ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΙΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΣΚΟΛΥΜΠΡΟΥ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ»

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΣΑΒΒΙΔΗΣ - ΜΓ120

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

"Εφαρμοσμένη Επιστήμη και Τεχνολογία στη Γεωπονία"

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2022

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΔΑΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΑ: ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΙΔΡΥΜΑ/ΦΟΡΕΑΣ: ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.

2. ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΛΟΥΛΑΚΑΚΗΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΑ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΙΔΡΥΜΑ/ΦΟΡΕΑΣ: ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.

3. ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ ΔΡΑΓΑΣΑΚΗ
ΙΔΙΟΤΗΤΑ: ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΙΔΡΥΜΑ/ΦΟΡΕΑΣ: ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.

ΤΟ ΕΡΓΟ ΑΥΤΟ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΕΛΜΕΠΑ

Αφιερώνω αυτή τη διατριβή στη σύζυγο μου και στους γονείς μου για την υπομονή που υπέδειξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της.

.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο εργαστήριο Ανάλυσης και Αξιοποίησης Γεωργικών Υπολειμμάτων του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επίστημών του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου. Αυτή τη στιγμή που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω κυρίως τον Επικ. Καθηγητή Ιωάννη Δαλιακόπουλο και τον Καθηγητή Θρασύβουλο Μανιό για την ευκαιρία που μου έδωσαν να εργαστώ στο εργαστήριό τους και να προσπαθήσω να φέρω σε πέρας ένα, όπως αποδείχθηκε, δύσκολο έργο.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτρη Παπαδημητρίου, διδακτορικό φοιτητή στο ίδιο εργαστήριο, στου οποίο την έρευνα συμμετείχα. Ήταν πάντα εκεί να καλύψει τα λάθη και τις ανεπάρκειες μου και πιστεύω ότι χτίσαμε μια σχέση η οποία θα κρατήσει για πολλά χρόνια μετά το πέρας αυτού του μεταπτυχιακού. Αναμφίβολα πολλά ευχαριστώ αξίζουν επίσης στον Γιάννη Λουλουδάκη και στον Γιάννη Σαμπαθιανάκη οι οποίοι παρείχαν τις τεχνικές τους γνώσεις και τη βοήθεια τους όποτε αυτή χρειάστηκε.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω και τη γραμματέα του μεταπτυχιακού μας κα. Ανδριανή Σταυροπούλου καθώς και τον Καθηγητή Κώστα Λουλακάκη, διευθυντή του μεταπτυχιακού προγράμματος, χωρίς τους οποίους δε θα είχα εγγραφεί και ακολουθήσει αυτό το μεταπτυχιακό. Αν και προερχόμενος από έναν άλλο ερευνητικό κλάδο, αυτόν της μοριακής βιολογίας, με αγκάλιασαν και μου στάθηκαν στα εύκολα και στα δύσκολα της μετάβασης μου αυτής στο χώρο της γεωπονίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ..... **IV**

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ ..... **VI**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ..... **VII**

