



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ  
ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ »**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΛΑΔΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Δρ. ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2009**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή μου Δρ Τζωρτζάκη Νίκο και εισηγητή του θέματος της παρούσας εργασίας για την πολύτιμη πηγή πληροφοριών και υποστήριξη για την διεκπεραίωση της πτυχιακής μου εργασίας. Ευχαριστώ τον κύριο Σεμπαθιανάκη Γιάννη και τους συναδέλφους μου Ανδρόνικο Μεταξάκη, Γιώργο Πιλατάκη και Κατερίνα Ψαραύτη, για την επίσης πολύτιμη βοήθεια τους στην διεξαγωγή του πειράματος, τους καθηγητές Δρ Μανιό Θρασύβουλο και Δρ. Λουλακάκη Κωνσταντίνο για την παραχώρηση των εργαστηριακών εγκαταστάσεων τους. Ευχαριστώ επίσης την σπουδάστρια Σοφιάννα Δρουδάκη για την βοήθεια της στην σύνταξη της πτυχιακής μου εργασίας. Ακόμα ευχαριστώ τις αδερφές μου που με στήριξαν και με στηρίζουν σε όλη την πορεία των σπουδών μου. Τέλος, μα κυριότερα, θέλω να αφιερώσω στους γονείς μου Δημήτρη και Κασσιανή αυτή την πτυχιακή εργασία για την υπομονή και αγάπη τους όλα αυτά τα χρόνια.

	Σελίδες
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	3
<b><u>ΜΕΡΟΣ Α</u></b>	5
1 <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	5
1.1 ΧΡΗΣΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ	5
1.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΥΤΩΝ	6
1.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	7
1.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ/ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ	8
1.4.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΤΟΜΑΤΩΝ	9
1.4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΠΝΟΗ	9
1.4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	10
1.5 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΙΚΑ ΜΕΡΗ	11
1.6 ΧΡΗΣΗ ΥΦΑΛΜΥΡΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	12
1.7 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	13
1.8 ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	16
1.9 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ	21
1.10 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΣΑΚΟΥΣ	25
1.11 ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΕΣ	26
2 <b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ</b>	30
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ	30
2.2 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	33

2.3	ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	34
2.4	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ	34
2.5	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ	35
2.6	ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	37
2.7	ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΟΙΗΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ	39
2.8	<i>ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ</i>	39
	<b><u>ΜΕΡΟΣ Β - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ</u></b>	42
3	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ	42
3.1	ΤΟΠΟΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	42
3.2	ΥΛΙΚΑ, ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ ΣΕ ΣΑΚΟΥΣ	42
3.3	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ	49
3.4	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ	50
3.5	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	52
3.6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	58
3.6.1	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ	58
3.6.2	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ	66
3.6.3	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ pH ΚΑΙ EC ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ	89
3.6.4	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΟΛΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ	91
3.6.5	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ	93
3.7	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	100
4	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	104
	<b><u>ΜΕΡΟΣ Γ</u></b>	110
5	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b>	110

5.1	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	110
5.2	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	112
6	<b>ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ</b>	115
6.1	ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΟ 3 <sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	115
6.2	ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΟ 24 <sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ (ΕΕΕΟ)	118

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum* L.) είναι ένα είδος ραδικιού το οποίο χαιρεί μεγάλης εκτίμησης στην Κρήτη ενώ αναπτύσσεται εξίσου καλά σε παραθαλάσσιες ζώνες αλλά και πλαγιές βουνών και οροπεδίων (πάνω από 1000 m υψόμετρο). Το σταμναγκάθι συνδυάζει ένα μεγάλο εύρος φαρμακευτικών χρήσεων (διουρητικό, καθαρτικό, χρήσιμο φάρμακο για το συκώτι, κατάπλασμα σε έλκη ενώ ο χυμός της ρίζας είναι κατάλληλος για εγκαύματα) και είναι γνωστό για τις αντισηπτικές αλλά και τις αντιρρευματικές του ιδιότητες. Ελάχιστες είναι οι μελέτες που αναφέρονται σε αυτό το παραδοσιακό προϊόν.

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, 40 και 120 mM NaCl) στην ανάπτυξη και την ποιότητα υδροπονικής καλλιέργειας σταμναγκαθιού. Ταυτόχρονα αξιολογήθηκαν τέσσερα διαφορετικά ανόργανα (άμμος, περλίτης, πετροβάμβακας και ελαφρόπετρα) υποστρώματα ως προς την ανάπτυξη και παραγωγή σταμναγκαθιού και την συμπεριφορά αυτών σε συνθήκες αλατότητας. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε σάκους (3 επίπεδα αλατότητας x 4 αδρανή υποστρώματα x 3 επαναλήψεις) σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα. Η παροχή θρεπτικού διαλύματος γινόταν κάθε 4 ώρες (3 λεπτά κάθε φορά) κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Πραγματοποιήθηκαν εβδομαδιαίες μετρήσεις ως προς την αύξηση/ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών αλλά ταυτόχρονα την επίδραση των μεταχειρίσεων σε ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών με οργανοληπτικό έλεγχο.

Όσο αφορά την επίδραση του υποστρώματος, βρέθηκε αυξημένος (έως και 23%) ο αριθμός φύλλων που σημειώθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε ελαφρόπετρα, ενώ το μεγαλύτερο (έως και 22%) μήκος φύλλων βρέθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε πετροβάμβακα. Καλύτερα αποτελέσματα ως προς την ανάπτυξη των φυτών στα υποστρώματα, έδωσε ο πετροβάμβακας, ακολουθούν ο περλίτης και η ελαφρόπετρα όπου δεν σημείωσαν διαφορές μεταξύ τους, και τέλος ακολουθεί η άμμος. Δεν βρέθηκαν διαφορές

μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς την φυλλική επιφάνεια, την ξήρανση της κορυφής, τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων.

Σχετικά με την επίδραση της αλατότητας στον περλίτη και στην ελαφρόπετρα βρέθηκε μείωση του αριθμού φύλλων και (συμπεριλαμβανομένου της άμμου ως υπόστρωμα) μειώθηκε και το μήκος των φύλλων. Η αυξημένη συγκέντρωση αλατιού (120 mM NaCl) μείωσε τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων ενώ η αλατότητα δεν επηρέασε τη φυλλική επιφάνεια και την ξήρανση της κορυφής των φυτών. Η αλατότητα μείωσε (έως και 35%) το συνολικό νωπό βάρος των φυτών σε σχέση με το μάρτυρα στα υποστρώματα περλίτη και άμμο ενώ στα υποστρώματα πετροβάμβακα και ελαφρόπετρα δεν επηρέασε το συνολικό νωπό βάρος σε σχέση με το μάρτυρα. Η χαμηλή συγκέντρωση αλατότητας αύξησε την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη και ελαφρόπετρα, ενώ βελτίωσε ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο, όπως το χρώμα, την πικρότητα και τη τραχύτητα, που αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά του σταμναγκαθιού ενώ το 56% των κριτών δήλωσαν πολύ ικανοποιημένοι από το προϊόν.

Επομένως η αυξημένη αλατότητα επιδρά δυσμενώς στην ανάπτυξη και παραγωγή στο σταμναγκάθι, σε αντίθεση με την μειωμένη αλατότητα (40mM NaCl) όπου δεν διέφερε σημαντικά από το μάρτυρα, και θα μπορούσε περαιτέρω να χρησιμοποιηθεί για τις αρδευτικές ανάγκες της καλλιέργειας σταμναγκαθιού. Αν και ο πετροβάμβακας, έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα ως προς την ανάπτυξη και παραγωγή στο σταμναγκάθι, το γεγονός ότι δεν διασπάται στο περιβάλλον μετά την χρησιμοποίησή του, οδηγεί σε εναλλακτική προτεινόμενη λύση και χρήση φιλικότερων μέσων προς το περιβάλλον, όπως αυτή του περλίτη ή της ελαφρόπετρας.

## ABSTRACT

Stamnagkathi (*Cichorium spinosum* L.) is a species of radish which is quite popular in Crete while it is grown equally well in coastal areas but also in hilly areas (above 1000 m altitude). Stamnagkathi combines several pharmaceutical uses (diuretic, purgative, useful medicine for the liver, poultice in ulcers while the root extract is suitable for burns) and is well known for the antiseptic but also anti-rheumatics attributes. Only few studies are reported in this traditional product.

An important problem that faces our country is the continuously increasing of the secondary soil salinization and alkalization, due to low drainage and low water quality for irrigation. In the present study, it was studied the effect of salinity (0, 40 and 120 mM NaCl) in the growth and the quality of hydroponically grown stamnagkathi. Four inert substrates (sand, perlite, rockwool and pumice) were evaluated for stamnagkathi growth and production under salinity conditions. The plants were developed in bags (3 levels of salinity x 4 inert substrates x 3 replications) in an open hydroponic system. Nutrient solution applied every 4 hours (3 min/nutrient application) during day and night. Weekly measurements took place for plant growth/development and plant yield as well as impacts on quality related parameter with panel test.

Regarding substrate impacts, leaf number increased (up to 23%) in plants grown in pumice while the greatest leaf length (up to 22%) was found in plants grown in rockwool. Moreover, plants grown in rockwool had better growth, followed by perlite and pumice which had no differences among them, and finally followed by the sand. No differences observed between treatments for the total leaf surface, the tip burns and the levels of chlorophyll and leaf fluorescence.

With regard to the effect of salinity on plant growth, plants grown in perlite and pumice reduced leaf number and (including sand substrate) the leaf length. The high salinity level (120 mM NaCl) decreased chlorophyll levels and leaf fluorescence while the salinity did not affect total leaf surface and tip burn of plants. Plants grown under salinity in perlite and



sand decreased (up to 35%) plant fresh weight comparing to the control. No differences on fresh weight observed on plants grown in rockwool and pumice under salinity. The low salinity level increased total phenols content in plants grown in perlite and pumice, while following panel test improved several quality-related characteristics as colour, bitterness and roughness that constitutes basic characteristics of stamnagkathi. Panelists marked up to 56% satisfaction of stamnagkathi grown under low salinity level.

Consequently, the high salinity affected unfavorably plant growth and yield. On the contrary, plants grown in low salinity level (40mM NaCl) did not differ from control plants, which is promising for further application of low salinity water for irrigation purposes. Even if rockwool gave better results on plant growth and production, the fact that rockwool faces some disposal issues in the environment after its use, it leads to alternative use and more friendly materials to the environment, such as perlite or pumice.

## ΜΕΡΟΣ Α

### **Κεφ.1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

#### **1.1: ΧΡΗΣΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ**

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 (Θεριός, 2005).

Η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου πολλών περιοχών της χώρας μας εξαρτάται σε μεγάλη κλίμακα από τη γεωργία, που κατά αξιόλογο ποσοστό είναι αρδευόμενη, ενώ όσο αφορά τις λαχανοκομικές καλλιέργειες, είναι κυρίως αρδευόμενες (με εξαίρεση ελαχίστων περιπτώσεων, π.χ. καλλιέργεια πατάτας στο Οροπέδιο του Ομαλού, Ν. Χανίων). Επομένως η άρδευση καλλιεργειών με υποβαθμισμένης ποιότητας νερό μερικές φορές δημιουργεί προβλήματα αλατότητας.

Στην χώρα μας η οικονομική σημασία και τα προβλήματα από τη συσσώρευση αλάτων στα αρδευόμενα εδάφη δεν έτυχαν της δέουσας προσοχής. Απώλειες, όπως ποιοτική και ποσοτική μείωση της παραγωγής, μπορούν να παρουσιαστούν ακόμη και σε εδάφη με συγκέντρωση αλάτων μικρότερη από την κρίσιμη για μια καλλιέργεια. Αναμένεται ότι ο κίνδυνος από τα άλατα θα αυξηθεί, γιατί η τάση της σύγχρονης Γεωργίας είναι η χρησιμοποίηση όλου του διαθέσιμου νερού και η άρδευση όσο το δυνατό μεγαλύτερης έκτασης. Πολλές φορές οι παραγωγοί χρησιμοποιούν νερό αποστράγγισης (που κατά κανόνα έχει υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων) στις χαμηλότερες και πλησιέστερες προς τη θάλασσα περιοχές, με αποτέλεσμα τη συγκέντρωση σ' αυτές περισσότερων αλάτων. Η συσσώρευση αλάτων στο έδαφος δημιουργεί προβλήματα στον άνθρωπο λόγω των δυσμενών δράσεων τους στα καλλιεργούμενα φυτά, που κατά πλειονότητα είναι ευπαθή στα άλατα.

Προβλήματα προκύπτουν από την ποικιλομορφία των αλατούχων εδαφών και τις καλλιεργητικές μεθόδους, που συντέλεσαν σε αύξηση της αλατότητας στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές. Τα προβλήματα όμως της δευτερογενούς αλατότητας είναι πιο σοβαρά, γιατί αντιπροσωπεύουν απώλειες εδάφους, που ήταν προηγούμενα παραγωγικά. Τέτοιες απώλειες οφείλονται πρωταρχικά στην άρδευση. Το νερό άρδευσης πολλές φορές είναι κακής ποιότητας. Έτσι η εξατμισοδιαπνοή οδηγεί στη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος. Επειδή μια τεχνολογική βελτίωση του προβλήματος είναι δύσκολη, εντονότερη ερευνητική προσπάθεια στο μέλλον, πρέπει να κατευθυνθεί κυρίως στη δημιουργία ανθεκτικών στα άλατα γενοτύπων (Θεριός, 2005).

## **1.2: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΥΤΩΝ**

Όταν το νερό άρδευσης περιέχει μέτριες ποσότητες αλάτων, τότε πρέπει να δοθεί σε επαρκή ποσότητα, ώστε να εμποδίσει τη συγκέντρωσή τους στο έδαφος και να τα εκπλύνει, σε περιοχές όπου ήδη έχουν συγκεντρωθεί. Η κίνηση των αλάτων στο έδαφος σχετίζεται με την κίνηση του νερού.

Στα αλατούχα εδάφη η ύπαρξη σημαντικών ποσοτήτων διαλυτών αλάτων καθιστά πολύ δύσκολο στα φυτά να προσλάβουν νερό λόγω της αυξημένης οσμωτικής πίεσης (OP) του εδαφικού διαλύματος και της μειωμένης διαπερατότητας των ριζών στο νερό. Κανονικά εδάφη έχουν χαμηλή OP του εδαφικού διαλύματος, ενώ πολύ αλατούχα έχουν OP περίπου - 40atm. Η συγκέντρωση αλάτων σ' αυτή την τιμή OP είναι 0,2-7%, ή 2000-70.000 mg/l. Η υψηλή OP μειώνει την ικανότητα του φυτού να απορροφά νερό και το φυτό υποφέρει από έλλειψη νερού, με συχνά την εμφάνιση συμπτωμάτων μαρασμού. Συμβαίνει δηλαδή κάτι παρόμοιο με ένα ναυαγό που βρίσκεται στον ωκεανό και πεθαίνει από την δίψα. Οι ζημιές από τα άλατα επιτείνονται στα θερμά κλίματα, απ' ότι στα ψυχρά. Αυτό όμως δεν μπορεί να γενικευτεί, γιατί όλα τα φυτά δε συμπεριφέρονται κατά τον ίδιο τρόπο, σε ίδιες κλιματικές συνθήκες.

Επίσης από τα διάφορα άλατα, αυτά που περιέχουν νάτριο (Na) είναι και τα πιο επιβλαβή. Το Na δρα δυσμενώς στη δομή του εδάφους, με αποτέλεσμα ο αερισμός του εδάφους αλλά και η αύξηση των φυτών να μειώνονται. Λιπάσματα που περιέχουν νάτριο όπως το  $\text{NaNO}_3$ , μειώνουν κατά 41-86% τη διαπερατότητα του εδάφους, σε σχέση με

λιπάσματα που δεν περιέχουν νάτριο, όταν χορηγηθούν επί σειρά ετών και σε ικανές ποσότητες καθώς και όταν το έδαφος δε περιέχει  $\text{CaCO}_3$  ή  $\text{CaSO}_4$  (Θεριός, 2005).

### 1.3: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Η αλατότητα επηρεάζει την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Πειράματα δείχνουν τα βλαβερά αποτελέσματα της αλατότητας στο φύτευμα σπόρων (πιπεριά, τομάτα κ.α) (Miyamoto et al., 2004). Κάτω από συνθήκες αλατότητας το φύτευμα επιβραδύνεται, η αύξηση μειώνεται και δημιουργούνται νάνα φυτά (π.χ. φακή από τους Sidari et al., 2007).

Τα φυτά είναι περισσότερο ευαίσθητα στην αλατότητα του εδάφους κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων αύξησης, απ' ότι αργότερα, επειδή δε γίνεται οσμωτική εξισορρόπηση. Κάτω από συνθήκες αλατότητας η ταχύτητα κινητοποίησης των αποθησαυριστικών ουσιών μειώνεται σημαντικά. Έτσι, όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε άλατα είναι χαμηλή, τότε επιταχύνεται η αύξηση των φυτών σε ύψος, η επιμήκυνση των ριζών και η δημιουργία πλάγιων ριζών. Όταν το περιεχόμενο του εδάφους σε άλατα φθάσει το 0,8% τότε η αύξηση και ανάπτυξη των φυτών επιβραδύνεται.

Στα αλατούχα εδάφη η αύξηση σταματά στο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο αρδεύσεων και ξαναρχίζει αμέσως μετά από άρδευση (λόγω καλύτερης εξισορρόπησης της οσμωτικής πίεσης). Φαίνεται ότι κάτω από συνθήκες αλατότητας το φυτό εισέρχεται σε κατάσταση αδράνειας, που εκφράζεται με ελάττωση της ταχύτητας αύξησης. Η είσοδος των φυτών σε κατάσταση αδράνειας χαρακτηρίζεται από αλλαγή των ιδιοτήτων του πρωτοπλάσματος. Αποτέλεσμα αυτών των μεταβολών είναι ο διαχωρισμός του πρωτοπλάσματος από τα κυτταρικά τοιχώματα (πλασμόλυση). Πολλές φορές ο διαχωρισμός αυτός είναι μη αντιστρεπτός. Τα φυτά που καλλιεργούνται κάτω από αλατότητα ιόντων χλωρίου εισέρχονται σε βαθύτερη κατάσταση αδράνειας, σε σχέση με αυτά που καλλιεργούνται κάτω από αλατότητα θεικών ιόντων. Έτσι ο ρυθμός αύξησης και χρησιμοποίησης των θρεπτικών στοιχείων επιβραδύνεται περισσότερο σε φυτά που υφίστανται την επίδραση χλωριούχων ιόντων. Με την αποκατάσταση κανονικών συνθηκών

τα φυτά αξιοποιούν πιο γρήγορα τα θρεπτικά στοιχεία που δεν χρησιμοποιήθηκαν προηγουμένως και αυξάνονται ταχύτερα.

Το ενδιαφέρον για την αντοχή στα άλατα των φυτών οικονομικής σημασίας αυξάνεται, όσο περισσότερα αλατούχα εδάφη φέρονται στην καλλιέργεια και όσο τα νερά που χρησιμοποιούνται για άρδευση προσθέτουν αθροιστικά στην αλατότητα των καλλιεργούμενων εδαφών. Η έρευνα που σχετίζεται με την επιβίωση και αύξηση των φυτών που καλλιεργούνται σε εδάφη με πολλά υδατοδιαλυτά άλατα, έχει πολλά άλυτα προβλήματα (Θεριός, 2005).

#### **1.4: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ/ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ**

Η ρύθμιση του προγράμματος άρδευσης βοηθά, χωρίς όμως να εκμηδενίζει το πρόβλημα της αλατότητας. Συνεπώς, χρειάζεται η ανεύρεση και αξιολόγηση ανθεκτικών φυτών στα άλατα. Τα μακροσκοπικά συμπτώματα, καθώς και η περιεκτικότητα των φύλλων σε άλατα δεν είναι αξιόπιστος οδηγός της αντοχής στα άλατα. Γενικά είναι δύσκολο να επινοηθούν μηχανισμοί αντοχής με βάση βιοχημικές και φυσιολογικές μετρήσεις, γιατί καμία φυσιολογική παράμετρος μόνη της δεν συσχετίζεται άμεσα με την αντοχή στα άλατα. Παρά το γεγονός αυτό έγινε κάποια πρόοδος σε μερικά είδη. Τέτοια κριτήρια είναι η καταστροφή της χλωροφύλλης και η συγκέντρωση  $Cl^-$  σε φύλλα εσπεριδοειδών.

Ο βαθμός ζημιάς στα φύλλα ροδακινιάς συσχετίζεται με τη συγκέντρωση σ' αυτά του χλωρίου. Επίσης ορισμένοι ερευνητές βρήκαν καλή συσχέτιση μεταξύ της αλατότητας και της συγκέντρωσης στα φύλλα των αμινοξέων προλίνης και γλυκίνης, που πιθανώς βοηθούν στην διατήρηση της οσμωτικής ισορροπίας των κυττάρων. Τα ίδια αμινοξέα μπορεί να είναι αποθησαυριστικές ουσίες, για παροχή αναχθέντος άνθρακα και αζώτου (Θεριός, 2005).

Ένας από τους περισσότερο γνωστούς μηχανισμούς αντοχής των φυτών στην ξηρασία και άλλες ακραίες συνθήκες είναι η συγκέντρωση μικρού μοριακού βάρους οργανικών ενώσεων ευδιάλυτων, όπως η προλίνη, η βεταΐνη, η σακχαρόζη, και η σορβιτόλη. Ο ρόλος αυτών των ενώσεων είναι πολύ ενδιαφέρον, γιατί οι συγκεντρώσεις αυτών των ενώσεων ανέρχονται σε 0,1-0,3 M ή περισσότερο. Άλλα φυσιολογικά χαρακτηριστικά που επηρεάζονται με την αλατότητα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν μηχανισμοί αντοχής για την αξιολόγηση των φυτών στα άλατα είναι:

1. Αύξηση της αντίστασης των στοματίων στη μεταφορά του  $CO_2$
2. Μείωση της διαπνοής

3. Μείωση της σύνθεσης κυτοκινικών, που σχετίζονται άμεσα με την σύνθεση πρωτεΐνης
4. Μείωση της δράσης των ενζύμων του μεταβολισμού του αζώτου
5. Αύξηση της δράσης του ενζύμου ΑΤΡάση

Οι παραπάνω μηχανισμοί είναι βραδείες. Ταχύτεροι μέθοδοι είναι οι εξής:

1. Πλασμολυτική μεθοδος
2. Χρώση ιστών με χλωριούχο τετραζόλιο (2,3,5 tripheny-tetrazolium Chloride ή TTC ).
3. Μέτρηση της ταχύτητας φύτρωσης σπερμάτων

#### **1.4.1: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΤΟΜΑΤΩΝ**

Η μείωση της στοματικής αγωγιμότητας των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αλατότητας οφείλεται τόσο στην οσμωτική επίδραση όσο και στην τοξική επίδραση του  $\text{Na}^+$ , όπως φαίνεται και από τη γραμμική συσχέτιση μεταξύ περιεκτικότητας  $\text{Na}^+$  και αφομοίωσης  $\text{CO}_2$ , που αποδεικνύει την επίδραση του ιόντος στην μείωση της στοματικής αγωγιμότητας (Plaut, 1995).

Τα στόματα είναι ευαίσθητα στην υδατική κατάσταση του φύλλου, με τάση να κλείνουν με μείωση του υδατικού δυναμικού των φύλλων (Jarvis 1980; Ludlow 1980). Η αντίσταση τους εξαρτάται από τον αριθμό των στομάτων ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας και από τη μορφολογία του στοματικού πόρου. Η μεταβολή του στοματικού ανοίγματος που επιτυγχάνεται από τη μεταβολή της σπαργής των καταφρακτικών κυττάρων, προκαλεί το κλείσιμο των στομάτων, που είναι η βασική αντίδραση του φυτού στο υδατικό έλλειμμα (Βενέτη, 2005).

Γενικά είναι παραδεκτό ότι στα περισσότερα φυτά η αγωγιμότητα των στομάτων δεν επηρεάζεται από τη μείωση του υδατικού δυναμικού των φύλλων μέχρι μίας οριακής τιμής, πέρα της οποίας η αγωγιμότητα των στομάτων μειώνεται γρήγορα (Turner, 1974). Η τιμή αυτή είναι χαμηλότερη όταν τα φυτά έχουν υποβληθεί σε υδατική καταπόνηση (Jones and Pawson, 1979).

#### **1.4.2: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΠΝΟΗ**

Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των γλυκοφύτων μειώνεται με την αύξηση της αλατότητας στη ριζόσφαιρα των φυτών (Ziska et al., 1990; Tattini et al., 1995). Η μείωση της φωτοσύνθεσης αποδίδεται στην επίδραση της αλατότητας σε παράγοντες που έχουν σχέση με την συμπεριφορά των στομάτων ή και σε άλλους παράγοντες (Walker et al., 1981; 1982).

Ο έλεγχος της φωτοσύνθεσης δια μέσου των στομάτων κυριαρχεί, όταν το φυτό δεν μπορεί να ρυθμίσει τις υδατικές του σχέσεις μέσω της οσμωρύθμισης. Αλλά, ακόμα και όταν ευαίσθητα στα άλατα φυτά έχουν μηχανισμό οσμωρύθμισης, τα απορροφούμενα άλατα παρεμβαίνουν στις βιοχημικές διεργασίες (Flowers et al., 1977). Έτσι, η μείωση της φωτοσύνθεσης αποδίδεται σε παράγοντες μη-σχετικούς με τα στόματα (non stomatal factors). Φαίνεται ότι η επίδραση της αλατότητας στη φωτοσύνθεση οφείλεται στην τοξικότητα ιόντων και όχι στην έλλειψη νερού, αφού μεγαλύτερη μείωση της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στους μεσοκυττάριους χώρους παρατηρήθηκε με συνθήκες αλατότητας από ότι με υδατική καταπόνηση, παρόλο που το υδατικό δυναμικό των φύλλων ήταν ακριβώς το ίδιο (Plaut, 1995).

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 (Βενέτη, 2005). Δηλαδή υπό ευνοϊκές συνθήκες φωτισμού, υγρασίας και ήπιας υδατικής καταπόνησης, η στοματική αγωγιμότητα μπορεί να είναι πολύ μεγάλη και μερικό κλείσιμο των στομάτων θα μειώσει αρχικά τη διαπνοή, με 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.

Το κλείσιμο των στομάτων, χωρίς κάποια αλλαγή στην αντίσταση του μεσόφυλλου, θα πρέπει να μειώσει τη συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στους μεσοκυττάριους χώρους (C<sub>i</sub>), μέχρι να επιτευχθεί μία νέα κατάσταση ισορροπίας μεταξύ ροής και δέσμευσης του CO<sub>2</sub>. Ωστόσο, σε συνθήκες έλλειψης νερού, η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στους μεσοκυττάριους χώρους συνήθως παραμένει υψηλή, ή τουλάχιστον υψηλότερη από αυτή που αναμένεται από τη μείωση της φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας (Bradford and Hsiao, 1982; Schulze, 1986). Αυτό σημαίνει ότι η αγωγιμότητα του μεσόφυλλου μειώνεται παράλληλα με τη στοματική αγωγιμότητα, όταν μειώνεται η φωτοσύνθεση και συνήθως μεταφράζεται σαν άμεση παρεμπόδιση της φωτοσυνθετικής μηχανής στο επίπεδο των χλωροπλαστών (Βενέτη, 2005).

### **1.4.3: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ**

Τα φύλλα των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αλατότητας είναι συνήθως παχύτερα, με μεγαλύτερο περιεχόμενο νερού (υδαρή) (Waisel, 1991; Shannon et al., 1994). Αυτή η υδαρότητα αποδίδεται στην οσμωρύθμιση των φυτών, καθώς αυξάνει την εσωτερική επιφάνεια στην οποία γίνεται διάχυση του CO<sub>2</sub> σε σχέση με την επιφάνεια του φύλλου, και μειώνει την εσωτερική αντίσταση του φύλλου στην απορρόφηση του CO<sub>2</sub>. Επίσης η αλατότητα αυξάνει τον αριθμό τριχών, μειώνοντας έτσι την απώλεια νερού μέσω διαπνοής. Η αλατότητα καταστρέφει τις μεμβράνες των κυττάρων και προκαλεί απέκκριση ενώσεων (Hautala et al., 1992). Το Ca<sup>+2</sup> εξουδετερώνει την επίδραση του NaCl, όσο αφορά την εκροή ιόντων (Cramer et al., 1985). Το NaCl προκαλεί κατάρρευση των κυττάρων του μεσόφυλλου, διάσπαση της εφυμενίδας και των στομάτων, κατάρρευση των κυτταρικών τοιχωμάτων, καταστροφή των χλωροπλαστών (Kozlowski, 1997).

### **1.5: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΙΚΑ ΜΕΡΗ**

Κάτω από συνθήκες αλατότητας τα καλλιεργούμενα φυτά αντιδρούν στην υψηλή συγκέντρωση αλάτων με μείωση της απορρόφησης αλάτων. Για να καταστεί δυνατή η επιβίωση των γλυκόφυτων στα αλατούχα εδάφη, πρέπει να απορροφήσουν ποσότητα αλάτων που δεν υπερβαίνει όμως την αντοχή τους, για να αυξήσουν την οσμωτική τους πίεση. Μερικά φυτά αυξάνουν την ΟΡ συγκεντρώνοντας στους ιστούς προϊόντα αφομοίωσης.

Σε υψηλή συγκέντρωση άλατος το πρωτόπλασμα των φυτικών κυττάρων ζημιώνεται και σαν αποτέλεσμα η ενεργητική απορρόφηση των ιόντων μετατρέπεται σε παθητική. Αυτό συνεπάγεται την αύξηση της συγκέντρωσης ορισμένων ιόντων, στα φυτικά όργανα. Φυτά που αναπτύσσονται σε αλατούχα εδάφη, συνήθως υποφέρουν από έλλειψη νερού (φυσιολογική ξηρασία) και θρεπτικών στοιχείων.

Είναι δύσκολο να διαχωριστούν τα οσμωτικά από τα τοξικά αποτελέσματα των αλάτων. Κατά τη διάρκεια της προσαρμογής των φυτών στην αλατότητα οι πρωτεΐνες σχηματίζουν ένα σύμπλοκο με τα ανιόντα και τα κατιόντα στα κύτταρα. Συνέπεια αυτού είναι ότι η διαπερατότητα του πρωτοπλάσματος και η απορρόφηση ιόντων μειώνονται, ο ρυθμός



μεταβολισμού επιβραδύνεται και η αντοχή στα άλατα αυξάνεται. Η υψηλότερη ΟΡ του ριζικού συστήματος, σε σχέση με αυτή του εδαφικού διαλύματος, απαιτείται για να διευκολύνεται η απορρόφηση νερού από τα αλατούχα εδάφη (Θερίος, 2005).

Γενικά τα φυτά ως προς την κατανομή των αλάτων στα φυτικά μέρη διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Φυτά που συγκεντρώνουν άλατα στα χυμοτόπια και έτσι αυξάνουν την ΟΡ του κυτταρικού τους χυμού
2. Φυτά που απεκκρίνουν άλατα
3. Φυτά που επιλεκτικά δεν απορροφούν τοξικά άλατα
4. Φυτά που συγκεντρώνουν τα άλατα στις ρίζες ή στο κατώτερο μέρος του στελέχους
5. Η συγκέντρωση των ανόργανων ιόντων στο κυτόπλασμα (κυρίως στα μεριστωματικά κύτταρα) διατηρείται στο εύρος  $100-200 \text{ mol m}^{-3}$  και το κυτόπλασμα δείχνει μια ισχυρή επιλεκτικότητα για το  $\text{K}^+$  σε σχέση με τα ιόντα  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$  ή  $\text{Ca}^{+2}$  και των φωσφορικών σε σχέση με τα  $\text{Cl}^-$  ή  $\text{NO}_3^-$ .

## **1.6: ΧΡΗΣΗ ΥΦΑΛΜΥΡΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Είναι γνωστό ότι τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της υπεράντλησης και της αλόγιστης χρήσης φυτοφαρμάκων σε πολλές περιοχές της Ελλάδας το νερό του υδροφόρου ορίζοντα έχει γίνει υφάλμυρο, έχει δηλαδή πολύ υψηλή αγωγιμότητα και είναι ακατάλληλο για άρδευση ευαίσθητων καλλιεργειών, ενώ σε αρκετές περιοχές έχει επίσης μολυνθεί από χημικά (Θερίος, 2005).

Τα κύρια προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση του αλατούχου νερού άρδευσης είναι:

1. Μειωμένη διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας: Τα άλατα στο εδαφικό διάλυμα κατακρατούν μέρος του νερού προκαλώντας σημαντική μείωση του διαθέσιμου νερού για τα φυτά (οσμωτική επίδραση). Για να προσλάβει νερό από το έδαφος το φυτό θα πρέπει να υπερνικήσει εκτός από το μητρικό δυναμικό (matrix potential) και το οσμωτικό δυναμικό (osmotic potential) λόγω ύπαρξης των αλάτων.

2. Προβλήματα τοξικότητας: Ορισμένα ιόντα (νάτριο, χλώριο, βόριο) απορροφούνται και συσσωρεύονται στους φυτικούς ιστούς προκαλώντας τοξικές επιδράσεις (toxic effect). Τα συμπτώματα τοξικότητας συνήθως εμφανίζονται με ξήρανση της εξωτερικής άκρης του φύλλου, που προχωρεί σταδιακά προς το εσωτερικό μεταξύ των νεύρων του φύλλου, και τελικά προκαλεί πτώση των φύλλων και νέκρωση του βλαστού. Ο βαθμός της ζημιάς εξαρτάται από τον χρόνο της έκθεσης, τη συγκέντρωση των αλάτων, την ευαισθησία της καλλιέργειας και τη κατανάλωση νερού. Τα συμπτώματα τοξικότητας εμφανίζονται στις ευαίσθητες στην αλατότητα καλλιέργειες όταν το Cl στα φύλλα είναι πάνω από 0.30-0.50% (dry weight -d.w.), το Na υπερβαίνει 0,25-0,50% (d.w.) και το βόριο 250-300 mg/kg (d.w.).
3. Τροφοπενίες θρεπτικών στοιχείων: Προκαλούνται από την υπερβολική συγκέντρωση ορισμένων ιόντων ή την παρεμπόδιση απορρόφησης άλλων στοιχείων λόγω ιονικού ανταγωνισμού (περιορισμένο Ca και K, περίσσεια NO<sub>3</sub>).
4. Υποβάθμιση του εδάφους: Η μη ορθολογική χρήση του υφάλμυρου νερού προκαλεί συσσώρευση αλάτων στη ζώνη του ριζικού συστήματος και την επιφάνεια του εδάφους, έτσι το έδαφος γίνεται αλατούχο. Όταν η περιεκτικότητα σε νάτριο είναι σχετικά υψηλή έναντι άλλων κατιόντων (Ca και K, υψηλό SAR) το έδαφος γίνεται αλκαλικό με μείωση της περατότητας και της ταχύτητας διήθησης. Και οι δύο ιδιότητες συνδέονται με τη σταθερότητα της δομής του εδάφους. Τα προβλήματα που προκύπτουν είναι η δημιουργία κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους, η μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στα φυτά, η μειωμένη ανάπτυξη σποροφύτων, η έλλειψη αερισμού και η ανάπτυξη ασθενειών.

## 1.7: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Υδροπονία προέρχεται από δύο λέξεις, από το «ύδωρ», που σημαίνει νερό και το «πόνος», με την έννοια της εργασίας. Η υδροπονία είναι 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 απορροφούν τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Η υδροπονία δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια καινούργια μέθοδος καλλιέργειας φυτών, αλλά είναι μια αρχαία μορφή γεωργίας που χρονολογείται στα 3.000 χρόνια. Όπως

παρουσιάστηκε στο περιοδικό “Hydroponic Food Production” από τον Howard M. Resh (Resh, 1995; 1998): «Οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας, οι πλεούμενοι κήποι των Ατζέκων στο Μεξικό και οι κήποι στην Κίνα είναι παραδείγματα υδροπονικών καλλιεργειών». Μάλιστα, οι Κήποι της Βαβυλώνας, γνωστοί και ως Κήποι της SEMIRAMIS, παρουσιάζουν ένα ιδιαίτερο ιστορικό ενδιαφέρον καθώς θεωρούνται ως ένα από τα επτά θαύματα του αρχαίου κόσμου και έχουν μεγάλη ιστορική σημασία και ως προς την έναρξη της υδροπονίας. Οι Κρεμαστοί Κήποι λοιπόν, κατασκευάστηκαν από το βασιλιά Ναβουχοδονόσορ περίπου το 600 π.Χ. Η σύζυγος του, Amytis, καταγόταν από την Μήδεια, της οποίας οι άνθρωποι ήταν οι πρόγονοι των σύγχρονων Κούρδων. Η χώρα της Μήδειας ήταν ένας ορεινός τόπος, που περίπου αντιστοιχεί στην σημερινή περιοχή του Κουρδιστάν, του βόρειου Ιράν και του Αζερμπαϊτζάν. Το 13<sup>ο</sup> αιώνα οι MEXICA, ένας από τους ιθαγενείς λαούς που αργότερα αποτέλεσε την αυτοκρατορία των Ατζέκων του Μεξικού οικοδομούσε μια πόλη που ονομαζόταν Τενοτσιτιλάν στις ακτές της λίμνης Texcoco. Γνωστή ως πόλη δίκτυο που περιελάμβανε ένα είδος συστήματος υδροπονικής εγκατάστασης στην οποία καλλιεργούνταν τα φυτά που ήταν στην επιφάνεια του νερού. Η σύγχρονη ιστορία της υδροπονίας στην πραγματικότητα αρχίζει στα 1627, όταν το δοκίμιο “Sylva Sylvarum” του Sir Francis Bacon δημοσιεύτηκε μετά θάνατον. Σε αυτό το βιβλίο, ο Bacon, ένας Άγγλος φιλόσοφος και σύγχρονος του Σαίξπηρ έγραψε για την καλλιέργεια των χερσαίων φυτών χωρίς χώμα. Αν και ο Bacon πέθανε πριν μπορέσουν οι θεωρίες του να διερευνηθούν, υποστήριξε πρώτος την ιδέα της νέας κουλτούρας για το νερό που καθιερώθηκε ως πεδίο της επιστημονικής μελέτης καθ’ όλη την υπολειπόμενη διάρκεια του 17<sup>ου</sup> αιώνα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, αλλά όπως θα διαπιστωθεί και στην συνέχεια, μπορεί να ειπωθεί ότι η έναρξη της υδροπονίας ως εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα έγινε περίπου τον 18<sup>ο</sup> αιώνα και πολύ αργότερα, τον 20<sup>ο</sup> αιώνα περίπου, εξελίχθηκε σε μέθοδο παραγωγής και εμπορίου.

Την περίοδο του 1860 έως το 1900 στη Γερμανία, η υδροπονική καλλιέργεια αποτέλεσε ένα γενικά αποδεκτό εργαλείο έρευνας. Την ίδια περίοδο μάλιστα, οι Γερμανοί βοτανολόγοι Julius von Sachs και Wilhelm Knop τελειοποίησαν την πρώτη σειρά θρεπτικών διαλυμάτων για καλλιέργεια χωρίς χώμα, δηλαδή τη σύγχρονη υδροπονική κηπουρική. Η πυκνότητα των διαλυμάτων κυμαινόταν από 0,1 – 0,6%. Την εποχή αυτή, προσδιορίστηκαν επίσης 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.

Μετά το 1900, δόθηκε προσοχή όχι μόνο στις χημικές ιδιότητες των στοιχείων, αλλά και στις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος ανάπτυξης αλλά και του περιβάλλοντος της ρίζας γενικά, όπως για παράδειγμα είναι η οσμωτική πίεση, η θερμοκρασία, το O<sub>2</sub> και το pH.

Το 1914, δημοσιεύτηκε μια ερευνητική εργασία από τον W.E Tottingham, που αφορούσε την ποσοτική σύνθεση των στοιχείων του διαλύματος και τη φυσιολογική τους επίδραση στο φυτό (συνολική συγκέντρωση 0,6% ή 2,5 Atm οσμωτική πίεση, με βάση το διάλυμα Knops). Το 1914-1920, ο Hoagland βρήκε ότι διαλύματα με οσμωτική πίεση από 0,48 έως 1,45% έδιναν πολύ καλό αποτέλεσμα, αρκεί να ανακατεύονταν συχνά. Την περίοδο αυτή όλες οι πειραματικές εργασίες γίνονταν σε υπόστρωμα άμμου (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Το 1923, από εργασίες των A.L Bakke και L.W Erdman, αποδείχτηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονική μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτήν του εδάφους. Στις ΗΠΑ και στη Β. Ευρώπη, το 1938 αποτελεί την έναρξη της εμπορικής εκμετάλλευσης της υδροπονικής καλλιέργειας, όπου αρκετοί καλλιεργητές από τις γύρω μεγάλες πόλεις ξεκίνησαν υδροπονική καλλιέργεια στο θερμοκήπιο. Γρήγορα όμως την εγκατέλειψαν εξαιτίας διάφορων τεχνικών προβλημάτων και λόγω της υψηλής τιμής των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούσαν.

Μία από τις πιθανές εφαρμογές της υδροπονίας που οδήγησε στην έρευνα, ήταν η καλλιέργεια νωπών προϊόντων στις άγονες περιοχές του πλανήτη. Αυτή η εφαρμογή της υδροπονίας δοκιμάστηκε κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου πολέμου, κυρίως για παραγωγικούς σκοπούς. Οι στρατιώτες που έμεναν στα άγονα νησιά του Ειρηνικού ωκεανού εφοδιάζονταν με νωπά προϊόντα που καλλιεργούσαν σε υδροπονικά συστήματα.

Το 1966, αναπτύχθηκε στη Μ. Βρετανία, από τον A. Kooper, η τεχνική καλλιέργειας σε λεπτή στοιβάδα θρεπτικού διαλύματος (NFT – Nutrient Film Technique ή Nutrient Flow Technique), που εξαπλώθηκε ραγδαία. Το 1976 πρωτοξεκίνησε πάλι στη Μ. Βρετανία η τεχνική καλλιέργειας με αδρανές υλικό τον πετροβάμβακα, που είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη εμπορική μέθοδος στη Β. Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες (Μαυρογιαννόπουλος, 1994) ενώ λόγω των προβλημάτων διαθεσιμότητας και αποσύνθεσης του πετροβάμβακα στο περιβάλλον, συχνά επανεξετάζεται η ευρεία χρήση του συγκεκριμένου υποστρώματος και η πιθανή αντικατάστασή του από αδρανή υποστρώματα (π.χ. περλίτης, ελαφρόπετρα), περισσότερο φιλικά στο περιβάλλον.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στα τέλη του ίδιου αιώνα, η υδροπονία ενσωματώθηκε σε διαστημικό πρόγραμμα. Καθώς, η NASA, προσπαθεί να χτίσει διαστημικό σταθμό σε άλλο πλανήτη ή στο Φεγγάρι, η υδροπονία είναι η μόνη μέθοδος καλλιέργειας φυτών. Αυτή η έρευνα βέβαια, βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη (Ανώνυμος, 2009). Στις μέρες μας, χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σ' όλο τον κόσμο, πάρα πολλά συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας ή παραλλαγές αυτής. Πλέον, όχι μόνο οι επιστήμονες και οι αναλυτές που ασχολούνται με την υδροπονία, αλλά και απλοί παραδοσιακοί καλλιεργητές και πολλοί νέοι άνθρωποι άρχισαν να ελκύονται από τις αρετές της υδροπονικής καλλιέργειας.

