

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

Πτυχιακή Μελέτη

Θέμα: Μελέτη της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών *Plantago weldenii* (Reichb.) και *Cichorium spinosum* (L.) σε χειμερινή καλλιέργεια

της
Βέργαδου Ελένης
Α.Μ.: 2013066

Καλαμάτα 2018

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

Πτυχιακή Μελέτη

Θέμα: Μελέτη της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών *Plantago weldenii* (Reichb) και *Cichorium spinosum* (L.) σε χειμερινή καλλιέργεια

της
Βέργαδου Ελένης

Επιβλέπων καθηγητής: Αλεξόπουλος Αλέξιος

Καλαμάτα 2018

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή. Έχω αναφέρει λεπτομερώς όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης. Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των παραπάνω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στην Πτυχιακή μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης Τίτλου Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων. Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Πτυχιακή Εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει, διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

ΕΛΕΝΗ ΒΕΡΓΑΔΟΥ.....

Υπογραφή:

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πειραματική αυτή εργασία πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Πελοποννήσου, από τον Νοέμβριο 2016 έως τέλη Μαρτίου του 2017. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εκπόνηση της πτυχιακής μου μελέτης για την απόκτηση του πτυχίου του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου, Α. Αλεξόπουλο και Γ. Γεωργιόπουλο, για την πολύτιμη βοήθεια την επιστημονική καθοδήγηση, την άψογη συνεργασία που είχαμε σε όλη τη διάρκεια του πειράματος και για τις χρήσιμες συμβουλές τους.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για τη στήριξη που μου παρείχε ως τώρα στη πορεία των σπουδών μου, τους φίλους μου και τους ανθρώπους που με πλαισιώνουν, για τη βοήθεια και τη κατανόηση που υπέδειξαν σε όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης της πτυχιακής εργασίας μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙ ΚΑΙ ΠΕΤΕΙΝΑΡΑΚΙ	4
1.1 Σταμναγκάθι.....	4
1.1.1 Βοτανική ταξινόμηση.....	4
1.1.2 Καταγωγή- Ιστορικό.....	4
1.1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	5
1.1.4 Καλλιεργητική τεχνική.....	6
1.1.5 Χρήσεις – Διατροφική ή άλλη αξία.....	7
1.2 Πετειναράκι.....	8
1.2.1 Βοτανική ταξινόμηση.....	8
1.2.2 Καταγωγή- Ιστορικό.....	8
1.2.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	9
1.2.4. Χρήσεις – Διατροφική ή άλλη αξία.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	11
2.1. Ο ρόλος της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών	11
2.2. Μηχανισμοί δράσης των αλάτων στους φυτικούς ιστούς	11
2.2.1 Επίδραση αλατότητας στην μορφολογία και ανατομία των φύλλων	12
2.2.2 Επίδραση της αλατότητας στην παραγωγή	13
2.3 Μηχανισμός αντοχής των φυτών στην αλατότητα.....	14
2.4 Αντιμετώπιση των προβλημάτων της αλατότητας.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	16
3.1. Γενικά για την υδροπονία.....	16
3.2. Συστήματα υδροπονίας.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	23
5.1 Υλικά.....	23
5.2 Μέθοδοι.....	23
5.3. Μετρήσεις και στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	27

6.1 Σταμναγκάθι.....	27
6.2 Πετειναράκι.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
7.1 Σταμναγκάθι.....	41
7.2 Πετειναράκι.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γεωργίας του ΤΕΙ Πελοποννήσου, με σκοπό την μελέτη της επίδρασης τριών επιπέδων αλατότητας στην ανάπτυξη και παραγωγή του σταμναγκαθιού (*Cichorium spinosum*, οικ. Asteraceae) και στο πετειναράκι (*Plantago weldenii*, οικ. Plantaginaceae).

Η καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιήθηκε από το Νοέμβριο του 2016 έως και τον Μάρτιο του 2017. Για την εφαρμογή των διαφορετικών μεταχειρίσεων με συγκέντρωση άλατος (NaCl), τα φυτά μεταφυτεύτηκαν σε υδροπονικό σύστημα επίπλευσης (floating), με θρεπτικό διάλυμα ίδιας σύστασης σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία (ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dSm⁻¹) για όλες τις μεταχειρίσεις, στο οποίο προστέθηκε η κατάλληλη ποσότητα NaCl ώστε να επιτευχθεί ηλεκτρική αγωγιμότητα 6 και 12 dSm⁻¹ για τις άλλες δύο μεταχειρίσεις.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, ο αριθμός των φύλλων και η διάμετρος ανά φυτό στο σταμναγκάθι, ευνοείται στη χαμηλή και μέση ηλεκτρική αγωγιμότητα (2 και 6 dSm⁻¹). Σε ότι αφορά το νωπό βάρος των φύλλων, αυτό είναι χαμηλότερο στο υψηλότερο επίπεδο αλατότητας (12 dSm⁻¹), ενώ δεν παρατηρούνται διαφορές στο νωπό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού και των ριζών. Παράλληλα, η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των φύλλων και των ριζών είναι υψηλότερη στο υψηλότερο επίπεδο αλατότητας (12 dSm⁻¹).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν για το πετειναράκι, ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό είναι μικρότερος στην υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (12 dSm⁻¹), ενώ δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των 2 και 6 dSm⁻¹. Επιπρόσθετα, οι μεταχειρίσεις με τα διαφορετικά επίπεδα αλατότητας δεν επηρεάζουν το ρυθμό αύξησης της διαμέτρου των φυτών.

Επίσης, το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού, των ριζών και των φύλλων, καθώς και η περιεκτικότητα των ριζών σε ξηρά ουσία, δεν παρουσιάζουν διαφορές ανάμεσα στις τρεις μεταχειρίσεις. Η περιεκτικότητα των φύλλων σε ξηρά ουσία είναι μικρότερη στην υψηλότερη αλατότητα (ηλεκτρική αγωγιμότητα = 12 dSm⁻¹) σε σύγκριση με τη χαμηλή (ηλεκτρική αγωγιμότητα = 2 dSm⁻¹).

Συμπεραίνεται ότι, η ανάπτυξη και παραγωγή του σταμναγκαθιού ευνοούνται σε χαμηλή-μέση συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα ανάπτυξης των φυτών ενώ για το πετειναράκι υποδηλώνεται ανοχή του φυτού σε υψηλή αλατότητα καθώς είχε ικανοποιητική ανάπτυξη και παραγωγή ακόμη και στις συνθήκες υψηλής

αλατότητας (ηλεκτρική αγωγιμότητα = 12 dSm^{-1}) που μελετήθηκαν σε αυτή την εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙ ΚΑΙ ΠΕΤΕΙΝΑΡΑΚΙ

1.1 Σταμναγκάθι

1.1.1 Βοτανική ταξινόμηση

Η βοτανική ταξινόμηση του *Cichorium spinosum* είναι η παρακάτω (Zeghichi κ. ά., 2003):

- Συνομοταξία: Σπερματόφυτα
- Υποδιαίρεση: Αγγειόσπερμα
- Κλάση: Δικοτυλήδονα
- Οικογένεια: Asteraceae
- Γένος: *Cichorium*
- Είδος: *spinosum*

1.1.2 Καταγωγή- Ιστορικό

Το *Cichorium spinosum* ή κιχώριον το ακανθώδες, είναι ευρύτερα γνωστό με την ονομασία σταμναγκάθι ή γιαλοράδικο και αποτελεί συγγενικό είδος με το άγριο ραδίκι, καθώς ανήκουν στην Οικογένεια Asteraceae και στο ίδιο γένος. Απαντάται κυρίως στην περιοχή της Μεσογείου, και οι σημαντικότεροι πληθυσμοί του, εντοπίζονται στην Κρήτη, την Μάλτα, την Κύπρο και την Σικελία. Μεγάλοι αριθμοί του συγκεκριμένου φυτού βρίσκονται επίσης στην Στερεά Ελλάδα, τα νησιά του Ιονίου, την Πελοπόννησο, το Ανατολικό και Δυτικό Αιγαίο, τις Κυκλάδες, την Εύβοια, την Τήνο και την Κάσο.

Το όνομά του είναι άμεσα συνδεδεμένο με την παρουσία αγκαθιών, ενώ ενδιαφέρουσα είναι η ιστορία που συνοδεύει την κοινή του ονομασία στην Ελλάδα, που είναι σταμναγκάθι. Πολλά χρόνια πριν, κυρίως οι Κρήτες, εφοδιάζονταν με νερό από πηγάδια ή φυσικές πηγές και η μεταφορά του ύδατος γινόταν με την βοήθεια πήλινων σταμνών. Κατά την μεταφορά όμως, πολλά έντομα προσπαθούσαν να εισέλθουν στην στάμνα, ώστε να δροσιστούν από το νερό. Οι άνθρωποι λοιπόν, ανέπτυξαν μία έξυπνη τεχνική, αφού έκοβαν τα αγκάθια του φυτού και τα εφάρμοζαν στο στόμιο της στάμνας σαν καπάκια, ώστε να λειτουργούν σαν φυσικά αποθητικά. Σταδιακά λοιπόν, το αγκάθι της στάμνας ενώθηκε σαν έννοια και έμεινε γνωστό ως σταμναγκάθι (Brieudes κ.ά., 2016).

Το σταμναγκάθι είναι γνωστό ως τροφή αλλά και ως φαρμακευτικό φυτό, από την αρχαιότητα. Θεωρούνταν πάντα μια εξαιρετική τροφή, την οποία λίγοι είχαν την δυνατότητα να αποκτήσουν. Αυτό οφείλεται στο ότι η συγκομιδή του ήταν μια πολύ επίπονη, κουραστική και πολλές φορές επικίνδυνη διαδικασία, εξαιτίας της ιδιαιτερότητας του να αναπτύσσεται σε δυσπρόσιτα μέρη (Ακουμιανάκης 2010).

1.1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά



Εικόνα 1.1. Φυτό σταμναγκαθίου σε πλήρη ανάπτυξη (Wikispecies free species directory, 2018).

Το σταμναγκάθι είναι πολυετές φυτό με ύψος 20-40 cm, πολύκλαδο, με διακλαδώσεις αγκαθωτές από τη βάση. Είναι γενικά ελαφρά τριχωτό ή και λείο. Το ριζικό σύστημα είναι πασσαλώδες, με την κεντρική ρίζα ιδιαίτερα αναπτυγμένη και παχιά, σχεδόν σαρκώδη (Καββάδας, 1956). Τα φύλλα του σταμναγκαθίου είναι στενά, με οδοντωτή ή λεία περιφέρεια, συχνά ελαφρώς σαρκώδη και φύονται όλα περιμετρικά από τον κεντρικό βλαστό σε σχήμα ροζέτας (Εικόνα 1.1).

Τα στάδια ανάπτυξης περιλαμβάνουν τη βλάστηση του σπόρου, την ανάπτυξη φύλλων σε μορφή ροζέτας, ανάπτυξη πράσινου αγκαθίου (ταξιανθία) από το κέντρο της ροζέτας, τη σταδιακή ξήρανση των φύλλων και τον σχηματισμό των καρπιδιών,

που περιέχουν συνήθως τέσσερις με πέντε μικρούς καρπούς (αχαίνια). Οι ταξιανθίες είναι κεφάλια και περιλαμβάνουν ανθίδια ζυγόμορφα γλωσσοειδή, με κυανά πέταλα.

Ως πολυετές φυτό, η αναβλάστησή του γίνεται μετά το καλοκαίρι και αφού ποτιστεί ή πέσουν οι πρώτες βροχές του φθινοπώρου (Παππά, 2016).



Εικόνα 1.2. Ανθισμένο φυτό σταμναγκαθιού (Δήμος Σητείας- Municipality of Sitia).

1.1.4 Καλλιεργητική τεχνική



Εικόνα 1.3. Εγκατάσταση καλλιέργειας σταμναγκαθιού (Αγροτικές ευκαιρίες -επενδύσεις, 2014).

Τα τελευταία χρόνια το σταμναγκάθι καλλιεργείται σε διάφορες περιοχές της Κρήτης αλλά και της υπόλοιπης νότιας Ελλάδας. Είναι αυτοφυές, ποώδες και πολυετές και μπορεί να φυτρώσει σε διάφορα εδάφη, είτε αυτά βρίσκονται σε απόκρημνες ακρογιαλιές, είτε σε δύσβατες ορεινές τοποθεσίες και διαθέτει υψηλό βαθμό αντοχής απέναντι σε αντίξοες συνθήκες, καθώς αναπτύσσεται σε εδάφη πτωχά, τόπους άνυδρους και συχνά κοντά στη θάλασσα, εκτεθειμένο στο αλάτι του θαλασσινού νερού (Κλάδος, 2009).

