

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ
ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΪΝΤΑΝΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ NFT**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΧΟΝΔΡΑΚΗ ΣΟΦΙΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2009

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ
ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΪΝΤΑΝΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ NFT**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΧΟΝΔΡΑΚΗ ΣΟΦΙΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έπειτα από την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να πω ένα θερμό ευχαριστώ στον καθηγητή μου Δρ. Νίκο Τζωρτζάκη, εργαστήριο 'Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους' στο ΤΕΙ Κρήτης. Η βοήθειά του ήταν πολύτιμη, μου προσέφερε γνώσεις, με καθοδήγησε ορθά και ήταν παρόν με υπομονή και κατανόηση όχι μόνο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος αλλά και σε όλο το διάστημα μέχρι την ολοκλήρωση της εργασίας.

Θερμές ευχαριστίες στον διευθυντή του Ινστιτούτου Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών Χανίων (ΕΘΙΑΓΕ) Δρ. Χατζουλάκη Κώστα για την δυνατότητα πραγματοποίηση του πειράματος και αναλύσεων στις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου. Τέλος ευχαριστώ τον κ. Κώστα Τζεράκη, καθώς και την κ. Άρια Διγαλάκη, γεωπόνους του Ινστιτούτου Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών Χανίων (ΕΘΙΑΓΕ) για τη συμβολή τους στην πραγματοποίηση του πειράματος καθώς και για τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες της πτυχιακής μου εργασίας.

	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	Σελίδες
	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
	ABSTRACT	3
	<u>ΜΕΡΟΣ Α</u>	5
1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1	Ανάγκη χρήσης χαμηλής ποιότητας νερού	5
1.2	Προβλήματα αλατότητας	5
1.3	Επίδραση της αλατότητας στα φυτά	6
1.4	Επίδραση της αλατότητας στην αύξηση των φυτών	8
1.5	Επίδραση της αλατότητας στην χημική σύσταση των φυτών	8
1.6	Επίδραση αλατότητας στις φυσιολογικές παραμέτρους	9
1.7	Επίδραση στη μορφολογία και ανατομία των φύλλων	10
1.8	Μηχανισμοί αντοχής στην αλατότητα	10
1.9	Κατανομή των αλάτων στα φυτικά μέρη	11
1.10	Τρόποι αντιμετώπισης αλατότητας	11
2.1	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	14
2.1.1	Εισαγωγή στην υδροπονία	14
2.1.2	Υδροπονική καλλιέργεια ή καλλιέργεια εκτός εδάφους	15
2.1.3	Τύποι υδροπονικών συστημάτων	16
2.1.4	Ταξινόμηση εκτός εδάφους καλλιέργειες σε υποστρώματα με κριτήριο τα υλικά και την αρχιτεκτονική της κατασκευής τους	19
2.1.5	Περιγραφή υποστρωμάτων	23
2.1.5.1	Καλλιέργεια σε άμμο	23
2.1.5.2	Καλλιέργεια σε χαλίκι	24
2.1.5.3	Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα	24
2.1.5.4	Καλλιέργεια σε περλίτη	25
2.1.5.5	Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα	25
2.1.5.6	Καλλιέργεια σε τύρφη	26
2.1.5.7	Καλλιέργεια σε coco soil	27
2.1.6	Καλλιέργεια σε NFT	28
2.1.7	Θρεπτικά διαλύματα υδροπονικών καλλιιεργειών	29

2.2.	ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ	31
2.2.1	Σύνθεση των αιθέριων ελαίων	31
2.2.2	Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων	31
2.2.3	Ρόλος των αιθέριων ελαίων	32
2.2.4	Παραλαβή των αιθέριων ελαίων	32
2.2.5	Ανάλυση των αιθέριων ελαίων	33
2.2.6	Διατήρηση των αιθέριων ελαίων	34
3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΪΝΤΑΝΟΥ	35
3.1	Μυθολογία καταγωγή εξάπλωση	35
3.2	Βοτανική ταξινόμηση και περιγραφή	36
3.3	Απαιτήσεις σε κλίμα, έδαφος, θρεπτικά στοιχεία και νερό	39
3.4	Τρόπος πολλαπλασιασμού και εγκατάσταση της καλλιέργειας	40
3.5	Τρόπος καλλιέργειας	41
3.6	Καλλιεργητικές περιποιήσεις	42
3.7	Συγκομιδή και απόδοση	43
3.8	Χρήση του παραγομένου προϊόντος	43
3.9	Ασθένειες, εχθροί, προβλήματα	43
3.10	Ο ριζώδης μαϊντανός στην Ελλάδα	44
3.11	Πρόσφατες ερευνητικές μελέτες	45
	<u>ΜΕΡΟΣ Β</u>	48
	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΙΝΤΑΝΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ NFT	48
4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	48
4.1	Τόπος και χρόνος διεξαγωγής του πειράματος	48
4.2	Προετοιμασία και τοποθέτηση σποροφύτων μαϊντανού	48
4.3	Προετοιμασία NFT	49
4.4	Πειραματικό σχέδιο	52
4.5	Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος και νιτρικού ασβεστίου	54
4.6	Καλλιεργητικές φροντίδες	55
4.7	Μετρήσεις και προσδιορισμοί	56
4.7.1	Μέτρηση του αριθμού των φύλλων	56
4.7.2	Μέτρηση του ύψος του φυτού	56
4.7.3	Μέτρηση νωπού βάρους και ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους	56
4.7.4	Μέτρηση του νωπό βάρους και ξηρού βάρους του υπόγειου μέρους-ριζικό σύστημα	57
4.7.5	Μέτρηση του μήκους ρίζας και της αναλογίας φύλλων/ρίζας	57
4.7.6	Μέτρηση pH και EC και απορρόφηση θρεπτικού διαλύματος	57
4.7.7	Κατανάλωση θρεπτικών στοιχείων	58

4.7.8	Προσδιορισμός θρεπτικών στοιχείων σε φύλλα και ρίζα	61
4.7.9	Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες	63
4.7.10	Προσδιορισμός χλωροφύλλης a, χλωροφύλλης b και καροτενοειδών	64
4.7.11	Μακροσκοπική αξιολόγηση εμφάνισης μαϊντανού	65
4.7.12	Παραλαβή και ποσοτικός προσδιορισμός αιθέριου ελαίου	67
4.8	Αποτελέσματα	69
4.8.1	Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην αύξηση/ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας μαϊντανού	69
4.8.2	Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην εμφάνιση φυτών μαϊντανού σε υδροπονική καλλιέργεια NFT	80
4.8.3	Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων και νερού σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού	81
4.8.4	Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην στοιχειομετρική κατάσταση των φύλλων και των ριζών σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού	88
4.8.5	Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην παραγωγή αιθέριων ελαίων σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού	94
4.9	Συζήτηση-Συμπεράσματα	95
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98
	<u>ΜΕΡΟΣ Γ</u>	102
6	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	102
6.1	Παράρτημα Α	102
6.1.1	Προσδιορισμός θρεπτικών στοιχείων	102
6.1.2	Προσδιορισμός Κ	102
6.1.3	Προσδιορισμός Na	104
6.1.4	Προσδιορισμός Ca	106
6.1.5	Προσδιορισμός P	107
6.1.6	Προσδιορισμός NO ₃	109
6.2	Παράρτημα Β	110
6.2.1	Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες	110

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει η χώρα μας, σε ολοένα αυξανόμενη έκταση είναι η δευτερογενής αλάτωση και αλκαλίωση των εδαφών, λόγω της κακής αποστράγγισης και της κακής ή μέτριας ποιότητας του νερού (υποβαθμισμένο νερό) άρδευσης. Στην συγκεκριμένη εργασία, μελετήθηκε η επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην ανάπτυξη και την ποιότητα υδροπονικής καλλιέργειας μαϊντανού σε συνδυασμό ή όχι με διαφυλλικό ψεκασμό ασβεστίου.

Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε κανάλια NFT (3 επίπεδα αλατότητας x 2 συγκεντρώσεις ασβεστίου x 3 επαναλήψεις) σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Πραγματοποιήθηκαν εβδομαδιαίες μετρήσεις ως προς την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων (K, Na, Ca, NO₃, P) και την κατανάλωση νερού. Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν 2 δειγματοληψίες, μια στα μέσα της καλλιέργειας (ενδιάμεση) και μια με την λήξη της καλλιέργειας (τελική). Σε κάθε δειγματοληψία προσδιορίστηκαν ο αριθμός φύλλων, το ύψος του φυτού, το νωπό και ξηρό υπέργειο και υπόγειο βάρος, το μήκος της ρίζας και η αναλογία φύλλων/ρίζας, μακροσκοπική αξιολόγηση εμφάνισης των φυτών (κλίμακα 1-5), η περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλης a (Chla) και b (Chlb) και ολικών καροτενοειδών (Carotenoids), καθώς και η ποσότητα αιθέριου ελαίου που παράχθηκε από τα φυτά μαϊντανού. Επιπλέον προσδιορίστηκαν η στοιχειομετρική (K, Na, Ca, P) ανάλυση σε φύλλα και σε ρίζα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι η αλατότητα επηρέασε την ανάπτυξη των φυτών του μαϊντανού. Η υψηλή αλατότητα (90mM NaCl) μείωσε έως και 50% τον αριθμό των φύλλων και το νωπό υπέργειο βάρος. Ο εμπλουτισμός ασβεστίου στην υψηλή αλατότητα αύξησε το ύψος του φυτού πράγμα που σημαίνει το ασβέστιο επέδρασε θετικά και ανταγωνιζόταν την αρνητική δράση της αλατότητας. Το ίδιο συνέβη και στο νωπό βάρος της ρίζας. Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες παρατηρήθηκε μείωση κατά την μεταχείριση της χαμηλής αλατότητας. Σχετικά με την περιεκτικότητα σε Chla και Chlb μειώθηκαν στη μεταχείριση της αυξημένης αλατότητας σε συνδυασμό με το ασβέστιο. Δεν ισχύει το ίδιο για την περιεκτικότητα των ολικών καροτενοειδών, στα οποία η αλατότητα προκάλεσε την

αύξηση τους. Σημειώθηκε σταδιακή συσσώρευση αλάτων, κυρίως Na, με άμεσο αποτέλεσμα την σταδιακή αύξηση της EC κατά την διάρκεια της καλλιέργειας, με εντονότερα στοιχεία στην αυξημένη αλατότητα. Όσον αφορά την στοιχειομετρική ανάλυση στα φύλλα και στις ρίζες παρατηρήθηκε μείωση της περιεκτικότητας σε K και P. Επιπλέον η προσθήκη ασβεστίου και καθώς και η υψηλή αλατότητα αύξησαν την περιεκτικότητα σε Ca και Na στα φύλλα και στις ρίζες.

Καθότι η αλατότητα ως παράγοντας καταπόνησης παρουσιάζεται σε εκτεταμένες περιοχές του πλανήτη μας θα μπορούσαμε να μειώσουμε τις αρνητικές της επιδράσεις. Ένας τρόπος για την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της αλατότητας είναι η επιλογή ανθεκτικών πληθυσμών στην αλατότητα, η χρήση διαφυλλικού ψεκασμού θρεπτικών στοιχείων ή ο εμπλουτισμός θρεπτικών στοιχείων στο χώμα ή σε υδροπονική καλλιέργεια, για την αύξηση αντοχής των φυτών στην αλατότητα και την ελάττωση των ιόντων Na^+ και Cl^- που προκαλούν ζημιές στα φυτά όπως έχει ήδη βρεθεί σε διάφορες καλλιέργειες (μαρούλι, όσπρια, τομάτα κτλ).

ABSTRACT

An important problem that rises up in Greece as well as in other Mediterranean countries is the continuously increasing secondary salinization and alkalization of soil, because the low soil drainage as well as low quality water for irrigation. In the present work, it was studied the effect of salinity (0, 30 and 90 mM NaCl) in the growth and the quality of hydroponically grown parsley with or without calcium foliar spraying.

The plants were grown in NFT channels (3 levels of salinity x 2 Ca concentrations x 3 replications) in a closed hydroponic system. During the experimental study it was measured weekly the nutrient uptake (K, Na, Ca, NO₃, P) as well as water uptake. Moreover 2 samplings conducted the first in the middle of culture (intermediate) and the second with the complete of the culture (final). In each sampling, it was determined leaf number, plant height, fresh and dry weight of upper and root biomass, root length and leaf/root ratio, evaluation of plant appearance (scale 1-5), the content in total phenols, the content in chlorophyll a (Chla) and b (Chlb) and total carotenoids, as well as the essential oil yield produced by parsley plants. Moreover, it was determined the elemental concentration of K, Na, Ca and P for leaves and root.

According to the results, salinity affected plant growth of parsley. High level of salinity (90 mM NaCl) decreased up to 50% the number of leaves and the fresh weight (upper and root). Calcium enrichment in high salinity treatment increased plant height which means that calcium induced positively resistance against the negative impacts of salinity. The same results took place for root fresh weight. Regarding total phenols content it was observed reduction for low salinity treatment. Chlorophyll level (a and b) was decreased in the treatment of high salinity enriched with calcium. However, the reverse phenomenon took place for carotenoids content, thus salinity increased carotenoids content. During plant growth, it was marked gradual accumulation of salts, mainly of the Na, with direct impact of EC increment. This effect was more intensive in high level of salinity treatment. Regarding the elemental analysis in

leaves and in roots, it was observed reduction in K content and P content. The Ca enrichment as well as high salinity increased Ca content in leaves and roots.

Salinity is a stress factor which is presented in extensive regions of our planet while the negative effects of salinity may be regulated. One way is the use of resistance cultivars to salinity, the nutrient foliar spraying or enrichment of nutrients in the soil or in hydroponics, for the increase resistance of plants in the salinity and the alleviation of ions Na^+ and Cl^- that causes damage in the plants as already it has been found in various cultures (lettuce, legumes, tomato etc).

Μέρος Α

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ανάγκη χρήσης χαμηλής ποιότητας νερού

Η μείωση στη διαθεσιμότητα καλής ποιότητας νερού (πόσιμο νερό) για τις αρδευτικές ανάγκες καλλιεργειών και γενικότερα στην γεωργία λόγω της αυξανόμενης απαίτησης από τις αστικές περιοχές στη λεκάνη της Μεσογείου, σε συνδυασμό με την τουριστική αιχμή των περιοχών αυτών, θα οδηγήσει πιθανώς σε εντατική χρήση του χαμηλής ποιότητας νερού για να υποστηρίξει την αυξανόμενη ζήτηση για την άρδευση. Η χρήση του χαμηλής ποιότητας νερού προκαλεί την αύξηση στην εδαφολογική αλατότητα η οποία μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα στην αύξηση και την παραγωγή των συγκομιδών.

Οι εξελίξεις στην γενετική αναπαραγωγή και επιλογή ειδών, η ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων (κυρίως έδαφος και νερό), οι βελτιωμένες τεχνολογίες στην άρδευση ενισχύουν και διευκολύνουν την χρήση και αξιοποίηση του χαμηλής ποιότητας ύδατος για την άρδευση καλλιεργειών με την ελάχιστη δυσμενή επίδραση στην εδαφική γονιμότητα και παραγωγικότητα (Chartzoulakis and Klapaki, 2000).

1.2 Προβλήματα αλατότητας

Ο όρος αλατότητα αναφέρεται στην ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων κατά κανόνα Na και Cl, κυρίως στο περιβάλλον της ρίζας. Αν και το νερό στην περιοχή της ρίζας μπορεί να βρίσκεται σε αφθονία, η υψηλή συγκέντρωση ιόντων στο εδαφικό διάλυμα έχει σαν αποτέλεσμα το νερό αυτό να μην είναι διαθέσιμο στο φυτό εξαιτίας του χαμηλού υδατικού δυναμικού.

Η αλατότητα, ως παράγοντας καταπόνησης παρουσιάζεται σε εκτεταμένες περιοχές του πλανήτη. Συχνά τα προβλήματα από τα αλατούχα εδάφη είναι εντονότερα σε

περιοχές με ημίξηρο και ξηρό κλίμα όπου η εξατμισοδιαπνοή είναι μεγάλη αλλά η περιορισμένη βροχόπτωση δεν επαρκεί για την έκλυση του εδάφους.

Υπάρχει ένα μεγάλο εύρος πηγών που μπορούν και προκαλούν αύξηση της αλατότητας στο εδαφικό διάλυμα. Τα άλατα που συγκεντρώνονται στο έδαφος μπορεί να προέλθουν από τα πετρώματα και τα ορυκτά, από αλμυρές λίμνες, την άρδευση με νερό κακής ποιότητας την υψηλή υπεδάφια στάθμη, την κακή αποστράγγιση του εδάφους και την μικρή βροχόπτωση, την τοπογραφία, την ύπαρξη αδιαπέραστων στρωμάτων στο έδαφος, την υψηλή εξατμισοδιαπνοή και την ανοδική κίνηση του νερού.

Η συσσώρευση υδατοδιαλυτών αλάτων στα εδάφη συνιστά ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα τους. Οι αρνητικές επιδράσεις των διαλυτών αλάτων αφορούν τη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των φυτών και οφείλονται είτε στην αδυναμία των φυτών να προσροφήσουν νερό από το έδαφος, εξαιτίας της αυξημένης οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος, είτε στη υποβάθμιση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους που προκαλείται από την παρουσία ανταλλάξιμου νατρίου σε υψηλά επίπεδα, είτε τέλος στις υψηλές τιμές pH. Εξαιτίας των αρνητικών επιδράσεων στην ανάπτυξη των φυτών τα εδάφη αυτά, μαζί με τα ισχυρώς όξινα και τα ασβεστούχα, χαρακτηρίζονται σαν προβληματικά.

1.3 Επίδραση της αλατότητας στα φυτά

Οι περιοριστικοί παράγοντες της αύξησης των φυτών που παρατηρούνται σε συνθήκες αλατότητας είναι τρεις, η έλλειψη νερού, η τοξικότητα των ιόντων, και η ανισορροπία των ιόντων. Συνήθως συνυπάρχουν και είναι δύσκολο να διαχωριστεί ο τρόπος δράσης του καθενός. Οι συγκεντρώσεις και η σύνθεση των αλάτων, η διάρκεια της έκθεσης, το φυτικό είδος ή ποικιλία το υποκείμενο, το στάδιο ανάπτυξης και οι περιβαλλοντολογικές συνθήκες παίζουν ρόλο στην ανθεκτικότητα των φυτών.

α) Έλλειψη νερού: Δημιουργείται από το χαμηλότερο υδατικό δυναμικό που έχει το εξωτερικό διάλυμα σε σχέση με την ρίζα. Το νερό παίζει σπουδαίο ρόλο στις φυσιολογικές λειτουργίες και στην επιβίωση των φυτών, αφού χρησιμοποιείται ως διαλύτης στις βιοχημικές αντιδράσεις. Στην φωτοσύνθεση ως μέσο για τη

σταθεροποίηση και λειτουργία των βιολογικών μεμβρανών και ενζύμων και ως μέσο μεταφοράς ιόντων και προϊόντων μεταβολισμού. Επίσης συντελεί στη διατήρηση της σπαργής των κυττάρων. Στα ανώτερα φυτά το νερό απορροφάται με τις ρίζες από το έδαφος και μεταφέρεται μέσω του βλαστού στα φύλλα ως αποτέλεσμα της διαφοράς υδατικού δυναμικού, ριζικής πίεσης και διαπνοής. Η υδατική κατάσταση του φυτού σε μια δεδομένη στιγμή εξαρτάται από το ισοζύγιο απορρόφησης νερού και διαπνοής.

Όταν ο ρυθμός απώλειας νερού με την διαπνοή είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό απορρόφησης από τις ρίζες, λόγω μειωμένης διαθεσιμότητας στο έδαφος, το υδατικό δυναμικό των φύλλων θα μειωθεί. Ως αποτέλεσμα, ο εφοδιασμός του φυτού με νερό και θρεπτικά στοιχεία μειώνεται και εφόσον το υδατικό έλλειμμα συνεχιστεί, τα φυτά θα ξεραθούν, εάν δεν διαθέτουν μηχανισμούς προσαρμογής. Η μειωμένη διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη νερού ή στην αδυναμία πρόσληψης νερού λόγω αλατότητας, και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζεται μια κοινή μορφή υδατικής καταπόνησης (οσμωτική καταπόνηση).

β). Τοξικότητα ιόντων: Το Cl είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για όλα τα φυτά ενώ το Na έχει ρόλο στην θρέψη των αλλόφυτων και των C₄ φυτών. Όμως οι συγκεντρώσεις τους σε αλατούχα διαλύματα είναι πολύ υψηλές, με συνέπεια να δρουν τοξικά. Πολλά είδη αντιμετωπίζουν την τοξικότητα Na με απελευθέρωση του στο περιβάλλον με την βοήθεια αδένων. Ωστόσο, κάτω από συνθήκες κακού αερισμού του εδάφους λαμβάνει χώρα μαζική μεταφορά Na και Cl στα φύλλα και τους βλαστούς που οδηγεί σε τοξικότητα.

Η τοξική δράση οφείλεται πιθανόν στην αναστολή των ενζυμικών αντιδράσεων καθώς και στην ελλιπή διαμερισματοποίηση μεταξύ κυτοπλάσματος και χυμοτοπίου. Ακόμη η συγκέντρωση των αλάτων στον αποπλάστη πιθανόν να οδηγεί σε αφυδάτωση, μείωση της σπαργής και θάνατο των κυττάρων και ιστών (Δραγασάκη, 2008).

γ) Αλληλεπιδράσεις ιόντων: Τα αλατούχα διαλύματα χαρακτηρίζονται από χαμηλές ενεργότητες θρεπτικών ιόντων και από υπερβολικά υψηλούς λόγους Na/Ca, Na/K, Ca/Mg και Cl/NO₃. Όταν τα φυτά εκτεθούν σε συνθήκες αλατότητας, παρατηρούνται ανισορροπίες θρεπτικών στοιχείων. Οι ανισορροπίες αυτές διαφέρουν σε ένταση

ανάμεσα στα διάφορα καλλιεργούμενα είδη όσο και στις ποικιλίες του ίδιου είδους. Συνήθως είναι οι ελλείψεις N, P, K, Ca, Mg, αλλά και η τοξικότητα P.

1.4 Επίδραση της αλατότητας στην αύξηση των φυτών

Η πρώτη αντίδραση των φυτών στην αλατότητα είναι η μείωση της αύξησής τους. Η μείωση αυτή που εμφανίζεται πριν την εκδήλωση συμπτωμάτων τοξικότητας οφείλεται αρχικά στην μείωση του υδατικού δυναμικού και αργότερα στη συσσώρευση τοξικών ιόντων.

Ο ρυθμός εμφάνισης φύλλων καθώς και η κυτταροδιαίρεση μειώνονται όταν παρατηρείται παρατεταμένη έλλειψη νερού. Επίσης παρατηρείται μείωση της φυλλικής επιφάνειας λόγω πρόωρης γήρανσης των φύλλων που οφείλεται στη μη αντιστρεπτή αναστολή της φωτοσύνθεσης. Συνέπεια των προβλημάτων των φύλλων είναι και η μείωση της αύξησής των βλαστών.

1.5 Επίδραση της αλατότητας στην χημική σύσταση των φυτών

Η διαθεσιμότητα ενός ιόντος και η απορρόφηση του από τα φυτά εξαρτάται από την ενεργότητα του ιόντος στο διάλυμα που είναι συνάρτηση του pH και της συγκέντρωσης του και τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες (Lauchli and Epstein, 1990).

Η αλατότητα επηρεάζει την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων με τους εξής τρόπους. Μειώνεται η ενεργότητα των ιόντων του υποστρώματος. Οι αλληλεπιδράσεις ιόντων στο υπόστρωμα δρουν ανταγωνιστικά και μειώνουν την απορρόφηση και μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά. Επίσης μεταβάλλονται η επιλεκτικότητα και η διαπερατότητα των μεμβρανών.

Έχει διαπιστωθεί ότι, σε φυτά που αναπτύσσονται σε υψηλή συγκέντρωση Na, το Na ανταγωνίζεται το Ca με αποτέλεσμα την πιθανή έλλειψη του τελευταίου στο φυτό. Σε αυτές τις περιπτώσεις παρατηρείται μείωση της αύξησής στο μήκος της ρίζας και αύξηση του διαμέτρου της. Σε υψηλές συγκεντρώσεις Na στο εξωτερικό διάλυμα το Na μπορεί να αντικαταστήσει το Ca στις θέσεις πρόσδεσης του τελευταίου στο

πλασμόλυμα των κυττάρων της ρίζας ή σε μεμβράνες οργανιδίων, αλλάζοντας την αρχιτεκτονική των κυττάρων και το ρόλο του Ca σαν δευτερογενές αγγελιοφόρο.

Το Ca ανταγωνίζεται ισχυρά το Mg για τις θέσεις πρόσδεσης στο πλασμόλυμα των ριζών. Για αυτό το λόγο υψηλές συγκεντρώσεις Ca στο θρεπτικό διάλυμα συνήθως έχουν σαν αποτέλεσμα την έλλειψη Mg στα φύλλα.

Όσον αφορά το Cl σε συνθήκες αλατότητας οι συγκεντρώσεις του στο εδαφικό διάλυμα ξεπερνούν κατά πολύ τις ανάγκες των φυτών και οδηγούν σε τοξικότητα. Χαρακτηριστικά συμπτώματα της τοξικότητας Cl είναι η μείωση της αύξησης, χαρακτηριστικές χλωρώσεις στην περιφέρεια του ελάσματος καθώς και οι νεκρώσεις στα παλαιότερα φύλλα.

1.6 Επίδραση αλατότητας στις φυσιολογικές παραμέτρους

α) Αγωγιμότητα στομάτων: Η μείωση της στοματικής αγωγιμότητας των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αλατότητας οφείλεται τόσο στην οσμωτική επίδραση όσο και στην τοξική επίδραση του Na. Γενικά είναι παραδεκτό ότι στα περισσότερα φυτά η αγωγιμότητα των στομάτων δεν επηρεάζεται από τη μείωση του υδατικού δυναμικού των φύλλων μέχρι μιας οριακής τιμής πέρας της οποίας η αγωγιμότητα των στομάτων μειώνεται γρήγορα.

β) Φωτοσύνθεση και διαπνοή: Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των γλυκοφύτων όχι των αλλόφυτων μειώνεται με την αύξηση της αλατότητας και αποδίδεται σε παράγοντες μη σχετικούς με τα στόματα αλλά και στη μείωση της αγωγιμότητας των στομάτων. Φαίνεται όμως ότι η επίδραση της αλατότητας στη φωτοσύνθεση οφείλεται κυρίως στην τοξικότητα των ιόντων και όχι στην έλλειψη νερού μέχρις ενός ορίου, αφού μεγαλύτερη μείωση της συγκέντρωσης CO₂ στους μεσοκυττάρους χώρους παρατηρήθηκε με συνθήκες αλατότητας παρά σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, παρόλο που το υδατικό δυναμικό των φύλλων ήταν ακριβώς το ίδιο.

Η φωτοσύνθεση και η διαπνοή έχουν διαφορετική εξάρτηση από τη στοματική αγωγιμότητα. Κάτω από σταθερή διαφορά δυναμικού μεταξύ φύλλου- ατμόσφαιρας, η διαπνοή παρουσιάζει γραμμική μεταβολή με τη στοματική αγωγιμότητα, ενώ η

φωτοσύνθεση παρουσιάζει σχέση υπερβολής. Δηλαδή υπό ευνοϊκές συνθήκες φωτισμού, υγρασίας και ήπιας υδατικής καταπόνησης, η στοματική αγωγιμότητα μπορεί να είναι πολύ μεγάλη και να προκαλέσει μερικό κλείσιμο των στομάτων, μείωση αρχικά της διαπνοής, και μικρή επίδραση στη φωτοσύνθεση. Σε συνθήκες χαμηλότερης υγρασίας ή αυξημένης έλλειψης νερού, η στοματική αγωγιμότητα θα είναι μικρότερη, και το κλείσιμο των στομάτων από αυτό το σημείο και μετά θα μειώσει το ίδιο τη διαπνοή και τη φωτοσύνθεση.

1.7 Επίδραση στη μορφολογία και ανατομία των φύλλων

Τα φύλλα των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αλατότητας είναι συνήθως παχύτερα, και περισσότερο υδαρή. Αυτή η υδαρότητα αποδίδεται στην οσμωρύθμιση των φυτών, καθώς αυξάνει την εσωτερική επιφάνεια στην οποία γίνεται διάχυση CO₂ σε σχέση με την επιφάνεια του φύλλου, και μειώνει την εσωτερική αντίσταση του φύλλου στην απορρόφηση CO₂. Η αλατότητα, σε ψηλά επίπεδα, καταστρέφει τις μεμβράνες των κυττάρων και προκαλεί κατάρρευση των κυτταρικών τοιχωμάτων, καταστροφή των χλωροπλαστών και των πυρήνων.

1.8 Μηχανισμοί αντοχής στην αλατότητα

Υπάρχουν δύο κατηγορίες μηχανισμών αντοχής στην αλατότητα

α) Ο αποκλεισμός των αλάτων (salt exclusion). Τα φυτά πρέπει να αναπτύξουν ταυτόχρονα μηχανισμούς αποφυγής της έλλειψης νερού.

β) Απορρόφηση και συγκέντρωση τους στο φυτό (salt inclusion). Τα φυτά πρέπει να είναι ανθεκτικά στις υψηλές συγκεντρώσεις Na και Cl ή να αναπτύξουν μηχανισμούς διαμερισματοποίησης των αλάτων.

Στα αλόφυτα της οικογένειας Chenopodiaceae η αντοχή στην αλατότητα επιτυγχάνεται με συγκέντρωση των αλάτων στα χυμοτόπια των κυττάρων. Παρατηρείται σε αυτά ευχυμία αύξηση δηλαδή του όγκου τους και του περιεχομένου σε νερό, διατήρηση της σπαραγγής και υποκατάσταση σε ορισμένες του K από το Na.

Στα γλυκόφυτα, κατηγορία στην οποία ανήκουν τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά, ο αποκλεισμός των αλάτων είναι βασικός μηχανισμός προστασίας από την

αλατότητα. Ο όρος είναι σχετικός και χρησιμοποιείται για να δείξει την μειωμένη απορρόφηση και μεταφορά αλάτων από την ρίζα προς τα φύλλα κυρίως της κορυφής και προς το ακραίο μερίστωμα.

Διαφορές στην αντοχή στα άλατα παρατηρούνται τόσο μεταξύ των διαφόρων ειδών όσο και μεταξύ ποικιλιών κάθε είδους. Επίσης ανατομικές διαφορές όπως παχύτερες λωρίδες caspary ή ο σχηματισμός δεύτερης ενδοδερμίδας έχουν παρατηρηθεί σε ορισμένα αλόφυτα και βοηθούν στον περιορισμό της εισόδου αλάτων με διάχυση από τη ρίζα.

1.9 Κατανομή των αλάτων στα φυτικά μέρη

Τα είδη των φυτών που συγκεντρώνουν άλατα στο εσωτερικό τους πρέπει να τα αποθηκεύουν σε τέτοια τμήματα ώστε να μην παρατηρούνται αρνητικές συνέπειες στον μεταβολισμό τους. Σε ανθεκτικά στην αλατότητα γλυκόφυτα παρατηρείται αποθήκευση τοξικών ιόντων στα γηραιότερα φύλλα και αποφυγή της μετακίνησης τους προς τα νεότερα φύλλα και τα ακραία μεριστώματα. Σε κυτταρικό επίπεδο παρατηρείται μετακίνηση και αποθήκευση των αλάτων στο χυμοτόπιο ή σε ορισμένα φυτά στην επιδερμίδα ή ακόμα και απέκκριση τους με την βοήθεια αδένων.

1.10 Τρόποι αντιμετώπισης αλατότητας

Ένας τρόπος για την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της αλατότητας είναι η χρήση διαφυλλικού ψεκασμού θρεπτικών στοιχείων, ή εμπλουτισμός θρεπτικών στοιχείων στο χώμα ή σε υδροπονική καλλιέργεια, για την αύξηση αντοχής των φυτών στην αλατότητα και την ελάττωση των ιόντων Na^+ και Cl^- που προκαλούν ζημιές στα φυτά (Pardossi et al., 1999a; Tzortzakis, 2009a,b). Μελέτες έδειξαν ότι η εφαρμογή των θρεπτικών ουσιών διαφυλλικά μείωσε τα επιβλαβή αποτελέσματα της αλατότητας και διόρθωσε τη θρεπτική αξία προκαλώντας αυξήσεις στην ανοχή της αλατότητας σε δημητριακά, όσπρια και φυτά τομάτας (El Fouly et al., 2002).

Μια εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της αλατότητας είναι να επιλεγθούν τα είδη φυτών που έχουν υψηλή ανθεκτικότητα σε NaCl , να είναι εδώδιμα από τον άνθρωπο και να έχουν υψηλή παραγωγικότητα και θρεπτική αξία.

Στην υδροπονική καλλιέργεια, η συσσώρευση αλάτων (π.χ. Na^+ , Cl^-) στο ανακυκλωμένο θρεπτικό διάλυμα στο νερό άρδευσης είναι ένα πρόβλημα και μπορεί να οδηγήσει στην ανεπαρκή απορρόφηση αυτών των αλάτων από τα φυτά. Προηγούμενες μελέτες ανέφεραν ότι τα επίπεδα αλατότητας πάνω από 2,0 και 2,6 dS m^{-1} μείωσαν αντίστοιχα την παραγωγή μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) και την ανάπτυξη των φυτών αλλά η ξηρά ουσία των φύλλων μαρουλιού αυξήθηκε κατά 24% όταν η αλατότητα αυξήθηκε σε 2,8 dS m^{-1} . Ο αριθμός φύλλων των μαρουλιών δεν επηρεάστηκε από τα επίπεδα αλατότητας (Andriolo et al., 2005).