Ακόμη, ο διεθνής οργανισμός International Society for Soilless Culture (ISOSC), με έδρα το Wageningen της Ολλανδίας, ασχολείται δραστήρια με το θέμα των υδροπονικών καλλιεργειών. Άλλωστε, τα τελευταία 50 χρόνια η μέθοδος της υδροπονικής καλλιέργειας έχει εφαρμοστεί στα περισσότερα σημαντικά ερευνητικά κέντρα λόγω της αξιοπιστίας της, της ακρίβειας της και του ευρύ φάσματος των εφαρμογών της. Χάρη στην υδροπονία έγιναν κατορθωτά τεράστια βήματα προόδου όσο αφορά τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών.

## **1.8: ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

Με την ευρεία έννοια του όρου, υδροπονία (Hydroponics) ή καλλιέργεια εκτός εδάφους (Soilless Culture) είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Ονομάζεται επίσης και υδροκαλλιέργεια (στα αγγλικά water culture και hydroculture), χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια κλπ., όμως επικρατεί στις μέρες μας η έννοια της 'υδροπονίας'. Σήμερα, η υδροπονία επεκτείνεται συνεχώς και δίνει τη δυνατότητα παραγωγής προϊόντων καλής ποιότητας, ακόμη και σε περιοχές όπου το έδαφος δεν είναι κατάλληλο για καλλιέργεια (πολύ αλατούχα εδάφη, πολύ συνεκτικά κλπ.), ή όπου το νερό ή άλλες συνθήκες είναι περιοριστικός παράγοντας (Λιονουδάκης, 2006, Τζωρτζάκης, 2008).

Άλλες θετικές πτυχές της υδροπονίας παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Το πρώτο και προφανέστερο πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η αποφυγή των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί, κ.λπ.). Έτσι, συγχρόνως μειώνεται και το κόστος από την χρήση φυτοφαρμάκων για τον έλεγχο των παραπάνω. Πρέπει βέβαια να διευκρινισθεί ότι

προβλήματα με ορισμένα μεταδιδόμενα μέσω του εδάφους παθογόνα, όπως το πύθιο, η φυτόφθορα, το φουζάριο, κ.λπ. δεν είναι απίθανο να εμφανισθούν ακόμη και στις υδροπονικές καλλιέργειες, όταν δεν υπάρχει πλήρη απομόνωση του θρεπτικού διαλύματος (το νερό άρδευσης είναι έντονα μολυσμένο με κάποιο παθογόνο) ή υποστρώματος (όχι καλή κάλυψη του εδάφους με πλαστικό φύλλο) από το έδαφος. Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παρασίτων (IPM-Integrated Pest Management) εφαρμόζεται εκτός από τις υπαίθριες και θερμοκηπιακές καλλιέργειες, και στις υδροπονικές καλλιέργειες, μειώνοντας την χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και σκευασμάτων.

2. Εφόσον στις υδροπονικές καλλιέργειες το χώμα δεν έρχεται καθόλου σε επαφή με το φυτό και ιδιαίτερα με τις ρίζες του, δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους. Αποφεύγεται επομένως η εφαρμογή χημικών απολυμαντικών υψηλής τοξικότητας (όπως εφαρμόζονταν στο παρελθόν το βρωμιούχο μεθύλιο, και έχει πλέον αποσυρθεί) η χρήση των οποίων εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τόσο των παραγωγών όσο και των καταναλωτών.
3. Με το πέρασμα από το έδαφος στην υδροπονία λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω υπερεντατικής εκμετάλλευσης και μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδαφών) είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (π.χ. πολύ βαριά ή πολύ ελαφρά εδάφη, εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, εναλατωμένα εδάφη, κ.λπ.). Σε τέτοιες περιπτώσεις η υδροπονία αποτελεί πιο ριζική και πιο αποτελεσματική λύση από την βελτίωση και την ανάπλαση του προβληματικού εδάφους.
4. Όταν το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα (ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) πάνω από 1-1,5 dS/m) η υδροπονία έχει καθοριστικό ρόλο για την καλλιέργεια, και είναι ίσως ο μόνος τρόπος επιτυχημένης αντιμετώπισης του προβλήματος. Ο έλεγχος της αγωγιμότητας και του pH μπορεί να γίνει με ακρίβεια, και σε περιπτώσεις αποκλίσεων από το επιθυμητό, οι διορθώσεις και οι παρεμβάσεις γίνονται άμεσα. Είναι γνωστά τα προβλήματα που παρουσιάζονται στα φυτά που καλλιεργούνται στο χώμα λόγω της αδυναμίας ελέγχου των δυο αυτών σημαντικών παραμέτρων. Στις περισσότερες περιπτώσεις το εδαφικό pH είναι πολύ υψηλό με αποτέλεσμα την εμφάνιση τροφοπενιών στα φυτά (π.χ. τροφοπενία σιδήρου κ.α.).
5. Με τις υδροπονικές καλλιέργειες υπάρχει μεγάλη διευκόλυνση αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης, που εξασφαλίζουν στον παραγωγό περισσότερο χρόνο να ασχοληθεί με εργασίες εξίσου σημαντικές με την παραγωγή, όπως είναι η εμπορεία, η καλύτερη εποπτεία και παρακολούθηση της καλλιέργειας, η συσκευασία κ.α.

6. Στις υδροπονικές καλλιέργειες η θρέψη των φυτών είναι απόλυτα ελεγχόμενη με καλύτερη εποπτεία και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος ή σε περίπτωση έλλειψης κάποιου στοιχείου ή ασθένειας του φυτού. Αυτό συμβαίνει γιατί τα θρεπτικά διαλύματα ή οι χημικές επεμβάσεις που γίνονται είναι άμεσα προσλήψιμες από τα φυτά. Στην υδροπονία όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και αναλογίες μεταξύ τους, μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Κατά συνέπεια, μία σειρά από μεταβλητές του εδάφους που επηρεάζουν την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, όπως π.χ. η μηχανική σύσταση του εδάφους, η δομή του, η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία, η ανταλλακτική του ικανότητα, κ.λπ. αλλά και άλλοι παράγοντες, όπως π.χ. αυτοί που επηρεάζουν την ταχύτητα ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας δεν ασκούν πλέον καμία επίδραση στην καλλιέργεια, με τελικό αποτέλεσμα, η ευκολότερη σχεδίαση ενός κατάλληλου σχήματος θρέψης των φυτών. Η σωστή θρέψη (ακριβής αναλογία στοιχείων), έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων και αύξηση της απόδοσης παραγόμενου προϊόντος.
7. Έχει αποδειχθεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT) επιφέρει σημαντική πρωιμότητα. Τα θρεπτικά διαλύματα είναι ισορροπημένα με αποτέλεσμα τα φυτά να είναι περισσότερο εύρωστα. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλότερες θερμοκρασίες που διαμορφώνονται στον χώρο του ριζοστρώματος όταν τα φυτά καλλιεργούνται εκτός εδάφους.
8. Υπάρχει επίσης μεγάλη εξοικονόμηση τόσο θρεπτικών στοιχείων όσο και νερού, καθώς περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και απουσιάζει η βαθειά διείσδυση του νερού στο έδαφος. Ζωτικής σημασίας η εξοικονόμηση υδάτινων πόρων, ειδικότερα σε μια εποχή ολοένα αυξανόμενης λειψυδρίας όπου ζούμε.
9. Η καλλιέργεια σε συστήματα υδροπονίας, απαλλάσσει τον καλλιεργητή από την μηχανική κατεργασία και διαχείριση του εδάφους (π.χ. όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση κ.λπ.). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, αφενός μεν να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά, να δημιουργείται ένα πιο ευχάριστο περιβάλλον για τον εργαζόμενο με την απομόνωση του εδάφους και συνεπώς την απουσία οσμών και σκόνης και αφετέρου να είναι δυνατή η φύτευση και προγραμματισμός της νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης. Αυτή η τελευταία δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη όταν το θερμοκήπιο αξιοποιείται όλο τον χρόνο με περισσότερες από μία καλλιέργειες ανά ημερολογιακό έτος.

10. Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος, η αριστοποίηση της θρέψης και η διατήρηση υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων. Οι αποδόσεις των υδροπονικών καλλιέργειών είναι κατά μέσο όρο γύρω στο 15-20% υψηλότερες, συγκρινόμενες με καλλιέργειες που λαμβάνουν χώρα σε γόνιμα, καλής ποιότητας εδάφη. Όταν όμως το έδαφος του θερμοκηπίου παρουσιάζει προβλήματα, όπως εδαφογενείς ασθένειες, κόπωση λόγω μονοκαλλιέργειας, χαμηλή γονιμότητα, αλατότητα, κ.λπ., τότε η αύξηση της παραγωγής που επιτυγχάνεται στην υδροπονία είναι υψηλότερη και όχι σπάνια μπορούν να ληφθούν διπλάσιες αποδόσεις.
11. Η αριστοποίηση της θρέψης που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία αλλά και η αποφυγή μίας σειράς προβλημάτων τα οποία έχουν ήδη προαναφερθεί, έχει σαν συνέπεια τα παραγόμενα είδη στις υδροπονικές καλλιέργειες να είναι καλύτερης ποιότητας (μεγαλύτερο μέγεθος, ομοιομορφία προϊόντος, καλύτερο χρώμα φυλλώματος κτλ).
12. Τέλος, τελευταίο στη σειρά αναφοράς αλλά όχι και σε σπουδαιότητα πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια πραγματοποιείται σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Χάρης στην δυνατότητα συνεχούς ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται από τα φυτά με συνέπεια να μην διαφεύγουν κάποιες ποσότητες στο περιβάλλον και το επιβαρύνουν. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές στις οποίες το πόσιμο νερό είναι επιφανειακό ή προέρχεται από μικρό βάθος, με συνέπεια να μολύνεται εξαιτίας της έκλυσης ενός μέρους των λιπασμάτων όπως των αζωτούχων λιπασμάτων αυξάνοντας την περιεκτικότητα στο νερό σε νιτρικά ιόντα με σοβαρούς κινδύνους για την δημόσια υγεία.

Όμως, μια νέα μορφή καλλιέργειας φυτών, έχει και ορισμένα μειονεκτήματα:

1. Μια υδροπονική καλλιέργεια απαιτεί μεγάλη επένδυση κεφαλαίου με αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασης μίας υδροπονικής μονάδας. Το κόστος αυτό συνίσταται κυρίως στη δαπάνη αγοράς των πάγιων εγκαταστάσεων παρασκευής και τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος καθώς και στα έξοδα προμήθειας του υποστρώματος καλλιέργειας (στην περίπτωση που χρησιμοποιείται υπόστρωμα). Το καθαρό κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση μιας υδροπονικής μονάδας είναι βέβαια χαμηλότερο από το άθροισμα των



παραπάνω δαπανών, δεδομένου ότι παράλληλα εξοικονομούνται τα έξοδα προετοιμασίας, κατεργασίας και απολύμανσης του εδάφους. Επιπλέον, ένα σύστημα παρασκευής και διανομής θρεπτικού διαλύματος είναι απαραίτητο και στις καλλιέργειες εδάφους για την εφαρμογή υδρολίπανσης.

2. Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και συχνά πιο έντονη στις υδροπονικές καλλιέργειες. Στην προκείμενη περίπτωση, σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος η υδροπονία χαρακτηρίζεται από ταχύτερη αντίδραση σε ορισμένους καλλιεργητικούς χειρισμούς, ιδιότητα η οποία άλλοτε μεν αποτελεί πλεονέκτημα (όταν πρόκειται για επιθυμητούς χειρισμούς που αποσκοπούν σε συγκεκριμένο θετικό αποτέλεσμα) άλλοτε δε μειονέκτημα (όταν πρόκειται για λανθασμένους ή άστοχους χειρισμούς). Είναι γενικότερα, ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών.
3. Η εφαρμογή υδροπονίας σε μια θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο, καθώς απαιτεί περισσότερες γνώσεις της φυσιολογίας των φυτών και της θρέψης τους. Η ισχύς αυτής της προϋπόθεσης είναι σχετική, δεδομένου ότι όταν υπάρχει η κατάλληλη τεχνική υποστήριξη από ειδικευμένο σύμβουλο-γεωπόνο, η εφαρμογή υδροπονίας είναι δυνατή ακόμη και από έναν επιμελή αγρότη με στοιχειώδες επίπεδο γραμματικών γνώσεων.
4. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό. Στην πράξη βέβαια ο κίνδυνος αυτός είναι σχετικά μικρός εφόσον έχει αποδειχθεί ότι ακόμη και αν μολυνθούν κάποια φυτά η υπόλοιπη καλλιέργεια συνήθως δεν μολύνεται εφόσον αυτά απομακρυνθούν αμέσως από την υδροπονική εγκατάσταση. Η ύπαρξη μικρής ποσότητας μολύσματος (σπόρια, κ.λπ.) μέσα στο θρεπτικό διάλυμα δεν οδηγεί αυτόματα στην προσβολή των υπολοίπων φυτών εφόσον δεν συντρέχουν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις, όπως η ύπαρξη πληγών στις ρίζες, κ.λπ. Άλλωστε η έγκαιρη εφαρμογή ενός ριζοποτίσματος αμέσως μόλις διαγνωσθεί έστω και σε ένα μόνο φυτό ασθένεια, συνήθως μειώνει ακόμη περισσότερο τις πιθανότητες μίας εκτεταμένης προσβολής λόγω μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος. Παρόλα αυτά, ο κίνδυνος γρήγορης εξάπλωσης τυχόν μολύνσεων δεν θα πρέπει να αγνοείται και γι' αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις που λειτουργεί κλειστό υδροπονικό σύστημα, το διάλυμα που συλλέγεται ως απορροή μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης, πριν ανακυκλωθεί, είναι σκόπιμο να απολυμαίνεται (π.χ. σύστημα UV).

5. Ορισμένοι παραγωγοί παραπονούνται ότι στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη σε σύγκριση με το έδαφος. Είναι γεγονός ότι στην υδροπονία, ο καλλιεργητής θα πρέπει να χορηγεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά ενώ αντίθετα, στις καλλιέργειες εδάφους, ορισμένα θρεπτικά στοιχεία όπως το ασβέστιο και τα περισσότερα ιχνοστοιχεία χορηγούνται σπάνια μέσω της λίπανσης, δεδομένου ότι περιέχονται σε επαρκείς ποσότητες στο χώμα. Οι ποσότητες των ιχνοστοιχείων που χορηγούνται στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι πολύ μικρές, ενώ χορήγηση μαγνησίου συνηθίζεται και στις καλλιέργειες εδάφους, ιδιαίτερα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Επίσης οι χορηγούμενες στην υδροπονία ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου σε γενικές γραμμές δεν ξεπερνούν τις αντίστοιχες ποσότητες που απαιτούνται σε μία καλλιέργεια εδάφους, δεδομένου ότι και στις δύο περιπτώσεις ισχύει η γενική αρχή ότι οι προστιθέμενες ποσότητες θα πρέπει να ισούνται με το ύψος της κατανάλωσης από τα φυτά συν τις απώλειες μέσω έκπλυσης, ακινητοποίησης, κ.λπ. Επομένως, στην πραγματικότητα, οι μόνες άξιες λόγου ποσότητες λιπασμάτων που είναι αναγκαίες ειδικά στις υδροπονικές καλλιέργειες, ενώ στο έδαφος εξοικονομούνται, είναι αυτές που αφορούν τα λιπάσματα ασβεστίου (κατά κανόνα υδατοδιαλυτό νιτρικό ασβέστιο). Όμως και οι ποσότητες λιπασμάτων ασβεστίου που απαιτούνται, συνήθως δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες γιατί, στις περισσότερες περιπτώσεις, το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων περιέχει ασβέστιο σε σημαντικές συγκεντρώσεις.

Στην πραγματικότητα, υπαρκτό πρόβλημα υπερβολικής κατανάλωσης λιπασμάτων υφίσταται μόνο σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα και μόνο όταν το χορηγούμενο νερό άρδευσης είναι αρκετά περισσότερο από τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Συνεπώς, το μειονέκτημα αυτό της υδροπονίας δεν είναι απόλυτο αλλά σχετικό και μπορεί να αντιμετωπισθεί ικανοποιητικά μέσω προσαρμογής του προγράμματος άρδευσης στις ανάγκες της καλλιέργειας.

Λαμβάνοντας λοιπόν, υπόψιν όλα τα παραπάνω συμπεραίνει κανείς ότι η υδροπονία μπορεί να δώσει πραγματικά ουσιαστικές λύσεις στο σύγχρονο περιβάλλον που διαμορφώνεται. Δεν θα πρέπει όμως να δημιουργηθεί η εντύπωση ότι η υδροπονία από μόνη της θα δώσει στον παραγωγό το επιθυμητό αποτέλεσμα. Χρειάζεται και η επιμέλεια του παραγωγού – επιχειρηματία, η εξοικείωση του με τα διάφορα συστήματα και η ακριβής εφαρμογή των κανόνων που πρέπει να εφαρμόζονται, και σαφώς απαιτείται η καλή συνεργασία με τους ειδικούς που γνωρίζουν και διαθέτουν την κατάλληλη τεχνογνωσία.

## 1.9: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Χρόνια τώρα πολλές εταιρίες έχουν επενδύσει τεράστια κεφάλαια στην έρευνα και στον πειραματισμό σε υποστρώματα και συστήματα για την υδροπονία. Τα υποστρώματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις υδροπονικές καλλιέργειες μπορούν να είναι τεχνητά υλικά τα οποία προέρχονται από την επεξεργασία πετρωμάτων ή φυσικές πρώτες ύλες οι οποίες υπόκεινται σε ειδική επεξεργασία.

Τα είδη των συστημάτων μπορούν να ταξινομηθούν σε 6 κατηγορίες, όπως αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- Καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα ή υδροκαλλιέργεια (χωρίς αδρανές υπόστρωμα, π.χ. NFT).
- Καλλιέργεια σε άμμο, χαλίκια ή άλλα φυσικά αδρανή υλικά.
- Καλλιέργεια σε διογκωμένα ορυκτά, όπως περλίτης, πετροβάμβακας κ.α.
- Καλλιέργεια σε διογκωμένα συνθετικά οργανικά υλικά (π.χ. πολυστερίνη, ουριοφολμαδεύδη κ.α.).
- Άλλες καλλιεργητικές τεχνικές που δεν σχετίζονται με το φυσικό έδαφος, όπως είναι ο ψεκασμός της ρίζας του φυτού με θρεπτικό διάλυμα (Αεροπονία).
- Καλλιέργεια σε οργανικά υποστρώματα (τύρφη, φλοιοί δέντρων, άχυρο κ.α.).

Πολλοί ερευνητές δεν συμπεριλαμβάνουν την τελευταία κατηγορία στην υδροπονία και την εντάσσουν ως ένα ιδιαίτερο σύστημα καλλιέργειας, επειδή το οργανικό υπόστρωμα δεν θεωρείται αδρανές (Μαυρογιαννόπουλος, 1994), επομένως συμβάλει θετικά ή αρνητικά στον εμπλουτισμό και στην διαθεσιμότητα των στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα.

Καθεμία από αυτές τις έξι κατηγορίες συστημάτων, υποδιαιρείται σε υποκατηγορίες ή εναλλακτικά σε μεθόδους, που έχουν ως σκοπό τη βελτίωση της αποδοτικότητας κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η επιλογή της τεχνικής της υδροπονικής καλλιέργειας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι το κλίμα, η τοποθεσία, οι μετεωρολογικές συνθήκες, το κόστος των πρώτων υλών και της εργασίας, καθώς και το επίπεδο της τεχνογνωσίας.

Στις μέρες μας οι κατηγορίες συστημάτων υδροπονίας που εφαρμόζονται περισσότερο στα επιχειρηματικά – εμπορικά θερμοκήπια είναι η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (Rockwool Culture), η καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT) και η

καλλιέργεια σε σάκους τύρφης. Στην Ελλάδα, ως τεχνητό υπόστρωμα χρησιμοποιείται κυρίως ο περλίτης, γιατί είναι ένα εθνικό προϊόν, φθινό που έχει όλες τις απαραίτητες ιδιότητες για την υδροπονική καλλιέργεια, ενώ υπάρχουν και άλλα όπως η ελαφρόπετρα, ο βερμικουλίτης, η άμμος και το χαλίκι.

Το τεχνητό υπόστρωμα πρέπει να έχει μικρή εναλλακτική ικανότητα ιόντων, δηλαδή τη δυνατότητα να μη δεσμεύει τα θρεπτικά στοιχεία από το διάλυμα, αλλά να τα αφήνει ελεύθερα να απορροφούνται από το φυτό. Με τη μέθοδο αυτή η θρέψη του φυτού δεν βασίζεται στο χώμα, αλλά στο νερό και στα θρεπτικά στοιχεία που έχουν προστεθεί. Το υπόστρωμα που είναι αδρανές, το μόνο που προσφέρει είναι να στηρίζει την καλλιέργεια και να παρέχει χώρο για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, με τις επιθυμητές φυσικοχημικές ιδιότητες.

Τα πιο διαδεδομένα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι τα ακόλουθα:

**Πετροβάμβακας (rock wool, stone wool).** Ο πετροβάμβακας αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα υποστρώματα παγκοσμίως. Παρασκευάζεται παραπάνω από 50 χρόνια και χρησιμοποιείται ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό υλικό (Donnan and Biggs, 1984 – αναφέρεται από τον Μανιός, 2006). Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις υδροπονικές καλλιέργειες κηπευτικών αλλά και στην ανθοκομία. Ο πετροβάμβακας είναι διογκωμένο ανόργανο υλικό και προέρχεται από τα ηφαιστειογενή πετρώματα: βασάλτη, ασβεστόλιθο και γαιάνθρακα, σε αναλογία 4 : 1 : 1 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Τα υλικά αυτά μετά από ειδική βιομηχανική επεξεργασία δίνουν το γνωστό τελικό προϊόν αποτελούμενο από λεπτές ίνες των 0,005mm και στη συνέχεια συμπιέζονται και διαμορφώνονται σε πλάκες με φαινόμενο ειδικό βάρος γύρω στα 70 – 75 kg/m<sup>3</sup>. Κατά τη διάρκεια της παρασκευής του προστίθενται ορισμένες ουσίες, όπως η Phenolresin, που μειώνει την επιφανειακή τάση και αυξάνει τη διαβρεκτικότητα του πετροβάμβακα. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι στη διάρκεια της επεξεργασίας των πετρωμάτων χρησιμοποιούνται πολύ υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 1600° C), με αποτέλεσμα το υλικό το οποίο τελικά παράγεται να είναι πλήρως αποστειρωμένο και συνεπώς απαλλαγμένο από φυτοπαθογόνους και μη οργανισμούς. Το κυριότερο όμως πλεονέκτημα του είναι η ικανότητα που διαθέτει να συγκρατεί πολύ μεγάλες ποσότητες θρεπτικού διαλύματος, μιας και οι πόροι του καταλαμβάνουν περίπου το 96% του όγκου του. Αυτό έχει ως συνέπεια την κατανάλωση πολύ μικρότερων ποσοτήτων νερού

από οποιοδήποτε άλλο υπόστρωμα. Η χημική σύνθεση του πετροβάμβακα είναι: SiO 47%, CaO 16%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14%, MgO 10%, FeO 8%, Na<sub>2</sub>O 2%, TiO 1%, MnO 1%, K<sub>2</sub>O 1%.

**Ελαφρόπετρα.** Η ελαφρόπετρα είναι ένα αργιλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο παράγεται στη χώρα μας και χρησιμοποιείται στη γεωργία, ουσιαστικά χωρίς καμία ιδιαίτερη επεξεργασία. Μια από τις χρήσεις της, είναι η παρασκευή υποστρωμάτων για τις εκτός εδάφους καλλιέργειες (Μανιός, 2006). Το pH της ελαφρόπετρας είναι περίπου 7,3. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει αλλά καλύτερα είναι να αφαιρείται η περιεχόμενη σκόνη (ξέπλυμα με νερό) και να κλασματούνεται η υπόλοιπη σε κλάσματα της επιθυμητής κοκκομετρικής σύνθεσης. Συνήθως, χρησιμοποιείται σε σάκους φύτευσης ή σε κανάλια καλλιέργειας. Μεγαλύτερη χρησιμοποίηση της γίνεται στην Κρήτη στην παρασκευή υποστρωμάτων ριζοβολίας των αμερικανικών υποκειμένων του αμπελιού (Μανιός, 2007). Η χημική σύνθεση της ελαφρόπετρας είναι: SiO<sub>2</sub> 70.5%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12.2%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.9%, CaO 2.4%, MgO 0.1%, K<sub>2</sub>O 4.2%, Na<sub>2</sub>O 3.5%, SO<sub>3</sub> 0.03.

**Περλίτης.** Στο υαλώδες αυτό ηφαιστειακό πέτρωμα δόθηκε το όνομα «περλίτης», από τη λάμψη του που είναι όμοια με εκείνη του μαργαρίτη (pearl) (Χαρίτος, 1989 - αναφέρεται από τον Μανιός, 2006). Ο υδροπονικός περλίτης προέρχεται από την επεξεργασία του ορυκτού ηφαιστειακού περλίτη που διαμορφώθηκε με την ταχύτατη ψύξη και στερεοποίηση της όξινης λάβας των ηφαιστειών. Ο διογκωμένος περλίτης χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία αλλά και στη γεωργία. Για την δημιουργία του διογκωμένου περλίτη θερμαίνονται οι κόκκοι του ορυκτού στους 1000° C, όπου λόγω του κρυσταλλικού νερού διογκώνονται 13 φορές σε όγκο περίπου και σχηματίζει ένα κοκκώδες λευκό υλικό που ζυγίζει 80 - 120 kg/m<sup>3</sup>. Η επιφάνεια κάθε τεμαχίου καλύπτεται με μικρές κοιλότητες που δίνουν μια μεγάλη επιφάνεια. Οι επιφανειακές αυτές κοιλότητες συγκεντρώνουν νερό και το καθιστούν διαθέσιμο για το φυτό. Επίσης, λόγω του φυσικού σχήματος κάθε τεμαχίου του περλίτη, εξασφαλίζονται πόροι για τον καλό αερισμό των ριζών. Ο περλίτης είναι διαθέσιμος σε πολλά μεγέθη κόκκων. Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται διογκωμένοι κόκκοι διαμέτρου 1,5 έως 3mm. Η πυκνότητα τους είναι 128 Kg/m<sup>3</sup> και μπορεί να συγκρατήσει 3πλάσιο ή 4πλάσιο νερό σε σχέση με τον όγκο του. Το pH είναι 7,0 – 7,5, δεν έχει σημαντική ρυθμιστική ούτε

και εναλλακτική ικανότητα και δεν περιέχει άλατα. Η χημική σύνθεση του περλίτη είναι: SiO<sub>2</sub> 73.1%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15.3%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.1%, CaO 0.8%, MgO 0.1%, K<sub>2</sub>O 4.5%, Na<sub>2</sub>O 3.6%.

**Άμμος.** Η άμμος σε σχέση με το μέγεθος των κόκκων της κατατάσσεται σε τρεις κατηγορίες: λεπτή άμμος : 0,02 – 0,2 mm, χοντρή άμμος : 0,20 – 2,0 mm και χαλίκια : > 2,0 mm. Η καλλιέργεια σε άμμο που αρδεύεται με θρεπτικό διάλυμα εξασφαλίζει καλύτερο αερισμό των ριζών, σε σύγκριση με την υδροκαλλιέργεια. Επιπλέον, η μορφολογία της ρίζας στην αμμοκαλλιέργεια είναι διαφορετική σε σύγκριση με την καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα (Θέριος, 2005). Η άμμος εφόσον είναι απαλλαγμένη από άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο και χλωριούχα άλατα δεν έχει ουσιαστικά καμία επίδραση στις χημικές ιδιότητες των μειγμάτων στα οποία συμμετέχει. Αντιθέτως, η άμμος επηρεάζει τις φυσικές ιδιότητες (σχέσεις νερού και αέρα, υδατικές ιδιότητες) των μειγμάτων, και γι' αυτό το λόγο άλλωστε και χρησιμοποιείται. Η καλλιέργεια φυτών σε άμμο μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη με συστήματα καναλιών (Hydrocanal System) ή σάκων, όπου το θρεπτικό διάλυμα επανακυκλοφορεί (Θέριος, 2005) αλλά και σε διάφορους υποδοχείς (Μανιός, 2006).

### **1.10: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΣΑΚΟΥΣ**

Οι σάκοι που χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους καλλιέργεια είναι κατασκευασμένοι από μαλακό πλαστικό πολυαιθυλένιο πάχους 0,2 mm, συνήθως χρωματικά τους συναντάμε να είναι διπλής όψεως. Το πλαστικό πολυαιθυλένιο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των σάκων είναι απαραίτητα μαύρο από την μια πλευρά και γαλακτώδες από την άλλη. Σε αυτή την ομάδα των υποδοχέων διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις: Σάκοι μικρού αριθμού φυτών: Το πλαστικό είναι διαμορφωμένο σε σωλήνα πλάτους 30 - 40 cm (συμπιεσμένος), με το γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά. Το μήκος του κάθε σάκου είναι γύρω στο 1 έως 1,5 μέτρο για δύο έως τρία φυτά. Στην συνέχεια, οι σάκοι τοποθετούνται σε διπλές γραμμές με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εφάπτονται μεταξύ τους, με κατεύθυνση την μεγαλύτερη τους διάσταση, και απόσταση μεταξύ των γραμμών, από άξονα σε άξονα σάκων 0,80 m. Η απόσταση από τον άξονα της μιας από τις δύο γραμμές μέχρι τον άξονα της πρώτης γραμμής σάκων της επόμενης διπλής γραμμής είναι γύρω στα 1,20 m. Σάκοι μεγάλου μήκους οριζόντιας τοποθέτησης: Το μήκος τους μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 μέτρα. Για την διαμόρφωση αυτών των σάκων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου, αντί σωλήνα, πλάτους γύρω στα 70 cm. Η διαμόρφωση του σάκου γίνεται

με την συρραφή των δύο κατά μήκος άκρων του φύλλου του πλαστικού, αφού προηγουμένως τοποθετηθεί σε αυτό το επιθυμητό υπόστρωμα.

Το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τη μορφή της καλλιέργειας που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε κάθε φορά. Σε σάκους για παράδειγμα του 1 m ανοίγονται 2 οπές σε απόσταση 50 cm μεταξύ τους και 25 cm από τα άκρα του σάκου, ενώ σε σάκους μεγέθους 1,20 m ανοίγονται τρεις οπές σε απόσταση 40 cm μεταξύ τους και 20 cm από τα άκρα τους. Η διάμετρος της κάθε οπής κυμαίνεται στα 5 – 6 cm.

Οι έτοιμοι σάκοι τοποθετούνται πάνω σε ειδικά διαμορφωμένα κανάλια, έχοντας κλίση 1,5% (έως και 3%), προκειμένου να διευκολύνεται η απορροή του αρδευτικού διαλύματος. Η άρδευση των φυτών στους σάκους γίνεται με σωλήνες πολυαιθυλενίου, μαύρου χρώματος συνήθως, διατομής Φ<sub>16</sub> που περνούν από τους σάκους (ένας σταλαχτήρας/φυτό) ή με το σύστημα άρδευσης spaghetti.

Η στράγγιση των σάκων πραγματοποιείται δημιουργώντας τέσσερις ή έξι μικρές οπές (ανάλογα το μέγεθος του σάκου) στην κάτω επιφάνεια του κάθε σάκου, δηλαδή δύο οπές αντίστοιχα σε κάθε φυτό. Στην περίπτωση που προτιμάτε να αποφευχθεί η πολύ συχνή άρδευση, τότε οι οπές στράγγισης γίνονται σε πλευρικές θέσεις του σάκου περίπου δηλαδή να απέχουν 3 – 4 cm από το δάπεδο, έτσι ώστε να δημιουργείται μικρός αποθηκευτικός χώρος στο κάτω μέρος της επιφάνειας του σάκου, όπου εκεί θα συγκεντρώνεται μικρή ποσότητα θρεπτικού διαλύματος μετά από κάθε άρδευση και λίπανση. Αυτό εξυπηρετεί την κάλυψη των αναγκών των φυτών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, με τριχοειδή αναρρόφηση.

### **1.11: ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΕΣ**

Η προσπάθεια και τάση χρήσεως και αξιοποίησης υποβαθμισμένης ποιότητας νερού (π.χ. αλατούχα νερά) για τις αρδευτικές ανάγκες καλλιεργειών σε συνδυασμό με την υποβάθμιση των υδάτινων πηγών γίνεται ολοένα και επιτακτικότερη, με υψηλό ερευνητικό ενδιαφέρον. Η υδροπονία, συνδυάζοντας την υψηλή τεχνολογία και τεχνογνωσία αλλά και τον ουσιαστικό και πλήρη έλεγχο της θρεπτικής κατάστασης των φυτών, αποτελεί το πλέον χρήσιμο εργαλείο για ερευνητικές μελέτες σχετικά με την επίδραση της αλατότητας στα φυτά. Η έκθεση φυτών σε συνθήκες αλατότητας (NaCl) επιδρά στη διαδικασία μεταφοράς νερού και ιόντων στα φυτά, όπου μπορεί να μεταβάλει τη θρεπτική κατάσταση και την ισορροπία των ιόντων καθώς επίσης και πολλές φυσιολογικές διεργασίες (Lauchli and Epstein, 1990).

Για να γίνουν περισσότερο αντιληπτά τα παραπάνω, παρουσιάζονται ορισμένα αποτελέσματα από πρόσφατες μελέτες σχετικά με την επίδραση της αλατότητας ή/και υποστρώματος στην αύξηση-ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών:

- Σε υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας με σύστημα NFT, φυτεύτηκαν αυτόρριζα φυτά τομάτας ποικιλίας 'Belladonna' F1 (Hazera) καθώς και φυτά εμβολιασμένα είτε στην ίδια την καλλιεργούμενη ποικιλία (Belladonna) είτε σε τρία διαφορετικά εμπορικά υποκείμενα ('Heman', 'Beaufort', 'Resistar'). Οι πέντε αυτές μεταχειρίσεις εμβολιασμού συνδυάστηκαν με 3 διαφορετικά επίπεδα αλατότητας (NaCl) 2.5, 5 και 7.5 dS/m, στο θρεπτικό διάλυμα του κλειστού υδροπονικού συστήματος. Αυτό που παρατηρήθηκε μέσα από αυτή την διαδικασία ήταν ότι: η αύξηση της αλατότητας του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος ελάττωσε την παραγωγή λόγω μείωσης του μέσου βάρους των καρπών, ενώ δεν επηρέασε τον αριθμό των καρπών ανά φυτό. Το pH μειώθηκε με την αυξημένη αλατότητα στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα (Ολύμπιος κ.α., 2007α).
- Σε διαφορετική μελέτη ερευνήθηκαν οι επιπτώσεις της αλατότητας στην τομάτα όταν προέρχεται από υψηλή συγκέντρωση NaCl (12 dS/m, 100 mM) ή από υψηλή αγωγιμότητα. Η έκθεση των φυτών στην αλατότητα μείωσε σημαντικά το ύψος των φυτών και την φυλλική τους επιφάνεια. Η μείωση της φυλλικής επιφάνειας ήταν μεγαλύτερη στην επέμβαση με την αλατότητα NaCl (40%) συγκριτικά με την αλατότητα των μακροστοιχείων (15%). Η ανάπτυξη των φυτών σε συνθήκες αλατότητας μείωσε την αγωγιμότητα των στοματίων και τη συγκέντρωση του μεσοκυττάριου CO<sub>2</sub>, και αύξησε τη περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη. Η αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος με την προσθήκη NaCl στο κανονικό θρεπτικό διάλυμα μείωσε σημαντικά το νωπό βάρος των καρπών ανά φυτό. Στην επέμβαση με την αλατότητα του NaCl η μείωση της απόδοσης, κατά 55% οφείλεται 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. Επιπλέον, η αλατότητα NaCl προκάλεσε ισχυρότερη αρνητική επίπτωση στη συνολική παραγωγή ξηρού βάρους (περίπου -33%) (Λυκοσκούφης κ.α, 2007).
- Σε υδροπονική καλλιέργεια κολοκυθίου τροφοδοτήθηκε με θρεπτικό διάλυμα χαμηλής (0,1 mM) ή υψηλής (1 mM) συγκέντρωσης πυριτίου η οποία συνδυάστηκε με χαμηλή (0,8 mM NaCl) ή υψηλή (35 mM NaCl) αλατότητα. Η αυξημένη



αλατότητα περιόρισε σημαντικά την βλαστική ανάπτυξη των φυτών, την παραγωγή καρπών (τόσο τον αριθμό όσο και το μέσο βάρος), καθώς επίσης και την διαπνοή, την φωτοσύνθεση και την στοματική αγωγιμότητα των φύλλων. Όμως, η αυξημένη αλατότητα βελτίωσε ορισμένα χαρακτηριστικά ποιότητας των καρπών του κολοκυθιού και ειδικότερα τα ολικά διαλυτά στερεά και την περιεκτικότητά τους σε ξηρή ουσία. Σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, η αυξημένη παροχή Si, μέσω του θρεπτικού διαλύματος, αύξησε το βάρος τόσο του υπέργειου μέρους όσο και των καρπών ανά φυτό (Σάββας κ.α, 2007).

- Σε μια άλλη μελέτη που περιελάμβανε φυτά αγγουριάς (υβρίδιο 722 Virginia RZ) εμβολιασμένα σε υποκείμενα Mamouth F1 και Leon F1, αναπτύχθηκαν σε συνθήκες θερμοκηπίου και 40 ημέρες μετά την σπορά του εμβολίου εφαρμόστηκαν τρία επίπεδα αλατότητας 2,0 dS/m (μάρτυρας), 3,5 dS/m και 5,5 dS/m με την προσθήκη NaCl στο νερό ύδρευσης και με το ίδιο επίπεδο λίπανσης. Η αλατότητα επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την συνολική απόδοση, το μέσο βάρος, τον αριθμό, το μήκος των καρπών, αλλά δεν επηρέασε την διάμετρο τους. Το υποκείμενο Mamouth F1 σε μέτρια επίπεδα αλατότητας ήταν περισσότερο ανθεκτικό. Κατά την τελική δειγματοληψία (60 μέρες περίπου μετά την εφαρμογή της αλατότητας) το γενικό συμπέρασμα της μελέτης αυτής ήταν ότι: η περιεκτικότητα των καρπών σε  $Cl^-$  και  $Na^+$  αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας (Ολύμπιος κ.α, 2007β).
- Σε πειραματική εγκατάσταση αποτελούμενη από 12 κλειστά, ανεξάρτητα μεταξύ τους υδροπονικά συστήματα με μερικώς αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης και πλήρη ανακύκλωση των απορροών, μελετήθηκε ο ρυθμός συσσώρευσης αλάτων σε καλλιέργεια πιπεριάς, όταν το νερό άρδευσης περιείχε 0,8 mM, 4 mM, 8 mM και 12 mM NaCl. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε νερό με συγκέντρωση NaCl 0,8 mM στο οποίο γινόταν προσθήκη NaCl σε ποσότητες που αντιστοιχούσαν στις παραπάνω συγκεντρώσεις. Όσον αφορά τις επιπτώσεις της αλατότητας στην καλλιέργεια, διαπιστώθηκε ότι η προοδευτική συσσώρευση NaCl στο περιβάλλον των ριζών της πιπεριάς μείωσε σημαντικά την βλαστική ανάπτυξη των φυτών. Ο περιορισμός της βλαστικής ανάπτυξης με την αύξηση της αλατότητας οφειλόταν εν μέρει τουλάχιστον σε μείωση των ρυθμών καθαρής φωτοσύνθεσης (Χατζηευστρατίου κ.α, 2007).
- 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 του. Επιπλέον μείωση σημειώθηκε στην στοματική αγωγιμότητα των φύλλων που μπορεί να προκαλέσει μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων μαρουλιού (Tzortzakis, 2009a). Ο εμπλουτισμός K αλλά και ο διαφυλλικός ψεκασμός με Ca μείωσε 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). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε άλλα φυλλώδη φυτά (αντίδι, σέλινο) ή/και ποικιλίες μαρουλιού (ποικ. Beta) (Tzortzakis, 2009a, 2009b).

## **Κεφ.2: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ**

### **2.1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ**

Το σταμναγκάθι είναι ένα χόρτο του αγρού. Η λατινική ονομασία του σταμναγκαθιού είναι *Cichorium spinosum* L. Δημόδης ονομασία του φυτού είναι «κιχώριον το ακανθώδες». Ήταν γνωστό στους αρχαίους με το όνομα «σέρις». Στην Κρήτη το λένε ακόμη «Μαύρες» από το χρώμα του ή «άγριο ροδίκιο» (Χαβάκη, 1979) ενώ είναι γνωστό και ως «Τζιμπερορρόδικο», ή «Γιαλοράδικο».

Την ονομασία σταμναγκάθι την απόκτησε από το αγκάθι που το περιβάλλει και από την χρήση που είχε (με την ειδικά διαμορφωμένη πασσαλώδη ρίζα) αυτό στο στόμιο της στάμνας με το νερό. Διότι τον παλιό καλό καιρό που οι άνθρωποι καθημερινά πήγαιναν σε φυσικές πηγές ή σε πηγάδια για να εφοδιαστούν με το νερό της ημέρας, η μεταφορά γίνονταν με πήλινες στάμνες. Επειδή πολλών ειδών ζώφια πήγαιναν να δροσιστούν και αυτά από το νερό της στάμνας, οι άνθρωποι έκοβαν το αγκάθι και το εφάρμοζαν “σαν καπάκι” στο στόμιο της στάμνας απωθώντας με αυτόν τον τρόπο τους παρείσακτους επισκέπτες. Έτσι έγινε γνωστό στην κοινωνία σαν στάμνα-αγκάθι, το αγκάθι της στάμνας δηλαδή. Όπως λέγεται χαρακτηριστικά «έχει αγκάθες και αγκυλώνει όπως το αχινοπόδι» (Φραγκάκη, 1969).

Το σταμναγκάθι είναι ουσιαστικά μια άγρια ποικιλία ραδίκι, που έχει μια υπέροχη πικράδα μαζί με μια ελαφριά γλυκύτητα και είναι σήμα κατατεθέν της κρητικής κουζίνας (Melliou et al., 2003). Το σταμναγκάθι είναι γνωστό ως τροφή αλλά και ως βότανο από την αρχαιότητα. Στην Κρήτη αυτοφύεται κυρίως στο οροπέδιο του Ομαλού και του Καθαρού, που βρίσκονται στον νομό Χανίων. Θεωρούνταν πάντα μια αξιοζήλευτη τροφή την οποία λίγοι είχαν την δυνατότητα να αποκτήσουν. Αυτό οφείλεται στη συγκομιδή του που ήταν και είναι μια πολύ επίπονη, κουραστική και πολλές φορές επικίνδυνη διαδικασία, εξαιτίας όχι μόνο λόγω της δυσκολίας συλλογής του, αλλά και της ιδιαιτερότητας του να αναπτύσσεται σε δύσβατα μέρη. Έτσι δικαιολογείται και η αυξημένη τιμή πώλησης του. Η απόδοση ανά

στρέμμα κυμαίνεται από 3 με 5 τόνους, ενώ η τιμή πώλησης του από τον παραγωγό είναι 4 έως 5,5 ευρώ το κιλό, ενώ στον καταναλωτή φτάνει μέχρι και 15 ευρώ το κιλό (Εικόνα 2.1).