Η εγκατάσταση μιας καλλιέργειας σταμναγκαθιού γίνεται συνήθως με απ' ευθείας σπορά στο χωράφι. Η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, από τη σπορά και μέχρι τη συγκομιδή του υπέργειου μέρους, δεν ξεπερνάει τους 3-4 μήνες, ανάλογα με την εποχή καλλιέργειας και τις καλλιεργητικές περιποιήσεις.

Η συγκομιδή γίνεται όταν η ροζέτα αποκτήσει ικανοποιητικό μέγεθος και πριν την εμφάνιση του αγκαθιού, που έχει τότε σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή απώλεια της σπαργής των φύλλων, τα οποία γίνονται σκληρά και σαρκώδη (Μενδώνη, 2015).

Μετά την συγκομιδή, τα φυτά πλένονται με κρύο νερό για να μειωθεί η θερμοκρασία και να απομακρυνθούν οι ξένες ύλες. Στη συνέχεια καθαρίζονται καλά, συσκευάζονται και τοποθετούνται σε θερμοκρασία συντήρησης, στους 3 - 5° C. Η διατήρησή του σε αυτές τις συνθήκες υπερβαίνει συνήθως τις 6 με 7 ημέρες από την ημέρα κοπής.

1.1.5 Χρήσεις – Διατροφική ή άλλη αξία

Το σταμναγκάθι καταναλώνεται συνήθως ως σαλατικό, αφού διαχωριστεί από τα σκληρά του μέρη και τα αγκάθια. (Melliou κ.ά., 2003). Τα φύλλα του σταμναγκαθιού περιέχουν πλήθος στυπτικών ουσιών. Οι ρίζες του περιέχουν ινουλίνη, πολυσακχαρίτες, αιθέρια έλαια, βιταμίνη C και στυπτικές ουσίες. Τέλος, στον χυμό του, εντοπίζονται διάφορες ουσίες, όπως καροτενοειδή, ασκορβικό οξύ, άλατα καλίου και σιδήρου (Dimitriou κ.ά., 2006).

Σύμφωνα με τους Zeghichi κ.ά., (2003), κάποια από τα συστατικά του σταμναγκαθιού που περιέχονται σε μεγάλες ποσότητες είναι:

- Βιταμίνη E: (α – τοκοφερόλη) 9,78 mg / 100 g
- Βιταμίνη C: 36,58 mg / 100 g
- Βιταμίνη A: 5717 IU / 100 g

- Β – Καροτένιο: 2,66 mg / 100 g
- Φαινόλες: 20,31 mg / 100 g
- Ω3 Λιπαρά οξέα: 44,4 mg / 100 g

Επιπροσθέτως, περιέχει την ουσία γλουταθειόνη, σε ποσότητα 13,77 mg / 100 g, ένα από τα αμινοξέα που θεωρείται ισχυρός αντιοξειδωτικός παράγοντας, όταν μετατρέπεται σε υπεροξειδάση της γλουταθειόνης μέσα στον οργανισμό. Χάρη στην παρουσία της γλουταθειόνης, το ανθρώπινο σώμα μπορεί να απαλλαγεί με μεγαλύτερη ευκολία από διάφορες επικίνδυνες τοξίνες.

Επιπλέον, είναι καλή πηγή μαγνησίου, ψευδάργυρου και καλίου. Τέλος, εξαιτίας των Ω₃ λιπαρών οξέων, προστατεύεται η υγεία της καρδιάς και με την παρουσία των πολυφαινόλων επιτυγχάνεται σημαντική αντιοξειδωτική δράση (Melliou κ.ά., 2003).

1.2 Πετειναράκι

1.2.1 Βοτανική ταξινόμηση

Η βοτανική ταξινόμηση του *Plantago wardenii* είναι σύμφωνα με τους Brieades κ.ά. (2016):

- Συνομοταξία: Σπερματοφύτα
- Υποδιαίρεση: Αγγειόσπερμα
- Κλάση: Δικοτυλήδονα
- Οικογένεια: Plantaginaceae
- Γένος: *Plantago*
- Είδος: *wardenii*

1.2.2 Καταγωγή- Ιστορικό

Το *Plantago wardenii* ή αλλιώς πεντάνευρο ή πετειναράκι, χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα για ιατρικούς σκοπούς, τόσο στην χώρα μας, όσο και σε άλλες περιοχές του κόσμου. Οι αρχαίοι Έλληνες φαίνεται πως γνώριζαν σε μεγάλο βαθμό, τις θεραπευτικές ιδιότητες ενός πολύ συγγενικού του φυτού και πιο συγκεκριμένα του *Plantago lanceolata*. Από τα γραπτά του Διοσκουρίδη καταγράφεται ότι το βότανο χρησιμοποιούταν για την θεραπεία σοβαρών δερματικών παθήσεων, όπως είναι για παράδειγμα ο άνθρακας, και λοιπές δερματικές πληγές (Panitsa κ.ά., 2004).

1.2.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Το πετειναράκι είναι μονοετής πόα που μπορεί να φτάσει σε ύψος ακόμη και τα 60 cm. Γενικά φυτρώνει σε χαμηλό υψόμετρο και συνήθως προτιμά τα σχετικά ξηρά εδάφη που είναι απομακρυσμένα από ανθρώπινες δραστηριότητες και παρεμβάσεις (Zacharias κ.ά., 2007).

Από το κέντρο του φυτού εκπτύσσονται τα ανθικά στελέχη που φέρουν κυλινδρικά στάχια με πρασινωπά και μικρά, διγενή άνθη και πέταλα που χαρακτηρίζονται ως μεμβρανοειδή. Η περίοδος της άνθησης καταγράφεται από τον Μάρτιο μέχρι τον Οκτώβριο, παρόλο που σε ορισμένες περιοχές, το φυτό ανθίζει από τον Φεβρουάριο. Τέλος, τα φύλλα του έχουν λεία επιφάνεια, είναι σχετικά περοσχιδή και διατάσσονται σε σχήμα ροζέτας (Dimitriou κ.ά., 2006).

Είναι φυτό με μεγάλη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες και μπορεί να αναπτυχθεί σε όλα σχεδόν τα εδάφη. Άρα δεν χρειάζεται ιδιαίτερη φροντίδα ή κάποια συγκεκριμένη καλλιεργητική τεχνική (Panitsa κ.ά., 2004).



Εικόνα 1.4. Το *Plantago weldenii*, κοινή ονομασία πετειναράκι (Prof. Avinoam Danin).

1.2.4. Χρήσεις – Διατροφική ή άλλη αξία

Το πετειναράκι είναι ένα πολύ συνηθισμένο λαχανεύομενο είδος στις περιοχές που αυτοφύεται. Μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει προσπάθεια συστηματικής καλλιέργειάς του. Λίγα, επίσης είναι γνωστά για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του φυτού και την διατροφική του αξία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

2.1. Ο ρόλος της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών

Αλατούχα καλούνται στη γεωργική πρακτική συνήθως τα εδάφη των οποίων η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο νερό κορεσμού είναι μεγαλύτερη από 2 dS/m. Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, με σημαντικότερους από αυτούς τη γεωγραφική θέση της περιοχής, την ποιότητα του νερού άρδευσης και διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται στα φυτά, όπως για παράδειγμα η χρήση συγκεκριμένων τύπων λιπασμάτων.

Ιδιαίτερα, η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων αλάτων στο νερό ποτίσματος, όταν αυτό για παράδειγμα έχει αγωγιμότητα υψηλότερη από 0,75 dS/m, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τη συσσώρευση τους στο έδαφος, είτε λόγω κακής στράγγισης είτε λόγω ανεπαρκών βροχοπτώσεων. Σε πολλές περιπτώσεις η συσσώρευση αλάτων στο έδαφος όταν δεν πραγματοποιείται πότισμα των καλλιεργούμενων φυτών, είναι εντονότερη σε περιοχές με κλίμα ημίξηρο ή/και ξηρό. Σε αυτές τις περιοχές παρατηρείται υψηλότερος ρυθμός εξατμισοδιαπνοής και η ποσότητα του νερού της βροχής δεν επαρκεί για την έκπλυση των αλάτων από το έδαφος (Μισοπολινός, 1991).

Η αλατότητα παρεμποδίζει την ανάπτυξη και μειώνει τη παραγωγή των περισσότερων καλλιεργούμενων φυτών, λόγω της άμεσης επίδρασης στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της επίδρασης αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών είναι τα αποτελέσματα σύνθετων αλληλεπιδράσεων μεταξύ μορφολογικών, φυσιολογικών και βιοχημικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της βλάστησης των σπόρων, της ανάπτυξης φυτών και της πρόσληψης νερού και θρεπτικών συστατικών (Akbarimoghaddam κ.ά., 2011).

2.2. Μηχανισμοί δράσης των αλάτων στους φυτικούς ιστούς

Η αλατότητα του εδάφους οδηγεί σε:

- τοξικότητα ιόντων στα φυτά, κάτι που αφορά κυρίως το νάτριο και το χλώριο. Η υπερβολική συσσώρευση νατρίου στα κυτταρικά

τοιχώματα μπορεί γρήγορα να οδηγήσει σε ωσμωτικό στρες και κυτταρικό θάνατο (Munns, 2002).

- ανεπάρκεια πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων, όπως είναι τα N, Ca, K, P, Fe, Zn.
- υδατικό στρες στα φυτά, περιορίζοντας την πρόσληψη νερού από το έδαφος.

Η αλατότητα επηρεάζει επίσης τη φωτοσύνθεση, κυρίως μέσω της μείωσης της επιφάνειας των φύλλων και της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης (Βλάχου, 2011).

Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο μέσο ανάπτυξης των φυτών προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στον τρόπο ανάπτυξής τους και στην αύξηση, λόγω (α) του χαμηλού ωσμωτικού δυναμικού του εδαφικού διαλύματος (ωσμωτικό στρες), (β) των ειδικών ιόντων (στρες άλατος), (γ) των θρεπτικών ανισορροπιών ή και συνδυασμού όλων αυτών των παραγόντων. Όλοι αυτοί οι παράγοντες προκαλούν δυσμενή αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτών σε φυσιολογικά και βιοχημικά επίπεδα καθώς και σε μοριακό επίπεδο (Munns, 1993).

Η τοξικότητα ιόντων είναι το αποτέλεσμα της αντικατάστασης του K^+ από το Na^+ σε βιοχημικές αντιδράσεις και οι επαγόμενες από ιόντα Na^+ και Cl^- αλλαγές στη δομή των πρωτεϊνών. Η τοξικότητα των ιόντων και το ωσμωτικό στρες προκαλούν μεταβολική ανισορροπία, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε οξειδωτικό στρες. Οι δυσμενείς επιπτώσεις της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών είναι πιο έντονες κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής φάσης.

Οι διαφορές στην αντοχή του ωσμωτικού στρες είναι κοινές με την αντοχή στην ξηρασία. Ο ρυθμός με τον οποίο πεθαίνουν τα παλιά φύλλα εξαρτάται από το ρυθμό με τον οποίο τα άλατα συσσωρεύονται σε τοξικά επίπεδα. Έτσι, ο έλεγχος του ρυθμού με τον οποίο φθάνει το άλας στα φύλλα είναι απαραίτητος, όπως και οι μηχανισμοί που μειώνουν την τοξικότητα του αλατιού.

2.2.1 Επίδραση αλατότητας στην μορφολογία και ανατομία των φύλλων

Σε συνθήκες υψηλής συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος ανάπτυξης των φυτών, παρατηρείται μείωση του αριθμού των φύλλων καθώς και του μεγέθους τους, με συνέπεια τη μείωση της συνολικής φυλλικής επιφάνειας των φυτών. Ο έντονος περιορισμός στην ανάπτυξη και αύξηση των φύλλων μπορεί να οφείλεται και στην μείωση της σπαργής, ενώ η μείωση της φυλλικής επιφάνειας σχετίζεται και με την

αύξηση του αριθμού των νεκρών φύλλων. Η μείωση της φυλλικής επιφάνειας αντιμετωπίζεται ως τρόπος προσαρμογής των φυτών σε υψηλά επίπεδα αλατότητας, επειδή η μείωση της φυλλικής επιφάνειας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση απώλειας νερού μέσω των στοματίων που βρίσκονται στα φύλλα των φυτών (Βλάχου, 2011) και με αυτό τον τρόπο επιτρέπεται στα φυτά να ζουν λαμβάνοντας μικρότερες ποσότητες νερού και άρα να προστατεύονται από την τοξικότητα των ιόντων Na ή Cl.