Επιπλέον η χρήση 1% NaCl στο αντίδι (*Cichorium endivia* L.) και στο μάραθο (*Foeniculum vulgare* L.) μείωσε την εμπορεύσιμη παραγωγή κατά 60% περίπου, ενώ η παραγωγή μαρουλιού μειώθηκε κατά 15% (το μαρούλι και το αντίδι εμφανίζονται να είναι πιο ευαίσθητα σε εγκαύματα στην άκρη των φύλλων και στα νεκρωτικά συμπτώματα που εμφανίζονται στη συγκομιδή). Αυτά τα συμπτώματα μπορούν να αποδοθούν στη χαμηλή προσρόφηση ασβεστίου, στην μειωμένη μεταφορά ασβεστίου μέσω του ξηλώματος αλλά και στην διαταραχή της κατανομής των κατιόντων στον φυτικό ιστό σε υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου (Sonneveld, 1988).

Ο εμπλουτισμός της θρέψης των φυτών με κάλιο και νιτρικά άλατα είναι μια αποδοτική μέθοδος όπου εμποδίζει την εμφάνιση καταπόνησης (stress) που προκαλείται από τα ιόντα Na και Cl σε πολλές καλλιέργειες. Στην τομάτα (*Lycopersicon esculentum* L.), στο μαρούλι (*Lactuca sativa* L.), στο κινέζικο λάχανο (*Brassica rapa* L. var. *Chinensis*), το γλυκό καλαμπόκι (*Zea mays* L. var. *Rugosa* Bonaf.) και το γκρέϊπφρουτ (*Citrus x paradise* Mact.) η εφαρμογή Multi-K (νιτρικό κάλιο) ήταν μια αποδοτική μέθοδος ενάντια στην καταπόνηση που προκαλεί η αλατότητα, βελτιώνοντας την παραγωγή (Achilea, 2002). Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι το K μειώνει τα επιβλαβή αποτελέσματα λόγω της συγκέντρωσης Na σε συνθήκες αλατότητας. Το κάλιο έχει επίσης εξαιρετικά σημαντικό και μοναδικό ρόλο στην ενεργοποίηση των ενζυμικών συστημάτων (Evans and Sorger, 1966).

Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η επίδραση χαμηλής αλατότητας (40mM NaCl) δεν επέφερε αλλαγές στην ανάπτυξη της ρίζας ενώ η αλατότητα γενικότερα (40mM NaCl

και 120mM NaCl) μείωσε την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος σε φυτά μαρουλιού και το συνολικό βάρος του. Επιπλέον μείωση σημειώθηκε στην στοματική αγωγιμότητα των φύλλων που μπορεί να προκαλέσει μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων μαρουλιού (Tzortzakis, 2009b). Ο εμπλουτισμός K αλλά και ο διαφυλικός ψεκασμός με Ca μείωσε τις αρνητικές επιδράσεις της αλατότητας, βελτιώνοντας μερικώς την παραγωγή και προφυλάσσοντας την καλλιέργεια μαρουλιού (ποικ. Paris Island) από σήψη κορυφής (κυρίως το Ca έπαιξε ουσιαστικότερο ρόλο σε αυτό, παρά το K). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε άλλα φυλλώδη φυτά (αντίδι, σέλινο) ή/και ποικιλίες μαρουλιού (ποικ. Beta).

Σε μερικές περιοχές, το διαθέσιμο νερό για την άρδευση έχει ένα υψηλό περιεχόμενο άλατος (El-Fouly et al., 2002). Ένας αποδοτικός και εναλλακτικός τρόπος να υπερνικηθούν τα προβλήματα αλατότητας είναι με την εισαγωγή ανθεκτικότητας άλατος στις συγκομιδές. Η αντοχή ή η ευαισθησία στην αλατότητα, μπορεί να διαφέρει σύμφωνα με το φυτικό είδος, το μέσο (π.χ υπόστρωμα) ανάπτυξης, και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (Botia et al., 1998). Η έκθεση στην αλατότητα έχει επιπτώσεις στο νερό και τις διαδικασίες ιοντικής μεταφοράς στα φυτά, οι οποίες μπορούν να αλλάξουν τη θρεπτική θέση και την ιοντική ισορροπία, καθώς επίσης και πολλές φυσιολογικές διαδικασίες. Έρευνες έδειξαν ότι οι λαχανοκομικές καλλιέργειες του θερμοκηπίου συμπεριλαμβάνοντας και τις υδροπονικές καλλιέργειες, μπορεί να έχουν μεγάλη ανοχή στην αλατότητα αλλά υπάρχουν ακόμη διχογνωμίες.

Συμπερασματικά βλέπουμε ότι μετά από κατάλληλους χειρισμούς σε χαμηλής ποιότητας νερά και ειδικότερα σε νερά με υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων Na και Cl, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να αντικαταστήσουν μερικώς το πόσιμο νερό για τις αρδευτικές ανάγκες μιας καλλιέργειας. Βέβαια, επιπλέον μελέτες χρειάζονται για την βελτιστοποίηση των συνθηκών χρήσης υφάλμυρου νερού ανάλογα με το φυτικό είδος και ποικιλία, την σύσταση του νερού της εκάστοτε περιοχής και την αυτοματοποίηση ή μη σε υδροπονικές καλλιέργειες φυτών.

2.1 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

2.1.1 Εισαγωγή στην υδροπονία

Η εξέλιξη των ανθρώπινων επιστημών και της τεχνολογίας, τον αιώνα που διανύουμε έχει επιφέρει εντυπωσιακές αλλαγές στους τρόπους των καλλιεργειών, των συνθηκών εργασίας και της παραγωγικότητας γενικότερα οι οποίες θέλουν να βελτιώσουν την ποιότητα και τις συνθήκες διαβίωσης μας. Έτσι πραγματοποιήθηκαν προσπάθειες και καλλιεργήθηκαν σε εργαστηριακές συνθήκες, φυτά σε υδατικά διαλύματα εμπλουτισμένα με γνωστές θρεπτικές ουσίες και αργότερα πάνω σε στερεά υλικά, αδρανή ή μη, και αυτό για να επιτευχθούν ταυτόχρονα καλύτερη οξυγόνωση και στήριξη του ριζικού συστήματος του φυτού και πιο άνετη κυκλοφορία των θρεπτικών διαλυμάτων (Μανιός, 2005; Σάββας, 2007).

Η πρώτη προσέγγιση συστημάτων καλλιέργειας εκτός εδάφους έγινε το 1860. Το 1860 ο Sachs στη Γερμανία ετοίμασε μια ολοκληρωμένη φόρμουλα για υδροπονική καλλιέργεια φυτών. Το 1849, ο Count Slam Horstmar εισήγαγε την ιδέα της καλλιέργειας σε άμμο αντί άλλου αδρανούς υλικού. Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα έγινε μια σοβαρή προσπάθεια βελτίωσης του υδροπονικού συστήματος καλλιέργειας. Η εμπορική ώθηση έγινε το 1916 στην Αμερική από τον Mc Call και αναδείχθηκαν τα πλεονεκτήματα στον αερισμό και τον εφοδιασμό που εξασφαλίζονται από την άμμο. Το 1928 ο Robins καλλιεργήσε σε άμμο μια σειρά φυτών ενώ το 1931 ο Laurie υπέδειξε το εμπορικό ενδεχόμενο τέτοιων καλλιεργειών. Η πρώτη αρκετά εκτεταμένη εφαρμογή καλλιέργειας σε αδρανή υλικά ήρθε στη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου από Ιαπωνία και ΗΠΑ με χρήση στην άμμο και χαλικιού για παραγωγή φρέσκων λαχανικών. Το 1861 ο Knor περιέγραψε μια βελτιωμένη φόρμουλα η οποία χρησιμοποιήθηκε.

Οι υδροπονικές καλλιέργειες μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στη χώρα μας όπου τα εδάφη λόγω της εντατικής εκμετάλλευσης έχουν αρκετά εξαντληθεί ή σε περιοχές που έχουν κατάλληλο μικροκλίμα για καλλιέργεια, αλλά το έδαφος είναι

άγρονο (νησιά – ορεινές και μειονεκτικές περιοχές), για την αύξηση του εισοδήματος των κατοίκων με σκοπό την αποτροπή ενός μεταναστευτικού ρεύματος προς τις μεγαλουπόλεις ή το εξωτερικό.

Οι εκτός εδάφους καλλιέργειες κατά κύριο λόγο πραγματοποιούνται μέσα σε θερμοκηπιακές κατασκευές και αποτελούν μια από τις περισσότερο εξελιγμένες μορφές επιχειρηματικών καλλιεργειών. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών των καλλιεργειών ήταν η αποδέσμευση τους από το έδαφος και τον παραδοσιακό τρόπο. Το έδαφος στις πρώτες εκτός εδάφους καλλιέργειες αντικαταστάθηκε από ορισμένα οργανικής προέλευσης υποστρώματα, με βασικό συστατικό την τύρφη, που και αυτά με την εξέλιξη αντικαταστάθηκαν από ανόργανα ή αδρανή υλικά (περλίτη, πετροβάμβακα κ.α), περνώντας καθαρά σε υδροπονικές καλλιέργειες. Περισσότερο εξελιγμένη μορφή υδροπονικών καλλιεργειών είναι το λεπτό στρώμα ροή θρεπτικού διαλύματος (N F T - Nutrient Film Technique ή Nutrient Flow Technique) με κατάργηση της χρήσης ανόργανων υλικών, ενώ η καλλιέργεια πραγματοποιείται σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα με ταυτόχρονη εξασφάλιση της οξυγόνωσής της.

Τα είδη των καλλιεργειών στις οποίες εφαρμόζεται η εκτός εδάφους καλλιέργεια, περιορίζονται στις λαχανοκομικές και ανθοκομικές καλλιέργειες και στην ανάπτυξη καλλωπιστικών φυτών γλάστρας (Οικονομάκης, 1998).

2.1.2 Υδροπονική καλλιέργεια ή καλλιέργεια εκτός εδάφους

Η υδροπονία είναι επομένως μια μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε σε στερεά υποστρώματα εμποτισμένα με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το οποίο τα φυτά προσλαμβάνουν τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μίας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης (Μανιός, 2005; Τζωρτζάκης, 2009).

Υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών συνήθως είναι πορώδη υλικά, φυσικά ή προερχόμενα από βιομηχανική επεξεργασία, τα οποία χάρις στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατούν νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε

κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Έτσι, στο βαθμό που το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται περιέχει τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικά στοιχεία, τα υποστρώματα μπορούν να υποκαθιστούν το έδαφος. Τα περισσότερα υποστρώματα υδροπονίας στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας συμπεριφέρονται χημικώς ως αδρανή υλικά, δεδομένου ότι πρακτικά δεν αποδίδουν ούτε δεσμεύουν ήδη υπάρχοντα στο θρεπτικό διάλυμα ιόντα.

Στη διεθνή βιβλιογραφία όλες αυτές οι μέθοδοι καλλιέργειας συνήθως χαρακτηρίζονται με τους όρους "καλλιέργειες εκτός εδάφους" (soilless culture) και υδροπονία (hydroponics). Μερικοί ερευνητές, κάνοντας μία αυστηρή εννοιολογική ερμηνεία της προερχόμενης από την ελληνική γλώσσα λέξη υδροπονία, θεωρούν τον όρο αυτό κατάλληλο για τον χαρακτηρισμό ενός μόνο μέρους των μεθόδων καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους και συγκεκριμένα εκείνων, στις οποίες δεν χρησιμοποιείται κανένα στερεό υπόστρωμα και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται απευθείας μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, όπως π.χ. το σύστημα NFT. Οι περισσότεροι ειδικοί επιστήμονες όμως, χρησιμοποιούν τον όρο υδροπονία (hydroponics) ως απολύτως συνώνυμο με τον χαρακτηρισμό "καλλιέργεια εκτός εδάφους" (soilless culture).

Στην ελληνική γλώσσα οι δύο αυτοί όροι συνήθως χρησιμοποιούνται ως απολύτως συνώνυμοι. Στην ελληνική ειδική βιβλιογραφία όμως έχει καθιερωθεί κυρίως ο όρος υδροπονία, χάρις στην συντομία αλλά και την περιγραφική δύναμη που τον χαρακτηρίζει (δεδομένης της ελληνικής του προέλευσης). Γι' αυτό το λόγο, στην παρούσα εργασία ο όρος υδροπονία χρησιμοποιείται με την οικουμενική έννοια, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα συστήματα και τις μεθόδους καλλιέργειας φυτών χωρίς την χρήση εδάφους.

Ένας άλλος όρος που χρησιμοποιείται στην ειδική βιβλιογραφία είναι η λέξη υδροκαλλιέργεια (στα αγγλικά water culture και hydroculture). Στην ελληνική γλώσσα ο όρος υδροκαλλιέργεια συνήθως χρησιμοποιείται ως ταυτόσημος με τους όρους "υδροπονία" και "καλλιέργειες εκτός εδάφους". Στην αγγλόφωνη διεθνή βιβλιογραφία όμως οι όροι αυτοί δεν ταυτίζονται με τους όρους "υδροπονία" και "καλλιέργειες εκτός εδάφους". Ο όρος "water culture" περιλαμβάνει αποκλειστικά και μόνο εκείνες τις υδροπονικές καλλιέργειες, στις οποίες δεν γίνεται χρήση υποστρώματος και οι ρίζες

των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα. Χρησιμοποιείται κυρίως όταν πρόκειται για πειραματικές καλλιέργειες φυτών σε θρεπτικά διαλύματα, οι οποίες διεξάγονται σε επιστημονικά εργαστήρια. Ο όρος hydro culture αναφέρεται στην υδροπονική καλλιέργεια καλλωπιστικών φυτών εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, τα οποία αναπτύσσονται μέσα σε φυτοδοχεία (γλάστρες, παρτέρια, κ.λπ.) γεμισμένα με κάποιο αδρανές υπόστρωμα όπως η διογκωμένη άργιλος, ο περλίτης, ο βερμικουλίτης, κ.λπ. Δεδομένης της διάκρισης που γίνεται στην διεθνή βιβλιογραφία μεταξύ των όρων υδροπονία και υδροκαλλιέργεια, θα ήταν καλύτερα η λέξη υδροκαλλιέργεια να χρησιμοποιείται και στην ελληνική γλώσσα μόνο για τις καλλιέργειες φυτών που λαμβάνουν χώρα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την χρήση υποστρώματος (Σάββας, 2007).

Η εγκατάσταση υδροπονικής καλλιέργειας αντί της καλλιέργειας στο έδαφος παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα αλλά παράλληλα έχει και ορισμένα μειονεκτήματα. Για να αποφασίσει ένας παραγωγός να μεταπηδήσει από την παραδοσιακή καλλιέργεια στο έδαφος στην υδροπονία θα πρέπει να σταθμίσει αν στην δική του περίπτωση τα πλεονεκτήματα που του παρέχει η υδροπονία είναι σημαντικότερα από τα μειονεκτήματα.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι με εξαίρεση την άρδευση και την υδρολίπανση, τα υπόλοιπα δεδομένα της τεχνικής της καλλιέργειας φυτών, (τύπος και χαρακτηριστικά θερμοκηπίου, ρύθμιση συνθηκών περιβάλλοντος, κλάδεμα, υποστύλωση, συγκομιδή, κ.λπ.) δεν διαφοροποιείται σημαντικά είτε πρόκειται για υδροπονική καλλιέργεια είτε για καλλιέργεια στο έδαφος του θερμοκηπίου.

2.1.3 Τύποι υδροπονικών συστημάτων

Τα υδροπονικά συστήματα ταξινομούνται ως εξής:

- Ταξινόμηση με κριτήριο τον τρόπο διαχείρισης των απορροών
- Ταξινόμηση με κριτήριο το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος
- Ταξινόμηση με κριτήριο τα υλικά με τα οποία είναι δομημένο το σύστημα και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του

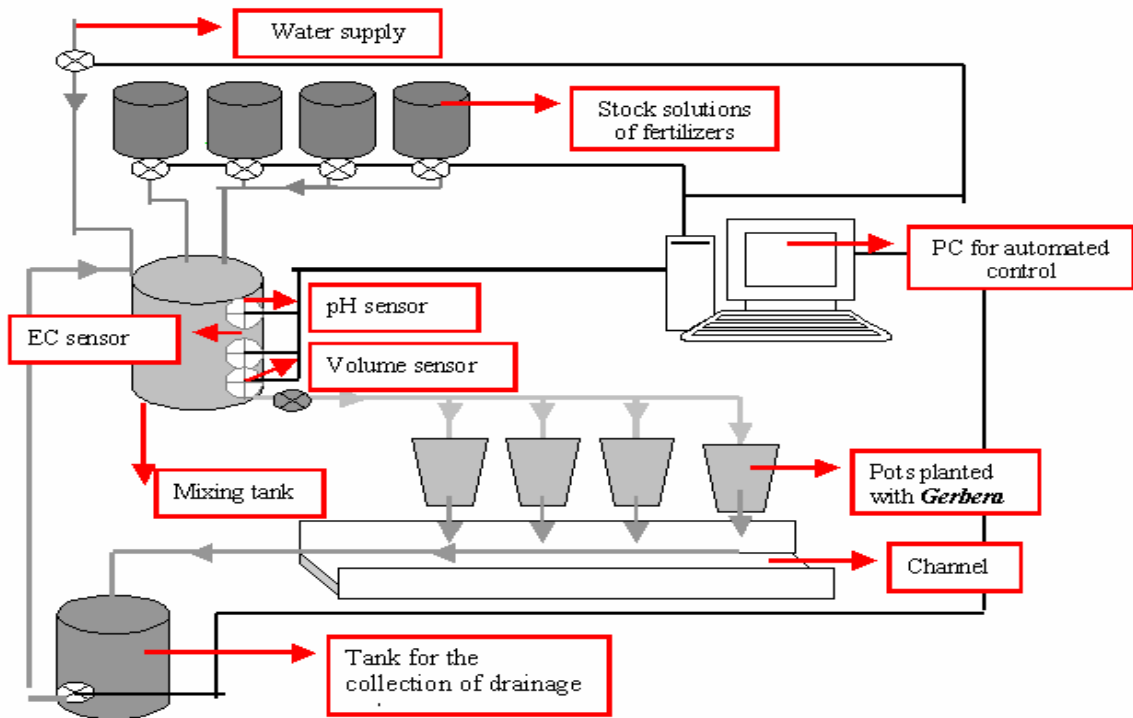
- Ταξινόμηση με κριτήριο τον τρόπο διαχείρισης των απορροών Διακρίνουμε τα ανοιχτά και τα κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους είναι τα συστήματα όπου η περίσσεια θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τον χώρο των ριζών διαφεύγει στο περιβάλλον (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1. Καλλιέργεια σε σάκους με υπόστρωμα οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στο δάπεδο του θερμοκηπίου με συνέπεια το απορρέον θρεπτικό διάλυμα να χάνεται στο έδαφος (ανοιχτό υδροπονικό σύστημα).

Κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους είναι τα συστήματα όπου η περίσσεια θρεπτικού διαλύματος που στραγγίζει και απομακρύνεται από το περιβάλλον της ρίζας μετά από την παροχή του στην καλλιέργεια συλλέγεται, συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία και ξαναχρησιμοποιείται (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2. Απεικόνιση ενός κλειστού συστήματος καλλιέργειας εκτός εδάφους.

2.1.4 Ταξινόμηση εκτός εδάφους καλλιέργειες σε υποστρώματα με κριτήριο τα υλικά και την αρχιτεκτονική της κατασκευής τους

I. Συστήματα υδροκαλλιέργειας

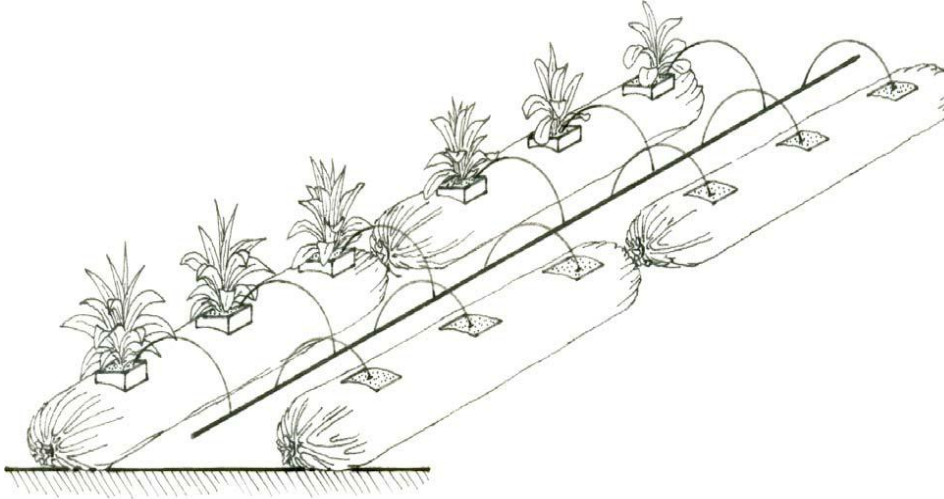
- Nutrient Film Technique (NFT)
- Καλλιέργεια σε βαθύ νερό (Deep water culture)
- Σύστημα Kyowa
- Σύστημα Ein Gedi
- Αεροπονία
- Σύστημα κεκλιμένων πλαισίων (A-Frame)
- Υδροκαλλιέργεια γλαστρικών καλωπιστικών

II. Συστήματα στα οποία το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται σε ένα στερεό πορώδες υλικό

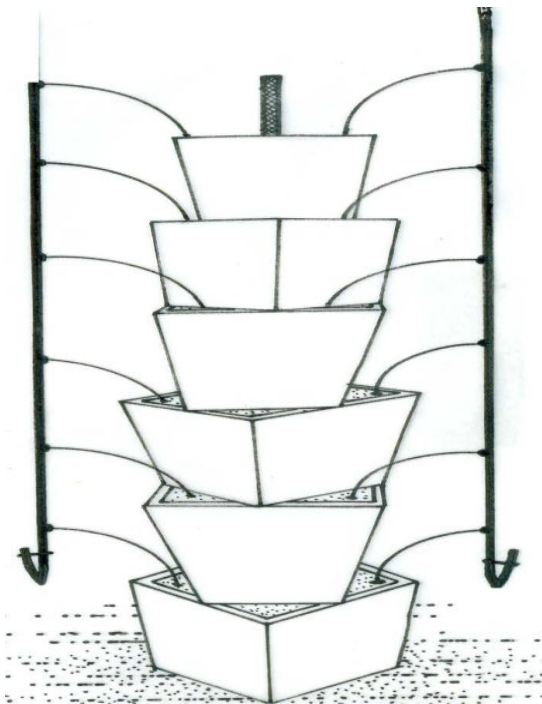
Καλλιέργεια εκτός εδάφους σε σάκους

- Καλλιέργεια εκτός εδάφους σε πορώδεις πλάκες

- Καλλιέργεια εκτός εδάφους σε γλάστρες
- Καλλιέργεια εκτός εδάφους σε φυτοδοχεία
- Καλλιέργεια εκτός εδάφους σε κανάλια
- Κάθετη καλλιέργεια εκτός εδάφους



Σχήμα 2.3. Καλλιέργεια σε σάκους Φύτευση φυτών σε σάκο.



Σχήμα 2.4. Κάθετη καλλιέργεια σε γλάστρες.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και επομένως θα πρέπει να είναι σε θέση να επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται 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 στήριξης σε αυτά. Πρόβλημα στήριξης των φυτών όμως δεν υφίσταται στις υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος, εφόσον αυτές λαμβάνουν χώρα στο θερμοκήπιο. Τα φυτά που αναπτύσσονται αρκετά σε ύψος, προσδένονται και υποστυλώνονται, με συνέπεια να μην έχουν ανάγκη την στήριξη που τους παρέχει το έδαφος, ενώ τα χαμηλής ανάπτυξης στηρίζονται ικανοποιητικά από το υπόστρωμα. Επομένως, η βασική λειτουργία την οποία καλούνται να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα είναι η εξασφάλιση καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά.

Ο προφανέστερος τρόπος εξασφάλισης καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η χρησιμοποίηση υποστρωμάτων που συμπεριφέρονται όπως ένα πολύ καλό και γόνιμο έδαφος. Σύμφωνα με αυτή της προσέγγιση του προβλήματος, τα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα 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 στον 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 χάρις στην ομοιομορφία τους και στην επιλογή των πλέον κατάλληλων υλικών για την παρασκευή τους σε σύγκριση με τα περισσότερα φυσικά εδάφη. Παράλληλα όμως μειονεκτούν 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 προσομοιάζει 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 στην ρύθμιση της διαθεσιμότητας των υπαρχόντων 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. Για να μπορέσουμε να απαλλαγούμε από την εξάρτηση αποδέσμευσης θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος θα πρέπει κατά την επιλογή των υποστρωμάτων σε υδροπονικές καλλιέργειες, 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 ή μείγματα υλικών που απαρτίζουν το υπόστρωμα θα πρέπει να μην συγκρατούν αλλά και να μην αποδίδουν ανόργανα ιόντα στο περιεχόμενο σε αυτά θρεπτικό διάλυμα, δηλαδή να είναι χημικώς αδρανή. 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:

- α) σταθερή δομή (ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα κατά την χρήση του στην υδροπονία) αλλά να είναι και φιλικό προσκείμενο στο περιβάλλον μετά από την χρήση του στην υδροπονία
- β) ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας
- γ) ομοιομορφία στην σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης
- δ) απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων
- ε) εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς
- στ) 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. Τα πλέον διαδεδομένα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών διεθνώς είναι ο πετροβάμβακας, η τύρφη, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, το κοκκόχωμα και σε μικρότερο βαθμό η διογκωμένη άργιλος, ο ζεόλιθος και η άμμος.

2.1.5 Περιγραφή υποστρωμάτων

2.1.5.1 Καλλιέργεια σε άμμο

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική πρακτικά ανταλλακτική ικανότητα. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρα ανά φυτό. Εναλλακτικά, η άμμος μπορεί να διασκορπιστεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, αν υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια. Σε αυτή την περίπτωση, το έδαφος του θερμοκηπίου αφού ισοπεδωθεί επικαλύπτεται με ένα πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου εφοδιασμένο με ανοίγματα αποστράγγισης, ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη του την επιφάνεια, πάνω στο οποίο απλώνεται η άμμος σε πάχος περίπου 5-10 cm.

Τα φυτά τροφοδοτούνται με θρεπτικό διάλυμα μέσω ενός συνηθισμένου συστήματος στάγδην άρδευσης. Η παροχή του διαλύματος στα φυτά γίνεται είτε με μικροσωλήνες (spragetti tubes) είτε με ενσωματωμένους σταλάκτες εφόσον η άμμος είναι απλωμένη στην επιφάνεια του θερμοκηπίου ή κατά μήκος υδρορροών. Συνήθως υπάρχει ένας σταλάκτης ανά φυτό. Συχνή όμως είναι και η χρησιμοποίηση δύο σταλακτών ανά φυτό με στόχο την καλύτερη διαβροχή του υποστρώματος αλλά και την προστασία από αποφράξεις σταλακτών. Το θρεπτικό διάλυμα που παρέχεται στην άμμο διηθείται κατακόρυφα προς τα κάτω δια μέσου του υποστρώματος. Ένα μικρό μέρος του διαλύματος παραμένει στο πορώδες της άμμου, ενώ το υπόλοιπο στραγγίζει και τελικά απορρέει από τον χώρο των ριζών μέσω οπών ή σχισμών που έχουν ανοιχθεί στον πυθμένα του δοχείου, του σάκου ή του πλαστικού επιστρώματος που περιέχουν ή υποστηρίζουν την άμμο. Το διάλυμα που απορρέει μέσω των σχισμών αποστράγγισης μπορεί να συλλέγεται και να επαναχρησιμοποιείται, οπότε το σύστημα λειτουργεί ως κλειστό.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υποστρώματος υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Για την αποφυγή εξάπλωσης εδαφογενών ασθενειών όμως η άμμος θα ήταν καλύτερα να απολυμαίνεται πριν από την έναρξη κάθε νέας

καλλιεργητικής περιόδου. Η απολύμανση της άμμου μπορεί να γίνει εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό.

2.1.5.2 Καλλιέργεια σε χαλίκι

Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε μόνιμες κατασκευές στο θερμοκήπιο (καλλιέργεια σε αυλάκια ή κανάλια). Η χημική του σύσταση ποικίλλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των διαφόρων κοκκομετριών χαλικιού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 5-20 mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού (πολύ πιο μικρή από την αντίστοιχη της άμμου). Γι'αυτό η καλλιέργεια σε χαλίκι συνιστάται μόνο ως κλειστό υδροπονικό σύστημα. Η τεχνική της εγκατάστασης μίας υδροπονικής καλλιέργειας σε χαλίκι είναι σε γενικές γραμμές ανάλογη με αυτή που ακολουθείτε στις καλλιέργειες σε άμμο.

2.1.5.3 Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα

Ο πετροβάμβακας είναι το πλέον διαδεδομένο διεθνώς υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών. Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό το οποίο παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 20% από ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα. Το μείγμα αυτό θερμαίνεται στους 1600 °C. Σ' αυτή τη θερμοκρασία, το μείγμα ρευστοποιείται και οδηγείται σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο από τον χώρο του οποίου εξέρχεται σε μορφή λεπτών ινών (βελονών) πάχους 6-8 μικρών (μ), δηλαδή 0,005 mm και μήκους 3 mm. Στη συνέχεια οι λεπτές αυτές ίνες συμπλέκονται και συγκολλούνται μεταξύ τους σε μια χαλαρή πλέξη με την βοήθεια μιας συνδετικής ρητινικής ουσίας που ονομάζεται βακελλίτης, οπότε προκύπτει ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση. Το υλικό αυτό έχει περίπου 92-96% πορώδες, ειδικό βάρος γύρω στα 60-100 Kgr/m³ και μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα. Για χρήση στη γεωργία συνήθως χρησιμοποιούνται ορθογώνιες πλάκες (για καλλιέργεια των φυτών μετά την μεταφύτευση) διαστάσεων 90 x 15-35 x 7,5 cm (μήκος x πλάτος x ύψος). Ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι είναι ένα χημικά αδρανές υλικό. Έτσι η θρέψη των φυτών μπορεί να ελέγχεται και να ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης.

2.1.5.4 Καλλιέργεια σε περλίτη

Ο περλίτης 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 εικοσαπλάσιου 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 που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων του περλίτη παραμένει αέρας και μετά την διαβροχή του υλικού.

Μια ποσότητα 2-5 λίτρων περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια των κυριότερων φυτών. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκους είτε σε γλάστρες είτε σε άλλου τύπου φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί μέσα σε υδρορροές 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.

2.1.5.5 Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι το κοινό όνομα του ορυκτού κιζιρίτης. Πρόκειται για ένα αργιλλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο δεν έχει την συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα. Η ύπαρξη ενός τόσο εκτεταμένου πορώδους καθιστά την ελαφρόπετρα ένα πέτρωμα με χαμηλό ειδικό βάρος. Σε αυτήν ακριβώς την φυσική της ιδιότητα οφείλει και το όνομά της. Ο σχηματισμός των πόρων στην ελαφρόπετρα οφείλεται στην διαφυγή ηφαιστειακών αερίων μέσα από την μάζα της κατά τον χρόνο που ελάμβανε χώρα η ψύξη της λάβας. Στην φύση η ελαφρόπετρα συναντάται σε μορφή μεγάλων πλακών ή τεμαχίων. Για να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια φυτών θα πρέπει να θρυμματίζεται σε λατομεία σε μικρούς κόκκους μεγέθους μέχρι 4 ή το πολύ μέχρι 8 mm.

Η χρήση της στη γεωργία, ως υπόστρωμα για καλλιέργειες εκτός εδάφους συνεχώς επεκτείνεται, αν και δοκιμάζονταν για αρκετό καιρό σε πειραματικό στάδιο. Σ' αυτήν την περίπτωση συνήθως αφαιρείται η περιεχόμενη σκόνη και κλασμάτωνα η υπόλοιπη σε κλάσματα της επιθυμητής κοκκομετρικής σύνθεσης. Πρέπει να επισημανθεί ότι η ελαφρόπετρα είναι ανόργανο υλικό, έχει χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, αντέχει πολύ στο χρόνο (απεριόριστη διάρκεια ζωής), εξασφαλίζει καλό αερισμό στις ρίζες των φυτών, είναι πορώδης και υδρόφιλη επομένως συγκρατεί την υγρασία και τα θρεπτικά συστατικά και τα αποδίδει σταδιακά στις ρίζες των φυτών.

Το μεγάλο πλεονέκτημα που έχει η ελαφρόπετρα είναι η πολύ χαμηλή τιμή της η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη ακόμη και από αυτή του περλίτη (2-3 φορές χαμηλότερη). Σε σύγκριση μάλιστα με το κόστος αγοράς διαφόρων εισαγομένων υποστρωμάτων (πετροβάμβακας, διογκωμένη άργιλος, κ.λπ.) η δαπάνη αγοράς ελαφρόπετρας είναι θεαματικά μικρότερη. Εκτός όμως από την χαμηλή τιμή της η ελαφρόπετρα έχει επιδείξει άριστη καλλιεργητική συμπεριφορά στις δοκιμές και τα πειράματα που έχουν γίνει μέχρι σήμερα με τομάτες, τριαντάφυλλο, γαρίφαλο, χρυσάνθεμο, κ.λπ. Γι' αυτούς τους λόγους, τα τελευταία χρόνια η ελαφρόπετρα έχει καταστεί ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για υδροπονικές καλλιέργειες, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς (Δασκαλάκη και Οικονομάκης, 2001; Economakis et al., 2001;2005; Economakis and Daskalaki, 2005; Tzortzakis and Economakis, 2005a,b).

2.1.5.6 Καλλιέργεια σε τύρφη

Το πιο συνηθισμένο οργανικό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους είναι η τύρφη. Η τύρφη είναι φυσικό υλικό και προέρχεται από την αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγρά τοπους. Σε τέτοιες περιοχές, με την πάροδο του χρόνου έχουν σχηματισθεί ολόκληρα κοιτάσματα, από τα οποία η τύρφη εξορύσσεται, υφίσταται κάποια επεξεργασία (απολύμανση, άλεσμα, ομογενοποίηση, κ.λπ.) και συσκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα. Γενικά υπάρχουν δύο τύποι τύρφης, η ξανθιά και η μαύρη τύρφη.