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η παραδοσιακή κρητική διατροφή είναι η πλουσιότερη διατροφή σε φρούτα και σε όσπρια στη Δύση και αναγνωρίζεται γενικά ως το καλύτερο παράδειγμα της μεσογειακής διατροφής για την πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων (Renaud et al., 1995). Ο πληθυσμός της Κρήτης έχει τη μέγιστη υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής στο δυτικό κόσμο. Το αυξημένο ενδιαφέρον για τις καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται στη διάσημη κρητική διατροφή (Paraschos et al., 2001), οδήγησε τους ερευνητές στο προσδιορισμό των συστατικών των φυτών αυτών, συμπεριλαμβανομένου και του σταμναγκαθιού.





**Εικόνα 2.1.** Διακύμανση τιμής πώλησης στο σταμναγκάθι

Οι πρώτες προσπάθειες καλλιέργειας και εξημέρωσης του φυτού από τον άνθρωπο έχουν αρχίσει από πολύ παλιά, μάλλον από τη δεκαετία του 1920, και σίγουρα οι πρώτοι που το επιχείρησαν αυτό ήταν κάτοικοι από τα χωριά της Γραμβούσας Κίσαμου. Είναι όμως τέτοια η φύση του φυτού που όσο και να το εξημερώσεις αυτό δεν δαμάζεται. Δηλαδή γνήσιο σταμναγκάθι δεν θα προκύψει από φυτό πάνω από 2-3 χρόνια. Τον τρίτο χρόνο πολύ απλά θα σου δώσει ραδίκι και όχι σταμναγκάθι. Πράγμα που κάνει την καλλιέργεια του μια πολύ επίπονη και κουραστική διεργασία. Δυστυχώς τα τελευταία χρόνια που έγινε μόδα το σταμναγκάθι, έκαναν την εμφάνιση τους πολλών ειδών σταμναγκάθια στις λαϊκές αγορές. Τα περισσότερα από αυτά όμως, δεν έχουν σχέση με το γνήσιο και από αρχαιοτάτων χρόνων γνωστό σταμναγκάθι (Αναγνωστάκης, <http://oliveoil.homedns.org/stamnagkathi> ανακτημένο στις 18 - 09-2009).

Το σταμναγκάθι παρουσιάζεται τον Οκτώβρη, με τα πρωτοβρόχια και μαραίνεται τον Ιούνιο. Ανθίζει από το Μάιο μέχρι τον Ιούλιο (Σταυριδάκης, 2006). Τον πρώτο χρόνο το φυτό σχηματίζει ρόδακα (Εικόνα 2.2) με τα φύλλα του, ενώ ο βλαστός του που αναπτύσσεται προς τα επάνω γίνεται αγκάθι. Έτσι, σιγά – σιγά μετατρέπεται σε ένα μικροσκοπικό θάμνο όπου ανάμεσα στα αγκάθια κάνει κάθε χρόνο τα φύλλα του (Κανάκης, 1998).



**Εικόνα 2.2.** Φυτό σταμναγκαθιού

## **2.2: ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Το σταμναγκάθι όπως παραπάνω αναφέρθηκε, είναι ένα πολυετές αγκαθωτό φυτό. Τα αγκάθια είναι πρόνοια της φύσεως γιατί διαφορετικά θα ήταν δύσκολη η επιβίωσή του. Πιο συγκεκριμένα οι βλαστοί του είναι κοντοί, διακλαδισμένοι από τη βάση ύψους 4 – 18 εκατοστών. Το φυτό αυτό είναι ελαφρά τριχωτό, λείο με ρίζα που μοιάζει με αυτή του καρότου. Τα φύλλα του είναι λοβωτά ή πετροβόλα και οδοντωτά (σαν λάμα πριονιού) και σχηματίζουν σφαιρικό ρόδακα, και είναι κοκκαρωτά, στρογγυλόκορφα, από το κέντρο του οποίου αναπτύσσεται ο ανθοφόρος βλαστός. Τα άνθη του, στις μασχάλες του διακλαδιζόμενου όρθιου βλαστού ή των φύλλων, ανοίγουν το πρωί και αποτελούνται από γλωσσοειδή ανθίδια, δεν ξεπερνούν τα 30 χιλιοστά και το χρώμα τους είναι κυρίως έντονο και γαλανό (Εικόνα 2.3) με μπλε στήμονες (Αλιμπέρτης, 1994). Τα φύλλα του, τα ανθάρια και ο καρπός του είναι ακριβώς όπως και τα συγγενικά ραδίκια. Ο καρπός σε δέσμες 5 – 7 σπέρματα είναι σκουρόχρωμος, λίγο μακρουλός (Κανάκης, 1998). «Το φυτό λαχανεύεται και αποτελεί άριστη εδώδιμη βρούβα με πικρή γεύση, η οποία γεύση οφείλεται στην ουσία κιχωρίνη που περιέχει» (Χαβάκη, 1979).

Οι ρίζες του περιέχουν ένα γαλακτώδες, πικρό υγρό που προσδίδει στο φυτό σημαντικές ιδιότητες. Σίγουρα πρόκειται για ένα από τα «πικρά χόρτα» που οι Εβραίοι

έτρωγαν με το πασχαλινό αρνί. Τα φύλλα του σταμναγκαθιού περιέχουν μια πικρή ουσία, μια ζαχαρώδη ύλη, λευκώματα και πολλά άλατα όπως νιτρικό αλάτι, θείο, φώσφορο και μαγνήσιο (Αλιμπέρτης, 1994).



**Εικόνα 2.3.** Άνθη σε φυτό σταμναγκαθιού

### **2.3: ΕΛΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ**

Η φύση έχει βάλει όλη της την τέχνη και όλη της την σοφία για να δημιουργήσει αυτό το φυτό με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να επιβιώσει στις περισσότερο αντίξοες καιρικές συνθήκες, αλλά και από τις ορέξεις των χορτοφάγων θηλαστικών της Γης. Έτσι, το σταμναγκάθι μπορεί να βρεθεί σε χιονισμένα δύσβατα μέρη των ορεινών όγκων του νομού Χανίων, αλλά και σε απόκρημνες ακρογιαλιές να το χτυπάει το κύμα και να το θρέφει η αλμύρα της θάλασσας (Αναγνωστάκης, <http://oliveoil.homedns.org/stamnagkathi> ανακτημένο στις 18 - 09-2009).

Όπως υποδηλώνει και το όνομά του το «Γιαλοράδικο» φυτρώνει στις ακρογιαλιές και τρέφεται με το κύμα (Φραγκάκη, 1969). Με άλλα λόγια, ένας βιότοπος για το «σταμναγκάθι» είναι η παραθαλάσσια ή παραλιακή ζώνη, δηλαδή η στενή λωρίδα γης κατά μήκος των ακτών, η οποία επηρεάζεται από τη θαλασσινή αλμύρα και τον αέρα. Το «άγριο ροδίκιο» απαντάται τόσο τις αμμώδεις περιοχές όσο και στις απόκρημνες βραχώδεις και προσαρμόζεται στις ειδικές οικολογικές συνθήκες που δημιουργούνται από τη θαλασσινή αλμύρα και υγρασία (Σταυριδάκης, 2006).

Εκτός από τη θάλασσα το βλέπουμε και σε βουνά και οροπέδια πάνω από 1000 m υψόμετρο (Αλιμπέρτης, 1994). Μάλιστα έχει βρεθεί σταμναγκάθι στην κορυφή του βουνού

Κέρδος της Κρήτης σε υψόμετρο 1700 m (Σταυριδάκης, 2006). Πιο αναλυτικά, το συναντάμε σε δάση, θαμνώδεις, πετρώδεις εκτάσεις και μεγάλα οροπέδια, δηλαδή στην ορεινή ζώνη. Αξίζει να σημειώσουμε ότι αν και το συναντάμε στις ακτές και στα ορεινά λειβάδια δεν θα το δούμε πουθενά ενδιάμεσα (Αλιμπέρτης, 1994).

#### **2.4: ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ**

Η μόνη περίοδος όπου το σταμναγκάθι έχει φύλλα είναι την άνοιξη. Τότε πρέπει να κοπεί όλο το κλαρί, δηλαδή ο θαμνίσκος, για να καθαριστεί. Μέσα στην ακανθωτή αγκαλιά του βγάζει το φυτό τα φυλλαράκια. «Από μία ρίζα μπορείς να βγάλεις και ένα κιλό ροδίκιο» και αφού κόψεις τα φύλλα απομένει μια «αγκάθα» που παίρνει πολύ εύκολα φωτιά, αναφέρει χαρακτηριστικά η Φραγκάκη Ε. (1969). Οι τρυφεροί βλαστοί αν δεν μαζευτούν εγκαίρως γίνονται ξυλώδεις και βέβαια δεν τρώγονται (Αλιμπέρτης, 1994).

Τα φύλλα μπορούμε να τα μαζέψουμε από τους βλαστούς χωρίς να τους κόψουμε. Καθώς όλα τα μέρη του φυτού: ρίζες, βλαστοί, φύλλα, άνθη, φλοιός καρποί, σπόροι, χυμός, αιθέρια έλαια, μπορεί να είναι χρήσιμα, είναι ένας λόγος παραπάνω για να μαζέψουμε μόνο αυτό που θέλουμε και να μην καταστρέψουμε ολόκληρο το φυτό. Έτσι εάν δεν χρειαζόμαστε τις ρίζες του φυτού, αποφεύγουμε να το ξεριζώσουμε και κόβουμε μόνο το στέλεχος που χρειαζόμαστε.

Επιπλέον αποφεύγουμε να μαζεύουμε το φυτό αν διαπιστώσουμε ότι δεν είναι υγιές ή για παράδειγμα έχει κιτριτισμένα ή άρρωστα φύλλα (Αλιμπέρτης, 1994). Μαζεύουμε τους ρόδακες προτού αναπτυχθεί ο ανθοφόρος βλαστός. Καλό είναι να αποφεύγεται το μάζεμα σταμναγκαθιού που βρίσκεται κοντά σε μολυσμένο περιβάλλον, όπως δρόμοι μεγάλης κυκλοφορίας ή σκουπιδότοποι διότι το «σταμναγκάθι» έχει την ιδιότητα να απορροφά διάφορα χημικά προϊόντα που υπάρχουν ολόγυρά του (Αλιμπέρτης, 1994), και αυτήν την χαρακτηριστική του ιδιότητα χρήζει περαιτέρω μελέτη.

Πρέπει να έχουμε υπόψιν μας ότι δεν εισβάλλουμε στη φύση με σκοπό να μαζέψουμε ότι βρούμε μπροστά μας για να ικανοποιήσουμε τον εαυτό μας. Κόβουμε ένα μέρος από το «Τζιμπερορόδικο» και αφήνουμε το υπόλοιπο για αναπαραγωγή (Αλιμπέρτης, 2006). Στις μέρες μας η χρήση του σταμναγκαθιού έχει αλλάξει εξαιτίας των αλλαγών που έφερε η αστικοποίηση και η παγκοσμιοποιημένη διατροφή. Η τύχη του επηρεάζεται και από τις καιρικές συνθήκες, δηλαδή, αν οι βροχοπτώσεις είναι πολλές, αν είναι πρώιμες ή όψιμες, αν



κατά την περίοδο της φύτρωσης ο καιρός είναι ψυχρός ή θερμός, αν η προηγούμενη χρονιά είχε περισσότερες ή λιγότερες βροχοπτώσεις κ.λπ. (Σταυριδάκης, 2006).

Εν κατακλείδι, λόγω των πολλαπλών κινδύνων που απειλούν το φυσικό περιβάλλον, έχει σημασία να αποκτήσουμε ορθή περιβαλλοντική συνείδηση και να δείχνουμε σεβασμό στη μοναδικότητα ορισμένων ειδών και να προστατεύουμε ανεκτίμητες κληρονομίες όπως αυτή του σταμναγκαθιού.

## 2.5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύνθεση και η σύσταση σταμναγκαθιού, ανάλογα με την τοποθεσία ανάπτυξης του. Παρατηρείται ότι το υπέργειο μέρος από φυτά *C. spinosum* που συλλέχθηκαν στην Κρήτη παράγαγαν διαφορετικές λακτόνες. Τα συστατικά χαρακτηρίστηκαν ως λακτουσοπικρίνη (lactucopicrin, ένα άλλο συστατικό του *C. intybus*, τύπου λακτουσίνης) και το παράγωγο 3,4β-dihydroderivative (Melliou et al., 2003). Η σύνθεση και συγκέντρωση των δευτερογενών μεταβολιτών προσδιορίστηκαν με μεθόδους γενετικής καθώς επίσης την επίδραση που έχουν οι διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες. Σε προηγούμενες μελέτες βρέθηκε ότι η διαφοροποίηση της συγκέντρωσης sesquiterpene lactone στο υπέργειο μέρος της ίδιας ποικιλίας ραδικιού που αναπτύχθηκε σε διαφορετικές τοποθεσίες οφείλεται σε επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων στην συγκέντρωση των σεσκιτερπενοειδών λακτονών. Στοιχειομετρική ανάλυση των εδαφών στις διαφορετικές τοποθεσίες που αναπτύχθηκαν τα φυτά, δείχνουν ότι η διαθεσιμότητα του φωσφόρου μπορεί να επηρεάσει την συγκέντρωση των σεσκιτερπενοειδών λακτονών. Αργή ανάπτυξη σε συνθήκες έλλειψης φωσφόρου ίσως να αποτελεί την βάση για υψηλότερα επίπεδα αυτών των συστατικών σε διάφορες ποικιλίες ραδικιού ενώ διάφοροι αβιοτικοί και βιοτικοί παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη (Foster et al., 2006). Η διαφοροποίηση της συγκέντρωσης των σεσκιτερπενοειδών λακτονών αναφέρθηκε σε διαφορετικά μέρη του *C. intybus* κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Rees and Harborne, 1985). Η σύνθεση των σεσκιτερπενοειδών λακτονών μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης (βλαστικό ή αναπαραγωγικό) των φυτών (όπως αναφέρεται από τους Michalska and Kisiel, 2007).

Άλλη περίπτωση είναι η απομόνωση δυο ομάδων δευτερογενών μεταβολιτών από το υπέργειο τμήμα του φυτού *C. spinosum*, από την Σικελία (Gemeinholzer and Bachmann,

2005). Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει κουμαρίνες όπως η αμπελιφορίνη ((1)umbelliferone), σκοπολετίνη ((2)scopoletin), αεσκουλιτίνη ((3)aesculetin) και κιχωριίν ((4)cichoriin). Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει sesquiterpene λακτόνες όπως η λακτουσίνη ((5)lactucin), η 11β,13-διυδροπαράγωγο ((6)11β,13-dihydroderivative), η λευκοδίνη ((7)leucodin) και η τανακετίνη ((8)tanacetin). Επίσης απομονώθηκαν οι norisoprenoid loliolide, benzyl-O-b-glucopyranoside και 3-hydroxy-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1-propanone. Οι ενώσεις 1-6, loliolide και benzyl- O-b-glucopyranoside είναι γνωστές στο υπέργειο μέρος του είδους *C. intybus* (Kisiel and Zielinska, 2001; αναφέρεται από τους Michalska and Kisiel, 2007). Οι ενώσεις 7 και 8 και propanone βρέθηκαν για πρώτη φορά σε είδη του γένους *Cichorium* (Gemeinholzer and Bachmann, 2005).

Σχετικά τώρα με την σύσταση του σταμναγκαθίου, μετά από ανάλυση λιπαρών οξέων, βρέθηκε ότι το σταμναγκάθι έχει 25,9 mg/100 mg νωπό βάρος κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA), 5,4 mg/100 mg νωπό βάρος μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) και 6,8 mg/100 mg νωπό βάρος πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) και αυτό αντιστοιχεί στο 32,4%; 60.9% και 48.7% των ολικών λιπαρών οξέων αντίστοιχα. Η συγκέντρωση των ω-3 και ω-6 λιπαρών οξέων στο σταμναγκάθι ήταν 33,8 mg και 14,9 mg στα 100 mg νωπό βάρος (Vardavas et al., 2006b). Η περιεκτικότητα των λιπιδίων ως ποσοστό επί τοις εκατό της περιεκτικότητας των ολικών λιπαρών οξέων ήταν 2,6% για C14:0, 0,0% για C14:1, 0,3% για C15:0, 1,8% για C15:1, 16,6% για C16:0, για 0,4% για C16:1, 0,4% για C17:0, 1,4% για C17:1, για 2,3% για C18:0 καθώς επίσης 1,5% για C18:1, 14,9% για C18:2, 0,2% για C18:3 gamma, 33,6% για C18:3 a, 0,0% για C18:4 x-3, 1,0% για C20.0 και 1,1% για C22:2. Επίσης η περιεκτικότητα των λιπιδίων ως ποσοστό επί τοις εκατό της περιεκτικότητας των ολικών λιπαρών οξέων ήταν 0,3% για C23:0, 1,3% για C24:0, και 0,4% για C24:1 (Vardavas et al., 2006b).

Οι Vardavas et al. (2006a) αναφέρουν επίσης ότι η περιεκτικότητα της λουτεΐνης και β-καροτένιου στο σταμναγκάθι ήταν 1160 μg/100 g νωπού βάρους και 595 μg/100 g νωπού βάρους αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη K<sub>1</sub> και βιταμίνη C (ascorbic acid) ήταν 240 και 24 μg/100 g νωπού βάρους αντίστοιχα. Επιπλέον, η περιεκτικότητα της ε-τοκοφερόλης ήταν 0,83 mg/100 g νωπού βάρους και των ολικών πολυφαινόλων ήταν 132 mg/100 g νωπού βάρους. Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα της α-τοκοφερόλης ήταν 1,23 mg/100 g νωπού βάρους. Μικρότερη περιεκτικότητα (0,398 mg/100 g νωπό βάρος) σε α-τοκοφερόλης, σε είδος που συλλέχθηκε από την Κρήτη, βρέθηκε από τους Zeghichi et al. (2003). Η περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες ήταν 72,6 mg/100 g νωπό βάρος, η

αντιοξειδωτική ικανότητα (EC<sub>50</sub>) ήταν 1,115 mg ξηρό εκχύλισμα/mg DPPH (Zeghichi et al., 2003).

## 2.6 : ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Το σταμναγκάθι όπως αναφέρεται από το Διοσκουρίδη, αποτελούσε φάρμακο (διουρητικό, καθαρτικό, χρήσιμο φάρμακο για το συκώτι, κατάπλασμα σε έλκη και ο χυμός της ρίζας είναι κατάλληλος για εγκαύματα) για τους αρχαίους, χαρακτηριστικό για τις αντισηπτικές αλλά και τις αντιρρευματικές του ιδιότητες. Γενικά, όλα τα ραδίκια θεωρούνται αναπλαστικά του αίματος και ο χυλός τους μετά από το βράσιμο τρώγεται με μπόλικο λεμόνι και λάδι κυρίως από τα παιδιά. Συγκεκριμένα το σταμναγκάθι θεωρείται άκρως διουρητικό και χρήσιμο φάρμακο για το συκώτι και κυρίως τη σπλήνα (Φραγκάκη, 1969). Έχει όμως κι άλλες πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες που μπορούν να βελτιώσουν την υγεία μας ή να συμβάλλουν στην αποκατάστασή της. Οι Αιγύπτιοι το γνώριζαν ήδη από την 4<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ. Το αφέψημά του, με προσθήκη αλατιού και λεμονιού, δυναμώνει το πεπτικό σύστημα, θεραπεύει τη χρυσή, τους ηπατικούς πόνους, την εξόγκωση της χοληδόχου κύστης, τους διαλείποντες πυρετούς και τις νεφρικές παθήσεις (Αλιμπέρτης, 2006).

Συνιστάται να καταναλώνεται όσοι πάσχουνε από ρευματισμούς, ψαμμιακά και χολολίθιους ή παθήσεις της σπλήνας. Πολτοποιημένα φύλλα σταμναγκαθιού, αλλά και από το άγριο ραδίκι, τα βάζουμε ως κατάπλασμα σε δερματοπάθειες, πρηξίματα και στον πονόματο. Επίσης, το νερό που έβρασε το σταμναγκάθι θεωρείται φάρμακο και συχνά το πίνανε ως προληπτικό φάρμακο. «Κάνει καλό» λέγανε και αναφέρεται ότι είναι νόστιμο και υγιεινό (Κανάκης, 1998). Το χωνευτικό διεγερτικό φυτό είναι γνωστό ως «σαλάτα» αν τρώγεται ωμό. Τρώγεται επίσης και βρασμένο κυρίως με λαδόξυδο ή λεμονόλαδο (Αλιμπέρτης, 1994).

Η λαϊκή Κρητική θεραπευτική χρησιμοποιεί τα αψεφήματα των φύλλων του «άγριου ροδικίου» σαν φάρμακο ευστόμαχο και διεγερτικό των γαστρικών εκκρίσεων. Οι αρχαίοι γνώριζαν περισσότερες θεραπευτικές ιδιότητες του φυτού. Ο Διοσκούρης μας πληροφορεί επίσης: «σέρις δισσή ων η μεν αγρία πικρίς η και κιχώριον καλουμένη. Η δε ήμερος εστί πλατυφυλλοτέρα και ευστομωτέρα. Πασαι δε και κοιλίαν εφθαί μετ' όξους λαμβανόμεναι και μάλιστα αι αγραιο ευστομαχώτεραι. Βρωθείσθαι γάρ, ατονούντα στόμαχον παρηγορούσι και καυσούμενον» (Χαβάκη, 1979).

Το «κιχώριον το ακανθώδες» αναφέρεται ακόμα και σε έναν πάπυρο της χιλιετηρίδας και παρέμεινε σ' όλη την αρχαιότητα σαν ένα πολύτιμο θεραπευτικό χόρτο. Σε μερικά μέρη της Ευρώπης, από τη ρίζα αυτού του φυτού φτιάχνουν ένα υποκατάστατο του καφέ (chicoree) (Μπαούμαν, 1993).

Γενικά, είναι από τα καλύτερα εδώδιμα φυτά. Είναι τονωτικό, διουρητικό, ορεκτικό, καθαρτικό, στομαχικό, αντιπυρετικό, ακόμη και αφροδισιακό σύμφωνα με τους Ρωμαίους. Αν προσθέσουμε σκόνη από αποξηραμένες ρίζες του φυτού αυτού στον καφέ με γάλα, το ρόφημα γίνεται πιο εύπεπτο. Είναι γενικά πλούσιο σε αντιοξειδωτικά, ωμεγα-3 λιπαρά και πολλά άλλα θρεπτικά στοιχεία όπου προάγουν την καλή υγεία του ανθρώπου.

## **2.7: ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΟΙΗΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ**

Αφού συλλέξουμε την ποσότητα του σταμναγκαθιού που χρειαζόμαστε υπάρχει η δυνατότητα να το διατηρήσουμε στο ψυγείο καθαρισμένο μα όχι πλυμένο. Δεν πρέπει να τοποθετείται σε μεγάλη ψύξη και ούτε να πλένεται με ζεστό νερό. Μπορούμε να το βάλουμε και στην κατάψυξη.

Ο καλύτερος τρόπος για να διατηρήσουμε το σταμναγκάθι είναι πρώτα να το μισοβράσουμε και μετά να το βάλουμε στην κατάψυξη (Κανάκης, 1998). Μπορούμε κι απευθείας αν θέλουμε να το φάμε, ωμό, αφού βέβαια το καθαρίσουμε και το ξεπλύνουμε με άφθονο νερό προσθέτοντας και λίγο ξύδι (Αλιμπέρτης, 2006). Κυρίως βράζεται με αρκετό νερό αλατισμένο με χοντρό αλάτι, σε δυνατή φωτιά. Αναφέρεται ότι είναι καλό να έχουν «απλοχωρία» τα χόρτα μέσα στην κατσαρόλα, δηλαδή να μην είναι στριμωγμένα. Αν η κατσαρόλα είναι ξεσκεπάστη τα χόρτα γίνονται πράσινα (Φραγκάκη, 1969).

Καλό είναι το σταμναγκάθι – σαλάτα να πλένεται μα όταν του βάζουμε το λάδι στο πιάτο πρέπει να είναι στεγνό. Όπως επίσης στην κατσαρόλα πρέπει να μπαίνει το σταμναγκάθι αν έχει βράσει καλά το νερό και άμα θα ψηθεί πρέπει να βγει αμέσως από το νερό γιατί βλάπτεται η γεύση και το χρώμα του. Να σημειωθεί ότι, αν το σταμναγκάθι καταναλωθεί ωμό διατηρεί όλα τα συστατικά του. Όταν βράσει χάνει μέχρι και 75% από τις βιταμίνες του ενώ και τα άλλα συστατικά του καταστρέφονται σε σημαντικό βαθμό (Κανάκης, 1998).

Το σταμναγκάθι πιο παλιά το καθαρίζανε, το πλένανε και μετά το βάζανε στον δυνατό ήλιο να ξεραθεί. Με αυτό τον τρόπο το φυλάγανε για πολύ καιρό όπου το λέγανε «τουρσί» (Κανάκης, 1998).

## 2.8: ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Το γένος *Cichorium*, περιλαμβάνει έξι είδη (*Cichorium intybus*, *Cichorium endivia*, *Cichorium pumilum*, *Cichorium spinosum*, *Cichorium calvum* και *Cichorium botaiae*) στην οικογένεια Asteraceae. Το *Cichorium spinosum* κατανέμεται στην Μεσόγειο (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία). Το φυτό αναγνωρίζεται από τους κοντούς με πολλές διακλαδώσεις ξυλοποιημένους βλαστούς και αγκάθια (Gemeinholzer and Bachmann, 2005). Η γενετική παραλλακτικότητα μεταξύ των διαφόρων φυτών *Cichorium spinosum*, κυμαίνεται από 0-0,3% ενώ με την μέθοδο του ενισχυμένου πολυμορφισμού μήκους τεμαχίων (AFLP) βρέθηκαν 4 αντιπροσωπευτικοί τύποι που περιγράφουν τον είδος *Cichorium spinosum* (Gemeinholzer and Bachmann, 2005). Παρόλα αυτά, η γενετική προσέγγιση ((ITS, AFLP, and Microsatellites) της διαφοροποίησης των ειδών *C. spinosum* και *C. intybus* δεν ήταν αποδοτική, παρά μονάχα η μακροσκοπική μορφολογική διάγνωση. Έτσι οι Baum and Shaw's (1995) ισχυρίζονται ότι για τη γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των ειδών θα χρειάζονταν περαιτέρω έρευνες που ανακαλύπτουν τα μοριακά τμήματα που είναι υπεύθυνα για τη μορφολογική διαγνωστική παραλλαγή μεταξύ του *C. intybus* και του *C. spinosum*. Προηγούμενες μελέτες σύγκριναν τα μορφολογικά και μοριακά χαρακτηριστικά των ειδών ήμερου ραδικιού (*Cichorium intybus* L.) και του σταμναγκαθιού (*Cichorium spinosum* L.). Λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας, που βρέθηκε στο σχήμα και τρίχωμα των φύλλων αλλά και σπόρων, ανάλογα με τη θερμοκρασία, τις κλιματικές συνθήκες και τα διαφορετικά εδάφη, αυτά τα χαρακτηριστικά δεν θεωρούνται πληροφορίες για την αναγνώριση ειδών.

Μορφολογικά διαγνωστικά σημεία που περιγράφουν το είδος *C. spinosum* είναι οι κοντοί με πολλές διακλαδώσεις ξυλοποιημένοι βλαστοί και ακραίοι μίσχοι που συχνά μεταμορφώνονται σε αγκάθια (Gemeinholzer and Bachmann, 2005). Ο αριθμός των ανθέων για το είδος *C. spinosum* είναι 5-6 (Bedarff, 1985), έως 7 (Kiers, 2000), 5-8 (Gemeinholzer and Bachmann, 2005) ενώ για το είδος *C. intybus* είναι 8-10, έως 19, και 6-21 όπως αναφέρεται από τους ίδιους συγγραφείς αντίστοιχα.

Πρόσφατα, σε συγκριτικές μελέτες μεταξύ βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας σταμναγκαθιού, δεν βρέθηκαν διαφορές ως προς την ανάπτυξη των φυτών (Ακουμιανάκης κ.α. 2007), γεγονός που ενδυναμώνει την βιολογική καλλιέργεια του σταμναγκαθιού. Το σταμναγκαθί παρουσιάζει στοιχεία μεγάλης προσαρμοστικότητας σε συνθήκες έλλειψης εδαφικής υγρασίας καθώς και μεγάλης ικανότητας απορρόφησης νατρίου από το περιβάλλον των ριζών. Επίσης, μελετήθηκε από την ίδια ερευνητική ομάδα η επίδραση του συστήματος επίπλευσης και του φυτοδοχείου στην ανάπτυξη και παραγωγή σταμναγκαθιού (Ακουμιανάκης κ.α. 2009). Συγκεκριμένα μελετήθηκε η καλλιέργεια των φυτών σε γλάστρες με υπόστρωμα εμπλουτισμένη τύρφη και περλίτη σε αναλογία 1:1 και σε σύστημα επίπλευσης, ενώ ο εμπλουτισμός θρεπτικών στοιχείων γινόταν με ένα βασικό θρεπτικό διάλυμα που εφαρμόζεται σε φυλλώδη λαχανικά. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο νωπό βάρος υπέργειου μέρους στο σύστημα επίπλευσης σε σύγκριση με τις γλάστρες με το υπόστρωμα. Επίσης βρέθηκε ότι δεν επηρεάστηκαν άλλα χαρακτηριστικά των φυτών όπως η διάμετρος της ροζέτας, η φυλλική επιφάνεια των φυτών και η περιεκτικότητα των φύλλων σε ξηρά ουσία καθώς και το νωπό και ξηρό βάρος των ριζών. Επιπλέον, δεν επηρεάστηκε η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη a και b καθώς και η βιταμίνη C (Ακουμιανάκης κ.α. 2009).

Επιπλέον, σε πρόσφατη εργασία, μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων N (150 – 250 ppm), K (260 – 460 ppm), και P (10 – 50 ppm), σε 13 πλήρη θρεπτικά διαλύματα, στην ανάπτυξη καλλιέργειας σταμναγκαθιού σε υδροπονικό σύστημα (στατική αεριζόμενη τεχνική, SAT) για τον προσδιορισμό των βέλτιστων θρεπτικών αναγκών στην καλλιέργεια σταμναγκαθιού (Τζωρτζιάκης κ.α. 2009). Βρέθηκε ότι η αυξημένη συγκέντρωση N (225 ppm) μείωσε τον αριθμό φύλλων και την φυλλική επιφάνεια σε σχέση με το μάρτυρα ενώ στην χαμηλότερη συγκέντρωση N 150 ppm τα φυτά είχαν διπλάσιο νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος σε σχέση με τις αυξημένες συγκεντρώσεις N (225-250 ppm) ενώ δεν διέφεραν αντίστοιχα από το μάρτυρα (N 200 ppm). Δεν βρέθηκαν διαφορές στην διάμετρο της ροζέτας του φυτού, στο μήκος αλλά και στο νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας. Επιπλέον, η αυξημένη συγκέντρωση K (>410 ppm) μείωσε (μέχρι 34%) την διάμετρο της ροζέτας στα φυτά σταμναγκαθιού ενώ η χαμηλότερη συγκέντρωση K 310 ppm μείωσε τον αριθμό φύλλων και το μήκος της ρίζας σε σχέση με το μάρτυρα. Δεν βρέθηκαν διαφορές στην φυλλική επιφάνεια, στο νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους και της ρίζας. Οι διαφορετικές συγκεντρώσεις P (20-40-50 ppm) πλην του μάρτυρα (30 ppm) μείωσαν (μέχρι 32%) τον αριθμό φύλλων ενώ (συμπεριλαμβανομένου και της P 10 ppm) μείωσαν (μέχρι

42%) την διάμετρο της ροζέτας των φυτών. Η αυξημένη συγκέντρωση P (50 ppm) μείωσε το νωπό βάρος στο υπέργειο τμήμα (κατά 55%) και την φυλλική επιφάνεια (κατά 68%) σε σχέση με το μάρτυρα. Δεν βρέθηκαν διαφορές σχετικά με την ανάπτυξη της ρίζας (νωπό βάρος και μήκος) (Τζωρτζάκης κ.α. 2009). Γενικά, αυξανόμενης της συγκέντρωσης N μειώνεται η περιεκτικότητα και η έκφραση των πρωτεϊνών, ενώ αυξάνονται αντίστοιχα με την αύξηση των συγκεντρώσεων K. Δεν βρέθηκαν διαφορές στην σύνθεση χλωροφύλλης, φθορισμό των φύλλων και ξήρανση της κορυφής μεταξύ των συγκεντρώσεων N, K και P. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας, προτάθηκε η μείωση της συγκέντρωσης του N στο 175 ppm και η διατήρηση των συγκεντρώσεων K και P σε 360 ppm και 30 ppm αντίστοιχα ή αναπροσαρμογή με βάση την συγκέντρωση N.

## **ΜΕΡΟΣ Β - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ**

### **Κεφ.3: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ**

#### **3.1: ΤΟΠΟΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**

Η πειραματική μελέτη διεξήχθη στο αγρόκτημα του ΑΤΕΙ Κρήτης, της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας, Ηράκλειο, στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου ‘Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους’. Το πείραμα διήρκεσε περίπου 5 εβδομάδες και πιο συγκεκριμένα από 26/03 έως 30/04/09. Μέσα στο διάστημα αυτό πραγματοποιήθηκαν η προετοιμασία και εγκατάσταση των υποδομών του πειράματος, η ανάπτυξη της καλλιέργειας και οι μετρήσεις των φυτών (διάμετρος φυτού, αριθμός φύλλων, μήκος μεγαλύτερου φύλλου, σύνθεση χλωροφύλλης, φθορισμός των φύλλων, νωπό βάρος-ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος, παραγόμενη φυλλική επιφάνεια, ολικές φαινόλες), ακόμα αναλύσεις στο pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του διαλύματος απορροής των υποστρωμάτων. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος για το παραγόμενο σταμναγκάθι από ομάδα κριτών.

### **3.2: ΥΛΙΚΑ, ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ ΣΕ ΣΑΚΟΥΣ**

Στην ενότητα αυτή, θα γίνει λόγος αρχικά για τα υλικά τα οποία απαιτήθηκαν για την εγκατάσταση της καλλιέργειας και στην συνέχεια για τις διαδικασίες που έλαβαν μέρος, τόσο για την προετοιμασία όσο και για την τοποθέτηση των σποροφύτων σταμναγκαθιού σε σάκους. Αξιοποιήθηκε ένα τμήμα (περίπου 50cm) από τον χώρο του πλαστικού θερμοκηπίου, ενώ το δάπεδο ήταν από μπετό, πλήρως απομονωμένο από έδαφος και εδαφογενή παράσιτα/παθογόνα.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εγκατάσταση της καλλιέργειας ήταν τα εξής: 18 γαλβανιζέ λαμαρίνες (2 m x 0,5 m), κατάλληλες για υδροπονική καλλιέργεια, τσιμεντόλιθοι για την στήριξη τους και την ανύψωση των καναλιών περίπου 0,3 m από το έδαφος. Επιπλέον, 3 νάιλον επικάλυψης (6 m x 2 m), διπλής όψης, με την λευκή επιφάνεια να είναι προς τα επάνω (προστασία υπερθέρμανσης υποστρώματος και θρεπτικού διαλύματος), 36 φελιζόλ (1 m x 0,4 m x 0,02 m), σάκοι υποστρωμάτων υδροπονίας (0,9 m μήκος και περίπου 15 Lt όγκο), ανόργανα υποστρώματα και συγκεκριμένα περλίτη, πετροβάμβακα, άμμο και ελαφρόπετρα, σταλακτοφόρα λάστιχα Φ<sub>16</sub> (η απόσταση μεταξύ σταλαχτών ήταν 0,25 m), 3 βαρέλια (χωρητικότητας 100 Lt) για την προετοιμασία του θρεπτικού διαλύματος κατά την τροφοδοσία των φυτών, 3 υποβρύχιες αντλίες νερού οι οποίες ήταν συνδεδεμένες με χρονοδιακόπτη ρεύματος. Χρησιμοποιήθηκαν 180 σπορόφυτα σταμναγκαθιού τα οποία προμηθευτήκαν από τον παραγωγό Κοκκινάκη Ιωάννη, ο οποίος διαθέτει ιδιόκτητες θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στην τοποθεσία Φόδελε, του νομού Ηρακλείου. Το στάδιο ανάπτυξης των σποροφύτων, ήταν ελαφρώς προχωρημένο, για τον λόγο αυτόν, μεταφυτεύθηκαν άμεσα, με την άφιξη τους στις εγκαταστάσεις του ΑΤΕΙ Κρήτης (Εικόνα 3.1).





**Εικόνα 3.1.** Σπορόφυτο σταμναγκαθιού.

Δημιουργήθηκαν τρία ανεξάρτητα κανάλια ανάπτυξης φυτών για την εφαρμογή των τριών επιπέδων αλατότητας (0 mM NaCl –μάρτυρας, 40 mM NaCl και 120 mM NaCl) του θρεπτικού διαλύματος με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν 3 πειραματικές μεταχειρίσεις. Ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία: τοποθέτηση στηριγμάτων (τσιμεντόλιθοι) πάνω στα οποία εφαρμόστηκαν οι λαμαρίνες κατά μήκος με συνολικό μήκος καναλιού περίπου 6 m. Δημιουργήθηκαν τρία τέτοια κανάλια (3 επίπεδα αλατότητας) με την επιθυμητή κατά μήκος κλίση (περίπου 2-3%), για την πλήρη απορροή του θρεπτικού διαλύματος. Το υδροπονικό σύστημα που εφαρμόστηκε, ήταν το ανοιχτό σύστημα. Με την χρήση τμημάτων φελιζόλ, δημιουργήθηκε εσωτερική κλίση (8-10%) στις δυο σειρές εφαρμογής σάκων σε κάθε κανάλι (βλ. Εικόνες 3.2-3.3) ώστε να συγκεντρώνεται και να απορρέει το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα από τους σάκους, μετά από κάθε εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος.



**Εικόνα 3.2.** Προετοιμασία των καναλιών. Τοποθέτηση λαμαρινών (αριστερά), τοποθέτηση τμημάτων φελιζόλ για μόνωση και την επίτευξη κατάλληλης κλίσεως –προς το εσωτερικών των καναλιών (μέση) και εφαρμογή διπλής όψεως νάιλον για την τοποθέτηση των σάκων (δεξιά).



**Εικόνα 3.3.** Τρία ανεξάρτητα κανάλια ανάπτυξης φυτών για την εφαρμογή των τριών επιπέδων αλατότητας, με την επιθυμητή κατά μήκος κλίση.

Ακολούθησε η παρασκευή στο σύνολο 36 σάκων (Εικόνα 3.4) με τα διάφορα υποστρώματα: εννέα σάκους με υπόστρωμα άμμο, εννέα σάκους με υπόστρωμα περλιτη και εννέα με υπόστρωμα ελαφρόπετρας ενώ οι εννέα σάκοι πετροβάμβακα προμηθευτήκαν από το εμπόριο.



**Εικόνα 3.4.** Υποστρώματα τοποθετημένα μέσα στους σάκους υδροπονίας.

Σε κάθε κανάλι ανάπτυξης φυτών τοποθετήθηκαν δώδεκα σάκοι (τρεις σάκοι για κάθε υπόστρωμα) ενώ σε κάθε σάκο ανοίχτηκαν δυο οπές στο κάτω τμήμα της πλευρικής τους επιφάνειας, προς την εσωτερική πλευρά, κατά μήκος των δύο σειρών εφαρμογών, για την απορροή του πλεονάζον θρεπτικού διαλύματος, μετά από κάθε εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος (Εικόνα 3.5). Αφού τοποθετήθηκαν οι σάκοι στα κανάλια ανάπτυξης φυτών, τρυπήθηκαν στην μέση κατά μήκος της σειράς, περνώντας μέσα από κάθε σάκο το σταλακτοφόρο  $\Phi_{16}$ , μέχρι να φτάσει και στο τελευταίο στην σειρά εφαρμογής σάκο, όπου εκεί σφραγίστηκε το λάστιχο με πώμα για να μην διαρρέει το θρεπτικό διάλυμα. Επειτα, έγινε ένωση των δυο σταλακτοφόρων λάστιχων στην δίδυμη γραμμή καναλιών με την υποβρύχια αντλία νερού, η οποία τοποθετήθηκε μέσα στο δοχείο παροχής διαλύματος (βαρέλι) χωρητικότητας 100 Lt (Εικόνες 3.6-3,7).



**Εικόνα 3.5.** Τοποθέτηση σάκων και εφαρμογή συστημάτων άρδευσης.



**Εικόνα 3.6.** Υποβρύχια αντλία για την παροχή θρεπτικού διαλύματος.



**Εικόνα 3.7.** Ένωση των δυο σταλακτοφόρων λάστιχων με την υποβρύχια αντλία νερού που βρίσκεται μέσα στο δοχείο του θρεπτικού διαλύματος.

Στην συνέχεια, ανοίχτηκαν σε κάθε έναν από τους σάκους πέντε τρύπες με περίπου 6 cm διάμετρο/τρύπα (βλ. Εικόνα 3.8), τρεις από την αριστερή πλευρά σε αποστάσεις των 20 cm, των 40 cm, και των 60 cm και από την δεξιά πλευρά σε αποστάσεις των 30 cm και των 50 cm. Η απόσταση των φυτών μεταξύ τους ήταν 20 cm, εφαρμόζοντας μερικώς το ρομβικό σύστημα εγκατάστασης φυτών.



**Εικόνα 3.8.** Σπορόφυτα σταμναγκαθιού τοποθετημένα μέσα στα πέντε ανοίγματα διαμέτρους 6 cm έκαστο, ανά σάκο υποστρώματος.

Ακολούθησε η σύνδεση των τριών αντλιών των δοχείων θρεπτικού διαλύματος με χρονοδιακόπτη, ο οποίος αρχικά ρυθμίστηκε να ενεργοποιείται (άρδευση) κάθε έξι ώρες με διάρκεια πέντε λεπτά (βλ. Εικόνα 3.9).



**Εικόνα 3.9.** Σύνδεση των υποβρύχιων αντλιών νερού, που βρίσκονται μέσα στα δοχεία θρεπτικού διαλύματος με χρονοδιακόπτη.

### 3.3: ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

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 15L 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 (Θεικό μαγνήσιο), Magnesium nitrate (Νιτρικό μαγνήσιο), Potassium sulphate (Θεικό κάλιο), Phosphoric acid (Φωσφορικό οξύ – 86% κ.ο.), Manganese sulphate (Θεικό μαγγάνιο), Zinc sulphate (Θεικός ψευδάργυρος), Copper sulphate (Θεικός χαλκός), Boric acid (Βορικό οξύ), Ammonium heptamolybdate (Αμμωνιακό μολυβδαίνιο), Nitric acid

(Νιτρικό οξύ). Επομένως το θρεπτικό διάλυμα είχε την παρακάτω σύσταση:  $\text{NO}_3\text{-N} = 14,19$ ;  $\text{K} = 9,21$  ;  $\text{PO}_4\text{-P} = 0,97$ ;  $\text{Ca} = 3,74$ ;  $\text{Mg} = 2,88$ ;  $\text{SO}_4\text{-S} = 1,56$  και  $\text{Na} = 1,30 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , αντίστοιχα, και  $\text{B} = 18,52$ ;  $\text{Fe} = 71,56$ ;  $\text{Mn} = 18,21$ ;  $\text{Cu} = 4,72$ ;  $\text{Zn} = 1,53$  και  $\text{Mo} = 0,52 \text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  αντίστοιχα, με επιθυμητή τιμή pH 6,0 και EC 2,41 dS/m

Το πυκνό θρεπτικό διάλυμα, αραιώνονταν 100 φορές και 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 (2,4 dS/m) και αποφυγή του μεταφυτευτικού σοκ. Το επόμενο στάδιο (5<sup>η</sup> ημέρα) ήταν η σταδιακή προσθήκη άλατος (NaCl) στα δοχεία με το θρεπτικό διάλυμα της καλλιέργειας. Στο 1<sup>ο</sup> κανάλι (η πρώτη δίδυμη γραμμή) χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας, ενώ στο 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> κανάλι προστέθηκε αλάτι ώστε να προκύψουν 40mM NaCl και 120mM NaCl αντίστοιχα.