ABSTRACT ..... **VIII**

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ **9**

1.1 Επίδραση της αλατοτητας στη θρεψη και τη φυσιολογια των φυτων 9

1.2 Υδροπονια και υποστρωματα 16

1.3 Άγρια λαχανευομενα 21

1.4 Χρυσιζον γαϊδουραγκαθο η Ασκολιμπρος 26

1.5 Σκοπος της εργασιας 31

2 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ **33**

2.1 Πειραματικη διαταξη 33

2.2 Λιπανση 35

2.3 Αναλυση περιεκτικοτητας σε ανοργανα αλατα 37

2.4 Προσδιορισμος αζωτου με τη μεθοδο Kjeldahl 38

2.5 Προσδιορισμος φωσφορου με τη μεθοδο βαναδομολυβδαινικου αμμωνιου 43

2.6 Προσδιορισμος Καλιου 50

2.7 Προσδιορισμος Νατριου 55

2.8 Αναλυση ολικης αντιοξειδωτικης ικανοτητας 60

2.9 Μετρηση πυκνοτητας και φθορισμου χλωροφυλλης 62

2.10 Αναλυση δεδομενων 63

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ **64**

3.1 Κλιματολογικα δεδομενα καλλιεργειας 64

3.2 Άρδευση, Λιπανση και αποστραγγιση 65

3.3 Αναπτυξη φυτων 66

3.4 Περιεκτικοτητα σε ανοργανα αλατα 69

3.5 Ολικη αντιοξειδωτικη ικανοτητα 71

4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ **73**

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ **77**

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ

***Πίνακας 1**: Οι συντομεύσεις που χρησιμοποιούνται μέσα στο κείμενο και στις Εικόνες / Σχήματα*

Σύντμηση	Πλήρες όνομα
NFT	*Nutrient Film Technology – Τεχνολογία Φιλμ Θρεπτικών*
WEP	*Wild Edible Plants – Άγρια Βρώσιμα Φυτά*
DAT	*Days After Transplantation - Ημέρες μετά τη μεταφύτευση*
GAE	*Gallic Acid Equivalent – Ισοδύναμο γαλλικού οξέος*
CAE	*Citric Acid Equivalent – Ισοδύναμο κιτρικού οξέος*
WFL	*Leaves' fresh weight – νωπό βάρος φύλλων*
WFR	*Root fresh weigh – νωπό βάρος ρίζας*
WDL	*Leaves' dry weight – ξηρό βάρος φύλλων*
WDR	*Root's dry weight – ξηρό βάρος ρίζας*
NL	*Number of leaves – Αριθμός φύλλων*
FW	*Fresh Weight – Νωπό Βάρος*
DW	*Dry Weight – Ξηρό Βάρος*
NS	*Nutrient Solution – Υδροπονικό διάλυμα*
EC	*Electrical Conductivity – Ηλεκτρική αγωγιμότητα*
Φ	*Φύλλα*
P	*Ρίζα*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επιλογή ανθεκτικών οικότυπων άγριων λαχανευόμενων ειδών θα μπορούσε να αποτελέσει μια εναλλακτική επιλογή για τη διατήρηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών σε αρόσιμες εκτάσεις που πλήττονται από υποβαθμισμένα από την αλατότητα εδάφη. Σε αυτό το πλαίσιο, διερευνήθηκε η επίδραση μέτριων επιπέδων αλατότητας στην ανάπτυξη και φυσιολογία του άγριου λαχανευόμενου φυτού, ασκόλυμπρος (*Scolymus hispanicus L.*). Οι μεταχειρίσεις πραγματοποιήθηκαν με την εφαρμογή τεσσάρων συγκεντρώσεων NaCl (0,5, 5,0, 10,0 και 15,0 mM) στο θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας των φυτών, με αποτέλεσμα την αρχική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του διαλύματος να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 2,2, 2,8, 3,2 και 3,8 dS m^{-1}, αντίστοιχα. Στο τέλος του πειράματος, 120 ημέρες μετά τη μεταφύτευση (DAT), η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος απορροής έφτασε τα 2,65, 3,33, 3,96 και 4,51 dS m^{-1}, αντίστοιχα.

Κατά την πρώτη συγκομιδή, 90 DAT, η αύξηση της συγκέντρωσης του NaCl δεν είχε σημαντική επίδραση στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό, στο νωπό και ξηρό βάρος των φύλλων [g $plant^{-1}$] και στο ξηρό βάρος της ρίζας [g $plant^{-1}$]. Ωστόσο, κατά τη δεύτερη συγκομιδή (120 DAT), το επίπεδο αλατότητας 15,0 mM NaCl μείωσε σημαντικά το νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας και των φύλλων χωρίς να μειώνεται σημαντικά ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό σε σύγκριση με τα 0,5 και 5,0 mM NaCl, ενώ η μεταχείριση των 10 mM NaCl δεν είχε καμία επίδραση σε καμία από εξεταζόμενες παραμέτρους. Οι συγκεντρώσεις των K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} και P στα φύλλα φάνηκαν να μην επηρεάζονται σημαντικά από τα εξεταζόμενα επίπεδα αλατότητας, ενώ οι συγκεντρώσεις του ολικού και νιτρικού αζώτου μειώθηκαν σημαντικά στις μεταχειρίσεις των 10 και 15 mM NaCl, 90 DAT. Επιπλέον, τα επίπεδα 10 και 15 mM NaCl αύξησαν σημαντικά τις συγκεντρώσεις Cl^- και Na^+ στα φύλλα, αλλά όχι στις ρίζες. Επίσης κατά την ανάλυση θρέψης στους ιστούς της ρίζας, μόνο η συγκέντρωση του K^+ μειώθηκε από την επίδραση της αλατότητας, ενώ ο P φάνηκε να αυξάνεται σημαντικά στο υψηλότερο επίπεδο αλατότητας (15 mM NaCl). Με βάση τα αποτελέσματα, συμπεραίνουμε ότι ο ασκόλυμπρος είναι ανθεκτικό φυτό σε μέτρια επίπεδα αλατότητας και μπορεί να αποτελέσει μια εναλλακτική επιλογή καλλιέργειας σε υποβαθμισμένα εδάφη από την αλατότητα αλλά και μια ενδιαφέρουσα και βιώσιμη επιλογή σε σύγχρονα συστήματα καλλιέργειας όπως το υδροπονικό.