2.1.5.7 Καλλιέργεια σε coco soil

Το Coco Soil είναι ένα νέο οργανικό υλικό όπου τα χαρακτηριστικά του το καθιστούν κατάλληλο για τον τομέα της γεωπονίας, και επιπλέον διεγείρει ένα οικολογικό τρόπο παραγωγής. Το coco – soil παράγεται από ίνες καρύδας και κοκκοφοίνικα. Το προϊόν παράγεται συγκριτικά σε μικρή χρονική περίοδο (μικρό κύκλο του C) άρα απαιτεί μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, απ' ότι η τύρφη που χρειάζεται μια αρκετά μεγαλύτερη περίοδο ωρίμανσης (μεγάλος κύκλος του C). Η περιεκτικότητα λιγνίνης του coco – soil είναι 45,5%, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το προϊόν να διατηρεί τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του (πολύ καλή αναλογία νερού/αέρα) για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (το λιγότερο 4 χρόνια).

Το οργανικό αυτό υλικό προσφέρει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του και επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βελτιωτικό εδάφους. Το Coco – Soil δεν δημιουργεί πρόβλημα στο περιβάλλον από επικίνδυνα υπολείμματα (όπως ο πετροβάμβακας). Επίσης δεν περιέχει ασθένειες του εδάφους, γιατί ακριβώς δεν προέρχεται από αυτό. Αντίθετα περιέχει τον μύκητα Trichoderma (όπου ανταγωνίζεται τις ασθένειες του εδάφους).

Στον Πίνακα 2.1, φαίνονται οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των κυριότερων υποστρωμάτων.

Πίνακας 2.1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες υποστρωμάτων.

Υποστρώματα	Όγκος Πορώδες V%	Περιεκτικότητα α πορώδους σε αέρα (σε μύζηση 10cm)	Συγκράτησ η νερού% (σε μύζηση 10cm)	PH	EC (mS/cm)	C.E.C (meq/100gr)
Πετροβάμβακας	95	20	75	5,5-6	0,05	0,05
Περλίτης	95	75	20-40	7-7,5	0,03	0
Ελαφρόπετρα	75	65	35	8-8,5	0,45	0
Τύρφη	95	25-35	70	3,5-4,5	-	100
Cocosoil	95	30	65	5,5	<0,5	0,5-1

2.1.6 Καλλιέργεια σε NFT

Το σύστημα NFT (Nutrient Film Technique = Τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας) είναι μία υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δεν γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, το οποίο όμως είναι τρεχούμενο. Το NFT είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται.

Μία εγκατάσταση NFT αποτελείται από ένα σύστημα παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών (καναλιών), μέσα στις οποίες κυλάει θρεπτικό διάλυμα με ρυθμό ροής περίπου 2-3 λίτρων ανά ώρα (l/h), από το σύστημα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος στις υδρορροές, καθώς και από τις εγκαταστάσεις συλλογής του διαλύματος από τις υδρορροές και ανακύκλωσής του. Μέσα σε κάθε υδρορροή τοποθετούνται τα φυτά σε καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι υδρορροές συνήθως είναι κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό πολυαιθυλένιο, ή από PVC, ή από άλλη πλαστική ύλη ή ακόμη και από γαλβανισμένο μέταλλο. Έχουν πλάτος 15-30 cm ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών αντιστοιχούν στις αποστάσεις μεταξύ των γραμμών φύτευσης που επιλέγονται να εφαρμοσθούν στην εκάστοτε καλλιέργεια. Για να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος μέσα στις υδρορροές, αυτές θα πρέπει να έχουν μια κλίση γύρω στο 1,5-2% κατά μήκος.

Το θρεπτικό διάλυμα, από την κεντρική εγκατάσταση παρασκευής του μεταφέρεται αρχικά στον χώρο ανάπτυξης των φυτών μέσω σωλήνων κατάλληλης διατομής (Φ_{50} , Φ_{60}) και στη συνέχεια διανέμεται σε μικρότερους σωλήνες οι οποίοι το οδηγούν στην αρχή κάθε υδρορροής. Αφού εισαχθεί στις υδρορροές, χάρις στην κλίση τους το διάλυμα αρχίζει να ρέει μέσα στην κοίτη τους. Κατά την διάρκεια της ροής του το διάλυμα διαβρέχει τις ρίζες των φυτών και ένα μέρος του απορροφάται από αυτές. Το υπόλοιπο μέρος του διαλύματος διατρέχει όλη την υδρορροή κατά μήκος και αφού φθάσει στο τέλος της, απορρέει και μέσω ειδικά τοποθετημένων σωλήνων ή υδρορροών συλλέγεται και συγκεντρώνεται όλο μαζί σε κάποιο ειδικό δοχείο συγκέντρωσης. Από το δοχείο αυτό το διάλυμα οδηγείται ξανά στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του διαλύματος, είτε μέσω μίας αντλίας, είτε μέσω

ελεύθερης ροής, εφόσον υπάρχει υψομετρική διαφορά. Εκεί, το συλλεχθέν διάλυμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία ώστε να αποκτήσει ξανά τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και ξαναχρησιμοποιείται.

2.1.7 Θρεπτικά διαλύματα υδροπονικών καλλιέργειών

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον άνθρακα τον οποίο η καλλιέργεια τον προσλαμβάνει από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής. Το χλώριο εμπεριέχεται σχεδόν πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Επομένως μόνο τα 12 από τα 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία, δηλ. τα μακροστοιχεία N, P, S, K, Ca και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B, και Mo πρέπει να προστίθενται στο νερό από τον παρασκευαστή του θρεπτικού διαλύματος.

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 σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χηλικές ενώσεις σιδήρου). Τα απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες συνίστανται μόνο από μία χημική ένωση (με εξαίρεση το νιτρικό ασβέστιο), συνοδευόμενη συνήθως και από νερό, είτε σε κρυσταλλική μορφή (άλατα), είτε ως διαλύτη (οξέα με περιεκτικότητα χαμηλότερη από 100%). Επομένως, επιλέγοντας κάθε φορά κατάλληλες αναλογίες ανάμειξης ορισμένων από αυτά τα λιπάσματα, είναι δυνατόν να παρασκευασθεί ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα με εξατομικευμένες σε μία δεδομένη καλλιέργεια αναλογίες και περιεκτικότητες σε θρεπτικά στοιχεία.

Εκτός από τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στην υδροπονική πράξη χρησιμοποιούνται ευρύτατα και δύο άλλα μεγέθη για να υποδηλώσουν την σύσταση και την θρεπτική αξία των θρεπτικών διαλυμάτων. Η ευρύτατη χρήση αυτών των

μεγεθών στην καλλιεργητική πράξη οφείλεται στο γεγονός ότι μπορούν να μετρηθούν εύκολα και με ακρίβεια ακόμη και στο θερμοκήπιο χρησιμοποιώντας φορητά όργανα. Τα μεγέθη αυτά είναι η EC και το pH του θρεπτικού διαλύματος.

Η EC σαν φυσικό μέγεθος είναι το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, έχει δηλαδή διαστάσεις ηλεκτρικής αντίστασης ανά μονάδα μήκους. Σήμερα, σαν μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το dS/m (σε ορισμένα κείμενα χρησιμοποιείται το mS/cm). Η EC ενός υδατικού διαλύματος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σ' αυτό. Έτσι, στην περίπτωση των νερών άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων είναι μέτρο της περιεκτικότητας τους σε θρεπτικά στοιχεία κι άλλα ανόργανα άλατα. Η EC δεν μας δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση.

Τιμές EC χαμηλότερες από ένα κατώτερο όριο υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ορισμένα τουλάχιστον θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής. Ανάλογα, πολύ υψηλές τιμές πάνω από ένα ανώτατο όριο σημαίνουν ότι η συνολική περιεκτικότητα του διαλύματος σε άλατα (θρεπτικών στοιχείων και μη) είναι τόσο μεγάλη, ώστε τα φυτά υφίστανται αλατούχο καταπόνηση ανάλογη με αυτή στην οποία είναι εκτεθειμένα όταν καλλιεργούνται σε αλατούχα εδάφη.

Το pH του θρεπτικού διαλύματος (μέτρο της περιεκτικότητάς του σε ιόντα υδρογόνου, δηλ. της ενεργού οξύτητάς του) είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητά του. Όταν το pH είναι ψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ως ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως P, Fe, Mn σε υψηλό pH), οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ άλλα απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς (π.χ. το Mn και το αργίλιο σε χαμηλό pH). Το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται διαταραχές στην θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες κ.λ.π.). Για τα περισσότερα είδη καλλωπιστικών φυτών το pH του θρεπτικού διαλύματος στον χώρο των ριζών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,2 και 6,0.

2.2 ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ

2.2.1 Σύνθεση των αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια είναι πολυσύνθετα μίγματα οργανικών ουσιών που η σύνθεσή τους ποικίλει στα διάφορα είδη ή και ποικιλίες φυτών. Το χαρακτηριστικό άρωμα κάθε αιθέριου ελαίου είναι η συνισταμένη όλων των συστατικών του, από τα οποία μερικά διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στον τελικό τόνο αυτού. Έτσι σε μερικά αιθέρια έλαια η παρουσία ενός συστατικού σε αναλογία 1% κ.ο. ή και μικρότερη, έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του αρώματος. Γενικά τα συστατικά των αιθέριων ελαίων χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες. Στα οξυγονούχα και τα μη οξυγονούχα. Στην πρώτη ομάδα περιλαμβάνονται οι αλκοόλες, οι αλδεύδες, οι κετόνες, οι φαινόλες, τα οξέα, οι εστέρες κλπ. όπου είναι τα συστατικά στα οποία οφείλεται το χαρακτηριστικό άρωμα των αιθέριων ελαίων. Στην δεύτερη ομάδα, τα μη οξυγονούχα, περιλαμβάνονται τα «άχρηστα» συστατικά των αιθέριων ελαίων, αφού η συμβολή τους στο άρωμα τους είναι μικρή ή μηδαμινή. Από όλα τα παραπάνω συστατικά, εκείνα όπου συμβάλλουν πιο πολύ στο άρωμα των αιθέριων ελαίων είναι οι εστέρες.

2.2.2 Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων

Βιοσύνθεση λέγεται η σύνθεση χημικών ουσιών που γίνεται μέσα στους ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα η βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων είναι μια σειρά διαφόρων χημικών αντιδράσεων που γίνονται μέσα στους φυτικούς ιστούς, μέχρι τον τελικό σχηματισμό τους. Αποτελεί μια διεργασία σε πολλά σημεία παραμένει αδιευκρίνιστη μέχρι και σήμερα παρότι οι επιστήμες της χημείας και βιοχημείας σημείωσαν εξελίξεις δεν κατόρθωσαν να ρίξουν πλήρες φως στο θαύμα του μηχανισμού της φωτοσυνθέσεως, στη βιοσύνθεση των χρωστικών, των αλκαλοειδών και των αιθέριων ελαίων. Το αιθέριο έλαιο κάθε φυτού έχει διαφορετική σύνθεση σε κάθε στάδιο αναπτύξεώς του. Έτσι συγκριτικές αναλύσεις αιθέριων ελαίων, που πάρθηκαν στην αρχή και το τέλος της βλαστικής περιόδου έδειξαν μεγάλες διαφορές στην χημική σύστασή του. Επίσης διαφορές παρατηρούνται και στο αιθέριο έλαιο νεαρών και ώριμων φύλλων του ίδιου φυτού (Τσουβαλάκη, 2009).

2.2.3 Ρόλος των αιθέριων ελαίων

Οι ερευνητές που ασχολούνται με τα αιθέρια έλαια αποδίδουν σ' αυτά τους παρακάτω ρόλους

- Προστατεύουν τα φυτά από τα έντομα και παράσιτα αφού λόγω του αρώματος τους αποτρέπουν την εγκατάστασή τους στα φυτικά όργανα. Πολλά αιθέρια έλαια λειτουργούν και ως ελκυστικά
- Τα αιθέρια έλαια των λουλουδιών προσελκύουν τα έντομα επικονιαστές και έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη γονιμοποίηση αυτών και διασταύρωση των μη αυτογονιμοποιούμενων φυτών
- Προστατεύουν τα φυτά από την υψηλή θερμοκρασία, γιατί λόγω της εξατμίσεώς τους προξενούν την ελάττωση της θερμοκρασίας του φυτού
- Το ρητινώδες περιεχόμενο πολλών αιθαιρών φυτών συμβάλλει στην κάλυψη των πληγών του φλοιού και έτσι αποφεύγεται η σήψη των φυτικών ιστών
- Κάνουν τα φυτά πιο ανθεκτικά στην ξηρασία, γιατί μπαίνουν στους μεσοκυττάριους χώρους και ελαττώνουν την διαπνοή
- Αυξάνουν την ταχύτητα κυκλοφορίας των θρεπτικών ουσιών που ρυθμίζουν τον μεταβολισμό των φυτών
- Δρουν καταλυτικά στο μεταβολισμό των γλυκοζιτών και άλλων ουσιών
- Στη διάρκεια της περιόδου της αναπαραγωγής μεταναστεύουν από τα πράσινα μέρη του φυτού προς τα άνθη. Ένα μέρος από αυτά καταναλίσκεται, ενώ το υπόλοιπο επιστρέφει στην αρχική τους θέση

2.2.4 Παραλαβή των αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται από τα αρωματικά φυτά με διάφορους μεθόδους. Για την εκλογή της κατάλληλης μεθόδου λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού (άνθη, βλαστοί, φύλλα, σπέρματα κλπ.)
- Η περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέρια έλαια
- Η αξία (τιμή) του αιθέριου ελαίου
- Η χημική σύνθεση των διαφόρων συστατικών του αιθέριου ελαίου
- Διάφοροι άλλοι οικονομικοί κυρίως παράγοντες

Οι μέθοδοι ωστόσο με τις οποίες λαμβάνονται τα αιθέρια έλαια είναι οι εξής:

1. Απόσταξη :

- Υδροαπόσταξη
- Υδρο-ατμοαπόσταξη
- Με υδρατμούς
- Άλλα είδη αποστάξεως

2. Εκχύλιση :

- Με πτητικούς διαλύτες
- Με ψυχρό λίπος
- Με θερμό λίπος

3. Μηχανική :

- Με σύνθλιψη
- Με απόξεση

2.2.5 Ανάλυση των αιθέριων ελαίων

Η ποιότητα των αιθέριων ελαίων εξαρτάται από διάφορες φυσικές σταθερές και κυρίως από την χημική σύστασή τους. Για να γίνει πλήρης ανάλυση ενός αιθέριου ελαίου πρέπει να προσδιοριστούν τα εξής:

Α΄. Φυσικές σταθερές. Απ' αυτές οι σπουδαιότερες είναι:

1. Ειδικό βάρος
2. Δείκτης διαθλάσεως
3. Στροφική ικανότητα
4. Διαλυτότητα
5. Σημείο ζέσεως

Β΄. Χημική σύνθεση. Ο προσδιορισμός των συστατικών έχει μεγάλη σημασία γιατί από την παρουσία και την ποσότητά τους εξαρτάται κυρίως η ποιότητα των αιθέριων ελαίων.

2.2.6 Διατήρηση των αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια κατά την διάρκεια της αποθηκείσεως, εφόσον οι συνθήκες δεν είναι καλές, υφίσταται ορισμένες αλλοιώσεις. Οι κυριότεροι παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα των αιθέριων ελαίων είναι οι εξής:

1. Θερμοκρασία αποθηκείσεως. Αυτή πρέπει να βρίσκεται μερικούς βαθμούς από το μηδέν.
2. Φως. Τα αιθέρια έλαια για να προστατευτούν από την επίδραση του φωτός πρέπει να διατηρούνται μέσα σε αδιαφανή δοχεία.
3. Νερό. Τα αιθέρια έλαια πριν από την αποθήκευση υφίσταται αφυδάτωση (ξηράνση). Αυτή γίνεται με μετάγγιση ή με την χρησιμοποίηση ουσιών, όπως θειικού νατρίου, θειικού μαγνησίου κλπ.
4. Αέρα. Για να αποφεύγονται αλλοιώσεις από την επίδραση του αέρα, από τα δοχεία όπου φυλάγονται τα αιθέρια έλαια πρέπει να γεμίζουν τελείως.
5. Δοχεία αποθηκείσεως. Κατάλληλα δοχεία είναι τα γυάλινα ή μεταλλικά από ανοξείδωτο χάλυβα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πλαστικά ή ξύλινα δοχεία.

Κεφάλαιο 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΪΝΤΑΝΟΥ

3.1 Μυθολογία καταγωγή εξάπλωση

Ο μαϊντανός (*Petroselinum crispum* L.) κατάγεται από τη νότια Ευρώπη, και συγκεκριμένα από την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και της Δυτικής Ασίας. Αυτοφυές της ελληνικής χλωρίδας, ο μαϊντανός έχει μακρά ιστορία χρήσης. Οι αρχαίοι Έλληνες είχαν το μαϊντανό σε υψηλή εκτίμηση στέφοντας τους νικητές των Ισθμιακών αγώνων αλλά και στολίζοντας τους τάφους των νεκρών τους με στεφάνια μαϊντανού. Πίστευαν ότι ο μαϊντανός προήλθε από το αίμα του Αρχέμορου (αγγελιοφόρος του θανάτου) και γι' αυτό το λόγο δεν τον έτρωγαν. Ο μαϊντανός συνδέθηκε επίσης με την Περσεφόνη, βασίλισσα του Άδη. Ο Όμηρος αναφέρει ότι οι πολεμιστές τάζαν τα άλογα των αρμάτων με φύλλα μαϊντανού και από τη μυθολογία είναι γνωστό ότι ο Ηρακλής είχε φορέσει στεφάνι από μαϊντανό. Πέρα από τον κοινό πλατύφυλλο μαϊντανό που καλλιεργείται για το φύλλωμά του σε χώρες της Μεσογείου και είναι η πιο γνωστή μορφή στην Ελλάδα, υπάρχουν δυο άλλοι τύποι - ο σγουρός μαϊντανός που καλλιεργείται κυρίως στη Β. Ευρώπη τόσο για νωπή κατανάλωση όσο και για διακοσμητικούς λόγους και ο ριζώδης μαϊντανός ο οποίος καλλιεργείται επίσης στη Β. Ευρώπη για τη σαρκώδη ρίζα του (Εικόνες 3.1 - 3.2).



Εικόνα 3.1. Φύλλα μαϊντανού.



Εικόνα 3.2. Ριζοματώδης μαϊντανός.

3.2 Βοτανική ταξινόμηση και περιγραφή

Ο μαϊντανός ανήκει στην οικογένεια των Σκιανθών (*Ariaceae*). Είναι διετές φυτό, με ατρακτοειδείς ρίζες και τον πρώτο χρόνο έχει πολλούς τρυφερούς βλαστούς, αυλακωτούς, γυαλιστερούς που φέρουν σύνθετα φύλλα, συνήθως με τρία φυλλάρια (Εικόνα 3.3). Κάθε φυλλάριο μήκους 2-3 εκατοστά φέρει βαθιές εγκολπώσεις που το χωρίζουν σε τρεις ή περισσότερους οδοντωτούς λοβούς, χρώματος σκούρου πράσινου. Υπάρχουν ποικιλίες με κατσαρά φύλλα ή ίσια που είναι εξίσου αρωματικές.



Εικόνα 3.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά μαϊντανού.

Κατά την διάρκεια του πρώτου χειμώνα του βιολογικού του κύκλου όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, τα φύλλα του κιτρινίζουν από την παγωνιά χωρίς απαραίτητα να πέσουν ή να μαυρίσουν. Το Μάιο της επόμενης άνοιξης, δεύτερος χρόνος του βιολογικού τους κύκλου, η καλλιέργεια του μαϊντανού έρχεται σε ανθοφορία, εκπύσσοντας ανθοφόρα στελέχη που φέρουν σε σκιάδια (ταξιανθία ομπρέλας), μικρά πρασινοκίτρινα άνθη με πέντε πέταλα. Οι σπόροι δύο ανά άνθος έχουν μήκος κατά μέσο όρο δυο χιλιοστά, σχήμα μισής ατράκτου (μια επίπεδη και μια κυρτή) και χρώμα γκρι με 4-5 κίτρινες εξέχουσες ραβδώσεις. Ο σπόρος του μοιάζει πολύ με το σπόρο του γλυκάνισου. Ένα γραμμάριο περιέχει 450 σπόρους.

Μερικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία περιγράφονται παρακάτω (Ανώνυμος, 2009). Οι φαρμακευτικές ιδιότητες του μαϊντανού είναι γνωστές ακόμη από τα αρχαία χρόνια όπου ο Ιπποκράτης το χρησιμοποιούσε σε διάφορα τονωτικά, αντίδοτα δηλητηρίων, αντιρρευματικά αλλά και σε διάφορες συνταγές για την θεραπεία στις πέτρες και κύστες νεφρών. Η σύγχρονη επιστήμη έχει επιβεβαιώσει αρκετές από αυτές τις χρήσεις. Σήμερα τα αιθέρια έλαια τα οποία απομονώνονται από τα φύλλα και τους σπόρους του μαϊντανού όπως και από τη ρίζα του ριζώδη τύπου χρησιμοποιούνται στην αρωματοποιία για την παρασκευή σαπουνιών και κρεμών καθώς και για την παραγωγή παραϊατρικών προϊόντων.

Ο μαϊντανός έχει αυξημένη περιεκτικότητα (1.7% ανά μονάδα μάζας) σε οξαλικό οξύ, ένα συστατικό που συμμετέχει στον σχηματισμό πέτρας νεφρού και έλλειψη θρεπτικών στοιχείων ενώ θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή από έγκυες γυναίκες. Το έλαιο μαϊντανού (και ειδικότερα άγριων ποικιλιών) περιέχει φουρανοκουμαρίνες (furanocoumarins and psoralens) όπου οδηγούν σε υπερβολική φωτοευαισθησία. Οι σπόροι μαϊντανού περιέχουν υψηλή επίπεδα ελαίων τα οποία είναι διουρητικά. Η θρεπτική αξία του μαϊντανού φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. Η θρεπτική αξία ανά 100 g νωπού μαϊντανού.

Ενέργεια	40 kcal	150 kJ
Υδατάνθρακες		6.3 g
Σάκχαρα		0.9 g
Διαιτητική αξία		3.3 g
Λίπη		0.8 g
Πρωτεΐνη		3.0 g
Θειαμίνη (Vit. B1)	0.1 mg	8%
Ριβοφλαβίνη (Vit. B2)	0.2 mg	13%
Νιασίνη (Vit. B3)	1.3 mg	9%
Παντοθενικό οξύ (B5)	0.4 mg	8%
Βιταμίνη B6	0.1 mg	8%
Φολικό οξύ (Vit. B9)	152 µg	38%
Βιταμίνη C	133.0 mg	222%

Βιταμίνη Κ	1640.0 μg	1562%
Ca	138.0 mg	14%
Fe	6.2 mg	50%
Mg	50.0 mg	14%
P	58.0 mg	8%
K	554 mg	12%
Zn	1.1 mg	11%

Τα ποσοστά είναι σχετικές τιμές με βάση τα συνιστώμενα ποσοστά σε ενήλικες στις ΗΠΑ. Πηγή: USDA Nutrient database (Ανώνυμος, 2009)

3.3 Απαιτήσεις σε κλίμα, έδαφος, θρεπτικά στοιχεία και νερό

Ο μαϊντανός είναι φυτό της εύκρατης ζώνης. Ο ριζώδης μαϊντανός όπως και τα φυλλώδη είδη μαϊντανού είναι φυτό ψυχρής εποχής, αρκετά σκληραγωγημένος στο κρύο. Η ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξή του είναι 15-18° C (όχι πάνω από 24° C). Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από 0° C) το εναέριο φυτό καταστρέφεται. Η παρατεταμένη έκθεση του φυτού σε χαμηλές θερμοκρασίες (7° C ή χαμηλότερη) μπορεί να προκαλέσει εαρινοποίηση δηλαδή πρόωρη άνθηση η οποία οδηγεί στη μείωση της ποιότητας και παραγωγής ριζών. Είναι φυτό ουδέτερο ως προς την αντίδρασή του στη φωτοπερίοδο και μπορεί να καλλιεργηθεί σε ημισκιά ή σε πλήρη φωτισμό.

Στην Ελλάδα ανθίζει από τον Ιούνιο μέχρι τον Αύγουστο και οι σπόροι ωριμάζουν από τον Ιούλιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Ο ριζώδης μαϊντανός απαιτεί γόνιμο έδαφος, κατά προτίμηση τα ελαφριά, αμμοπηλώδη, μέσης σύστασης εδάφη. Το έδαφος πρέπει να είναι βαθιά σκαμμένο και υγρό, αλλά καλά αποστραγγιζόμενο, και ελαφρώς όξινης έως ουδέτερης αντίδρασης (pH γύρω στο 6-7). Το έδαφος χρειάζεται να είναι ψιλοχωματισμένο και απαλλαγμένο από σβώλους ώστε να διευκολύνεται η ομαλή και ομοιόμορφη βλάστηση των σπόρων. Όπως στην περίπτωση του καρότου τα βαριά συνεκτικά εδάφη δεν ενδείκνυνται για το ριζώδη μαϊντανό διότι δυσκολεύουν την ανάπτυξη της ρίζας, ενώ πέτρες στο έδαφος μπορεί να προκαλούν παραμορφώσεις.

3.4 Τρόπος πολλαπλασιασμού και εγκατάσταση της καλλιέργειας

Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και η εγκατάσταση της καλλιέργειας γίνεται τέλη Απριλίου με αρχές Μάιου. Ο πολλαπλασιασμός του μαϊντανού γίνεται με απευθείας σπορά σε βάθος 1 cm στα πεταχτά (με το χέρι) ή σε γραμμές, με αποστάσεις 15-20 cm (Πετρόπουλος και Χατζηευστρατίου, 2008). Η βλάστηση των σπόρων απαιτεί συνήθως 10-15 ημέρες, σε 25° C, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες (10° C και κάτω) μπορεί να πάρει 4-6 εβδομάδες. Ο χρόνος βλάστησης μπορεί να μειωθεί με εμβάπτιση του σπόρου πριν τη φύτευση, για 12 ώρες σε χλιαρό νερό. Ο σπόρος παραμένει βιώσιμος σε κανονική αποθήκευση για 2-3 χρόνια, σε δοχεία ερμητικά κλειστά σε υγρασία 6,5%. Η σπορά πραγματοποιείται από Σεπτέμβριο έως Ιανουάριο. Η πρώιμη σπορά αυξάνει τη διάρκεια του βλαστικού κύκλου πριν την έναρξη της άνθησης με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής τόσο του φυλλώματος όσο και της ρίζας. Σε αντίθεση με τα φυλλώδη είδη μαϊντανού (όπου μπορεί να παραχθεί σε σπορεία, βλέπε Εικόνα 3.4) ο ριζώδης μαϊντανός δεν μεταφυτεύεται εύκολα. Οποιοσδήποτε τραυματισμός κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της κεντρικής ρίζας θα έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό πλάγιων δευτερευουσών ριζών και ως εκ τούτου τη δημιουργία κακοσχηματισμένων και μη εμπορεύσιμων ριζών (forking). Επιπλέον ένας τέτοιος τραυματισμός καταπονεί το φυτό και δυσκολεύει την προσαρμογή του κατά τα πρώτα στάδια μετά την μεταφύτευση, τα οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την μετέπειτα ανάπτυξη και παραγωγή του (Rumpell and Kaniszewski, 1994).



Εικόνα 3.4. Φωτογραφία από σπορεία μαϊντανού.

3.5 Τρόπος καλλιέργειας

Ο μαϊντανός όταν καλλιεργείται για το φύλλωμα του, σπέρνεται συνήθως σε υπερυψωμένες αλίες πλάτους 0,8-1 μ. που χωρίζονται μεταξύ τους με διάδρομο πλάτους τουλάχιστον 30 εκ (Εικόνα 3.5). Το χώμα των αλιών, που θα αποτελέσουν και την σποροκλίνη, πρέπει να είναι πολύ καλά προετοιμασμένο και ενισχυμένο με χωνεμένη κοπριά (απαλλαγμένη από σπόρους ζιζανίων) ή κάποιο άλλο εμπορικό οργανικό λίπασμα. Ο σπόρος στις αλίες σπέρνεται στα πεταχτά, με σπόρο 5-6 γραμμάρια ανά τ.μ σπορείου. Οι αλίες ποτίζονται τακτικά με σταγόνες ή με μικρά ράμφη τεχνητής βροχής και συνίσταται κάθε χρόνο να αλλάζουν μέρος (εφαρμογή αμειψισποράς).

Εάν καλλιεργηθεί μαϊντανός για σπόρο, τότε σπέρνεται όπως ο άνηθος, ο γλυκάνισος και τα λοιπά είδη αυτής της οικογένειας. Τον πρώτο χρόνο η σποροφυτεία μπορεί να θερίζεται και οι τρυφεροί βλαστοί να πωλούνται όπως ο μαϊντανός των αλιών αλλά στην περίπτωση αυτή οι συγκομιδές αυτές είναι λιγότερες και φυσικά και η απόδοση. Επίσης επειδή τα φυτά είναι πολύ αραιά, τα φύλλα είναι πολύ μεγαλύτερα ενώ οι βλαστοί και οι μίσχοι των φύλλων γίνονται λιγότερο τρυφεροί και ινώδεις. Οι κύριες

καλλιεργητικές φροντίδες του μαϊντανού είναι τα συχνά ποτίσματα και τα βοτανίσματα διότι τα ζιζάνια εκτός ότι μειώνουν την παραγωγή υποβιβάζουν και την ποιότητα, καθώς θερίζονται και αυτά μαζί με τους νωπούς βλαστούς του μαϊντανού.



Εικόνα 3.5. Υπαίθρια καλλιέργεια μαϊντανού.

3.6 Καλλιεργητικές περιποιήσεις

Όσον αφορά τη λίπανση όλα τα απαραίτητα στοιχεία για το φυτό μπορεί να δοθούν με τη μορφή της βασικής λίπανσης, για παράδειγμα 13,6 kg N, 11,3-17,0 kg P₂O₅ και 11,3-17,0 kg K₂O ανά στρέμμα. Επιπλέον, μπορεί να εφαρμοστεί επιφανειακή λίπανση με N κυρίως την άνοιξη προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες του φυτού. Ακόμη, αν το έδαφος λιπάνθηκε στην προηγούμενη καλλιέργεια μπορεί να μην γίνει εφαρμογή επιπλέον λίπανσης.

Για την καλή εγκατάσταση των φυτών μπορεί να χρειασθεί προφυτρωτική ζιζανιοκτονία, ενώ κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας το έδαφος διατηρείται κοντά στον κορεσμό με συχνές αρδεύσεις ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν.

3.7 Συγκομιδή και απόδοση

Όταν ο μαϊντανός καλλιεργείται για να πωληθεί νωπός συγκομίζεται με θερισμό πολύ τακτικά. Για τον θερισμό είναι έτοιμος δύο μήνες μετά το φύτεμα του. Μπορεί να συλλεχτεί και νωρίτερα αλλά καλύτερα είναι να καθυστερήσει για να ωριμάσουν τα φύλλα του, ώστε με τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης τους να αποκτήσει περισσότερους βλαστούς και να ενισχυθεί το ριζικό σύστημα των φυτών.

Μετά την πρώτη συγκομιδή που δεν είναι καλής ποιότητας αρχίζουν οι αλληπάλληλες συγκομιδές των τρυφερών βλαστών περίπου ανά τρεις βδομάδες. Η συχνότητα των συγκομιδών εξαρτάται από την γονιμότητα του εδάφους ή του υποστρώματος της καλλιέργειας, εάν καλλιεργείται σε θερμοκήπιο, από το συχνό πότισμα και τις επικρατούσες θερμοκρασίες. Η απόδοση νωπού προϊόντος σε βάρος με τις αλληπάλληλες συγκομιδές, μπορεί να φτάσει και τους δύο τόνους ανά στρέμμα.

Ο μαϊντανός που συγκομίστηκε εκτός από την άμεση κατανάλωση σε ματσάκια μπορεί να ξηραθεί ή να αφυδατωθεί. Για καλύτερη διατήρηση του χρώματος και του αρώματος του ο νωπός μαϊντανός συσκευάζεται πολλές φορές υπό ψύξη. Για οικιακή χρήση μπορεί να διατηρηθεί και στην κατάψυξη όπου διατηρεί αρκετά καλά το άρωμα του.

3.8 Χρήση του παραγομένου προϊόντος

Τα φύλλα όλων των τύπων μαϊντανού χρησιμοποιούνται στην μαγειρική νωπά ή μαγειρεμένα, καθώς και για γαρνίρισμα πιάτων με ψάρι, κρέας ή λαχανικά, ενώ φρέσκα ή ξερά φύλλα δίνουν το άρωμά τους σε σαλάτες, σάλτσες, σούπες, αυγά, βραστά ή μεταποιημένα προϊόντα. Παράλληλα η ρίζα του ριζώδη τύπου καταναλώνεται μαγειρεμένη σε σούπες ή όπως η ρίζα του σέλινου σε συνδυασμό με κρέας.

3.9 Ασθένειες, εχθροί, προβλήματα

Μία από τις κύριες ασθένειες του μαϊντανού είναι η σήψη της κεντρικής κορυφής του φυτού που οφείλεται σε μύκητες. Αυτή η ασθένεια εμφανίζεται συνήθως σε φυτείες

σποροπαραγωγής στις αρχές του Φθινοπώρου ή και νωρίτερα, όταν ποτίζονται πολύ συχνά και είναι πυκνοφυτεμένες. Επίσης πολλές φορές υποφέρει από νηματώδεις και από μύκητες που προξενούν κηλίδες πάνω στα φύλλα και έτσι χάνεται η εμπορική αξία της δρόγης. Το ίδιο παθαίνει και από προσβολές εντόμων. Επειδή ο μαϊντανός ως φυτό συγκομίζεται πολύ τακτικά δεν είναι επιδεκτικός για χημικές επεμβάσεις αλλά επιβάλλεται να εφαρμόζονται προληπτικά μέτρα (αμειψισπορά, ισόρροπος λίπανση κατά προτίμηση οργανική, κανονική πυκνότητα και συχνό πότισμα) για την αντιμετώπιση των εχθρών και των ασθενειών (Κουτσός, 2006).