Η αλατότητα επηρεάζει το πάχος των φύλλων καθώς και την πυκνότητα και τον αριθμό των στοματίων στα φύλλα. Τα φύλλα των φυτών που αναπτύσσονται σε περιβάλλον με αυξημένο επίπεδο συγκέντρωσης αλάτων είναι συνήθως παχύτερα και υδαρή δηλαδή έχουν αυξημένη περιεκτικότητα νερού. Η αντίδραση αυτή των φυτών συνδέεται με μια ρύθμιση του οσμωτικού δυναμικού των φυτικών ιστών (Βλάχου, 2011).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις του υποστρώματος σε άλατα, γενικά μειώνουν τη φωτοσύνθεση, αν και οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης ορισμένων ειδών μπορεί να μην είναι ευαίσθητοι σε υψηλή αλατότητα. Κατά τον κορεσμό της ακτινοβολίας, η φωτοσύνθεση περιορίζεται γενικά από την ταχύτητα διάχυσης του CO₂ στο φύλλο. Τα δύο πιο σημαντικά συστατικά που ελέγχουν αυτή τη διάχυση είναι η αντίσταση στα στόματα και η αντίσταση στο μεσόφυλλο (Munns, 2002).

2.2.2 Επίδραση της αλατότητας στην παραγωγή

Σε αυξημένα επίπεδα αλατότητας, ο βαθμός μείωσης της παραγωγής εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως τη συνολική συγκέντρωση των αλάτων στην περιοχή των ριζών, το είδος των αλάτων, το είδος του φυτού ή τον γενότυπο (ποικιλία), το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, τον τρόπο άρδευσης, την διάρκεια έκθεσης των φυτών σε συνθήκες αλατότητας και τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

Σε καλλιέργειες φυλλωδών λαχανικών η μείωση της παραγωγής σχετίζεται, τόσο με την μείωση της συνολικής φυλλικής επιφάνειας, όσο και του αριθμού φύλλων ανά φυτό. Σε καλλιέργειες καρποδοτικών λαχανικών η μειωμένη απόδοση οφείλεται είτε στην μείωση του βάρους των καρπών είτε στην μείωση του αριθμού των καρπών ή και στα δύο. Η αλατότητα έχει ως αποτέλεσμα τόσο την μείωση του νερού όσο και του ξηρού βάρους των καρπών (Βλάχου, 2011).

2.3 Μηχανισμός αντοχής των φυτών στην αλατότητα

Ο μηχανισμός αντοχής των φυτών στην αλατότητα μπορεί να διακριθεί σε δύο κατηγορίες:

- α) αποκλεισμός των αλάτων από τους φυτικούς ιστούς, και
- β) απορρόφηση και συγκέντρωση τους στο φυτό.

Στην πρώτη περίπτωση τα φυτά αναπτύσσουν μηχανισμούς αντοχής μέσω της περιορισμένης απορρόφησης νερού. Στην δεύτερη περίπτωση τα φυτά θα πρέπει να αναπτύξουν ανθεκτικότητα στην παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων Na^+ και Cl^- .

Στα φυτά με μικρή αντοχή στην αλατότητα, όπου ανήκουν τα περισσότερα καλλιεργούμενα, ο κυριότερος μηχανισμός προστασίας των φυτών από τα άλατα είναι ο αποκλεισμός τους, ώστε τελικά η απορρόφηση των αλάτων από τη ρίζα και η μεταφορά προς τα φύλλα και το ακραίο μερίστωμα να είναι μειωμένη. Οι μηχανισμοί αυτοί των φυτών για την μείωση απορρόφησης αλάτων εντοπίζονται κυρίως στο ριζικό σύστημα. Ωστόσο, υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην αντοχή στα άλατα τόσο μεταξύ των ειδών αλλά και μεταξύ των ποικιλιών κάθε είδους (Βλάχου, 2011).

2.4 Αντιμετώπιση των προβλημάτων της αλατότητας

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της αλατότητας μπορούν να ληφθούν διάφορα μέτρα όπως:

- η στράγγιση των εδαφών,
- η απομάκρυνση των αλάτων,
- η επιλογή ανθεκτικών φυτικών ειδών ή γονοτύπων,
- η εφαρμογή συχνότερων αρδεύσεων,
- η βελτίωση της δομής του εδάφους,
- η εφαρμογή κατάλληλης λιπαντικής αγωγής,
- η επιλογή του κατάλληλου χρόνου σποράς.

Σε περίπτωση που η αλατότητα του εδάφους δεν οφείλεται στο νερό άρδευσης τότε θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα κατάλληλο σύστημα αποστράγγισης και βελτίωσης της δομής του εδάφους. Με τη δημιουργία αποστραγγιστικού συστήματος, τα άλατα απομακρύνονται σε βαθύτερα συνήθως στρώματα του εδαφικού ορίζοντα, ή ακόμη πιο βαθιά στο υπέδαφος και το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται σε ένα περιβάλλον με μικρότερη συγκέντρωση αλάτων.

Μια άλλη πρακτική είναι η έκπλυση (απομάκρυνση) των αλάτων. Για να γίνει έκπλυση πρέπει η αλατότητα να φτάσει στα όρια ανοχής της καλλιέργειας σε άλατα. Μεταξύ των καλλιεργητικών περιόδων, πριν τη φύτευση, το νερό της βροχής αν είναι αρκετό ή σε συνδυασμό με αρδεύσεις μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στην έκπλυση των αλάτων.

Σε περιπτώσεις περιορισμένων βροχοπτώσεων, όταν δηλαδή το νερό της βροχής δεν επαρκεί για έκπλυση, τότε απλά γίνεται μεταφορά των αλάτων από τα άνω τμήματα του ριζοστρώματος σε βαθύτερα. Το γεγονός αυτό επιδρά θετικά, ορισμένες φορές, στην ανάπτυξη των φυτών. Ανάλογα με την ένταση του προβλήματος, μπορεί να γίνει εφαρμογή επιπλέον νερού στην καλλιέργεια, είτε ανά άρδευση είτε λιγότερο συχνά.

Σε μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων απαιτούνται μεγάλες ποσότητες νερού για να απομακρυνθούν αυτά. Οι μεγάλες αυτές ποσότητες ωστόσο, μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε εδάφη όπου η διήθηση του νερού δεν είναι εύκολη. Υπάρχουν τεχνικές οι οποίες μπορούν να συμβάλουν στην καλύτερη αποτελεσματικότητα της έκπλυσης των αλάτων, μερικές από τις οποίες είναι: η έκπλυση σε ψυχρές περιόδους λόγω μειωμένων απωλειών της εξατμισοδιαπνοής, άρδευση με καταιωνισμό με ρυθμό μικρότερο από τη διηθητικότητα του εδάφους, ώστε να υπάρχει συνεχής ροή, εάν είναι δυνατόν οι εκπλύσεις να γίνονται όταν το φυτό έχει μικρές ανάγκες σε νερό ή στο τέλος της καλλιέργειας, εφαρμογή άρδευσης πριν από την έναρξη των βροχοπτώσεων, όταν αυτές δεν προβλέπονται να είναι επαρκείς.

Όπως προαναφέρθηκε, κάποια φυτικά είδη ή και ποικιλίες κάποιου είδους, είναι περισσότερο ανθεκτικά στην αλατότητα από κάποια άλλα. Η επιλογή, επομένως, του κατάλληλου είδους ή της κατάλληλης ποικιλίας, για καλλιέργεια σε αλατούχα εδάφη, είναι πολύ σημαντική. Ο προγραμματισμός της εναλλαγής καλλιεργειών (αμειψισπορά) σε αλατούχα εδάφη, με είδη ανθεκτικά στην αλατότητα, αλλά και με είδη, που με την καλλιέργειά τους συμβάλλουν στη βελτίωση χαρακτηριστικών του εδάφους όπως η δομή, συμβάλλει στη βελτίωση της αντιμετώπισης του προβλήματος της αλατότητας (Munns κ.ά., 2002).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

3.1. Γενικά για την υδροπονία

Υδροπονία είναι μια μέθοδος-τεχνική καλλιέργειας φυτών στην οποία η ρίζα τους αναπτύσσεται εκτός εδάφους. Τα φυτά αναπτύσσονται σε θρεπτικό διάλυμα ή σε στερεά πορώδη υλικά, τα οποία λέγονται υποστρώματα και καλύπτουν τις ανάγκες των φυτών, αφού είναι εμπλουτισμένα με θρεπτικά στοιχεία.

Θρεπτικό διάλυμα είναι ένα υδατικό διάλυμα με όλα τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, τα οποία είναι διαλυμένα στο νερό, κατά κανόνα ως ιόντα ανόργανων αλάτων. Για την ανάπτυξη των φυτών θα πρέπει να υπάρχει άφθονο οξυγόνο στις ρίζες των φυτών καθώς και νερό που να περιέχει τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Σε καλλιέργεια εδάφους δεν είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί αυτό, λόγω μη επιθυμητής αναλογίας νερού και οξυγόνου, καθώς επίσης και ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, που είναι απαραίτητα για το ριζικό σύστημα των φυτών. Με τα υδροπονικά συστήματα, τα προβλήματα αυτά λύνονται, αφού το περιβάλλον είναι ελεγχόμενο και ρυθμίζεται η παροχή του θρεπτικού διαλύματος. Με αυτή την σύγχρονη μέθοδο καλλιέργειας βελτιώνεται η ποιότητα του προϊόντος και μειώνεται το κόστος παραγωγής (Σάββας, 2011).



Εικόνα 3.1 Ανάπτυξη ριζικού συστήματος σε σύστημα υδροπονίας (Hydroponics.name).

Η καλλιέργεια φυτών σε υδροπονικά συστήματα παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα όπως την απαλλαγή από παθογόνα εδάφους (φουζάριο, έντομα εδάφους, βακτήρια, νηματώδεις, κλπ.), αντιμετώπιση της χαμηλής γονιμότητας που

παρουσιάζουν πολλά εδάφη, λόγω κόπωσης ή λόγω φυσικών ιδιοτήτων (πολύ ελαφρά εδάφη, πολύ βαριά, κ.τ.λ.).

Επιπλέον, δεν απαιτείται κατεργασία του εδάφους για την αντιμετώπιση των ζιζανίων. Η θρέψη των φυτών είναι πιο ακριβής, αφού ελέγχεται και μπορεί να γίνει διόρθωση σε οποιοδήποτε λάθος. Έτσι εξοικονομείται νερό και τα θρεπτικά στοιχεία.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα της καλλιέργειας εκτός εδάφους είναι οι αυξημένες δυνατότητες μηχανοποίησης και αυτοματοποίησης των καλλιεργητικών εργασιών, καθώς επίσης και η πρόιμη συγκομιδή λόγω υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζοστρώμα. Τέλος, παρέχει ένα αποστειρωμένο περιβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών (Σάββας, 2011).

Ωστόσο, το κόστος για την εγκατάσταση μιας υδροπονικής μονάδας είναι υψηλό, κάτι το οποίο οφείλεται στην τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος, των υποστρωμάτων και κυρίως στην δαπάνη αγοράς του μηχανολογικού εξοπλισμού. Επιπρόσθετα, η καλλιέργεια εκτός εδάφους απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό με γνώσεις θρέψης και φυσιολογίας φυτών και κυρίως σύμβουλο-γεωπόνο, καθώς απαιτείται συνεχής παρακολούθηση.

Η εφαρμογή της υδροπονίας σε μια θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει μεγάλη ακρίβεια στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος, αφού θα πρέπει οι αναλογίες των ιχνοστοιχείων να είναι ακριβής. Απαιτούνται επίσης μηχανισμοί όπως αυτόματη άρδευση, αυτόματοι μηχανισμοί για την κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος κ.τ.λ.