ABSTRACT

To preserve crop productivity in arable lands impacted by salinity, it may be practical to use salt-tolerant crop species for cultivation. In this context, we investigate how the hydroponically grown, wild edible green golden thistle (*Scolymus hispanicus* L.) reacts to moderate salinity levels. Four NaCl concentrations were set up in a standard nutrient solution (0.5, 5.0, 10.0, and 15.0 mM), resulting in initial solution electrical conductivities (EC) of 2.2, 2.8, 3.2, and 3.8 dS m^{-1}, respectively. At the conclusion of the trial, drainage EC was measured 2.65, 3.33, 3.96, and 4.51 dS m^{-1}, respectively, 120 days after transplanting (DAT). The number of leaves per plant, leaf fresh and dry weight [g plant-1], and root dry weight [g plant-1] were not significantly affected by the increase in NaCl content at the first harvest, 90 DAT.

When compared to 0.5 and 5.0 mM NaCl at the second harvest (120 DAT), 15 mM NaCl significantly reduced root and leaf fresh and dry weight while having no effect on the number of leaves per plant. By contrast, 10 mM NaCl had no effect on any of these metrics. While the studied salinity levels had little effect on the concentrations of K+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, and P in the leaves, organic-N and NO_3—N concentrations were considerably decreased by 10 and 15 mM NaCl, at 90 DAT. Additionally, the concentrations of Cl^- and Na^+ in leaves were dramatically raised by 10 and 15 mM NaCl, but not in the roots. Only the K concentration in the roots was decreased with salt, whereas P increased at the maximum salinity level (29 mM NaCl). These findings lead us to the conclusion that *S. hispanicus L*. is a potential candidate plant for inclusion in hydroponic growing systems in areas with moderate salinity in irrigation water, because it is tolerant of moderate salt levels.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε ξένο φαΐ αλάτι να μη ρίχνεις
Λαϊκή ρήση

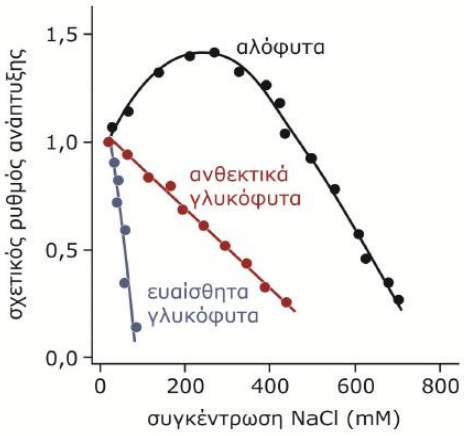
1.1 Επίδραση της αλατότητας στη θρέψη και τη φυσιολογία των φυτών

Τα φυτά από τότε που εμφανίστηκαν στη Γη, πριν από 470 εκ. χρόνια, κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν διάφορες αντίξοες συνθήκες, όπως η λειψυδρία, η υποξεία, το μερικό και το ολικό σκοτάδι (π.χ. σε σπήλαια και στα βάθη της θάλασσας), η έλλειψη θρεπτικών συστατικών, όπως του αζώτου ή του φωσφόρου, αλλά και η αλατότητα των εδαφών. Με τον όρο αλατότητα εννοούμε την ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων (κυρίως Na^+ και Cl^- αλλά και άλλων) στο περιβάλλον της ρίζας των φυτών. Η αλατότητα ως παράγοντας καταπόνησης των φυτών σε μέτριο ή υψηλό επίπεδο εμφανίζεται σε περιοχές του πλανήτη, παράκτιες και μη, που φτάνουν ως και το 20% των συνολικών καλλιεργούμενων εδαφών. Οι περιοχές αυτές συνοψίζονται κατά κανόνα στις εξής τρεις κατηγορίες: i) περιοχές που διαβρέχονται από θαλασσινό νερό (αλίπεδα ή υφάλμυρα

έλη), ii) ερημικές περιοχές στα εδάφη των οποίων συσσωρεύονται άλατα επειδή ο ρυθμός εξάτμισης του νερού είναι κατά πολύ υψηλότερος του ρυθμού βροχόπτωσης, iii) υπερβολικά αρδευόμενες γεωργικές εκτάσεις στις οποίες παρατηρείται συσσώρευση ιόντων στο έδαφος λόγω έντονης εξατμισοδιαπνοής. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν έντονες συνέπειες στη γεωργική παραγωγή καθώς τα περισσότερα φυτά είναι ευαίσθητα ακόμη και σε ήπια αλατότητα στο έδαφος (Καραμπουρνιώτης *et al.*, 2012). Στη περίπτωση της Κρήτης οι περιοχές που πλήττονται από αλατότητα ανήκουν στην πρώτη και κυρίως στην τρίτη κατηγορία.