Ο ριζώδης μαϊντανός όπως και οι άλλοι τύποι μαϊντανού είναι ευάλωτος στην κηλίδωση των φύλλων που προκαλούνται από το μύκητα *Microdochium ranattonianum* (Ανθράκωση), μύκητες του γένους *Septoria* spp. (Σεπτορίωση), τον μύκητα *Cercospora petroselini* (Κερκοσπορίωση), καθώς και το μύκητα *Cercosporidium punctum*. Ο μαϊντανός προσβάλλεται από το ιώδιο που προκαλείται από τον μύκητα *Erysiphe cichoracearum* και από διάφορες σήψεις με συχνότερες τις προσβολές από τους μύκητες *Sclerotinia sclerotiorum* και *S. minor*. Συχνότερες μετασυσπληκτικές ασθένειες παρατηρούνται από *Erwinia* και *Botrytis* που προκαλούν σήψεις και μούχλα.

3.10 Ο ριζώδης μαϊντανός στην Ελλάδα

Στην Πολωνία ο ριζώδης μαϊντανός καλλιεργείται σε έκταση περίπου 130.000 στρεμμάτων και στην Τσεχία περίπου 15.000 στρεμμάτων με μέση παραγωγή γύρω στους 2 τόννους/στρέμμα. Στη χώρα μας ο ριζώδης τύπος δεν καλλιεργείται εμπορικά μέχρι σήμερα, ωστόσο τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φυτού τον καθιστούν κατάλληλο για καλλιέργεια με την προοπτική της παραγωγής τόσο του φυλλώματος όσο και της σαρκώδους ρίζας του, δίνοντας επομένως διπλό όφελος στον Έλληνα παραγωγό και αποτελώντας κατ' αυτό τον τρόπο μια ιδανική εναλλακτική καλλιέργεια. Θα πρέπει επίσης, δεδομένου του ευνοϊκού κλίματος της χώρας μας, να ληφθεί υπόψη η δυνατότητα καλλιέργειας του συγκεκριμένου τύπου με την προοπτική της εξαγωγής των ριζών στις αγορές της Βόρειας και Κεντρικής Ευρώπης σε περιόδους όπου οι κύριες χώρες παραγωγής δεν μπορούν να καλύψουν την ζήτηση του προϊόντος λόγω ψυχρότερου κλίματος.

3.11 Πρόσφατες ερευνητικές μελέτες

Για τον μαϊντανό έχουν πραγματοποιηθεί μια σειρά από ερευνητικές μελέτες, ενώ παρακάτω ενδεικτικά παρουσιάζονται μερικές από αυτές. Σε τρία είδη μαϊντανού (πλατύφυλλο, σγουρό, ριζώδη) μελετήθηκε η επίδραση της καταπόνησης, λόγω έλλειψης νερού και αυξημένης συγκέντρωσης NaCl και CaCl₂ στην ανάπτυξη του φυτού και ειδικότερα στο βάρος του υπέργειου τμήματος, στο βάρος της ρίζας και στον αριθμό των βλαστών (Petrooulos et al., 2008a). Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι η έλλειψη νερού προκαλεί σημαντική μείωση στην ανάπτυξη του φυτού και στα τρία είδη μαϊντανού. Η αυξημένη συγκέντρωση αλάτων δεν επηρέασε σταθερά την ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού με σαφείς ενδείξεις όμως οι εφαρμοζόμενες συγκεντρώσεις NaCl και CaCl₂ ευνοούν κυρίως την ανάπτυξη της ρίζας. Σύμφωνα με την μελέτη παρατηρήθηκε ότι η καταπόνηση λόγω έλλειψης νερού επέδρασε αρνητικά στην ανάπτυξη και των τριών τύπων μαϊντανού συγκρίνοντας τα δύο επίπεδα καταπόνησης με τον μάρτυρα. Αντίθετα, συγκρίνοντας τα δύο επίπεδα μεταξύ τους παρατηρήθηκαν διαφορές στην ανάπτυξη της ρίζας του πλατύφυλλου και του σγουρού στο εναέριο τμήμα του ριζώδη αλλά και στον αριθμό των βλαστών του σγουρού. Όσον αφορά την αυξημένη συγκέντρωση αλάτων για τον σγουρό μαϊντανό είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους της ρίζας, ενώ το ίδιο βρέθηκε και με το CaCl₂ για το βάρος του υπέργειου τμήματος. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι το φυτό του μαϊντανού όχι μόνο αντέχει στις αυξημένες συγκεντρώσεις αλάτων αλλά σε αρκετές περιπτώσεις ευνοείται η ανάπτυξη του ιδιαίτερα όσο αφορά την ρίζα (Petrooulos et al., 2008). Εν μέρει διαφορετικά αποτελέσματα βρέθηκαν από τους Pardossi et al. (1999a,b) οι οποίοι ανέπτυξαν φυτά μαϊντανού σε υδροπονικές καλλιέργειες και με υψηλότερες συγκεντρώσεις και ανέφεραν ότι δεν υπήρξε επίδραση από τα άλατα. Ο μαϊντανός φαίνεται ότι αποτελεί και αυτός ένα σχετικά ανθεκτικό στην αλατότητα φυτό όπως το σέλινο σε αντίθεση με άλλα φυτά της οικογένειας Apiaceae τα οποία αναφέρονται ως ευαίσθητα (Shannon and Grieve, 1999).

Σε άλλη μια μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε σε φυτά ριζώδη μαϊντανού τα οποία καλλιεργήθηκαν τα έτη 2001-2003, μελετήθηκε η επίδραση της εποχής σποράς (χειμερινή –εαρινή) καθώς και η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη του φυτού (Petrooulos et al., 2006). Εφαρμόστηκαν λιπάνσεις με διαλύματα NO₃ σε

συγκεντρώσεις 0, 150, 300, και 400 ppm για τον πρώτο χρόνο και 0, 75, 150, 300, για τον δεύτερο χρόνο. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων διαπιστώθηκε ότι τον πρώτο χρόνο η εποχή σποράς επηρέασε κυρίως το βάρος του υπέργειου τμήματος με υπεροχή της εαρινής καλλιέργειας, ενώ η εφαρμογή NO_3 είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους στο υπέργειο τμήμα και του αριθμού των βλαστών σε σχέση με τον μάρτυρα χωρίς να παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Στο δεύτερο χρόνο η εποχή σποράς επηρέασε και πάλι το βάρος του υπέργειου τμήματος αλλά και τον αριθμό των βλαστών, η λίπανση ευνόησε την ανάπτυξη τόσο του υπέργειου τμήματος όσο και της ρίζας χωρίς όμως να παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διάφορων επιπέδων λίπανσης. Έτσι διαπιστώθηκε ότι για τις ελληνικές συνθήκες καλλιέργειας όπου ο ριζώδης μαϊντανός καλλιεργείται για πρώτη φορά η εποχή σποράς φαίνεται να επηρεάζει κυρίως την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος και όχι της ρίζας με διαφοροποίηση της ιδανικής εποχής από έτος σε έτος. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης φάνηκε να είναι σημαντική σε σχέση με τον μάρτυρα χωρίς όμως να παρατηρείται σημαντική επίδραση από την αύξηση της εφαρμοζόμενης συγκέντρωσης αζώτου.

Μια άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών και η οποία είχε σαν στόχο την μελέτη της λίπανσης N για την ανάπτυξη των φυτών, καθώς και την περιεκτικότητα σε νιτρικά στα φύλλα και τις ρίζες στην περιοχή της Μεσογείου (Petropoulos et al., 2008b). Διαπιστώθηκε ότι το φύλλωμα και ρίζα αυξήθηκαν με την προσθήκη N μέχρι το επίπεδο των 150 mg ενώ η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα των ιστών παρέμεινε χαμηλή. Η αύξηση των ποσοστών N και εφαρμογή στα 300 ή 450 mg δεν προκάλεσε περαιτέρω αύξηση της απόδοσης, αλλά αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα των ιστών. Έτσι προτάθηκε ότι το βέλτιστο επίπεδο εφαρμογής νιτρικού αμμωνίου υπό τις τοπικές συνθήκες θα πρέπει να είναι 150 mg. Συνολικά, και τα τρία υποείδη (φυλλώδης, σγουρός, ριζωματούδης) ανταποκρίθηκαν στο N με παρόμοιο τρόπο από πλευράς απόδοσης περιεχόμενων σε νιτρικά.

Επιπλέον μελετήθηκε η επίδραση της εφαρμογής N (3,2 – 16,2 – 32,4 – 48,6 g m⁻²), στην βιομάζα, την συγκέντρωση και την σύνθεση των αιθέριων ελαίων σε φύλλα και ρίζες σε τρεις τύπους μαϊντανού (Petropoulos et al., 2009). Βρέθηκε ότι η συγκέντρωση των αιθέριων ελαίων στις ρίζες και τα φύλλα του κανονικού μαϊντανού

και του ριζώδη μαϊντανού δεν επηρεάστηκαν από την εφαρμογή N. Μειώθηκε όμως με την αύξηση N στα φύλλα του σγουρού μαϊντανού. Η κύρια βιομάζα του φυλλώματος και για τους τρεις τύπους μαϊντανού ήταν περίπου 2,5 φορές υψηλότερη σε λίπανση $16,2 \text{ g m}^{-2}$ N σε σχέση με το χαμηλό N. Η μέση απόδοση ελαίου αυξήθηκε $0,68$ με $1,38 \text{ g m}^{-2}$. Η βιομάζα των ριζών αυξήθηκε κατά ένα συντελεστή $1,7$ σε $16,2 \text{ g m}^{-2}$ N σε σύγκριση με το χαμηλό N, αλλά η απόδοση του ελαίου αυξήθηκε μόνο οριακά από $0,3$ έως $0,4 \text{ g m}^{-2}$. Η σύνθεση των αιθέριων ελαίων των ριζών και των φύλλων διέφεραν μεταξύ των τριών τύπων μαϊντανού. Η αύξηση του N προκάλεσε μείωση του ποσοστού των β-φελλανδρένιο στα αιθέρια έλαια μαϊντανού στα φύλλα. Στον ριζώδη μαϊντανό, η αύξηση του N προκάλεσε μείωση σε μυρισισίνη και απιόλη. Οι παραπάνω τρεις συνιστώσες των αιθέριων ελαίων συμβάλλουν στο άρωμα του μαϊντανού. Συνεπώς αν και η εφαρμογή των λιπασμάτων N οδηγεί σε υψηλότερη βιομάζα μαϊντανού και απόδοση του ελαίου ανά μονάδα, τα βασικά συστατικά του ελαίου καθώς και η ποιότητα και το άρωμα του μπορούν επηρεαστούν αρνητικά.

Σε τρία είδη μαϊντανού μελετήθηκε η επίδραση της ημερομηνίας σποράς και το στάδιο ανάπτυξης σχετικά με την βασική σύνθεση ελαίου (Petrooulos et al., 2004). Το στάδιο της ανάπτυξης φυτικών ιστών, η ημερομηνία της σποράς καθώς και οι κλιματικές συνθήκες όλα είχαν σημαντική επίδραση στην βασική σύνθεση του ελαίου και τροποποίησαν τη αναλογία των συστατικών του (β-φελλανδρένιο, 1,3,8-p-menthatriene, α-, p-dimethylstyrene, myristicin, β-myrcene, apiole, α-και β-πινένιο και β-elemene) ουσιών.

Μέρος Β. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΪΝΤΑΝΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ NFT

Κεφάλαιο 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

4.1 Τόπος και χρόνος διεξαγωγής του πειράματος

Η πειραματική εργασία αναφέρεται στην επίδραση της αλατότητας σε συνδυασμό με διαφυλλικό ψεκασμό με ασβέστιο στην αύξηση και ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας μαϊντανού. Η υλοποίηση του πειράματος πραγματοποιήθηκε στο Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών Χανίων, το οποίο ανήκει στο Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ), σε μη θερμαινόμενο υαλόφρακτο θερμοκήπιο, στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Υδροπονίας και Αρωματικών Φυτών. Το πείραμα ξεκίνησε στις 29/05/2009 και ολοκληρώθηκε στις 29/07/2009.

4.2 Προετοιμασία και τοποθέτηση σποροφύτων μαϊντανού

Τρεις εβδομάδες πριν τη διεξαγωγή του πειράματος, πραγματοποιήθηκε η σπορά για τη δημιουργία των σποροφύτων μαϊντανού σε σπορείο όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.1. Οι σπόροι φυτεύτηκαν σε υπόστρωμα τύρφης, και τοποθετήθηκαν σε δυο δίσκους των ογδόντα θέσεων με διαστάσεις 27 x 37 cm. Σε κάθε θέση τοποθετήθηκαν δύο με τρεις σπόροι, ενώ μετά την έκπτυξη τους, πραγματοποιήθηκε αραίωμα ή μεταφύτευση για κάλυψη τυχόν κενών θέσεων. Μετά την σπορά, ακολούθησε καθημερινό πότισμα των σποροφύτων, και έλεγχος για τυχόν προσβολές από έντομα. Δημιουργήθηκαν περισσότερα φυτά μαϊντανού, για την κάλυψη των αναγκών του πειράματος αλλά και για τυχόν απώλειες των φυταρίων. Μόλις απέκτησαν ικανοποιητικό μέγεθος πραγματοποιήθηκε η διαδικασία της μεταφύτευσης όπου τοποθετήθηκε ένα φυτό σε κάθε θέση δίσκου. Λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών μέσα στο θερμοκήπιο η ανάπτυξη των σποροφύτων πραγματοποιήθηκε σε σκιαζόμενο χώρο έξω από το θερμοκήπιο. Τα φυτά παρέμειναν εκεί για δύο εβδομάδες και έπειτα τοποθετήθηκαν στα κανάλια του NFT (Nutrient Film Technique). Εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών την περίοδο εκείνη, πραγματοποιήθηκε άσπρισμα του θερμοκηπίου προκειμένου να μειωθεί η θερμοκρασία στο εσωτερικό του.



Εικόνα 4.1. Παραγωγή σποροφύτων μαϊντανού για τις ανάγκες της πειραματικής εργασίας.

4.3 Προετοιμασία NFT

Παράλληλα με την ανάπτυξη των σποροφύτων στο σπορείο, στο χώρο του θερμοκηπίου πραγματοποιήθηκαν εργασίες προετοιμασίας για την εγκατάσταση των φυτών στο NFT. Οι εργασίες αυτές ήταν καθαρισμός του θερμοκηπίου, άπλωμα του μαύρου πολυαιθυλενίου πάνω στις λαμαρίνες, με τέτοιον τρόπο ώστε να σχηματιστούν τα κανάλια όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.2



Εικόνα 4.2. Προετοιμασία καναλιών στο σύστημα NFT. Χρήση μαύρου πολυαιθυλενίου (μαύρο φύλλο πλαστικού) για την μόνωση των καναλιών και διατήρηση σκοταδιού για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών.

Για τον έλεγχο τυχόν διαρροών λειτούργησε το σύστημα NFT για μια εβδομάδα μόνο με νερό. Ακριβώς πάνω από τα κανάλια τοποθετήθηκε φύλλο σκληρού πλαστικού (μαύρου χρώματος στην κάτω επιφάνεια ώστε να διατηρείται ο χώρος του ριζικού συστήματος σκοτεινός και για να εμποδιστεί η ανάπτυξη αλγών, και λευκού χρώματος στην επάνω επιφάνεια του (Εικόνα 4.3), για καλύτερη αξιοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και αποφυγή υπερθέρμανσης της ρίζας. Στο σκληρό πλαστικό ανοίχτηκαν οπές διαμέτρου 5 cm και η απόσταση μεταξύ των οπών ήταν για την τοποθέτηση των σποροφύτων 20 cm.



Εικόνα 4.3. Σκληρό πλαστικό (λευκή επάνω επιφάνεια – μαύρη κάτω επιφάνεια) για την τοποθέτηση και στήριξη των σποροφύτων.

Το σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας μαϊντανού αποτελούνταν από:

- a) Τα βαρέλια του νερού άρδευσης – λίπανσης (Εικόνα 4.5)
- b) Το θρεπτικό διάλυμα που βρίσκονταν μέσα σε δοχείο διαμέτρου 24 cm και ύψους 56 cm. Μέσω μίας αντλίας (Εικόνα 4.4) και σωλήνων το θρεπτικό διάλυμα μεταφερόταν στην κορυφή του κεκλιμένου επίπεδου του NFT. Από εκεί μέσω του φύλλου πλαστικού συλλέγονταν πίσω στο βαρέλι ώστε να πραγματοποιείται η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος.
- c) Η τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος με νερό, με τη βοήθεια ενός φλοτέρ, γινόταν από δοχείο, σε υπερυψωμένη θέση σε σχέση με το δοχείο συλλογής του θρεπτικού διαλύματος. Από το υπερυψωμένο δοχείο, υπολογίζονταν η

ποσότητα του νερού που απορροφήθηκε (καταναλώθηκε) από τα φυτά, με βάση την μείωση της στάθμης του νερού από ημερομηνία σε ημερομηνία καταγραφής παρατηρήσεων.

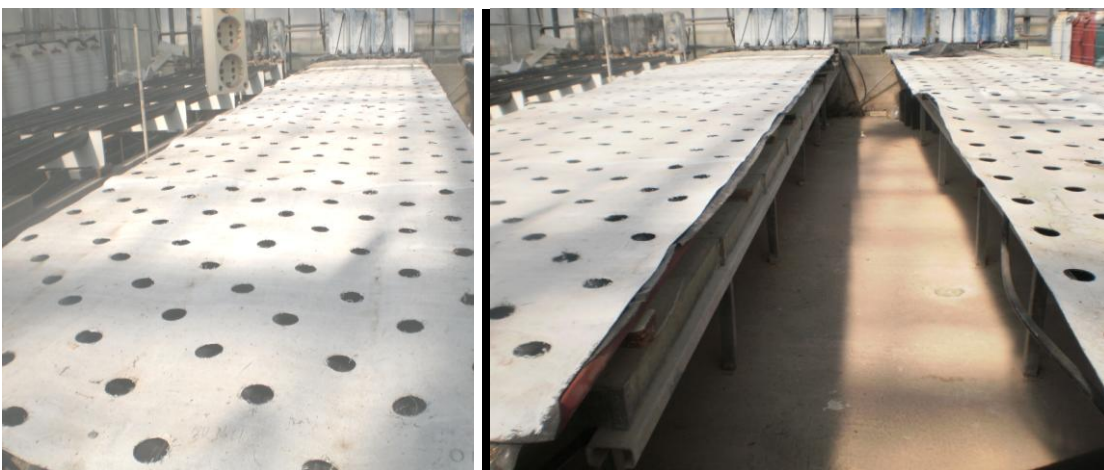
- d) Τους πάγκους υδροπονίας (στους οποίους βρισκόταν τοποθετημένα τα φυτά). Το κάθε κανάλι, απαρτίζονταν από δίδυμες σειρές ανάπτυξης φυτών.
- e) Αντλίες μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος στην καλλιέργεια (Εικόνα 4.5).
- f) Ηλεκτρικό σύστημα (ρελέ, ηλεκτροβάνες κλπ.).
- g) Η/Υ και προγράμματα για τις διάφορες λειτουργίες και αυτοματισμοί του θερμοκηπίου.
- h) Σύστημα ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος απορροής



Εικόνα 4.4. Δοχεία νερού άρδευσης.



Εικόνα 4.5. Δοχεία θρεπτικού διαλύματος.



Εικόνα 4.6. Πάγκοι υδροπονίας.



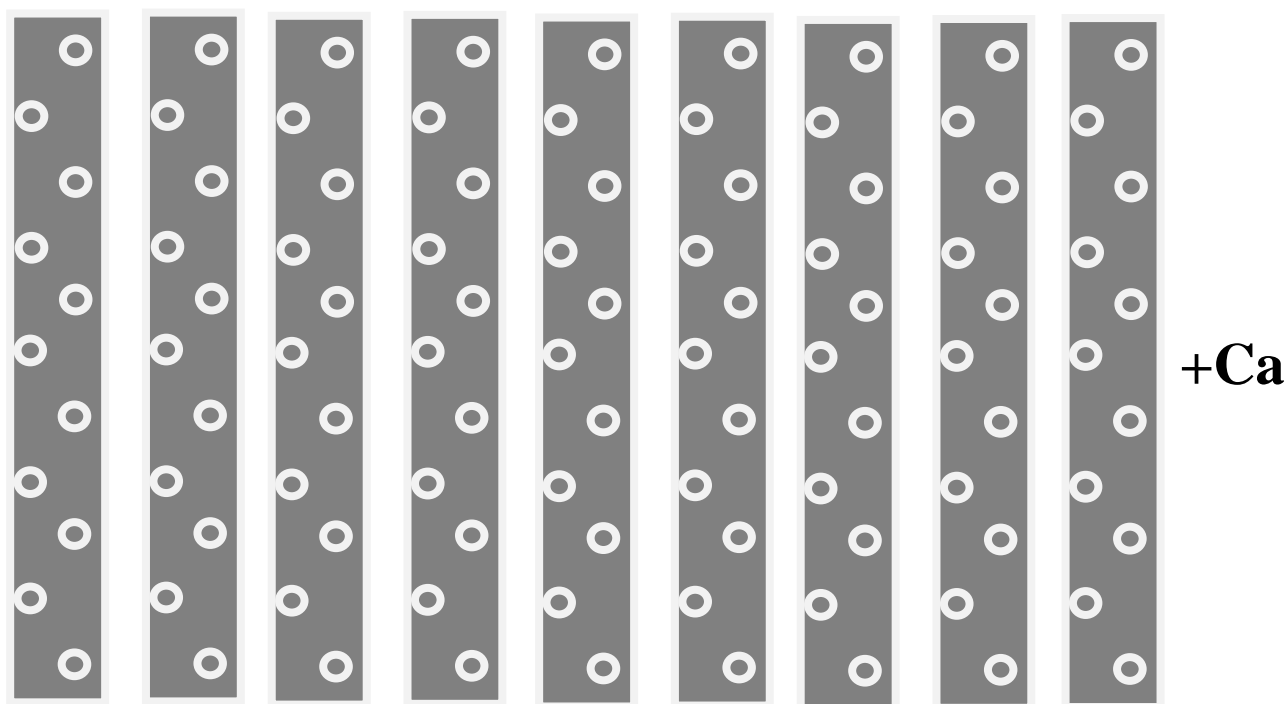
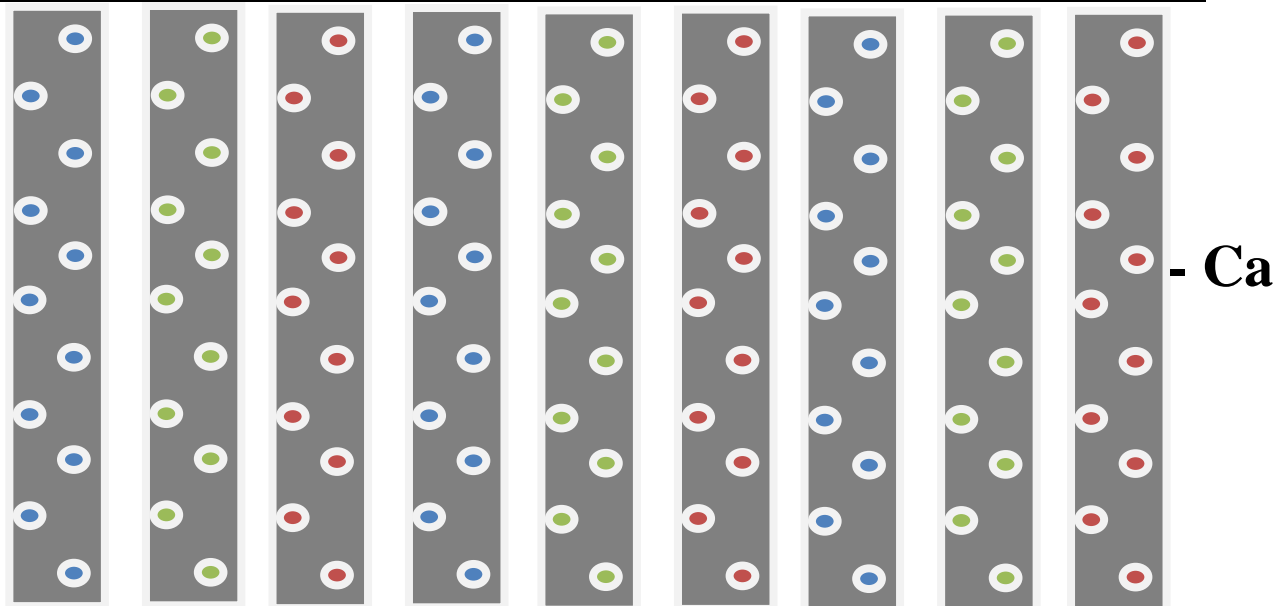
Εικόνα 4.7. Αντλία μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος στην καλλιέργεια.

4.4 Πειραματικό σχέδιο.

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε στο συγκεκριμένο πείραμα απεικονίζεται στο Σχήμα 4.1 και στην Εικόνα 4.8. Περιλάμβανε 9 κανάλια (με δίδυμες γραμμές) όπου υπήρχαν τοποθετημένα 30 φυτά μαϊντανού. Τα μισά εκ των οποίων εφαρμόζονταν διαφυλικός ψεκασμός με ασβέστιο.

Πραγματοποιήθηκαν τρεις επεμβάσεις αλατότητας, άρδευση με σκέτο αρδευτικό νερό 0-5 mM NaCl (μεταχείριση 1 που αποτελούσε και τον μάρτυρα, 0 mM NaCl), άρδευση με 30 mM NaCl (μεταχείριση 2) και άρδευση με 90mM NaCl (μεταχείριση 3).

Μάρτυρας	30 mM	90 mM	Μάρτυρας	30 mM	90 mM	Μάρτυρας	30 mM	90 mM
	NaCl	NaCl		NaCl	NaCl		NaCl	NaCl



Σχήμα 4.1. Πειραματική διάταξη καλλιέργειας.



Εικόνα 4.8. Πειραματική διάταξη της διάταξη.

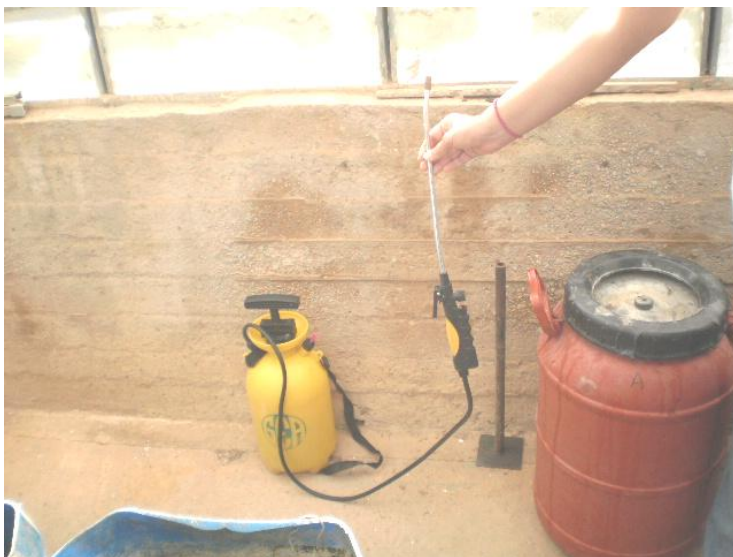
4.5 Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος και νιτρικού ασβεστίου

Για τις θρεπτικές ανάγκες της καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκε πυκνό (1/100) θρεπτικό υδροπονικό διάλυμα, το οποίο διαχωριζόταν σε δυο δοχεία, το δοχείο Α και το δοχείο Β, χωρητικότητας 15 L έκαστο. Τα χημικά λιπάσματα ή στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ήταν για το δοχείο Α: Calcium nitrate (Νιτρικό ασβέστιο), Potassium nitrate (Νιτρικό κάλιο), Ammonium nitrate (Νιτρικό αμμώνιο), Fe-chelate (Χηλικός σίδηρος) και για το δοχείο Β: Potassium nitrate (Νιτρικό κάλιο), Magnesium sulphate (Θειικό μαγνήσιο), Magnesium nitrate (Νιτρικό μαγνήσιο), Potassium sulphate (Θειικό κάλιο), Phosphoric acid (Φωσφορικό οξύ – 86% κ.ο.), Manganese sulphate (Θειικό μαγγάνιο), Zinc sulphate (Θειικός ψευδάργυρος), Copper sulphate (Θειικός χαλκός), Boric acid (Βορικό οξύ), Ammonium heptamolybdate (Αμμωνιακό μολυβδαίνιο), Nitric acid (Νιτρικό οξύ). Επομένως το θρεπτικό διάλυμα είχε την παρακάτω σύσταση: $\text{NO}_3\text{-N} = 13,21$; $\text{K} = 5,12$; $\text{PO}_4\text{-P} = 0,97$; $\text{Ca} = 3,07$; $\text{Mg} = 2,78$; $\text{SO}_4\text{-S} = 1,56$ και $\text{Na} = 1,30 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, αντίστοιχα, και Β = 18,52; $\text{Fe} = 71,56$; $\text{Mn} = 18,21$; $\text{Cu} = 4,72$; $\text{Zn} = 1,53$ και $\text{Mo} = 0,52 \text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ αντίστοιχα, με επιθυμητή τιμή pH 6,0 και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) 1,5 dS/m.

Το πυκνό θρεπτικό διάλυμα, προστίθενται στο τελικό δοχείο παροχής θρεπτικού διαλύματος για την καλλιέργεια μας. Η προσθήκη του θρεπτικού διαλύματος έγινε σταδιακά, ώστε να επιτευχθεί η σταδιακή αύξηση της αγωγιμότητας και να φτάσει

στην επιθυμητή τιμή (1,5 dS/m) και αποφυγή του μεταφυτευτικού σοκ. Το επόμενο στάδιο (9^η ημέρα) ήταν η σταδιακή προσθήκη άλατος (NaCl) στα δοχεία με το θρεπτικό διάλυμα της καλλιέργειας.

Για τον εμπλουτισμό ασβεστίου, μέσω διαφυλλικού ψεκασμού, παρασκευάστηκε διάλυμα νιτρικού ασβεστίου $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Η εφαρμογή ασβεστίου γινόταν 2 φορές την εβδομάδα, με ψεκαστήρα (βλέπε Εικόνα 4.9) στα φυτά που εφαρμόζονταν ο εμπλουτισμός ασβεστίου, μέχρι πλήρους απορροής του ψεκαστικού υγρού από τα φύλλα του μαϊντανού.



Εικόνα 4.9. Εφαρμογή νιτρικού ασβεστίου με ψεκαστήρα.

4.6 Καλλιεργητικές φροντίδες

Μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας στο σύστημα NFT πραγματοποιήθηκε μέτρηση του pH και της EC του θρεπτικού διαλύματος με φορητό πεχάμετρο/αγωγημόμετρο (HANNA). Στόχος υπήρξε η διατήρηση του pH στο 6,0 και της EC περίπου 1,5 dS/m. Αν η ένδειξη ήταν χαμηλότερη από την αναμενόμενη τότε γινόταν προσθήκη επιπλέον πυκνού θρεπτικού διαλύματος. Το μέγεθος της διόρθωσης εξαρτιόταν από τη διαφορά μεταξύ της πραγματικής και της αναμενόμενης EC. Το ίδιο ίσχυε και για το pH ενώ η διόρθωση γινόταν με αραιό νιτρικό οξύ (5% κ.ο.).

Κατά την διάρκεια της καλλιέργειας σημειώθηκε προσβολή από αφίδες που αντιμετωπίστηκε κατάλληλα με ψεκάσμο με τα παραπάνω φυτοπροστατευτικά ABAMECTIN, ADMIRAL 10EC, SUMITOMO CHEMICAL, DECIS FLOW 2,5 EC AGREVO SA, στην συνιστώμενη δόση.

4.7 Μετρήσεις και προσδιορισμοί

Για την μελέτη της επίδρασης της αλατότητας και του ασβεστίου στα φυτά του μαϊντανού μελετήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι.

4.7.1 Μέτρηση του αριθμού των φύλλων

Η μέτρηση του αριθμού των φύλλων πραγματοποιήθηκε δυο φορές (ενδιάμεση και τελική) κατά την διάρκεια του πειράματος.

4.7.2 Μέτρηση του ύψους του φυτού

Η μέτρηση του ύψους του φυτού έγινε με απλό μέτρο δύο φορές κατά την διάρκεια του πειράματος μια ενδιάμεση και μια στο τέλος.

4.7.3 Μέτρηση νωπού βάρους και ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους

Η μέτρηση του νωπού βάρους πραγματοποιήθηκε αφού πρώτα έγινε επιλογή από κάθε κανάλι τεσσάρων φυτών με εφαρμογή ασβεστίου και τέσσερα φυτά χωρίς εφαρμογή ασβεστίου. Έπειτα διαχωρίστηκε το υπέργειο μέρος και ζυγίστηκε. Τα δείγματα στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ειδικό πυραντήριο (φούρνους) με μηχανικό αερισμό για ξήρανση. Η ξήρανση έγινε σε θερμοκρασία 75 °C (24-48 ώρες). Στην συνέχεια, τα δείγματα ζυγίστηκαν πάλι, και υπολογίστηκε η επί τοις εκατό περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία.

4.7.4 Μέτρηση του νωπό βάρους και ξηρού βάρους του υπόγειου μέρους-ριζικό σύστημα

Οι μετρήσεις του υπόγειου μέρους έγιναν όπως προαναφέρθηκαν για το υπέργειο μέρος, στα ίδια φυτά.

4.7.5 Μέτρηση του μήκους ρίζας και της αναλογίας φύλλων/ρίζας

Η μέτρηση του μήκους της ρίζας πραγματοποιήθηκε με απλό μέτρο στο ριζικό σύστημα των φυτών που προαναφέρθηκαν προηγουμένως.