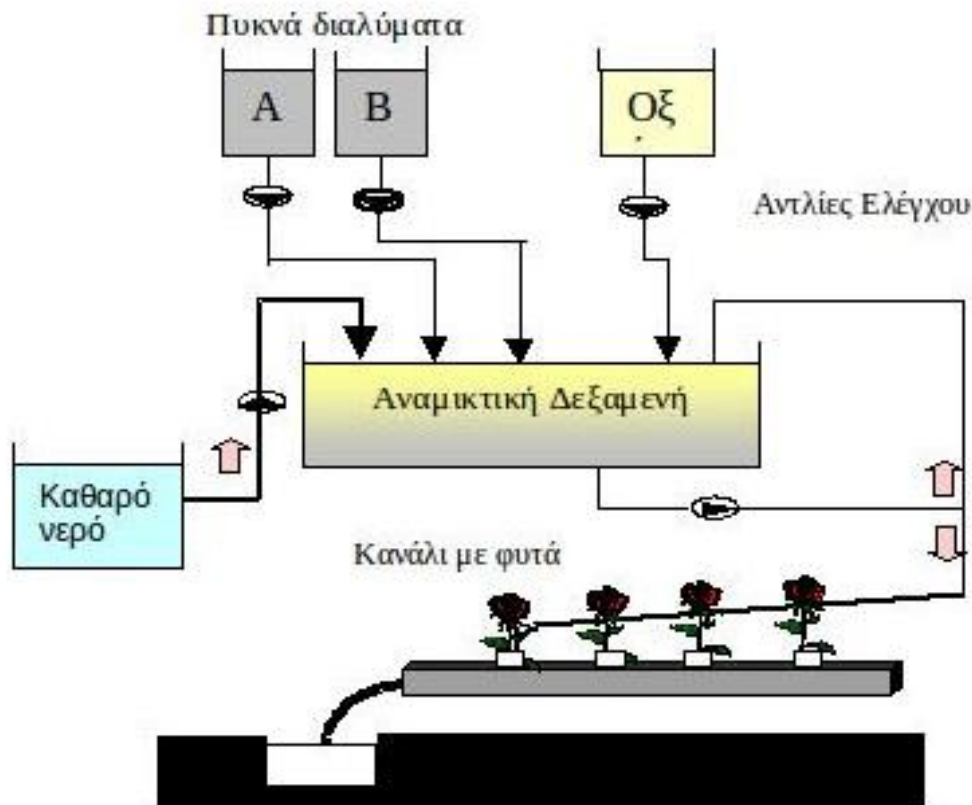
Επιπλέον, στα κλειστά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εξάπλωσης μιας μόλυνσης, σε περίπτωση που θα προσβληθεί ένα φυτό μέσω του ανακυκλωμένου θρεπτικού διαλύματος. Ακόμα και στα ανοιχτά συστήματα υπάρχει κίνδυνος να μολυνθεί το έδαφος, αφού τα υγρά της αποστράγγισης δεν ανακυκλώνονται, καθώς έτσι έχουμε μεγάλες απώλειες λιπασμάτων.

3.2. Συστήματα υδροπονίας

Τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε ανοιχτά και κλειστά ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης των απορροών.

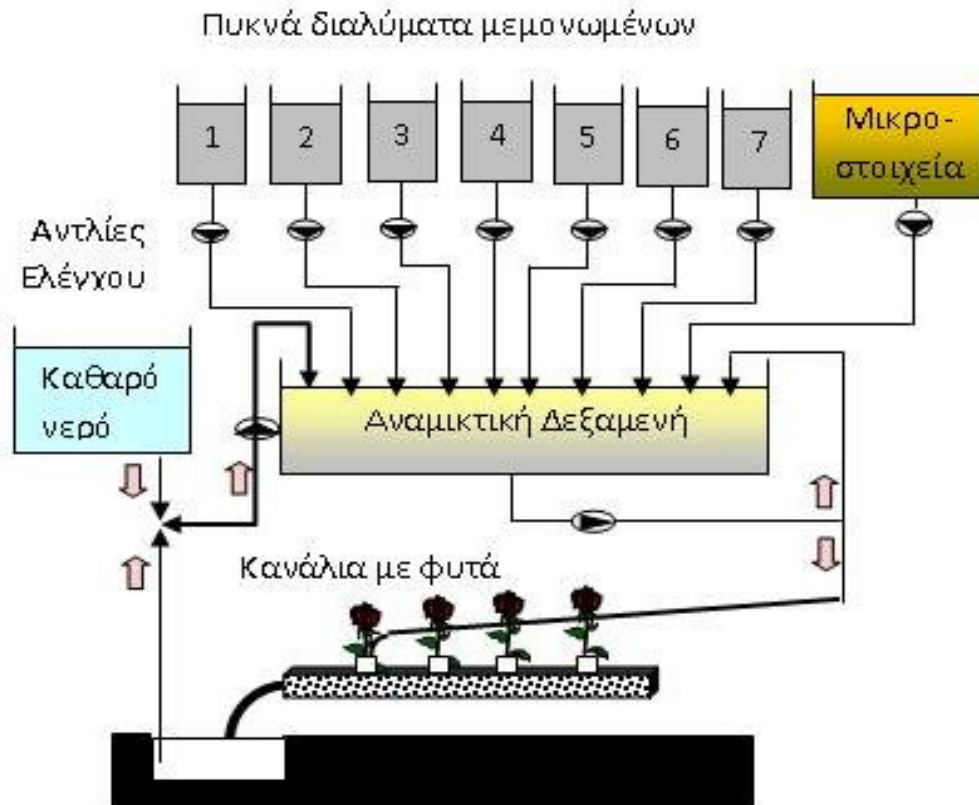
Στα ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους η περίσσεια θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τον χώρο του ριζικού συστήματος διαφεύγει στο περιβάλλον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες νερού και λιπασμάτων.

Εφόσον τα υγρά αυτά δεν ανακυκλώνονται έχει σαν αποτέλεσμα την μόλυνση του περιβάλλοντος καθώς και τη σπάταλη λιπασμάτων και νερού.



Εικόνα 3.2. Σχεδιάγραμμα ανοικτού συστήματος υδροπονικής καλλιέργειας (Alagro alternative agricultural options).

Στα κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους, το διάλυμα που χορηγείται στα φυτά απορρέει από το χώρο των ριζών και ανακυκλώνεται, με την προϋπόθεση να υπάρχει ένα δίκτυο αγωγών που κλείνουν σε έναν κύκλο. Έτσι λοιπόν αποφεύγεται η διαφυγή λιπασμάτων και νερού στο περιβάλλον, που μπορεί να το μολύνουν. Όμως υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να μεταδοθούν ασθένειες στην καλλιέργεια (Σάββας, 2011).



Εικόνα 3.3. Σχεδιάγραμμα κλειστού συστήματος υδροπονικής καλλιέργειας (Alago alternative agricultural options).

Σύστημα επέλευσης (floating system)

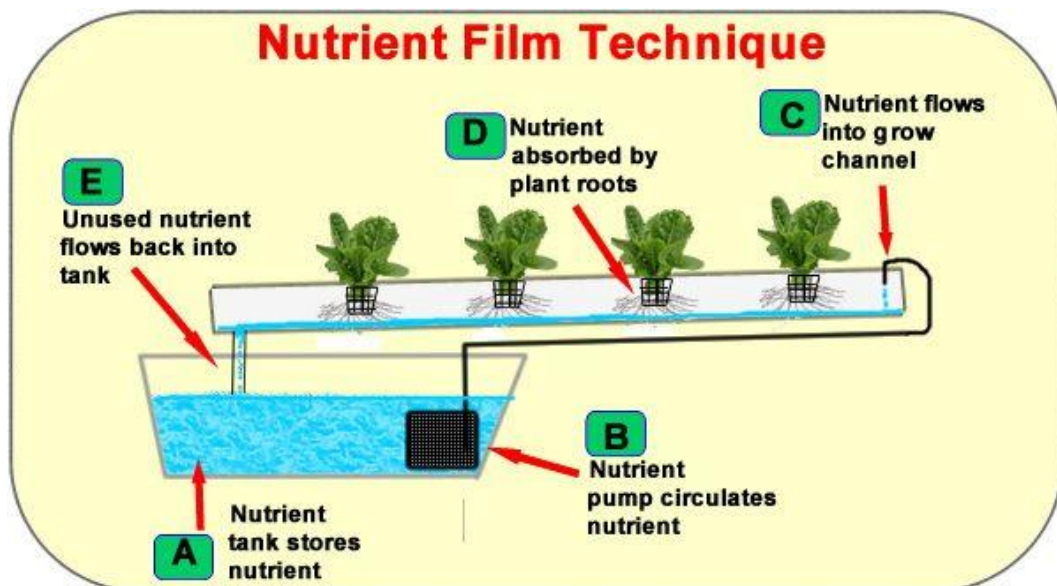
Το υδροπονικό αυτό σύστημα είναι κλειστού τύπου, δηλαδή η πλεονάζουσα ποσότητα θρεπτικού διαλύματος συγκεντρώνεται σε μια δεξαμενή και χρησιμοποιείται πάλι. Η σπορά των φυτών γίνεται σε δίσκους που περιέχουν κάποιο υπόστρωμα (συνήθως τύρφη ή περλίτη). Μετά την προβλάστηση του σπόρου και την εμφάνιση των πρώτων πραγματικών φύλλων, τα φυτά μεταφυτεύονται στις σχεδίες και έπειτα στις δεξαμενές. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται κυρίως για φυλλώδη λαχανικά και αρωματικά φυτά. Τα φυτά προσλαμβάνουν νερό και θρεπτικά στοιχεία μέσω του θρεπτικού διαλύματος για να εξασφαλίσουν την ανάπτυξη τους (Σάββας, 2011).



Εικόνα 3.4. Καλλιέργεια σε σύστημα επίπλευσης (floating system) σε θερμοκήπιο (Αγροσελίδα, 2015).

Καλλιέργεια σε ρηχό ρεύμα θρεπτικού διαλύματος (NFT)

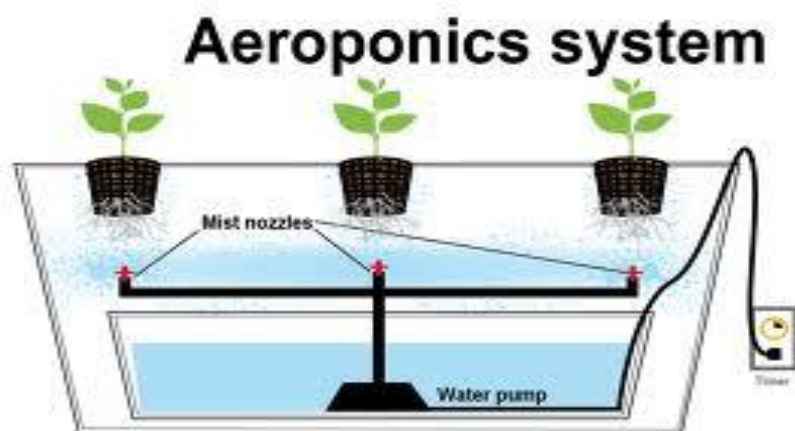
Το NFT (Nutrient Film Technique) είναι ένα σύστημα υδροπονίας στο οποίο το θρεπτικό διάλυμα ρέει συνεχώς κατά μήκος μέσα σε κανάλια. Το ύψος του θρεπτικού διαλύματος που ρέει κατά μήκος των καναλιών δεν ξεπερνά τα λίγα χιλιοστά και έτσι αναπτύσσονται οι ρίζες των φυτών. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται καλή οξυγόνωση καθώς παρέχεται στα φυτά η απαιτούμενη ποσότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων για την υγιή ανάπτυξη τους (Σάββας, 2011).



Εικόνα 3.2.4. Σχηματική απεικόνιση του συστήματος NFT (Alfa Culture & Hydroponics-terra vida, 2015).

Αεροπονία

Αεροπονία είναι ένα σύστημα στο οποίο η καλλιέργεια φυτών γίνεται χωρίς τη χρήση υποστρώματος. Το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται στον αέρα και το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στις ρίζες, οι οποίες βρίσκονται σε κλειστά φυτοδοχεία. Έτσι ο χώρος είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία, συνεπώς το φυτό απορροφά νερό και όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζεται για την ανάπτυξη του. Με την μέθοδο αυτή, τα φυτά απορροφούν θρεπτικά στοιχεία και οξυγόνο, αναπτύσσονται ταχύτερα, καθώς είναι εύκολη η αντιμετώπιση ασθενειών χωρίς φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Σάββας, 2011).



Εικόνα 3.6. Σχηματική απεικόνιση του συστήματος της αεροπονίας (Tamararch, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η επίδραση της αλατότητας σε τρία διαφορετικά επίπεδα στην ανάπτυξη και παράγωγη του σταμναγκαθιού και του πετειναρακιού, φυτά τα οποία αυτοφύονται, πολλές φορές σε περιβάλλον με αντίξοες συνθήκες για την ανάπτυξης πολλών φυτικών ειδών.

Για το σκοπό αυτό καλλιεργήθηκαν φυτά σε υδροπονικό σύστημα επίπλευσης (floating system) με θρεπτικό διάλυμα που είχε τρεις διαφορετικές ηλεκτρικές αγωγιμότητες, 2, 6 και 12 dSm⁻¹.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Υλικά

Το πείραμα αυτό έγινε στο εργαστήριο Γεωργίας του ΤΕΙ Πελοποννήσου από το Νοέμβριο 2016 μέχρι το Μάρτιο 2017, όπου καλλιεργήθηκαν τα φυτά σταμναγκάθι και πετειναράκι σε υδροπονικό σύστημα επίπλευσης.