Ο χρονοδιακόπτης ρυθμίστηκε ώστε να αρδεύεται συνολικά η καλλιέργεια κάθε τέσσερις ώρες με διάρκεια τρία λεπτά την φορά, δηλαδή έξι ποτίσματα την ημέρα τις εξής ώρες: στις 07.00πμ., στις 11.00πμ., στις 15.00μμ., στις 19.00μμ., στις 23.00μμ., στις 03.00πμ. και πάλι στις 07.00πμ.

### 3.4: ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

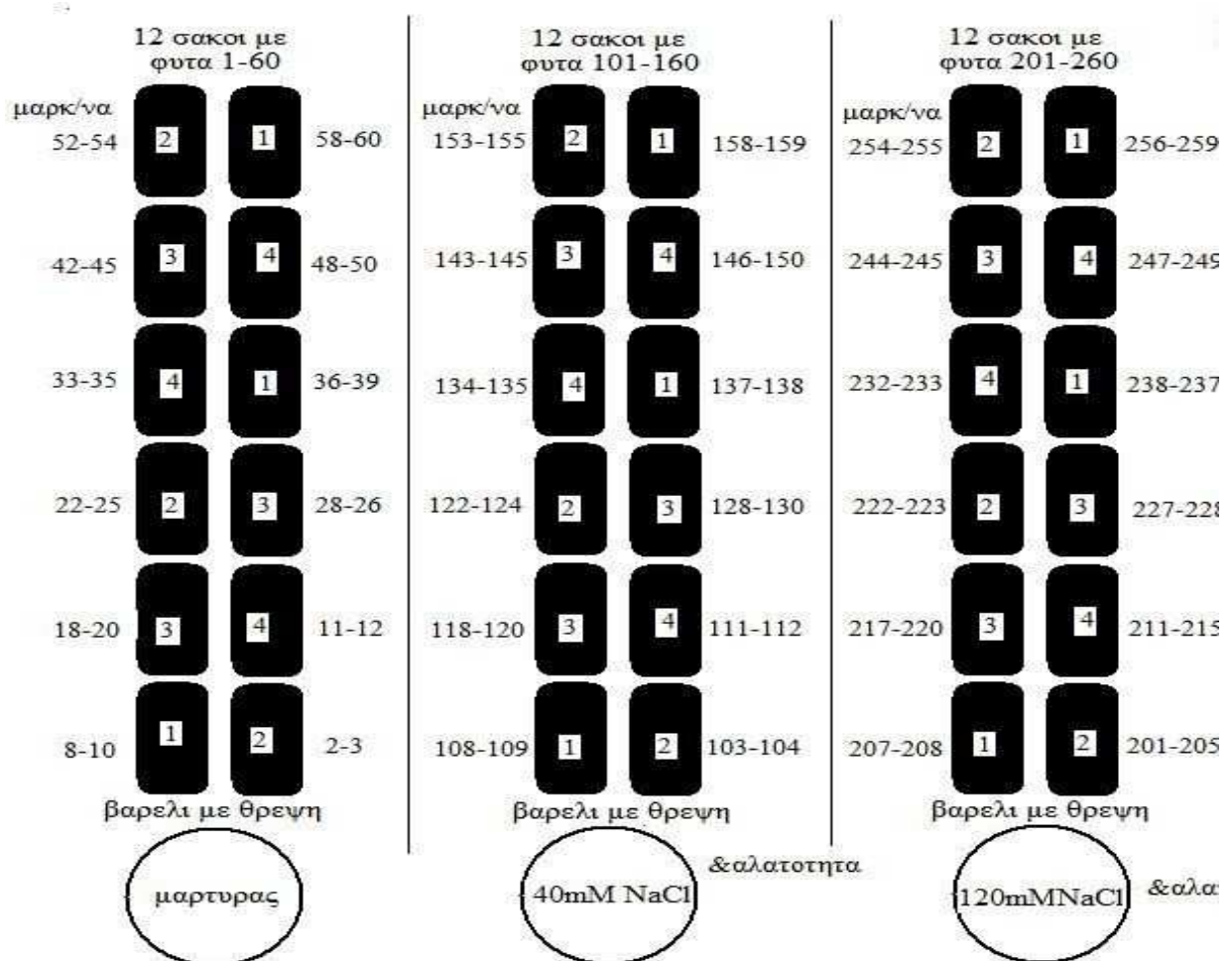
Οι καλλιεργητικές φροντίδες που εφαρμόστηκαν κατά την διάρκεια της του πειράματος ήταν ο έλεγχος της παροχής θρεπτικού διαλύματος και των χρόνων παροχής τους (άρδευση) και η εφαρμογή των τριών επιπέδων αλατότητας. Επιπλέον, η καλλιέργεια παρακολουθήθηκε για τυχόν μεταχρωματισμούς, μαρασμούς ή άλλα προβλήματα ανάπτυξης των φυτών, ενώ περίπου ανά έξι ημέρες γεμίζονταν τα δοχεία ξανά με αρδευτικό νερό, θρεπτικό διάλυμα και το ανάλογο NaCl. Επίσης, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στον καθαρισμό των καναλιών από ακαθαρσίες, άλλα και στο νάιλον οπού βρίσκονταν οι σάκοι για την αποφυγή πιθανών ασθενειών ή μολύνσεων.

Οι πρώτες ενέργειες οι οποίες έγιναν για την διευκόλυνση των παρατηρήσεων, αλλά και για την έγκυρη ταυτοποίηση των αποτελεσμάτων πριν από τις μετρήσεις, είναι οι παρακάτω:



Μετά από την τοποθέτηση των σποροφύτων σταμναγκαθιού στους σάκους, δόθηκαν κωδικοί αριθμοί σε κάθε φυτό και σε κάθε κανάλι ανάπτυξης ξεχωριστά. Κωδικοποιήθηκαν επιπλέον και τα υποστρώματα. Οι κωδικοί (αριθμοί) που δόθηκαν στα φυτά στο πρώτο κανάλι ήταν από το 1 έως το 60, στο δεύτερο κανάλι από το 101 έως το 160 και τέλος στο τρίτο κανάλι από το 201 έως το 260. Επιπλέον, η κωδικοποίηση για τα διαφορετικά υποστρώματα ήταν ως εξής: 1.- περλίτης, 2.- ελαφρόπετρα, 3.- πετροβάμβακας, 4.- άμμος (Εικόνα 3.10).

Στην συνέχεια, από τα αριθμημένα φυτά επιλέχθηκαν δυο για κάθε σάκο ξεχωριστά (6 επαναλήψεις ανά υπόστρωμα και ανά συγκέντρωση αλατότητας) με κριτήριο την ομοιομορφία στο μέγεθος και στο χρώμα, για τις εβδομαδιαίες μετρήσεις ανάπτυξης, όπως περιγράφονται αναλυτικά έπειτα.



Εικόνα 3.10. Σχεδιάγραμμα απεικόνισης της πειραματικής καλλιέργειας σταμναγκαθιού.

### 3.5: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις εβδομαδιαίες μετρήσεις (στις 02/04/09, στις 08/04/09, στις 15/04/09, και στις 21/04/09) στα επιλεγμένα φυτά ως προς την επίδραση των διαφορετικών υποστρωμάτων και των διαφορετικών συγκεντρώσεων αλατότητας στη αύξηση και ανάπτυξη των φυτών σταμναγκαθίου και στην παράγωγη. Με την λήξη της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος από ομάδα κριτών, όπως αναφέρεται αναλυτικότερα παρακάτω.

Στην συνέχεια, αναφέρονται αναλυτικά οι μετρήσεις που έγιναν.

- Αριθμός φύλλων: η μέτρηση των φύλλων του σταμναγκαθίου έγινε οπτικά, μετρώντας τα φύλλα του κάθε φυτού.
- Μήκος μεγαλύτερου φύλλου και Διάμετρος φυτού: για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε χάρακας μεγέθους 50 cm, μετρώντας το μήκος του μεγαλύτερου φύλλου του φυτού και τη διάμετρο του, αντίστοιχα.
- Σύνθεση χλωροφύλλης: η μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης των φυτών έγινε με εξειδικευμένη συσκευή (Minolta SPAD) ενώ η ένδειξη εμφανιζόταν σε οθόνη LCD. Η μέτρηση της χλωροφύλλης και του φθορισμού γινόταν πάντα στο ίδια φυτά, στα ίδια φύλλα, σε ίδιες ώρες ανά εβδομάδα περίπου (βλ. Εικόνα 3.11)
- Φθορισμός φύλλων: πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πρακτικού οργάνου μέτρησης, το φθορίμετρο, (opti-sciences OS-30p, UK). Χρησιμοποιώντας ειδικά 'μανταλάκια' καλύφθηκε η επάνω επιφάνεια των φύλλων για τουλάχιστον 5 λεπτά. Έπειτα χρησιμοποιώντας το φθορίμετρο, μετρήθηκε το  $F_0 - F_{max}$  στο πιο αντιπροσωπευτικό φύλλο κάθε φυτού. Το φθορίμετρο μπορεί να μετρήσει την ικανότητα της φωτοχημικής δράσης του φωτοσυστήματος II και να αποτελέσει αξιόπιστο δείκτη της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας του φυτού. Αυτό συμβαίνει επειδή η χλωροφύλλη εκπέμπει ερυθρό φθορισμό σε μεγάλους μήκους κύματος από 680nm έως 720nm που μπορεί εύκολα να μετρηθεί χρησιμοποιώντας οπτικοηλεκτρονικό εξοπλισμό (βλ. Εικόνα 3.11).



**Εικόνα 3.11.** Αριστερά το όργανο μέτρησης χλωροφύλλης Minolta, και δεξιά το όργανο μέτρησης φθορισμού opti-sciences.

- Μακροσκοπική αξιολόγηση: η μέτρηση αυτή έγινε οπτικά, παρατηρώντας μεταχρωματισμούς φύλλων και ξήρανση κορυφής. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε κλίμακα από 1 έως 5, όπου: 1- κακό, 2- μέτριο, 3- καλό, 4- πολύ καλό, 5- άριστο.
- pH και EC, διαλυμάτων απορροής από τα υποστρώματα: για την μέτρηση του pH και της EC χρειάστηκε να ληφθεί (με σύριγγα των 50 ml) θρεπτικό διάλυμα απορροής από τις οπές των σάκων (βλ. Εικόνα 3.12). Για τις μετρήσεις αυτές απαιτήθηκε pHμετρο και αγωγιμόμετρο. Το δείγμα θρεπτικού διαλύματος από την απορροή των σάκων συλλέχθηκε στην τελευταία μέτρηση του πειράματος.



**Εικόνα 3.12.** Σύριγγα των 50 ml και θρεπτικό διάλυμα σε μπουκάλια από τις απορροές των σάκων.

- Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους: η μέτρηση και του νωπού και του ξηρού βάρους υπέργειου μέρους πραγματοποιήθηκε την τελευταία ημέρα της πειραματικής μελέτης (21/04/09), και αφού είχαν ολοκληρωθεί όλες οι παραπάνω μετρήσεις. Τα φυτά αφαιρέθηκαν από το υπόστρωμα και ζυγίστηκαν αμέσως (για την αποφυγή τυχόν απώλειας υγρασίας) με ζυγαριά ακριβείας για την μέτρηση του νωπού βάρους. Η μέτρηση (ζύγισμα) του ξηρού βάρους ολοκληρώθηκε δυο ημέρες μετά, αφού τα φυτά (μέσα σε αλουμινόχαρτο) τοποθετηθήκαν σε φούρνους για 48 ώρες, στους 75°C (βλ. Εικόνα 3.13), στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων & Υγρών Αποβλήτων.



**Εικόνα 3.13.** Φυτά σταμιναγκαθιού τοποθετημένα μέσα σε αλουμινόχαρτο κατά την διαδικασία ξήρανσης σε φούρνους.

- Φυλλική επιφάνεια: για την μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας, λήφθηκαν δείγματα από το φύλλωμα της επιφάνεια του σταμιναγκαθιού πέντε δισκία (6 mm διάμετρος), έγινε ξήρανση αυτών (όπως περιγράφηκε προηγουμένως), ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας και υπολογίστηκε η φυλλική επιφάνεια με αναγωγή ξηρού βάρους.
- 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), 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 2,5 ml μεθανόλης (50% κ.ο.) και πραγματοποιήθηκε η πλήρης αποδόμηση του φυτικού ιστού και εκχύλιση των φαινολών. Μια ποσότητα εκχυλίσματος (125 μl) με την χρήση εργαστηριακής πιπέτας μεταφέρθηκε σε πλαστική κιουβέτα (χωρητικότητας 4 ml), 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 όλα τα αριθμημένα δείγματα. Στην συνέχεια, έγινε επώαση των μειγμάτων αντίδρασης 1,5 ώρα στο σκοτάδι, πριν από την ανάγνωση τους στο φασματοφόμετρο και απορρόφηση σε μήκος κύματος 755 nm (βλ. Εικόνα 3.14).

Τα αποτελέσματα ήταν εκφρασμένα σε γραμμοισοδύναμα γαλλικού οξέος (Gallic Acid Equivalent -GAE) ανά 100γρ. του νωπού βάρους των ιστών. Πριν την μέτρηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε μηδενισμός στο όργανο, και μέτρηση απορρόφησης δειγμάτων για την παραγωγή της καμπύλης αναφοράς, για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων (βλέπε αναλυτικότερα Παράρτημα Α).



**Εικόνα 3.14.** Φασματοφωτόμετρο για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες.

- Οργανοληπτικός έλεγχος: τέλος, για τον καλύτερο συνδυασμό και ερμηνεία των εργαστηριακών αναλύσεων με την πραγματικότητα, εφαρμόστηκε οργανοληπτικός έλεγχος. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια ενός ερωτηματολογίου (το οποίο παρατίθεται στο παράρτημα Β) και μια ομάδα εθελοντών που έλαβαν μέρος στην διαδικασία αυτή, απαντώντας στο ερωτηματολόγιο,

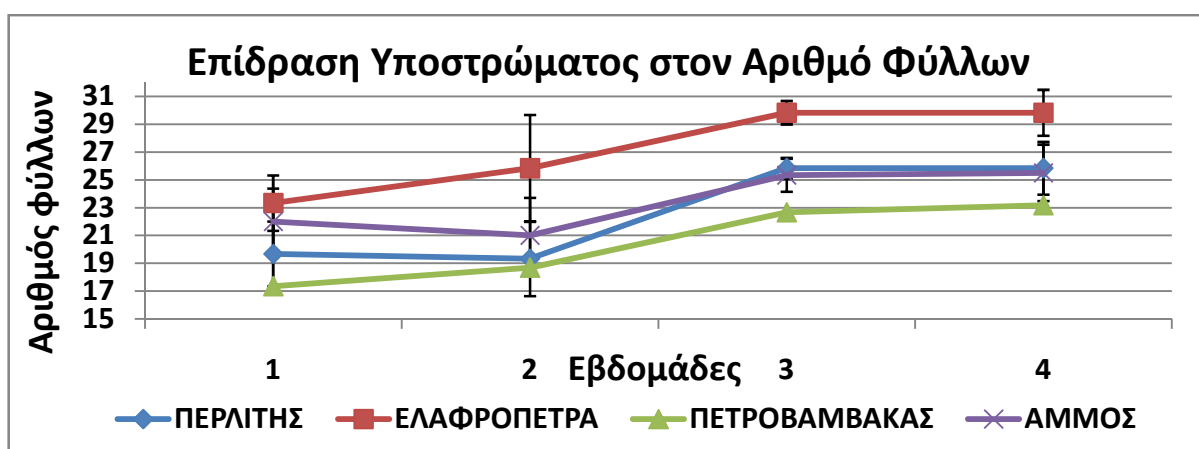
Ο οργανοληπτικός έλεγχος έγινε στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων & Υγρών Αποβλήτων στο αγρόκτημα του ΑΤΕΙ Κρήτης, σε πρωινές ώρες σε κλειστό χώρο με άπλετο φυσικό φως. Οι εθελοντές απαρτίζονταν σε άντρες και γυναίκες με μέσο όρο ηλικίας τριάντα ετών. Πριν ξεκινήσει η δοκιμή, τα δείγματα συγκομίστηκαν φρέσκα, πλύθηκαν με ένα ελαφρό στέγνωμα, τοποθετήθηκαν σε πλαστικά πιάτα μιας χρήσης ανάλογα με το υπόστρωμα και την συγκέντρωση αλατότητα.

Δημιουργήθηκαν 4 ομάδες (για τα αντίστοιχα 4 υποστρώματα) και κάθε ομάδα περιλάμβανε 3 πιάτα αντιπροσωπεύοντας τα τρία επίπεδα αλατότητας. Σε κάθε πιάτο, υπήρχε τουλάχιστον ένα ολόκληρο-μη τεμαχισμένο φυτό σταμναγκαθιού και πάνω από 7-8 φύλλα σταμναγκαθιού από άλλο φυτό, προς δοκιμή. Πριν δουν και δοκιμάσουν τα δείγματα οι κριτές, είχε γίνει συγκεκριμένη μυστική κωδικοποίηση τους, με τα γράμματα Α, Β και Γ. Πριν την έναρξη της δοκιμής, προηγήθηκε ενημέρωση για το φυτό του σταμναγκαθιού, και απαραίτητες επεξηγήσεις του ερωτηματολογίου. Κατά την διαδικασία του οργανοληπτικού έλεγχου, υπήρχε διαθέσιμο νερό για ξέπλυμα μεταξύ των δειγμάτων, ενώ δεν υπήρχε χρονικός περιορισμός για τον έλεγχο και συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Η βαθμολόγηση έγινε με βάση κλίμακας 1-5 των δειγμάτων, σχετικά με το χρώμα, το μέγεθος, την εμφάνιση, την αφή, την πικρότητα, την τραχύτητα, τη στυφότητα, την ικανοποίηση των κριτών και την εμπορικότητα του.

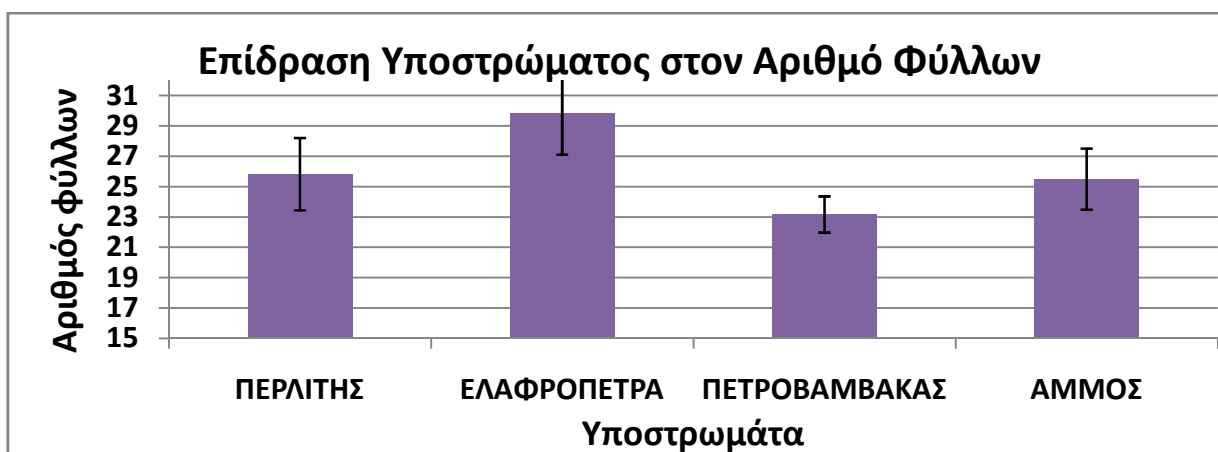
### 3.6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.6.1: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ

Σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, η επίδραση υποστρώματος στον αριθμό φύλλων φαίνεται στα Σχήματα 3.1-3.2. Φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας αυξήθηκε (έως και 23%) ο αριθμός φύλλων σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι ο πετροβάμβακας ως υπόστρωμα, είχε φυτά με τον μικρότερο αριθμό φύλλων (23 φύλλα ανά φυτό).



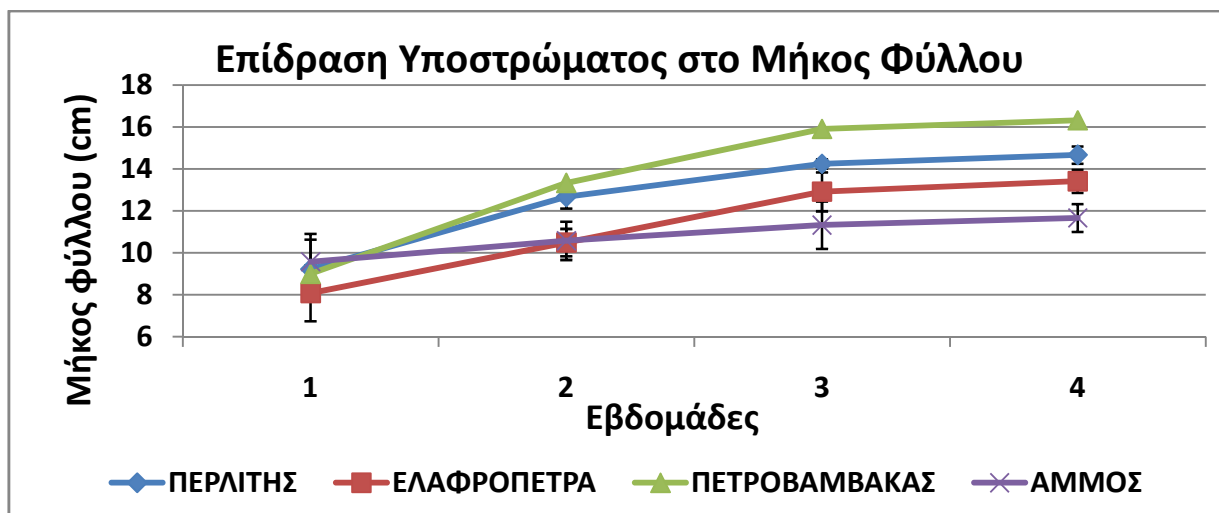
**Σχήμα 3.1.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στον εβδομαδιαίο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



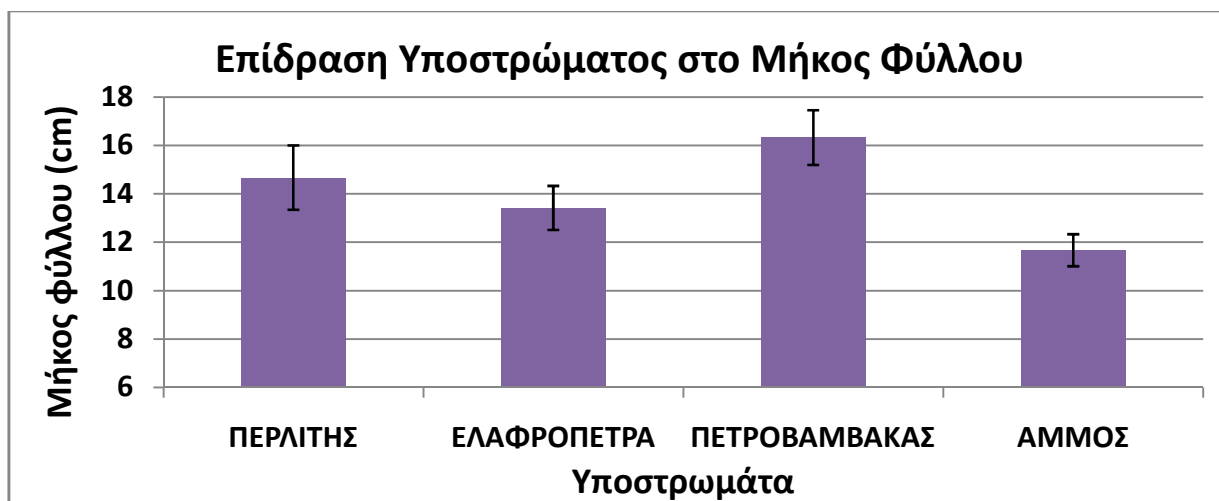
**Σχήμα 3.2.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στον αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Αύξηση κατά 22% στο μήκος φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σημειώθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα του πετροβάμβακα σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα (βλέπε Σχήματα 3.3-3.4).

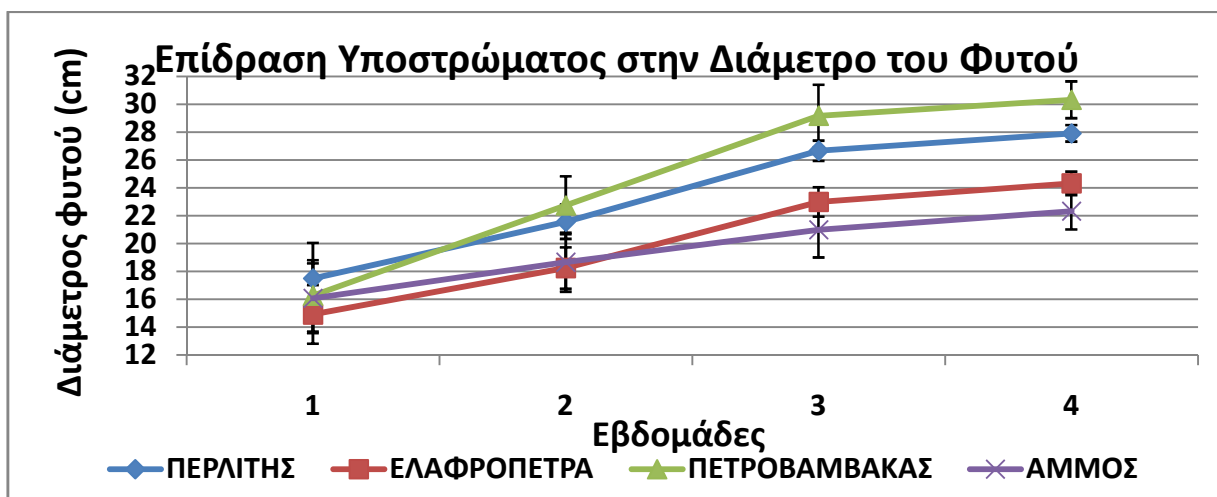


**Σχήμα 3.3.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στην εβδομαδιαία μέτρηση μήκους φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

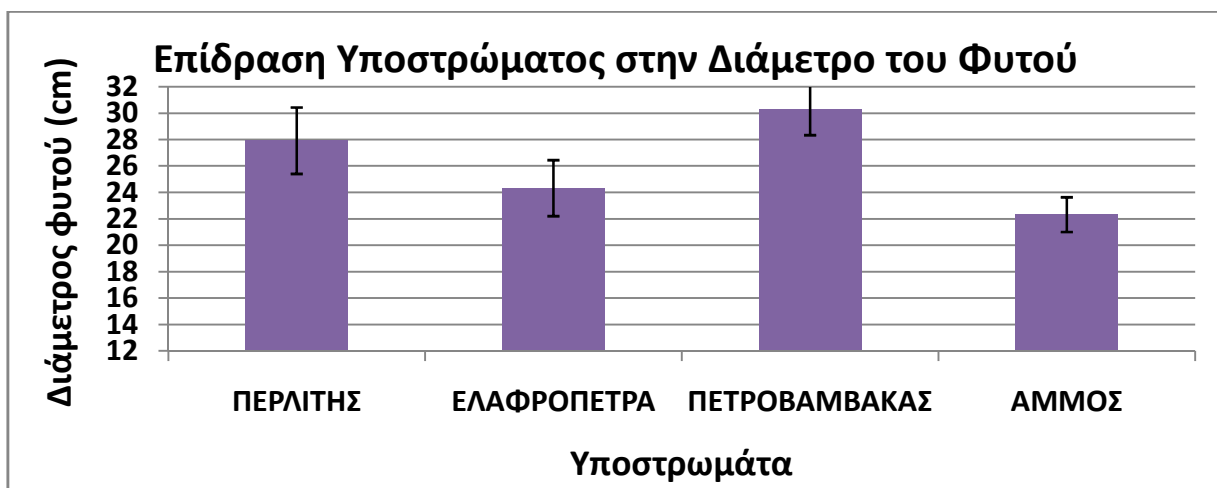


**Σχήμα 3.4.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στο μήκος φύλλου σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Σχήματα 3.5-3.6 παρουσιάζεται η επίδραση υποστρώματος στη διάμετρο φυτού σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού και προκύπτει ότι στο υπόστρωμα του πετροβάμβακα αυξήθηκε (έως και 27%) η διάμετρος φυτού σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας, ενώ τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε άμμο, είχαν την μικρότερη διάμετρο φυτού (22 cm) .

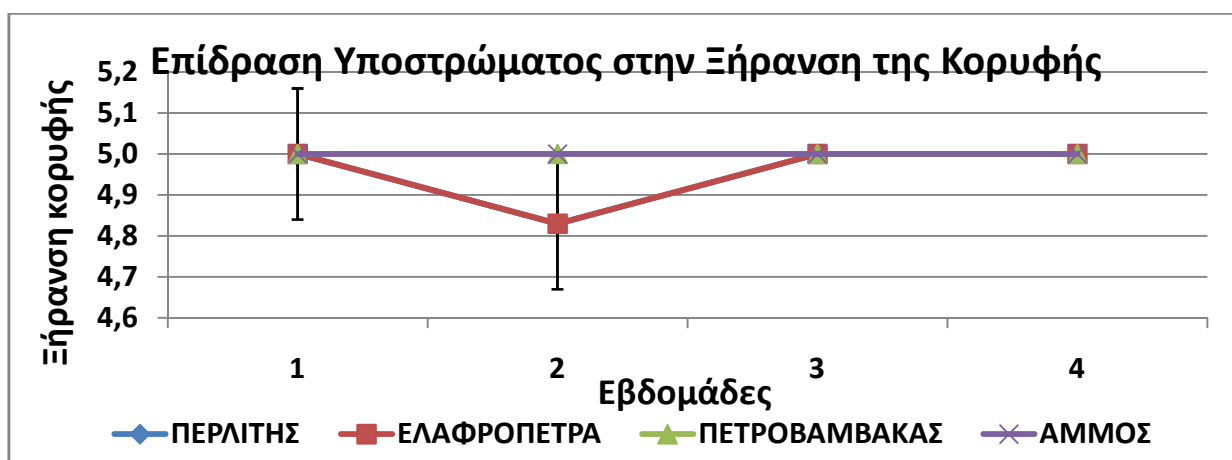


**Σχήμα 3.5.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στην εβδομαδιαία ανάπτυξη της διαμέτρου του φυτού σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

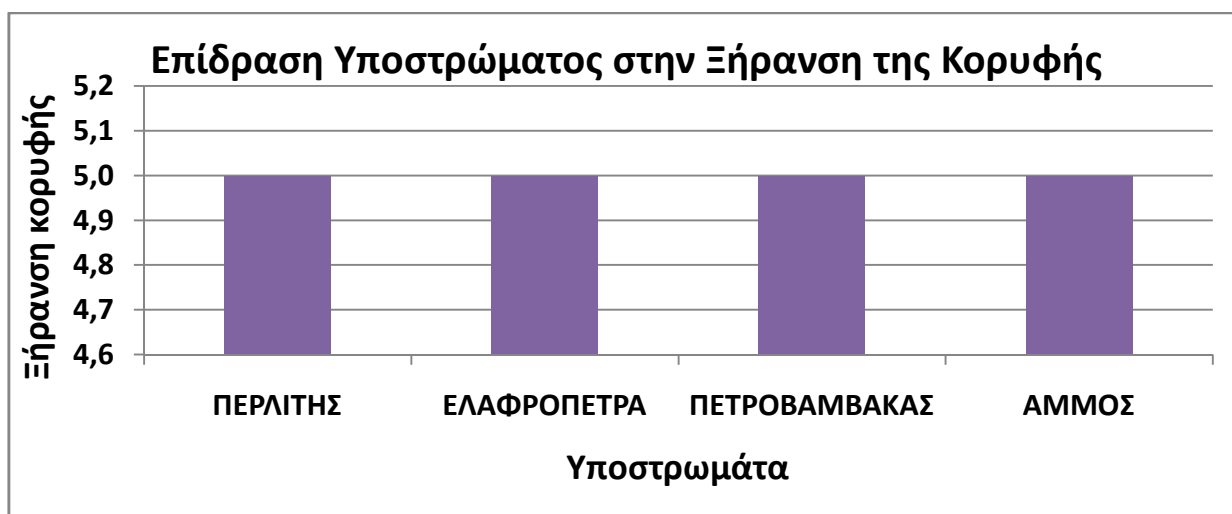


**Σχήμα 3.6.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) ως προς την διάμετρο φυτού σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Δεν σημειώθηκε διαφοροποίηση ως προς την ξήρανση της κορυφής του σταμναγκαθιού μεταξύ των διαφορετικών υποστρώματων όπου αναπτύχθηκαν (Σχήματα 3.7-3.8).

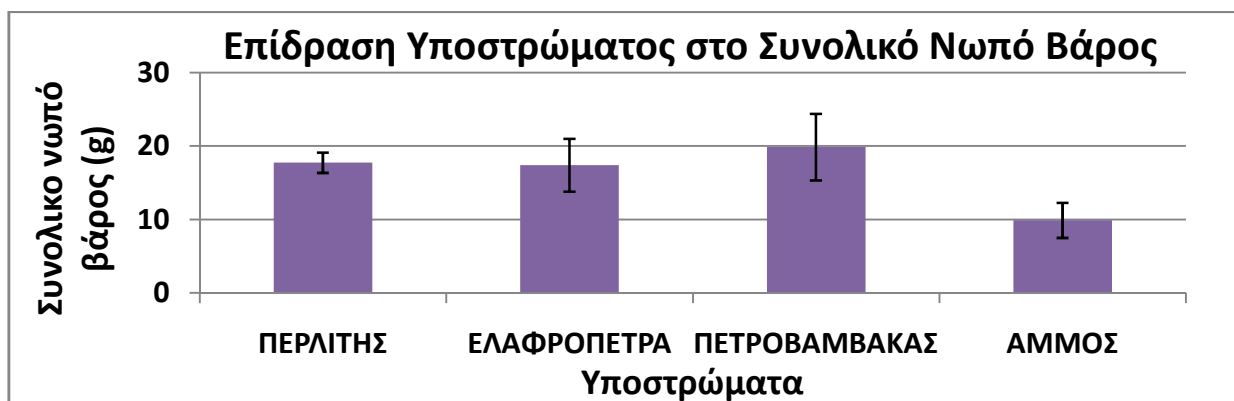


**Σχήμα 3.7.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στην ξήρανση της κορυφής σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



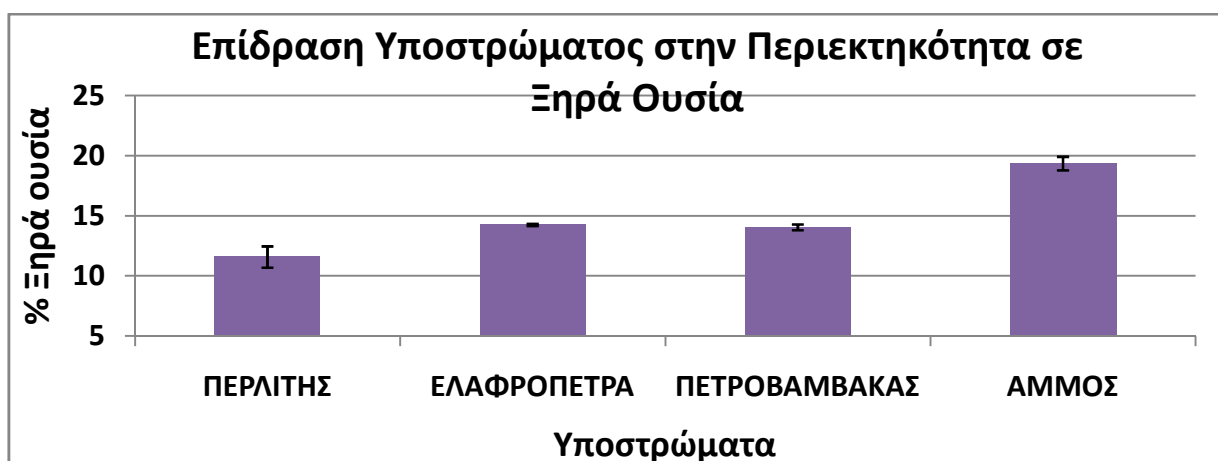
**Σχήμα 3.8.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στην ξήρανση της κορυφής σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 3.9 παρουσιάζεται η επίδραση υποστρώματος στο συνολικό νωπό βάρος φυτών σταμναγκαθιού και προκύπτει ότι στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πετροβάμβακα παρατηρήθηκε αύξηση (διπλάσιο βάρος σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε άμμο) στο συνολικό νωπό βάρος σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα.



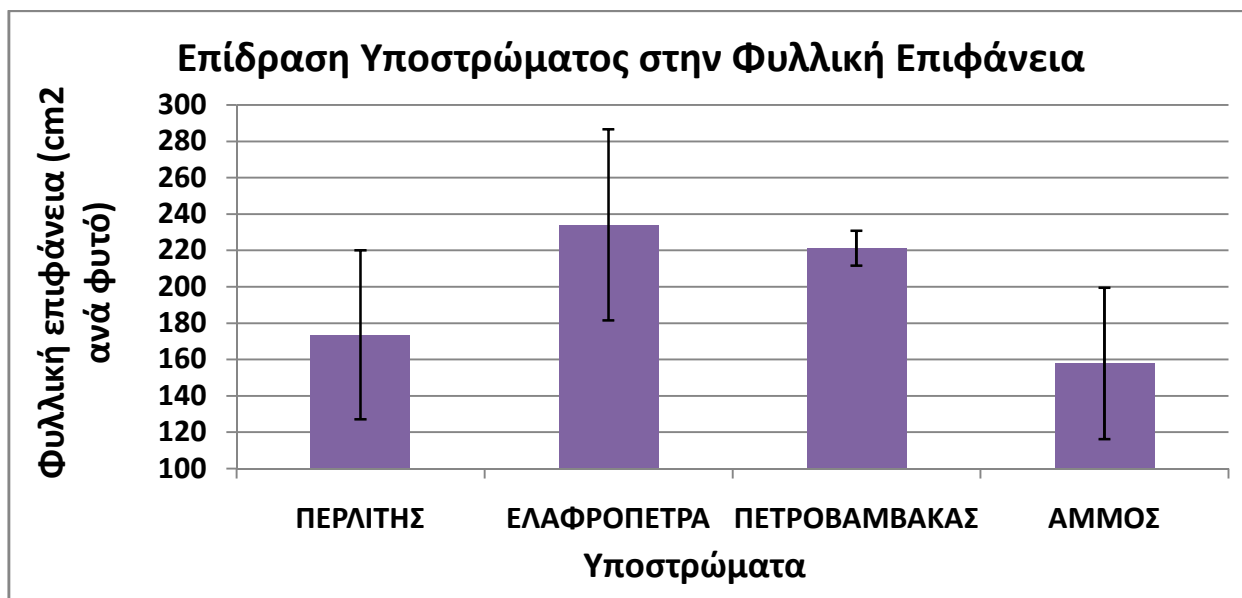
**Σχήμα 3.9.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στο συνολικό νωπό βάρος σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η επίδραση υποστρώματος στην περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία παρουσιάζεται αυξημένη στο υπόστρωμα της άμμου (έως και 32%), σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα (βλέπε Σχήμα 3.10). Δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων της ελαφρόπετρας και του πετροβάμβακα, ενώ τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη, είχαν την μικρότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (12%).



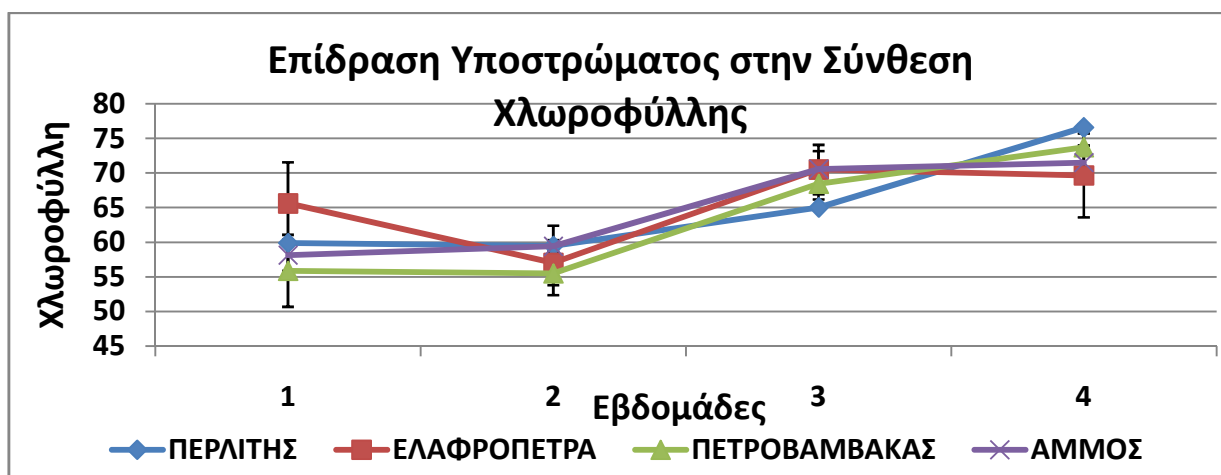
**Σχήμα 3.10.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στην περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 3.11 παρουσιάζεται η επίδραση υποστρώματος στην φυλλική επιφάνεια σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, όπου αν και παρατηρείται αυξημένη σε φυτά που αναπτύχθηκαν στην ελαφρόπετρα, στατιστικώς σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν μονάχα μεταξύ των υποστρωμάτων του πετροβάμβακα και της άμμου, με την τελευταία να μειώνει την φυλλική επιφάνεια των φυτών.