4.7.6 Μέτρηση pH και EC και απορρόφηση θρεπτικού διαλύματος

Το pH και η EC καταγράφονταν καθημερινά με φορητό πεχάμετρο/αγωγιμόμετρο (Εικόνα 4.10) και με βάση τις ενδείξεις γίνονταν οι απαιτούμενες διορθώσεις με προσθήκη νιτρικού οξέως και θρεπτικού διαλύματος αντίστοιχα, όπως προαναφέρθηκε. Ο υπολογισμός απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων που μελετήθηκαν βασίζεται στην παρακάτω υπολογιστική προσέγγιση, για παράδειγμα του Κ.



Εικόνα 4.10. Φορητό πεχάμετρο-αγωγιμόμετρο για την μέτρηση pH και EC.

Ποσότητα Κ, που καταναλώθηκε κατά την διάρκεια της 2^η εβδομάδας = ποσότητα Κ στο διάλυμα απορρόφησης την αρχή της 2^{ης} εβδομάδας + προστιθέμενη ποσότητα Κ

από συμπλήρωμα από το πυκνό θρεπτικό διάλυμα – ποσότητα K που μετρήθηκε στο διάλυμα απορροής στο τέλος της 2^{ης} εβδομάδας.

Η ίδια προσέγγιση γίνεται για όλα τα υπό μελέτη στοιχεία, ανά εβδομάδα. Επίσης η ποσότητα του Ca που προστίθεται από την προσθήκη του αρδευτικού νερού (αλλά και του Na από την προσθήκη του αλατούχου νερού) και των NO₃ από το νιτρικό οξύ που προστίθεται για την ρύθμιση του pH , συνυπολογίστηκαν.

4.7.7 Κατανάλωση θρεπτικών στοιχείων

Κάθε εβδομάδα γινόταν συλλογή δείγματος από κάθε δοχείο όπου τοποθετούταν σε μπουκαλάκια προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ανάλυση θρεπτικών στοιχείων. Έγιναν οι στοιχειομετρικές αναλύσεις K, Na, Ca, NO₃, P με τον τρόπο που αναλύεται παρακάτω και αναλυτικότερα στο Παράρτημα Α.

Προσδιορισμός Καλίου

Για τον προσδιορισμό του K χρησιμοποιήθηκε φλογοφωτόμετρο (JENWAY, ΑΓΓΛΙΑ) όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.11. Η συγκέντρωση του K, για τα διαλύματα απορροής υπολογίστηκε, αφού είχε χρησιμοποιηθεί διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης K, όπως αναφέρεται στο Παράρτημα Α.



Εικόνα 4.11. Φλογοφωτόμετρο για την στοιχειομετρική ανάλυση Κ.

Προσδιορισμός Ασβεστίου

Ο προσδιορισμός του Ca πραγματοποιήθηκε με φλογοφωτόμετρο ομοίως όπως και στο Κ (βλέπε και Παράρτημα Α).

Προσδιορισμός Νατρίου

Για τον προσδιορισμό του Na χρησιμοποιήθηκε ομοίως φλογοφωτόμετρο (βλέπε και Παράρτημα Α).

Προσδιορισμός Φωσφόρου

Για τον προσδιορισμό του φωσφόρου χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο (HITACHI U-1100) όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.12. Η συγκέντρωση του P, για τα διαλύματα απορροής υπολογίστηκε αφού είχε χρησιμοποιηθεί διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης P όπως αναφέρεται στο Παράρτημα Α.



Εικόνα 4.12. Φασματοφωτόμετρο για την στοιχειομετρική ανάλυση του Ρ.

Προσδιορισμός Νιτρικών

Για τον προσδιορισμό των νιτρικών χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο (Jenway 6405UV/Vis spectrophotometer) και απορρόφηση σε 2 μήκη κύματος (στα 210nm και στα 275 nm, Εικόνα 4.13). Η συγκέντρωση των NO_3 , για τα διαλύματα απορροής υπολογίστηκε αφού είχε χρησιμοποιηθεί διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης NO_3 , όπως αναφέρεται στο Παράρτημα Α.



Εικόνα 4.13. Φασματοφωτόμετρο πολλαπλής ανάγνωσης για την στοιχειομετρική ανάλυση NO_3^- .

4.7.8 Προσδιορισμός θρεπτικών στοιχείων σε φύλλα και ρίζα

Μετά από την ξήρανση των φύλλων και των ριζών ακολούθησε άλεσμα σε ειδικό μύλο (Εικόνα 4.14). Στην συνέχεια, ο αλεσμένος φυτικός ιστός, τοποθετήθηκε σε ειδικό πυραντήριο για μια μέρα, για την πλήρη απομάκρυνση της υγρασίας. Ένα μέρος (1 gr) από τον φυτικό ιστό, ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακρίβειας. Τοποθετήθηκε το δείγμα του ξηρού ιστού πρώτα σε ειδικά πορσελάνινα καψάκια και έπειτα σε ειδικό φούρνο αποτέφρωσης στους $550\text{ }^\circ\text{C}$ (Εικόνα 4.15). Ο χρόνος παραμονής των δειγμάτων ήταν έως ότου αποκτήσουν λευκό χρώμα. Μετά την καύση διαλύθηκε η στάχτη σε 5 ml HCl (1M) για κάθε γραμμάριο φυτικού ιστού. Έπειτα από την διάλυση της στάχτης στο οξύ, τοποθετήθηκαν τα δείγματα σε ειδική πλάκα θέρμανσης προκειμένου να ζεσταθούν ελαφρά (η θέρμανση γίνεται για να διαλυθούν ευκολότερα τα άλατα). Τέλος, πραγματοποιήθηκε διήθηση για απομάκρυνση υπολειμμάτων και λήφθηκε το διάλυμα στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι περαιτέρω αναλύσεις των θρεπτικών στοιχείων και συγκεκριμένα του K, Na, P, Ca, NO_3^- ακριβώς όπως αναλύθηκαν και στο διάλυμα απορροής. Όπου ήταν απαραίτητο, έγινε αραίωση των διαλυμάτων με νερό, ώστε οι μετρήσεις να βρίσκονται εντός των ορίων υπολογισμού, με βάση τις ρυθμίσεις και τις καμπύλες αναφοράς που είχαν πραγματοποιηθεί.



Εικόνα 4.14. Μύλος για άλεσμα φυτικών ιστών.



Εικόνα 4.15. Ειδικό πυραντήριο για απομάκρυνση της υγρασίας.



Εικόνα 4.16. Φούρνος αποτέφρωσης φυτικού ιστού και πορσελάνινα δοχεία.



Εικόνα 4.17. Πλάκα θέρμανσης των δειγμάτων.

4.7.9 Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες έγινε με βάση την μεθοδολογία που έχει περιγραφεί σε δημοσιευμένη εργασία (Tzortzakis, 2007). Αναλυτικά, δείγμα από φυτικό ιστό (2,5 g) που διατηρήθηκε σε κατάψυξη (-20°C) μετά την λήξη του πειράματος, τοποθετήθηκε σε πορσελάνινο γουδί ενώ προστέθηκε 5 ml μεθανόλης (50% κ.ο.) και πραγματοποιήθηκε η πλήρης αποδόμηση του φυτικού ιστού και εκχύλιση των φαινολών. Μια ποσότητα εκχυλίσματος (125 μl), έπειτα από φυγοκέντρηση (για την απομάκρυνση των ακαθαρσιών), μεταφέρθηκε σε πλαστική κιουβέτα (χωρητικότητας 4 ml) με την χρήση εργαστηριακής πιπέτας. Επιπλέον, προστέθηκε 1,5 ml απιονισμένο νερό, 125 μl αντιδραστήριο Folin Ciocalteu's reagent (Sigma Aldrich, Athens, Greece) και 1,25 ml ανθρακικό νάτριο (7% κ.ο.). Η διαδικασία αυτή εφαρμόστηκε σε κάθε δείγμα χωριστά. Στην συνέχεια, έγινε επώαση των μειγμάτων αντίδρασης 1,5 ώρα στο σκοτάδι, πριν από την ανάγνωση τους στο φασματοφωτόμετρο (όμοιο όργανο (Jenway 6405UV/Vis spectrophotometer) που χρησιμοποιήθηκε στον προσδιορισμό P) και απορρόφηση σε μήκος κύματος 760 nm. Τα αποτελέσματα ήταν εκφρασμένα σε γραμμοισοδύναμα γαλλικού οξέος (Gallic Acid Equivalent -GAE) ανά 100 γρ. του νωπού βάρους των ιστών. Πριν την μέτρηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε μηδενισμός στο όργανο και μέτρηση

απορρόφησης δειγμάτων για την παραγωγή της καμπύλης αναφοράς, και υπολογισμό των αποτελεσμάτων (βλέπε αναλυτικότερα Παράρτημα Β).

4.7.10 Προσδιορισμός χλωροφύλλης a, χλωροφύλλης b και καροτενοειδών

Για να καθορισθεί το επίπεδο χλωροφύλλης a (Chla) και b (Chlb) και των ολικών καροτενοειδών (Carotenoids) σε φύλλα μαϊντανού πραγματοποιήθηκε η εξής διαδικασία σύμφωνα με τον Porra, (2002). Αναλυτικά, δείγμα από φυτικό ιστό (0,2 g) που διατηρήθηκε σε κατάψυξη (-20°C) μετά την λήξη του πειράματος, τοποθετήθηκε σε πορσελάνινο γουδί ενώ προστέθηκε 5 ml ακετόνης (80% κ.ο.) και λειοτριβήθηκαν. Έπειτα έγινε διήθηση των δειγμάτων και το μεταφέρθηκε σε κιουβέτες προκειμένου να αναγνωσθεί η απορρόφηση του διαλύματος στα 470 nm, 652 nm και στα 663 nm με την χρήση φασματοφωτόμετρου πολλαπλής ανάγνωσης (όμοιο όργανο που χρησιμοποιήθηκε στον προσδιορισμό NO₃). Τέλος με τις παρακάτω εξισώσεις υπολογίστηκαν συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης a και b και των ολικών καροτενοειδών.

$$\text{Chla } (\mu\text{g}) = 12.21 \cdot A_{663} - 2.81 \cdot A_{646}$$

$$\text{Chlb } (\mu\text{g}) = 12.13 \cdot A_{646} - 5.03 \cdot A_{663}$$

$$\text{Carotenoids } (\mu\text{g}) = (1000A_{470} - 3.27\text{Chla} - 104\text{Chlb})/198$$








Εικόνα 4.18. Πορσελάνινο γουδί για την λειοτρίβηση των ιστών μαϊντανού για τον προσδιορισμό χλωροφύλλης a, χλωροφύλλης b και ολικών καροτενοειδών.

4.7.11 Μακροσκοπική αξιολόγηση εμφάνισης μαϊντανού

Παρατηρήθηκαν μακροσκοπικά τα φυτά μαϊντανού σχετικά με νεκρώσεις, ξηράνσεις, που τυχόν υπήρχαν και μεταχρωματισμούς. Για τον λόγο αυτό, ορίστηκε μια κλίμακα από το 1-5 με την οποία αξιολογήθηκε η εμφάνιση των φυτών.

Πίνακας 4.1. Κλίμακα αξιολόγησης των φυτών

1	2	3	4	5
πολύ καλή εμφάνιση	καλή εμφάνιση	μέτρια εμφάνιση μερικές ξηράνσεις	κακή εμφάνιση	πολύ κακή εμφάνιση

Εμφάνιση	Κλίμακα	Απεικόνιση
Πολύ καλή	1	
Καλή	2	
Μέτρια-μερικές ξηράνσεις	3	
Κακή	4	
Πολύ κακή	5	

Εικόνα 4.19. Φωτογραφική κλίμακα αξιολόγησης των φυτών

4.7.12 Παραλαβή και ποσοτικός προσδιορισμός αιθέριου ελαίου

Για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των φυτών μαϊντανού, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υδροαπόσταξης (hydrodistillation). Η υδροαπόσταξη έλαβε χώρα σε αποστακτική συσκευή τύπου Clevenger (Εικόνα 4.20) και διήρκεσε 2,5 ώρες. Η διαδικασία της υδροαπόσταξης πραγματοποιήθηκε ως εξής: Το φυτικό δείγμα (60-100 gr ανάλογα την διαθεσιμότητα φυτικού ιστού) προς απόσταξη τοποθετήθηκε στη σφαιρική φιάλη (φλάσκα) και η φιάλη γέμισε με νερό ως τα 3/5 της. Η φιάλη τοποθετήθηκε στην εστία θέρμανσης. Μετά από περίπου μισή ώρα άρχισε η εξάτμιση του νερού και των διάφορων συστατικών του αιθέριου ελαίου.

Οι ατμοί κατευθύνθηκαν μέσω του γυάλινου σωλήνα που βρισκόταν πάνω από τη φλάσκα προς τον ψυκτήρα, όπου και υγροποιήθηκαν. Τα υγροποιημένο νερό και αιθέριο έλαιο έφτασε στο διαχωριστικό δοχείο. Εκεί, έγινε και ο διαχωρισμός τους με το αιθέριο έλαιο, το οποίο σχημάτισε στιβάδα πάνω από το νερό καθότι ήταν ελαφρύτερο από αυτό και μη υδατοδιαλυτό. Μετά το πέρας των δύομισι ωρών ολοκληρώθηκε το βράσιμο και αφέθηκε η συσκευή να ψυχθεί για λίγα λεπτά και να υγροποιηθούν οι τελευταίοι ατμοί. Τέλος, ακολούθησε η απομάκρυνση του νερού και η κάθοδος της στιβάδας του αιθέριου ελαίου στον ογκομετρικό σωλήνα που βρισκόταν κάτω από το διαχωριστικό δοχείο. Αφού μετρήθηκε η ποσότητα του αιθέριου ελαίου, έγινε παραλαβή του.

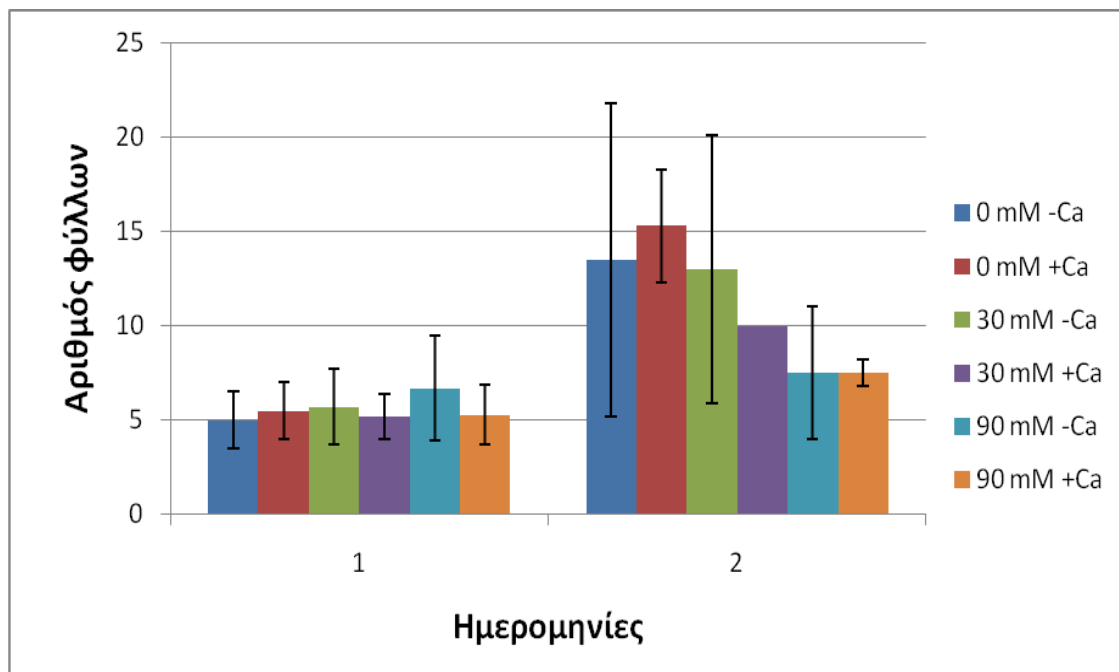


Εικόνα 4.20. Αποστακτική συσκευή τύπου Clevenger.

4. 8 Αποτελέσματα

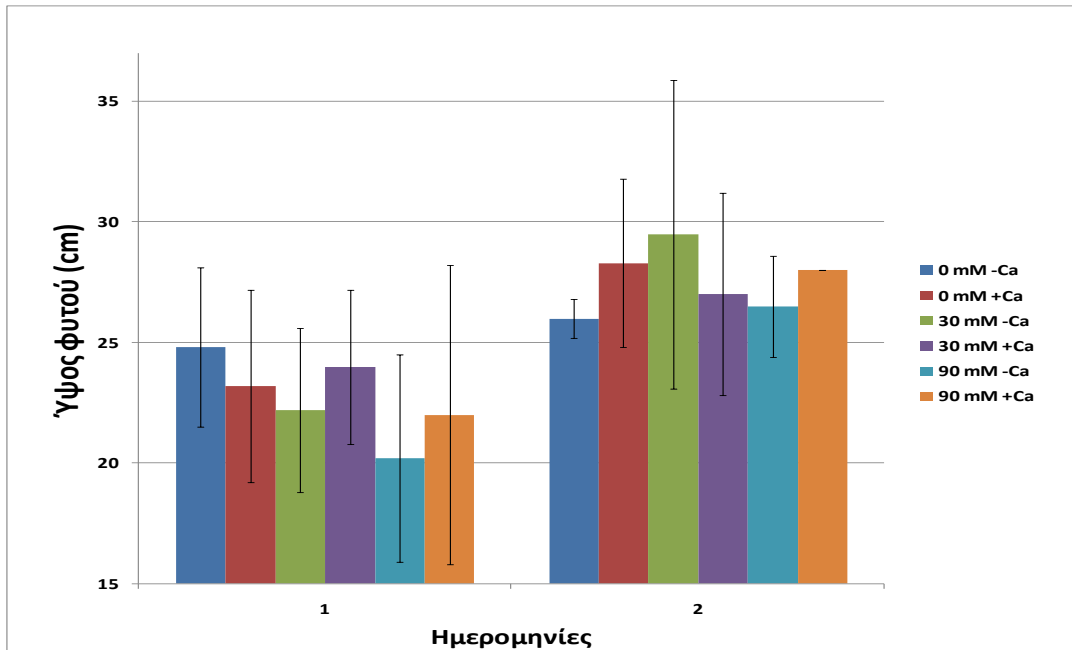
4.8.1 Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην αύξηση/ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας μαϊντανού

Η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού φαίνεται στο Σχήμα 4.2. Ο αριθμός φύλλων δεν μεταβλήθηκε στα μέσα της καλλιέργειας, μεταξύ των μεταχειρίσεων. Όμως, με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας, η αλατότητα μείωσε (έως και 50%) τον αριθμό των φύλλων, μετά από εμπλουτισμό με ασβέστιο.



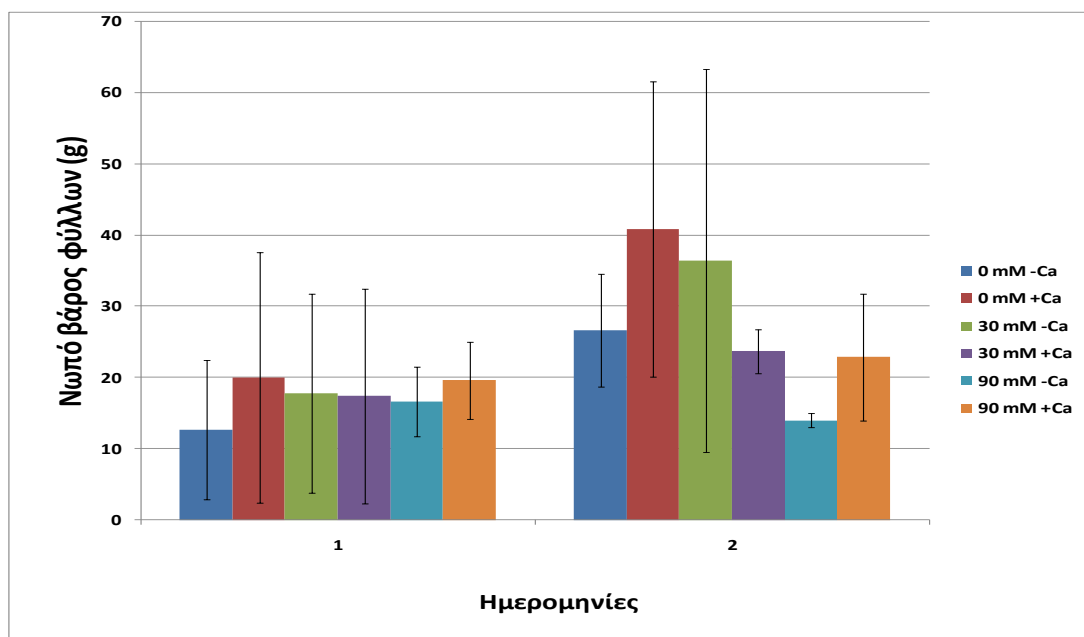
Σχήμα 4.2. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στον αριθμό φύλλων σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού φαίνεται στο Σχήμα 4.3. Το ύψος των φυτών δεν μεταβλήθηκε στα μέσα της καλλιέργειας μεταξύ των μεταχειρίσεων. Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας η αυξημένη αλατότητα (90 mM NaCl) με την προσθήκη ασβεστίου αύξησε (κατά 7%) το ύψος του φυτού σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των υπόλοιπων μεταχειρίσεων.



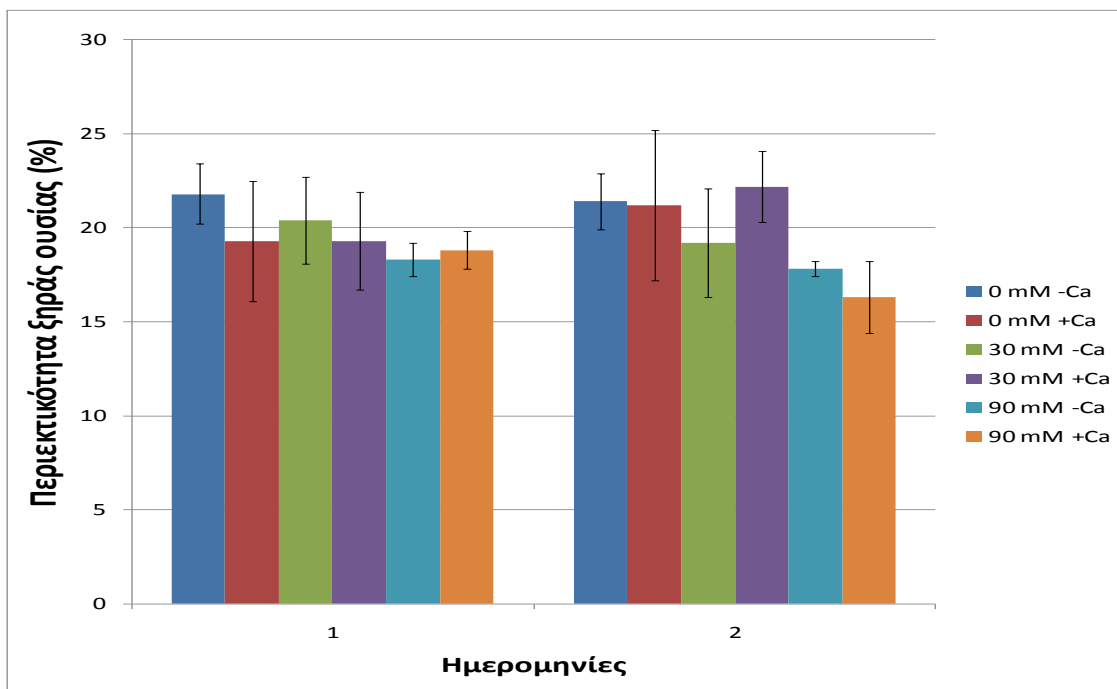
Σχήμα 4.3. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στο ύψος το φυτού σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου στο νωπό βάρος των φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού φαίνεται στο Σχήμα 4.4. Το νωπό βάρος των φύλλων δεν μεταβλήθηκε στα μέσα της καλλιέργειας, μεταξύ των μεταχειρίσεων. Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας η αυξημένη αλατότητα (90 mM NaCl) χωρίς την προσθήκη ασβεστίου μείωσε (κατά 47%) το νωπό βάρος των φύλλων σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των υπόλοιπων μεταχειρίσεων.



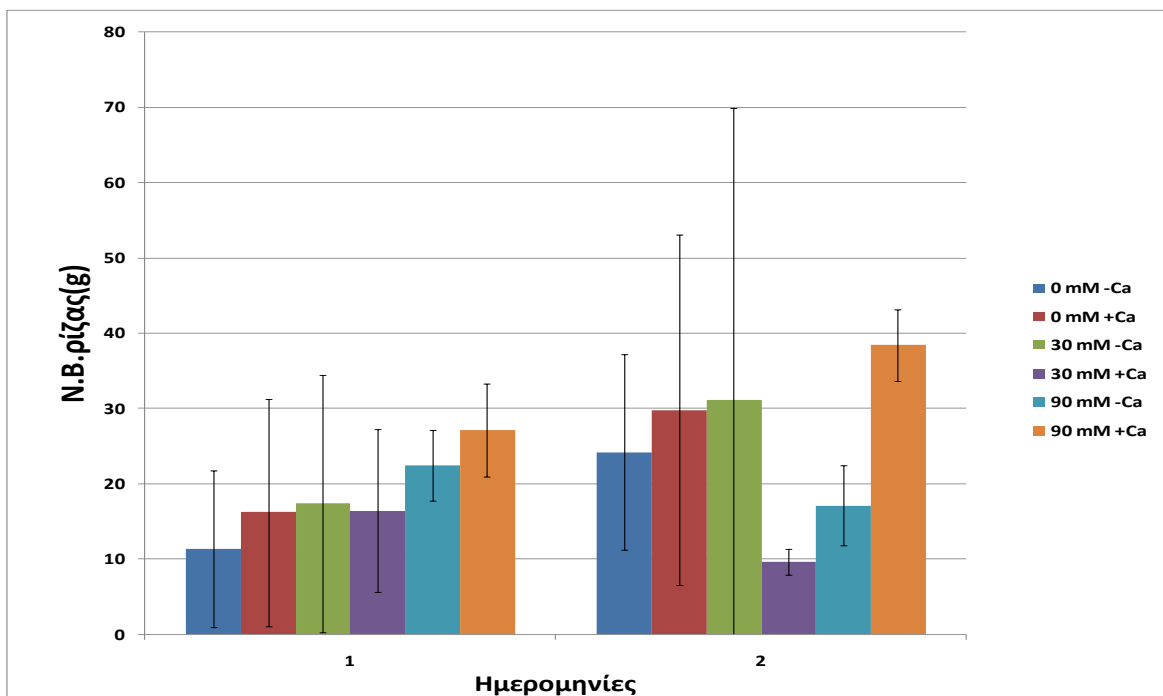
Σχήμα 4.4. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στο νωπό βάρος των φύλλων σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 4.5 φαίνεται η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού και προκύπτει ότι στα μέσα της καλλιέργειας η αυξημένη αλατότητα (90 mM NaCl) με ή χωρίς την προσθήκη ασβεστίου μείωσε (κατά 13% και 16% αντίστοιχα) την περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία στα φύλλα. Δεν σημειώθηκαν, όμως αντίστοιχες μεταβολές με την χαμηλή αλατότητα. Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας η μείωση στην περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, που προκλήθηκε από την αυξημένη αλατότητα, ήταν μέχρι και 24%.



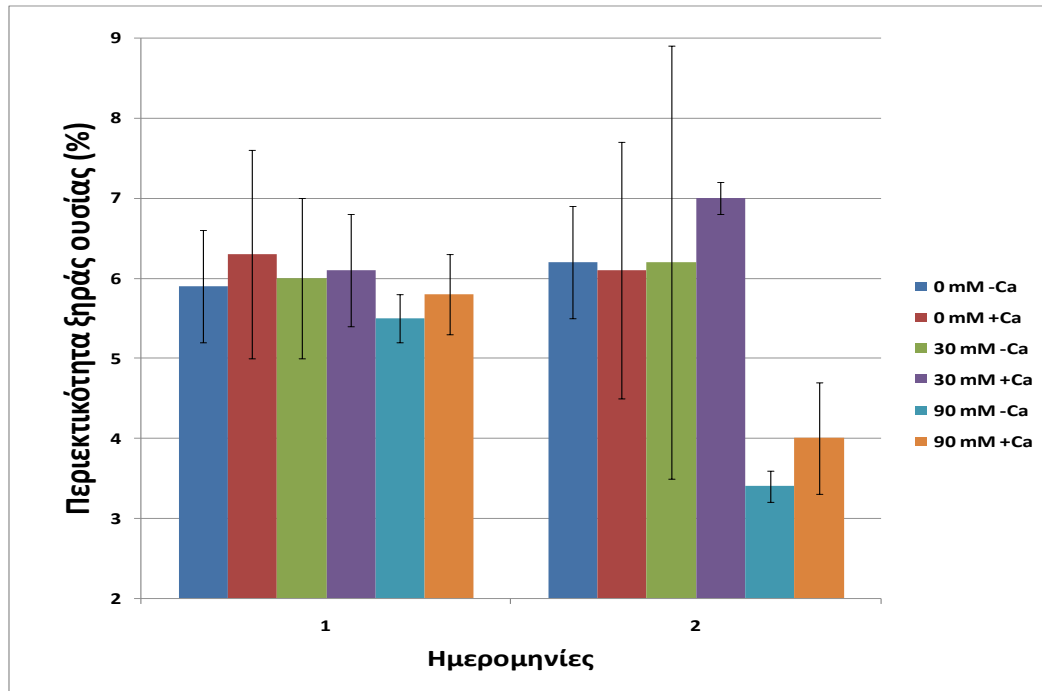
Σχήμα 4.5. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία στα φύλλα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου στο νωπό βάρος της ρίζας σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού φαίνεται στο Σχήμα 4.6. Δεν διαφοροποιήθηκε το νωπό βάρος της ρίζας στα μέσα της καλλιέργειας ανάμεσα στις διαφορετικές μεταχειρίσεις (\pm αλατότητα, \pm ασβέστιο). Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας, η προσθήκη ασβεστίου στην αυξημένη αλατότητα (90 mM NaCl) αύξησε (κατά 56%) το νωπό βάρος της ρίζας των φυτών σε σχέση με την αντίστοιχη αλατότητα χωρίς την προσθήκη ασβεστίου.



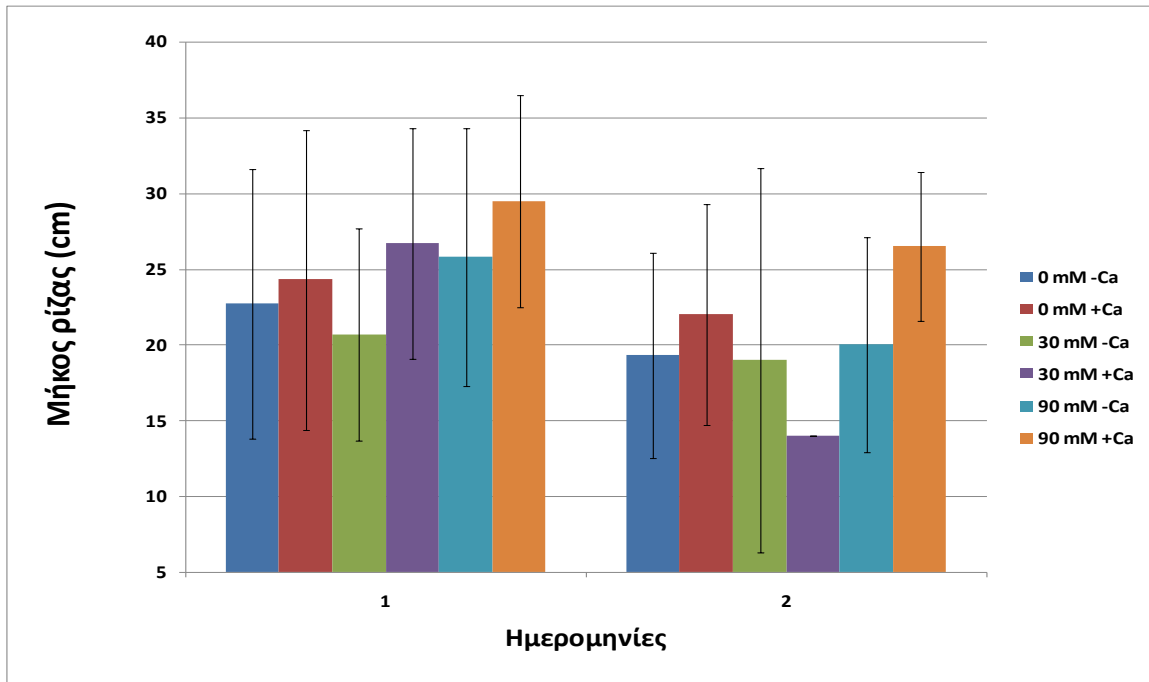
Σχήμα 4.6. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στο νωπό βάρος της ρίζας των φυτών σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 4.7 φαίνεται η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού και προκύπτει ότι στα μέσα της καλλιέργειας δεν σημειώθηκαν μεταβολές. Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας η υψηλή αλατότητα (90 mM NaCl) με ή χωρίς την προσθήκη ασβεστίου επέφερε μείωση (κατά 35% και 45 % αντίστοιχα) της περιεκτικότητας (%) σε ξηρά ουσία της ρίζας σε σχέση με τον μάρτυρα.