5.2 Μέθοδοι

Χρησιμοποιήθηκαν σπόροι από σταμναγκάθι και πετειναράκι, που τοποθετήθηκαν σε δίσκους σποράς (Εικόνα 5.1) με υπόστρωμα μη εμπλουτισμένη τύρφη (Klasmann-Deilmann GmbH-BaseSubstrate) στις 8/11/2016. Οι σπόροι απλώθηκαν σε όλη την επιφάνεια των δίσκων και στη συνέχεια σκεπάστηκαν με πολύ λεπτό στρώμα τύρφης, λόγω του μικρού τους μεγέθους. Ακολούθως οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε θάλαμο προβλάστησης με σταθερή θερμοκρασία 20 °C. Τα ποτίσματα των δίσκων σποράς γινόταν καθημερινά ώστε να διατηρείται το υπόστρωμα υγρό.



Εικόνα 5.1: Προετοιμασία των δίσκων σποράς με υπόστρωμα τύρφης.

Μετά την βλάστηση των σπόρων στα φυτοδοχεία και όταν τα νεαρά φυτά ήταν στο στάδιο των δυο πραγματικών φύλλων έγινε μεταφύτευση, στις 28/11/2016 (20 ημέρες μετά τη σπορά) σε δίσκους ατομικών θέσεων που περιείχαν μη εμπλουτισμένη τύρφη (Εικόνα 5.2). Ακολούθως, οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε υαλόφρακτο μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο.



Εικόνα 5.2: Σπορόφυτα κατά το στάδιο της μεταφύτευσης σε δίσκους με ατομικές θέσεις.

Στις 6/2/17, δηλ. 80 ημέρες μετά τη σπορά, όταν τα φυτά είχαν κατά μέσο όρο 8 έως 10 πραγματικά φύλλα τοποθετήθηκαν στην τελική θέση ανάπτυξης σε ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές που περιείχαν θρεπτικό διάλυμα για την ανάπτυξή τους. Πριν τη μεταφύτευση, απομακρύνθηκαν από τις ρίζες των φυτών τα υπολείμματα τύρφης. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν σε δεξαμενές (Εικόνα 5.3) με υδατικό θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 5.1) και η καλλιέργειά τους έγινε σε υδροπονικό σύστημα επίπλευσης.



Εικόνα 5.3 Μεταφύτευση των φυτών στις δεξαμενές θρεπτικού διαλύματος.

Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε οπές επάνω σε φύλλα αφρώδους πλαστικού (φελιζόλ). Στο κάτω μέρος των φελιζόλ είχε επικολληθεί πλαστικό πλέγμα για τη συγκράτηση των φυτών το οποίο έφερε οπές που επέτρεπαν την απρόσκοπτη ανάπτυξη των ριζών στο θρεπτικό διάλυμα.

Για την επίτευξη των τριών διαφορετικών επιπέδων αλατότητας – τρεις μεταχειρίσεις του πειράματος - χρησιμοποιήθηκε χλωριούχο νάτριο το οποίο προστέθηκε στις λεκάνες ανάπτυξης των φυτών σε κατάλληλες ποσότητες έτσι ώστε να διαμορφωθούν τα τρία διαφορετικά επίπεδα ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού δα: 2, 6, και 12 dSm⁻¹.

Πιο συγκεκριμένα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος, του οποίου η σύσταση αναγράφεται στον πίνακα 5.1, μετρήθηκε σε 2 dSm⁻¹, ενώ για την επίτευξη της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των 6, και 12 dSm⁻¹ στις άλλες λεκάνες ανάπτυξης των φυτών προστέθηκε η αναγκαία ποσότητα χλωριούχου νατρίου. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος μετρήθηκε κάθε εβδομάδα για τον έλεγχο πιθανών μεταβολών και δεν απαιτήθηκε πρόσθεση χλωριούχου νατρίου ή νερού στις λεκάνες ανάπτυξης των φυτών.

Πίνακας 5.1: Συγκέντρωση ανόργανων θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα ανάπτυξης των φυτών.

Στοιχείο	Συγκέντρωση (μmol/l)
K ⁺	6,500
Ca ⁺⁺	4,000
Mg ⁺⁺	1,000
NO ₃ ⁻	12,500
NH ₄ ⁺	1,200
H ₂ PO ₄ ⁺	1,300
NaCl	0,00
Fe ⁺⁺	35,00
Mn	5,00
Zn	5,00
Cu ⁺⁺	0,80
B	30,00
Mo	0,50

5.3. Μετρήσεις και στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Για κάθε μεταχείριση χρησιμοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις των 10 φυτών η κάθε μία.

Μετά τη μεταφύτευση των φυτών στις δεξαμενές με τα θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μετρήθηκαν ο αριθμός των νωπών φύλλων και η διάμετρος της ροζέτας του φυτού κάθε 15 ημέρες.

Κατά τη συγκομιδή (10/3/17), η οποία πραγματοποιήθηκε 30 ημέρες μετά την μεταφύτευση των φυτών στις δεξαμενές με τα διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, όταν αυτά απέκτησαν το κατάλληλο μέγεθος, μετρήθηκαν:

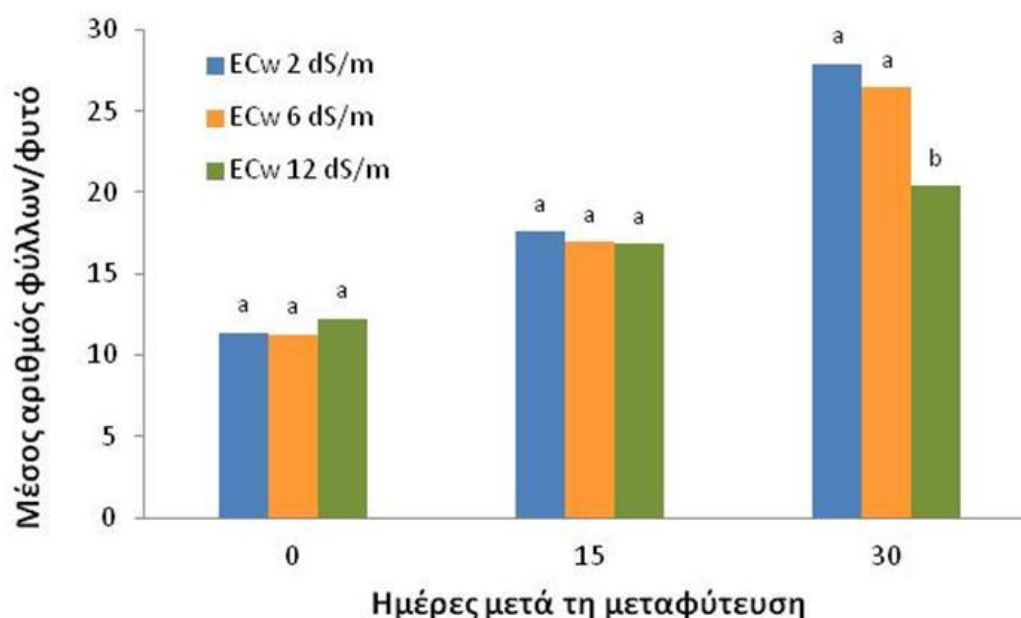
1. ο αριθμός των νωπών φύλλων ανά φυτό,
2. η διάμετρος της ροζέτας του φυτού,
3. το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού,
4. το νωπό βάρος της ρίζας του φυτού,
5. το νωπό βάρος των φύλλων του φυτού,
6. η περιεκτικότητα των φύλλων σε ξηρά ουσία, και
7. η περιεκτικότητα των ριζών σε ξηρά ουσία.

Για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία, τα φυτικά δείγματα τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο σε θερμοκρασία 72 °C, μέχρι την σταθεροποίηση του βάρους τους, η οποία παρατηρήθηκε μετά από τέσσερις ημέρες.

Το πείραμα ακολούθησε το εντελών τυχαιοποιημένο σχέδιο με 3 επαναλήψεις των 10 φυτών η κάθε μία. Η σημαντικότητα των διαφορών των μέσων των μεταχειρίσεων εκτιμήθηκε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς σε επίπεδο σημαντικότητας 95% ($P \leq 0,05$). Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics Centurion.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

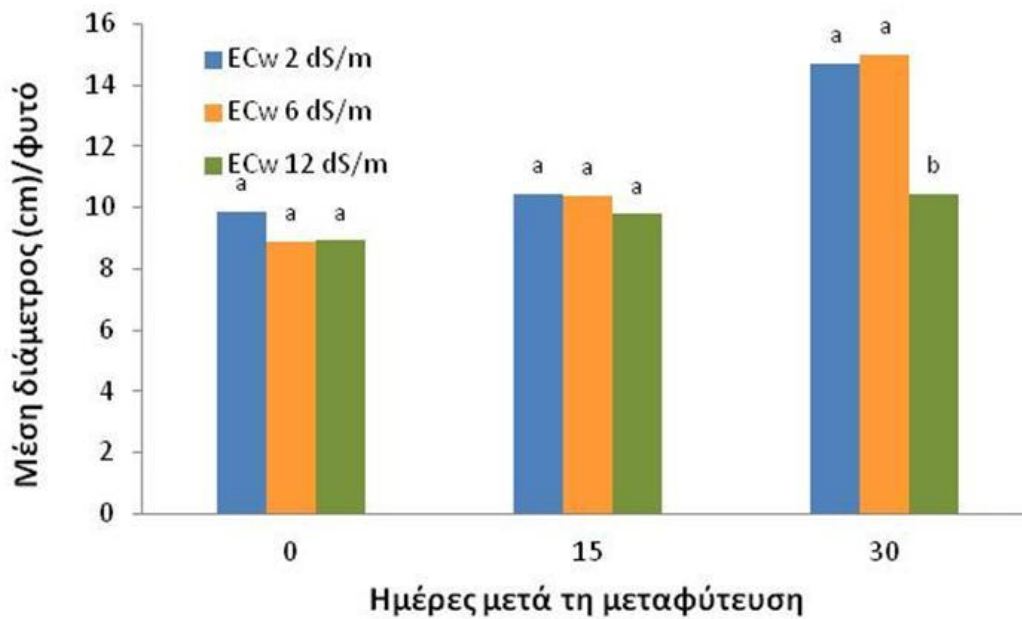
6.1 Σταμναγκάθι



Εικόνα 6.1. Ο μέσος αριθμός φύλλων ανά φυτό στο σταμναγκάθι, μετρημένος κατά τη μεταφύτευση των φυτών και 15 και 30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση σε θρεπτικά διαλύματα με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα, ανά ημέρα μέτρησης χωριστά, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Τα φυτά σταμναγκαθιού που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλύματος 12 dSm^{-1} δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά τον αριθμό των φύλλων σε σύγκριση με αυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dSm^{-1} ή 6 dSm^{-1} (Εικόνα 6.1).

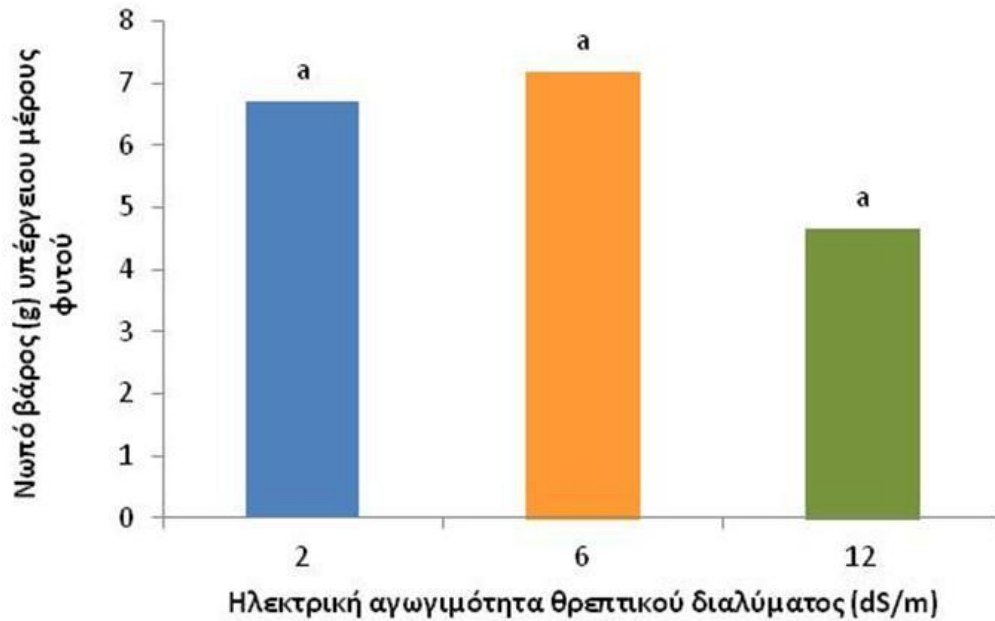
Ωστόσο, 30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, κατά τη συγκομιδή των φυτών, ο μέσος αριθμός φύλλων που έφεραν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 12 dSm^{-1} ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερος από εκείνο των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 ή 6 dSm^{-1} . Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 και 6 dSm^{-1} (Εικόνα 6.1).