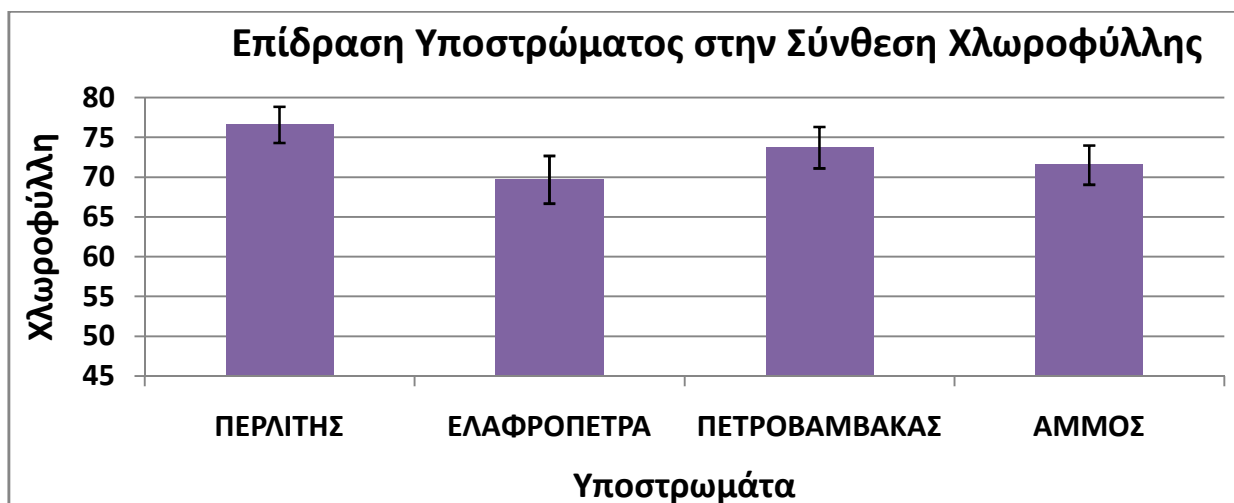


**Σχήμα 3.11.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στην φυλλική επιφάνεια σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Σχήματα 3.12 - 3.13 παρουσιάζεται η επίδραση του υποστρώματος στην σύνθεση της χλωροφύλλης σε υδροπονική καλλιέργεια και προκύπτει ότι στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη, αυξήθηκε (έως και 7%) η σύνθεση χλωροφύλλης σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας, ενώ δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές κατά την διάρκεια της καλλιέργειας.

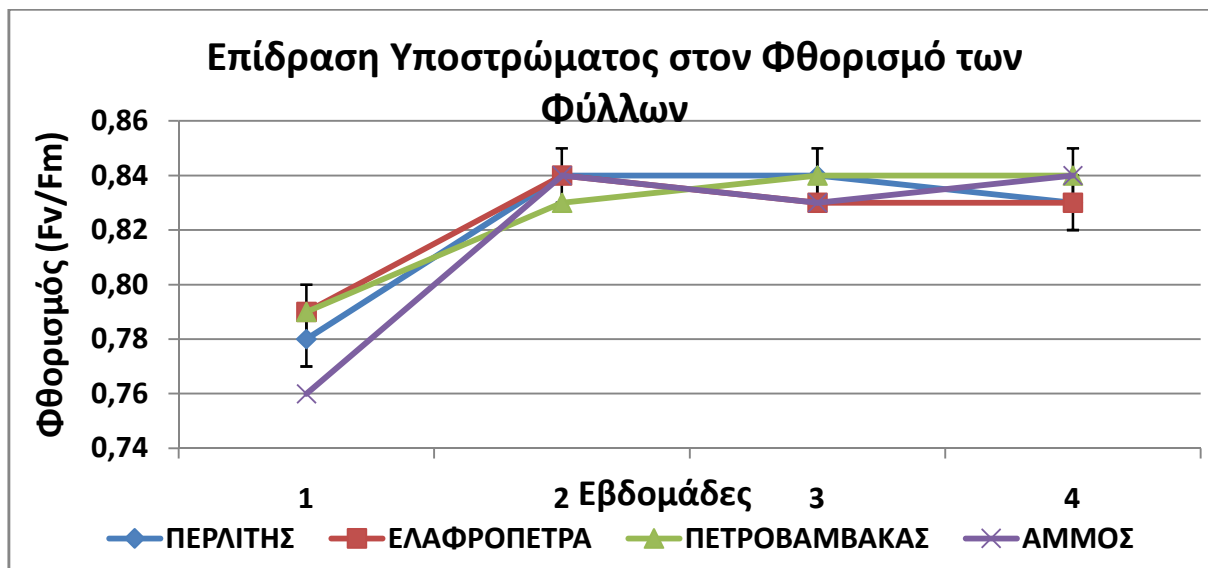


**Σχήμα 3.12.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στην σύνθεση χλωροφύλλης, εβδομαδιαίως, σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

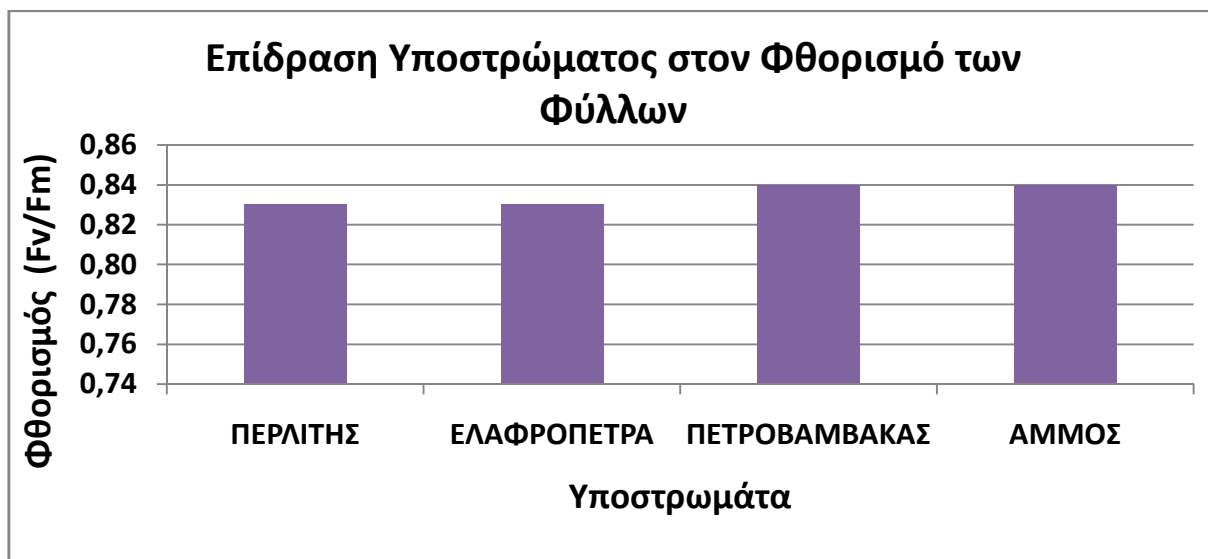


**Σχήμα 3.13.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στην σύνθεση χλωροφύλλης σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT)

Σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, η επίδραση υποστρώματος στον φθορισμό των φύλλων παρουσιάζεται στα Σχήματα 3.14–3.15 ενώ δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων.



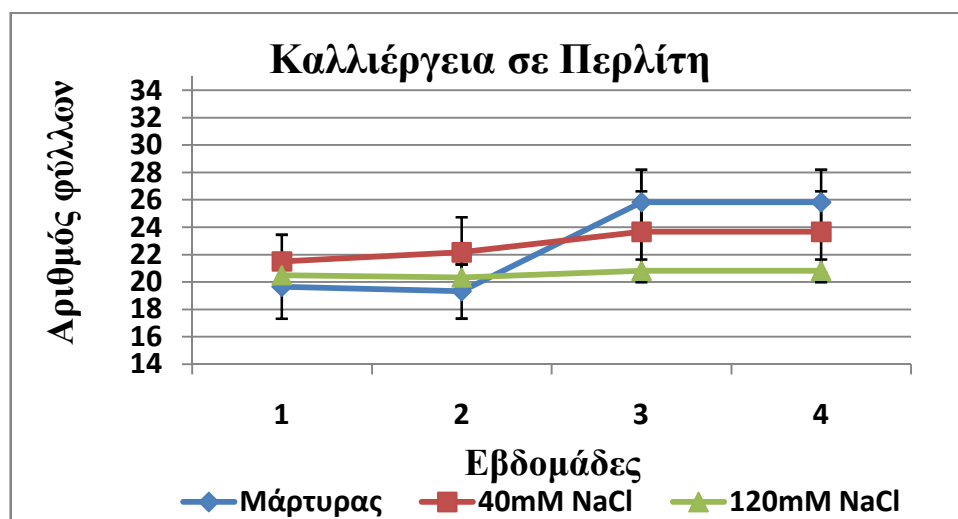
**Σχήμα 3.14.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στον φθορισμό των φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



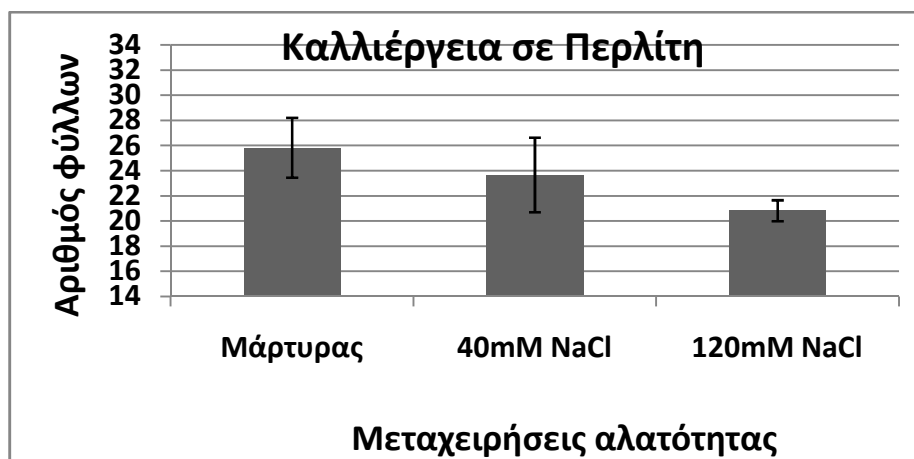
**Σχήμα 3.15.** Επίδραση υποστρώματος (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, άμμος) στον φθορισμό των φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

### 3.6.2: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Σε υδροπονική καλλιέργεια περλίτη, η επίδραση της αλατότητας στον αριθμό φύλλων φαίνεται στα Σχήματα 3.16-3.17. Η αυξημένη (120 mM) αλατότητα στο θρεπτικό διάλυμα μείωσε (έως και 19%) τον αριθμό φύλλων σε σχέση με το μάρτυρα ενώ δεν υπήρχαν διαφορές με την εφαρμογή της χαμηλής αλατότητας (40 mM).



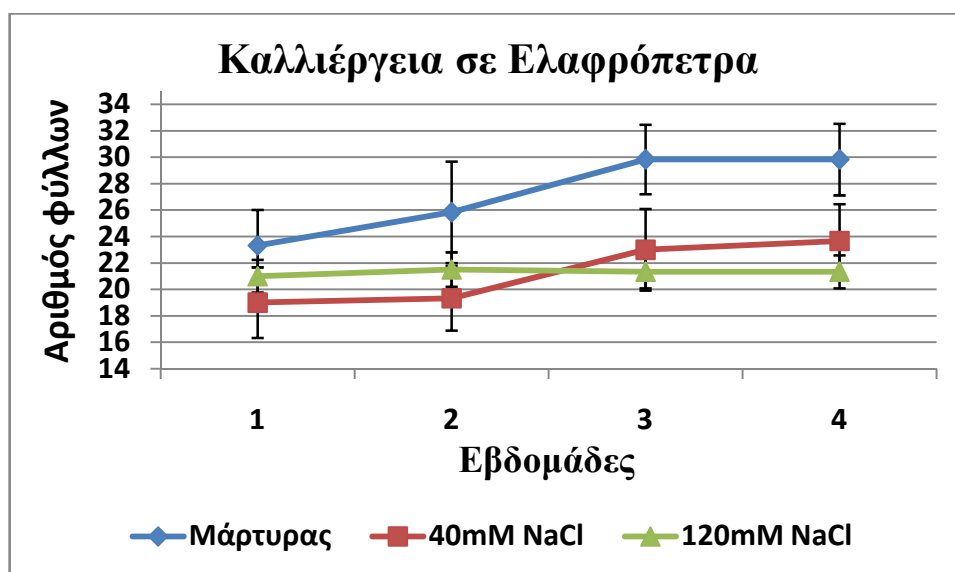
**Σχήμα 3.16.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον εβδομαδιαίο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



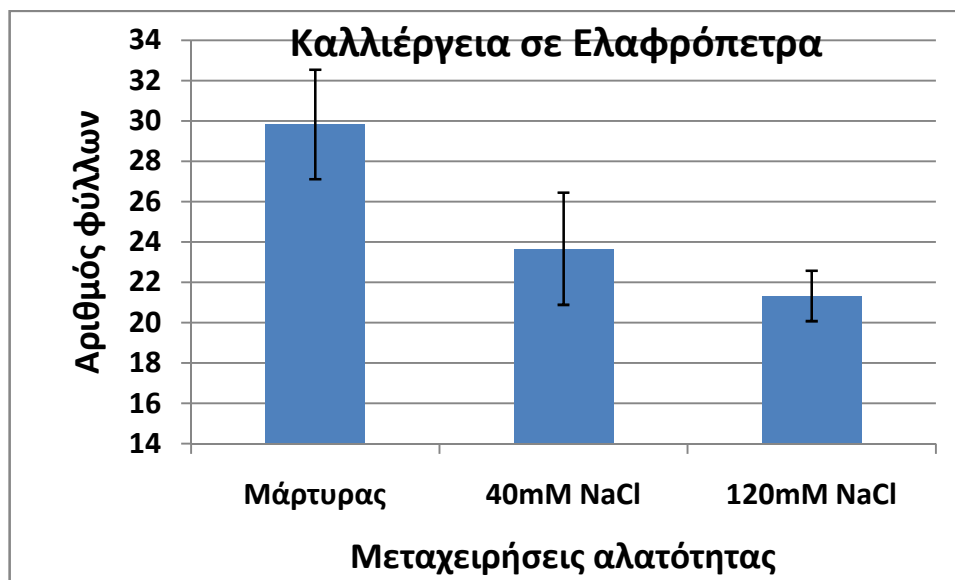
**Σχήμα 3.17.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον παραγόμενο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Μείωση κατά 32% στον παραγόμενο αριθμό φύλλων στην ελαφρόπετρας σημειώθηκε κατά την εφαρμογή υψηλής (120 mM) και χαμηλής (40 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (βλέπε Σχήματα 3.18-3.19).

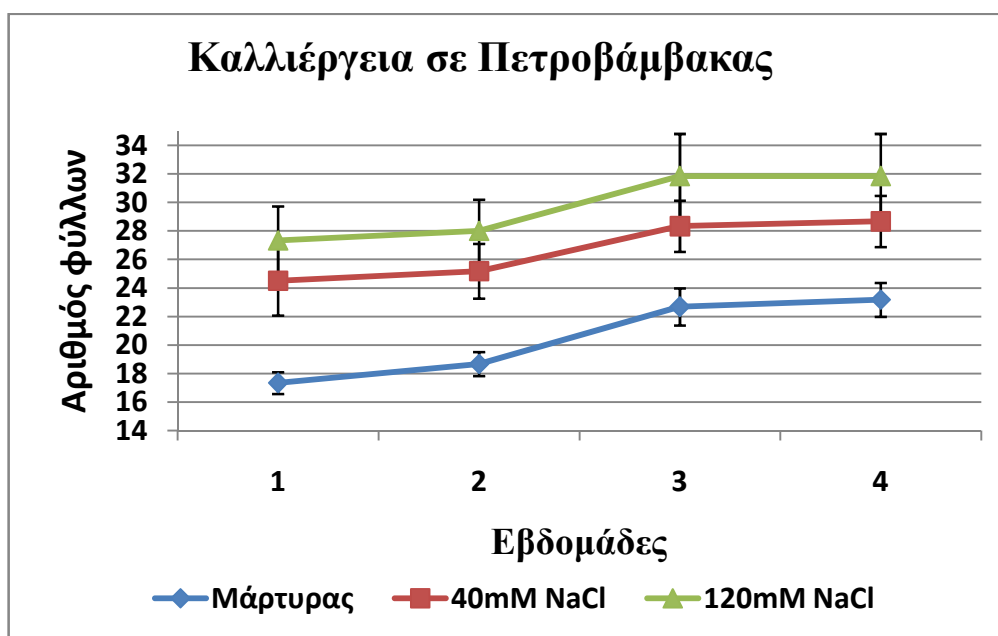


**Σχήμα 3.18.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον εβδομαδιαίο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε ελαφρόπετρα, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

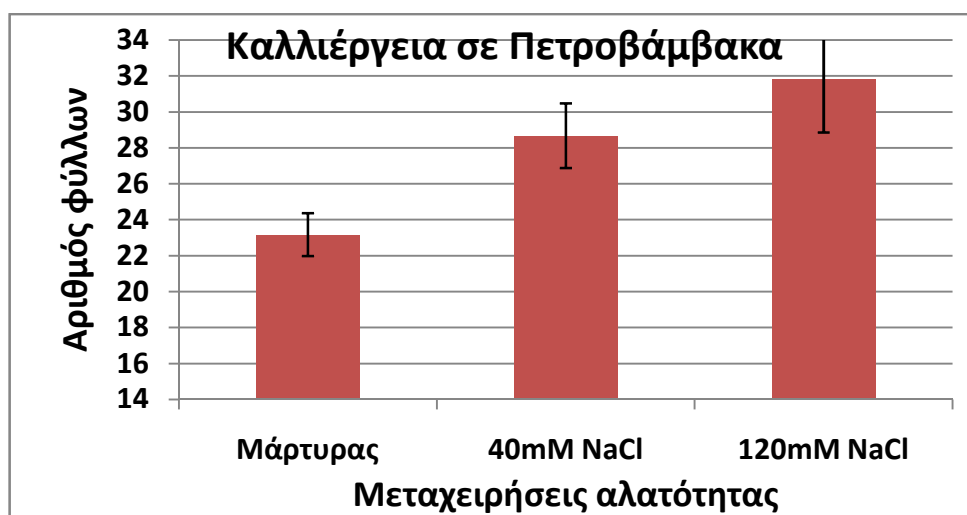


**Σχήμα 3.19.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον παραγόμενο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε ελαφρόπετρα, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Σχήματα 3.20-3.21 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας στον αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα και προκύπτει ότι η αλατότητα (χαμηλή και υψηλή συγκέντρωση) αύξησε (έως και 30%) τον αριθμό φύλλων σε σχέση με το μάρτυρα, καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας.

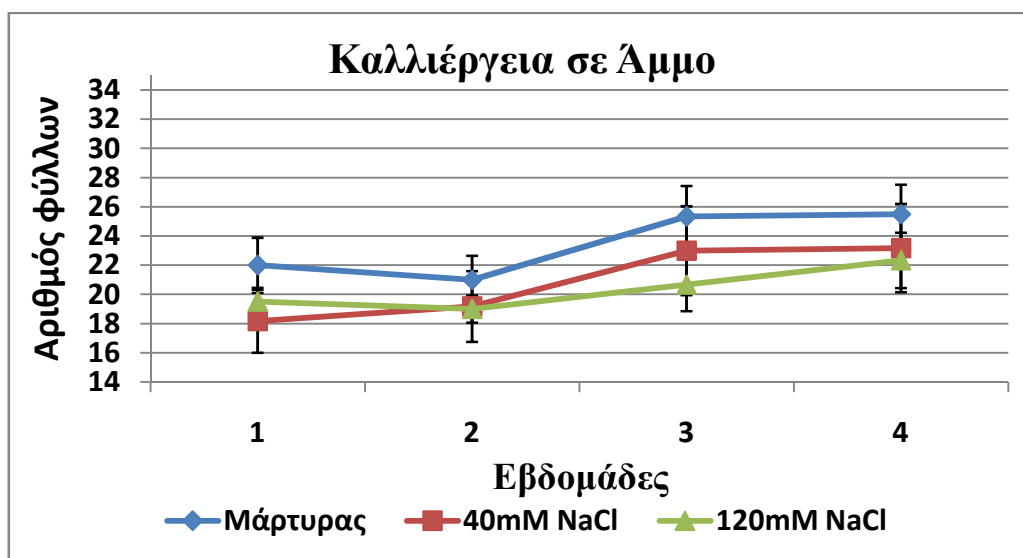


**Σχήμα 3.20.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον εβδομαδιαίο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

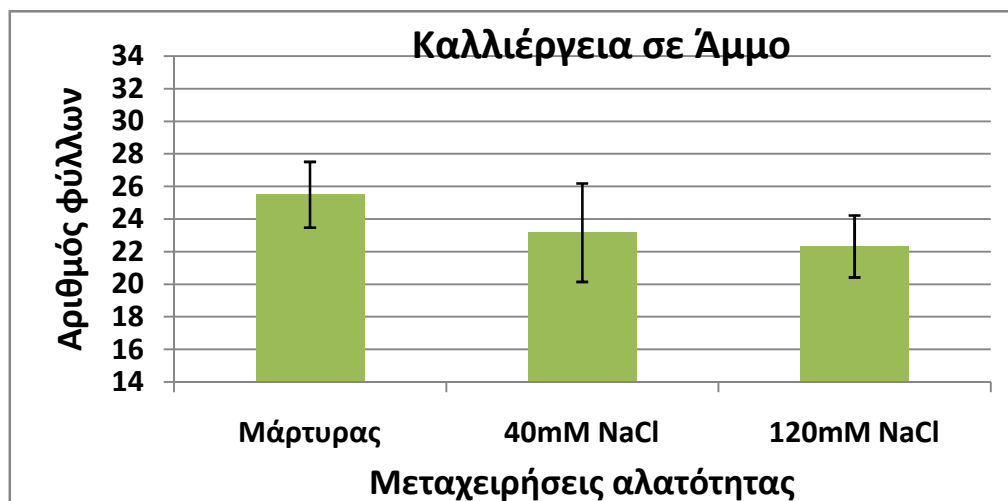


**Σχήμα 3.21.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον παραγόμενο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Ο αριθμός των φύλλων σταμναγκαθιού σε υδροπονική καλλιέργεια σε άμμο δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών συγκεντρώσεων αλατότητας (Σχήματα 3.22-3.23). Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι αυξανόμενη της αλατότητας στο θρεπτικό διάλυμα προκάλεσε μειωτική τάση όσο αφορά τον παραγόμενο αριθμό φύλλων στα φυτά σταμναγκαθιού.

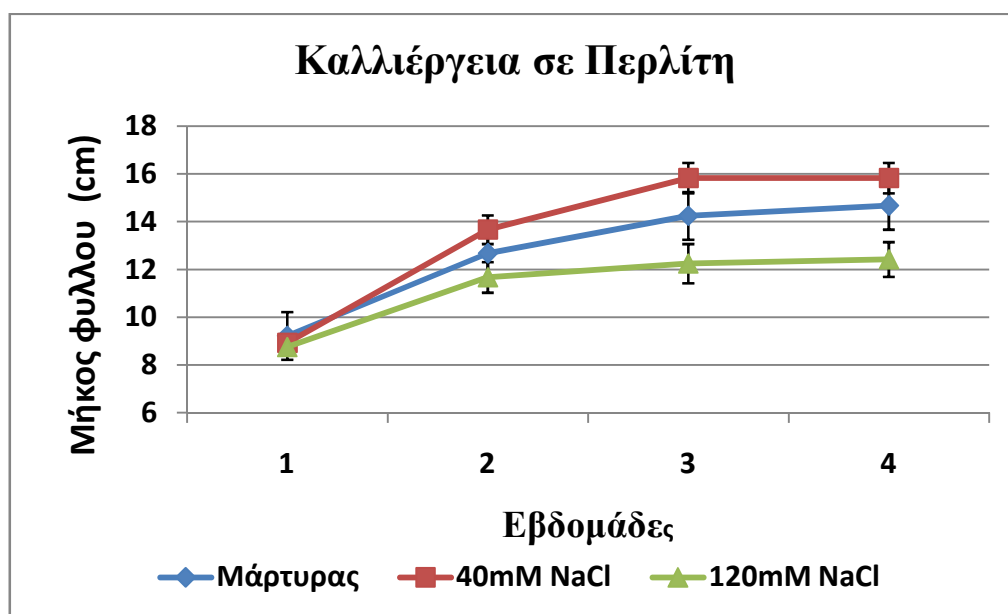


**Σχήμα 3.22.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον εβδομαδιαίο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

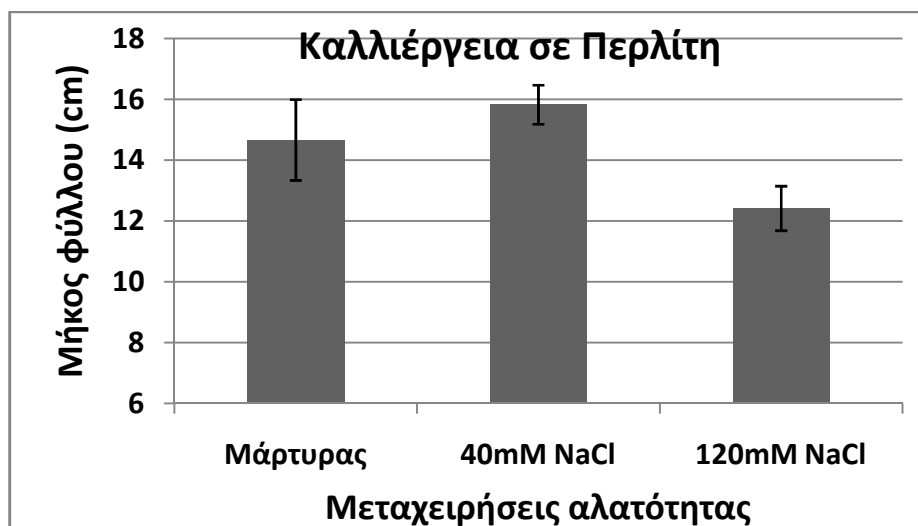


**Σχήμα 3.23.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον παραγόμενο αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Μείωση κατά 15% στο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη σημειώθηκε κατά την εφαρμογή υψηλής (120 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα. Ενώ αύξηση κατά 7% σημειώθηκε κατά την εφαρμογή χαμηλής (40 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (βλέπε Σχήματα 3.24-3.25).

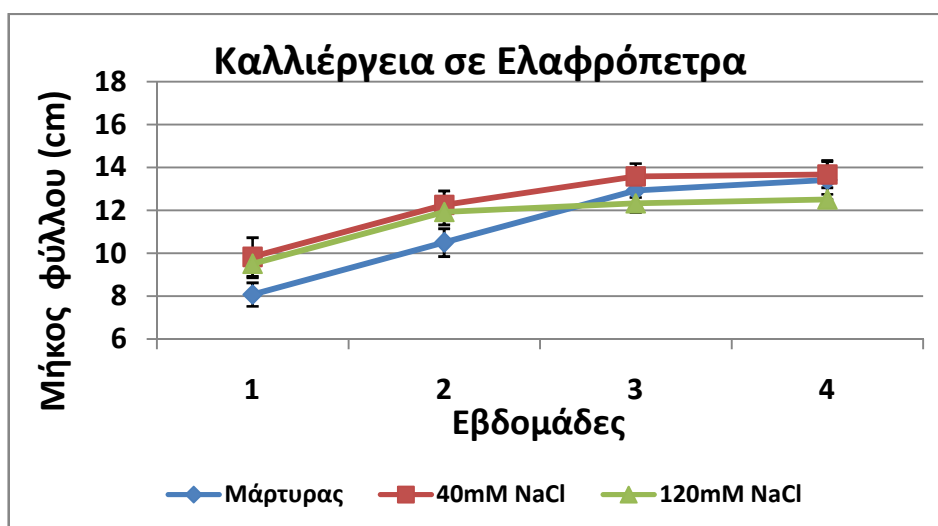


**Σχήμα 3.24.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στον εβδομαδιαίο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

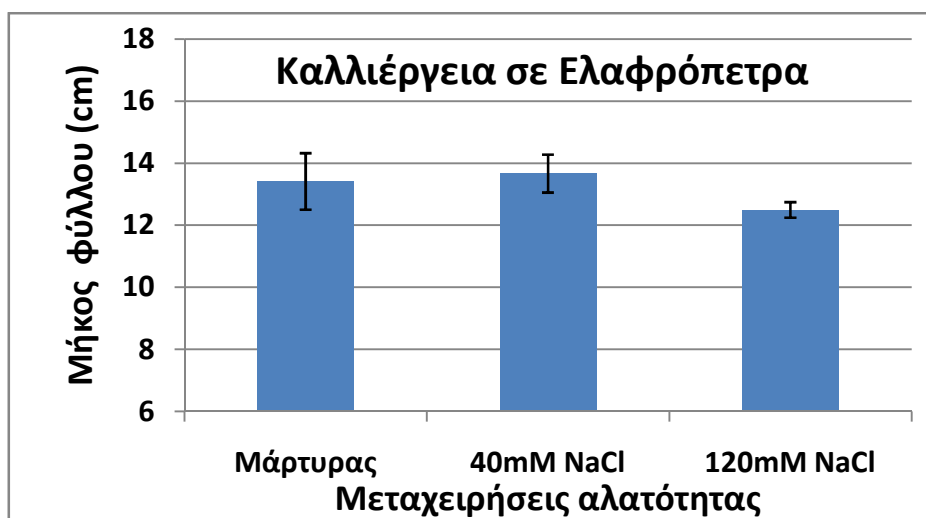


**Σχήμα 3.25.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Σε υδροπονική καλλιέργεια ελαφρόπετρας, η επίδραση της αλατότητας στο μήκος φύλλου φαίνεται στα Σχήματα 3.26-3.27. Η αυξημένη (120 mM) αλατότητα μείωσε (έως και 7%) το μήκος φύλλου σε σχέση με την εφαρμογή της χαμηλής αλατότητας (40 mM), ενώ δεν διέφερε από το μάρτυρα.

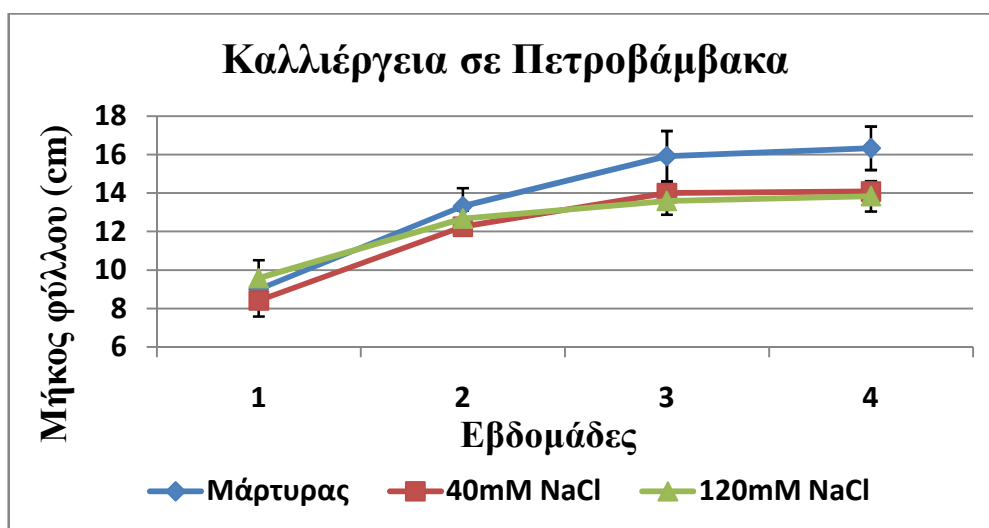


**Σχήμα 3.26.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο εβδομαδιαίο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

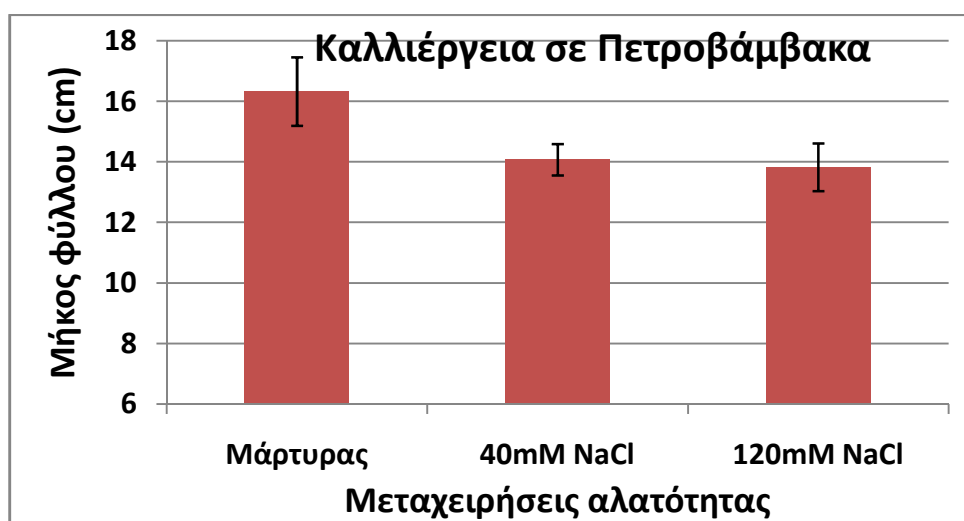


**Σχήμα 3.27.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Το μήκος φύλλου σταμναγκαθιού σε υδροπονική καλλιέργεια πετροβάμβακα μειώθηκε (έως 18%) κατά την εφαρμογή διαφορετικών συγκεντρώσεων αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (Σχήματα 3.28-3.29).

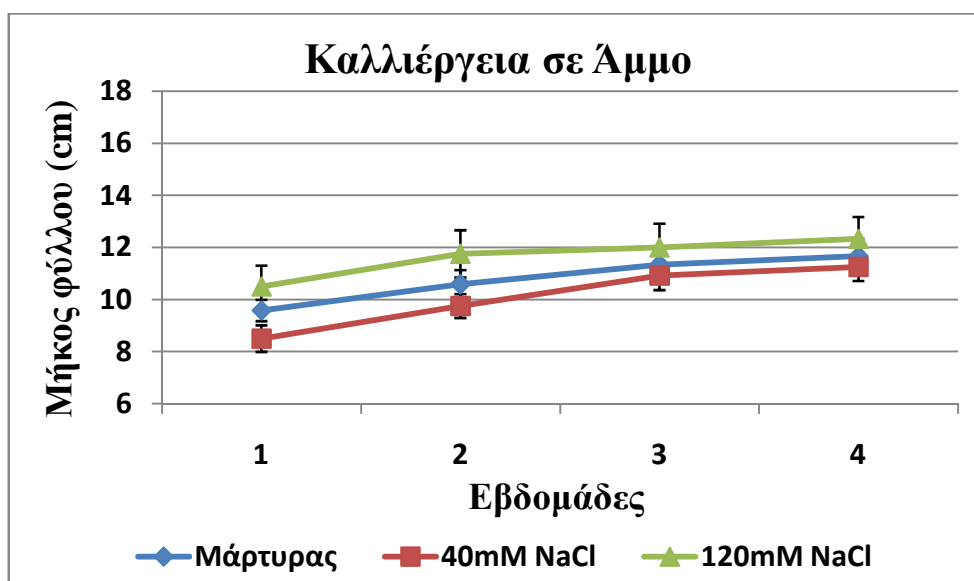


**Σχήμα 3.28.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο εβδομαδιαίο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

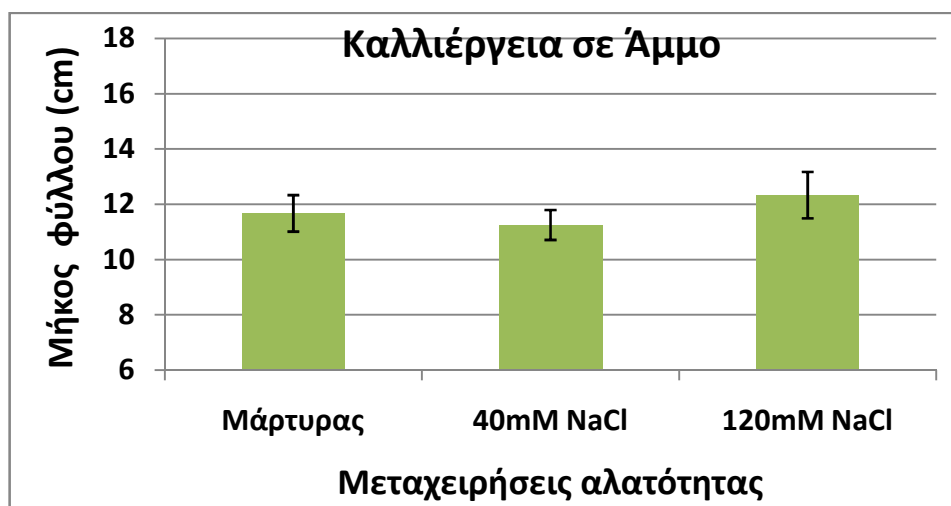


**Σχήμα 3.29.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Σχήματα 3.30-3.31 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας στο μήκος φύλλου σε υδροπονική καλλιέργεια σε άμμο και προκύπτει ότι η αλατότητα δεν επηρέασε το μήκος φύλλου σε σχέση με το μάρτυρα μετά την πάροδο της δεύτερης εβδομάδας.

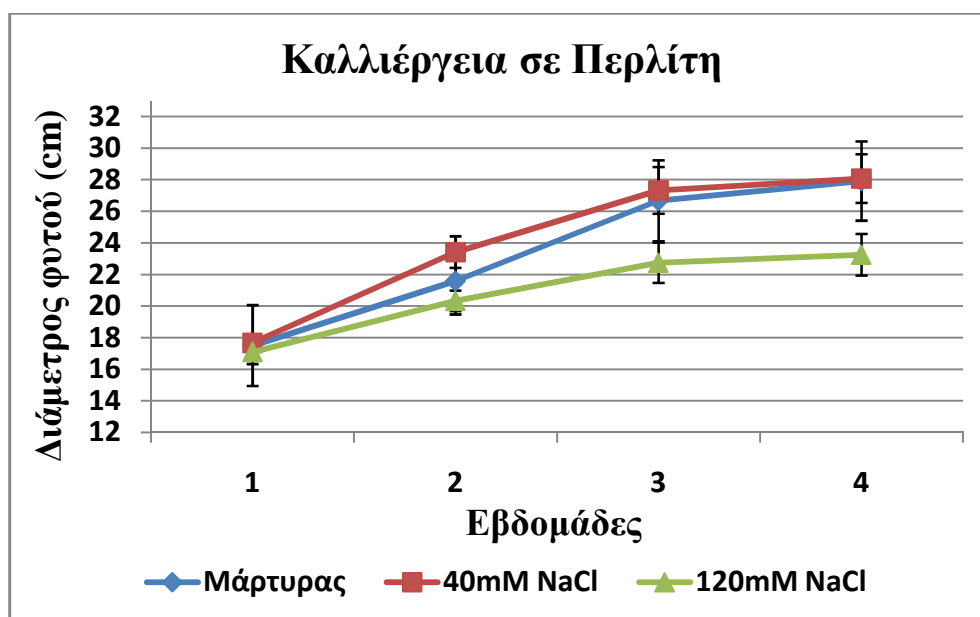


**Σχήμα 3.30.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο εβδομαδιαίο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

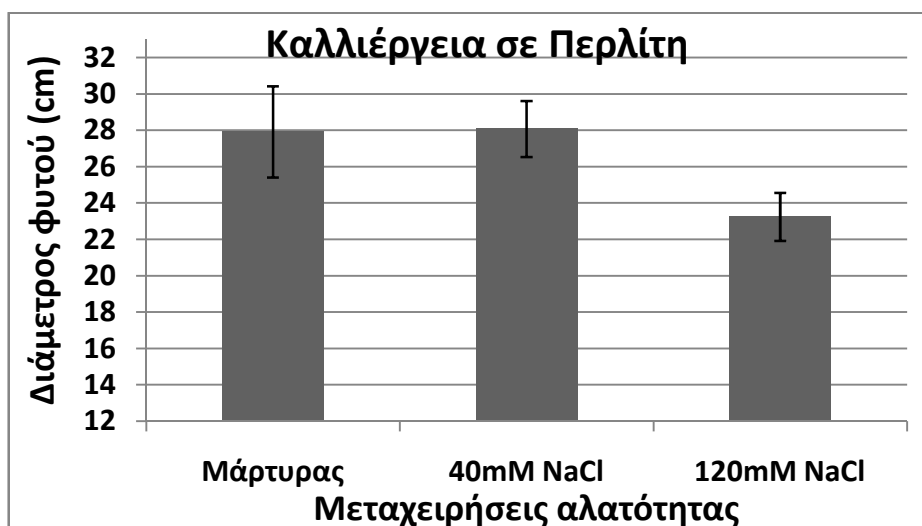


**Σχήμα 3.31.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο μήκος φύλλου (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Μείωση κατά 17% στη διάμετρο του φυτού σε υδροπονική καλλιέργεια περλίτη σημειώθηκε κατά την εφαρμογή υψηλής (120 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (βλέπε Σχήματα 3.32-3.33).



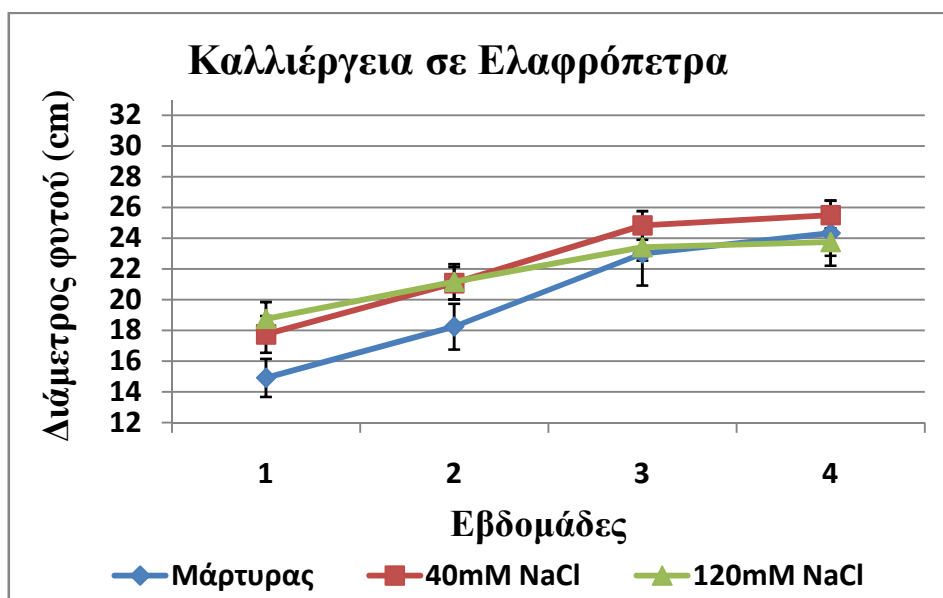
**Σχήμα 3.32.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία διάμετρο φυτού (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



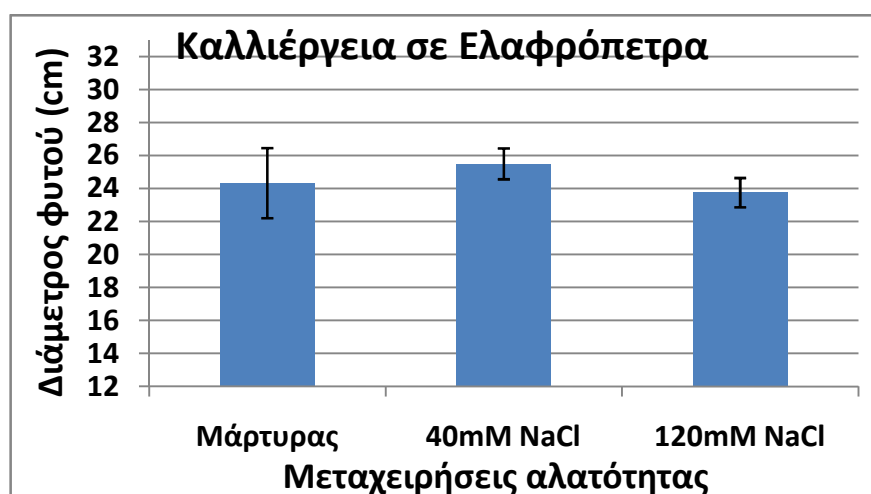
**Σχήμα 3.33.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη διάμετρο φυτού (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Η διάμετρος φυτού σταμναγκαθίου αυξήθηκε (κατά 8%) με την εφαρμογή χαμηλής (40 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα, στις πρώτες δυο εβδομάδες καλλιέργειας όταν η ελαφρόπετρα χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα. Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας όμως, δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των φυτών σε διαφορετικά υποστρώματα (Σχήματα 3.34-3.35).