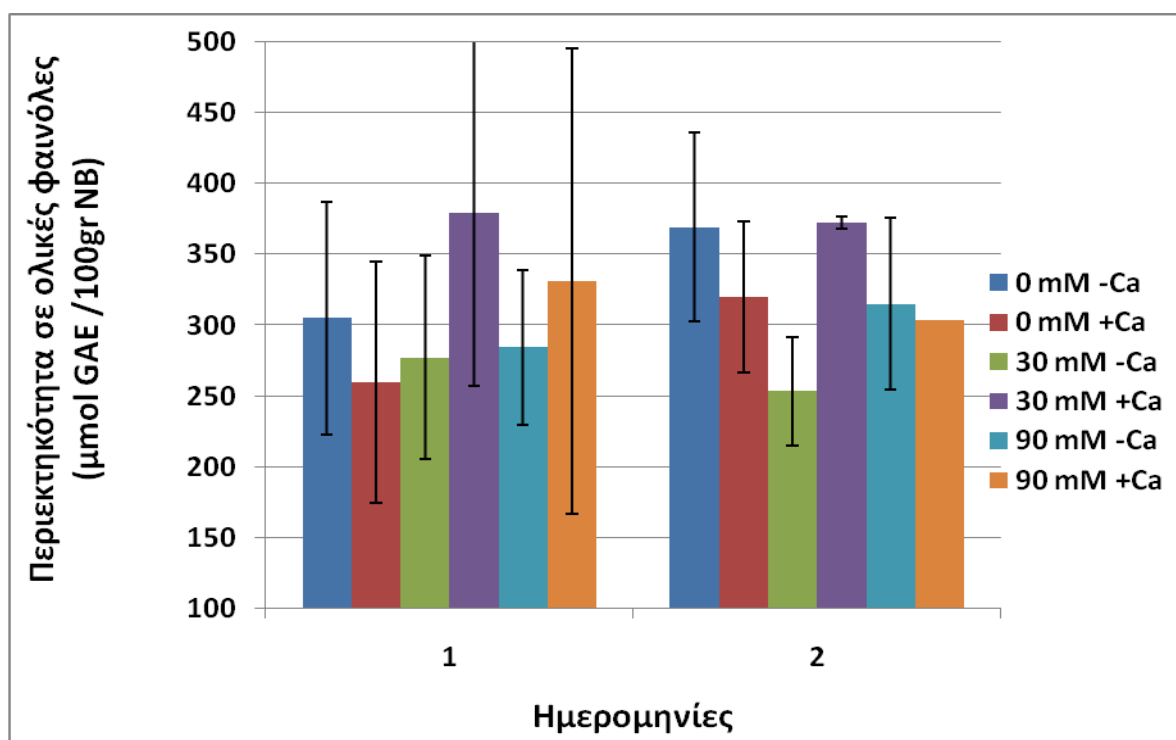
Σχήμα 4.7. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία στην ρίζα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου στο μήκος της ρίζας σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού φαίνεται στο Σχήμα 4.8. Το μήκος της ρίζας δεν μεταβλήθηκε στα μέσα της καλλιέργειας μεταξύ των μεταχειρίσεων. Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας η αυξημένη αλατότητα (90 mM NaCl) με την προσθήκη ασβεστίου σημείωσε αύξηση κατά 25% στο μήκος της ρίζας σε σχέση με τη χαμηλή αλατότητα.



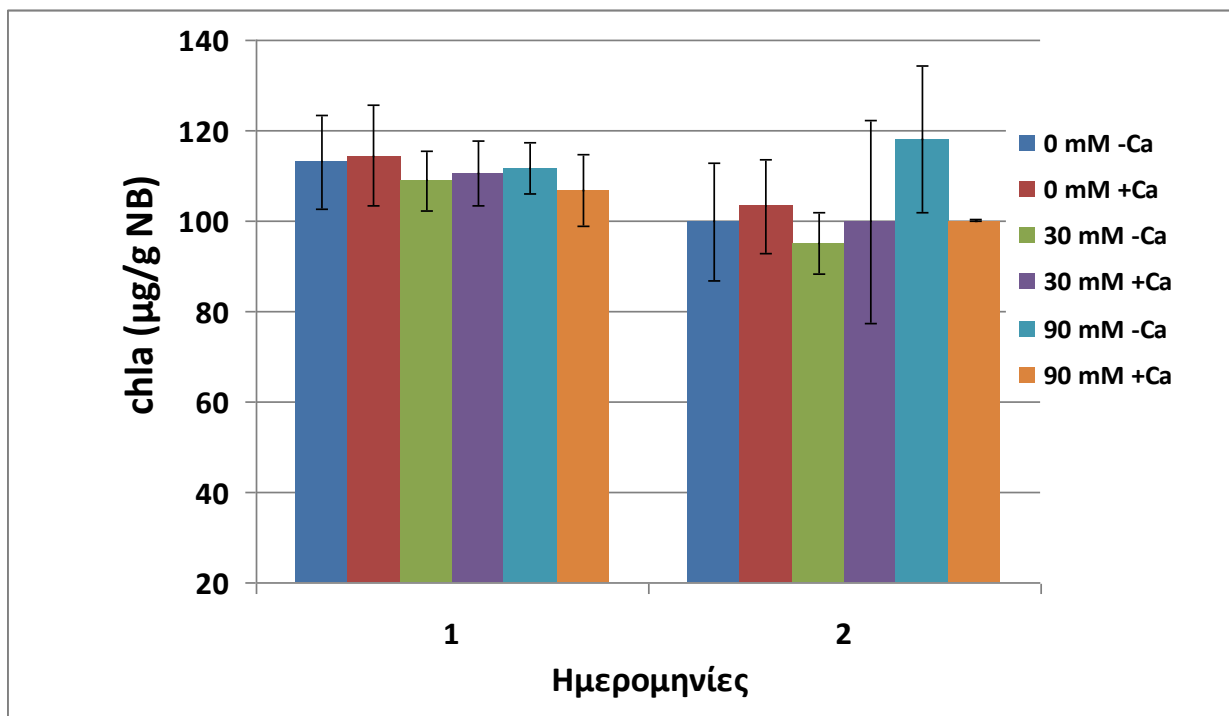
Σχήμα 4.8. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) (%) στο μήκος της ρίζας σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 4.9 φαίνεται η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού στην περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες. Όπως προκύπτει στα μέσα της καλλιέργειας δε διαφοροποιήθηκε η περιεκτικότητα GAE ανάμεσα στις διαφορετικές μεταχειρίσεις (\pm αλατότητα, \pm ασβέστιο). Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας η χαμηλή αλατότητα (30 mM NaCl) χωρίς την προσθήκη ασβεστίου επέφερε μείωση (κατά 31%) της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες σε σχέση με τον μάρτυρα. Αντίθετα η προσθήκη ασβεστίου στη χαμηλή αλατότητα δε φαίνεται να διαφοροποιήθηκε από το μάρτυρα όσον αφορά την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες κατά την ολοκλήρωση της καλλιέργειας.



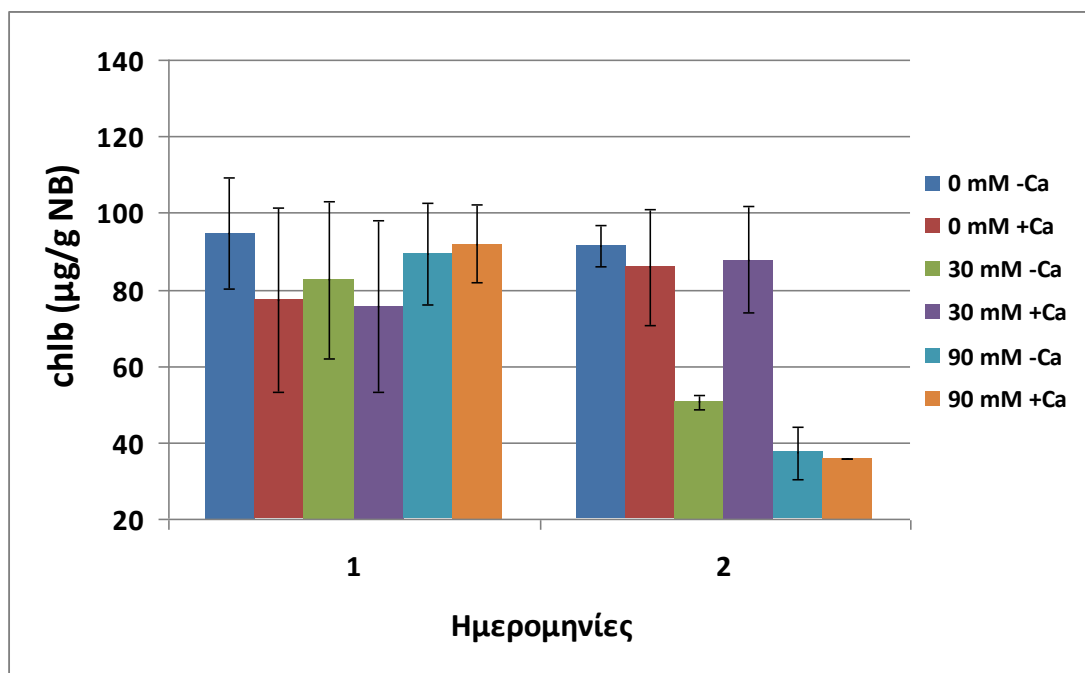
Σχήμα 4.9. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες ($\mu\text{mol GAE} / 100\text{gr N.B}$) σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού στη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη a (chl a σε $\mu\text{g/g NB}$) φαίνεται στο Σχήμα 4.10. Η χλωροφύλλη a δεν μεταβλήθηκε στα μέσα της καλλιέργειας μεταξύ των μεταχειρίσεων. Κατά την ολοκλήρωση της καλλιέργειας η χλωροφύλλη a ήταν στατιστικώς μειωμένη στην μεταχείριση της αυξημένης αλατότητας όταν συνδυάστηκε με εμπλουτισμό ασβεστίου σε σχέση με τον μη εμπλουτισμό.



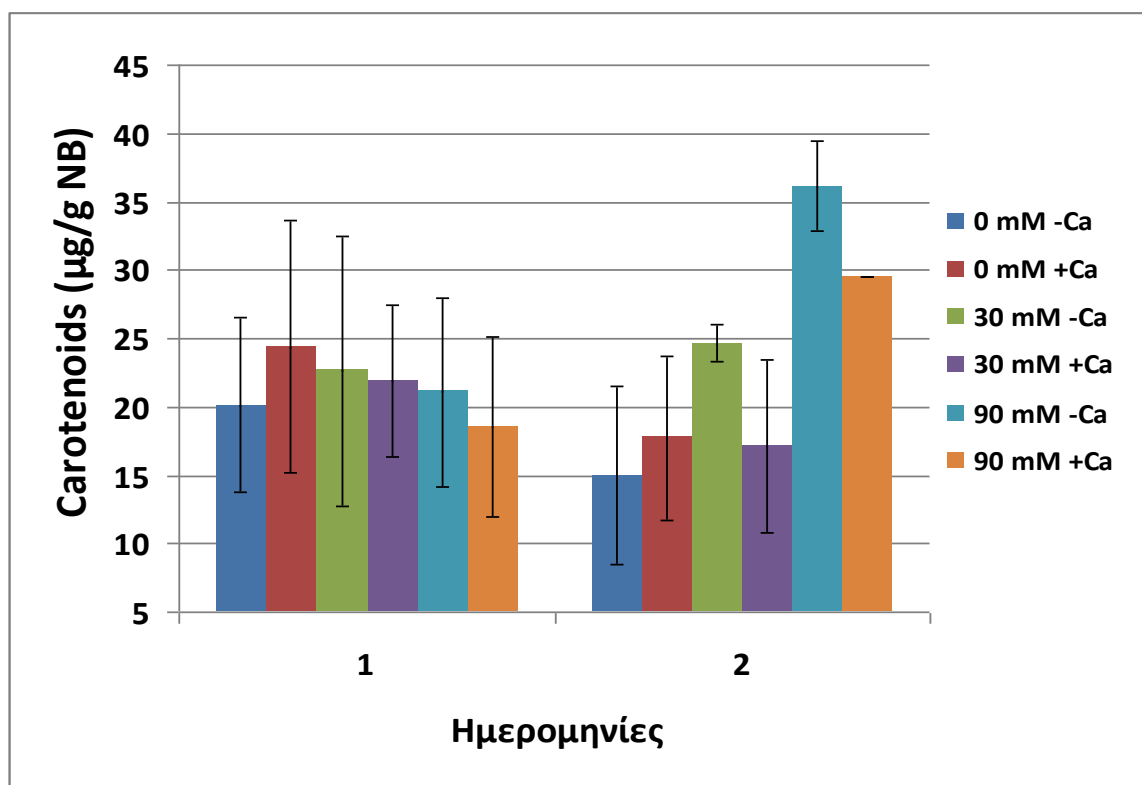
Σχήμα 4.10. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στη χλωροφύλλη a (chl a σε $\mu\text{g/g NB}$) σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η επίδραση της αλατότητας και του εμπλουτισμού ασβεστίου σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού στη περιεκτικότητα χλωροφύλλης b (chl_b σε μg/ g NB) φαίνεται στο Σχήμα 4.11. Η περιεκτικότητα χλωροφύλλης b δεν μεταβλήθηκε στα μέσα της καλλιέργειας μεταξύ των μεταχειρίσεων. Κατά την ολοκλήρωση όμως της καλλιέργειας η χαμηλή αλατότητα (30 mM NaCl) χωρίς την προσθήκη ασβεστίου επέφερε μείωση (κατά 45 %) της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη b σε σχέση με τον μάρτυρα. Αντίθετα η προσθήκη ασβεστίου στη χαμηλή αλατότητα δε φαίνεται να διαφοροποιήθηκε από το μάρτυρα όσον αφορά την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη b. Επιπλέον, η αυξημένη αλατότητα (90 mM NaCl) με ή χωρίς την προσθήκη ασβεστίου μείωσε (κατά 59 % και 61 % αντίστοιχα) την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη b, ενώ προκύπτει ότι ο διαφυλικός ψεκασμός με ασβέστιο δεν επέφερε ουσιαστική διαφοροποίηση σε συνθήκες υψηλής αλατότητας.



Σχήμα 4.11. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM Ca(NO₃)₂, + Ca: 15 mM Ca(NO₃)₂) στη χλωροφύλλη b (chl_b σε μg/ g NB) σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (± τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η περιεκτικότητα σε καροτενοειδή δεν μεταβλήθηκε στα μέσα της καλλιέργειας μεταξύ των μεταχειρίσεων (Σχήμα 4.12). Κατά την ολοκλήρωση όμως της καλλιέργειας η χαμηλή αλατότητα (30 mM NaCl) χωρίς την προσθήκη ασβεστίου επέφερε αύξηση (κατά 39 %) της περιεκτικότητας σε καροτενοειδή (σε $\mu\text{g/g NB}$) σε σχέση με το μάρτυρα. Αντίθετα η χαμηλή αλατότητα με την προσθήκη ασβεστίου δε φαίνεται να διαφοροποιήθηκε από το μάρτυρα όσον αφορά την περιεκτικότητα σε καροτενοειδή. Αξιοσημείωτη αύξηση βρέθηκε με την επίδραση αυξημένης αλατότητας (90 mM NaCl), με ή χωρίς την προσθήκη ασβεστίου (κατά 59 % και 49 % αντίστοιχα) στην περιεκτικότητα σε καροτενοειδή σε σχέση με τον μάρτυρα.



Σχήμα 4.12. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα σε καροτενοειδή (σε $\mu\text{g/g NB}$) σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

4.8.2 Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην εμφάνιση φυτών μαϊντανού σε υδροπονική καλλιέργεια NFT

Όπως παρατηρείται στο μάρτυρα (0 mM NaCl) από τις φωτογραφίες κυριαρχεί το έντονο πράσινο χρώμα, χωρίς ξηράνσεις (Εικόνα 4.21). Στην μεταχείριση της χαμηλής (30 mM NaCl) αλατότητας υπάρχουν λίγες ξηράνσεις ενώ στην αυξημένη (90 mM NaCl) αλατότητας σημειώθηκαν έντονες και περιφερειακές νεκρώσεις των

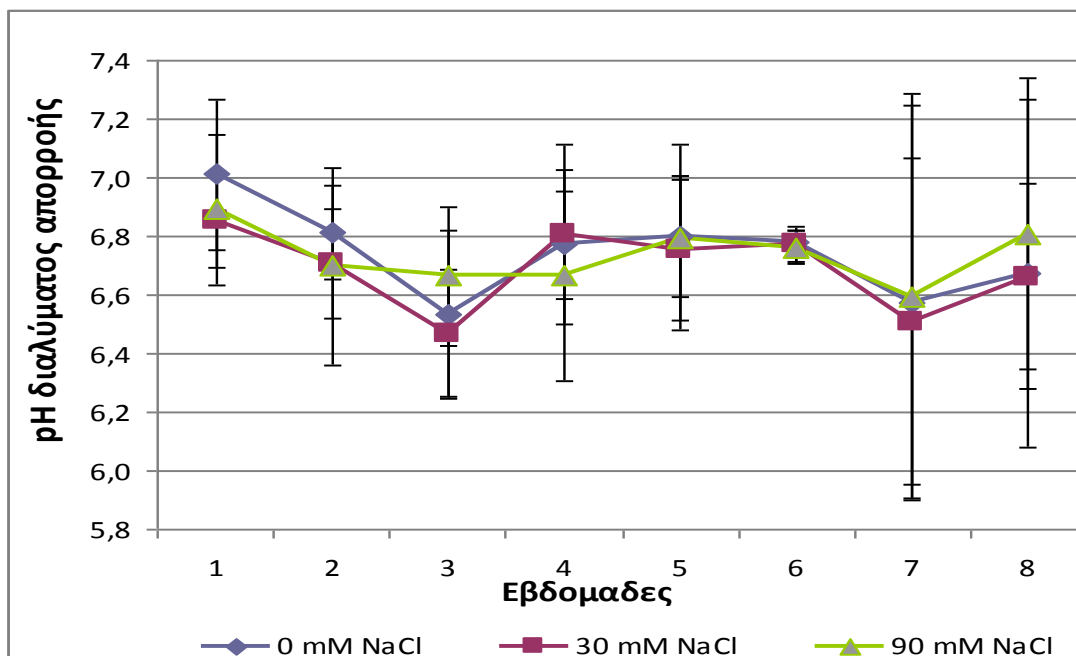


Εικόνα 4.21. Φωτογραφική αξιολόγηση φυτών μαϊντανού

φύλλων, σκληρότερο φύλλωμα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα συμπτώματα αυτά παρατηρούνται εντονότερα στα φυτά χωρίς ασβέστιο. Η γνωμάτευση αυτή έγινε από 3 άτομα με επιτόπια αξιολόγηση στην καλλιέργεια, στο θερμοκήπιο.

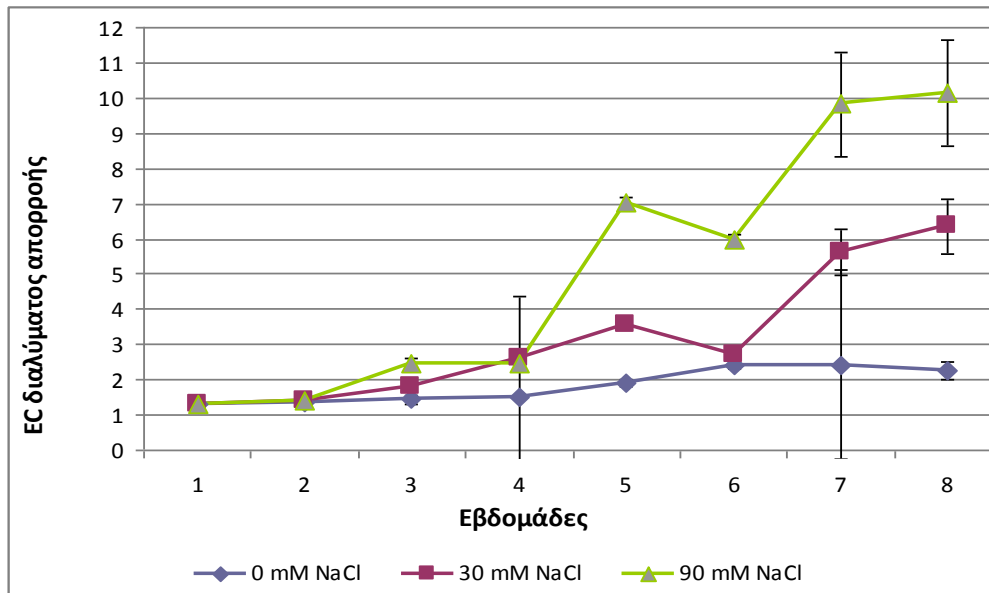
4.8.3 Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων και νερού σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού

Η επίδραση της αλατότητας στο pH διαλύματος απορροής σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT φαίνεται στο Σχήμα 4.13 και προκύπτει ότι δεν σημειώθηκαν διαφορές στην διακύμανση του pH διαλύματος απορροής.



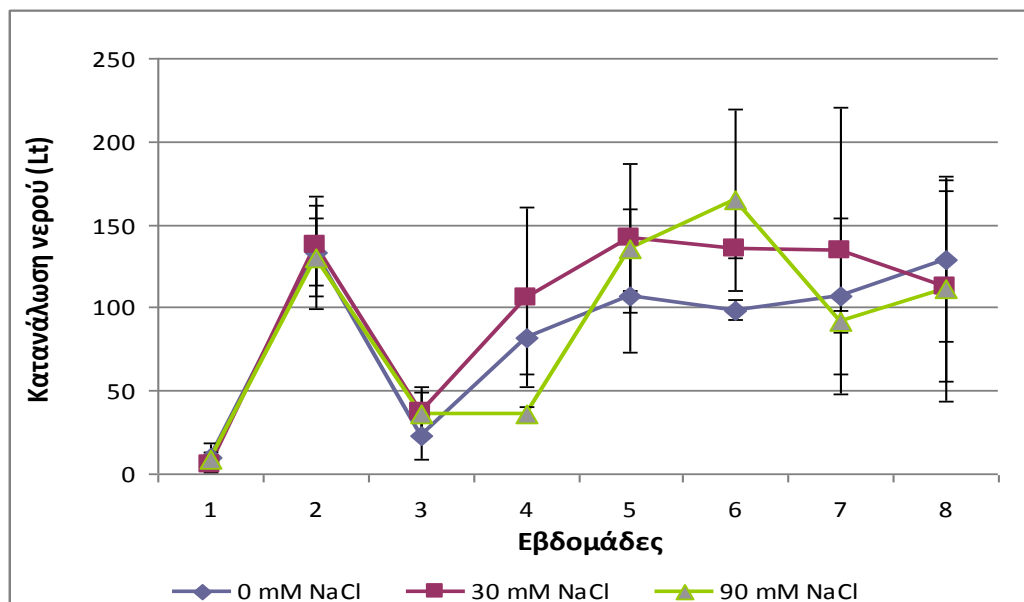
Σχήμα 4.13. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στο εβδομαδιαίο pH διαλύματος απορροής, σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 4.14 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας στην EC του διαλύματος απορροής σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Προκύπτει ότι τόσο με τη χαμηλή (30mM) όσο και με την αυξημένη αλατότητα (90mM), αυξήθηκε (κατά 64% και 77% αντίστοιχα) η EC του διαλύματος απορροής. Αυτή η αύξηση σημειώθηκε αισθητά μετά την πάροδο της τέταρτης εβδομάδας.



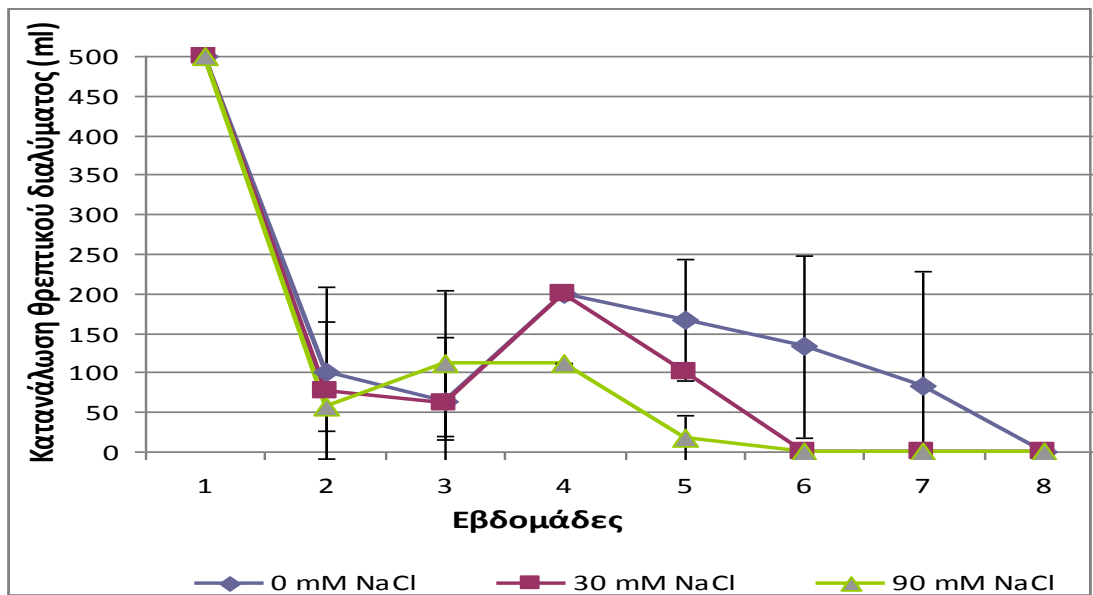
Σχήμα 4.14. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία EC διαλύματος απορροής, σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Δεν σημειώθηκε συγκεκριμένη τάση όσο αφορά την κατανάλωση νερού από τα φυτά μεταξύ των μεταχειρίσεων κατά την διάρκεια της καλλιέργειας (Σχήμα 4.15).



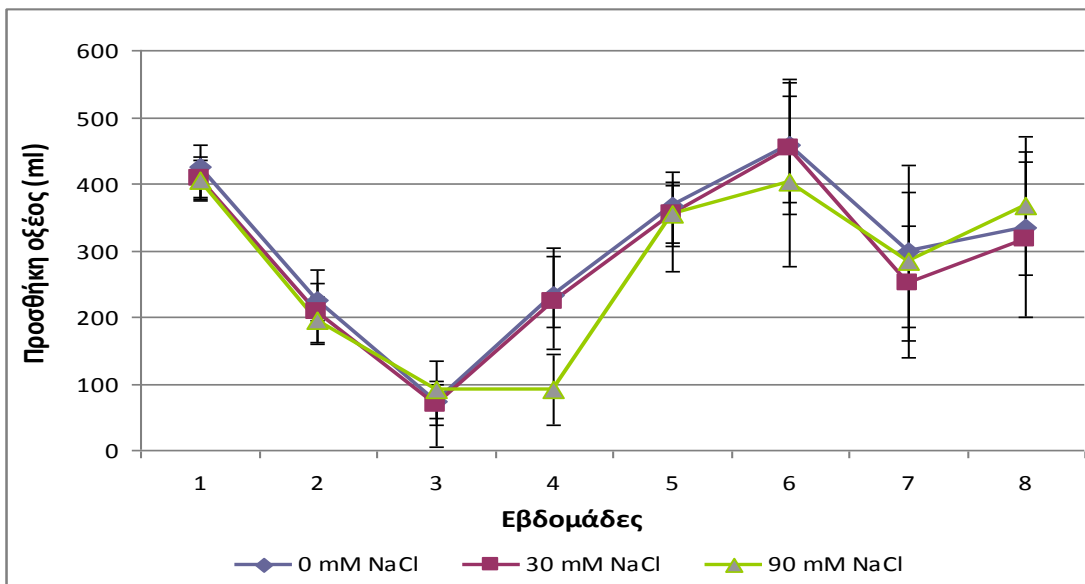
Σχήμα 4.15. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία κατανάλωση νερού (lt), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η εβδομαδιαία κατανάλωση πυκνού θρεπτικού διαλύματος διαφοροποιήθηκε μετά το πέρας της τέταρτης εβδομάδας (βλέπε Σχήμα 4.16). Σύμφωνα με το γράφημα, προκύπτει η σταδιακή μείωση της απορρόφησης θρεπτικού διαλύματος, αυξανόμενης της αλατότητας, κατά την διάρκεια της καλλιέργειας. Η συνολική κατανάλωση θρεπτικού διαλύματος ήταν 1,25 Lt για τον μάρτυρα, 0,94 Lt για την χαμηλή αλατότητα και 0,80 Lt για την αυξημένη αλατότητα.



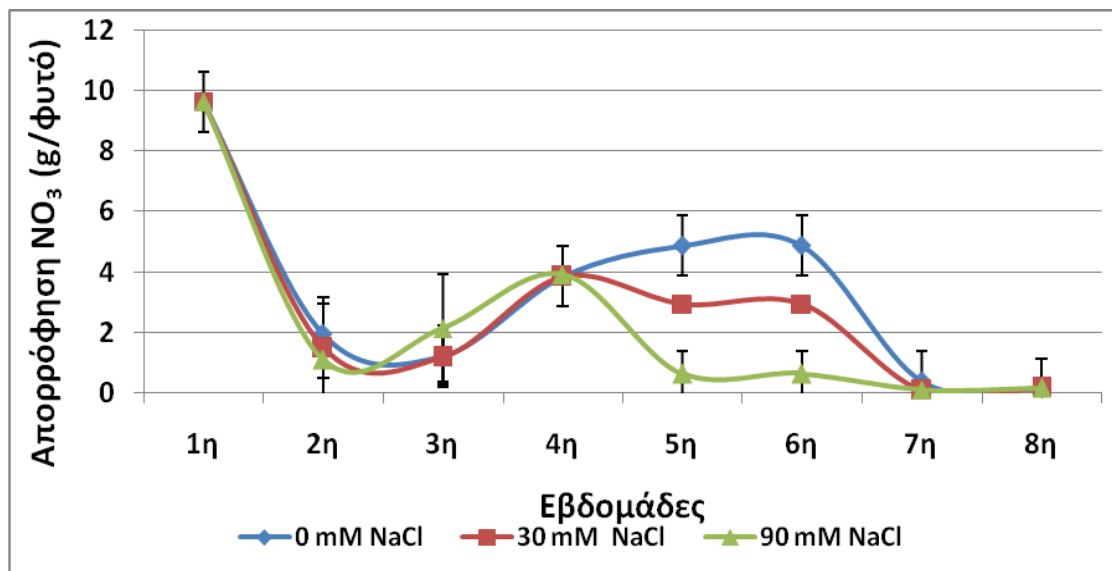
Σχήμα 4.16. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία κατανάλωση θρεπτικού διαλύματος (ml), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Δεν σημειώθηκαν διαφορές ως την ποσότητα νιτρικού οξέος που προστέθηκε στο θρεπτικό διάλυμα (για την ρύθμιση του pH) μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (Σχήμα 4.17).



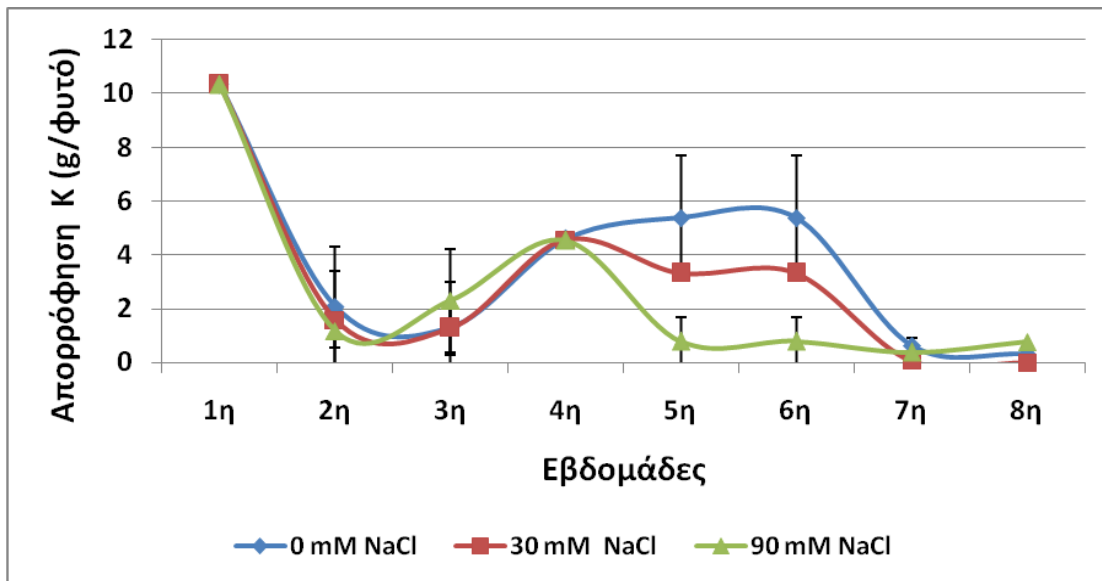
Σχήμα 4.17. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία προσθήκη οξέος, σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Διαφορές στην απορρόφηση NO_3 πρόεκυψαν μετά την 4^η εβδομάδα ανάπτυξης των φυτών μαϊντανού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.18, και συγκεκριμένα η αλατότητα μείωσε (έως και 87%) την απορρόφηση NO_3 σε σχέση με τον μάρτυρα.

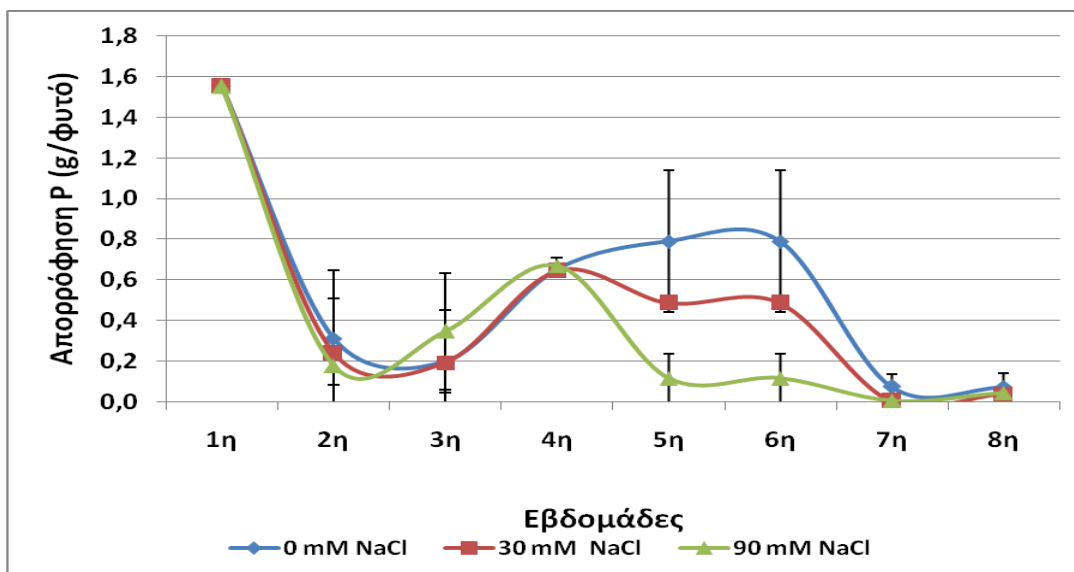


Σχήμα 4.18. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία απορρόφηση NO_3 σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η επίδραση της αλατότητας στην απορρόφηση K και P, φαίνεται στα Σχήματα 4.19-4.20, και προκύπτει ότι μετά την 4^η εβδομάδα ανάπτυξης των φυτών μαϊντανού, η αυξημένη (90mM NaCl) αλατότητα μείωσε έως και 85% την απορρόφηση K και P σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ χαμηλής (30mM NaCl) αλατότητας και μάρτυρα.