Εικόνα 6.2. Η μέση διάμετρος (cm) ανά φυτό στο σταμναγκάθι, μετρημένη κατά τη μεταφύτευση των φυτών (0 ημέρες) και 15 και 30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση σε θρεπτικά διαλύματα με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα, ανά ημέρα μέτρησης χωριστά, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

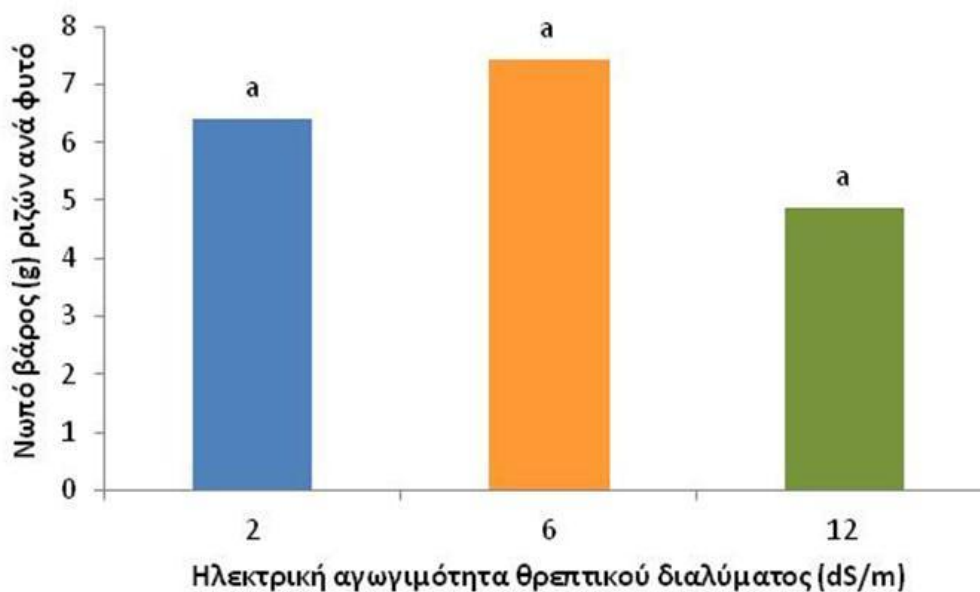
Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στις μετρήσεις που αφορούν τη διάμετρο της ροζέτας των φυτών του σταμναγκαθιού. Πιο συγκεκριμένα, η διάμετρος των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 και 6 dSm^{-1} δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας (Εικόνα 6.2).

Σε αντίθεση, τα φυτά που καλλιεργήθηκαν θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 12 dSm^{-1} είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερη διάμετρο ροζέτας 30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη διάμετρο των φυτών μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα στο θρεπτικό διάλυμα ανάπτυξης των φυτών όταν η μέτρηση έγινε 15 ημέρες μετά τη μεταφύτευση (Εικόνα 6.2).



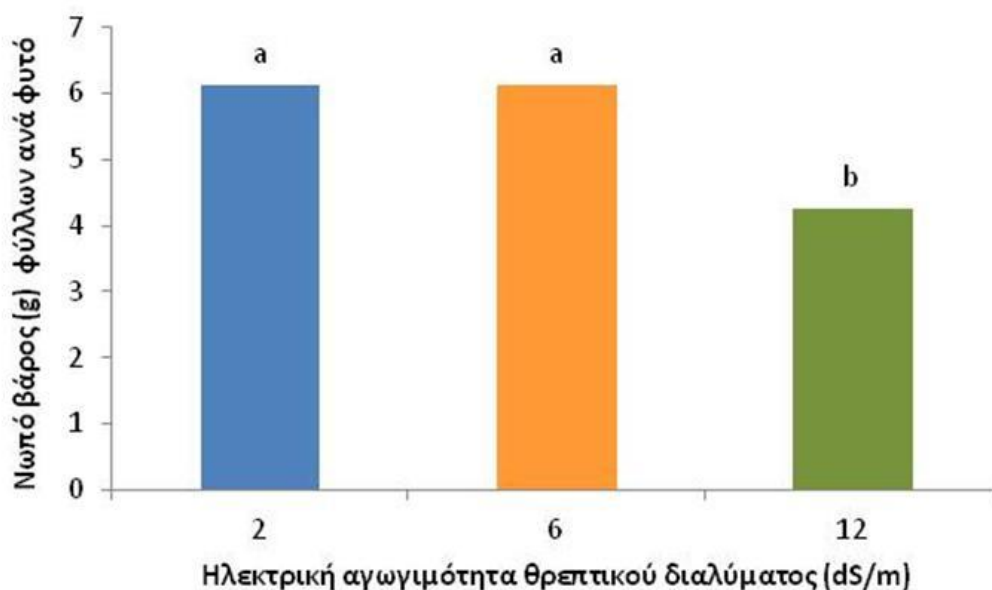
Εικόνα 6.3. Μέσο νωπό βάρος (g) του υπέργειου μέρους ανά φυτό στο σταμναγκάθι την ημέρα της συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dSm⁻¹). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Το μέσο νωπό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού του σταμναγκαθιού δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των μεταχειρίσεων με ηλεκτρική αγωγιμότητα θρεπτικού διαλύματος 2 dSm⁻¹, 6 dSm⁻¹ και 12 dSm⁻¹ (Εικόνα 6.3).



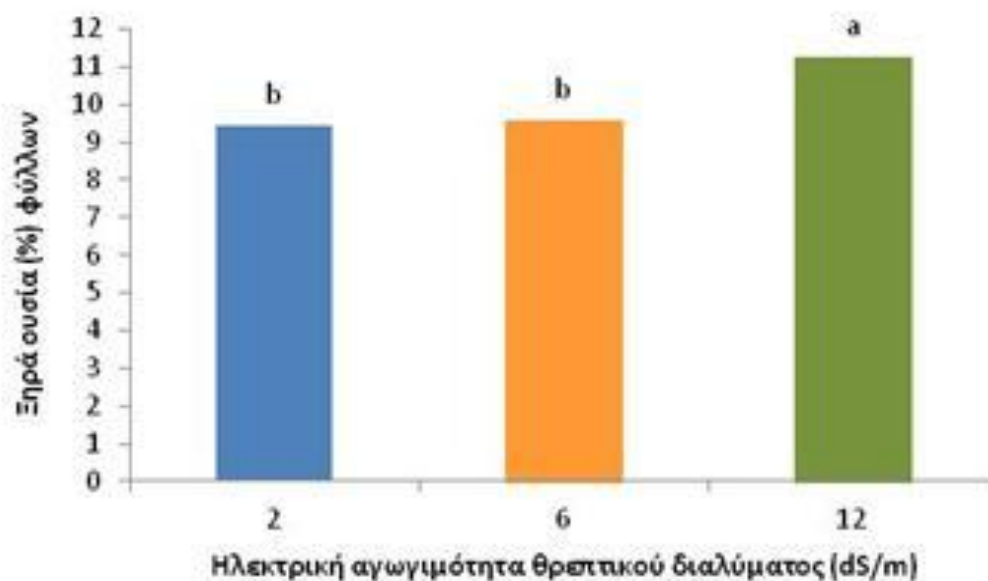
Εικόνα 6.4. Μέσο νωπό βάρος (g) ριζών ανά φυτό στο σταμναγκάθι, την ημέρα της συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), σε φυτά που αναπτύχθηκαν στα θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Το μέσο νωπό βάρος της ρίζας ανά φυτό στο σταμναγκάθι δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα στο θρεπτικό διάλυμα ανάπτυξης των φυτών (Εικόνα 6.4).



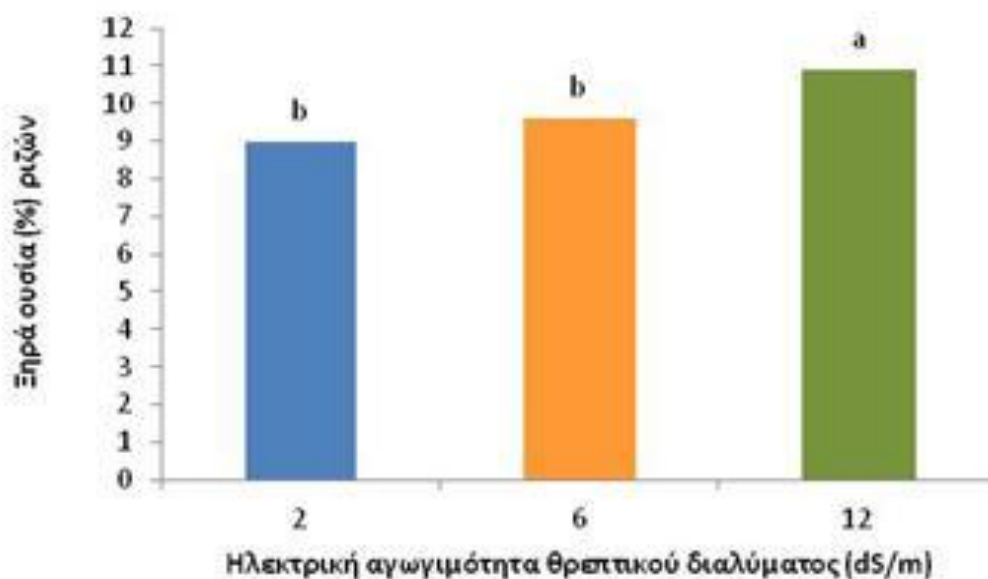
Εικόνα 6.5. Μέσο νωπό βάρος (g) φύλλων ανά φυτό στο σταμναγκάθι, την ημέρα της συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dSm⁻¹). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Το μέσο νωπό βάρος των φύλλων ανά φυτό στο σταμναγκάθι ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερο όταν τα φυτά καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 12 dSm⁻¹ σε σύγκριση με αυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 ή 6 dSm⁻¹. Αντίθετα, μεταξύ των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε διαλύματα 2 και 6 dSm⁻¹ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά του νωπού βάρους των φύλλων ανά φυτό (Εικόνα 6.5).



Εικόνα 6.6. Μέση συγκέντρωση (%) ξηράς ουσίας στα φύλλα των φυτών στο σταμναγκαθί την ημέρα τους συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), στα θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητα διαλύματος (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

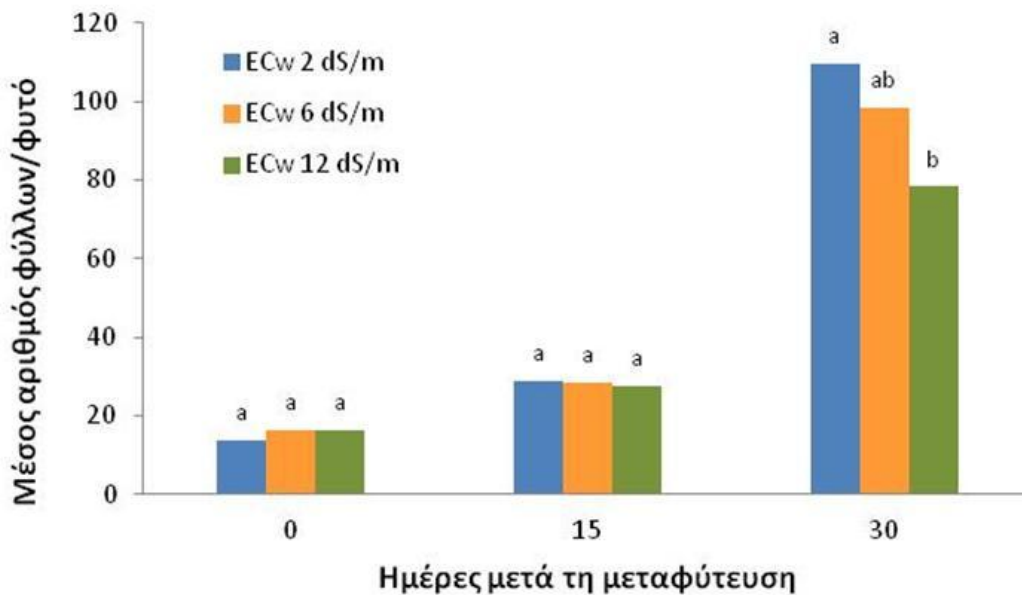
Η συγκέντρωση (%) ξηράς ουσίας στα φύλλα των φυτών του σταμναγκαθιού ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε αυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 12 dSm^{-1} σε σύγκριση με αυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 ή 6 dSm^{-1} (Εικόνα 6.6). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 6 dSm^{-1} και αυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dSm^{-1} .



