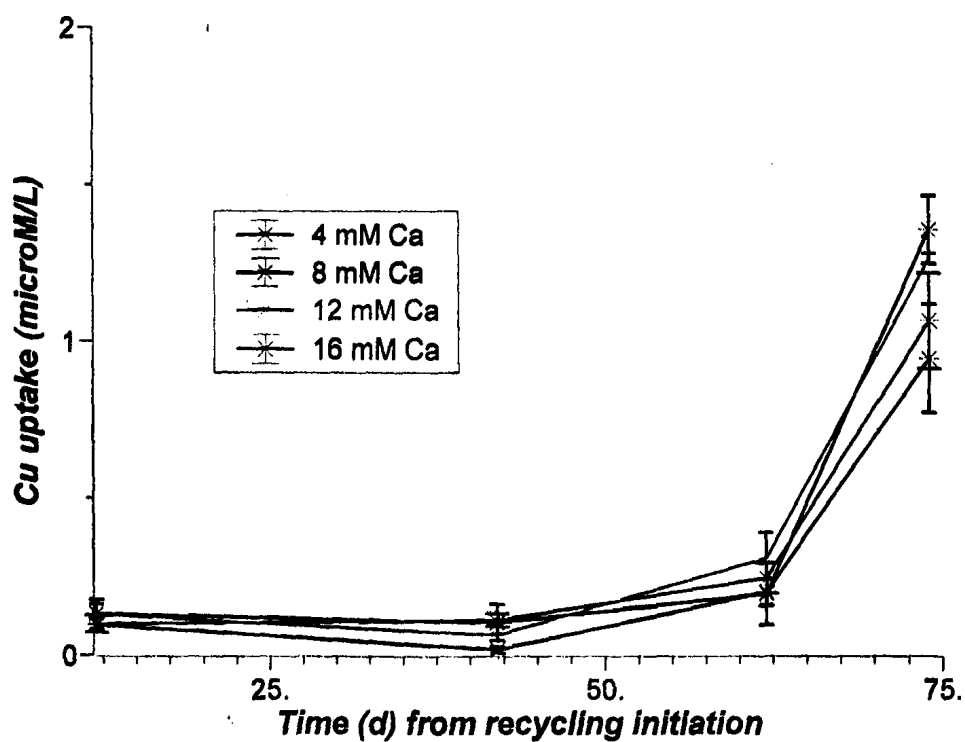


Διάγραμμα 21. Αναλογία απορρόφησης Mn/νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής.





Διάγραμμα 22. Αναλογία απορρόφησης Zn/νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής.



Διάγραμμα 23. Αναλογία απορρόφησης Cu/νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής.



2.5. Πορεία απορρόφησης ιόντων ανά φυτό και ημέρα από το διάλυμα απορροής

Προκειμένου να υπολογιστούν οι αναλογίες απορρόφησης των θρεπτικών ιόντων ανά φυτό και ημέρα χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση:

$$C'_{ui,i+1} = \{(V_f C_f + V_s C_{ii}) - V_s C_{ii+1}\} / \Delta t_i \quad (2)$$

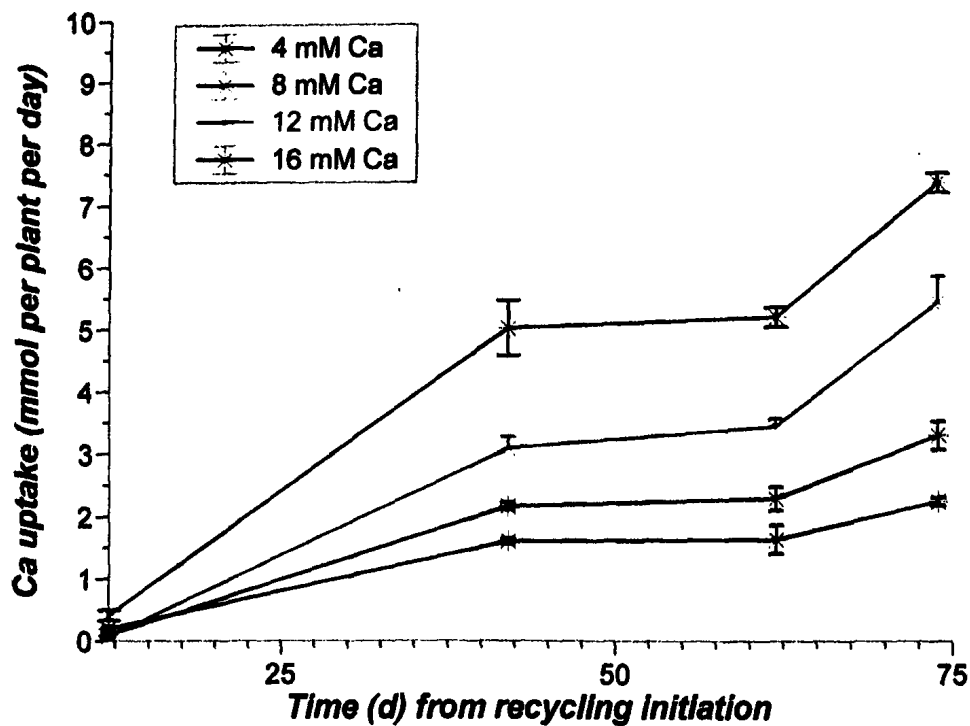
Όπου: $C'_{ui,i+1}$ = αναλογία απορρόφησης ιόντος ανά φυτό και ημέρα

V_f, V_s = όγκος θρεπτικού διαλύματος και διαλύματος στο σύστημα αντίστοιχα

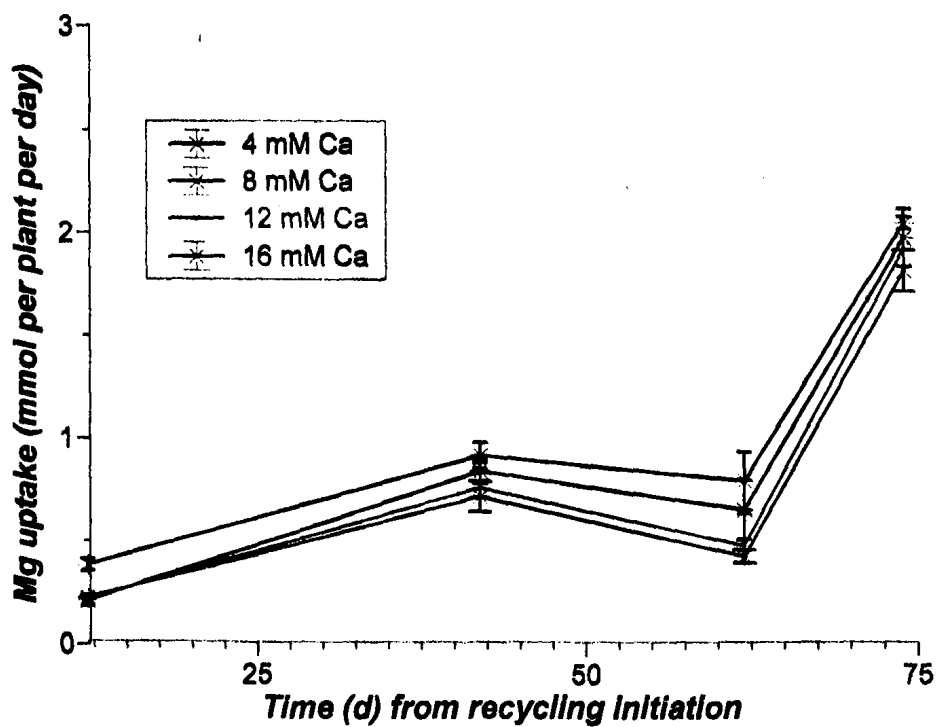
C_f, C_{ii}, C_{ii+1} = συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα και στο σύστημα κατά τις χρονικές στιγμές t_i και t_{i+1} αντίστοιχα.

Η αυξημένη συγκέντρωση Ca, NO₃ και SO₄ στο περιβάλλον των ριζών αύξησε και την απορρόφηση τους από τα φυτά ανά ημέρα με ρυθμό αργό στην αρχή αλλά ταχύτατο καθώς προχωρούσε η καλλιέργεια και οι απαιτήσεις των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία αυξανόντουσαν. Οι αναλογίες απορρόφησης όμως των υπολοίπων θρεπτικών στοιχείων ανά φυτό και ημέρα δεν επηρεαστήκαν καθόλου από την συγκέντρωση του Ca στο νερό άρδευσης (Διαγράμματα 24-33).



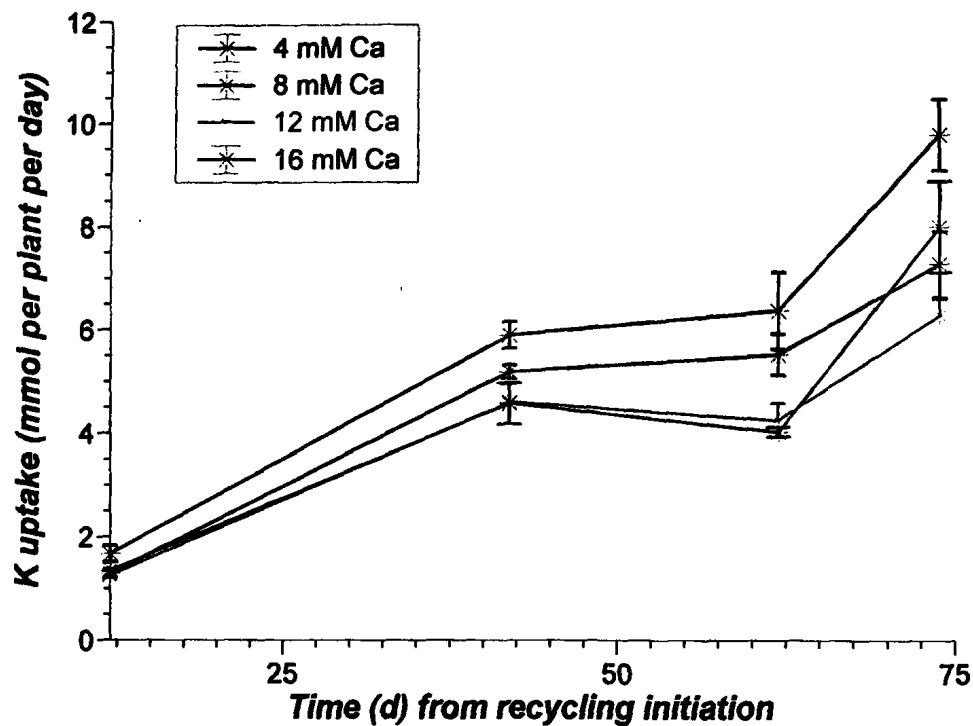


Διάγραμμα 24. Αναλογία απορρόφησης Ca ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης

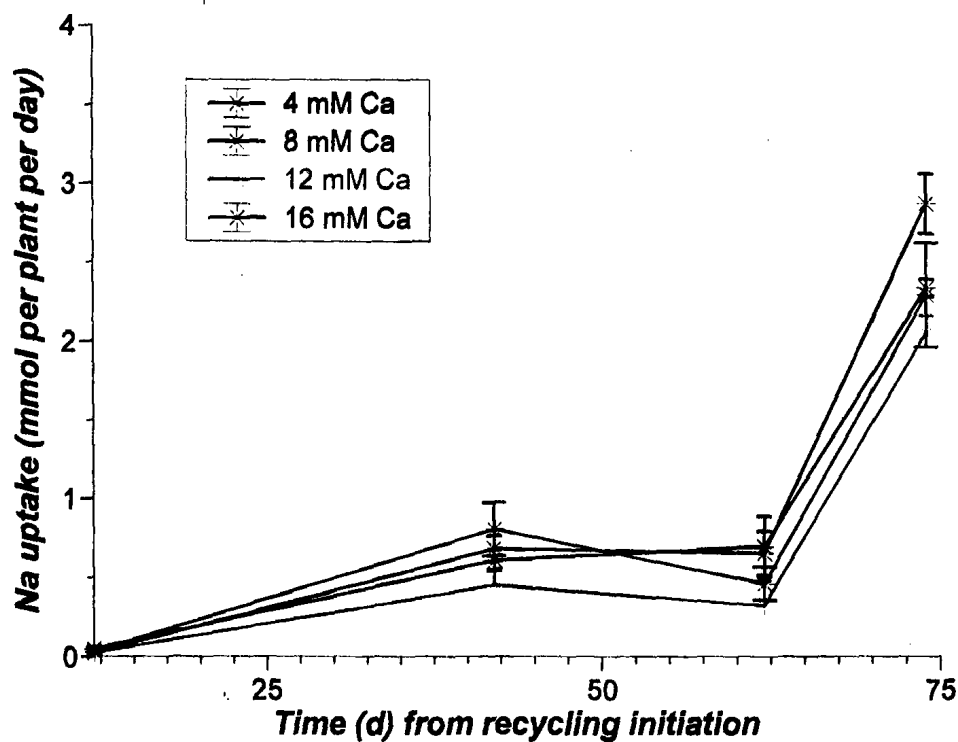


Διάγραμμα 25. Αναλογία απορρόφησης Mg ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης



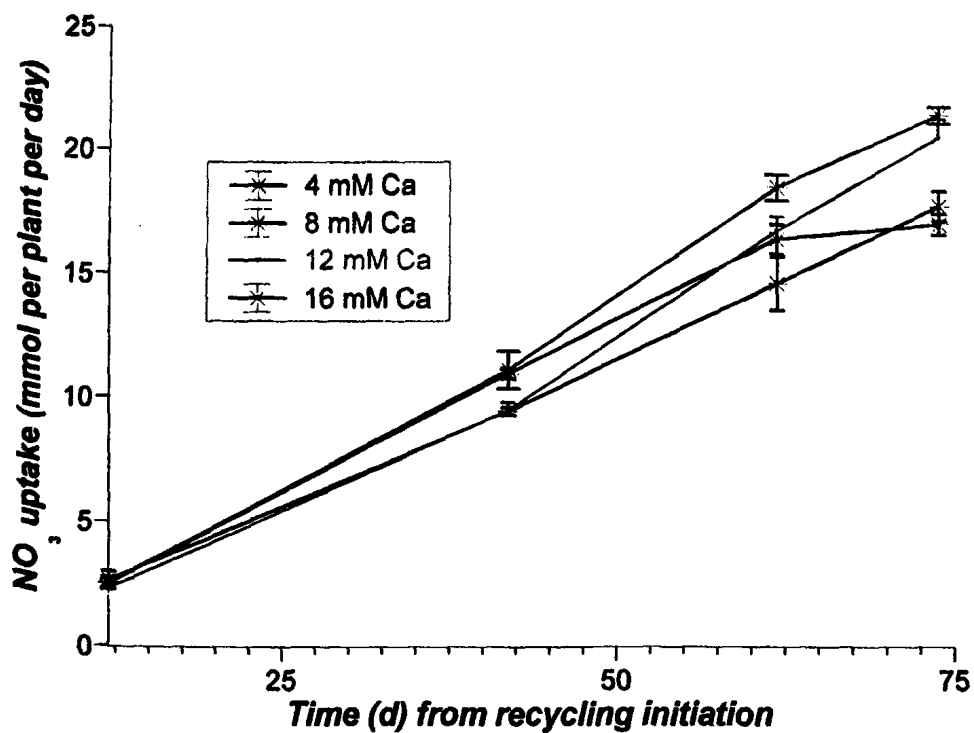


Διάγραμμα 26. Αναλογία απορρόφησης K ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης

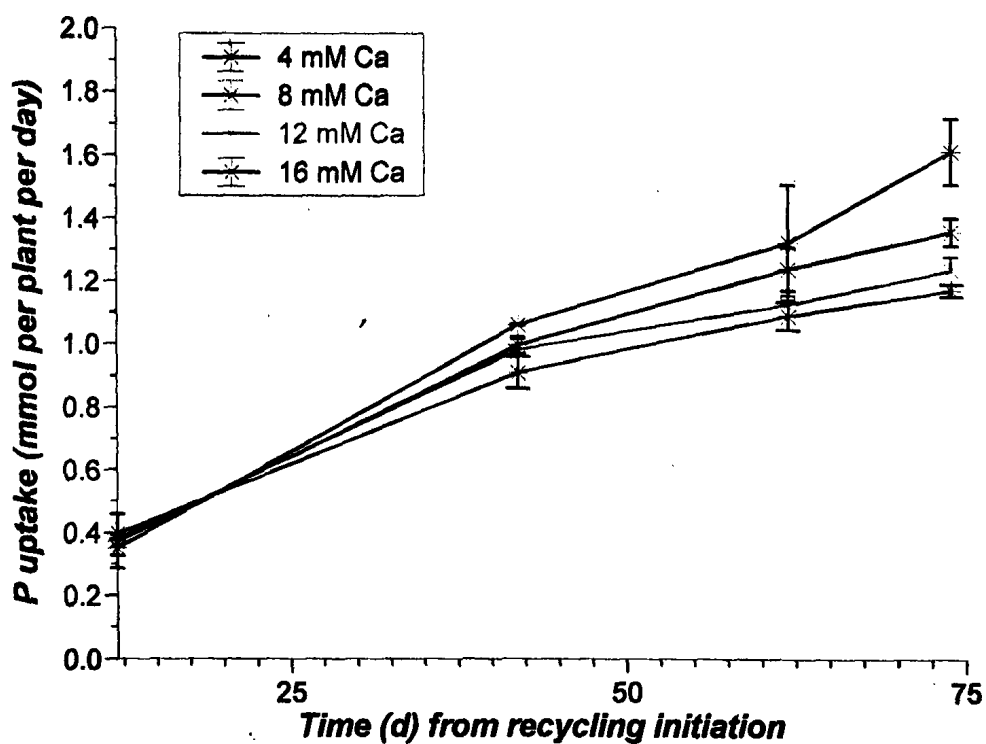


Διάγραμμα 27. Αναλογία απορρόφησης Na ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης



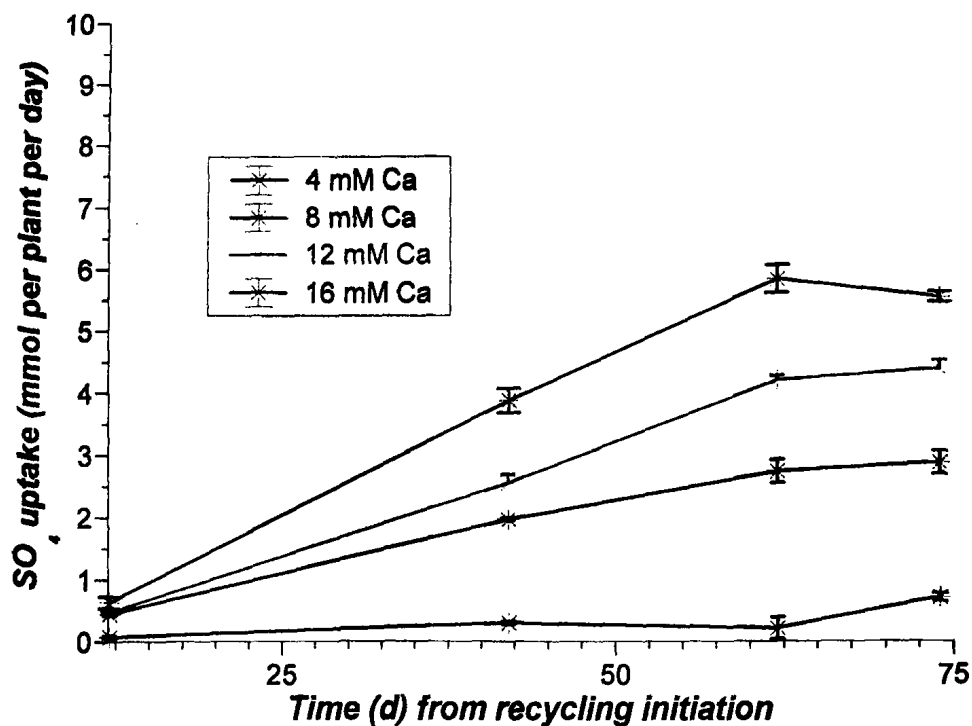


Διάγραμμα 28. Αναλογία απορρόφησης NO_3 ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης

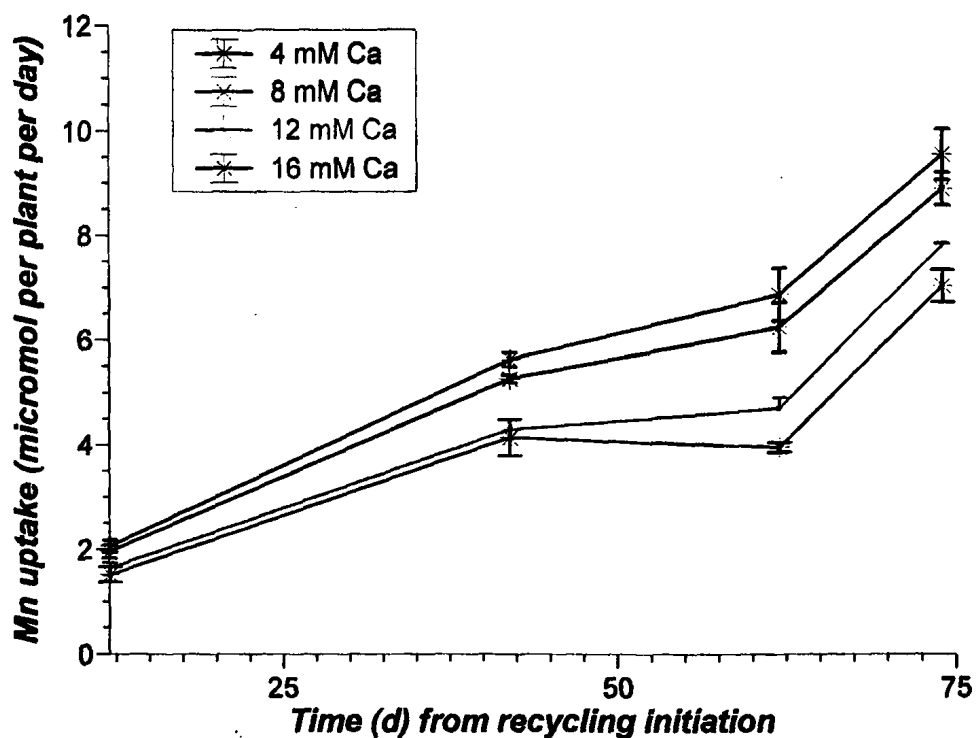


Διάγραμμα 29. Αναλογία απορρόφησης P ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης

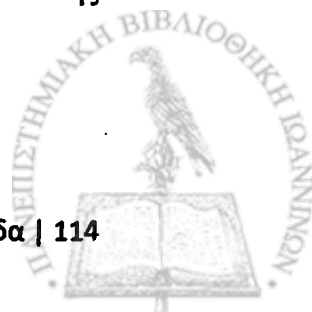


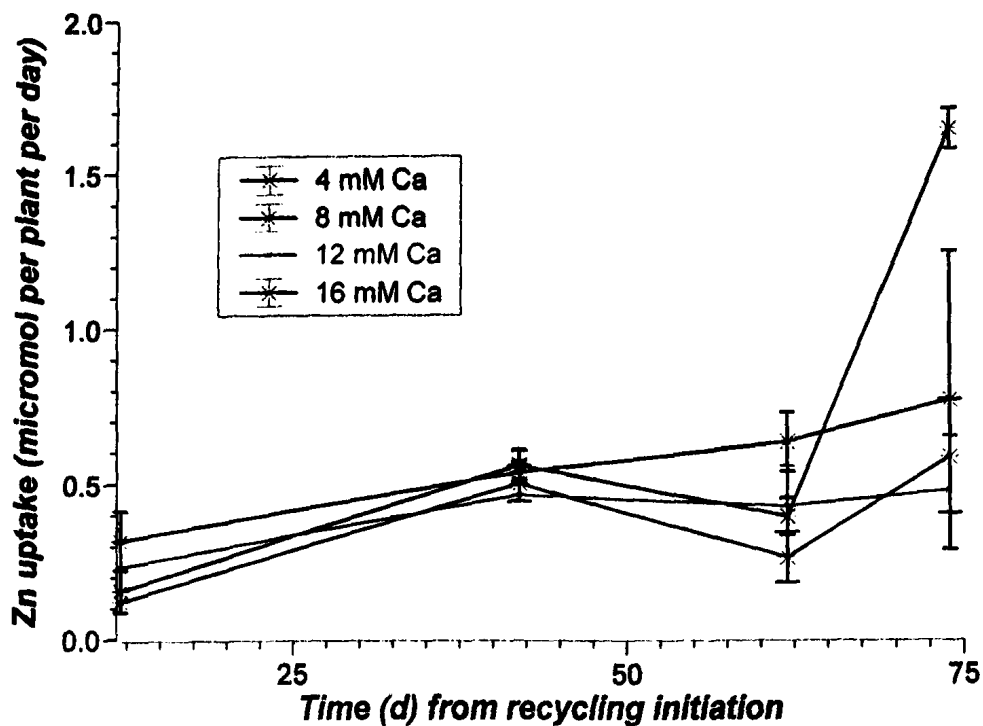


Διάγραμμα 30. Αναλογία απορρόφησης SO₄ ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης