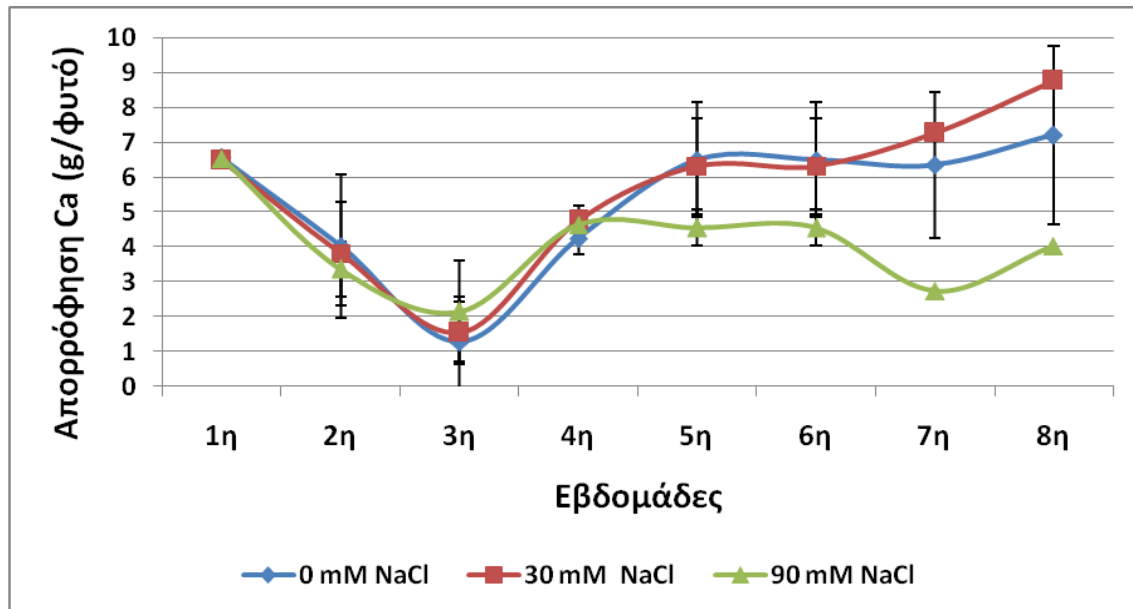


Σχήμα 4.19. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία απορρόφηση K σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



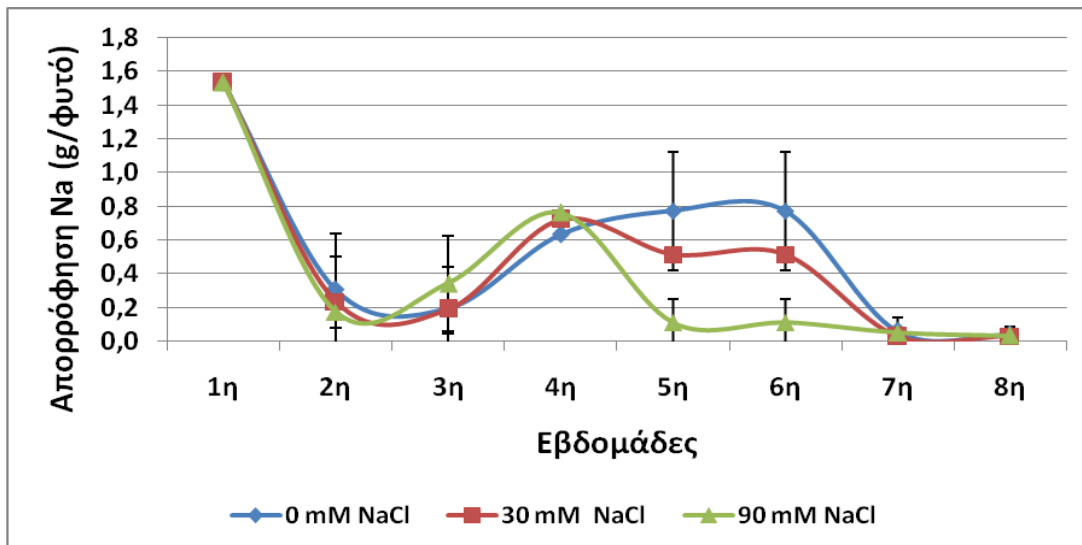
Σχήμα 4.20. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία απορρόφηση P σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 4.21, φαίνεται η επίδραση της αλατότητας στην απορρόφηση Ca των φυτών μαϊντανού. Μετά την 6^η εβδομάδα η αυξημένη (90 mM NaCl) αλατότητα μείωσε έως και 57% την απορρόφηση Ca σε σχέση με το μάρτυρα. Δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ χαμηλής (30 mM NaCl) αλατότητας και μάρτυρα.



Σχήμα 4.21 Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία απορρόφηση Ca σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

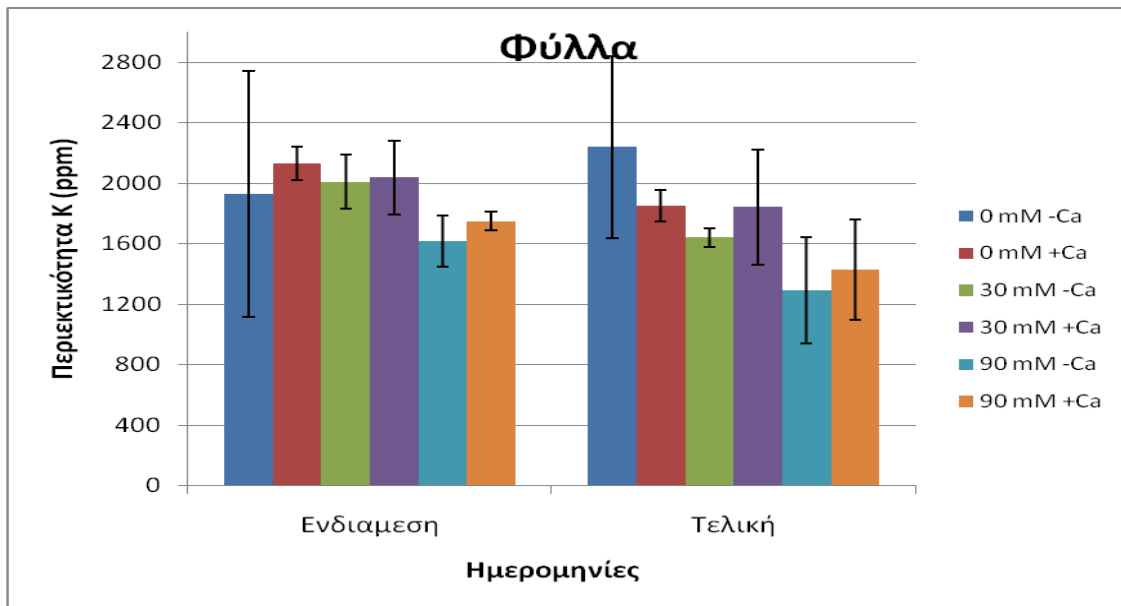
Η απορροφήση Na των φυτών μαϊντανού έπειτα από επίδραση αλατότητας φαίνεται στο Σχήμα 4.22, και ακολουθεί την διακύμανση που σημειώθηκε για την απορρόφηση K και P. Έτσι, η μείωση που προκάλεσε η αυξημένη αλατότητα σε σχέση με τον μάρτυρα για την απορρόφηση Na ήταν έως και 86%.



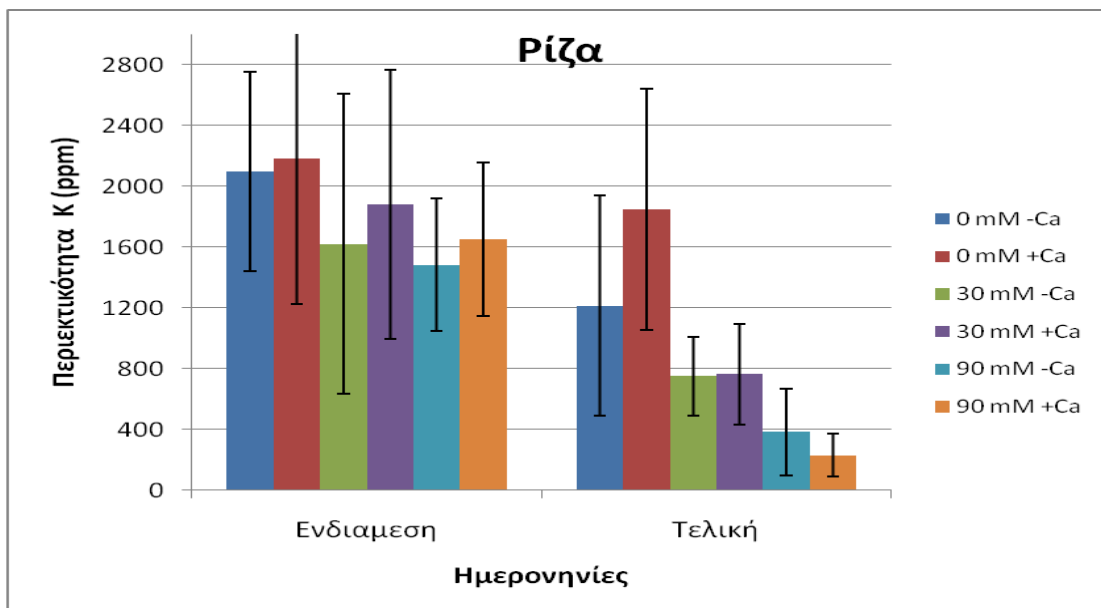
Σχήμα 4.22 Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) στην εβδομαδιαία απορρόφηση Na σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

4.8.4 Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην στοιχειομετρική κατάσταση των φύλλων και των ριζών σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού

Η περιεκτικότητα K στα φύλλα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 4.23) και προκύπτει ότι ο εμπλουτισμός ασβεστίου δεν επέφερε μεταβολές στην περιεκτικότητα των φύλλων σε K, ενώ αντίθετα η αλατότητα μείωσε την περιεκτικότητα K στα φύλλα η ίδια τάση παρατηρείται και στην περιεκτικότητα K στη ρίζα, ενώ εντονότερη μείωση παρατηρείται με τη λήξη της καλλιέργειας (τελική ημερομηνία) τόσο για την χαμηλή όσο και για την υψηλή αλατότητα (βλέπε Σχήμα 4.24).

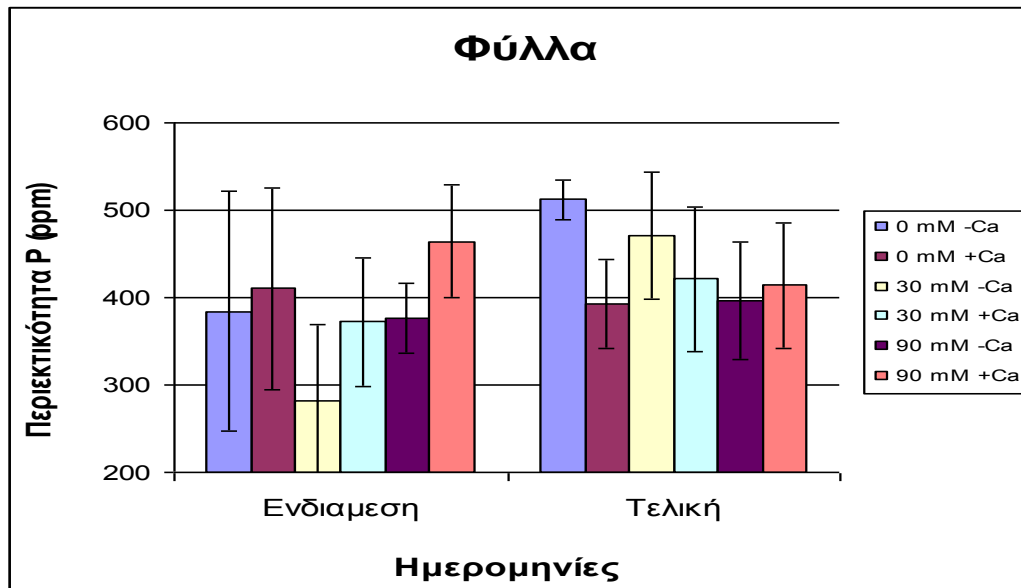


Σχήμα 4.23. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα K στα φύλλα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

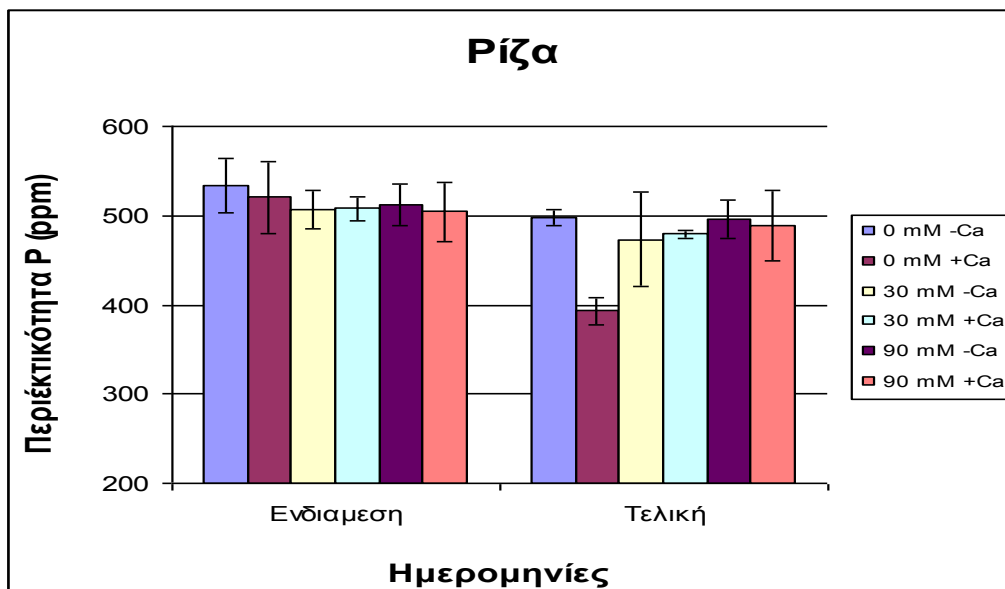


Σχήμα 4.24. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα K στη ρίζα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η περιεκτικότητα P στα φύλλα και στη ρίζα φαίνεται στα Σχήματα 4.25-4.26 και προκύπτει ότι ο εμπλουτισμός ασβεστίου μείωσε στην περιεκτικότητα σε P μονάχα στον μάρτυρα με την λήξη του πειράματος τόσο στα φύλλα όσο και στη ρίζα.

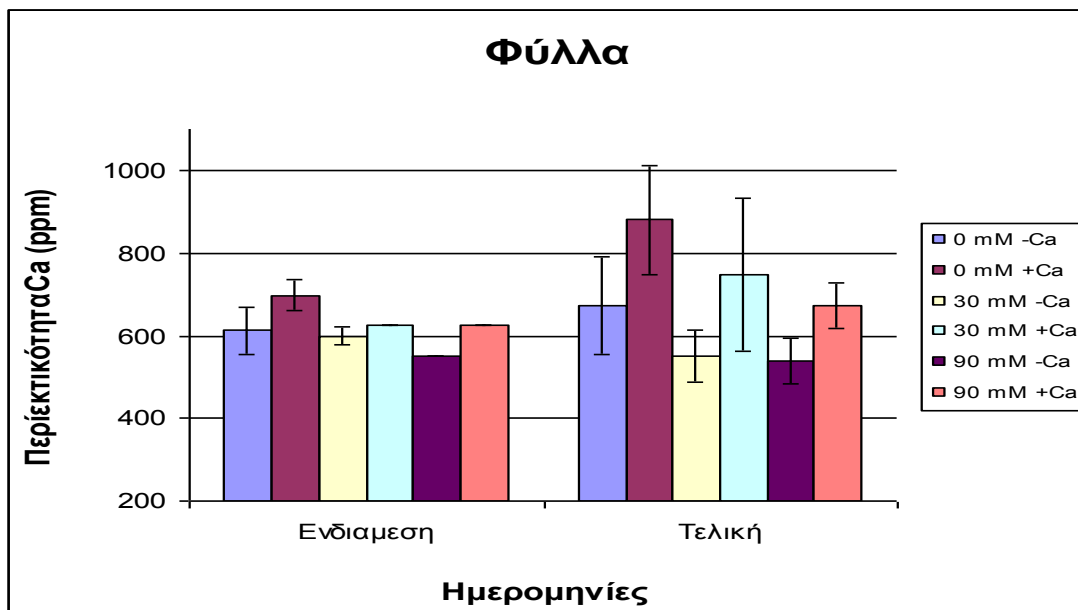


Σχήμα 4.25. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα P στα φύλλα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

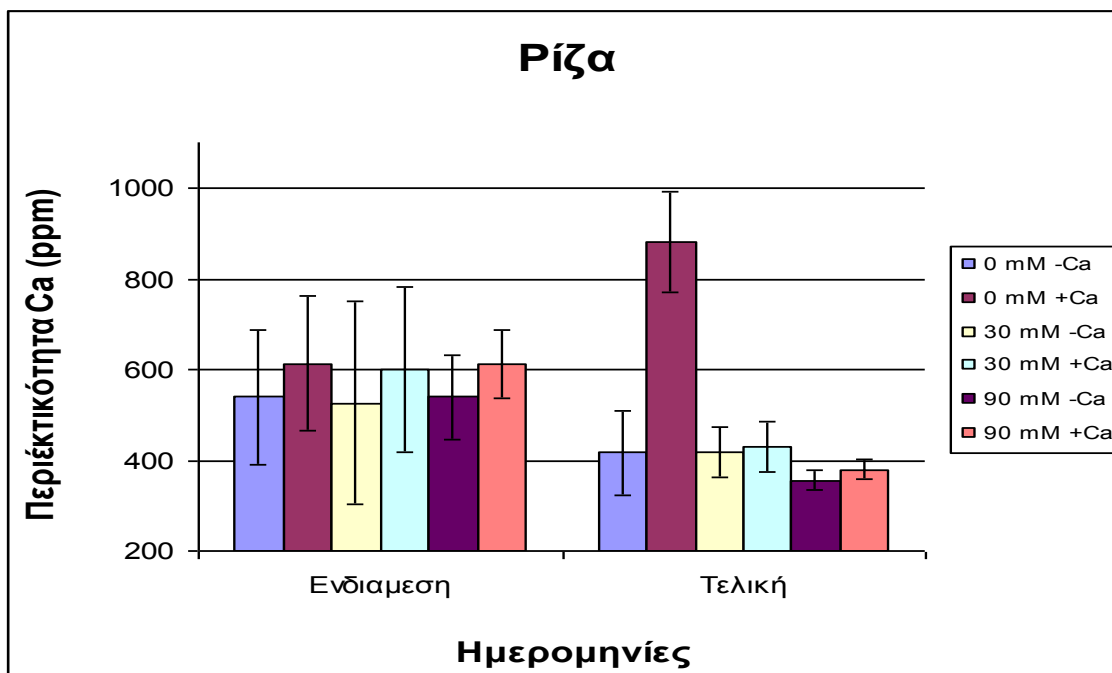


Σχήμα 4.26. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα P στην ρίζα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Ο εμπλουτισμός Ca είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση (έως και 26%) της περιεκτικότητας Ca στα φύλλα (Σχήμα 4.27) τόσο στον μάρτυρα (0 mM NaCl) όσο και στις μεταχειρίσεις της αλατότητας (30 mM και 90 mM NaCl). Η αύξηση αυτή ήταν μεγαλύτερη με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας. Όσο αφορά την ρίζα παρατηρείται μια αύξηση της περιεκτικότητας Ca στον μάρτυρα ενώ η προσθήκη Ca δεν επέφερε μεταβολές στην περιεκτικότητα Ca στην ρίζα σε συνθήκες αλατότητας (βλέπε Σχήμα 4.28).

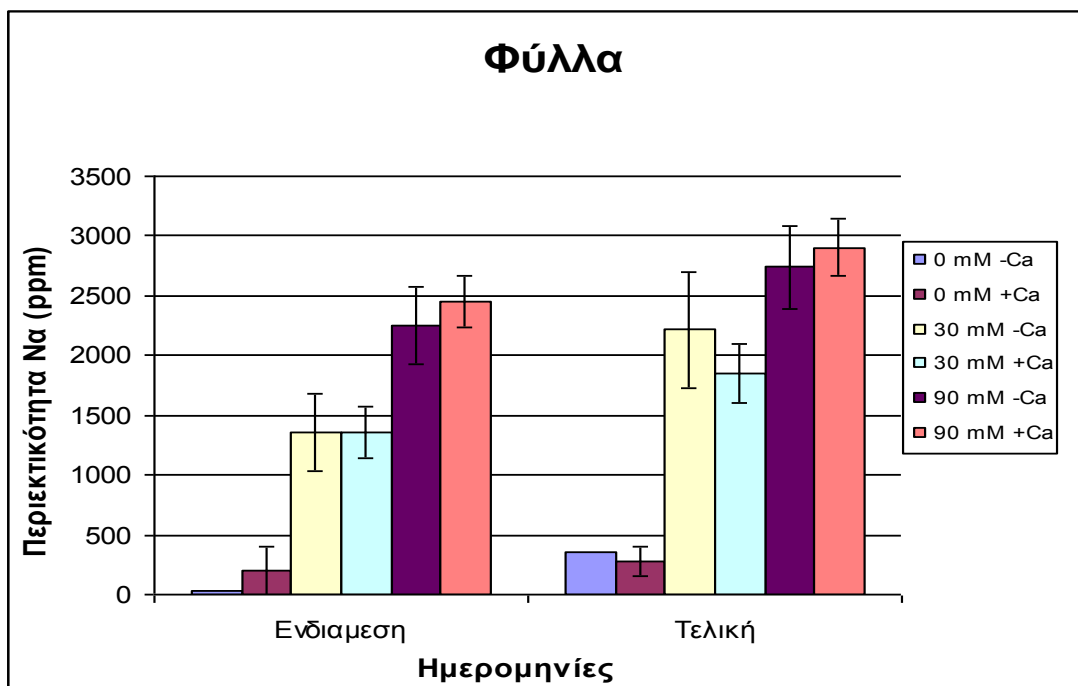


Σχήμα 4.27. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα Ca στα φύλλα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

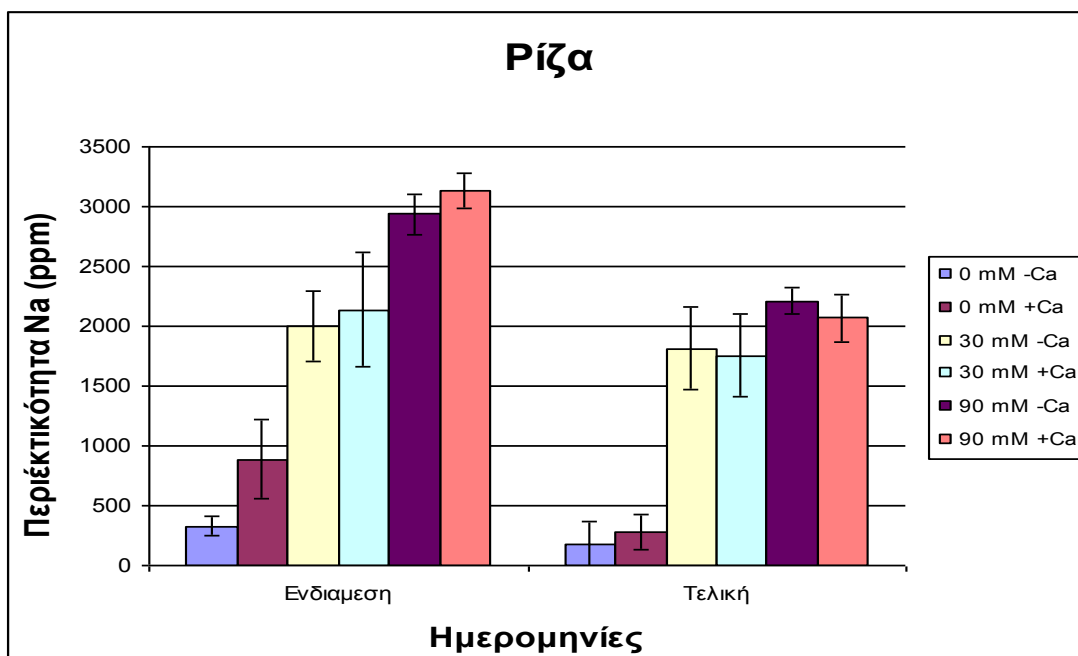


Σχήμα 4.28. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα Ca στην ρίζα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η περιεκτικότητα Na στα φύλλα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 4.29) και προκύπτει ότι η αλατότητα αύξησε (έως και 88%) σημαντικά την περιεκτικότητα των φύλλων σε Na, ενώ η προσθήκη Ca δεν διαφοροποίησε αυτήν την αυξητική τάση. Η ίδια τάση (αύξηση έως και 92%) παρατηρείται και στην περιεκτικότητα Na στη ρίζα (Σχήμα 4.30). Αξίζει να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητα Na στα φύλλα αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας (μεγαλύτερη στην τελική δειγματοληψία σε σχέση με την ενδιάμεση δειγματοληψία). Για την περίπτωση της ρίζας, η περιεκτικότητα Na στη ρίζα αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας αλλά με μειωτική τάση με την διάρκεια της καλλιέργειας (μεγαλύτερη στην ενδιάμεση δειγματοληψία σε σχέση με την τελική δειγματοληψία).



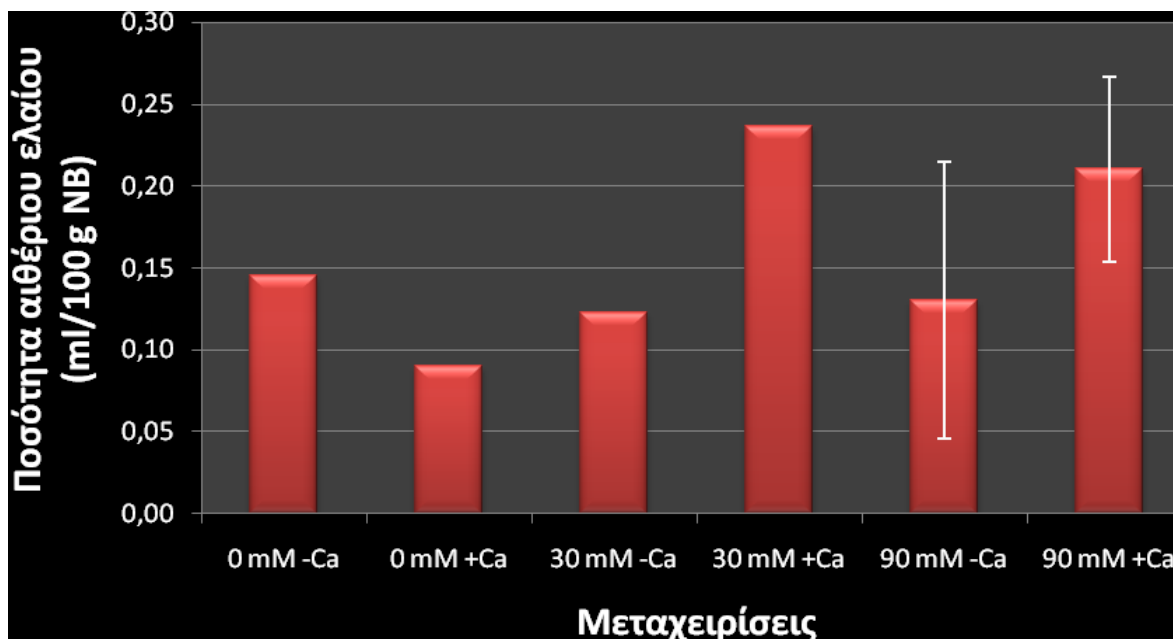
Σχήμα 4.29. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα στα φύλλα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Σχήμα 4.30. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην περιεκτικότητα Na στα φύλλα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική), σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

4.8.5 Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου στην παραγωγή αιθέριων ελαίων σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού

Η επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου στην παραγόμενη ποσότητα αιθέριου ελαίου (ml/100 g NB) φαίνεται στο Σχήμα 4.31. Δεν προκύπτει ξεκάθαρη εικόνα για την διαφοροποίηση στην ποσότητα αιθέριου ελαίου φύλλων μαϊντανού μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το σχήμα αλλά και σε συνδυασμό ότι υπήρξαν αποτυχίες σε μερικά δείγματα προσδιορισμού ή ανεπαρκής ποσότητα φυτικού ιστού για εκχύλιση αιθέριων ελαίων, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ικανοποιητική στατιστική ανάλυση. Επομένως η παρούσα γραφική παράσταση μπορεί μονάχα να θεωρηθεί ως ένδειξη (για αυτό δεν σχολιάζεται) και όχι ως αποτέλεσμα, ενώ περαιτέρω μελέτη απαιτείται για την διεξαγωγή συμπερασμάτων.



Σχήμα 4.31. Επίδραση αλατότητας (0, 30 και 90 mM NaCl) και εμπλουτισμού ασβεστίου (-Ca: 0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, + Ca: 15 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) στην παραγόμενη ποσότητα αιθέριου ελαίου (ml/100 g NB) σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

4.9 Συζήτηση-Συμπεράσματα

Όπως βλέπουμε από τα αποτελέσματα που προηγήθηκαν η αλατότητα σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού είχε αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη του φυτού. Η αρνητική αυτή επίδραση ήταν εντονότερη στην υψηλή αλατότητα (90 mM NaCl). Αξίζει δε να σημειωθεί ότι η αλατότητα μείωσε έως και 50% τον αριθμό των φύλλων. Σε προηγούμενη μελέτη (Andriolo et al., 2005) ο αριθμός φύλλων σε φυτά μαρουλιού δεν επηρεάστηκε από τα επίπεδα αλατότητας, και αυτό ίσως να οφείλεται στο διαφορετικό είδος που μελετήθηκε ή και τις συνθήκες που διεξήχθη το πείραμα. Σχετικά με το ύψος των φυτών η αυξημένη αλατότητα (90 mM NaCl) με την προσθήκη ασβεστίου αύξησε κατά 7% το ύψος του φυτού γεγονός που υποδηλώνει την θετική επίδραση του ασβεστίου στο ύψος του φυτού βελτιώνοντας την αρνητική δράση της αλατότητας. Η αρνητική επίδραση της υψηλής συγκέντρωσης αλατότητας (12 dS/m⁻¹, 100 mM NaCl) ή της υψηλής αγωγιμότητας βρέθηκε σε καλλιέργεια τομάτας με αποτέλεσμα την μείωση του ύψους των φυτών και της φυλλικής τους επιφάνειας (Λυκοσκούφης κ.α, 2007). Η μείωση της φυλλικής επιφάνειας ήταν μεγαλύτερη στην επέμβαση με την αλατότητα NaCl (40%) συγκριτικά με την αλατότητα των μακροστοιχείων (15%).

Όσο αφορά το μήκος της ρίζας η υψηλή αλατότητα με την προσθήκη ασβεστίου αύξησε κατά 25% το μήκος της ρίζας σε σχέση με τη χαμηλή αλατότητα. Παρόμοια αποτελέσματα σε μαϊντανό που αφορούν τη ρίζα βρέθηκαν σε προηγούμενη μελέτη (Πετρόπουλος και Χατζηευστρατίου, 2008). Σύμφωνα με την μελέτη παρατηρήθηκε ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις NaCl και CaCl ευνοούν την ανάπτυξη του μήκους της ρίζας. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η επίδραση χαμηλής αλατότητας (40mM NaCl) σε υδροπονική καλλιέργεια (NFT) μαρουλιού, δεν επέφερε αλλαγές στην ανάπτυξη της ρίζας ενώ η αλατότητα γενικότερα (40mM NaCl και 120mM NaCl) μείωσε την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος σε φυτά μαρουλιού και το συνολικό βάρος τους (Tzortzakis, 2009a). Στην ίδια μελέτη βρέθηκε μείωση στην στοματική αγωγιμότητα των φύλλων που μπορεί να προκαλέσει μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων μαρουλιού. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν σε καλλιέργεια τομάτας όταν χρησιμοποιήθηκε υψηλής συγκέντρωσης αλατότητας (12 dS/m⁻¹, 100 mM NaCl) ή από υψηλή αγωγιμότητα με μείωση της αγωγιμότητας των στοματίων και της συγκέντρωσης του μεσοκυττάριου CO₂, ενώ αντίθετα αυξήθηκε η

περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη (Λυκοσκούφης κ.α, 2007). Στην παρούσα μελέτη βρέθηκε μείωση της χλωροφύλλης α με την επίδραση υψηλής αλατότητας μονάχα με την λήξη της καλλιέργειας και όχι στο ενδιάμεσο, όπου συνδυάστηκε με ταυτόχρονη αύξηση της περιεκτικότητας των καροτενοειδών.

Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας η αυξημένη αλατότητα (90 mM NaCl) χωρίς την προσθήκη ασβεστίου μείωσε (κατά 47%) το νωπό βάρος των φύλλων σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των υπολοίπων μεταχειρίσεων όπου συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Λυκοσκούφης κ.α (2007), όπου βρέθηκε σημαντική μείωση του βάρους των καρπών ανά φυτό. Στην ίδια μελέτη βρέθηκε ότι η μείωση (κατά 55%) της απόδοσης που προκλήθηκε από την επίδραση της αλατότητας οφείλονταν τόσο στο μικρότερο μέγεθος καρπών όσο και στο μικρότερο αριθμό καρπών ανά φυτό. Η απόδοση των φυτών σε ξηρό βάρος καρπών μειώθηκε σημαντικά (-26%) στην αλατότητα του NaCl (Λυκοσκούφης κ.α, 2007). Η χρήση 1% NaCl στο αντίδι (*Cichorium endivia* L.) και στο μάραθο (*Foeniculum vulgare* L.) μείωσε την εμπορεύσιμη παραγωγή κατά 60% περίπου, ενώ η παραγωγή μαρουλιού μειώθηκε κατά 15% (το μαρούλι και το αντίδι εμφανίζονται να είναι πιο ευαίσθητα σε εγκαύματα στην άκρη των φύλλων και στα νεκρωτικά συμπτώματα που εμφανίζονται στη συγκομιδή). Αυτά τα συμπτώματα μπορούν να αποδοθούν στη χαμηλή προσρόφηση ασβεστίου, στην μειωμένη μεταφορά ασβεστίου μέσω του ξηλώματος αλλά και στην διαταραχή της κατανομής των κατιόντων στον φυτικό ιστό σε υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου (Sonneveld, 1988).

Εν μέρει διαφορετικά αποτελέσματα βρέθηκαν από τους Pardossi et al. (1999a,b) οι οποίοι ανέπτυξαν φυτά μαϊντανού σε υδροπονικές καλλιέργειες και με υψηλότερες συγκεντρώσεις από τις προαναφερόμενες και ανέφεραν ότι δεν υπήρξε επίδραση από τα άλατα. Ο μαϊντανός φαίνεται ότι αποτελεί και αυτός ένα σχετικά ανθεκτικό στην αλατότητα φυτό όπως το σέλινο σε αντίθεση με άλλα φυτά της οικογένειας *Ariaceae* τα οποία αναφέρονται ως ευαίσθητα (Shannon and Grieve, 1999).

Η αλατότητα μείωσε την περιεκτικότητα K και P τόσο στα φύλλα όσο και στη ρίζα. Ενώ ο εμπλουτισμός με Ca είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση έως και 26% της περιεκτικότητας Ca στα φύλλα. Η προσθήκη Ca δεν επέφερε μεταβολές στην περιεκτικότητα Ca στην ρίζα σε συνθήκες αλατότητας. Η προσθήκη NaCl αύξησε

έως και 88% την περιεκτικότητα των φύλλων σε Na. Η ίδια τάση αύξηση έως και 92% παρατηρείται και στην περιεκτικότητα Na στη ρίζα. Ο εμπλουτισμός K αλλά και ο διαφυλλικός ψεκασμός με Ca μπορεί να μειώσει τις αρνητικές επιδράσεις της αλατότητας. Βελτιώνοντας μερικώς την παραγωγή και προφυλάσσοντας την καλλιέργεια μαρουλιού από σήψη κορυφής (κυρίως το Ca έπαιξε ουσιαστικότερο ρόλο σε αυτό, παρά το K) (Tzortzakis, 2009b). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε άλλα φυλλώδη φυτά (αντίδι, σέλινο) ή/και ποικιλίες μαρουλιού (ποικ. Beta) (Tzortzakis, 2009a,b).

Ο εμπλουτισμός της θρέψης των φυτών με κάλιο και νιτρικά άλατα είναι μια αποδοτική μέθοδος όπου εμποδίζει την εμφάνιση καταπόνησης (stress) που προκαλείται από τα ιόντα Na και Cl σε πολλές καλλιέργειες. Στην τομάτα (*Lycopersicon esculentum* L.), στο μαρούλι (*Lactuca sativa* L.), στο κινέζικο λάχανο (*Brassica rapa* L. var. *Chinensis*), το γλυκό καλαμπόκι (*Zea mays* L. var. *Rugosa* Bonaf.) και το γκρέϊπφρουτ (*Citrus x paradise* Mact.) η εφαρμογή Multi-K (νιτρικό κάλιο) ήταν μια αποδοτική μέθοδος ενάντια στην καταπόνηση που προκαλεί η αλατότητα, βελτιώνοντας την παραγωγή (Achilea, 2002). Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι το K μειώνει τα επιβλαβή αποτελέσματα λόγω της συγκέντρωσης Na σε συνθήκες αλατότητας.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η αλατότητα να είναι ένας σοβαρός παράγοντας καταπόνησης για τα φυτά αλλά με τους κατάλληλους χειρισμούς όπως η χρήση διαφυλλικού ψεκασμού των θρεπτικών στοιχείων ή εμπλουτισμός θρεπτικών στοιχείων στο χώμα ή σε υδροπονική καλλιέργεια μπορούν να μειώσουν τις αρνητικές επιδράσεις της αλατότητας στην καλλιέργεια. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να αξιοποιηθούν υποβαθμισμένης ποιότητας νερό, για τις αρδευτικές ανάγκες των καλλιεργειών, διασφαλίζοντας την ορθολογικότερη αξιοποίηση των υδάτινων πόρων, που δυστυχώς βρίσκονται σε συνεχή υποβάθμιση ή ελλειμματική κατάσταση.

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Achilea, O. 2002. Alleviation of salinity - induced stress in cash crops by multi-K (potassium nitrate), five cases typifying the underlying pattern. *Acta Horticulturae* 573:43-48.
- Andriolo, J.L., da Luz, G.L., Witter, M.H., Godoi, R.S., Barros, G.T., Bortolotto, O.C. 2005. Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Hortic. Bras.* 23:931-934.
- Botia, P., Carvajal, M., Cerda, A., Martinez, V. 1998. Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth. *Agronomie* 18:503-513.
- Chartzoulakis, K., Klapaki, G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae* 86:247-260.
- Economakis, C.D., Daskalaki, A. 2005. Effect of substrate of perlite and pumice at various particle size on tomato culture. 2nd International Symposium on Cherry Tomato, 9 - 11 June 2005, Santorini, Greece (Proceedings in print).
- Economakis, C.D., Daskalaki, A., Bitsaki, A. 2001. Effect of the nutrient solution potassium concentration on tomatoes grown on new or reused pumice. International Symposium on Growing Media and Hydroponics, Halkidiki, Greece, 31 August-6 September 1999. *Acta Horticulturae*: 548:511-515.
- Economakis, C.D., Daskalaki, A., Tzerakis, C.S. 2005. Tomato production in perlite and pumice as affected by the bag size and the presence of zeolite. 2nd International Symposium on Cherry Tomato, 9 - 11 June 2005, Santorini, Greece (Proceedings in print).
- El-Fouly, M.M., Mobarak, Z.M., Salama, Z.A. 2002. Micronutrient foliar application increases salt tolerance of tomato seedlings. *Acta Horticulturae* 573:467-474.
- Evans, H.J., Sorger, G.J. 1966. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. *Annual Review of Plant Physiology* 17:47-77.
- Lauchli, A., Epstein, E. 1990. Plant responses to saline and sodic conditions, p. 113-137. In: K.K. Tanji (ed.). *America Society of Civil Engineers*, New York, N.Y.

- Pardossi, A., Bagnolib, G., Malorgiob, F., Campiottic, C.A., Tognonib, F. 1999a. NaCl effects on celery (*Apium graveolens* L.) grown in NFT. *Scientia Horticulturae* 81:229-242.
- Pardossi, A., Malorgio, F., Tongoni, F. 1999b. Salt tolerance and mineral relations for celery. *Journal of Plant Nutrition* 22: 151-156.
- Petropoulos, S.A., Olympios, C.M., Passam, H.C. 2008b. The effect of nitrogen fertilization on plant growth and the nitrate content of leaves and roots of parsley in the Mediterranean region. *Scientia Horticulturae* 118: 255-259.
- Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G., Passam, H.C. 2009. The effect of nitrogen- application rate on the biomass, concentration, and composition of essential oils in the leaves and roots of three types of parsley. *Journal of Plant Nutrition and Soil* 172: 210-215.
- Petropoulos, S.A., Akoumianakis, C.A., Passam, H.C. 2006. Evaluation of turnip-rooted parsley (*Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum*) for root and foliage production under a warm, Mediterranean climate. *Scientia Horticulturae* 109: 282–287.
- Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G., Passam, H.C. 2008a. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae* 115: 393-397.
- Petropoulos, S.A., Daferera, D., Akoumianakis, C.A, Passam, H.C., Polissiou M.G. 2004. The effect of sowing date and growth stage on the essential oil composition of three types of parsley (*Petroselinum crispum*). *Journal of Science of Food and Agriculture* 84:1606–1610.
- Porra, R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls *a* and *b*. *Photosynthesis Research* 73: 149 - 156.
- Rumpell, J., Kaniszewski, S. 1994. Influence of nitrogen fertilization on yield and nitrate nitrogen content of turnip-rooted parsley. *Acta Horticulturae* 371: 413-419.
- Shannon, M.C., Grieve, C.M. 1999. Tolerance of vegetables crops to salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 5-38.

- Sonneveld, C. 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. *Netherland Journal of Agricultural Science* 36:63-73.
- Tzortzakis, N.G., Economakis, C.D. 2005a. Shredded Maize Stems as an Alternative Substrate Medium: Effect on Growth, Flowering and Yield of Tomato in Soilless Culture. *Journal of Vegetable Science* 11: 57-70.
- Tzortzakis, N.G. 2007. Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 111-116.
- Tzortzakis, N.G. 2009a. Alleviation of salinity induced stress in lettuce growth by potassium sulphate using Nutrient Film Technique. *International Journal of Vegetable Science* 15:1-14.
- Tzortzakis, N.G., Economakis, C.D. 2005b. Effect of the substrate on yield and fruit quality of tomato plants in soilless cultivation. ISHS-IPS. International Symposium on Growing Media. 4-10 September 2005, Angers, France. (Proceedings in print).
- Tzortzakis, N.G. 2009b. Influence of NaCl and calcium foliar spray on lettuce and endive growth using nutrient film technique. *International Journal of Vegetable Science* 15:1-13.
- Ανώνυμος. 2009. Parsley. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Parsley>, 17-11-2009).
- Δασκαλάκη, Α., Οικονομάκης, Κ.Δ. 2001. Επίδραση της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος στην παραγωγή τομάτας σε υδροπονική καλλιέργεια με υπόστρωμα ελαφρόπετρας. 20ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο 29 Οκτ. – 1 Νοεμ. 2001 Λάρνακα, Κύπρος. Πρακτικά Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, Τόμος 10, σελ. 370-373.
- Δραγασάκη, Μ. 2008. Εφαρμοσμένη φυσιολογία. Σημειώσεις θεωρίας. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. ΤΕΙ Κρήτης. Σελ. 1-8.
- Κουτσός, Θ.Β. 2006. Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Εκδόσεις ΖΗΤΗ Θεσσαλονίκη. Σελ 348.
- Λυκοσκούφης, Ι., Παΐσιος, Χ., Μαυρογιαννόπουλος, Γ. 2007. Η επίδραση της υψηλής συγκέντρωσης NaCl και υψηλής συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων του θρεπτικού διαλύματος στην ανάπτυξη και τη παραγωγή της τομάτας. 23^ο Πανελλήνιο Συνέριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Χανιά 23-26 Οκτωβρίου. Σελ. 831-834.

- Μανιός, Β. 2005. Καλλιέργειες εκτός εδάφους. Σημειώσεις θεωρίας. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. ΤΕΙ Κρήτης. Σελ. 65.
- Οικονομάκης, Κ.Δ. 1998. Υδροπονικές καλλιέργειες. Κυριότερες εφαρμογές στην Ανθοκομία. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ανθοκομίας, Βόλος 27-28 Μαΐου 1998. Πρακτικά. Σελ. 1-6.
- Πετρόπουλος, Σ., Χατζηευστρατίου, Ε. 2008. Ριζωματώδης μαϊντανός. Μια νέα εναλλακτική καλλιέργεια για την Ελλάδα. Περιοδικό Γεωργία-Κτηνοτροφία, 9: 48-51.
- Σάββας, Δ. 2007. Εισαγωγή στις καλλιέργειες εκτός εδάφους. Σημειώσεις εργαστηρίου. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σελ. 23.
- Τζωρτζάκης, Ν. 2008. Καλλιέργειες εκτός εδάφους. Σημειώσεις θεωρίας. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, ΤΕΙ Κρήτης. Σελ. 52.
- Τσουβαλάκη, Ε. 2009. Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά της Κρήτης. Δίκταμος-Φασκόμηλο-Ρίγανη. Πτυχιακή εργασία. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. ΤΕΙ Κρήτης. Σελ. 92.

ΜΕΡΟΣ Γ

Κεφάλαιο 6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

6.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

6.1.1 Προσδιορισμός θρεπτικών στοιχείων

Εισαγωγή

Η χρησιμοποίηση της φλογοφωτομετρίας για ποσοτικό προσδιορισμό στοιχείων στηρίζεται στο γεγονός ότι η ένταση της χαρακτηριστικής ακτινοβολίας ενός στοιχείου είναι ανάλογη με τον αριθμό των διεγερμένων ατόμων στη φλόγα που και αυτά είναι ανάλογα με την συγκέντρωση του στοιχείου στο υπό μέτρηση διάλυμα.

Η φασματοφωτομετρία βασίζεται στην αρχή ότι τα ελεύθερα ουδέτερα άτομα κάποιου στοιχείου όταν βρίσκονται στην θεμελιώδη κατάσταση απορροφούν την ακτινοβολία του χαρακτηριστικού μήκους κύματος και μεταπίπτουν σε κατάσταση διέγερσης. Η χαρακτηριστική μήκους κύματος ακτινοβολία παράγεται με ειδικές καθοδικές λυχνίες που η κάθοδος τους αποτελείται από το στοιχείο που θέλουμε να προσδιορίσουμε ή από κάποια ένωση του. Η ένταση της ακτινοβολίας της λυχνίας είναι γνωστή πριν περάσει μέσα από την φλόγα η ένταση αυτή μειώνεται επειδή μέρος της ακτινοβολίας απορροφήθηκε. Έτσι η διαφορά αυτών των δύο τιμών της έντασης δίνει την απορρόφηση που παρατηρήθηκε από το υπό μέτρηση στοιχείο. Στην παραπάνω διαδικασία στηρίζεται η φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης.

Τα Φασματοφωτόμετρα κατατάσσονται σε καταγραφικά ή μη, σε φασματοφωτόμετρα υπεριώδους ή ορατού, ή υπέρυθρου ακτινοβολίας.

6.1.2 Προσδιορισμός Κ

Για τον προσδιορισμό διάφορων στοιχείων όπως είναι το Κ, το Na, και το Ca χρησιμοποιήθηκε το φλογοφωτόμετρο.

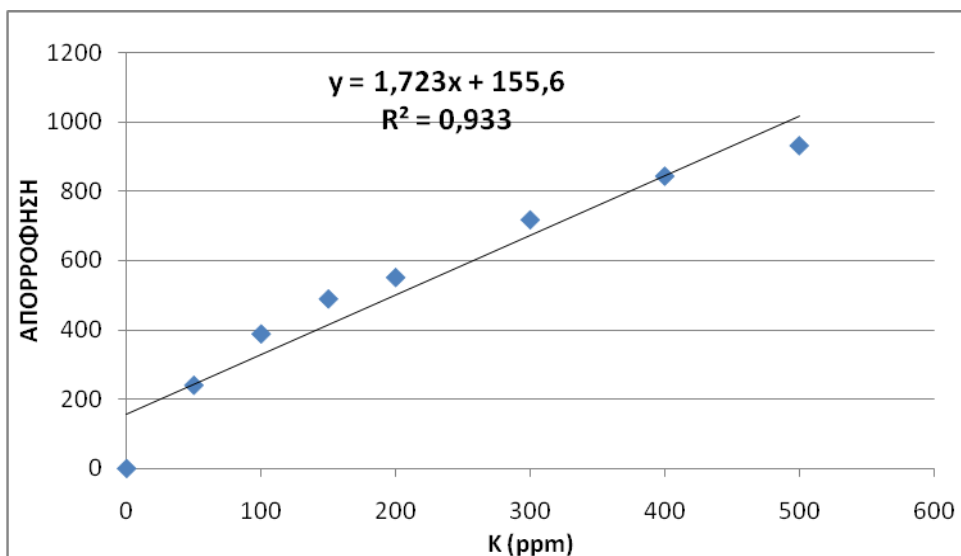
Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για το Κ, ήταν τα εξής: Διάλυμα ΚCl (1.9068 g ΚCl σε 1L νερού) παρασκευάστηκαν και έδωσαν Κ 1000 ppm και φυλάχτηκαν σε πλαστικό δοχείο. Διαλύματα γνωστής συγκεντρώσεως σε Κ που κάλυπτε την κλίμακα από 0 έως 100 ppm. Παρασκευάστηκαν, με αραιώση, από το πυκνό διάλυμα Κ, οι παρακάτω συγκεντρώσεις 0 ppm, 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm και 100 ppm Κ.

Τρόπος εργασίας

Ρυθμίστηκε το φλογοφωτόμετρο σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή με τέτοιο τρόπο ώστε όταν μετράται το 0 της κλίμακας ρύθμισης του οργάνου δηλαδή το τυφλό, το όργανο έδειχνε 0 και όταν μετρήθηκε το 10 της κλίμακας ρύθμισης, το όργανο έδειχνε 10. Η εργασία αυτή επαναλήφθηκε μερικές φορές μέχρις ότου να ληφθούν οι ενδείξεις 0 και 10 μετρώντας γνωστές συγκεντρώσεις χωρίς παραπέρα ρύθμιση του οργάνου και καταγράφηκαν οι υπόλοιπες γνωστές συγκεντρώσεις Κ (standards). Στη συνέχεια μετρήθηκαν και τα άγνωστα διαλύματα και σημειώθηκαν οι ενδείξεις προκειμένου να υπολογιστούν τα αποτελέσματα. Έπειτα πραγματοποιήθηκε υπολογισμός των αποτελεσμάτων φτιάχνοντας μια καμπύλη αναφοράς (Πίνακας 6.1, Σχήμα 6.1).

Πίνακας 6.1. Απορρόφηση διαφορετικών συγκεντρώσεων Κ.

Συγκέντρωση Κ (ppm)	Απορρόφηση
0	2
50	242
100	390
150	491
200	553
300	719
400	845
500	933



Σχήμα 6.1. Καμπύλη αναφοράς για τον υπολογισμό του K.

6.1.3 Προσδιορισμός Na

Αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του Na

Το διάλυμα Na 1000 ppm παρασκευάστηκε διαλύοντας 2,5422 g NaCl σε 1 L νερού. Το διάλυμα φυλάσσεται σε πλαστικό μπουκάλι επ' αόριστον. Διαλύματα γνωστής συγκεντρώσεως σε Na χρησιμοποιήθηκε ώστε να καλύπτει την κλίμακα από 0-250 ppm. Η κλίμακα αποτελούνταν από 0 ppm, 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm και 250 ppm.

Η παρασκευή αυτών των διαλυμάτων έγινε όπως ακριβώς και στην περίπτωση του καλίου.

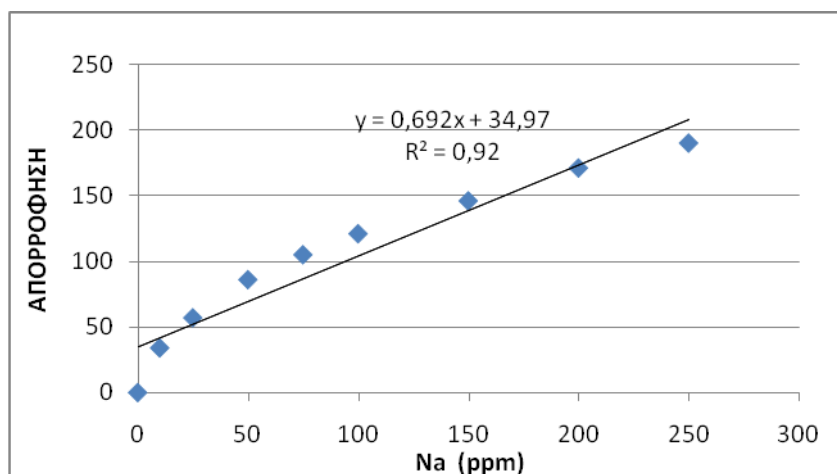
Τρόπος εργασίας

Ρυθμίστηκε το φλογοφωτόμετρο σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή με τέτοιο τρόπο ώστε όταν μετράται το 0 της κλίμακας ρύθμισης του οργάνου δηλαδή το τυφλό, το όργανο έδειχνε 0 και όταν μετρήθηκε το 10 της κλίμακας ρύθμισης το όργανο έδειχνε 10. Η εργασία αυτή επαναλήφθηκε μερικές φορές μέχρις ότου να ληφθούν οι ενδείξεις 0 και 10 μετρώντας γνωστές συγκεντρώσεις χωρίς παραπέρα ρύθμιση του οργάνου και καταγράφηκαν οι υπόλοιπες γνωστές συγκεντρώσεις Na

(standards). Στη συνέχεια μετρήθηκαν και τα άγνωστα διαλύματα και σημειώθηκαν οι ενδείξεις προκειμένου να υπολογιστούν τα αποτελέσματα. Έπειτα πραγματοποιήθηκε υπολογισμός των αποτελεσμάτων φτιάχνοντας μια καμπύλη αναφοράς (Πίνακας 6.2, Σχήμα 6.2).

Πίνακας 6.2. Απορρόφηση διαφορετικών συγκεντρώσεων Na.

Συγκέντρωση Na(ppm)	Απορρόφηση
0	0
10	34
25	57
50	86
75	105
100	121
150	146
200	171
250	190



Σχήμα 6.2. Καμπύλη αναφοράς για τον υπολογισμό του Na.

6.1.4 Προσδιορισμός Ca

Για τον προσδιορισμό του Ca με το φλογοφωτόμετρο έγιναν οι ίδιες εργασίες όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του Ca

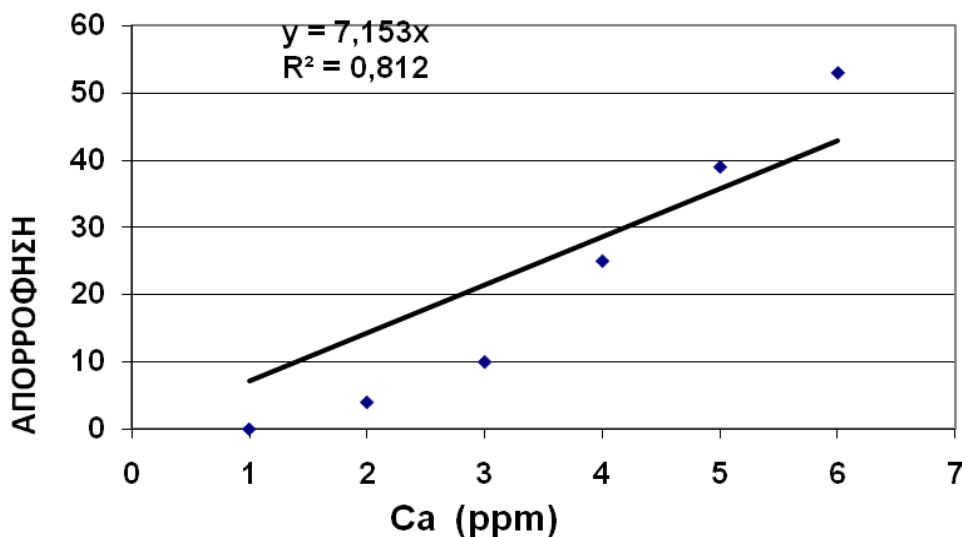
Διάλυμα Ca 1000 ppm παρασκευάστηκε διαλύοντας 2,5 g ξηρού ανθρακικού ασβεστίου σε όσο το δυνατόν μικρή ποσότητα διαλύματος νιτρικού οξέος και αραίωσης στην συνέχεια του διαλύματος μέχρι 1L ακριβώς. Η κλίμακα αποτελούνταν από 0 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm και 200 ppm.

Τρόπος εργασίας

Ρυθμίστηκε το φλογοφωτόμετρο σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Καταγράφηκαν οι γνωστές συγκεντρώσεις Ca (standards). Στη συνέχεια μετρήθηκαν και τα άγνωστα διαλύματα και σημειώθηκαν οι ενδείξεις προκειμένου να υπολογιστούν τα αποτελέσματα. Έπειτα πραγματοποιήθηκε υπολογισμός των αποτελεσμάτων φτιάχνοντας μια καμπύλη αναφοράς (Πίνακας 6.3, Σχήμα 6.3).

Πίνακας 6.3. Απορρόφηση διαφορετικών συγκεντρώσεων Ca.

Συγκέντρωση Ca (ppm)	Απορρόφηση
0	0
25	4
50	10
100	25
150	39
200	53



Σχήμα 6.3. Καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό Ca.

6.1.5 Προσδιορισμός P

Για τον προσδιορισμό του P χρησιμοποιήθηκε Φασματοφωτόμετρο.

Αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του P

Χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω αντιδραστήρια : Μολυβδαινικό αμμώνιο, βαναδικό αμμώνιο, και πυκνό νιτρικό οξύ. Για τον προσδιορισμό του φωσφόρου χρειάστηκε διάλυμα που παρασκευάστηκε ως εξής:

- 22,5 g μολυβδαινικού διαλύθηκαν σε 400 ml νερού με ελαφρά θέρμανση.
- 1,25 g βαναδικού αμμωνίου διαλύθηκαν σε 300 ml νερό που έβραζε.

Μετά από ψύξη προστέθηκε το διάλυμα του βαναδικού αμμωνίου στο διάλυμα του μολυβδαινικού αμμωνίου και το διάλυμα που προέκυψε διατηρήθηκε σε θερμοκρασία δωματίου. Στην συνέχεια προστέθηκαν 250 ml, πυκνό νιτρικό οξύ, αφού ψύχθηκε το διάλυμα σε θερμοκρασία δωματίου και συμπληρώθηκε το διάλυμα μέχρι 1L ακριβώς με απιονισμένο νερό.

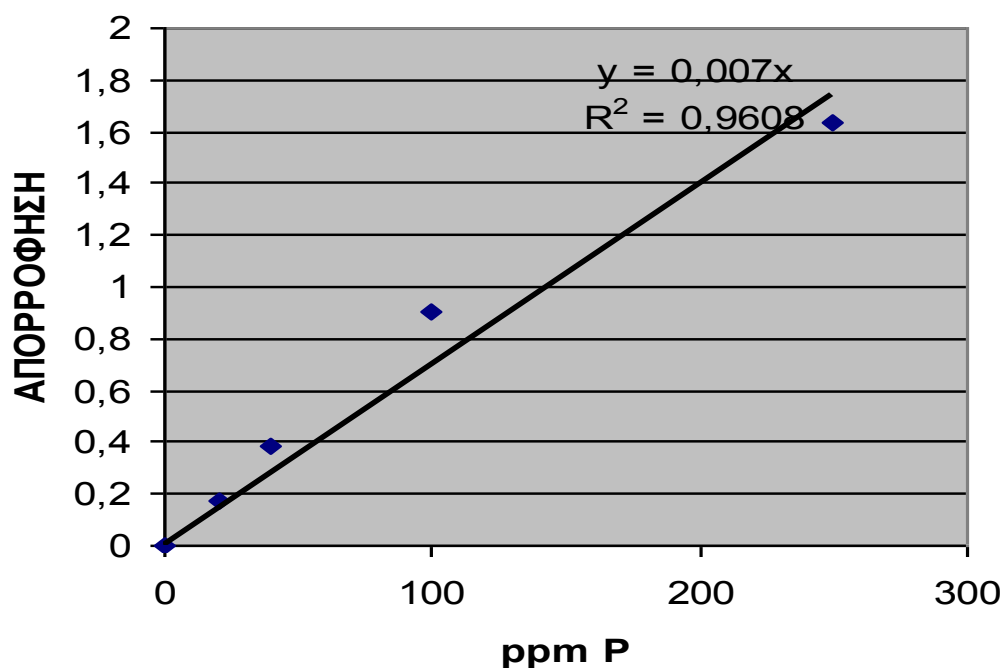
Τρόπος εργασίας

Σε ογκομετρικό φιαλίδιο των 50 ml τοποθετήθηκε ποσότητα διαλύματος συνήθως 10 ml. Προστέθηκαν 10 ml αντιδραστηρίου βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύτηκαν. Συμπληρώθηκε το φιαλίδιο με

νερό και ανακατεύτηκε ξανά. Το διάλυμα αφέθηκε για 30 λεπτά και μετά μετρήθηκε η διέλευση ή απορρόφηση του διαλύματος σε μήκος κύματος 470 nm. Σύμφωνα με την πιο πάνω διαδικασία τα standards είχαν συγκεντρώσεις 0 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 100 ppm, και 250 ppm P. Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων φτιάχτηκε η καμπύλη αναφοράς (Πίνακας 6.4, Σχήμα 6.4).

Πίνακας 6.4. Απορρόφηση διαφορετικών συγκεντρώσεων P.

Συγκέντρωση P(ppm)	Απορρόφηση
0	0,001
20	0,205
40	0,431
100	0,909
250	1,264



Σχήμα 6.4. Καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό P.

6.1.6 Προσδιορισμός NO₃

Ο προσδιορισμός του νιτρικού αζώτου έγινε φασματομετρικά.

Αντιδραστήρια χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των NO₃

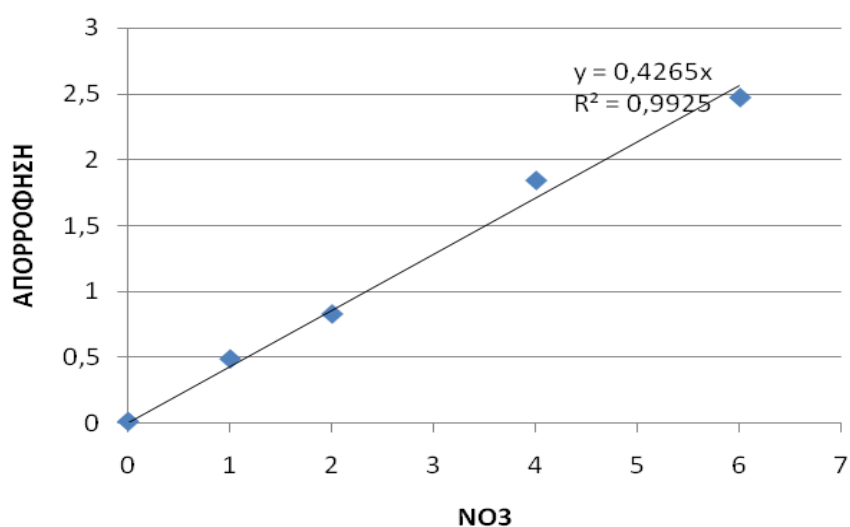
Διάλυμα νιτρικών N(NO₃-N) 100ppm. Παρασκευάζεται διαλύοντας 0,722 g νιτρικού καλίου (KNO₃) σε 1 L νερό.

Τρόπος εργασίας

Διαλύματα γνωστής συγκεντρώσεως χρησιμοποιήθηκαν σαν standard και μετρήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο σε δυο μήκη κύματος, στα 210 nm και στα 275 nm (Πίνακας 6.5, Σχήμα 6.5).

Πίνακας 6.5. Απορρόφηση διαφορετικών συγκεντρώσεων NO₃.

Συγκέντρωση NO ₃	Απορρόφηση
0	0.010
1	0.485
2	0.826
4	1.840
6	2.469



Σχήμα 6.5. Καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό NO₃.

6.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

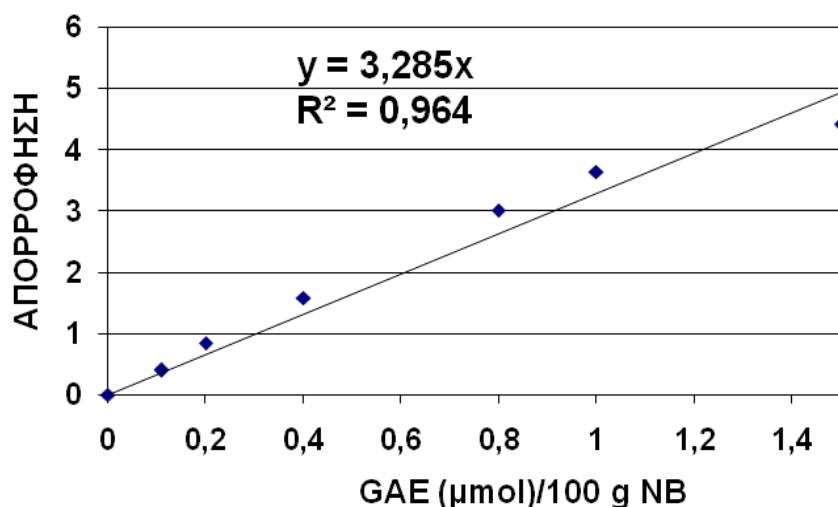
6.2.1 Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες έγινε στο εργαστήριο Φυσιολογίας και Βιοτεχνολογίας Φυτών, με βάση την μεθοδολογία που έχει περιγραφεί σε δημοσιευμένη εργασία (Tzortzakis, 2007).

Χρησιμοποιήθηκαν γνωστές συγκεντρώσεις (σε μmol) γραμμοισοδύναμων γαλλικού οξέος (GAE) για την δημιουργία της καμπύλης αναφοράς (Πίνακας 6.6, Σχήμα 6.6). Παρασκευάστηκε η αντίδραση όπως περιγράφηκε στα 'Υλικά & Μέθοδοι' για τα δείγματα και μετρήθηκε η απορρόφηση σε μήκος κύματος 755 nm.

Πίνακας 6.6. Μέτρηση απορρόφησης γνωστών συγκεντρώσεων GAE.

μmol GAE	Απορρόφηση
0	0,000
0,11	0,393
0,2	0,836
0,4	1,573
0,8	3,000
1,0	3,630
1,5	4,406



Σχήμα 6.6. Καμπύλη αναφοράς γνωστών συγκεντρώσεων GAE.