Εικόνα 6.7. Μέση συγκέντρωση (%) ξηράς ουσίας στις ρίζες των φυτών στο σταμναγκάθι, την ημέρα τους συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), στα θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητα διαλύματος (2, 6 και 12 dSm⁻¹). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

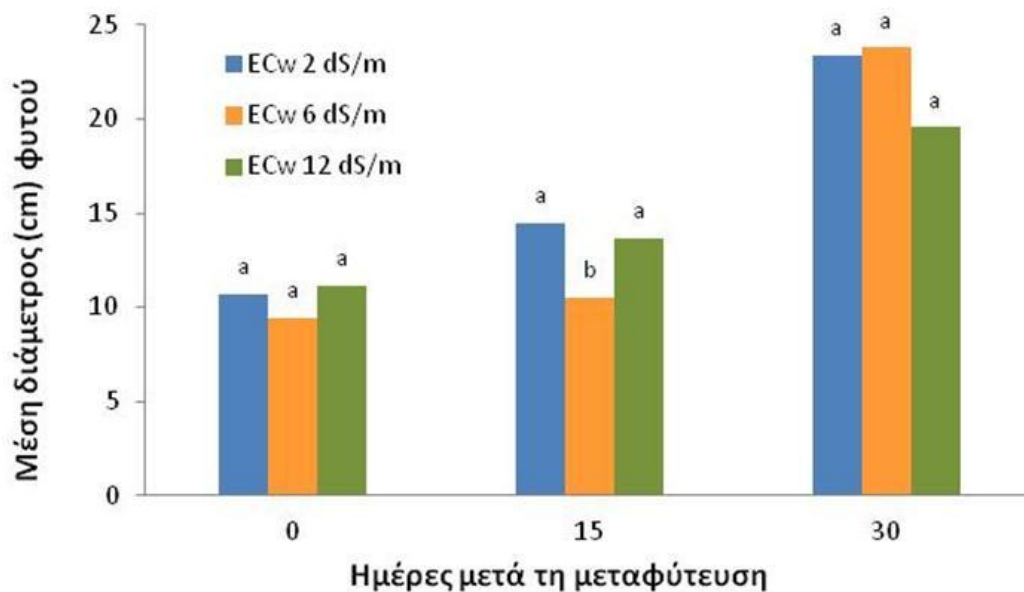
Η συγκέντρωση (%) ξηράς ουσίας στις ρίζες των φυτών του σταμναγκαθιού ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε αυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 12 dSm⁻¹ σε σύγκριση με αυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 ή 6 dSm⁻¹ (Εικόνα 6.7). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 6 dSm⁻¹ και αυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dSm⁻¹.

6.2 Πετειναράκι



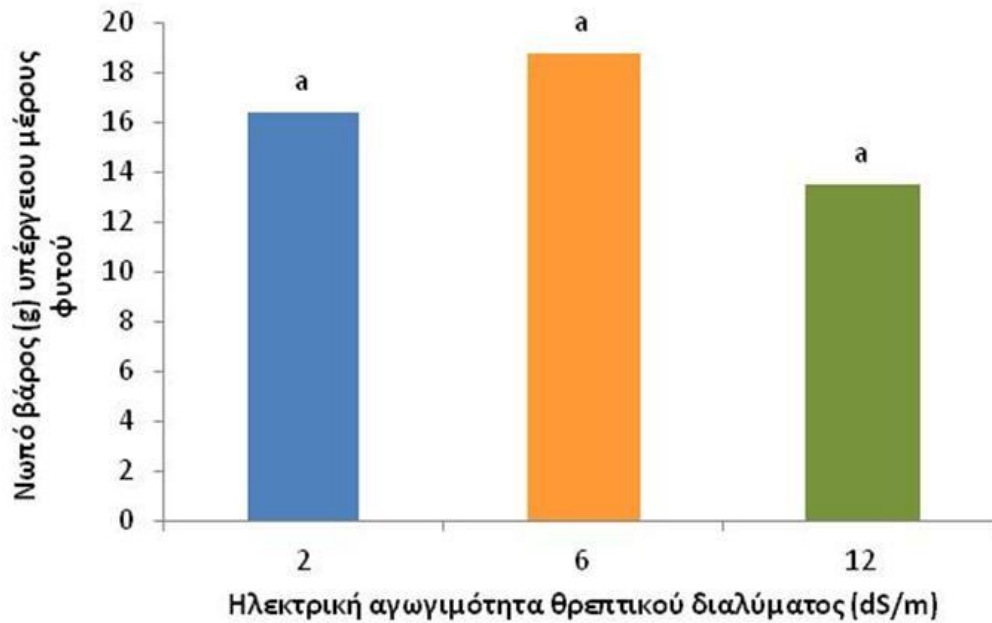
Εικόνα 6.8. Ο μέσος αριθμός φύλλων ανά φυτό στο πετειναράκι, μετρημένος κατά τη μεταφύτευση των φυτών και 15 και 30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση σε θρεπτικά διαλύματα με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα, ανά ημέρα μέτρησης χωριστά, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Ο μέσος αριθμός φύλλων ανά φυτό στο πετειναράκι δεν διέφερε στατιστικά μεταξύ των μεταχειρίσεων με θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dSm^{-1}) όταν η μέτρηση έγινε 15 ημέρες μετά τη μεταφύτευσή τους (Εικόνα 6.8). Αντίθετα, κατά τη συγκομιδή, δηλαδή 30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, ο μέσος αριθμός φύλλων ανά φυτό ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερος σε αυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 12 dSm^{-1} σε σύγκριση με αυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dSm^{-1} . Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 6 dSm^{-1} δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από αυτόν των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dSm^{-1} καθώς επίσης δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά και από αυτόν των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα αγωγιμότητας 12 dSm^{-1} (Εικόνα 6.8).



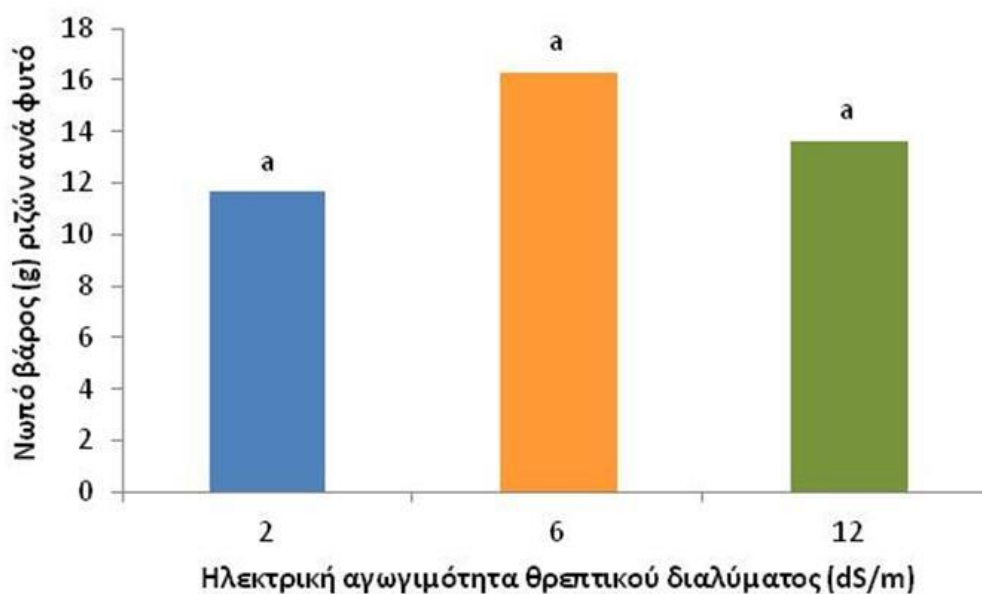
Εικόνα 6.9. Η μέση διάμετρος (cm) ανά φυτό στο πετειναράκι, μετρημένη κατά τη μεταφύτευση των φυτών (0 ημέρες) και 15 και 30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση σε θρεπτικά διαλύματα με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα, ανά ημέρα μέτρησης χωριστά, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Αντίθετα από το μέσο αριθμό φύλλων ανά φυτό, η μέση διάμετρος του φυτού στο πετειναράκι δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος καλλιέργειας των φυτών, με εξαίρεση την 15^η ημέρα μετά τη μεταφύτευση όπου η μέση διάμετρος των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα αγωγιμότητας 6 dSm^{-1} ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερη από αυτή των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 και 12 dSm^{-1} (Εικόνα 6.9).



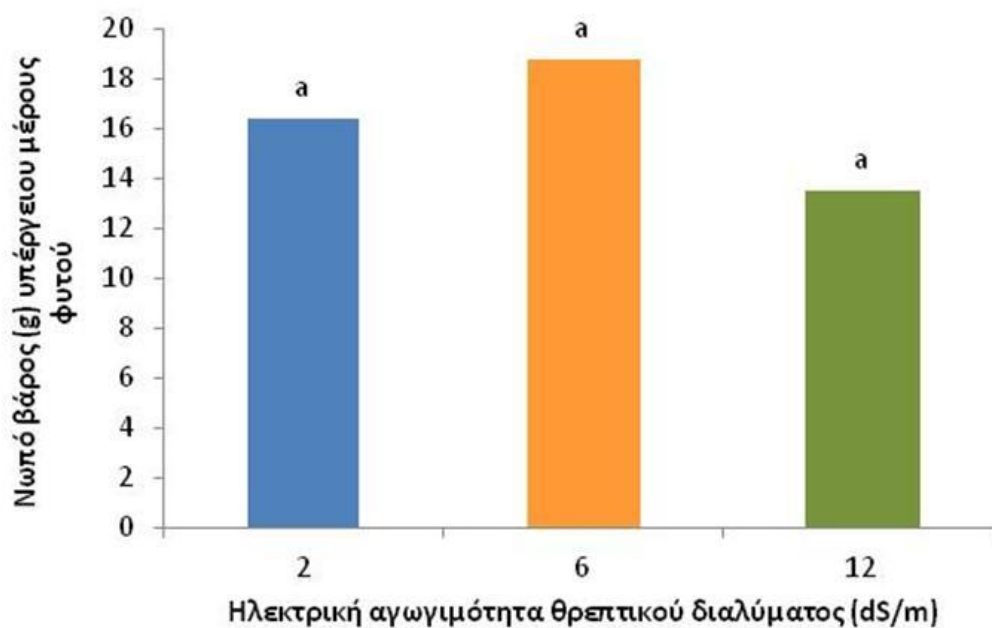
Εικόνα 6.10. Μέσο νωπό βάρος (g) του υπέργειου μέρους ανά φυτό στο πετειναράκι την ημέρα της συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Το μέσο νωπό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού στο πετειναράκι δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις με τα διαφορετικά επίπεδα ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dSm^{-1}) στο θρεπτικό διάλυμα καλλιέργειας των φυτών (Εικόνα 6.10).



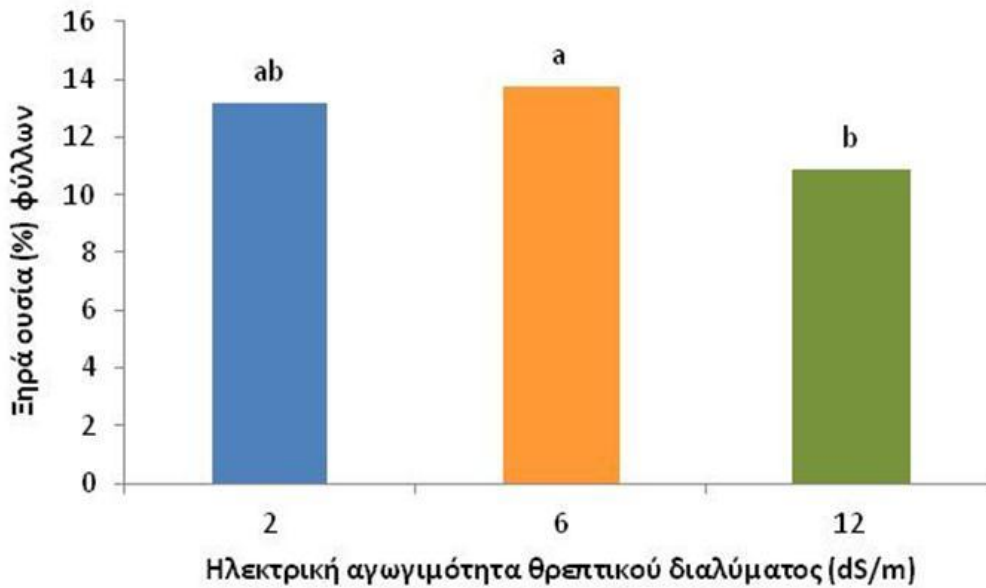
Εικόνα 6.11. Μέσο νωπό βάρος (g) ριζών ανά φυτό στο πετειναράκι, την ημέρα της συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), σε φυτά που αναπτύχθηκαν στα θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dS m^{-1}). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Το μέσο νωπό βάρος της ρίζας ανά φυτό στο πετειναράκι δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα στο θρεπτικό διάλυμα ανάπτυξης των φυτών (Εικόνα 6.10).