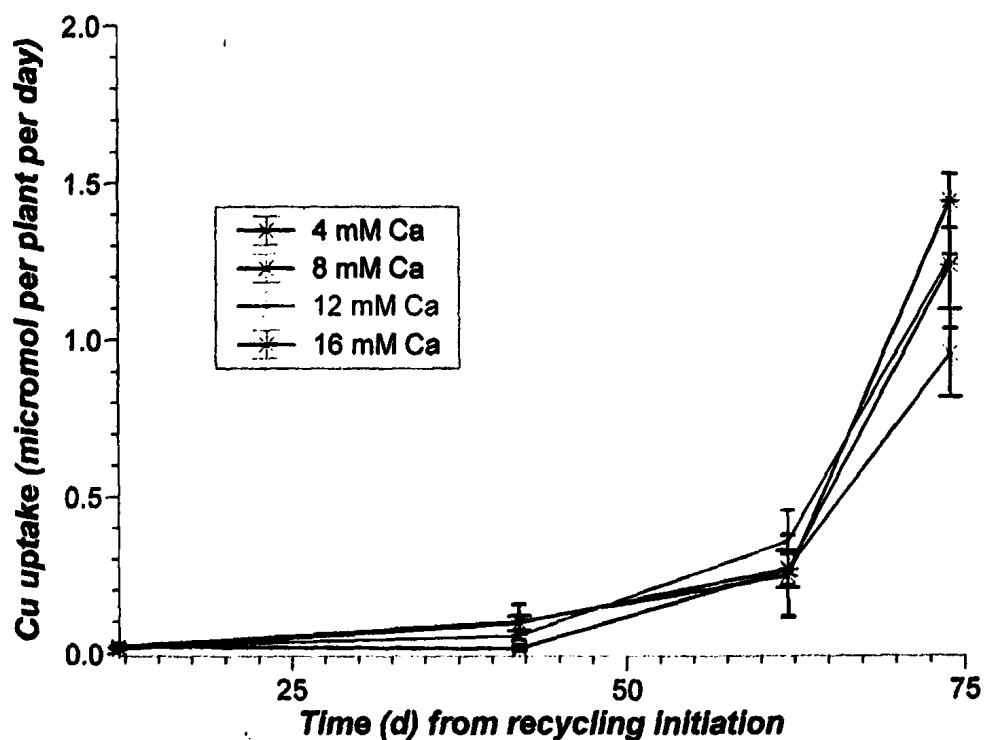


Διάγραμμα 31. Αναλογία απορρόφησης Mn ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης





Διάγραμμα 32. Αναλογία απορρόφησης Zn ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής



Διάγραμμα 33. Αναλογία απορρόφησης Cu ανά φυτό/ημέρα συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορροής



2.6.Αναλογία απορρόφησης ιόντων προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης αυτών στο διάλυμα απορροής

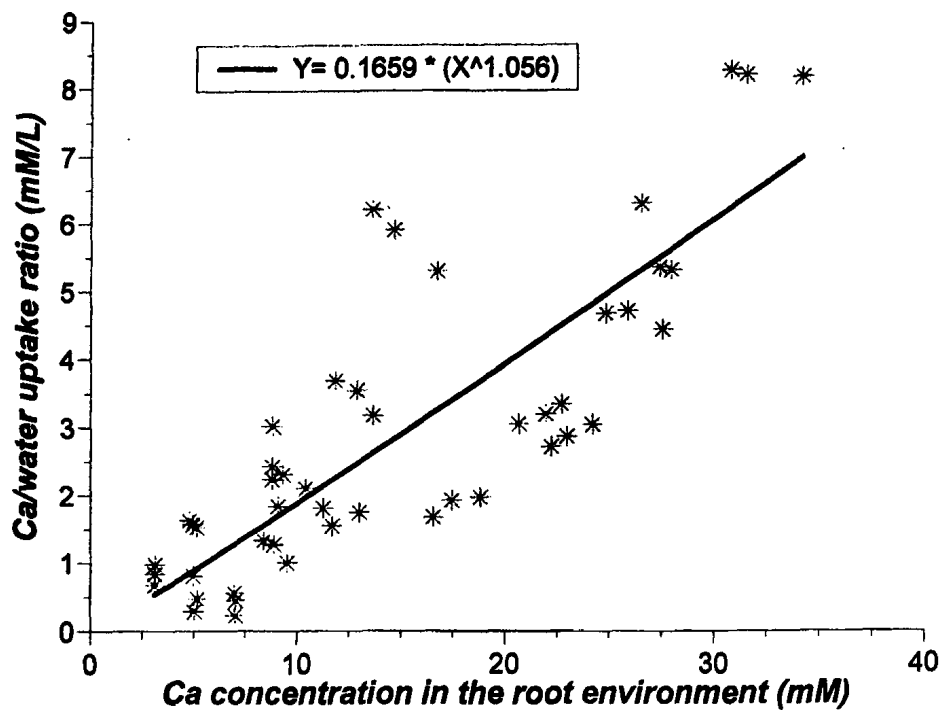
Η σχέση μεταξύ της αναλογίας απορρόφησης ιόντος/νερό ($C_{xui,i+1}$) και της συγκέντρωσης του ιόντος στο περιβάλλον της ρίζας ($C_{xsi,i+1}$) δίνεται από την εξίσωση 3:

$$C_{xui,i+1} = a C_{(xsi,i+1)}^b \quad (3)$$

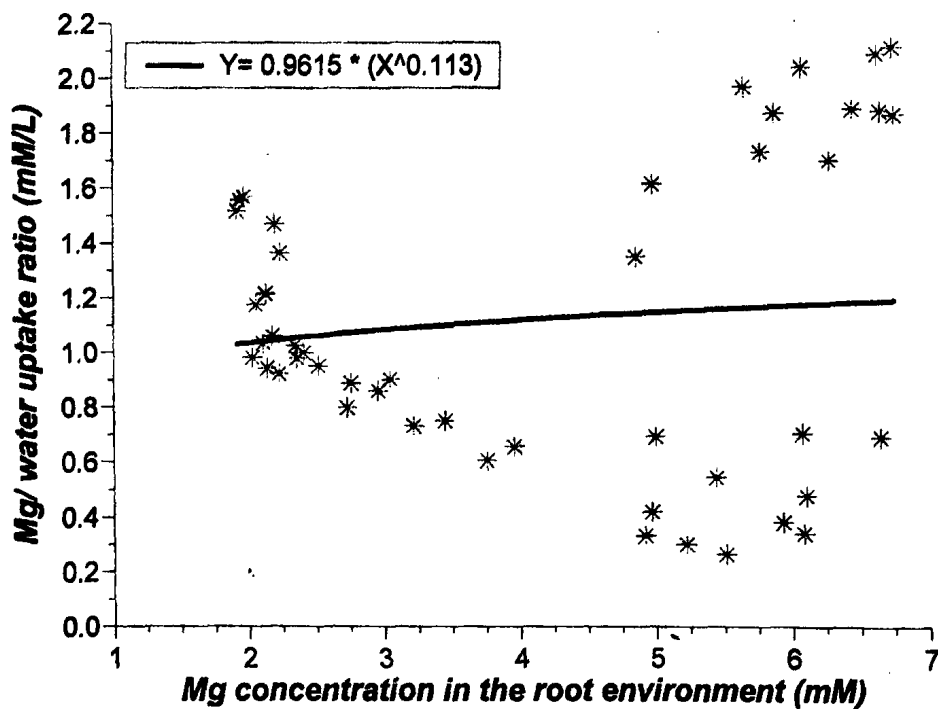
(Sonneveld, 1999) και παρουσιάζεται στα Διαγράμματα 24-33. Τα a και b είναι σταθερές εξαρτώμενες από το είδος του καλλιεργούμενου φυτού και υπολογίστηκαν με μη γραμμική ανάλυση της παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας ως ζεύγη τιμών των μέσων συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων που μετρήθηκαν στο διάλυμα απορροής μεταξύ των χρονικών διαστημάτων t_i και t_{i+1} ($C_{xsi,i+1}$) και των αναλογιών απορρόφησης ιόντων/νερό ($C_{xui,i+1}$) κατά το ίδιο χρονικό διάστημα.

Από τα Διαγράμματα 24-33 είναι φανερό ότι η εξίσωση 3 μπορεί να θεωρηθεί ειδικά για τα στοιχεία Ca , NO_3 , SO_4 και Na ότι παρέχει μια εικόνα μόνο όμως για μια γενική εκτίμηση της φαινομενικής απορρόφησης τους σε σχέση με την συγκέντρωση των θρεπτικών αυτών στοιχείων στο περιβάλλον των ριζών και όχι για χρήση τους σε μοντέλα όπως αυτό των Savvas et al (2005).

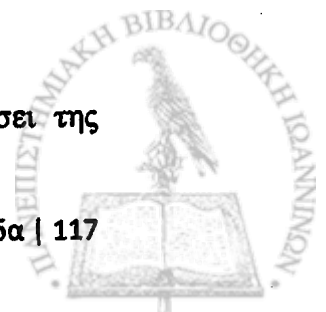


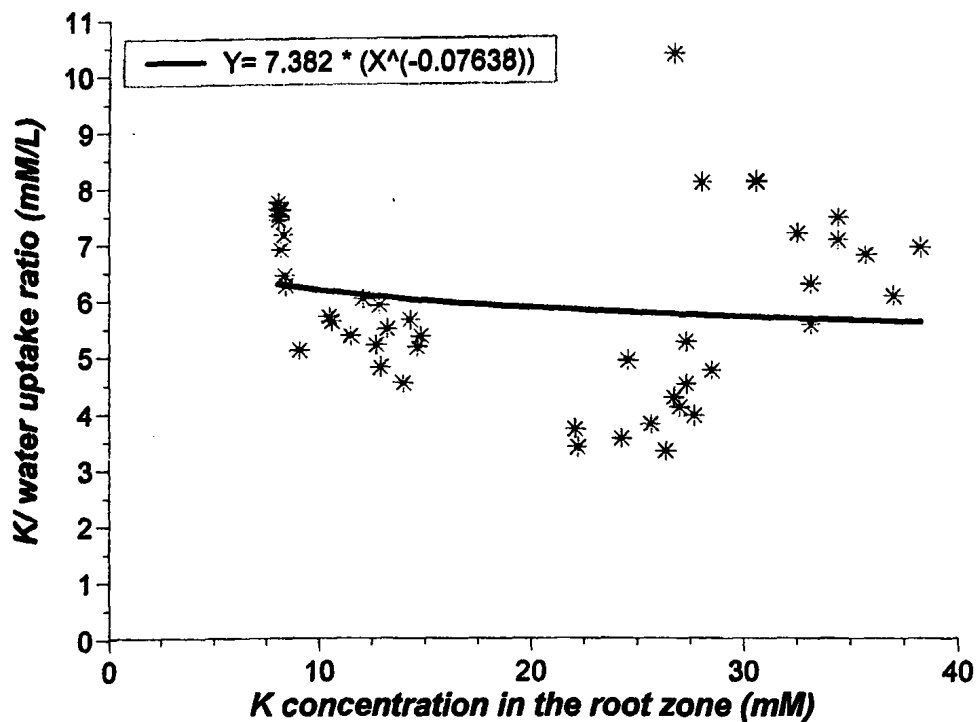


Διάγραμμα 34. Αναλογία απορρόφησης ιόντων Ca προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Ca στο διάλυμα απορρόφησης