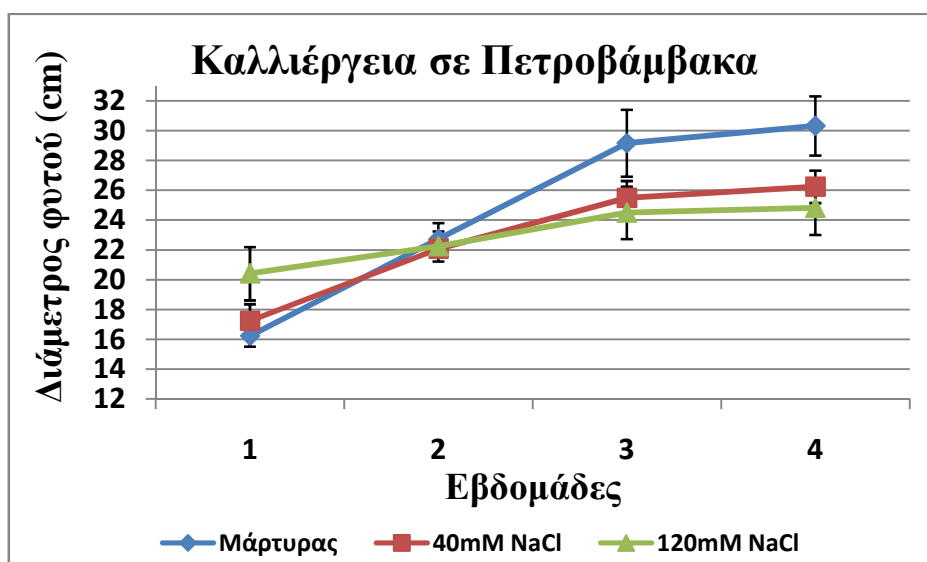


**Σχήμα 3.34.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία διάμετρο φυτού (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

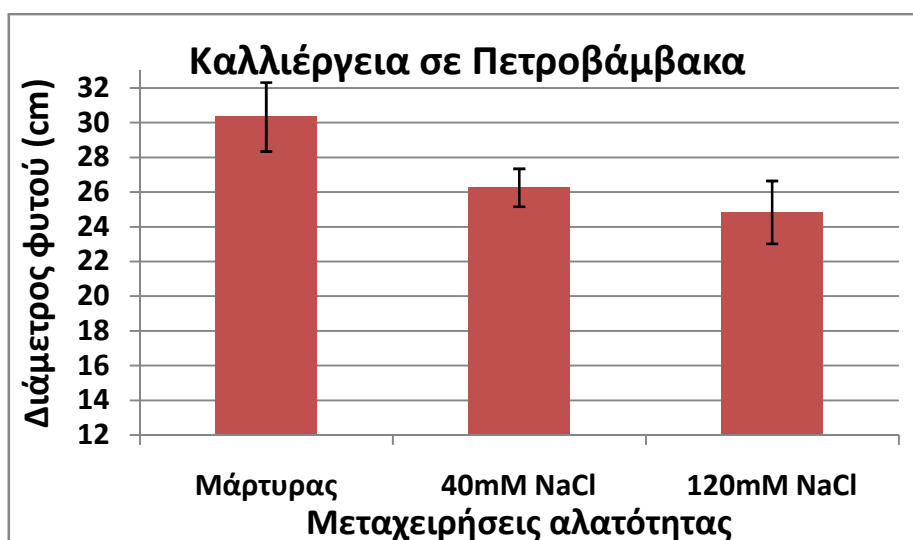


**Σχήμα 3.35.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη διάμετρο φυτού (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Σχήματα 3.36-3.37 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας σε υδροπονική καλλιέργεια πετροβάμβακα, στην διάμετρο του φυτού και προκύπτει ότι η αλατότητα είχε δυσμενή επίδραση και προκάλεσε μείωση (έως και 20%) στη διάμετρο φυτού σε σχέση με το μάρτυρα. Αυτή η μείωση σημειώθηκε μετά την πάροδο της δεύτερης εβδομάδας.

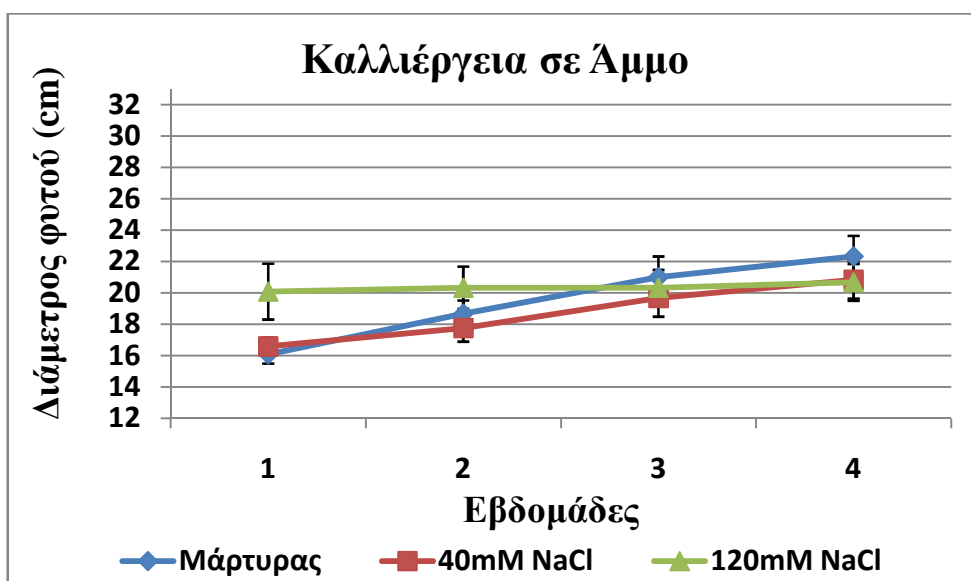


**Σχήμα 3.36.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία διάμετρο φυτού (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

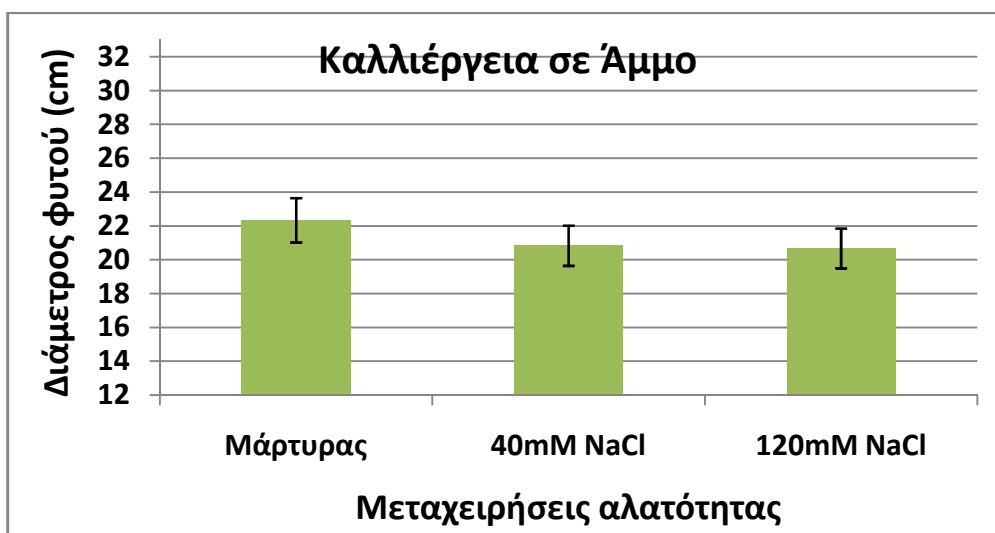


**Σχήμα 3.37.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη διάμετρο φυτού (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Σε υδροπονική καλλιέργεια σε άμμο, η επίδραση της αλατότητας στην διάμετρο του φυτού φαίνεται στα Σχήματα 3.38-3.39 και προκύπτει ότι δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές με την επίδραση διαφόρων συγκεντρώσεων αλατότητας.

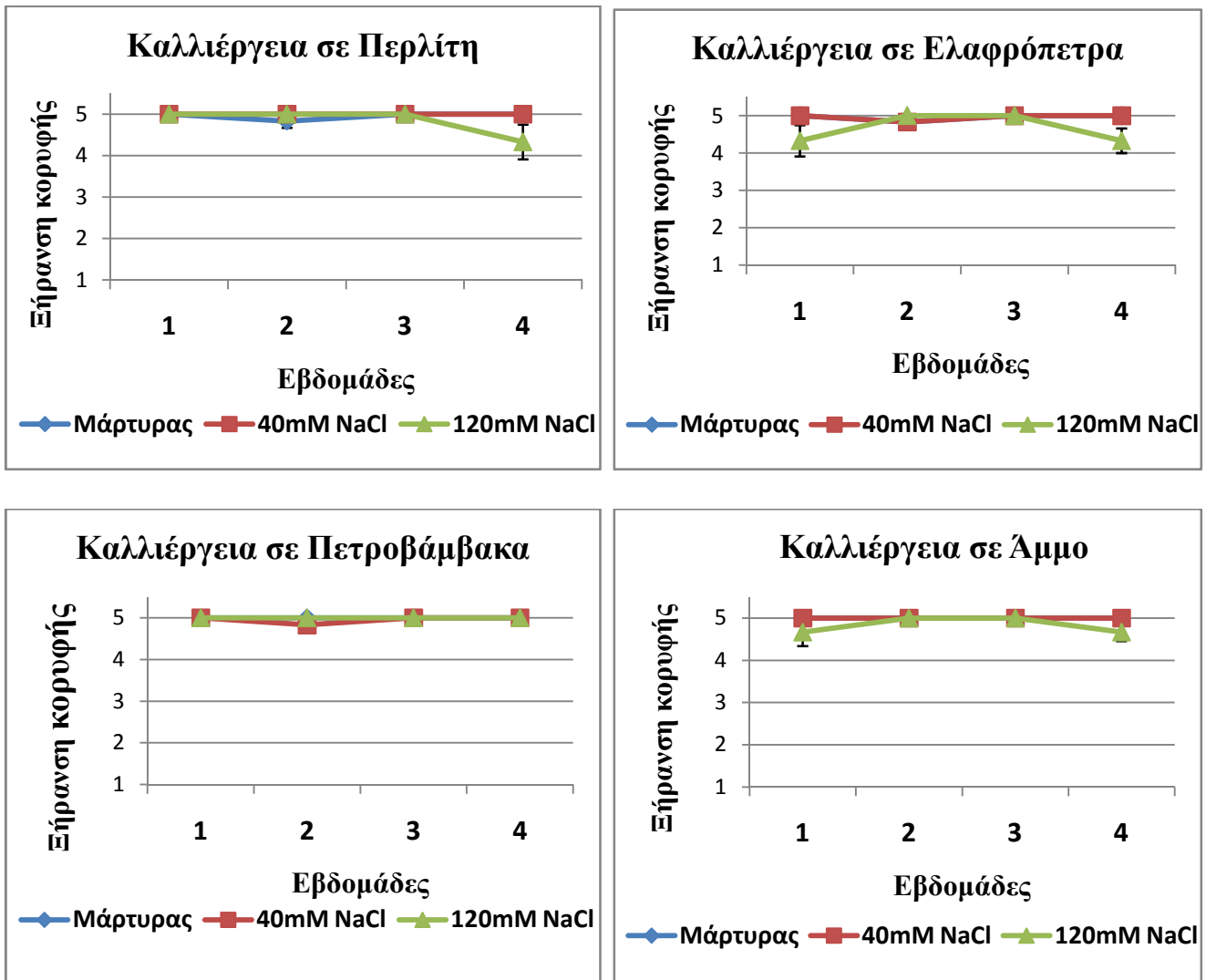


**Σχήμα 3.38.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία διάμετρο φυτού (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



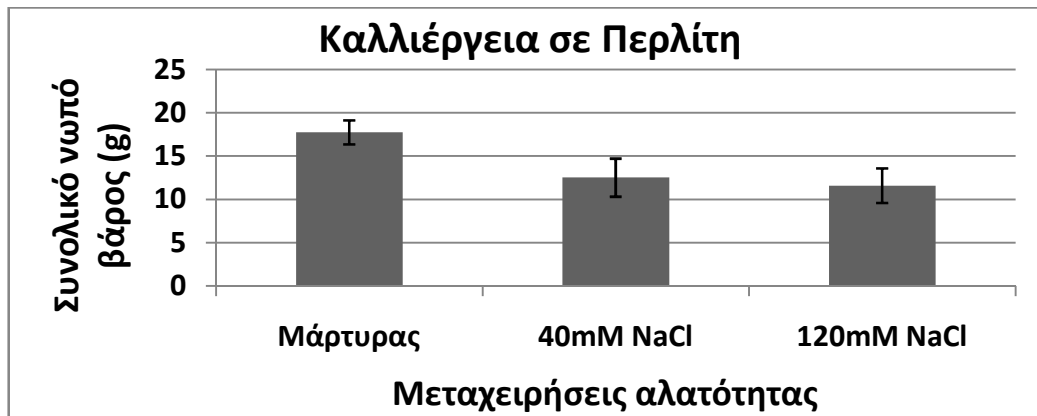
**Σχήμα 3.39.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη διάμετρο φυτού (cm) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Δεν σημειώθηκαν διαφορές ως προς την ξήρανση της κορυφής των φυτών σταμναγκαθιού με την χρήση διαφορετικών υποστρωμάτων και συγκεντρώσεων αλατότητας. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι στην αυξημένη αλατότητα υπήρχαν περιπτώσεις με ελαφριές ξηράνσεις (Σχήματα 3.40).



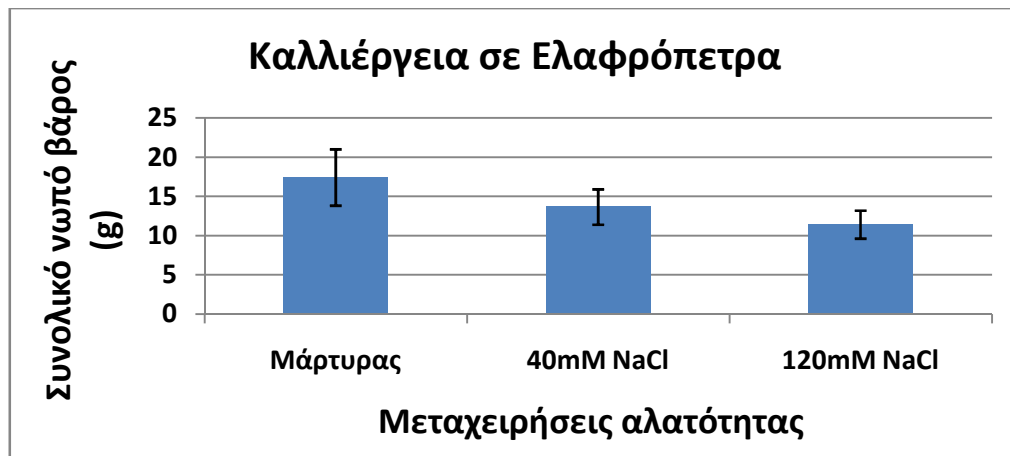
**Σχήμα 3.40.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία ξήρανση κορυφής σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε υποστρώματα περλίτη, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακα και άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Σε υδροπονική καλλιέργεια περλίτη, η επίδραση της αλατότητας στο συνολικό νωπό βάρος (g) φαίνεται στο Σχήμα 3.41. Η αλατότητα μείωσε (έως και 35%) το συνολικό νωπό βάρος σε σχέση με το μάρτυρα.



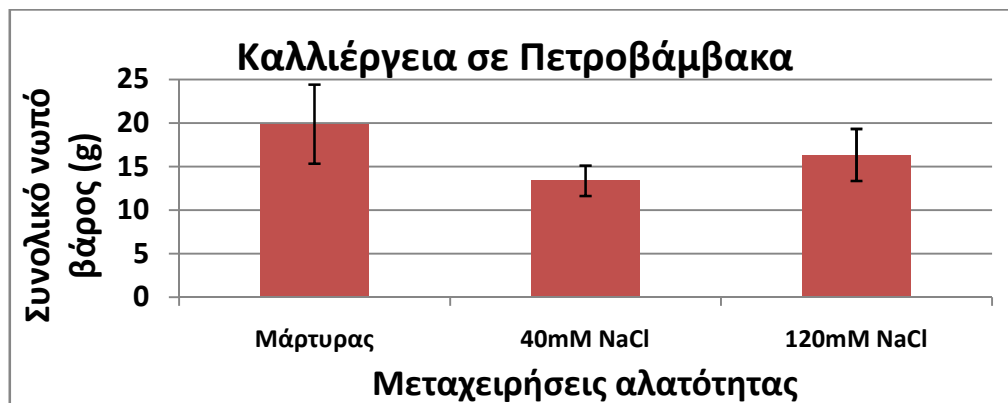
**Σχήμα 3.41.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο συνολικό νωπό βάρος (g) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Δεν επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά το συνολικό νωπό βάρος των φυτών που αναπτύχθηκαν σε ελαφρόπετρα με την εφαρμογή υψηλής (120 mM) και χαμηλής (40 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (βλέπε Σχήμα 3.42), όμως προκύπτει ότι η αλατότητα έδωσε αριθμητικά χαμηλότερες τιμές ως προς το συνολικό νωπό βάρος των φυτών.



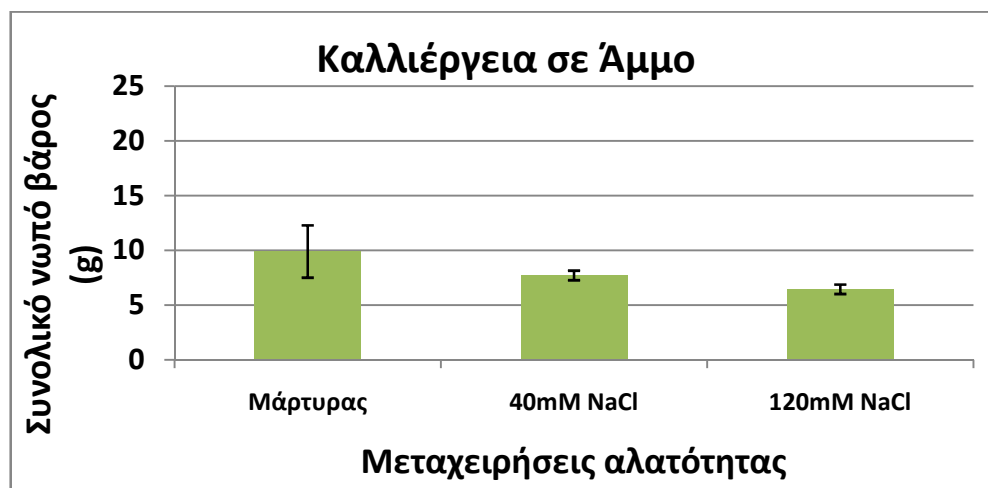
**Σχήμα 3.42.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο συνολικό νωπό βάρος (g) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 3.43 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας σε υδροπονική καλλιέργεια σε πετροβάμβακα στο συνολικό νωπό βάρος (g) και προκύπτει ότι η αλατότητα δεν επηρέασε το νωπό βάρος σε σχέση με το μάρτυρα.



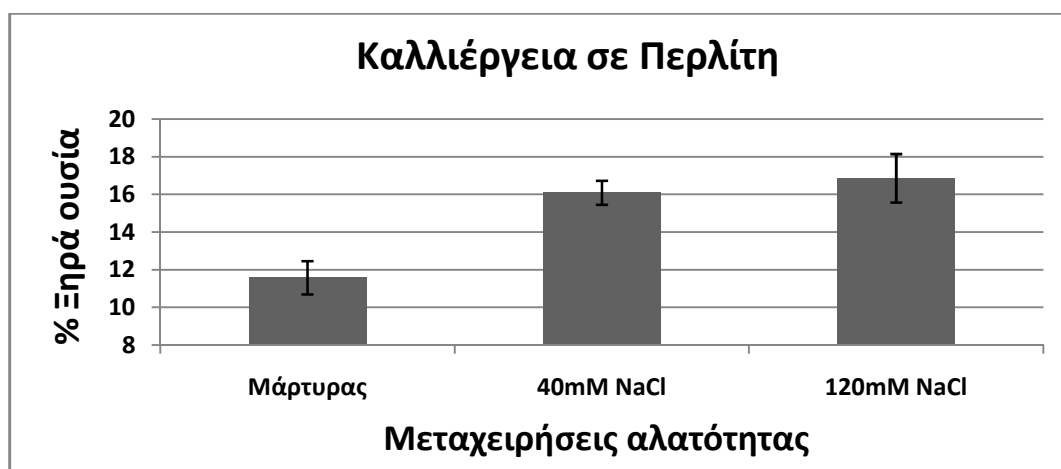
**Σχήμα 3.43.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο συνολικό νωπό βάρος (g) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Το συνολικό νωπό βάρος (g) σταμναγκαθιού σε υδροπονική καλλιέργεια σε άμμο μειώθηκε (κατά 35%) κατά την εφαρμογή υψηλής (120 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (Σχήμα 3.44).



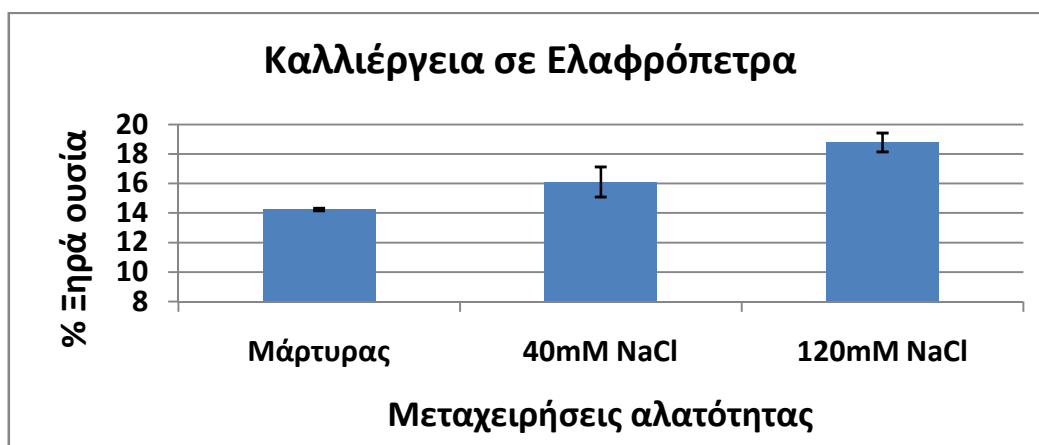
**Σχήμα 3.44.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο συνολικό νωπό βάρος (g) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Αύξηση κατά 33% στην περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία σημειώθηκε κατά την εφαρμογή υψηλής (120 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα σε υδροπονική καλλιέργεια περλίτη (βλέπε Σχήμα 3.45).



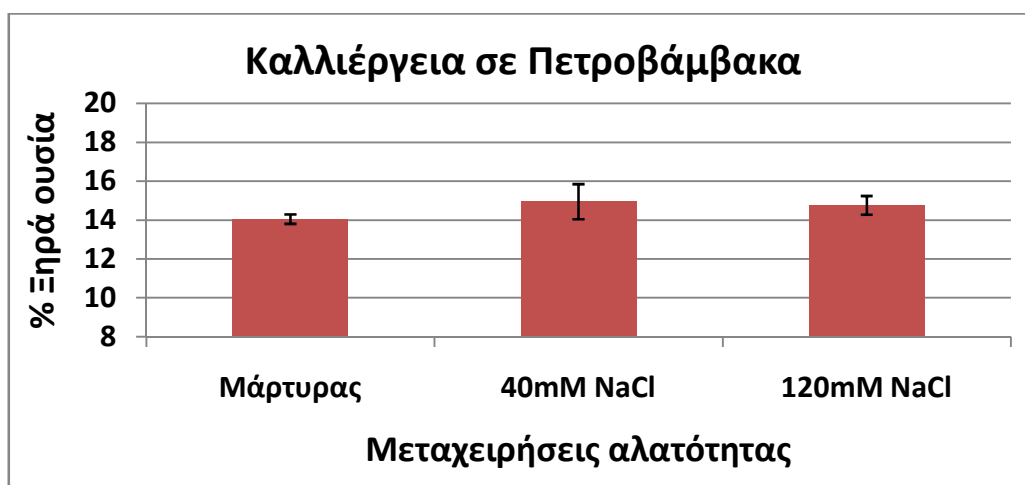
**Σχήμα 3.45.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην περιεκτικότητα (%) ξηράς ουσίας σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Σε υδροπονική καλλιέργεια ελαφρόπετρας, η επίδραση της αλατότητας στην περιεκτικότητα (%) ξηράς ουσίας φαίνεται στο Σχήμα 3.46. Η αλατότητα αύξησε (έως και 24%) την περιεκτικότητα ξηράς ουσίας σε σχέση με το μάρτυρα.



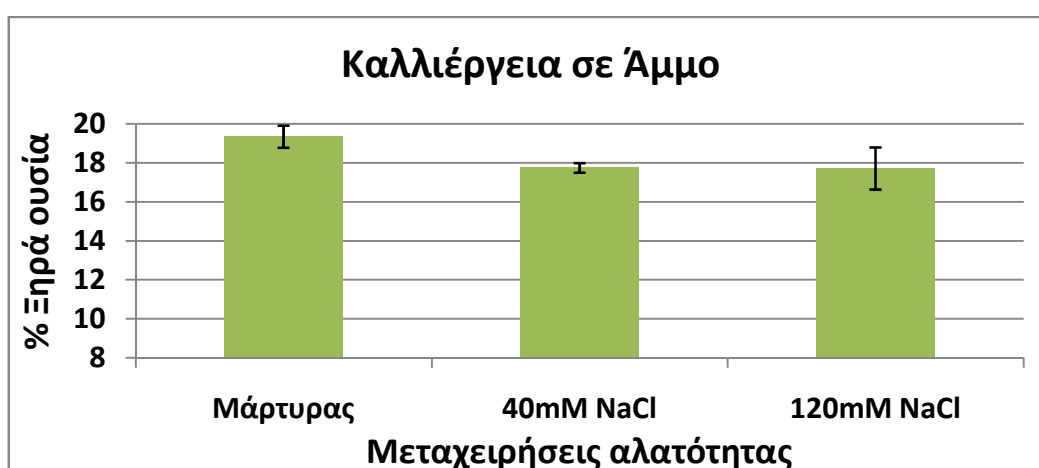
**Σχήμα 3.46.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην περιεκτικότητα (%) ξηράς ουσίας σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η περιεκτικότητα (%) ξηράς ουσίας σταμναγκαθιού σε υδροπονική καλλιέργεια πετροβάμβακα δεν επηρεάστηκε κατά την εφαρμογή αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (Σχήμα 3.47).



**Σχήμα 3.47.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην περιεκτικότητα (%) ξηράς ουσίας σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

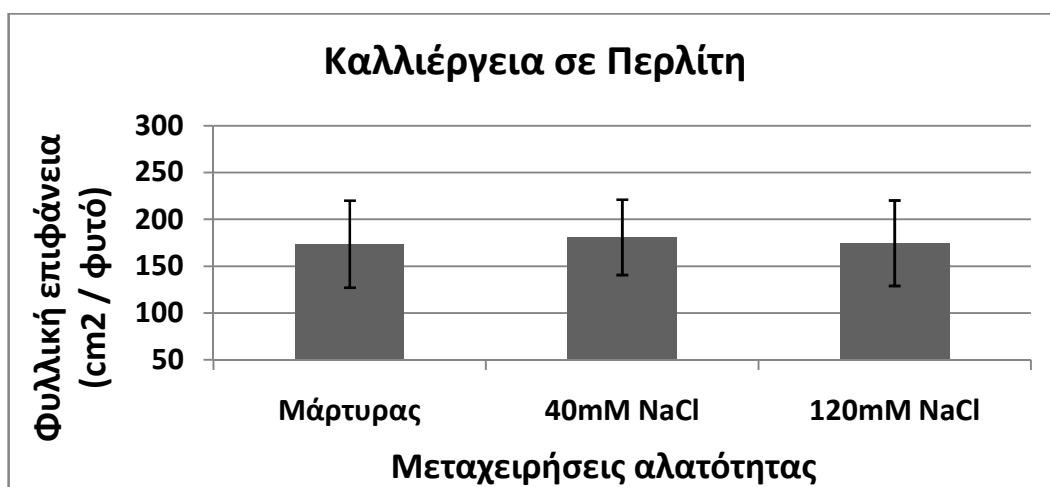
Στο Σχήμα 3.48 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας σε υδροπονική καλλιέργεια άμμο στην περιεκτικότητα (%) ξηράς ουσίας και προκύπτει ότι η χαμηλή (40 mM) αλατότητα μείωσε (έως και 8%) στην περιεκτικότητα ξηράς ουσίας σε σχέση με το μάρτυρα.



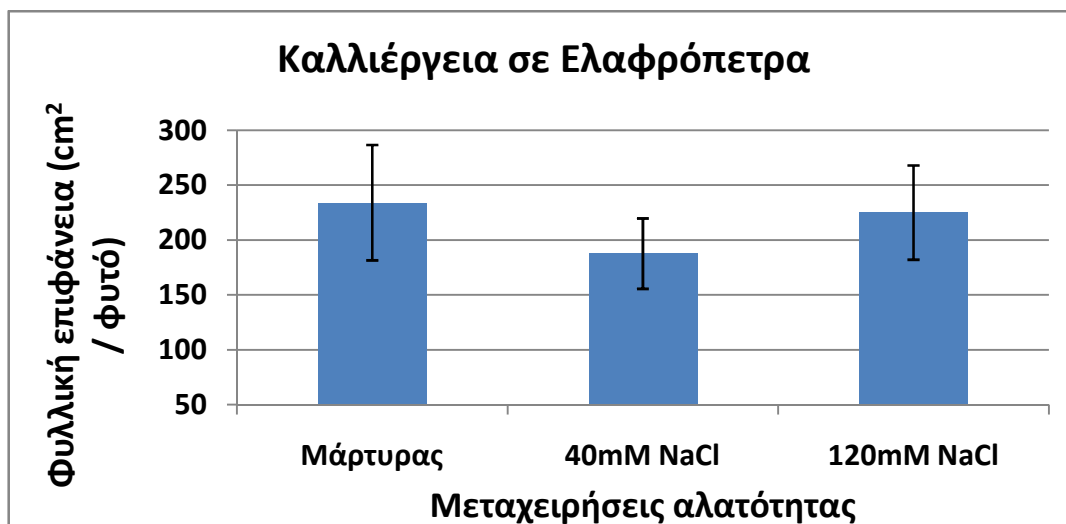
**Σχήμα 3.48.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην περιεκτικότητα (%) ξηράς ουσίας σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test Range (MRT).



Σε υδροπονική καλλιέργεια σε περλίτη και σε ελαφρόπετρα προκύπτει ότι η αλατότητα δεν επηρέασε τη φυλλική επιφάνεια ( $\text{cm}^2/\text{φυτό}$ ) σε σχέση με το μάρτυρα (Σχήματα 3.49-3.50).

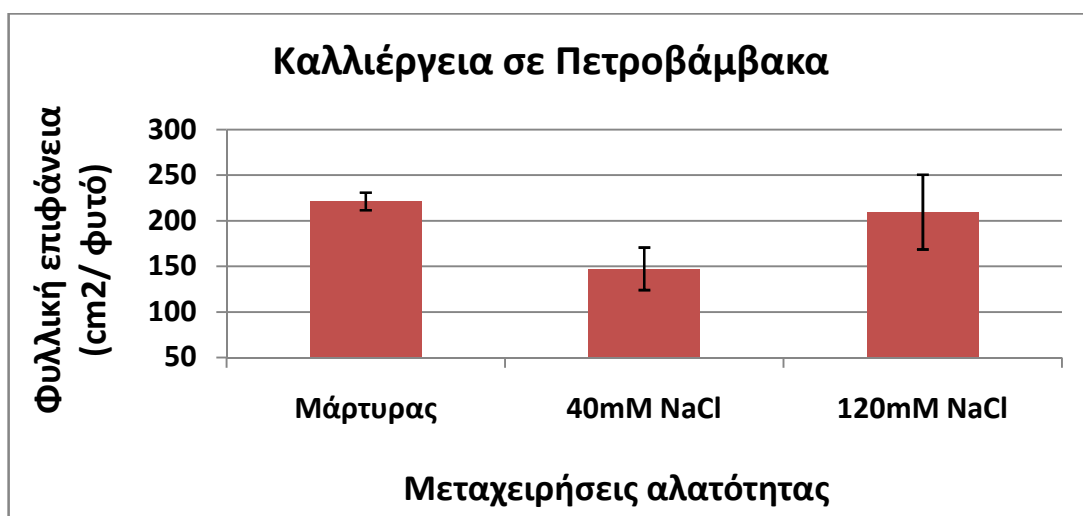


**Σχήμα 3.49.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη φυλλική επιφάνεια ( $\text{cm}^2/\text{φυτό}$ ) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



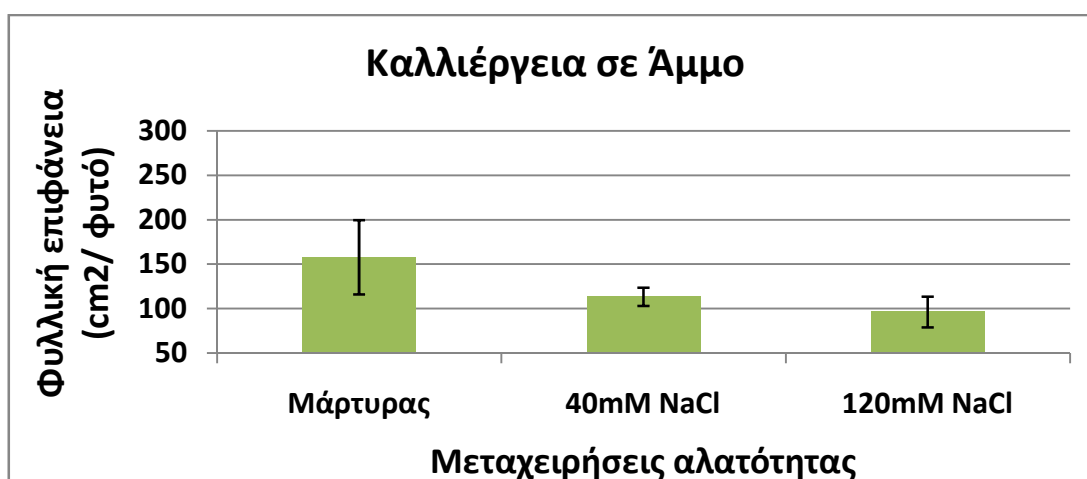
**Σχήμα 3.50.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη φυλλική επιφάνεια ( $\text{cm}^2/\text{φυτό}$ ) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Μείωση κατά 27% στη φυλλική επιφάνεια ( $\text{cm}^2/\text{φυτό}$ ) σε υδροπονική καλλιέργεια πετροβάμβακα σημειώθηκε κατά την εφαρμογή χαμηλής (40 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (βλέπε Σχήμα 3.51).



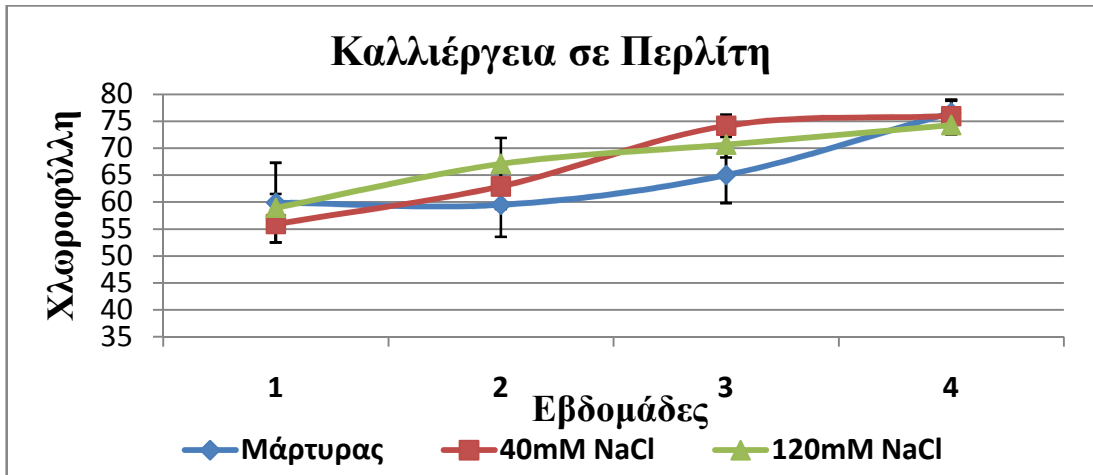
**Σχήμα 3.51.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη φυλλική επιφάνεια ( $\text{cm}^2/\text{φυτό}$ ) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η φυλλική επιφάνεια ( $\text{cm}^2/\text{φυτό}$ ) σταμναγκαθιού σε υδροπονική καλλιέργεια σε άμμο μειώθηκε (κατά 39%) κατά την εφαρμογή υψηλής (120 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα (Σχήμα 3.52).



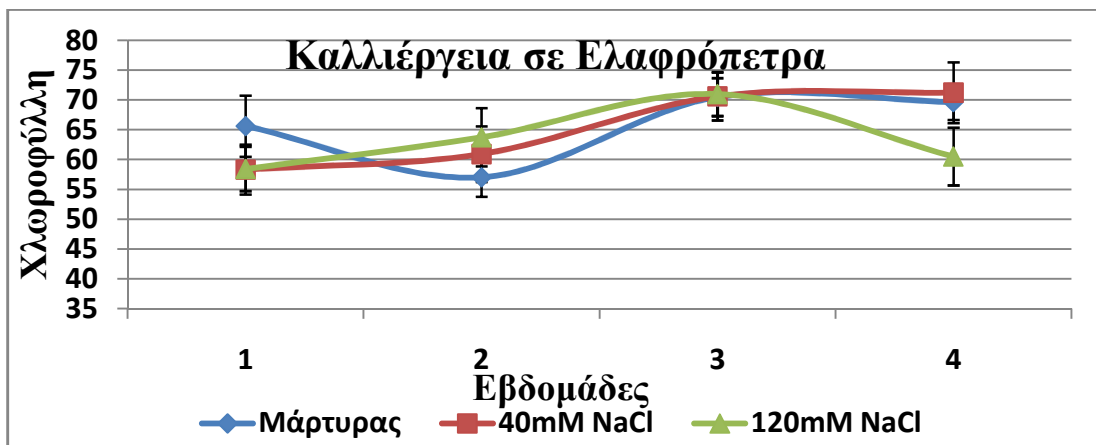
**Σχήμα 3.52.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη φυλλική επιφάνεια ( $\text{cm}^2/\text{φυτό}$ ) σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Σε υδροπονική καλλιέργεια σε περλίτη, η επίδραση της αλατότητας στη σύνθεση χλωροφύλλης φαίνεται στο Σχήμα 3.53. Η αλατότητα δεν επηρέασε την σύνθεση χλωροφύλλης σε σχέση με το μάρτυρα.



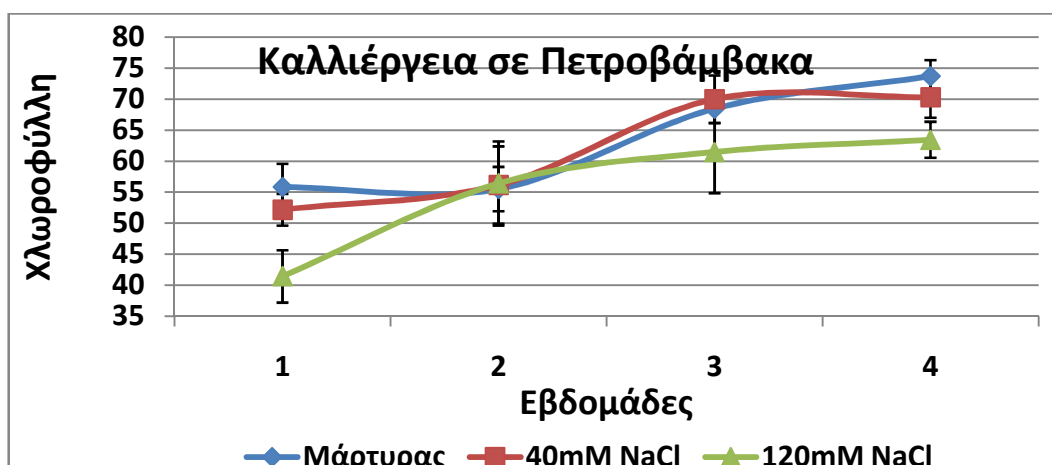
**Σχήμα 3.53.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία σύνθεση χλωροφύλλης σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Μείωση κατά 14% στην χλωροφύλλη σε φυτά σταμναγκαθιού σημειώθηκε κατά την εφαρμογή υψηλής (120 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα όταν η ελαφρόπετρα χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα (βλέπε Σχήμα 3.54).



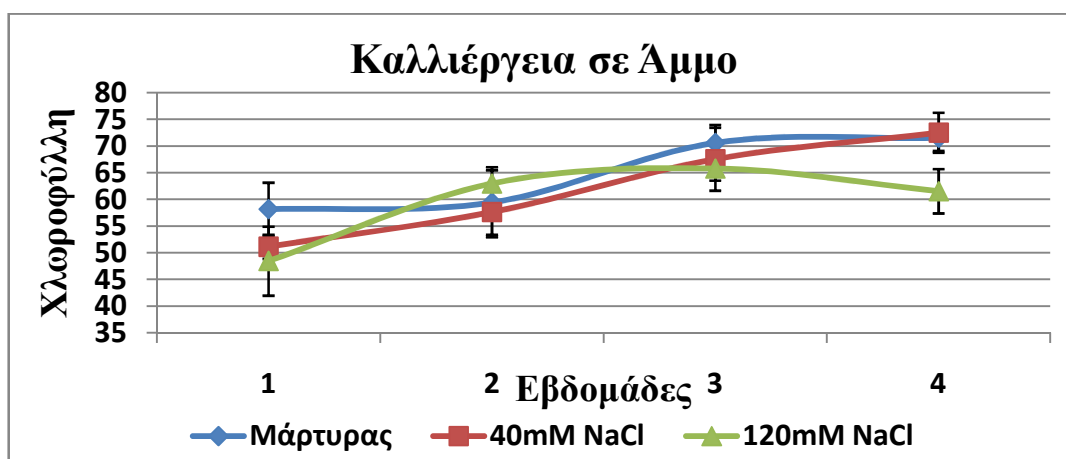
**Σχήμα 3.54.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην σύνθεση χλωροφύλλης σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 3.55 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας στη χλωροφύλλη σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα και προκύπτει ότι η αυξημένη (120 mM) αλατότητα μείωσε (έως και 11%) την χλωροφύλλη σε σχέση με το μάρτυρα.