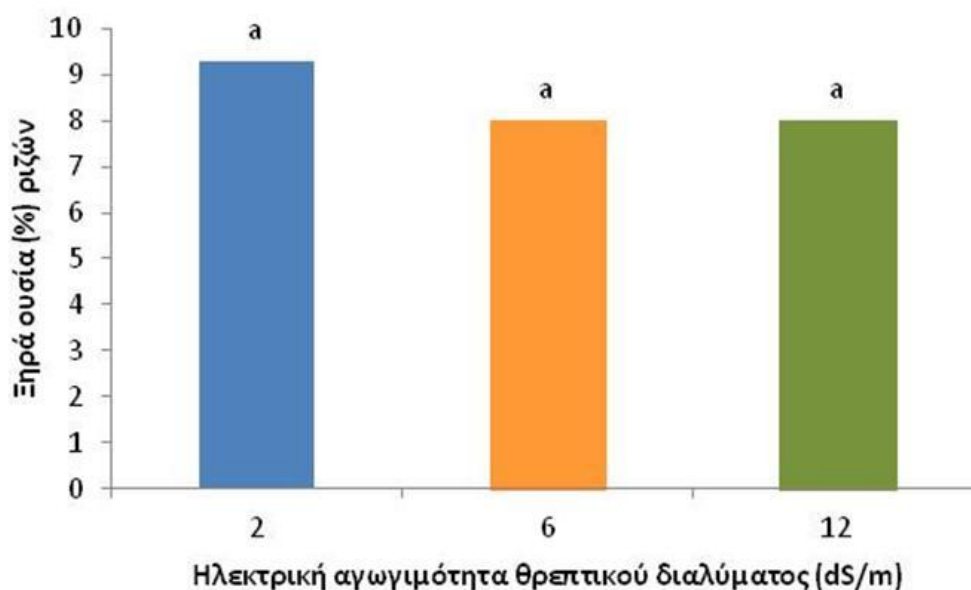
Εικόνα 6.12. Μέσο νωπό βάρος (g) φύλλων ανά φυτό στο πετειναράκι, την ημέρα της συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Το μέσο νωπό βάρος των φύλλων του φυτού στο πετειναράκι δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις με θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (2, 6 και 12 dSm^{-1}) (Εικόνα 6.12).



Εικόνα 6.13. Μέση συγκέντρωση (%) ξηράς ουσίας στα φύλλα των φυτών στο πετειναράκι την ημέρα τους συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), στα θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας διαλύματος (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Η μέση συγκέντρωση ξηράς ουσίας στα φύλλα των φυτών στο πετειναράκι ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα ηλεκτρικής αγωγιμότητας dSm^{-1} σε σύγκριση με τη συγκέντρωση ξηράς ουσίας στα φύλλα των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα αγωγιμότητας 12 dSm^{-1} . Ωστόσο, η συγκέντρωση ξηράς ουσίας στα φύλλα των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε διάλυμα αγωγιμότητας 2 dSm^{-1} δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά σε σύγκριση με αυτή των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα ηλεκτρικής αγωγιμότητας 6 dSm^{-1} και 12 dSm^{-1} (Εικόνα 6.13).



Εικόνα 6.14. Μέση συγκέντρωση (%) ξηράς ουσίας στις ρίζες των φυτών στο πετειναράκι, την ημέρα τους συγκομιδής (30 ημέρες μετά τη μεταφύτευση), στα θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητα διαλύματος (2, 6 και 12 dSm^{-1}). Κατακόρυφες στήλες με το ίδιο γράμμα, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

Η συγκέντρωση της ξηράς ουσίας στις ρίζες των φυτών δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των μεταχειρίσεων με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα στο θρεπτικό διάλυμα ανάπτυξης των φυτών (Εικόνα 6.14).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Σταμναγκάθι

Από τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας παρατηρείται ότι το σταμναγκάθι δεν εμφανίζει ιδιαίτερα υψηλή αντοχή στη συγκέντρωση των αλάτων. Πιο συγκεκριμένα, σε υψηλή αλατότητα (ηλεκτρική αγωγιμότητα θρεπτικού διαλύματος = 12 dSm^{-1}) παρατηρείται σημαντική μείωση στον αριθμό των φύλλων, τη διάμετρο της ροζέτας και στο νωπό βάρος των φύλλων του φυτού, σε σχέση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικά διαλύματα με αγωγιμότητα 2 και 6 dSm^{-1} .

Έτσι, μετά τη μεταφύτευση και κατά την ανάπτυξη των φυτών στο σύστημα επίπλευσης, όταν τα φυτά καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 12 dSm^{-1} , παρουσίασαν αύξηση του αριθμού των φύλλων κατά περίπου 50%. Αντίθετα, όταν τα φυτά σταμναγκαθίου καλλιεργήθηκαν σε θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 και 6 dSm^{-1} ο αριθμός των φύλλων τους υπερδιπλασιάστηκε, σε σύγκριση με τον αριθμό τους κατά τη μεταφύτευση.

Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό είναι σημαντικά μικρότερος από αυτόν που παρατήρησε ο Γεωργιόπουλος (αδημοσίευτα στοιχεία), σύμφωνα με το οποίο η εποχή καλλιέργειας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τόσο το ρυθμό ανάπτυξης του φυτού όσο και την τελική παραγωγή.

Επίσης, σε ότι αφορά την επίδραση της αλατότητας στην αύξηση της διαμέτρου της ροζέτας των φυτών, παρατηρήθηκε περιορισμένη ανάπτυξη-αύξηση αυτής, στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε διάλυμα με αγωγιμότητα 12 dSm^{-1} , συγκρινόμενη με τη διάμετρο των φυτών, που καλλιεργήθηκαν σε διαλύματα αγωγιμότητας 2 και 6 dSm^{-1} .

Αντίθετα, το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού και των ριζών δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος.

Και σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η τελική παραγωγή (νωπό βάρος των φυτών) είναι πολύ χαμηλή, ανεξάρτητα από τη μεταχείριση, πιθανόν λόγω της σημαντικά αρνητικής επίδρασης της εποχής καλλιέργειας (Γεωργιόπουλος, αδημοσίευτα στοιχεία), υποδηλώνοντας ότι η καλλιέργεια του σταμναγκαθίου φαίνεται να εξαρτάται σημαντικά από την επιλογή της κατάλληλης εποχής.

Παράλληλα, η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των φύλλων και των ριζών ήταν μεγαλύτερη, όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν σε διάλυμα πολύ υψηλής αγωγιμότητας (12 dSm^{-1}), γεγονός που πιθανά οφείλεται στη μειωμένη πρόσληψη νερού από τα φυτά, λόγω μείωσης του υδατικού δυναμικού του θρεπτικού διαλύματος.

7.2 Πετειναράκι

Τα αποτελέσματα της εργασίας δείχνουν ότι το πετειναράκι φαίνεται να εμφανίζει αντοχή στην αλατότητα, καθώς το μόνο χαρακτηριστικό ανάπτυξης των φυτών που μειώθηκε όταν τα φυτά καλλιεργήθηκαν σε διάλυμα υψηλής αγωγιμότητας (12 dSm^{-1}), ήταν ο αριθμός των φύλλων του φυτού.

Αντίθετα, η διάμετρος των φυτών αλλά και το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους, των φύλλων και της ρίζας, δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος. Κατά συνέπεια είναι πιθανό το φυτό αυτό να δύναται να αναπτυχθεί ικανοποιητικά ακόμη και σε εδάφη με υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Και σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η τελική παραγωγή (νωπό βάρος των φυτών) είναι πολύ χαμηλή, ανεξάρτητα από τη μεταχείριση, πιθανόν λόγω της σημαντικά αρνητικής επίδρασης της μεγάλης χρονικά παραμονής των φυτών στο σπορείο, μέχρι την τοποθέτησή τους στις δεξαμενές, που ενδεχόμενα επηρέασε το βιολογικό κύκλο των φυτών.

Εκτός από τα παραπάνω συμπεράσματα που αφορούν την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών σταμναγκάθι και πετειναράκι σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, παρατηρείται περιορισμένη ανάπτυξη των φυτών, ανεξάρτητα από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος ανάπτυξης, υποδηλώνοντας περιοριστική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών κάποιου παράγοντα που πιθανόν να συνδέεται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό προτείνεται η διερεύνηση της επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξης και παραγωγή αυτών των φυτών και σε άλλε εποχές του έτους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Ghanbari, A., & Panjehkeh, N. (2011).** Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia Journal of Science* **9**(1): 43–50.
- Brieudes, V., Angelis, A., Vougogiannopoulou, K., Pratsinis, H., Kletsas, D., Mitakou, S. & Skaltsounis, L.A. (2016).** Phytochemical analysis and antioxidant potential of the phytonutrient-rich decoction of *Cichorium spinosum* and *Cichorium intybus*. *Planta Medica* **82**: 1070-1078.
- Dimitriou, E., Karaouzas, I., Skoulikidis, N. & Zacharias, I. (2006).** Assessing the environmental status of Mediterranean temporary ponds in Greece. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **42**: 33-41.
- Melliou, E., Magiatis, P., & Skaltsounis, A. L. (2003).** Alkylresorcinol derivatives and sesquiterpene lactones from *Cichorium spinosum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**: 1289-1292.
- Munns, R. (1993).** Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environment* **16**: 15-24.
- Munns, R (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment* **25**(2): 239-250.
- Munns, R., Husain, S., Rivelli, A.R., James, R.A., Condon, A.G., Lindsay, M.P., Lagudah, E.S., Schachtman, D.P. & Hare, R.A. (2002).** Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil* **247**: 93-105.
- Panitsa, M., Bazos, I., Dimopoulos, P., Zervou, S., Yannitsaros, A. & Tzanoudakis, D. (2004).** Contribution to the study of the flora and vegetation of the Kithira island group: offshore islets of Kithira (S Aegean, Greece). *Willdenowia* **34**(1): 101-115.
- Zacharias, I., Dimitriou, E., Dekker, A. & Dorsman, E. (2007).** Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: threats, management and conservation issues. *Journal of Environmental Biology* **28**: 1-9.
- Zeghichi, S., Kallithraka, S. & Simopoulos, A.P. (2003).** Nutritional composition of molokhia (*Corchorus olitorius*) and stamnagathi (*Cichorium spinosum*). In:

Simopoulos, A.P. & Gopalan, C. (eds), *Plants in Human Health and Nutrition Policy*. World Rev Nutr Diet. Basel, Karger: 1-21.

Βιβλιογραφία στην Ελληνική γλώσσα

- Ακουμιανάκης, Κ., (2010).** Συμβολή των λαχανευόμενων στη βιολογική καλλιέργεια κηπευτικών - το παράδειγμα του σταμναγκαθιού. ΔΗΩ, 55: 22-26.
- Βλάχου, Γ. (2011).** *Επίδραση της αλατότητας στα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά της μπάμιας σε υδροπονική καλλιέργεια.* Μεταπτυχιακή Μελέτη, Γ.Π.Α., Αθήνα.
- Καββάδας, Δ., (1956).** *Εικονογραφημένον βοτανικόν φυτολογικόν λεξικόν.* Εκδόσεις Πελεκάνος, Αθήνα.
- Κλάδος, Ε. (2009).** *Επίδραση υποστρώματος και αλατότητας σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού.* Πτυχιακή Εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Ηράκλειο Κρήτης.
- Μενδώνη Ε. (2015).** *Επίδραση της εποχής σποράς στην ανάπτυξη και την ποιότητα αυτοφυών λαχανευόμενων ειδών.* Πτυχιακή Μελέτη, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Μισοπολινός, Ν. (1991).** *Προβληματικά εδάφη. Μελέτη, πρόβλεψη, Βελτίωση.* Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Παππά Ε. (2016).** *Καταγραφή της διαχρονικής εξέλιξης των μορφολογικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών δέκα λαχανευόμενων ειδών, καλλιεργούμενων σε σύστημα επίπλευσης.* Μεταπτυχιακή Μελέτη, Γ.Π.Α., Αθήνα.
- Σάββας Δ. (2011).** *Καλλιέργειες εκτός εδάφους, Υδροπονία, Υποστρώματα.* Εκδόσεις ΑΓΡΟΤύπος ΑΕ, Αθήνα.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

<http://www.alagro.gr/kleista-systhmata/>

<https://terravidagroup.wordpress.com/>

<http://biodiversitysitia.gr/wpsitia/cichorium-spinosum>

<http://flora.org.il/en/plants/PLAWEL/>

https://species.wikimedia.org/wiki/Cichorium_spinsum

<http://www.hydroponics.name/hydroponics-systems/deep-water-culture-system/>

http://agroselida.blogspot.com/2015/01/blog-post_64.html