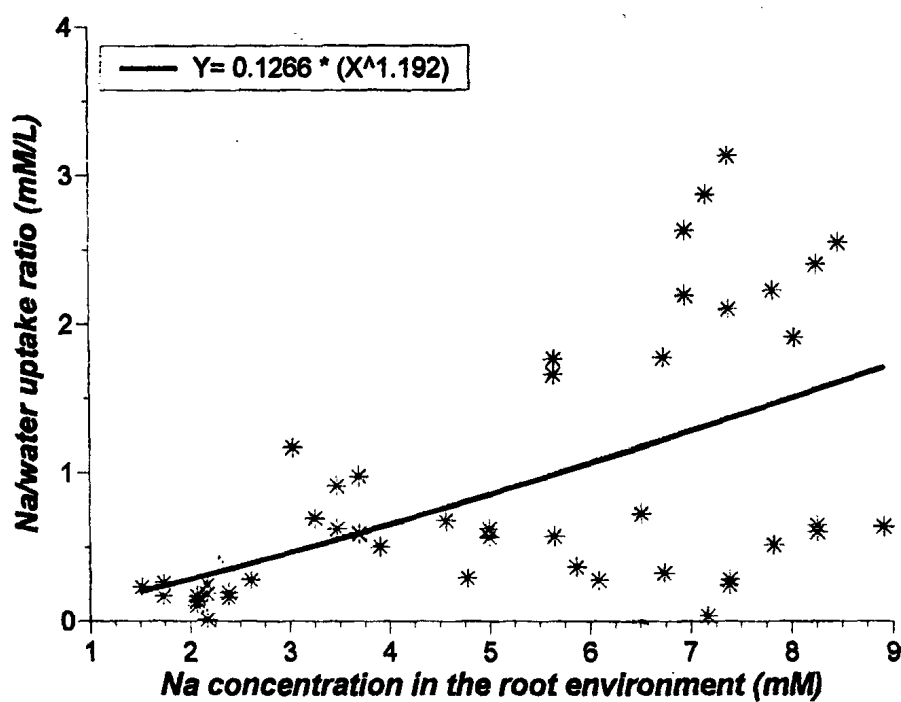


Διάγραμμα 35. Αναλογία απορρόφησης ιόντων Mg προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Mg στο διάλυμα απορρόφησης



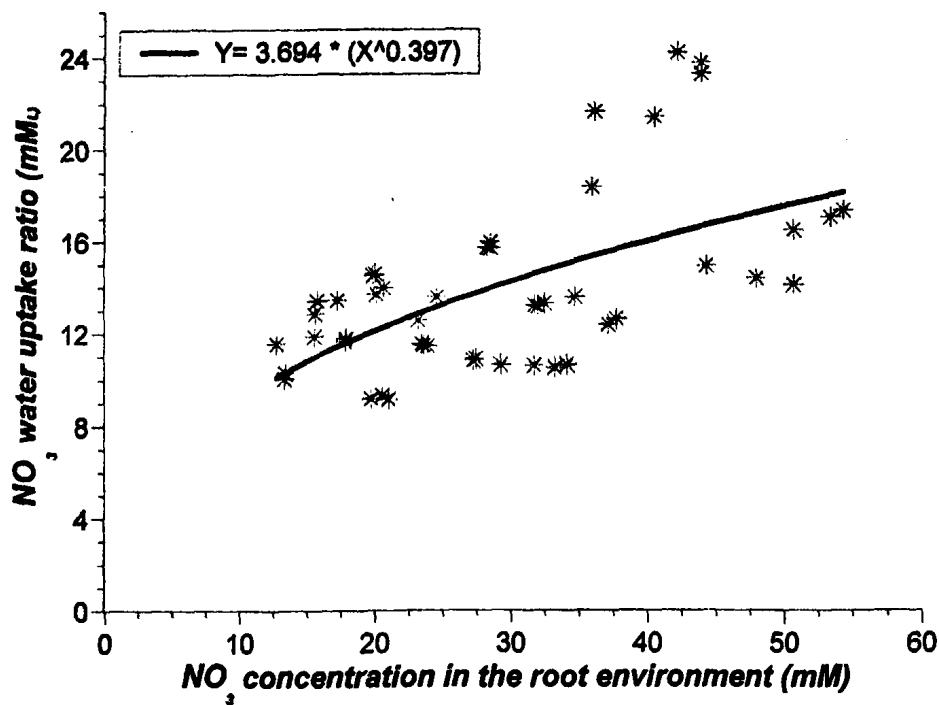


Διάγραμμα 36. Αναλογία απορρόφησης ιόντων K προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης K στο διάλυμα απορρόφησης

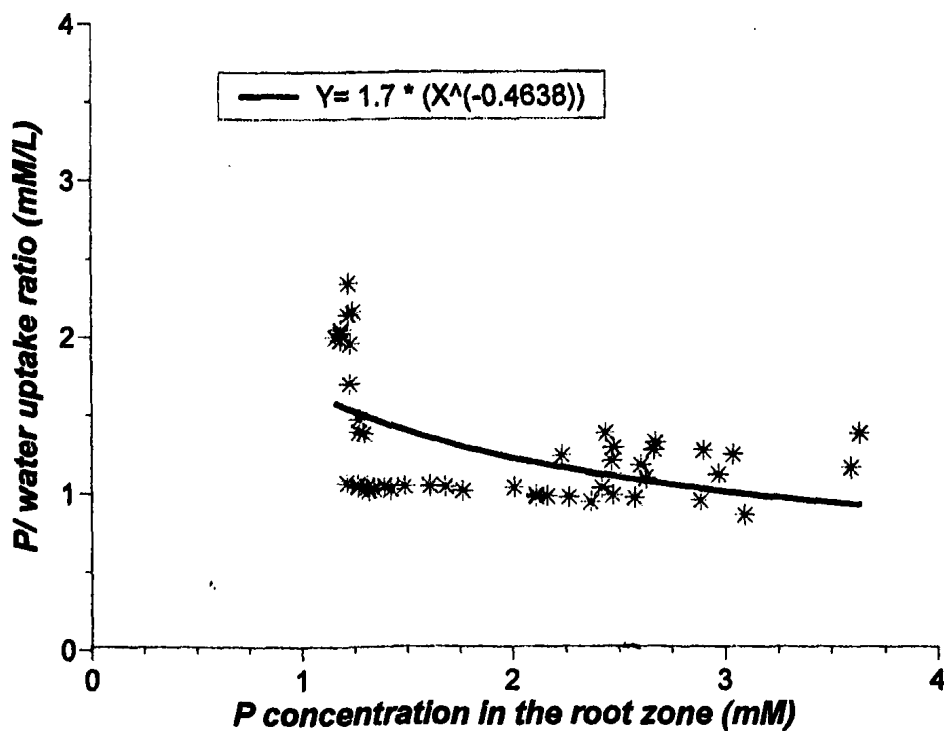


Διάγραμμα 37. Αναλογία απορρόφησης ιόντων Na προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Na στο διάλυμα



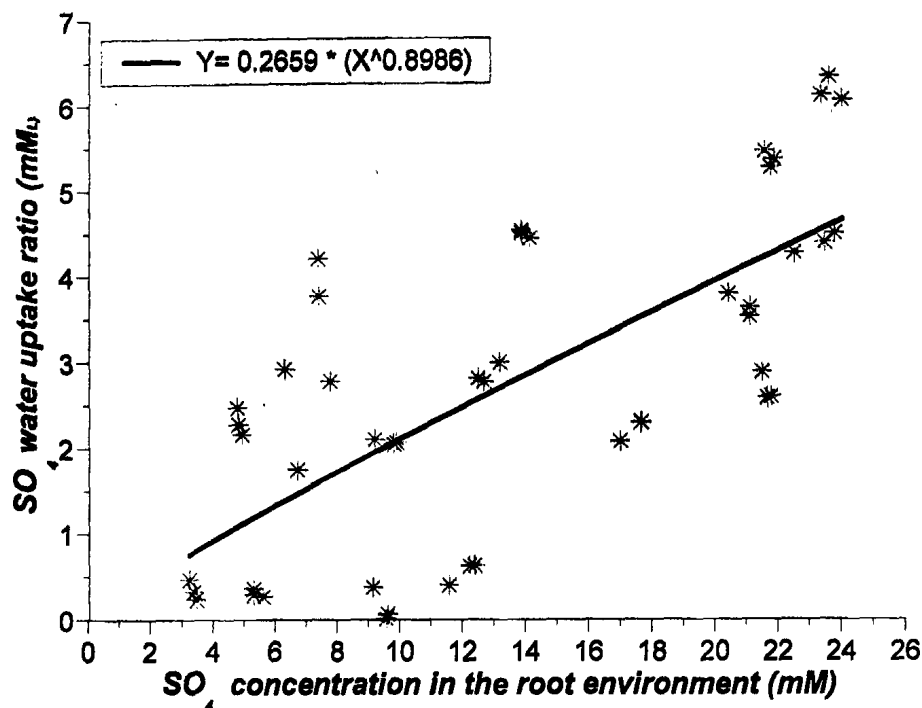


Διάγραμμα 38. Αναλογία απορρόφησης ιόντων NO_3^- προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης NO_3^- στο διάλυμα απορρόφησης

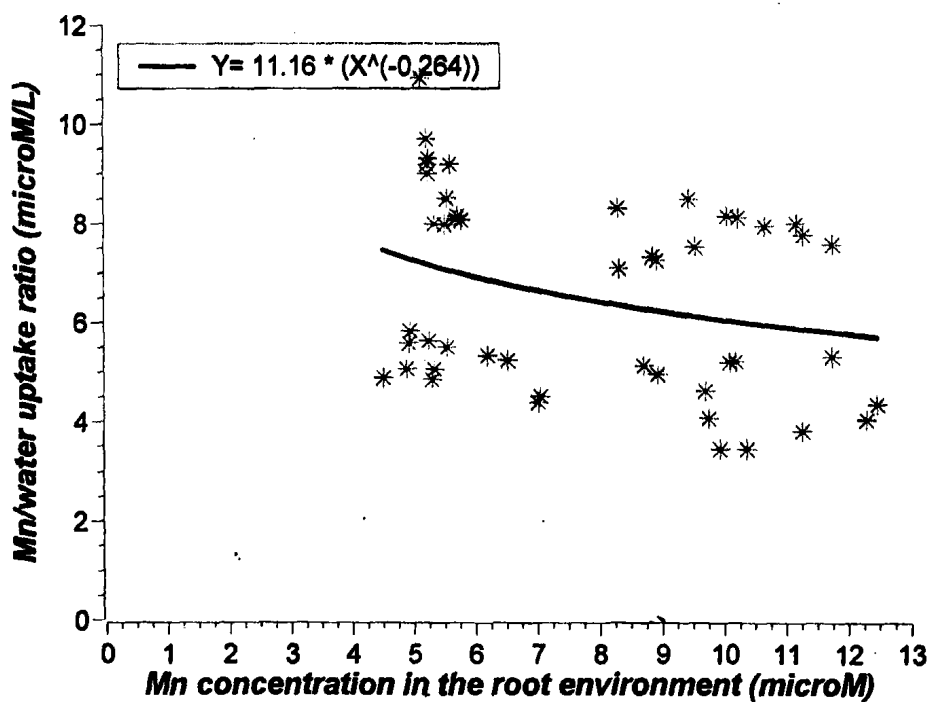


Διάγραμμα 39. Αναλογία απορρόφησης ιόντων P προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης P στο διάλυμα απορρόφησης