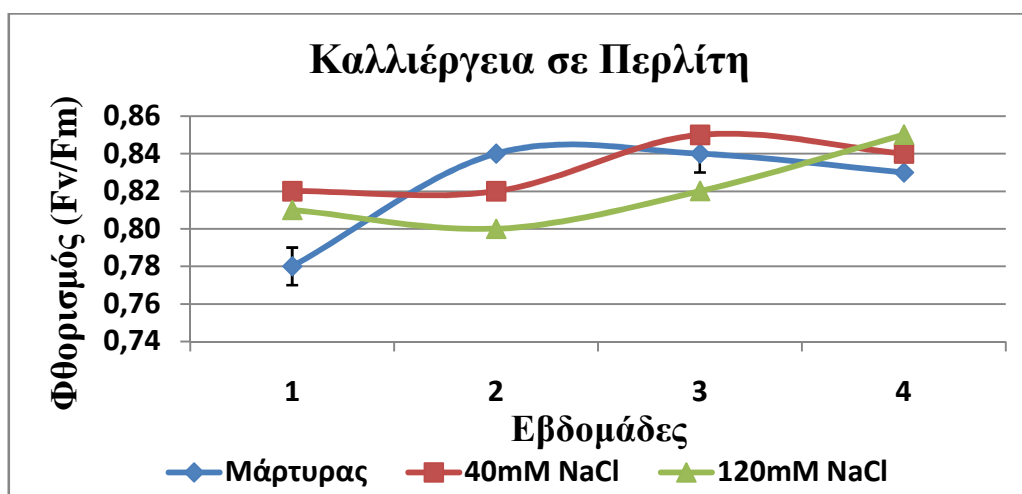
**Σχήμα 3.55.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία σύνθεση χλωροφύλλης σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η σύνθεση χλωροφύλλης σε φυτά σταμναγκαθιού μειώθηκε (κατά 14%) κατά την εφαρμογή υψηλής (120 mM) αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα σε υδροπονική καλλιέργεια σε άμμο (βλέπε Σχήμα 3.56).



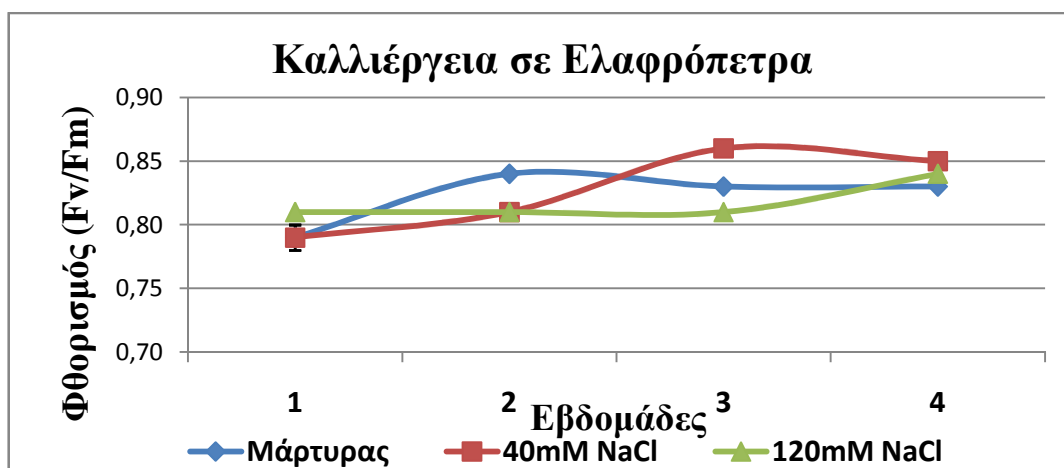
**Σχήμα 3.56.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην σύνθεση χλωροφύλλης σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η διακύμανση του φθορισμού των φύλλων φαίνεται στο Σχήμα 3.57, και προκύπτει ότι αυξανόμενη της συγκέντρωσης αλατιού στο θρεπτικό διάλυμα, μειώθηκε ο φθορισμός των φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια σε περλίτη.



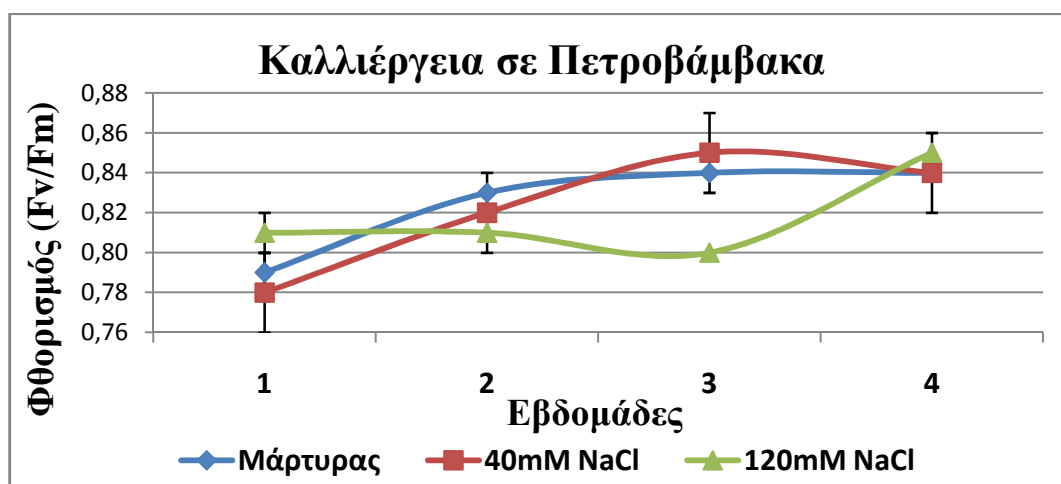
**Σχήμα 3.57.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία μέτρηση φθορισμού σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η διακύμανση του φθορισμού των φύλλων φαίνεται στο Σχήμα 3.58, και προκύπτει ότι η υψηλή αλατότητα στο θρεπτικό διάλυμα, μείωσε τον φθορισμό των φύλλων όταν η ελαφρόπετρα χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών.



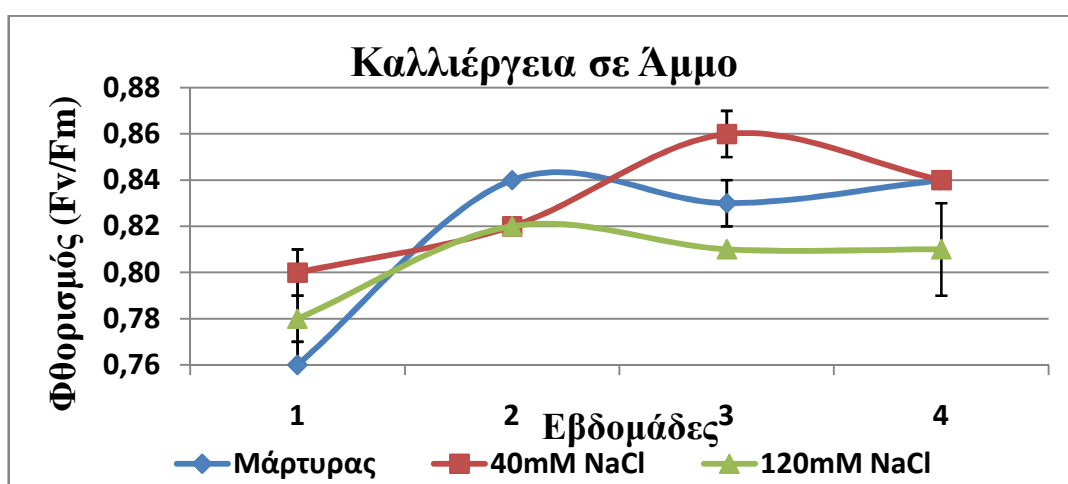
**Σχήμα 3.58.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη μέτρηση φθορισμού σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στο Σχήμα 3.59 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας σε υδροπονική καλλιέργεια σε πετροβάμβακα στο φθορισμό των φύλλων και προκύπτει ότι η αυξημένη αλατότητα επηρέασε τον φθορισμό των φύλλων μόνο κατά την διάρκεια της 3<sup>ης</sup> εβδομάδας ανάπτυξης των φυτών.



**Σχήμα 3.59.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εβδομαδιαία μέτρηση φθορισμού σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

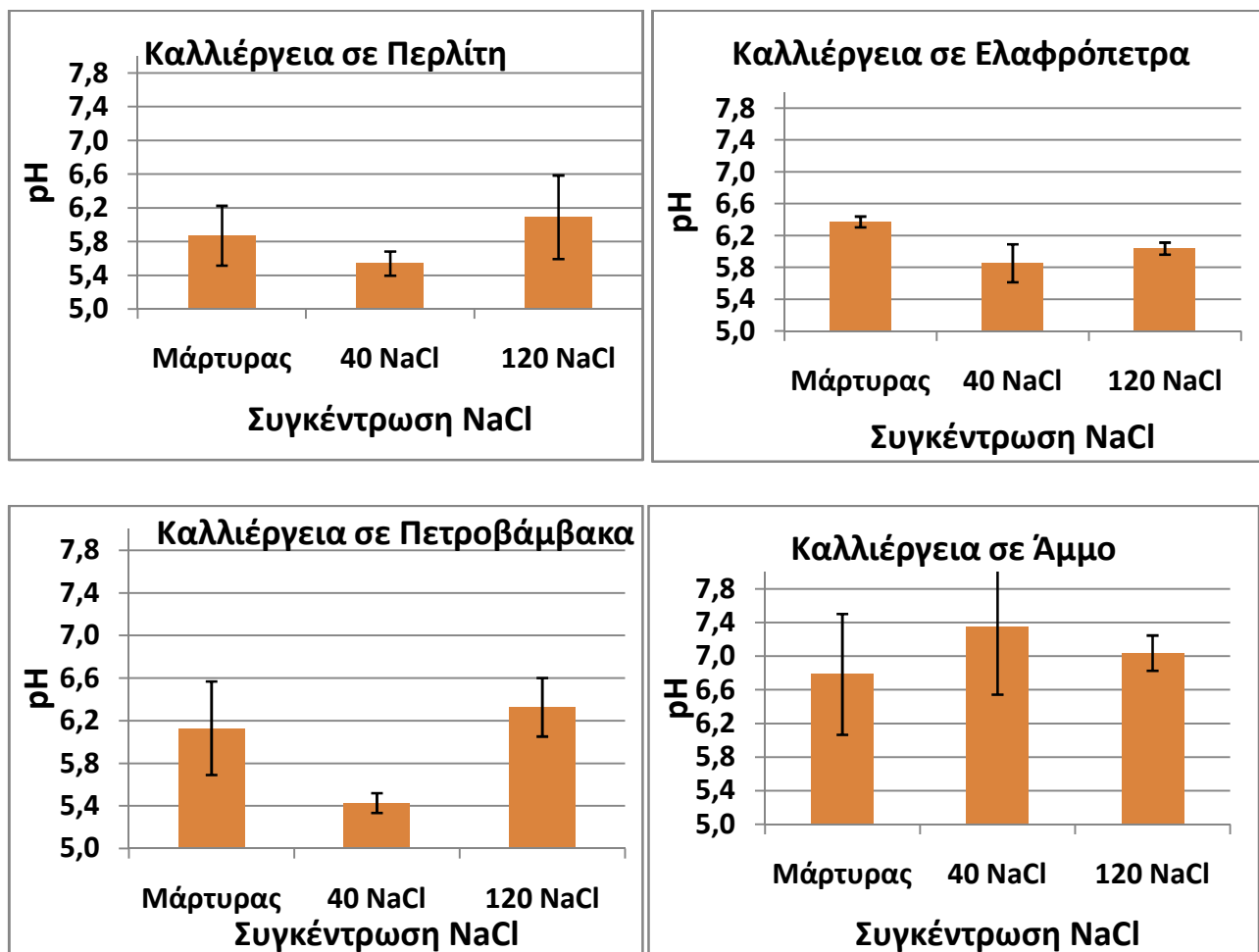
Ο φθορισμός των φύλλων σταμναγκαθιού σε υδροπονική καλλιέργεια σε άμμο αυξήθηκε (κατά 3%) κατά την εφαρμογή χαμηλής (40 mM) αλατότητας την τρίτη εβδομάδα (ενώ μειώθηκε κατά 4% με την υψηλή αλατότητα) σε σχέση με το μάρτυρα (Σχήμα 3.60).



**Σχήμα 3.60.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στη μέτρηση φθορισμού σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

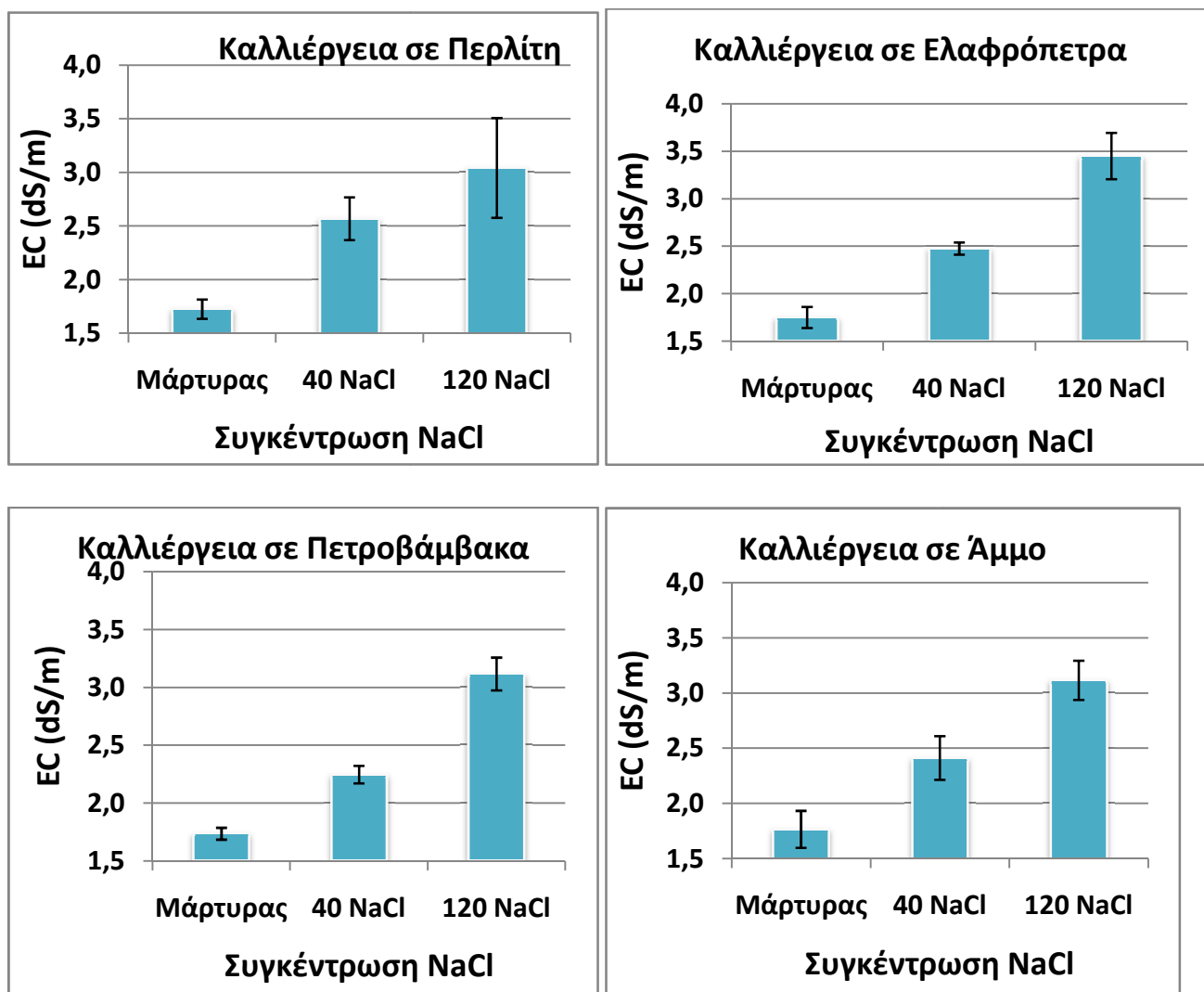
### 3.6.3: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ pH ΚΑΙ ΕΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ

Σημειώθηκαν διαφορές ως προς την τιμή του pH από την απορροή των σάκων που αναπτύχθηκε το σταμναγκάθι. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι στην χαμηλή αλατότητα υπήρχαν περιπτώσεις με το χαμηλότερο pH, με εξαίρεση την άμμο (Σχήμα 3.61).



**Σχήμα 3.61.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο pH των διαλυμάτων απορροής σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε υποστρώματα περλίτη, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακα και άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η αυξημένη αλατότητα είχε ως αποτέλεσμα την συσσώρευση αλάτων και την αύξηση της αγωγιμότητας στα υποστρώματα, που ήταν σχεδόν διπλάσια από αυτήν του μάρτυρα (Σχήμα 3.62).

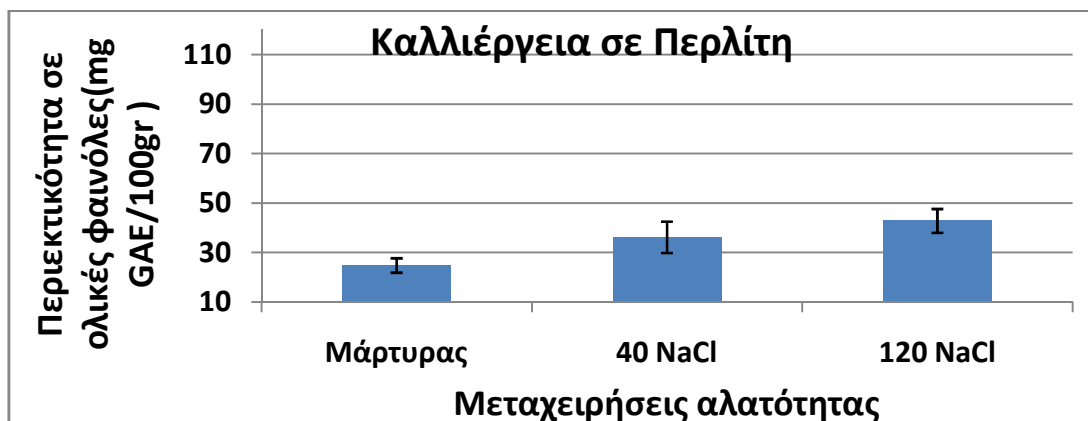


**Σχήμα 3.62.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην EC(dS/m) των διαλυμάτων απορροής σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε υποστρώματα περλίτη, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακα και άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



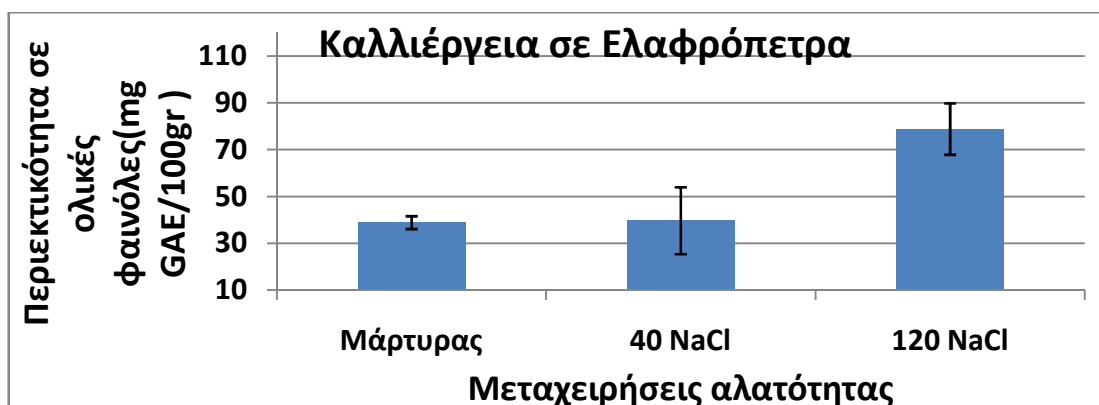
### 3.6.4: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΟΛΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ

Η περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες σε υδροπονική καλλιέργεια σε περλίτη φαίνεται στο Σχήμα 3.63. Η αλατότητα αύξησε (έως και 42%) την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες σε σχέση με το μάρτυρα.



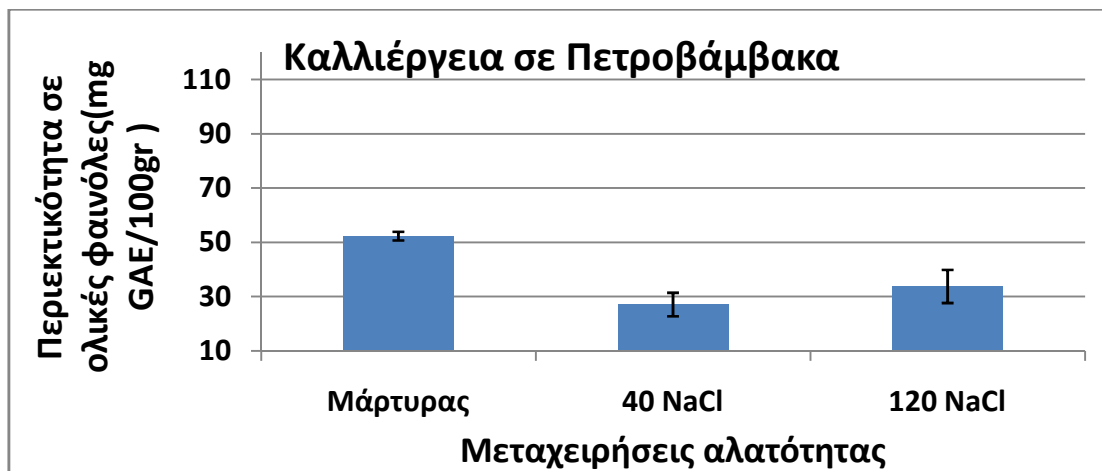
**Σχήμα 3.63.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε περλίτη σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η διακύμανση σε περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες φαίνεται στο Σχήμα 3.64, και προκύπτει ότι η υψηλή αλατότητα στο θρεπτικό διάλυμα, αύξησε (διπλασιασμός) την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες όταν η ελαφρόπετρα χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών.



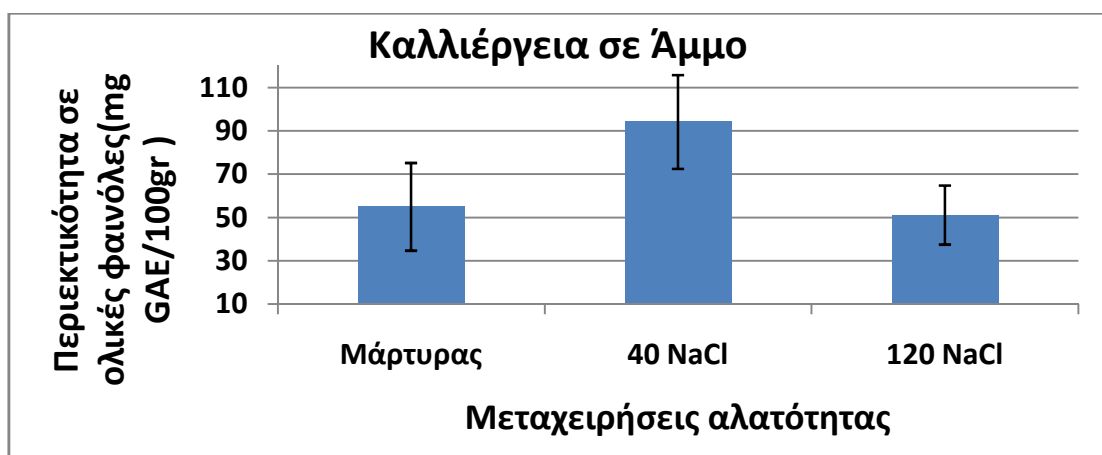
**Σχήμα 3.64.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) σε περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε ελαφρόπετρα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Σε υδροπονική καλλιέργεια σε πετροβάμβακα προκύπτει ότι η αλατότητα μείωσε (έως και 48%) την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες σε σχέση με το μάρτυρα (Σχήμα 3.65).



**Σχήμα 3.65.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) σε περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

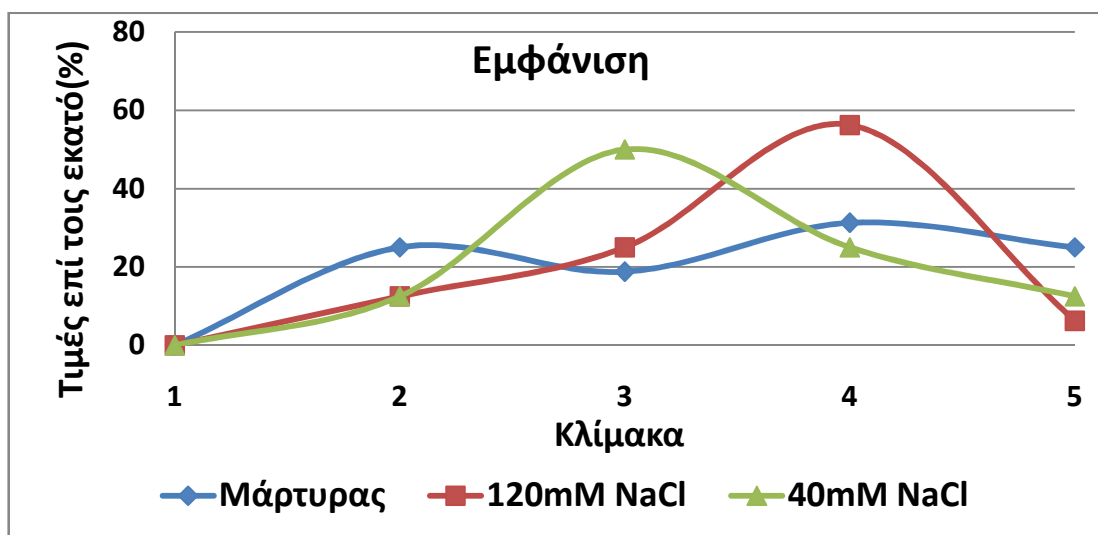
Δεν διαπιστώθηκε συγκεκριμένη διαφοροποίηση μεταξύ των μεταχειρίσεων κατά την επίδραση της αλατότητας στην περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες, σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο (Σχήμα 3.66).



**Σχήμα 3.66.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) σε περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε άμμο σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

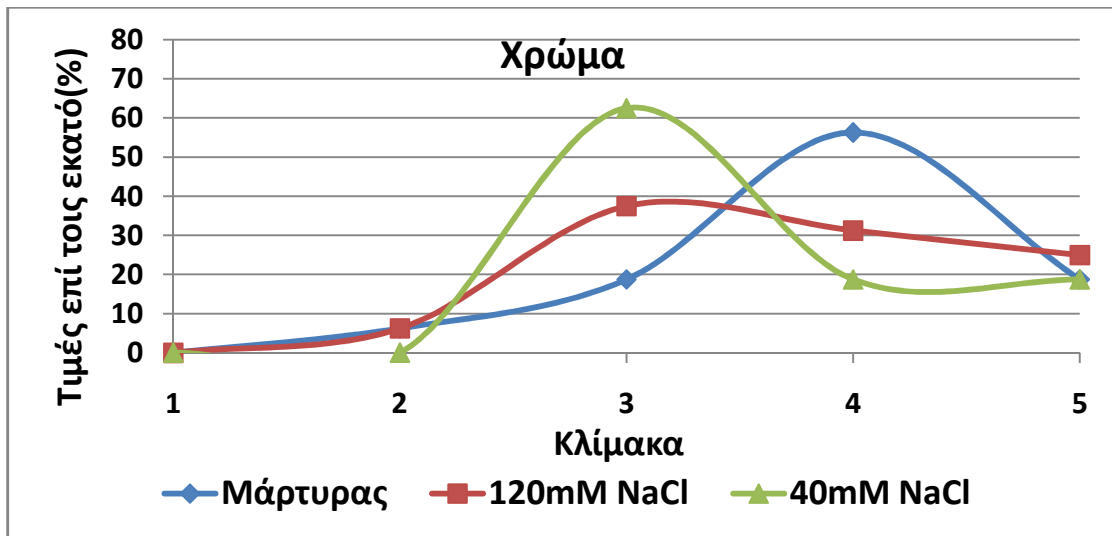
### 3.6.5: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΟΥ

Το σταμναγκάθι που αναπτύχθηκε στην υψηλή αλατότητα κρίθηκε (κατά 58%) ως προς την εμφάνιση του ‘πολύ καλή’ σε σχέση με την χαμηλή αλατότητα και το μάρτυρα (Σχήμα 3.67).



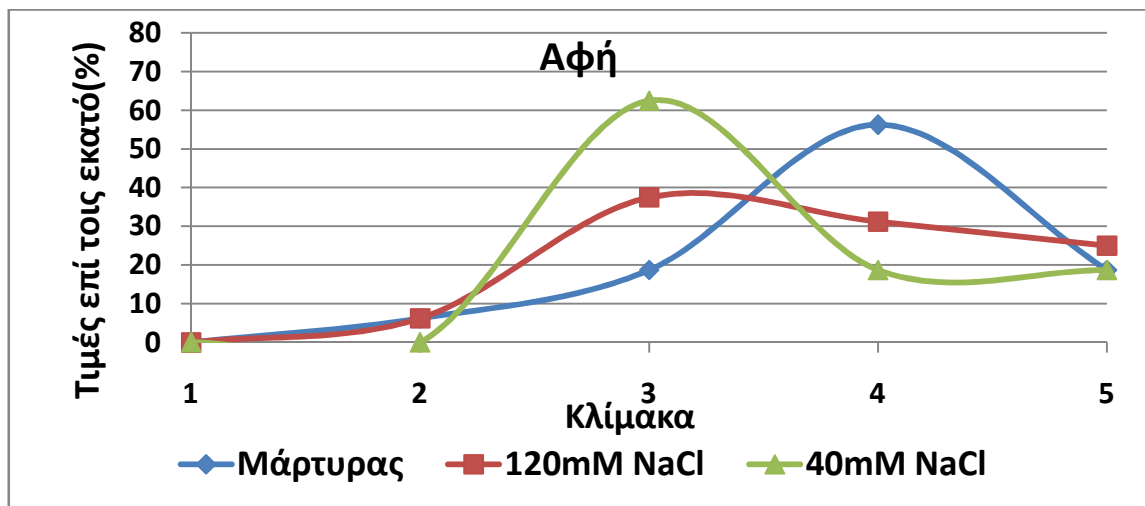
**Σχήμα 3.67.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην εμφάνιση έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: κακή, 2:μετρια, 3: καλή, 4: πολύ καλή, και 5 άριστη.

Στο Σχήμα 3.68 παρουσιάζεται η επίδραση αλατότητας στο χρώμα των φυτών σταμναγκαθιού, έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο και προκύπτει ότι στα φυτά που αναπτύχθηκαν στη χαμηλή αλατότητα κρίθηκαν κατά 60% ως ‘καλό’ χρώμα, ενώ στο μάρτυρα, κατά το ίδιο ποσοστό, κρίθηκαν ως ‘πολύ καλό’ χρώμα. Γενικότερα, μπορεί να λεχθεί ότι δεν υπήρξε αρνητική κριτική ως προς το χρωματισμό των προϊόντων.



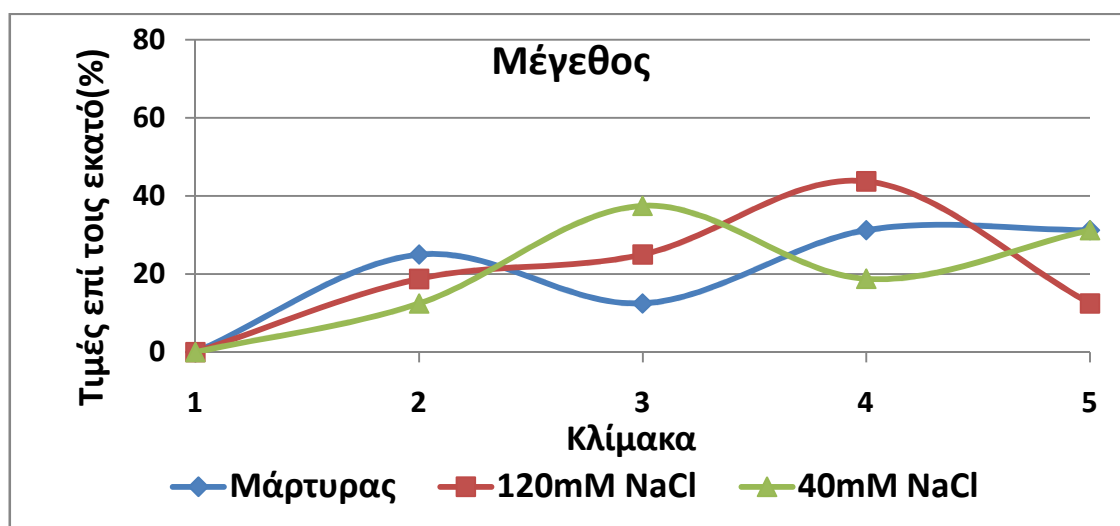
**Σχήμα 3.68.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο χρώμα έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: κακό, 2:μετριο, 3: καλό, 4: πολύ καλό , και 5 άριστο.

Στο Σχήμα 3.69 φαίνεται η επίδραση της αλατότητας στην αφή στα φυτά σταμναγκαθιού και προκύπτει ότι το σταμναγκαθί που αναπτύχθηκε τόσο στη χαμηλή αλατότητα όσο και στο μάρτυρα, κρίθηκαν (κατά 60%) ως ‘καλό’ έως ‘πολύ καλό’ αντίστοιχα, ενώ στην υψηλή αλατότητα υπήρξε διακύμανση των προτιμήσεων.



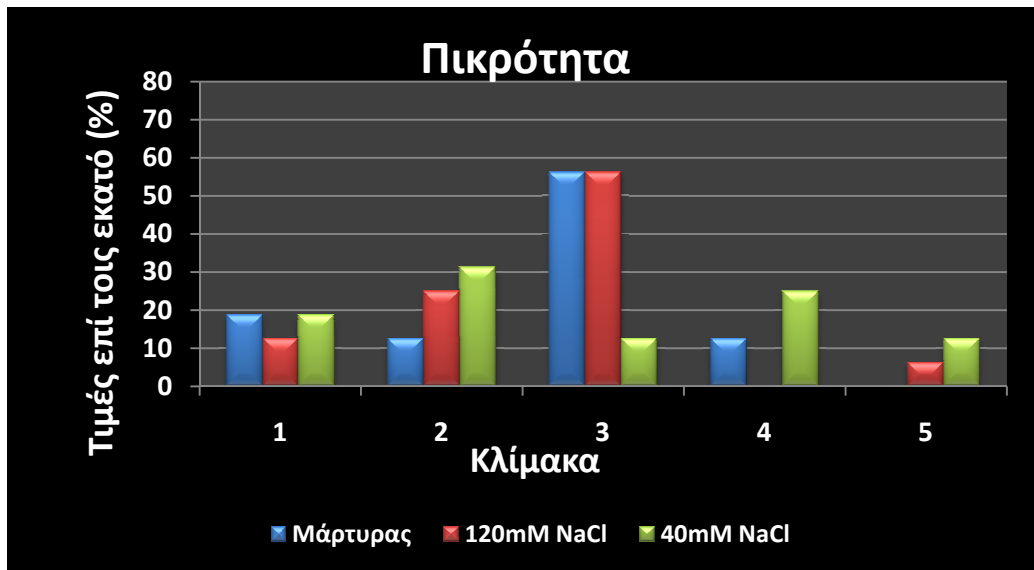
**Σχήμα 3.69.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην αφή με τα δύο δάκτυλα έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: κακή, 2:μέτρια, 3: καλή, 4: πολύ καλή , και 5 άριστη.

Στο Σχήμα 3.70 φαίνεται η επίδραση της αλατότητας στο μέγεθος φυτών σταμναγκαθιού και προκύπτει ότι το σταμναγκάθι που αναπτύχθηκε στην αυξημένη αλατότητα, κρίθηκε (κατά 42%) ως ‘πολύ καλό’, ενώ στη χαμηλή αλατότητα και στο μάρτυρα υπήρξε διακύμανση των προτιμήσεων.



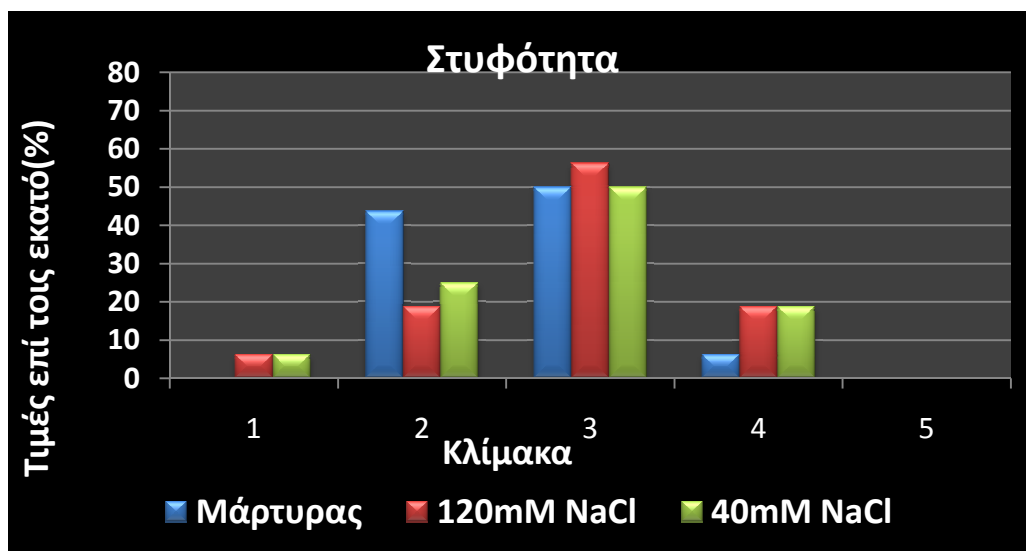
**Σχήμα 3.70.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο μέγεθος έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: κακό, 2:μετριο, 3: καλό, 4: πολύ καλό , και 5 άριστο.

Στο Σχήμα 3.71 φαίνεται η επίδραση της αλατότητας στην πικρότητα φυτών σταμναγκαθιού, έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο και προκύπτει ότι το σταμναγκάθι που αναπτύχθηκε τόσο στο μάρτυρα όσο και στην αυξημένη αλατότητα, κρίθηκαν (κατά 56%) ως ‘μέτρια πικρά’, ενώ στην χαμηλή αλατότητα υπήρξε διακύμανση των προτιμήσεων.



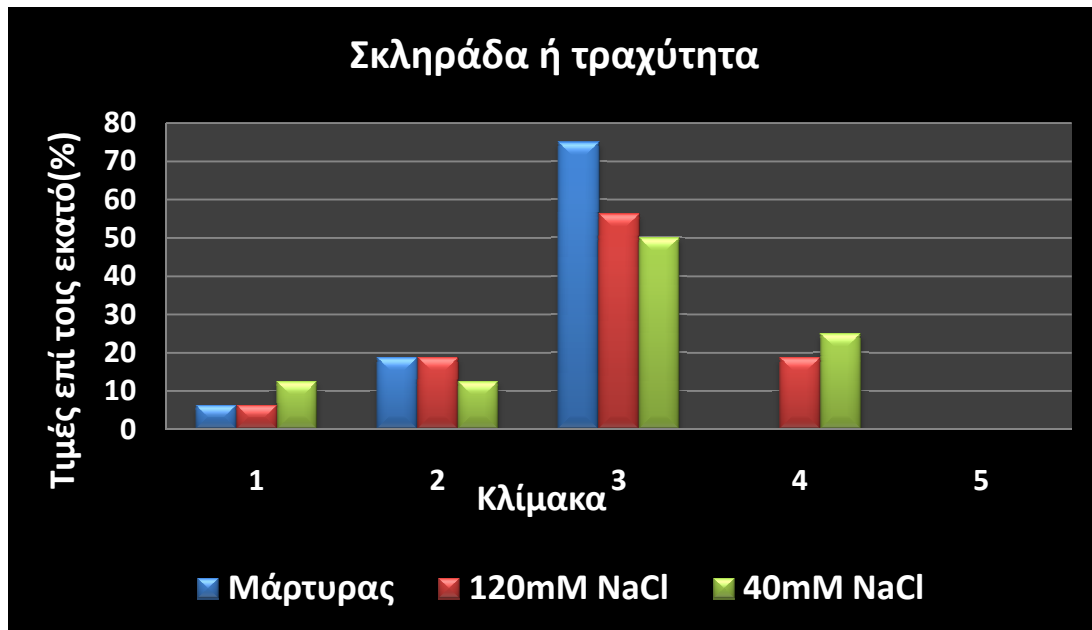
**Σχήμα 3.71.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην πικρότητα έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: πικρή, 2: λιγότερη πικρή, 3: μέτρια πικρή, 4: ουδέτερη, και 5 ελαφρά γλυκιά.

Στο Σχήμα 3.72 παρουσιάζεται η επίδραση της αλατότητας στη στυφότητα φυτών σταμναγκαθιού, έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο και προκύπτει ότι το 50% των προτιμήσεων ήταν 'μέτριο στυφό' χωρίς διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων αλατότητας.



**Σχήμα 3.72.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην στυφότητα έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: πολύ λίγη, 2: λίγη, 3: μέτρια, 4: αρκετή, και 5 πολύ.

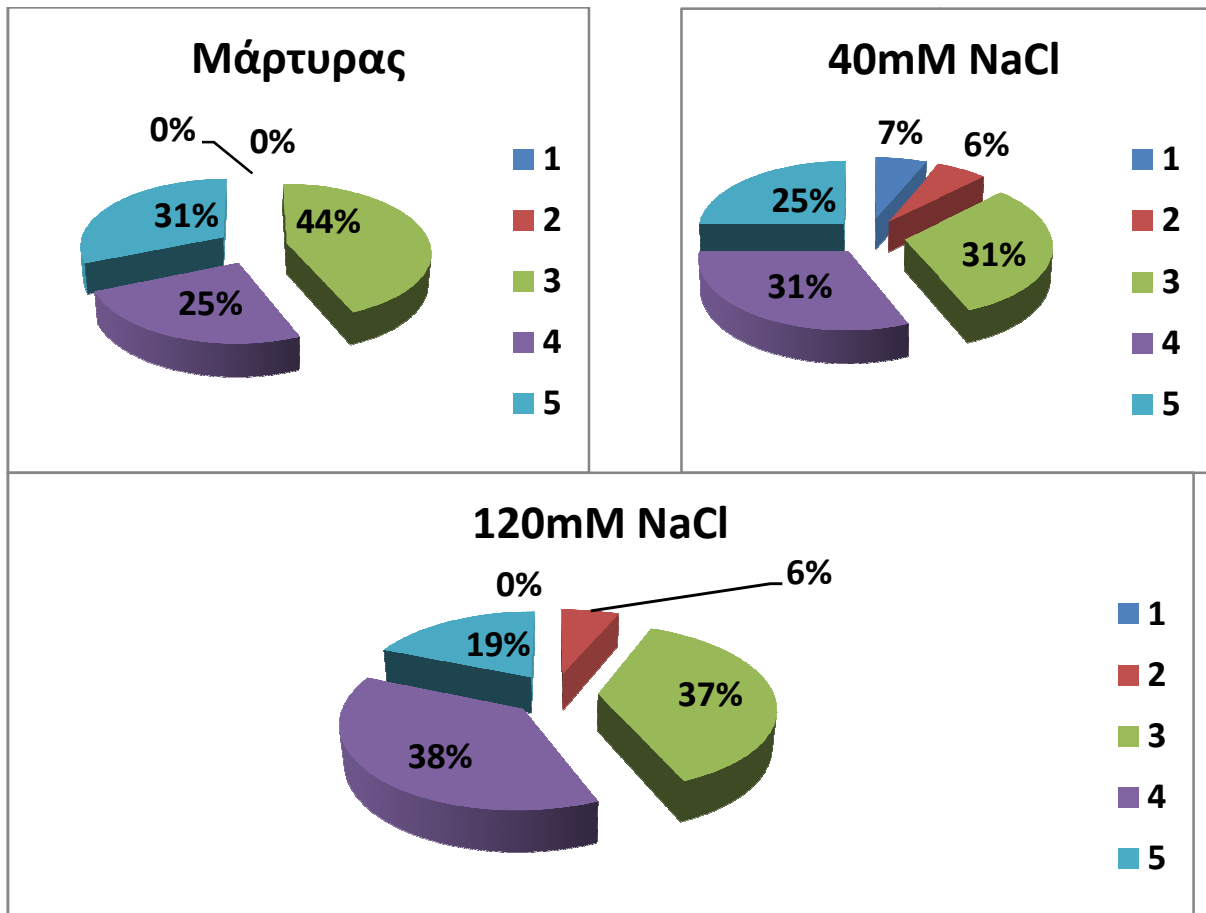
Το σταμναγκάθι που αναπτύχθηκε στο μάρτυρα σημείωσε 75% των προτιμήσεων ως ‘μέτριο’ σκληρό (Σχήμα 3.73).