Η καταπόνηση λόγω αλατότητας επιδρά δυσμενώς σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα: i) αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Επηρεάζει αρνητικά την αποστράγγιση και άρα και τον αερισμό του εδάφους ενώ επηρεάζει και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του εδαφικού διαλύματος. ii) Η υψηλή συγκέντρωση ιόντων δημιουργεί χαμηλά δυναμικά νερού στο έδαφος με αποτέλεσμα να εμφανίζεται **ωσμωτική καταπόνηση** στη ρίζα καθώς το φυτό αδυνατεί να απορροφήσει ικανές ποσότητες νερού. Τόσο η έλλειψη νερού όσο και η υψηλή εδαφική αλατότητα επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο το ωσμωτικό δυναμικό. iii) Οι υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων δημιουργούν επίσης **ιοντική καταπόνηση** για τρεις λόγους: α) Επηρεάζεται η απορρόφηση θρεπτικών συστατικών από το έδαφος καθώς τα ιόντα Na^+ και Cl^- ανταγωνίζονται την πρόσληψη άλλων ιόντων από το ριζικό σύστημα β) Η συσσώρευση ιόντων Na^+ και Cl^- εντός των κυττάρων διαταράσσει σταδιακά την **κυτταρική ιοντική ομοιόσταση,** δηλαδή τη φυσιολογική κατανομή των ιόντων και των φορτίων εντός και εκτός του κυττάρου και των υποδιαμερισμάτων του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της απορρόφησης ιόντων (π.χ. K^+) από τον αποπλασματικό χώρο προς το εσωτερικό των κυττάρων. iv) Τα ιόντα Na^+ και Cl^- αυτά καθαυτά είναι τοξικά όταν

βρεθούν σε υψηλή συγκέντρωση εντός των κυττάρων. Υπερβολική συγκέντρωση Na^+ προκαλεί ανωμαλίες στην διαπερατότητα των μεμβρανών και παρεμπόδιση της καταλυτικής δράσης των ενζύμων. Επίσης γίνεται πιο δύσκολη η αφομοίωση του άνθρακα λόγω παρεμπόδισης της φωτοσυνθετικής λειτουργίας και επιβραδύνεται η ανάπτυξη των ευαίσθητων φυτικών ειδών (Εικ. 1). Κρίσιμη παράμετρος σε αυτή την περίπτωση είναι **το κατώφλι αλατότητας,** το οποίο καθορίζει την παραγωγικότητα των καλλιεργούμενων φυτικών ειδών σε περιβάλλον αλατότητας. Ιδιαίτερα ευαίσθητος στόχος είναι η φωτοσυνθετική ροή ηλεκτρονίων η οποία μπορεί να διαταραχθεί ακόμα και με χαμηλές συγκεντρώσεις των παραπάνω ιόντων. Αυτό μπορεί να συμβεί και λόγω μειωμένης στοματικής αγωγιμότητας που επιφέρει μειωμένη τροφοδοσία με CO_2. Αυτές οι συνθήκες ευνοούν τη δημιουργία ενεργών μορφών οξυγόνου (ROS) και οξειδωτική καταπόνηση, που αποτελούν μια σημαντική παρενέργεια της καταπόνησης αλατότητας (Καραμπουρνιώτης *et al.*, 2012).



Εικόνα 1 - Η εξάρτηση της ταχύτητας ανάπτυξης από τη συγκέντρωση αλατιού στο περιβάλλον μέσον για τρεις κατηγορίες φυτών (Καραμπουρνιώτης *et al.*, 2012).