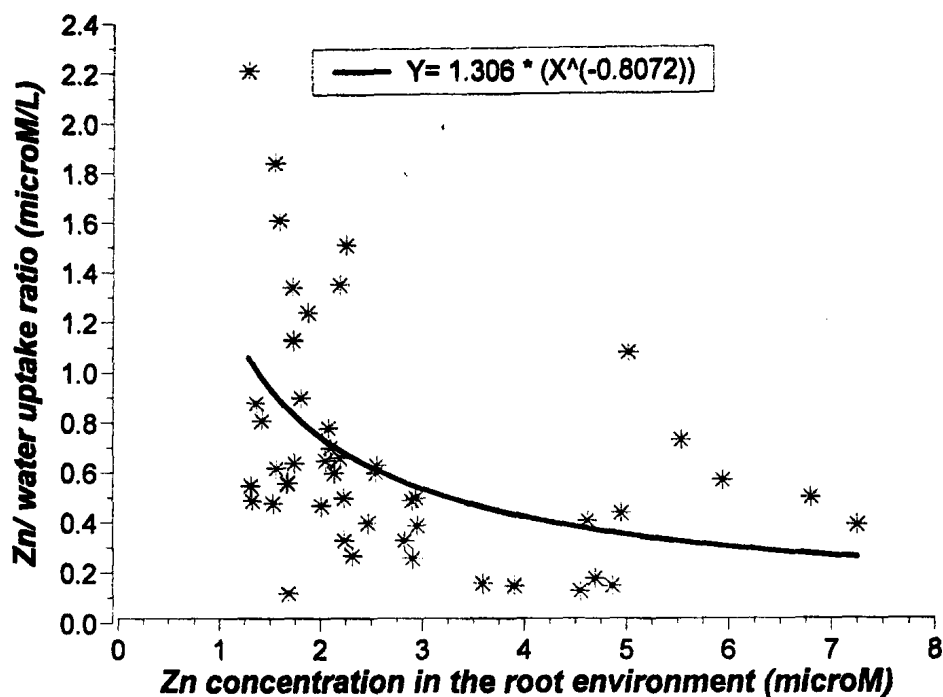


Διάγραμμα 40. Αναλογία απορρόφησης ιόντων SO_4 προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης SO_4 στο διάλυμα απορροής

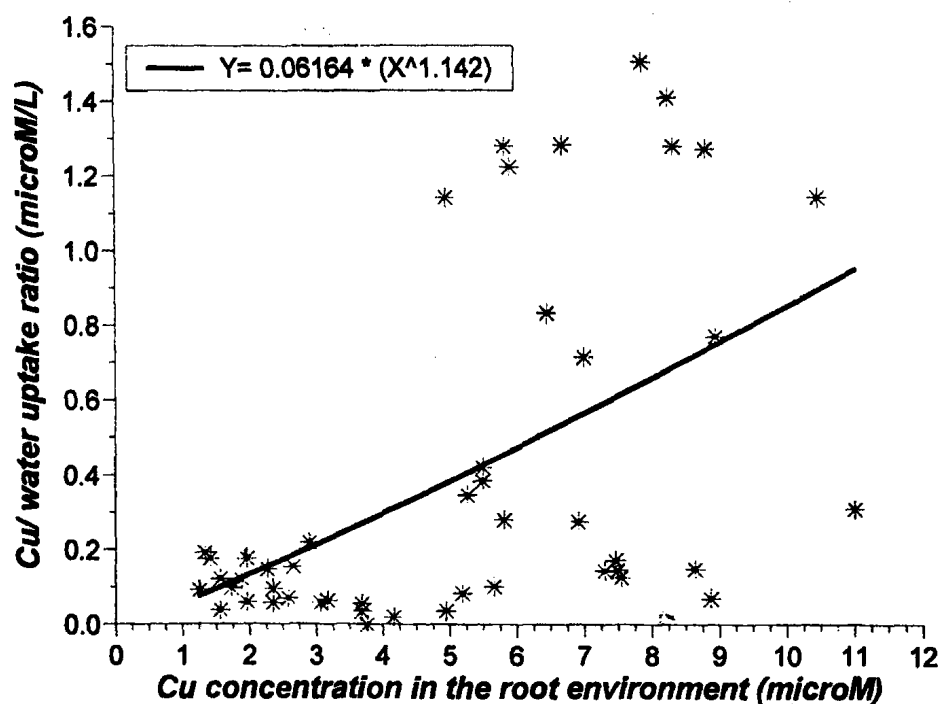


Διάγραμμα 41. Αναλογία απορρόφησης ιόντων Mn προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Mn στο διάλυμα απορροής





Διάγραμμα 42. Αναλογία απορρόφησης ιόντων Zn προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Zn στο διάλυμα απορρόφησης

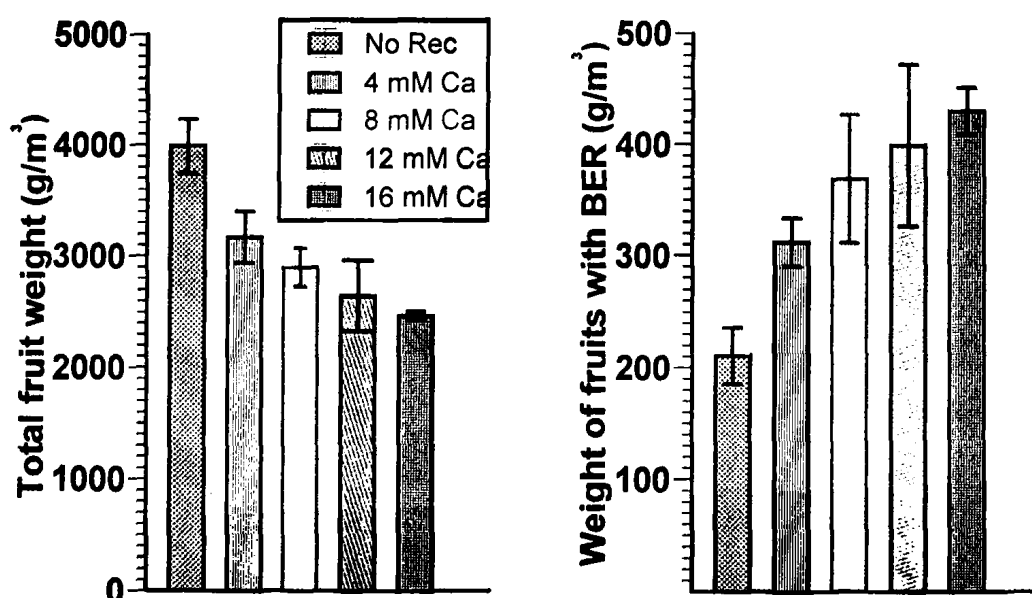


Διάγραμμα 43. Αναλογία απορρόφησης ιόντων Cu προς νερό συναρτήσει της συγκέντρωσης Cu στο διάλυμα απορρόφησης

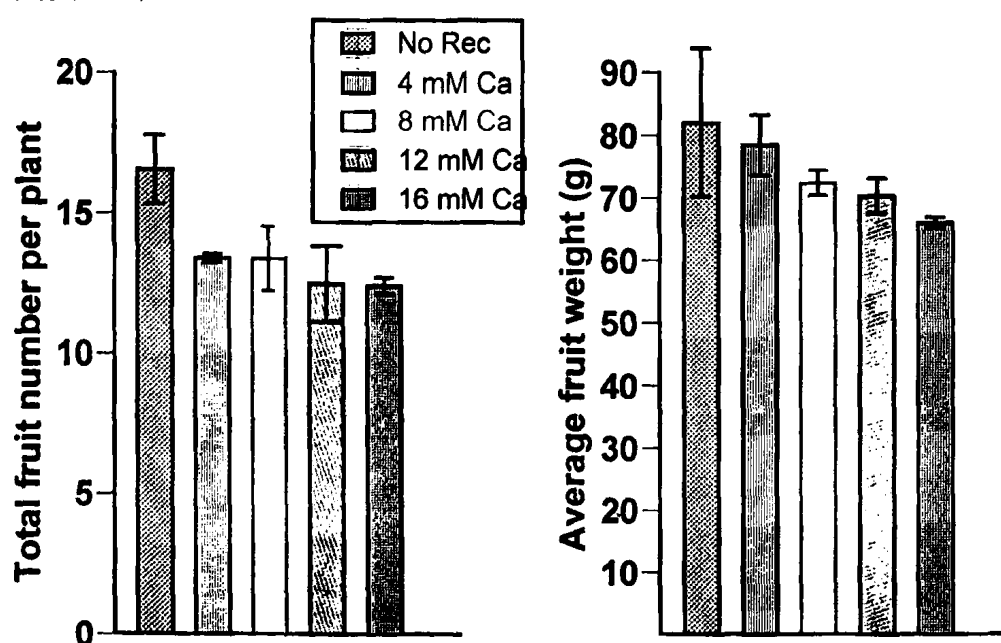


2.7. Παραγωγή και ποιότητα καρπών τομάτας

Η συσσώρευση του Ca και των συνοδών ανιόντων στο περιβάλλον των ριζών οδήγησε σε μείωση της συνολικής παραγωγής, του αριθμού των καρπών ανά φυτό και του μέσου βάρους των καρπών αλλά και σε αύξηση του αριθμού των καρπών με την φυσιολογική διαταραχή ξηρή σήψη κορυφής (Διαγράμματα 44,45), μολονότι η τελευταία οφείλεται σε τοπική έλλειψη Ca στους ιστούς της κορυφής του καρπού της τομάτας (Mason et al., 1957).



Διάγραμμα 44. Συνολική παραγωγή και συνολικό βάρος καρπών με ξηρή σήψη κορυφής (BER).



Διάγραμμα 45. Συνολικός αριθμός καρπών ανά φυτό και μέσο βάρος καρπών



3.Συζήτηση

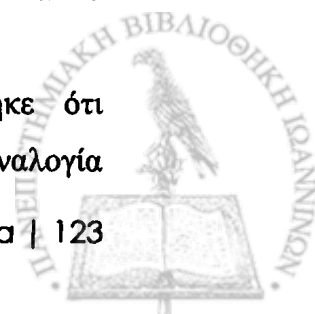
Η ανάγκη για προσαρμογή στις Μεσογειακές συνθήκες, των προερχόμενων από Ολλανδούς ερευνητές, επίσημων συστάσεων για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων, αποτέλεσε ουσιαστικά και την κινητήριο δύναμη για την διεξαγωγή του προαναφερθέντος πειράματος. Ως γνωστόν οι Μεσογειακές χώρες και δη η Ελλάδα έχουν στην ευχέρεια τους για χρήση, στην πρακτική της άρδευσης, νερό με υψηλότερες συγκεντρώσεις από τις αντίστοιχες αναλογίες απορρόφησης ασβεστίου προς νερό το οποίο σε συνδυασμό με το ξηροθερμικό κλίμα της χώρας αυτής επιφέρει επιπτώσεις δυσμενείς στις καλλιέργειες, είτε σε υπαίθριες είτε σε θερμοκηπιακές.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διεξαγωγή του πειράματος αυτού οδήγησαν στην εξαγωγή ιδιαίτερα πολύτιμων για την Γεωργική εφαρμογή συμπερασμάτων επιβεβαιώνοντας για μια ακόμη φορά τους ερευνητές (Mass and Hoffman 1977, Shanon and Grieve 1999, Munns 2002) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι υπερβολικά υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα προκαλεί αλατούχο καταπόνηση στα φυτά με τον ίδιο τρόπο όπως και στα αλατούχα εδάφη με συνέπεια να μειώνεται η παραγωγή.

Συγκεκριμένα η υπερβολικά μεγάλη συνολική περιεκτικότητα του διαλύματος σε άλατα θρεπτικών και μη θρεπτικών στοιχείων, και ειδικότερα του Ca, οδήγησε όπως είδαμε σε περιορισμό της αθροιστικής κατανάλωσης, σε πολύ υψηλές τιμές EC, οι οποίες υπερβαίνουν ένα δεδομένο όριο, καθώς και σε ελάχιστη μεν συστηματική όμως μείωση του pH στο περιβάλλον των ριζών. Όλα αυτά συνεπικουρούν στην μείωση της παραγωγής του παραγόμενου προϊόντος τόσο σε ποσοτικό όσο και ποιοτικό επίπεδο.

Αναφερόμενοι στην συσσώρευση των ιόντων που δύναται να προκαλέσει η διαφοροποίηση των 4 διαφορετικών επιπέδων Ca στο νερό άρδευσης παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η συγκέντρωση Ca σε αυτό, αυξάνεται και η συσσώρευση του όπως επίσης του NO_3 , του SO_4 και του Zn ενώ μειώνεται η συσσώρευση του P. Καμία όμως επίδραση δεν ασκεί η αλατότητα στο Mg, το Na, το K, το Mn και το Cu.