**Σχήμα 3.73.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στην σκληράδα ή τραχύτητα, έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: πολύ λίγη, 2: λίγη, 3: μέτρια, 4: αρκετή, και 5 πολύ.

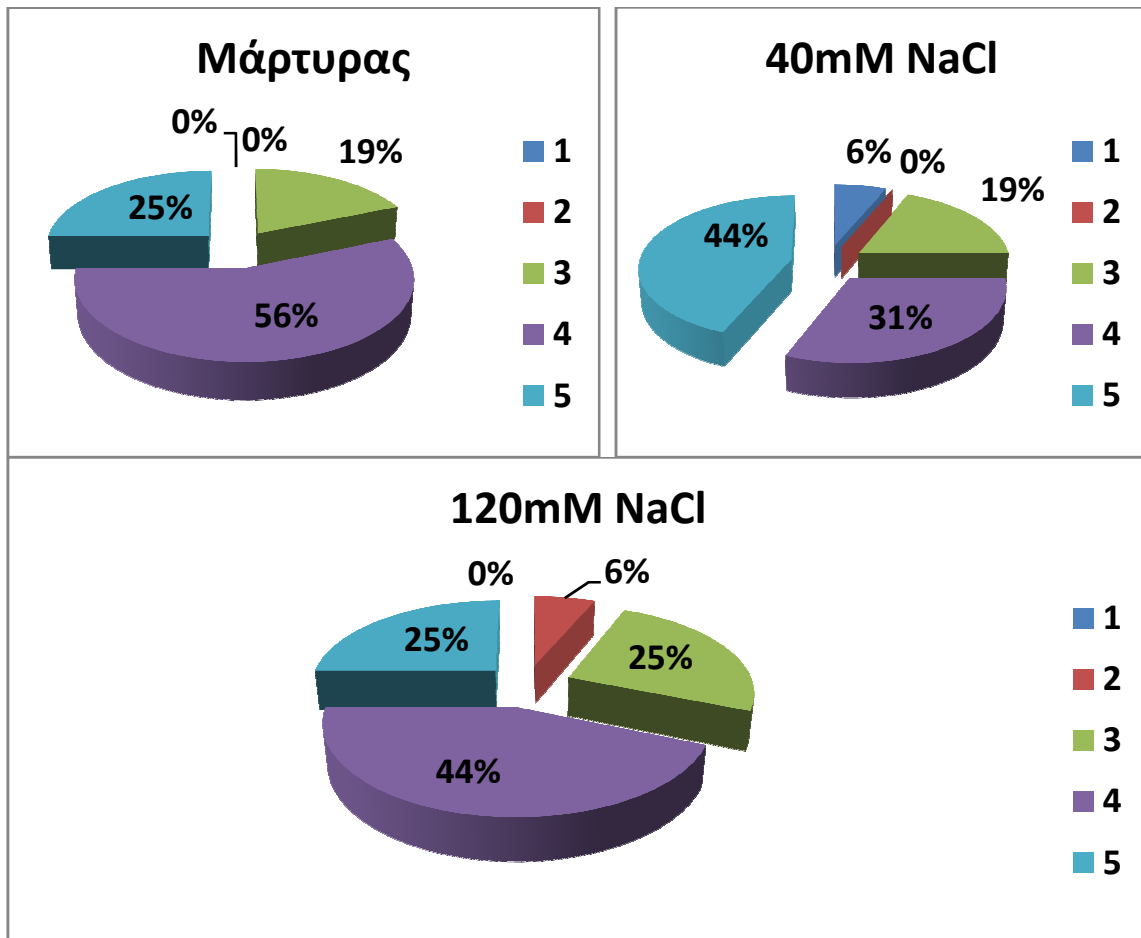
Στα Σχήματα 3.74 και 3.75 παρουσιάζεται η επίδραση αλατότητας φυτών σταμναγκαθιού, έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σχετικά με ‘το πόσο ικανοποιημένοι’ έμειναν οι κριτές και αν τους ‘προσέλκυε για την αγορά’ του και προκύπτει ότι στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε αλατότητα κρίθηκαν κατά 25% ως ‘άριστα’ ικανοποιημένοι ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τα φυτά του μάρτυρα ήταν 31%. Ένα χαμηλό ποσοστό (<10%) δεν έμειναν ικανοποιημένοι από τα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες αλατότητας σε σχέση με το μάρτυρα.

Ένα ποσοστό πάνω από 70% δήλωσαν ‘μάλλον ναι’ ή ‘ναι’ ότι το προϊόν, σε όλες τις μεταχειρίσεις, θα του προσέλκυε σε αγορά του. Γενικότερα, μπορεί να λεχθεί ότι δεν υπήρξε αξιοσημείωτη αρνητική κριτική ως προς την ικανοποίηση και αγορά των προϊόντων.



**Σχήμα 3.74.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο βαθμό που έμειναν ικανοποιημένοι, έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: κακό, 2:μετριο, 3: καλό, 4: πολύ καλό , και 5 άριστο.





**Σχήμα 3.75.** Επίδραση διαφορετικής συγκέντρωσης αλατότητας (0 mM, 40 mM και 120 mM) στο βαθμό που θα προσέλκυε για την αγορά του, έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού, σε ανοιχτό σύστημα. Οι τιμές της κλίμακας 1-5 αναφέρονται σε 1: όχι, 2: μάλλον όχι, 3: μερικές φορές, 4: μάλλον ναι, και 5: ναι

### 3.7: ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της υπεράντλησης νερού και της αλόγιστης χρήσης φυτοφαρμάκων σε πολλές περιοχές της Ελλάδας το νερό του υδροφόρου ορίζοντα έχει γίνει υφάλμυρο ενώ σε αρκετές περιοχές έχει επίσης μολυνθεί από χημικά. Η υψηλή αγωγιμότητα καθιστά το νερό ακατάλληλο για άρδευση ευαίσθητων καλλιεργειών. Η ανάγκη εναλλακτικής χρήσεως υποβαθμισμένης ποιότητας νερού για την άρδευση καλλιεργειών λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας καλής ποιότητας νερού, μερικές φορές οδηγεί σε αλάτωση των εδαφών. Στα αλατούχα εδάφη η ύπαρξη σημαντικών ποσοτήτων διαλυτών αλάτων καθιστά πολύ δύσκολο στα φυτά να προσλάβουν νερό λόγω της αυξημένης οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος και της μειωμένης διαπερατότητας των ριζών στο νερό με αποτέλεσμα η αλατότητα επηρεάζει την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών.

Για το λόγο αυτό, στην παρούσα μελέτη, αξιολογήθηκε η επίδραση διαφορετικών τύπων αδρανών υποστρωμάτων σε συνδυασμό με την επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων αλατότητας στην καλλιέργεια σταμναγκαθιού. Όσο αφορά την επίδραση του υποστρώματος, βρέθηκε αυξημένος (έως και 23%) αριθμός φύλλων που σημειώθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε ελαφρόπετρα, ενώ το μεγαλύτερο μήκος (έως και 22%) φύλλων βρέθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε πετροβάμβακα. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε άμμο, είχαν γενικότερα τη μικρότερη ανάπτυξη. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πετροβάμβακα παρατηρήθηκε αύξηση (διπλάσιο βάρος) στο συνολικό νωπό βάρος σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε άμμο. Δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς την φυλλική επιφάνεια, τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων. Επιπλέον δεν σημειώθηκαν διαφορές ως προς την ξήρανση της κορυφής του σταμναγκαθιού μεταξύ των διαφορετικών υποστρωμάτων όπου αναπτύχθηκαν.

Τελικώς καλύτερα αποτελέσματα ως προς την ανάπτυξη των φυτών στα υποστρώματα, έδωσε ο πετροβάμβακας όπου το κυριότερο όμως πλεονέκτημα του είναι η ικανότητα που διαθέτει να συγκρατεί πολύ μεγάλες ποσότητες θρεπτικού διαλύματος, μιας και οι πόροι του καταλαμβάνουν περίπου το 96% του όγκου του (Μαυρογιαννόπουλος, 1994), ακολουθούν ο περλίτης και η ελαφρόπετρα όπου δεν σημείωσαν διαφορές μεταξύ τους, και τέλος ακολουθεί η άμμος. Όμοια συμπεριφορά ως προς την ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας, βρέθηκε όταν χρησιμοποιήθηκε περλίτης και ελαφρόπετρα (Economakis et al., 2001; Economakis and Daskalaki, 2005; Tzortzakis and Economakis, 2005a,b). Ως προς την παραγωγή, τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πετροβάμβακα παρατηρήθηκε αύξηση (διπλάσιο βάρος σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε άμμο)

στο συνολικό νωπό βάρος σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα ενώ η επίδραση υποστρώματος στην περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία παρουσιάζεται αυξημένη στο υπόστρωμα της άμμου (έως και 32%), σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα.

Η ανάπτυξη των φυτών διαφοροποιήθηκε έπειτα από εφαρμογή διαφορετικών συγκεντρώσεων αλατότητας στα προαναφερόμενα αδρανή υποστρώματα σε καλλιέργεια σταμναγκαθίου. Φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη και σε ελαφρόπετρα σε συνθήκες αλατότητας, μειώθηκε ο αριθμός των φύλλων τους και (συμπεριλαμβανομένου της άμμου ως υπόστρωμα) μειώθηκε και το μήκος των φύλλων τους. Η αλατότητα δεν επηρέασε τη φυλλική επιφάνεια και την ξήρανση της κορυφής των φυτών. Επομένως, η αυξημένη αλατότητα επιδρά δυσμενώς στην ανάπτυξη και παραγωγή στο σταμναγκάθι ενώ αντίθετα η μειωμένη αλατότητα (40 mM NaCl) δεν διέφερε σημαντικά από το μάρτυρα. Σε προηγούμενη μελέτη βρέθηκε ότι σε καλλιέργεια φακής κάτω από συνθήκες αλατότητας, το φυτόωμα επιβραδύνεται, η αύξηση μειώνεται και δημιουργούνται νάνα φυτά (Sidari et al., 2007). Η αρνητική επίδραση της υψηλής συγκέντρωσης αλατότητας (12 dS/m, 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%). Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η επίδραση χαμηλής αλατότητας (40 mM NaCl) σε υδροπονική καλλιέργεια (NFT) μαρουλιού, δεν επέφερε αλλαγές στην ανάπτυξη της ρίζας ενώ η αλατότητα γενικότερα (40 mM NaCl και 120 mM 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, 100 mM NaCl) ή από υψηλή αγωγιμότητα με μείωση της αγωγιμότητας των στοματίων και της συγκέντρωσης του μεσοκυττάριου CO<sub>2</sub>, ενώ αντίθετα αυξήθηκε η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη (Λυκοσκούφης κ.α, 2007). Όμως στην παρούσα μελέτη βρέθηκε ότι η αυξημένη συγκέντρωση αλατιού (120 mM NaCl) μείωσε τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων και πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό είδος (σταμναγκάθι) ή/και μεγαλύτερη συγκέντρωση αλατιού (120 mM NaCl). Μείωση στα επίπεδα χλωροφύλλης α με την επίδραση υψηλής αλατότητας (90 mM NaCl) όπου συνδυάστηκε με ταυτόχρονη αύξηση της περιεκτικότητας των καροτενοειδών, βρέθηκε σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού (Χονδράκη, 2009).

Η αλατότητα μείωσε (έως και 35%) το συνολικό νωπό βάρος σε σχέση με το μάρτυρα στα υποστρώματα περλίτη και άμμο ενώ στα υποστρώματα πετροβάμβακα και ελαφρόπετρα δεν επηρέασε το συνολικό νωπό βάρος σε σχέση με το μάρτυρα. Ενώ η αλατότητα αύξησε την περιεκτικότητα ξηράς ουσίας σε σχέση με το μάρτυρα στα υποστρώματα περλίτη και ελαφρόπετρα, μείωσε την περιεκτικότητα ξηράς ουσίας στο υπόστρωμα. 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). Προηγούμενες μελέτες αναφέρουν ότι όταν τα επίπεδα αλατότητας ήταν μεγαλύτερα από 2,0 και 2,6 dS/m μείωσαν την παράγωγη και την ανάπτυξη αντίστοιχα, στο μαρούλι, αλλά η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία αυξήθηκε κατά 24% σε σχέση με το μάρτυρα (Andriolo et al., 2005), που συμφωνεί με την παρούσα μελέτη. Υψηλή αλατότητα μειώνει την ανάπτυξη των φύλλων, σε μεγάλο βαθμό λόγω της αναστολής της κυτταρικής διαίρεσης παρά της αναστολής της ανάπτυξης των κύτταρων (Chartzoulakis and Klapaki, 2000).

Η περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες στην παρούσα μελέτη για την καλλιέργεια σταμναγκαθιού, συμφωνεί με προηγούμενες μελέτες (Zeghichi et al., 2003), ενώ βρέθηκε ότι η χαμηλή συγκέντρωση αλατότητας αύξησε την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες στα υποστρώματα περλίτη και ελαφρόπετρα. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με προηγούμενη μελέτη στο μαρούλι (*Valerianella locusta* L.) (Zanin et al., 2009). Επίσης, η χαμηλή αλατότητα βελτίωσε ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών, όπως το χρώμα, την πικρότητα και τη τραχύτητα, που αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά του σταμναγκαθιού και έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο το 56% των κριτών δήλωσαν πολύ ικανοποιημένοι από το προϊόν. Το γεγονός αυτό, υπογραμμίζει την προσαρμοστικότητα και την καλύτερη ανάπτυξη του σταμναγκαθιού σε συνθήκες χαμηλής αλατότητας, όπου αποτελεί και την γεωγραφική εξάπλωση του φυτού (αναπτύσσεται σε παράκτιες ζώνες).

Η αλατότητα είναι ένας από τους κυριότερους αβιοτικούς παράγοντες που προκαλούν καταπόνηση και επηρεάζουν την παραγωγικότητα των φυτών. Η αντίδραση στην αλατότητα όσο αφορά την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών είναι αποτέλεσμα διαφόρων διαδικασιών, συμπεριλαμβανόμενου της μείωσης της δέσμευσης του άνθρακα λόγω τοξικότητας ιόντων (Niu et al., 1995), μείωση της φωτοσύνθεσης λόγω του μερικού κλεισίματος των στοματίων

και απώλειες ενέργειας κατά την διαδικασία της οσμωτικής ρύθμισης και περιορισμός της ανάπτυξης λόγω έλλειψη ισορροπίας θρεπτικών στοιχείων (Grattan and Grieve, 1999).

#### Κεφ. 4: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andriolo JL, da Luz GL, Witter MH, Godoi RS, Barros GT, Bortolotto OC, 2005. Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Hortic. Bras.* 23:931-934.
- Baum DA, Shaw KL, 1995. Genealogical perspectives on the species problem. In: Hoch PC, Stephenson AG (eds.) *Experimental and molecular approaches to plant biosystematics. Monographs in systematics*, Missouri Botanical Garden, St, Louis., 53: 289-303.
- Bedarff U, 1985. *Die Gattung Cichorium (Compositae), ihre Merkmale und ihre Arten*, Georg-August-Universität, Göttingen.
- Bradford KJ, Hsiao TC, 1982. Physiological responses to moderate water stress. In: "Encyclopedia of Plant Physiology", New Series, Vol. 12B: *Physiological Plant Ecology, II. Water Relations and Carbon Assimilation*, OL Lange, PS Nobel, CB Osmond and H Zeigler (eds.), Springer-Verlag, Berlin, pp. 263-324.
- Chartzoulakis K, Klapaki G, 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae* 86:247-260.
- Cramer GR, Läuchli A, Polito VS, 1985. Displacement of Ca<sup>2+</sup> by Na<sup>+</sup> from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress? *Plant Physiol.* 79:207- 211.
- Economakis CD, 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 CD, 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.
- Flowers TJ, Troke PF, Yeo AR, 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28:89-121.
- Foster JG, Clapham WM, Belesky DP, Labreuveux M, Hall MH, Sanderson MA, 2006. Influence of Cultivation Site on Sesquiterpene Lactone Composition of Forage Chicory (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:1772-1778.
- Gemeinholzer B, Bachmann K, 2005. Examining morphological and molecular diagnostic character states of *Cichorium intybus* L. (Asteraceae) and *C. spinosum* L. *Plant Systemics and Evolution* 253: 105-123.

- Grattan SR, Grieve CM, 1999. Salinity - mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hort.* 78: 127– 157.
- Hautala EL, Wulff A, Oksanen J, 1992. Effects of deicing salt on visible symptoms, element concentrations and membrane damage in first-year needles of roadside Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Ann. Bot. Fenn.* 29:179-185.
- Jarvis PG, 1980. Stomatal response to water stress in conifers. In: “Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress”, NC Turner and PJ Kramer (eds.), John Wiley & Sons, New York, pp. 105-122.
- Jones MM, Rawson HM, 1979. Influence of rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis, leaf conductance, water use efficiency and osmotic potential of sorghum. *Physiol. Plant.* 45:103-111.
- Kiers M, Mes THM, van der Meijden R, Bachmann K, 2000. A search for diagnostic AFLP markers in *Cichorium* species with emphasis on endive and chicory cultivar groups. *Genome* 43: 470–476.
- Kisiel W, Zielinska K, 2001. Guaianolides from *Cichorium intybus* and structure revision of *Cichorium* sesquiterpene lactones. *Phytochemistry* 57: 523-527.
- Kozłowski TT, 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiol. Monog.* No. 1.
- Lauchli A, Epstein E, 1990. Plant responses to saline and sodic conditions. p. 113-137. In: Tanji KK (ed.). *American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.*
- Ludlow MM, 1980. Adaptive significance of stomatal responses to water stress. In: “Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress”, NC Turner and PJ Kramer (eds.), John Wiley & Sons, New York, pp. 123-138.
- Melliou E, Magiatis P, Skaltsounis AL, 2003. Alkylresorcinol derivatives and sesquiterpene lactones from *Cichorium spinosum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 1289-1292.
- Michalska K, Kisiel W, 2007. Further sesquiterpene lactones and phenolics from *Cichorium spinosum*. *Biochemical Systematics and Ecology* 35: 714-716.
- Miyamoto S, Piela K, Pericrew J, 2004. Salt effects on germination and seedling emergence of several vegetables and guayule. *Irrigation Science* 6: 159-170.
- Niu X, Bressan RA, Hasegawa PM, Pardo JP, 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol.* 109:735–742.

- Paraschos S, Magiatis P, Kalpoutzakis E, Harvala C, Skaltsounis AL, 2001. Three new dihydroisocoumarins from the Greek endemic species *Scorzonera cretica*. *Journal of Natural Products* 64: 1585-1587.
- Plaut Z, 1995. Photosynthesis in plants/crops under water and salt stress. In: "Handbook of Plant and Crop Physiology", M. Pessarakli (ed.), Marcel Dekker, New York, chapter 27, pp. 587-603.
- Rees SB, Harborne JB, 1985. The role of sesquiterpene lactones and phenolics in the chemical defense of the chicory plant. *Phytochemistry* 24: 2225-2231.
- Renaud S, Lorget M, Delaye J, Guidollet J, Jacquard F, Mabelle N, Martin JL, Monjaud I, Salen P, Toubol P, 1995. Cretan Mediterranean diet for prevention of coronary heart disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 61: 1360-1367.
- Resh HM, 1995. *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook of Soil Less Food-Growing Methods*. Πέμπτη Έκδοση, Woodbridge Press, 1997. Σελ. 23.
- Resh HM, 1998. *Hydroponics, Questions and Answers*. Woodbridge Press, Santa Barbara, California.
- Schulze ED, 1986. Whole-plant responses to drought. *Aust. J. Plant Physiol.* 13:127-141.
- Shannon MC, Grieve CM, Francois LE, 1994. Whole-plant response to salinity. In: Wilkinson RE (ed) *Plant Environment Interactions*. Marcel Dekker, New York, pp. 199- 244.
- Sidari M, Muscolo A, Anastasi U, Preiti G, Santonoceto C, 2007. Response of four genotypes of lentil to salt stress conditions. *Seed Science and Technology* 35: 497-503.
- Sonneveld C, 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. *Netherland Journal of Agricultural Science* 36:63-73.
- Tattini M, Gucci R, Coradeschi MA, Ponzio C, Everard JD, 1995. Growth, gas exchange and ion content in *Olea europea* plants during salinity stress and subsequent relief. *Physiol. Plant.* 95: 203-210.
- Turner NC, 1974. Stomatal response to light and water under field conditions. In: "Mechanisms of Regulation of Plant Growth", RL Bieleski, AR Ferguson and MM Cresswell (eds.), Wellington: The Royal Society of New Zealand, Bulletin 12, pp. 423-432.
- Tzortzakis NG, 2007. Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 111-116.
- Tzortzakis NG, 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 NG, Economakis CD, 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 NG, Economakis CD, 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 NG, 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.
- Vardavas CI, Majchrzak D, Wagner KH, Elmadfa I, Kafatos A, 2006a. The antioxidant and phyloquinone content of wildly grown greens in Crete. *Food Chemistry* 99: 813–821.
- Vardavas CI, Majchrzak D, Wagner KH, Elmadfa I, Kafatos A, 2006b. Lipid concentrations of wild edible greens in Crete. *Food Chemistry* 99: 822–834.
- Waisel Y, 1991. Adaptation to salinity. In: “Physiology of Trees”, AS Raghavendra (ed.), Wiley, New York, pp 359-383.
- Walker RR, Torokfalvy E, Downton WJ, 1982. Photosynthetic responses of citrus varieties Rangpur lime and Etgor Citron to salt treatment. *Aust. J. Plant Physiol.* 9:783-790.
- Walker RR, Torokfalvy E, Steele Scott N, Kriedemann NE, 1981. An analysis of photosynthetic response to salt treatment in *Vitis vinifera*. *Aust. J. Plant Physiol.* 8:359-374.
- Zanin G, Ponchia G, Sambo P, 2009. Yield and quality of vegetables grown in a floating system for ready-to-eat produce. *Acta Hort.* 807: 433-438.
- Zeghichi S, Kallithraka S, Simopoulos AP, 2003. Nutritional Composition of *Molokhia* (*Corchorus olitorius*) and *Stamnagathi* (*Cichorium spinosum*). In: Simopoulos AP, Gopalan C (eds): *Plants in Human Health and Nutrition Policy*. World Rev Nutr Diet. Basel, Karger, vol 91, pp 1–21.
- Ziska LH, Seeman LH, DeJong TM, 1990. Salinity induced limitations on photosynthesis in *Prunus salicina*, a deciduous tree species. *Plant Physiol.* 93:864- 870.
- Ακουμιανάκης Κ, Αλεξόπουλος Α, Κώτσιρας Α, Λουλουργά Β, Τσαγκλή Ζ, 2009. Συγκριτική μελέτη της επίδρασης του συστήματος επίπλευσης και του φυτοδοχείου στην ανάπτυξη και παραγωγή σταμναγκαθιού *Cichorium spinosum* και αδραλίδας *Hymenonema graecum*. 24ο Επιστημονικό Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Βέροια. 19-23 Οκτωβρίου 2009. Σελ. 76.
- Ακουμιανάκης Κ, Σάββας Δ, Καραπάνος Ι, 2007. Συγκριτική μελέτη βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας σταμναγκαθιού (*Cichorium spinosum* L.). 23ο Συνέδριο της

- Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Χανιά, 23-26 Οκτωβρίου 2007. Σελ. 54.
- Αλιμπέρτης Α, 1994. Κρήτη, το φαράγγι της Σαμαριάς και τα φυτά του. Τυποκρέτα. Σελ. 68-69.
- Αλιμπέρτης Α, 2006. Θεραπευτικά, αρωματικά και εδώδιμα φυτά της Κρήτης. Εκδόσεις ΜΥΣΤΙΣ. Σελ.10-11.
- Αναγνωστάκης Ι, «Σταμναγκάθι, καλλιέργεια και προοπτική», από το δικτυακό τόπο (<http://oliveoil.homedns.org/stamnagkathi> - ανακτημένο στις 18-09-2009).
- Ανώνυμος, 2009. Η ιστορία των υδροπονικών και αεροπονικών καλλιεργειών. ([http://www.hydrogrown.com.cy/greek/about\\_hydroponics.asp](http://www.hydrogrown.com.cy/greek/about_hydroponics.asp), ανακτημένο στις 26-10-2009).
- Βενέτη ΓΑ, 2005. Η επίδραση της αλατότητας στην κερασιά (*Prunus avium* L.). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας (Διδακτορική Διατριβή), σελ 1-154.
- Θεριός Ι, 2005. Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Γαρταγάνη. Σελ. 177-185, 188-215.
- Κανάκης Γ, 1998. Λαϊκή ιατρική στην Κρήτη. Αθήνα. Σελ. 30-31,68-69,121.
- Λιονουδάκης Μ, 2006. Υδροπονική καλλιέργεια – Τα προτερήματα της χρησιμοποίησης υδροπονίας ([www.hydrofit.gr](http://www.hydrofit.gr). Ανακτημένο στις 05-12-2008).
- 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<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Χανιά 23-26 Οκτωβρίου. Σελ. 831-834.
- Μανιός Β, 2007. Υποστρώματα και συστήματα Θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. Σελ. 65-81.
- Μανιός Θ, 2006. Εργαστήριο υποστρωμάτων και συστημάτων Θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. Σελ. 119-127.
- Μαυρογιαννόπουλος ΓΝ, 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα. Αθήνα: Εκδόσεις Α. Σταμούλης. Σελ. 54-62.
- Μπαούμαν Ε, 1993. Η ελληνική χλωρίδα στο μύθο, στην τέχνη και στη λογοτεχνία. Ελληνική εταιρία προστασίας της φύσεως. Β' έκδοση. Σελ.131

- Ολύμπιος Χ, Σάββας Δ, Σάββα Α, Γούμενου Α, Καραπάνος Ι, 2007α. Αλληλεπίδραση υποκειμένων εμβολιασμού και αλατότητας στην ανάπτυξη, την παραγωγή και την ποιότητα των καρπών τομάτας. 23<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Χανιά 23-26 Οκτωβρίου. Σελ. 763-766.
- Ολύμπιος Χ, Ψυχογιού Μ, Βιλανάκης Κ, Κερκίδης Π, 2007β. Επίδραση της αλατότητας και των υποκειμένων εμβολιασμού στην απόδοση και την ποιότητα καρπών αγγουριάς. 23<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Χανιά 23-26 Οκτωβρίου. Σελ. 843-846.
- Σάββας Δ, Γιώτης Δ, Μπακέα Μ, Καραπάνος Ι, Πάσσαμ Χ, 2007. Αλληλεπιδράσεις μεταξύ αλατότητας και πυριτίου σε υδροπονική καλλιέργεια κολοκυθίου στο θερμοκήπιο. 23<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Χανιά 23-26 Οκτωβρίου. Σελ. 839-842.
- Σταυριδάκης Κ, 2006. Η άγρια βρώσιμη χλωρίδα της Κρήτης. Ιδιωτική Έκδοση. Σελ. 46-48.
- Τζωρτζάκης Ν, 2008. Καλλιέργειες εκτός εδάφους. Σημειώσεις θεωρίας. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, ΤΕΙ Κρήτης. Σελ. 52.
- Τζωρτζάκης Ν, Μεταξάκης Α, Λουλακάκης Κ, 2009. Επίδραση συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθίου. 24ο Επιστημονικό Συνέριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Βέροια. 19-23 Οκτωβρίου 2009. Σελ. 229.
- Φραγκάκη Ε, 1969. Συμβολή εις την δημόδη ορολογία των φυτών. Αθήνα. Σελ. 178.
- Χαβάκη Ι, 1979. Φυτά και βοτάνια της Κρήτης. Εκδόσεις: Ζήτα. Σελ. 297.
- Χατζηευστρατίου Ε, Σάββας Δ, Περβολαράκη Γ, Γκίζας Γ, Συγριμής Ν, 2007. Συσσώρευση αλάτων NaCl σε κλειστή υδροπονική καλλιέργεια πιπεριάς: μοντέλο πρόβλεψης και επιπτώσεις στα φυτά. 23<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Χανιά 23-26 Οκτωβρίου. Σελ. 851-854.
- Χονδράκη Σ, 2009. Επίδραση αλατότητας και εμπλουτισμού ασβεστίου σε υδροπονική καλλιέργεια μαϊντανού σε σύστημα NFT. Πτυχιακή εργασία. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. ΤΕΙ Κρήτης. Σελ. 110.

## **ΜΕΡΟΣ Γ**

### **Κεφ. 5: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

#### **5.1: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

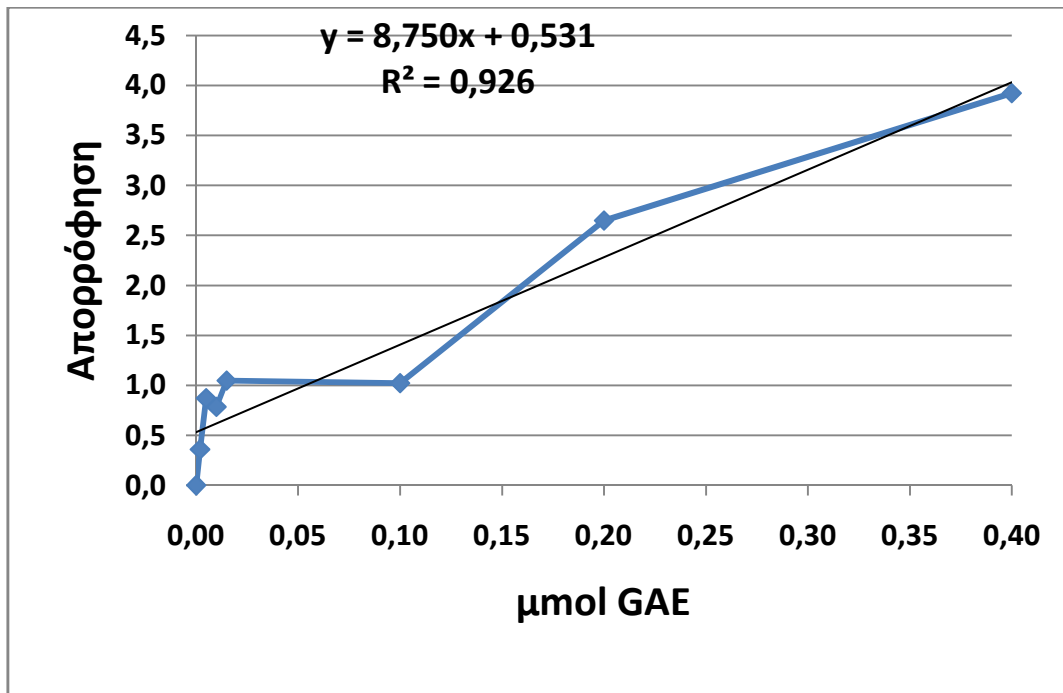
##### Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες

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  $\mu\text{mol}$ ) γραμμοισοδύναμων γαλλικού οξέος (GAE) για την δημιουργία της καμπύλης αναφοράς (Πίνακας 3.1, Σχήμα 3.76). Παρασκευάστηκε η αντίδραση όπως περιγράφηκε στα 'Υλικά & Μέθοδοι' για τα δείγματα και μετρήθηκε η απορρόφηση σε μήκος κύματος 755 nm.

Πίνακας 3.1. Μέτρηση απορρόφησης γνωστών συγκεντρώσεων GAE.

<b><math>\mu\text{mol GAE}</math></b>	<b>Απορρόφηση</b>
<b>0</b>	<b>0,000</b>
<b>0,002</b>	<b>0,359</b>
<b>0,005</b>	<b>0,873</b>
<b>0,010</b>	<b>0,786</b>
<b>0,015</b>	<b>1,048</b>
<b>0,100</b>	<b>1,022</b>
<b>0,200</b>	<b>2,648</b>
<b>0,400</b>	<b>3,924</b>



**Σχήμα 3.76.** Καμπύλη αναφοράς γνωστών συγκεντρώσεων GAE.

## 5.2: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Για την πραγματοποίηση του οργανοληπτικού ελέγχου σχετικά με την επίδραση της αλατότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά αλλά και εμπορικότητα του σταμναγκαθίου, δόθηκε το παρακάτω έντυπο, προς συμπλήρωση από τους δοκιμαστές.

### **ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ-ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙ.**

Παρακαλούμε στις παρακάτω ερωτήσεις τοποθετήστε ένα **X** μέσα στα κελιά για τα δείγματα Α, Β και Γ, ανάλογα με την επιλογή σας. Η αξιολόγηση αναφέρεται σε κλίμακα από 1 έως 5 όπου:

1 (κακό)	2 (μέτριο)	3 (καλό)	4 (πολύ καλό)	5 (άριστο)
1 (πικρό)	2 (λιγότερο πικρό)	3 (μέτριο πικρό)	4 (ουδέτερο)	5 (ελαφρά γλυκό)
1 (πολύ λίγη)	2 (λίγη)	3 (μέτρια)	4 (αρκετή)	5 (πολύ)
1 (όχι)	2(μάλλον όχι)	3 (μερικές φορές)	4 (μάλλον ναι)	5 (ναι)

**ΕΡΩΤΗΣΗ 1: Αναγνωρίζετε διαφορές μεταξύ των δειγμάτων Α, Β και Γ γενικά;**

ΝΑΙ \_\_\_\_\_ ΟΧΙ \_\_\_\_\_

Αν ΝΑΙ, παρακαλώ σχολιάστε

---

---

---

**ΕΡΩΤΗΣΗ 2: Αξιολόγηση στο σταμναγκάθι ως προς την εμφάνιση του;**

	1 (κακή)	2 (μέτρια)	3 (καλή)	4 (πολύ καλή)	5 (άριστη)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

**ΕΡΩΤΗΣΗ 3: Αξιολόγηση στο σταμναγκάθι ως προς το χρώμα του;**

	1 (κακό)	2 (μέτριο)	3 (καλό)	4 (πολύ καλό)	5 (άριστο)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

**ΕΡΩΤΗΣΗ 4: Αξιολόγηση στο σταμναγκάθι ως προς το μέγεθος του;**

	1 (κακό)	2 (μέτριο)	3 (καλό)	4 (πολύ καλό)	5 (άριστο)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

**ΕΡΩΤΗΣΗ 5: Αξιολόγηση στο σταμναγκάθι ως προς την αφή του (όταν το πιάσετε με τα δυο σας δάκτυλα);**

	1 (κακή)	2 (μέτρια)	3 (καλή)	4 (πολύ καλή)	5 (άριστη)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

**ΕΡΩΤΗΣΗ 6: Αξιολόγηση στο σταμναγκάθι ως προς την πικρότητα του όταν το δοκιμάσετε με την γλώσσα σας ;**

	1 (πικρό)	2 (λιγότερο πικρό)	3 (μέτριο πικρό)	4 (ουδέτερο)	5 (ελαφρά γλυκό)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

**ΕΡΩΤΗΣΗ 7: Αξιολόγηση στο σταμναγκάθι ως προς την αίσθηση σκληράδας ή τραχύτητας όταν το δοκιμάσετε με την γλώσσα σας ;**

	1 (πολύ λίγη)	2 (λίγη)	3 (μέτρια)	4 (αρκετή)	5 (πολύ)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

**ΕΡΩΤΗΣΗ 8: Αξιολόγηση στο σταμναγκάθι ως προς την αίσθηση στυφότητας όταν το δοκιμάσετε με την γλώσσα σας ;**

	1 (πολύ λίγη)	2 (λίγη)	3 (μέτρια)	4 (αρκετή)	5 (πολύ)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

**ΕΡΩΤΗΣΗ 9: Πόσο ικανοποιημένοι μείνατε με το προϊόν που είδατε ή δοκιμάσατε;**

	1 (κακό)	2 (μέτριο)	3 (καλό)	4 (πολύ καλό)	5 (άριστο)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

**ΕΡΩΤΗΣΗ 10: Θεωρείτε ότι με βάση τις παραπάνω απαντήσεις σας, θα σας προσέλκυε ως καταναλωτή για την αγορά του;**

	1 (όχι)	2(μάλλον όχι)	3 (μερικές φορές)	4 (μάλλον ναι)	5 (ναι)
Δείγμα Α					
Δείγμα Β					
Δείγμα Γ					

*ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΣΑΣ...*



## **Κεφ. 6: ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ**

### **6.1: ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΟ 3<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

Εργασία που παρουσιάστηκε (και επιμέλεια του poster) από τον κ. Κλάδο Ε., κατά το 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοτεχνολογίας Τροφίμων, 15-17 Οκτωβρίου, Ρέθυμνο, Ελλάδα. Ολόκληρο το κείμενο είναι διαθέσιμο στα πρακτικά του συνεδρίου, ενώ εδώ παρατίθεται η περίληψη και το poster.

Η εργασία, για να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις και στην θεματική ενότητα του συνεδρίου, συμπληρώθηκε με δεδομένα βιοχημικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν από τον Δρ. Τζωρτζάκη Νίκο, στο εργαστήριο Φυσιολογίας και Βιοτεχνολογίας Φυτών, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, ΑΤΕΙ Κρήτης.

**Κλάδος Ε., Λουλακάκης Κ., Τζωρτζάκης Ν., 2009. Το σταμναγκάθι, ένα παραδοσιακό προϊόν κάτω από το μικροσκόπιο βιοχημικών αναλύσεων. 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοτεχνολογίας Τροφίμων, 15-17 Οκτωβρίου, Ρέθυμνο, Ελλάδα (poster).**

#### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Το σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum* L.) είναι ένα είδος ραδικιού το οποίο χαίρει μεγάλης εκτίμησης στην Κρήτη ενώ ταυτόχρονα συνδυάζει ένα μεγάλο εύρος φαρμακευτικών χρήσεων. Ελάχιστες είναι οι μελέτες που αναφέρονται σε αυτό το παραδοσιακό προϊόν. Στην συγκεκριμένη εργασία, μελετήθηκε η επίδραση αλατότητας (0, 40 και 120 mM NaCl) στην ανάπτυξη και την ποιότητα υδροπονικής καλλιέργειας σταμναγκαθιού. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε σάκους με περλίτη. Στην καλλιέργεια με 40 mM NaCl, αυξήθηκε το μήκος των φύλλων σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ αντίθετα η αυξημένη συγκέντρωση αλατότητας (120 mM NaCl) είχε αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών (μήκος και αριθμός φύλλων, διάμετρος ροζέτας). Η επίδραση της αλατότητας μείωσε το βάρος των φυτών, αλλά αύξησε την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία. Γενικότερα, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς την φυλλική επιφάνεια, την σύνθεση χλωροφύλλης και φθορισμό των

φύλλων. Η επίδραση της αλατότητας αύξησε (μέχρι και 42%) την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες, μείωσε (μέχρι 17%) την περιεκτικότητα πρωτεϊνών, ενώ δεν διαφοροποιήθηκε η ενεργότητα αντιοξειδωτικών ενζύμων (APX, GPX). Επιπλέον, η χαμηλή συγκέντρωση αλατότητας βελτίωσε ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών. Περαιτέρω μελέτη είναι απαραίτητη για την πλήρη αξιοποίηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων αυτού του παραδοσιακού προϊόντος.

*Λέξεις κλειδιά:* αλατότητα, σταμναγκάθι, πρωτεΐνες, υδροπονία, περλίτης



## **6.2: ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΟ 24<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ (ΕΕΕΟ)**

Εργασία που παρουσιάστηκε από τον κ. Κλάδο Ε., κατά το 24<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 19-23 Οκτωβρίου, Βέροια, Ελλάδα. Ολόκληρο το κείμενο είναι διαθέσιμο στα πρακτικά του συνεδρίου, ενώ εδώ παρατίθεται η περίληψη και το poster.

Η εργασία συμπληρώθηκε με δεδομένα βιοχημικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν από τον Δρ. Τζωρτζάκη Νίκο, στο εργαστήριο Φυσιολογίας και Βιοτεχνολογίας Φυτών, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, ΤΕΙ Κρήτης.

**Κλάδος Ε., Μανιός Θ., Λουλακάκης Κ., Τζωρτζάκης Ν., 2009. Επίδραση υποστρώματος και αλατότητας σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού. 24<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 19-23 Οκτωβρίου, Βέροια, Ελλάδα (poster No 100).**

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Το σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum* L.), ένα είδος ραδικιού, ευρέως διαδεδομένο στην Κρήτη έχει μελετηθεί λίγο ενώ συνδυάζει ένα μεγάλο εύρος φαρμακευτικών χρήσεων (διουρητικό, καθαρτικό, εγκαύματα, κ.τ.λ.). Στην συγκεκριμένη εργασία, μελετήθηκε η επίδραση αλατότητας (40 και 120 mM NaCl) στην ανάπτυξη και την ποιότητα υδροπονικής καλλιέργειας σταμναγκαθιού, σε διαφορετικά υποστρώματα, σε ανοιχτό σύστημα. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε σάκους με περλίτη, ελαφρόπετρα, άμμο και πετροβάμβακα. Η αλατότητα μείωσε το νωπό βάρος των φυτών σταμναγκαθιού, αυξάνοντας την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία ενώ η αυξημένη συγκέντρωση αλατιού (120 mM NaCl) μείωσε την σύνθεση χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων. Η αλατότητα δεν επηρέασε τη φυλλική επιφάνεια, τον αριθμό και το μήκος των φύλλων. Καλύτερα αποτελέσματα ως προς την ανάπτυξη των φυτών έδωσε ο πετροβάμβακας, ως υπόστρωμα ανάπτυξης, ακολουθούν ο περλίτης και η ελαφρόπετρα όπου δεν σημείωσαν διαφορές μεταξύ τους, και τέλος ακολουθεί η άμμος. Όταν ο περλίτης χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα, η επίδραση της αλατότητας αύξησε (μέχρι και 42%) την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες, μείωσε (μέχρι 17%) την περιεκτικότητα πρωτεϊνών, ενώ διαφοροποιήθηκε η ενεργότητα αντιοξειδωτικών ενζύμων (APX, GPX).

Έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο, η χαμηλή συγκέντρωση αλατότητας βελτίωσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών. Περαιτέρω μελέτη είναι απαραίτητη για την πλήρη αξιοποίηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων αυτού του παραδοσιακού προϊόντος.

Λέξεις κλειδιά: αλατότητα, σταμναγκάθι, αντιοξειδωτικά ένζυμα, υδροπονία, υποστρώματα