Τα φυτά που αναπτύσσονται σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων (200 mM NaCl και άνω, που αντιστοιχεί στο 40% της συγκέντρωσης NaCl στο θαλασσινό νερό) αποκαλούνται αλόφυτα. Τα αλόφυτα αποτελούν το 1% περίπου της χλωρίδας του πλανήτη και μπορούν να αναπτύσσονται σε επίπεδα αλατότητας τα οποία είναι

θανατηφόρα για το 99% των υπόλοιπων ευαίσθητων φυτικών ειδών, που ονομάζονται γλυκόφυτα. Γενικά τα δικότυλα αλόφυτα παρουσιάζουν υψηλότερη ανθεκτικότητα έναντι των μονοκότυλων. Στα περισσότερα γλυκόφυτα ακόμη και σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων (κάτω από 50 mM) δημιουργούνται ανεπανόρθωτες φυσιολογικές βλάβες. Ωστόσο τόσο μεταξύ των γλυκόφυτων, όσο και μεταξύ των αλόφυτων παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις στην αντιμετώπιση της αλατότητας. Οι αντίξοες συνθήκες που δημιουργεί το περιβάλλον της αλατότητας αντιμετωπίζονται από τα φυτά μέσω κυρίως των στρατηγικών της α) αποφυγής και β) της ανθεκτικότητας (Καραμπουρνιώτης *et al.*, 2012).

Τα φυτά που έχουν επιλέξει τη στρατηγική της αποφυγής, και καλούνται και **ρυθμιστές αλατότητας,** δεν επιτρέπουν την είσοδο ιόντων στο εσωτερικό των κυττάρων και ιδιαίτερα των φωτοσυνθετικών ιστών. Η στρατηγική αυτή υλοποιείται μέσω τριών μηχανισμών i) Ορισμένα φυτικά είδη δεν απορροφούν το αλάτι, αλλά το αποκλείουν ενεργητικά στο εξωτερικό περιβάλλον. ii) Άλλοι ρυθμιστές αλατότητας επιτρέπουν την είσοδο του αλατιού το οποίο οδηγείται προς και εκκρίνεται από εξειδικευμένους αλατώδεις αδένες των φύλλων. iii) Σε πολλά είδη γλυκόφυτων μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται πολλά είδη καλλιεργούμενων φυτών, το αλάτι απορροφάται από τις ρίζες αλλά παρεμποδίζεται η μεταφορά του μέσω των αγγείων του ξύλου προς το υπέργειο τμήμα.

Τα φυτά που ακολουθούν τη στρατηγική της ανθεκτικότητας, και καλούνται και **συσσωρευτές άλατος**, φέρουν προσαρμογές για να μη παρουσιάζουν δυσλειτουργίες παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων. Η επιβίωση των φυτών αυτών στηρίζεται στην πρόσληψη υψηλών συγκεντρώσεων αλατιού εντός των κυττάρων τους, έτσι ώστε να αντισταθμιστεί το χαμηλό δυναμικό του νερού του εδάφους και να επιτυγχάνονται

ικανοποιητικές πιέσεις σπαργής. Τα ιόντα Na^+ και Cl^- συσσωρεύονται στο χυμοτόπιο, ενώ οι συγκεντρώσεις τους κρατούνται σε χαμηλά επίπεδα στο κυτταρόπλασμα.

Συνεπώς η αλατότητα αποτελεί ένα περιβαλλοντικό στρες που περιορίζει την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Η απόκριση των φυτών στην περίσσεια NaCl είναι πολύπλοκη και περιλαμβάνει αλλαγές στη μορφολογία τους, τη φυσιολογία και το μεταβολισμό τους (Hilal *et al.*, 1998). Η μετατόπιση των αλάτων από τις ρίζες και στους βλαστούς είναι αποτέλεσμα της διαπνοής, η οποία απαιτείται για τη διατήρηση της κατάστασης του νερού του φυτού. Η μη ρυθμιζόμενη διαπνοή μπορεί να προκαλέσει τοξικά επίπεδα συσσώρευσης ιόντων στο βλαστό (Yeo, 1998). Χαμηλότερος ρυθμός διαπνοής, σε συνδυασμό με μειωμένη πρόσληψη ιόντων από τις ρίζες ή μειωμένη φόρτιση ξυλώματος, μπορεί να προκαλέσει κακή παροχή μέσω του ξυλώματος. Άρα είναι πιθανό να υπάρχει ανεπαρκής παροχή ιόντων και να περιοριστεί η κυτταρική διαίρεση (Bernstein *et al.*, 1995).