Μελετώντας τις αναλογίες απορρόφησης ιόντων/νερό διαπιστώθηκε ότι αυξημένη συγκέντρωση Ca στο περιβάλλον των ριζών αύξησε την αναλογία



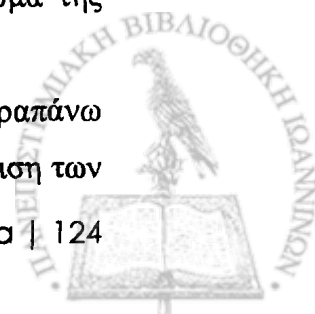
απορρόφησης Ca/νερό (συγκέντρωση απορρόφησης Ca) και συνεπώς και την συσσώρευση ιόντων Ca. Παρόμοια επίπτωση στην αναλογία απορρόφησης NO₃/νερό και SO₄/νερό παρουσίασε και η αυξημένη συγκέντρωση NO₃ και SO₄ αντίστοιχα, στη ρίζα. Αντιθέτως αυξημένη συγκέντρωση Ca στη ρίζα δεν είχε καμιά επίπτωση στην αναλογία απορρόφησης των υπολοίπων ιόντων/νερό (φαινομενική απορρόφηση).

Η αυξημένη συγκέντρωση Ca, NO₃ και SO₄ στο περιβάλλον των ριζών αύξησε και την αναλογία απορρόφησης τους ανά φυτό και ημέρα χωρίς παρόλα αυτά να επηρεάσει τις αναλογίες απορρόφησης (ανά φυτό και ημέρα) των υπολοίπων θρεπτικών στοιχείων.

Η προσπάθεια επιπλέον εκτίμησης, με την χρήση μοντέλων (Savvas et al., 2005) της φαινομενικής απορρόφησης των στοιχείων ενός θρεπτικού διαλύματος σε σχέση με την συγκέντρωση των θρεπτικών αυτών στοιχείων στο περιβάλλον των ριζών, στην συγκεκριμένη μελέτη παρουσίασε δυσκολίες πιθανότατα λόγω του γεγονός ότι δεν παρουσιάστηκε εξίσωση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών (της αναλογίας εισόδου ιόντων νερό στο κλειστό σύστημα και της συγκέντρωσης ιόντων στο περιβάλλον των ριζών). Μια γενική όμως εκτίμηση ειδικά για τα στοιχεία Ca, NO₃, SO₄ και Na μπορεί να θεωρηθεί ότι παρέχεται και μπορεί να φανεί και ιδιαίτερα χρήσιμη για την κατάστρωση θρεπτικών διαλυμάτων για καλλιέργειες κηπευτικών σε κλειστά υδροπονικά συστήματα στις Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες.

Κλείνοντας, διαπιστώθηκε κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, ότι η συνολική παραγωγή της τομάτας μειώθηκε (Mass and Hoffmann 1977, Soria and Cuartero 1977, Mass 1986, Saranga et al 1991, Mitchell et al 1991) ενώ το ποσοστό των καρπών με ξηρή σήψη κορυφής αυξήθηκε (Ho et al 1993, Grattan and Grieve 1999) λόγω τοπικής έλλειψης ασβεστίου στους καρπούς της τομάτας και δὴ στην κορυφή αυτών (Raleigh and Chucka, 1944; Maynard et al., 1957; Greenleaf and Adams, 1969; Ward, 1973; Adams and El-Gizawy, 1988; Franco et al., 1994; de Kreij, 1996; Paiva et al., 1998; Adams, 2002) (Ho and Adams 1988). Η μείωση βέβαια της παραγωγής λόγω των υψηλών επιπέδων αλατότητας οφείλεται κυρίως στη μείωση του μέσου βάρους των καρπών (Van Ieperen 1996, Cuartero and Munoz, 1999) και του αριθμού των παραγόμενων καρπών ανά φυτό προφανώς ως αποτέλεσμα της σημαντικής ελάττωσης της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών (Adams, 1991).

Εν κατά κλείδι μπορούμε να πούμε ότι η σωστή αξιοποίηση όλων των παραπάνω συμπερασμάτων μπορεί να βοηθήσει στην έγκαιρη πρόβλεψη και αντιμετώπιση των



προβλημάτων που δύναται να προκληθούν εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων στο νερό άρδευσης (καταπόνηση φυτών, μείωση παραγωγής κ.α.)



Γ.ΜΕΡΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A

Adams P, El-Gizawy AM. 1988. Effect of calcium stress on the calcium status of tomatoes grown in NFT. *Acta Horticulturae* 222: 15–22.

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. *J. Hort. Sci.*, 66: 201-207.

Adams P, Ho LC. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *Journal of Horticultural Science* 67: 827–839.

Adams P. 2002. Nutritional control in hydroponics. In: Savvas D, Passam H, eds. *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Athens, Greece: Embryo Publications, 211–261.

Akl, I.A., D. Savvas, N. Papadantonakis, N. Lydakis-Simantiris, P. Kefalas, 2003. Influence of ammonium to total nitrogen supply ratio on growth, yield and fruit quality of tomato grown in a closed hydroponic system. *Europ. J. Hort. Sci*, 68, 204-211.

Alarcon, J.J., Sanchez-Bianco, M.J., Boiarin, M.C. and Torrecillas, A. 1994. Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. *Plant & Soil*, 166:75-82.

Albery, W.J., B.G.D. Haggett, and Svanberg, R. 1985. The development of sensors for hydroponics. *Biosensors*, 1: 369-397.

Allan, A., Altman, B. and Heuer, B., 2000. Genotypic reaction in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. *Plant Sci.*, 152: 59-65.

B

Bangerth, F., 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 17: 97-122.

Barker AV, Ready KM. 1994. Ethylene evolution by tomatoes stressed by ammonium nutrition. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 706–710.

Batchelor, TA, 2004. The impact of the Montreal Protocol and European Union controls on methyl bromide. *Proceedings of Fifth International Conference on Alternatives to Methyl Bromide*. Lisbon, Portugal, 27-30 September 2004.



Ben-OKel G, Kant S, Nairn M, RabJnowitch HD, Takeoka GR, Buttery RG, Kafkafi U (2004) Effects of ammonium to nitrate ratio and salinity on yield and fruit quality of large and small tomato fruit hybrids. *Journal of Plant Nutrition* 27, 1795-1812

Bergmann W (1988) *Emahrvngsslomngen hei Kulturpflatcen*, Oustav Fischer ferfag, Stuttgart, 380 pp

Bradfield EG, Guttridge CG. 1984. Effects of night-time humidity and nutrient solution concentration on the calcium content of tomato fruit. *Scientia Horticulturae* 22: 207-217

Γ

Γαλάτης, Β., Γανωτάκης, Δ., Γκανή-Σπυροπούλου, Κ., Καραμπουρνιώτης, Γ., Κοτζαμπάσης, Κ., Κωνσταντινίδου, Ε.Ι., Μανέτας, Ι., Ρουμπελάκη-Αγγελάκη, Κ.Α. 2003. Φυσιολογία φυτών από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης. Ηράκλειο.

Γενειατάκης, Γ, 2007. Βρωμιούχο μεθύλιο. *Γεωργία - Κτηνοτροφία*, 4/2007, σ. 8-9.

Γιαννοπολίτης Κ.Ν. 2007. Η ιστορία της τομάτας *Γεωργία και Κτηνοτροφία* Αφιέρωμα: Τομάτα 10:11-12

Γιαννοπολίτης Κ.Ν. Λυμπεροπούλου Μ. 2007 Στατιστικά στοιχεία. *Γεωργία και Κτηνοτροφία* Αφιέρωμα: Τομάτα 10:11-12

Carmassi, G., Incrocci, L., Maggini, R., Malorgio, F., Tognono, F., Pardossi, A., 2005. Modeling Salinity Build-Up in Recirculating Nutrient Solution Culture. *J. Plant Nutr.*, 28: 431 – 445

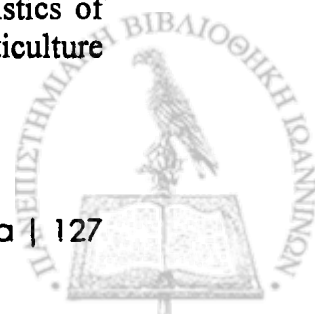
Cerda A, Bingham FT, Labanauskas CK. 1979. Blossom-end rot of tomato fruit as influenced by osmotic potential and phosphorous concentrations of nutrient solution media. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104: 236-239.

Chaignon V, Bedin F, Hinsinger P (2002) Copper bioavailability and rizosphere pH changes as affected by nitrogen supply for tomato and oilseed rape cropped on an acidic and a calcareous soil. *Plant and Soil* 243, 219-228

Chapagain BP, Wiesman Z (2004) Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae* 99, 279-288

Chalterjee J, Chatterjee C (2003) Management of phytotoxicity of cobalt in tomato by chemical measures. *Plant Science* 164, 793-801

Chen J, Gabelman WH (2000) Morphological and physiological characteristics of tomato roots associated with potassium-acquisition efficiency. *Scientia Horticulture* 83, 213-225



Claussen W (2002) Growth, water use efficiency, and proline content of hydroponically grown tomato plants as affected by nitrogen source and nutrient concentration Plant and Soil 156. 1-9

Cuartero J, Fernández-Muñoz R. 1999. Tomato and salinity. Scientia Horticulture 78: 83–125.

Cooper, A.J., 1979. The ABC of NFT. Grower Books, London.

Cooper, A.J., 1975. Crop production in recirculating nutrient solution. Sci. Hort., 3: 251-258.

D

Dasgan HY, Qzturk L, Abak K, Cakmak I (2003) Activities of iron-containing enzymes in leaves of two tomato genotypes differing in their resistance to Fe chlorosis. Journal of Plant Nutrition 26, 1997-2007

Davis, J.M., Sanders, D.C., Nelson, P.V., Lengnick, L., Sperry, W.J., 2003. Boron improves growth, yield, quality and nutrient content of tomato. J. Amer. Society Hort. Sci. 128:441 -446.

de Groot CC, Mareelis LFM, van den Boogaard R, Lambers H (2001) Growth and dry-mass partitioning in tomato as affected by phosphorus nutrition and light. Plant, Cell and Environment 24, 1309-1317

de Groot CC, Marcelis LFM, van den Boogaard R, Lambers H (2002) Interactive effects of nitrogen and irradiance on growth and partitioning of dry mass and nitrogen in young tomato plants. Functional Plant Biology 29. 1319-1328

De Kreij, C. 1995. Latest insights into water and nutrient control in soilless cultivation. Acta Hort., 408:47-61.

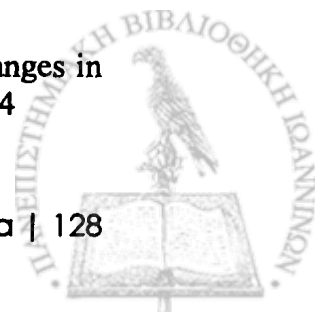
de Kreij C. 1996. Interactive effects of air humidity, calcium and phosphate on blossom-end rot, leaf deformation, production and nutrient contents of tomato. Journal of Plant Nutrition 19: 361–377.

De Kreij, C. and Jonsson, J. A., 1999. Recirculation and organic substances. International Symposium on Growing Media and Hydroponics. August 31 - September 6, 1999. Kassandra, Halkidiki, Greece. Abstracts, 45

del Amor FM, Martinez V, Cerdá A. 2001. Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development. HortScience 36: 1260–1263.

Del Amor FM, Marcelis LFM (2006) Different effect of transpiration and Ca supply on growth and Ca concentration of tomato plants. Scientia Horticulture, 17-23

Dong C.X, Shen Q.R, Wang G (2004) Tomato growth and organic acid changes in response to partial replacement of NCV-N by NHT-K Pedosphere 14, 159-164



Dorais M, Papadopoulos A.P., Gosselin A. (2001) Tomato fruit quality: the influence of factors. Hort. Rev. 26, 239-319.

E

Eaton, A.D, L.S. Clesceri and A.E. Greenberg (eds.), 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th edition. Amer. Public Health Assn. Washington, USA.

Ehret, D.L., and L.C. Ho, 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. J. Hort. Sci., 61: 361-367.

F

Fanasca, S., Colla, G., Maiani, G., Venneria, E., Rouphael, Y., Azzini, E., Saccardo, F., 2006. Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. J. Agric. Food Chem. 54,4319-4325.

Fernandez V, Ebert G (2005) Foliar iron fertilization: A critical review. Journal of Plant Nutrition 28, 2113-2124

Forde, B.G. and Clarkson, D.T., 1999. Nitrate and ammonium nutrition of plants: Physiological and Advances in Botanical Research 30:1-90.

Franco JA, Pérez-Saura PJ, Fernández JA, Parra M, García AL. 1999. Effect of two irrigation rates on yield, incidence of blossom-end rot, mineral content and free amino acid levels in tomato cultivated under drip irrigation using saline water. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 74: 430–435.

G

Ganmore-NeumannR, Kafafi U. (1980) Root temperature and percentage NO₃/NH₄ effect on tomato plant development. I. Morfology and growth Agronomy Journal 72, 758-761

Gaugh, C., and G.E. Hobson, 1990. A comparison of the productivity, quality, shelf-life characteristics and consumer reaction to the crop from cherry tomato plants grown at different levels of salinity. J. Hort. Sci., 65:431-439.

Geraldson CM. 1957. Factors affecting calcium nutrition of celery, tomato and pepper. Soil Science Society Proceedings 21: 621–625.

Gerard CJ, Hipp BW. 1968. Blossom-end rot of 'Chico' and 'Chico Grande' tomatoes. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 93: 521–531.

Gerendas J. ZhuZ Bendixen R, Ratcliffe RG. Sattelmacher B (1997). Physiological and Biochemical processes related to ammonium toxicity in higher plants. Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und Bodenkunden 160 239-251



Gericke, W.F., 1929. Aquaculture, a means of crop production. *Am. J. Bot.*, 16: 862.

Gericke, W.F., 1937. Hydroponics - crop production in liquid culture media. *Science*, 85:177-178.

Gieling, T.H., E.A. Van Os, and A. De Jager, 1988. The application of chemosensors and bio-sensors for soilless cultures. *Acta Hortic.*, 230: 357-361

Gill, MA and Reisenauer, H.M., 1993. Nature and characterization of ammonium effects on wheat and tomato. *Agron. J.* 85: 874-879.

Gizas, G., Savvas, D., 2007. Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *HortScience* 42,1274-1280.

Grattan SR, Grieve CM (1999) Salinity-mineral relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78 127-157

Grattan S. 2002 Irrigation water salinity and crop production. University of California

Greenleaf WH, Adams F. 1969. Genetic control of blossom-end rot disease in tomatoes through calcium metabolism. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94: 248-250.

H

Hamer PJC (2003) Analysis of strategies for reducing calcium deficiencies in glasshouse grown tomatoes: Model functions and simulations. *Agricultural Systems* 16, 181-205

Hanlon A.E., 1998. Elemental determination by atomic absorption spectrophotometry 157 – 163.

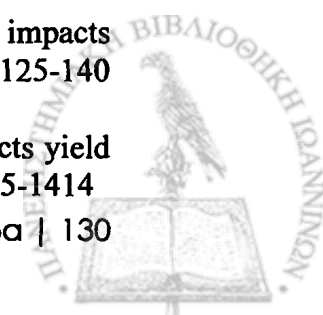
Hao X, Papadopoulos AP. 2003. Effects of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool. *Canadian Journal of Plant Science* 83: 903-912.

Hao X, Papadopoulos AP. 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. *HortScience* 39: 512-515.

Hartman PL, Mills HA, Jones JB. 1986. The influence of nitrate: ammonium ratios on growth, fruit development, and element concentrations in 'Floradel' tomato plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 111: 487-490.

He ZL, Yang XE, Stoffella PJ (2005) Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19, 125-140

Heeb A, Lundegardh B, Ericsson T, Savage GP (2005b) Nitrogen form affects yield and taste of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:1405-1414



Hewitt, E.J., 1966. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Technical communication No. 22 (revised). Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Mailing, Maidstone, Kent, U.K

Hoagland D.R., and Arnon D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. St., Circ. 347 (Revised by D.I. Arnon)

Ho LC. 1998a. To quantify environmental and physiological factors controlling calcium uptake, transport and utilization on yield and quality of tomato and sweet peppers in glasshouses. Final report on MAFF project HH1309SPC.

Ho L.M, Adams P. 1988 Effects of Diurnal Changes in the Salinity of the Nutrient Solution on the Accumulation of Calcium by Tomato Fruit Plant Physiology Department, AFRC Institute of Horticultural Research Littlehampton, West Sussex BN17 6LP, UK

Ho LC, Belda R, Brown M, Andrews J, Adams P. 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. Journal of Experimental Botany 44: 509–518

I

Ikeda H, Osawa T. 1988. The effects of NO₃/NH₄ ratios and temperature of nutrient solution on growth, yield and blossom-end rot incidence in tomato. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 57: 62–69.

Imas P. Bar-Yosef B Kafkafi U. Ganmore-Neumann R, (1997) Release of carboxyl anions and protons by tomato roots in response to ammonium nitrate ratio and pH in nutrient solution Plant and Soil 191 27-34

Islam, A.K.M.S., D.G. Edwards, and C.J. Asher, 1980. pH optima for crop growth. Results of a flowing solution culture experiment with six species. Plant Soil 54, 339-357.

J

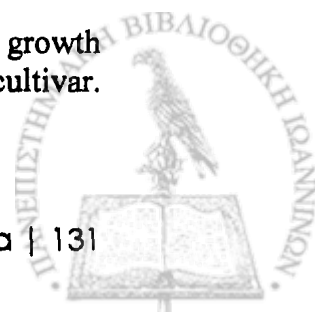
Jacobson, L., 1951. Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylenediamine tetra-acetate. Plant Physiol., 26:411.

Jenkins, J.A. 1948 The origin of the cultivated tomato Econ.Bot., 2Q379-392

Jones, Jr., J.B., 1982. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. J. Plant Nutr., 5:1003-1030

K

Kaya C, Higgs D(2001) Inter-relationships between zinc nutrition, growth parameters, and nutrient physiology in a hydroponically grown tomato cultivar. Journal of Plant Nutrition 24, 1491-1503



Kaya C, Higgs D (2002) Improvements in physiological and nutritional developments of tomato cultivars grown at high zinc by foliar application of phosphorus and iron. *Journal of Plant Nutrition* 25, 1881-1894

Kirkby E.A. Knight A.H.(1977) Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition *Plant Physiology* 42 6-14.

Kirkby EA, Mengel K (1967) Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition. *Plant Physiology* 42, 6-14

Knop, W. 1859 Ein Vegetationsversuch Pflanzen Die Landwirtschaftlichen Versuchstationen. *J. Plant Nutr.*, 5: 1003 – 1030

Korshunova YO, Eide D, Clark WG, Guerinot ML, Pakrasi HB (1999) The IRT1 protein from *Arabidopsis thaliana* is a metal transporter with a broad substrate range. *Plant Molecular Biology* 40, 37-44

Krauss, S., Schnitzler, W.H., Grassmann, J., Woitke, M. 2006. The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *J. Agric. Food Chem.* 54, 441 -448.

L

Lacatus, V., Botez, M., Chelu, R., Mirghis, R., Voican, V., 1994. The influence of organic and mineral fertilizers on tomato quality for Horti. 276:329-332.

Lingle, J.C. and Lorenz, A.O., 1969. Potassium nutrition of tomatoes. *J. Amer. Hort. Sci.* 94: 679-683.

Lowiher, W.L and J.F. Loneragan, 1968. Calcium and ncdulation in subterranean dover. (*Tffolium subterraneum* L). *Plant Physiol.*, 43:1362-1366.

M

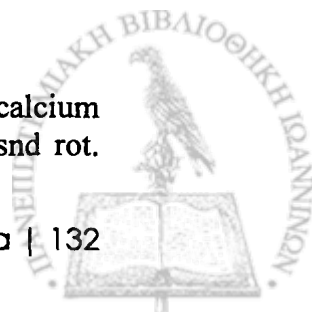
Maas, E.V., and GJ. Hoffman, 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. Drainage Div.*, ASCE 103 (IR2), 115-134.

Maloupa, E. *Hydroponic Systems*. Στο: Savvas D. and Passam H., *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*, 2002. pag.143.

Marme, D., 1983. Calcium transport and function. In: Lauchli, A. and R.L. Bielecki (Eds): *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series*, Vol. 15B, pp. 599-625. Springer Verlag, Berlin, New York

Marschner H (1995) *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2nd Edn), Academic Press, London, UK, 889 pp

Mason, G.F., Barham, W.S. and C.L McCombs, 1957. The effect of, calcium nutrition of tomatoes as related to the incidence and severity of blossom- and rot. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 69: 318-322.



Mason, G.F., Barham, W.S. and C.L. McCombs, 1957. The effect of calcium nutrition of tomatoes as related to the incidence and severity of blossom-end rot. *Proc. Soc. Hort. Sci.*, 69: 318-322.

Mavrogianopoulos, G., Savvas, D., Vogli, V. 2002. Influence of NaCl-salinity imposed on half of the root system of hydroponically grown tomato on growth, yield, and tissue mineral composition. *J. Hort. Sci. Biotechn.* 77, 557-564

Μαυρογιαννόπουλος Γ. 2006. Υδροπονικές εγκαταστάσεις, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.

Maynard DN, Barham WS, McCombs CL. 1957. The effect of calcium nutrition of tomatoes as related to the incidence and severity of blossom-end rot. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 69: 318–322.

Mills HA, Jones .Ir. J (1996) *Plant Analysis Handbook II*, MicroMacro Publishing Inc, Athens, GA, USA, 422 pp

Mitchell, J.P., Shennan, C, Grattan, S.R. and May, D.M., 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116: 215-221

Mix, G.P. and H. Marschner, 1976b. Einflup exogener und endogener Faktoren auf den Calciumgehalte von Paprika-und Bohnenfruchten, *Z. Pfianzenmaehr. Bodenkd.*, 139: 551-563.

Mizrahi, Y., 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiology* 69: 996-970.

Morard, P., 1996. Possible use of ion selective electrodes for nutrient solutions inrecirculated systems. In: *Proceedings, 9th International Congress on Soilless Culture. ISOSC, Wageningen, The Netherlands, 1996: p.p. 291-298. Paulitz, T. C., 1997*

Μπενάτος Θ.Γ. και Πιστόλης ΤΑ, 1994. Λίπανση της βιομηχανικής τομάτας. Αφιέρωμα Λίπανση-Θρέψη, Γεωργική Τεχνολογία 1:147-148

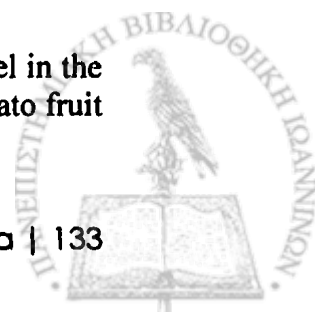
Mass E.V., 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agric.Res* 1:12-26

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25:239-250.

N

Navarro JM, Flores P, Carvajal M, Martinez V (2005) Changes in quality and yield of tomato fruit with ammonium, bicarbonate and calcium fertilisation under saline conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80, 351-357

Nukaya A, Goto K, Jang H, Kano A, Ohkawa K. 1995. Effect of NH₄-N level in the nutrient solution on the incidence of blossom-end rot and gold specks on tomato fruit grown in rockwool. *Acta Horticulturae* 401: 381–388.



O

Οικονομάκης, Κ. 1995. Ελαφρόπετρα και περλίτης. Η ελληνική πρόταση για την υδροπονία. Γεωργία - Κτηνοτροφία, 1/1995, σ.42-44.

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

Ολύμπιος, Χ., Δ. Σάββας, Α. Σάββας, Α. Γούμενου, Ι Καραπάνος, 2007. Επίδραση τριών επιπέδων αλατότητας στην ανάπτυξη, την παραγωγή και την ποιότητα του καρπού του υβριδίου τομάτας εμβολιασμένου σε τρία υποκείμενα. 23^ο Συνέδριο Ε.Ε.Ε.Ο. Χανιά, 23-26 Οκτωβρίου 2007. Πρακτικά συνεδρίου.

Olympios C.M 2008 Protected Cultivation in Greece 2nd Coordinating Meeting of the Regional FAO Working Group on Greenhouse Crop Production in the SEE Countries p:30

P

Paiva EAS, Martinez HEP, Casali VWD, Padilha L. 1998. Occurrence of blossom-end rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity. Journal of Plant Nutrition 21: 2663–2670.

Παναγιωτόπουλος, Λ.Ι., 1995α. Θρέψη και λίπανση της τομάτας. Αφιέρωμα ορθολογική λίπανση των καλλιεργειών, Γεωργία-Κτηνοτροφία 9: 241-248.

Παναγιωτόπουλος, Λ.Ι, 1995β. Τομάτα θερμοκηπίου. Αφιέρωμα Λίπανση-Θρέψη, Γεωργική τεχνολογία, 94-95.

Passam, H.C., Karapanos, I.e., Bebeli, P.J., Savvas, D., 2007. A review of recent research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. The European Journal of Plant Science and Biotechnology 1(1): 1-21.

Perez-Alfocea, R, Balibrea, M.E., Santa Cruz, A., Estah, M.T., 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. Plant Soil 180,251-257.

Pill WG, Lambeth VN, Hinckley TM. 1978. Effects of nitrogen form and level on ion concentrations, water stress, and blossom-end rot incidence in tomato. Journal of the American Society for Horticultural Science 103: 265–268.

Pill WG, Lambeth VN. 1980. Effect of soil water regime and nitrogen form on blossom-end rot, yield, water relations and elemental composition of tomato. Journal of the American Society for Horticultural Science 105: 730–734.

Πιστόλης, Α., 1994. Στοιχεία θρέψης των φυτών. Αφιέρωμα Λίπανση-Θρέψη, Γεωργική τεχνολογία 1: 66-74



R

Raab T.K. Terry N.(1994)Nitrogen –source regulation of growth and photosynthesis in beta bulgaris L. Plant Physiology 105 1159-1166.

Raleigh SM, Chucka JA. 1944. Effect of nutrient ratio and concentration on growth and composition of tomato plants and on the occurrence of blossom-end rot of the fruit. Plant Physiology 19: 671–678

Resh, H.M., 1997. Hydroponic Food Production (5th Edition). Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, California.

Rick C.M 1950 Pollination relations of *Lycopersicon esculentum* in native and foreign regions Evolution 4:110-122.

Romero-Aranda, R., Soria, T. and Cuartero, J., 2001. Tomato plants. Plant Sci., 160:265-272

Rubio L, Rosado A, Linares-Rue da A, Borsani O, Garcia-Sanchez MJ, Valpuesta V, Fernandez JA, Botella MA (2004) Regulation of K⁺ transport in tomato roots by the TSS1 locus. Implications in salt tolerance. Plant Physiology 134, 452-459

S

Sachs J 1859 Uber den Einfluss der chemischen und Physicalischen Beschaffenheit des Bodens auf die Transpiration der Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen. J. Plant Nutr., 1: 203 – 240

Sachs, J. 1861 Vegetationsversuche mit Ausschluss des Bodens , uber die Nahrstoffe und sonstigen Ernahrungsbedingungen von Mais, Bohnen und anderen Pflanzen. Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen. J. Plant Nutr., 3: 30 – 44

Saranga, Y., Samir, D., Marani, A. and Rudich, J., 1991. Breeding tomatoes for salt tolerance: field evaluation of *Lycopersicon* germplasm for yield and dry matter production. J. Amer. Soc. Hort.Sci., 116:1067-1071.

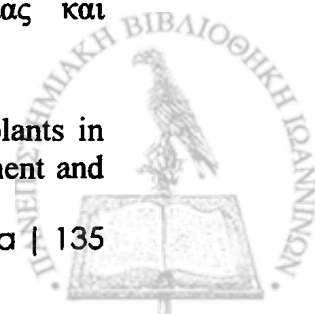
Saure MC. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)-a calcium- or a stress-related disorder. Scientia Horticulturae 90: 193–208.

Shenker, M., Plessner, O.E., Tel-Or, E., 2004. effects on tomato growth, chlorophyll superoxide dismutase activity. J. Plant Phys. 161:197-202.

Σάββας Δ., 1998. Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου

Σάββας Δ., 2000, Θρέψη Φυτών ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου

Sawas, D., 2001. Nutritional management of vegetables and ornamental plants in hydroponics. In: Dris, R., R. Niskanen and S.M. Jain (eds). Crop Management and



Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I: Quality Management. Science Publishers, Enfield, N.H., U.S.A, pp. 37-87.

Σάββας Δ 2003, Γενική Ανθοκομία,. ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου

Σάββας Δ 2005, Θρεπτικά Διαλύματα,. ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου

Sawas, D., 2001. Nutritional management of vegetables and ornamental plants in hydroponics. In: Dris, R., R. Niskanen and S.M. Jain (eds). Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I: Quality Management. Science Publishers, Enfield, N.H., U.S.A, pp. 37-87

Σάββας Δ 2007. Η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας στο θερμοκήπιο. Γεωργία και Κτηνοτροφία Αφιέρωμα: Τομάτα 10:42-54

Σάββας, 2007. Πρόσφατες εξελίξεις και διαφαινόμενες τάσεις στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες κηπευτικών. 23^ο Συνέδριο Ε.Ε.Ε.Ο. Χανιά, 23-26 Οκτωβρίου 2007. Πρακτικά συνεδρίου

Savvas D. and Adamidis K. 1999: Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH and nutrient concentration ratios. J. Plant Nutr. 22(9):1414-1432.

Savvas D. and Manos G. 1999: Automated composition control of nutrient solution in closed soilless culture systems. J. Agric. Eng. Res. 73 (29-33).

Savvas D., Manos G., Kotsiras A., and Souvaliotis, 2002. Effects of Silicon and Nutrient Uptake of Gerbera Grown in a Closed Hydroponic System.

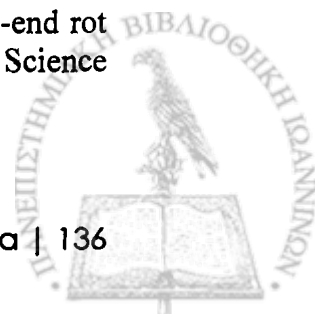
Savvas D., Meletiou G., Margariti S., Tsirogiannis I., and Kotsiras A., 2005. Modeling the Relationship between Water Uptake by Cucumber and NaCl Accumulation in a Closed Hydroponic System HortScience 40(3):802-807

Sharaf, A.R. and Hobson, G.E., 1986. Effect of salinity on and quality of normal and non-ripening mutant tomatoes. Hort, 190, 175-181

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. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 112(3): 416-423

Shannon, M.C. and C.M Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. Scientia Hort. 78:5-38.

Shaykewich CF, Yamaguchi M, Campbell JD. 1971. Nutrition and blossom-end rot of tomatoes as influenced by soil water regime. Canadian Journal of Plant Science 51: 505-511.



Shenker M, Plessner OE, Tel-Or E (2004) Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. *Journal of Plant Physiology* 161. 197-202

Siddiqi MY, Mafhotra B, Min X, Glass ADM (2002) Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponic tomato crop. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165, 191-197

Sonneveld, C., and G.W.H. Welles, 1984. Growing vegetables in substrates in the Netherlands. In: Proc. 6th Internat. Congr. Soilless Culture, Lunteren, 1984. ISOSC, Wageningen, The Netherlands: pp. 613-631.

Sonneveld, C., and G.W.H. Welles, 1988. Yield and quality of rock-wool-grown tomatoes as affected by variations in EC-value and climatic conditions. *Plant Soil* 111, 37-42.

Sonneveld, C., 1989. Rockwool as a substrate in protected cultivation. *Chronics Hort.*, 29: 33-36.

Sonneveld, C., and A.M.M. Van der Burg, 1991. Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Netherlands J.Agric. Sci.* 39,115-122.

Sonneveld, C., 2000. Effects of Salinity on Substrate Grown Vegetables and Ornamentals in Greenhouse Horticulture. Thesis. Wageningen University, The Netherlands, 151 pp.

Sonneveld C., Composition of Nutrient Solutions, Στο: Savvas D. and Passam H., Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals, 2002. pag.179.

Soria, T. and Cuartero, J., 1977. Tomato fruit yield consumption with salty irrigation water. *Acta Hort.* 458:215-219.

Steiner, A.A., 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*, 15:134-154.

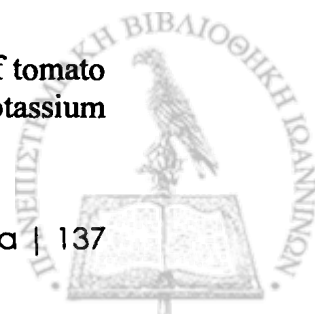
Steiner, A.A., 1966. The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant Soil*, 24:454-466.

Steiner, A.A., 1997. Foreword. In: Proc. 9th Internat. Congr. Soilless Culture, Jersey, 1996. ISOSC, Wageningen, The Netherlands: pp. 13-19.

T

Tachibana S. 1988. The influence of withholding oxygen supply to roots by day and night on the blossom-end rot of tomatoes in water culture. *Soilless Culture* 4: 41-50.

Taylor MD, Locascio SJ, Alligood MR (2004) Blossom-end rot incidence of tomato as affected by irrigation quantity, calcium source, and reduced potassium *HortScience* 39, 1110-1115



Τσαπικούνης, Φ., 1997. Θρέψη-Λίπανση των φυτών. Μέρος Α'. Λαχανικά-Βιομηχανικά φυτά, Φυτά μεγάλης καλλιέργειας. Εκδόσεις Σταμούλης. Αθήνα,

Τσικαλάς, Π.Ε. και Μανιός, Β.!, 1974. Λίπανση τομάτας υπό κάλυψη σε καλλιέργεια growth bags. Επίδραση στην παραγωγή. Γ. Έρευνα, 9: 279-289.

V

van der Boon J. 1973. Influence of K/Ca ratio and drought on physiological disorders in tomato. Netherlands Journal of Agricultural Science 21: 56-67.

Van leperen, W., 1996. Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato. J. Hort. Sci., 71: 99-111.

Van Os, E.A., 1982. Dutch developments in soilless culture. Outlook on Agriculture, 11:165-171.

Van Os, E.A., 1981. The stationery water growing system opens possibilities to alternative watering methods. Acta Hort. 126:281-286.

Verwer, F.L.J.A.W., 1976. Growing horticultural crops in rockwool and nutrient film. In: Proc. 4th Internat. Congr. Soilless Culture. IWOSC, Wageningen, The Netherlands: pp. 107-119.

Verwer, F.L.J.A.W., 1978. Research and results with horticultural crops in rockwool and nutrient film. ActaHort, 82:141-147.

W

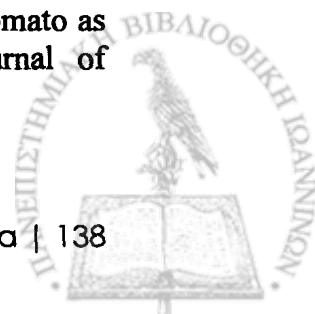
Walker DJ, Cerda A, Martinez V (2000) The effects of sodium chloride on ion transport in potassium-deficient tomato. Journal of Plant Physiology 157, 195-200

Wang YH, Garvin DF, Kochian LV (2002) Rapid induction of regulatory and transporter genes in response to phosphorus, potassium, and iron deficiencies in tomato roots. Evidence for cross talk and root/rhizosphere-mediated signals. Plant Physiology 130, 1361-1370

Ward GM. 1973. Causes of blossom-end rot of tomatoes based on tissue analysis. Canadian Journal of Plant Science 53: 169-174.

Wilcox GE, Hoff JE, Jones CM. 1973. Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom end rot of tomato fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 98: 86-89.

Willumsen J, Petersen KK, 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.



Wright, D.H. and Harris, N.D., 1985. Effect of nitrogen and potassium fertilization on tomato flavor. J. Agri. Food Chem. 33: 355-358.

X

Χαρτζουλάκης κ.. 2007 Η άρδευση της τομάτας στο θερμοκήπιο. Γεωργία και Κτηνοτροφία Αφιέρωμα: Τομάτα 10:24-28.

Χατζηευστρατίου Ε. 2007 Θρέψη και λίπανση τομάτας Γεωργία και Κτηνοτροφία Αφιέρωμα: Τομάτα 10:30-32.

Xu, H.L, Gauthier, L and Gosselin, A., 1994. Photosynthetic responses of greenhouse tomato plants to high solution electrical conductivity and low soil water content. J. Hort. Sci., 69:821-832.