Στα διογκούμενα φύλλα, η αλατότητα διαταράσσει τις συγκεντρώσεις του K (Jeschke and Wolf, 1985) και του P (Serrani *et al.*, 2007). Η συγκέντρωση του K στο ξύλωμα μειώθηκε στο μισό περίπου των τιμών ελέγχου σε φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υψηλή αλατότητα (Wolf *et al.*, 1990). Μια άμεση απόκριση στην αλατότητα είναι το κλείσιμο των στομάτων. Ωστόσο, λόγω της διαφοράς δυναμικού νερού μεταξύ της ατμόσφαιρας και των κυττάρων των φύλλων και της ανάγκης για δέσμευση άνθρακα, αυτή είναι μια αβάσιμη μακροπρόθεσμη στρατηγική ανοχής (Hasegawa *et al.*, 2000). Οι αποκρίσεις των φυτών στην υψηλή αλατότητα ποικίλλουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης, όπως φάνηκε από την έρευνα των Chartzoulakis and Klapaki, 2000 στην πιπεριά, των Chartzoulakis and Loupassaki, 1997 στη μελιτζάνα και των Dumbroff and Cooper, 1974 στη ντομάτα. Τα νεαρά σπορόφυτα και τα φυτά στο στάδιο της ανθοφορίας

φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητα από τα ώριμα στάδια στην αλατότητα του εδάφους (Lutts *et al.*, 1995).

Ένας από τους κύριους παράγοντες που προκαλούν τη γήρανση των φύλλων είναι η μείωση της χλωροφύλλης υπό συνθήκες αλάτωσης (Chen *et al.*, 1991). Η γήρανση των φύλλων συσχετίζεται επίσης με αυξημένη διαπερατότητα μεμβράνης σε υψηλή συγκέντρωση άλατος (Dhindsa *et al.*, 1981). Αναφέρθηκε ότι η περίσσεια NaCl στο μέσο της ανάπτυξης του φυτού, προκαλεί δομικές αλλαγές στις ρίζες των φασολιών, καθώς και διαρροή ιόντων που συσχετίζεται με αλλοιώσεις της κυτταρικής μεμβράνης (Cachorro *et al.*, 1995).

Η ανοχή των φυτών στο αλάτι μπορεί να ομαδοποιηθεί σε τρεις κατηγορίες:

(1) εξαίρεση των αλάτων ακολουθούμενη από μεταφορά και διαχωρισμό του αλατιού

(2) μορφολογικά χαρακτηριστικά και κατανομή βιομάζας βλαστών και ριζών φυτών

(3) φυσιολογικά και μεταβολικά γεγονότα που εξουδετερώνουν την παρουσία αλατιού σε κυτταρικό επίπεδο (Winicov, 1998).

Οι έρευνες για την ανοχή σε αλατούχα περιβάλλοντα συχνά υποδεικνύουν περιορισμένη συσσώρευση ιόντων και σύνθεση οργανικών διαλυμένων ουσιών ως κύριες προσαρμογές που οδηγούν στην αντοχή (Greenway and Munns, 1980). Επιπλέον, υπάρχουν πολλά γονίδια που φαίνεται να δρουν συντονισμένα για να αυξήσουν την ανοχή στην αλατότητα και ορισμένες πρωτεΐνες που έχουν επίσης αναγνωριστεί ότι εμπλέκονται στην προστασία από το στρες λόγω αλατότητας (Bohnert and Jensen, 1996). Άλλες μελέτες έχουν συνδέσει το στρες του NaCl με τις ανεπάρκειες μακροθρεπτικών συστατικών. Για παράδειγμα, η υψηλή συγκέντρωση NaCl έχει αποδειχθεί ότι επάγει

ελλείψεις σε φώσφορο και κάλιο στην ντομάτα (Adams and El-Gizawy, 1988; Adams, 1991) και στο αγγούρι (Sonneveld, 1988).

Η αλάτωση του εδάφους αντιπροσωπεύει ένα από τα πιο επείγοντα προβλήματα για τη γεωργία σήμερα (Nachson, 2018), με πολλές αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών, οι οποίες στο μέλλον αναμένεται να γίνουν σοβαρότερες, λόγω της κλιματικής αλλαγής (Chaudhry and Sidhu, 2021). Η αλάτωση επηρεάζει 34,19 εκατ. εκτάρια, ή πάνω από το 10% της συνολικής αρδευόμενης γης παγκοσμίως, με φτωχή ποιότητα ή κακοδιαχείριση της άρδευσης, ιδίως υπό εντατική καλλιέργεια, έχει δυσμενείς επιπτώσεις στις θεμελιώδεις οικολογικές λειτουργίες και υπηρεσίες του εδάφους (Daliakopoulos *et al.*, 2016; Papadimitriou *et al.*, 2020). Ανάλογα με την ανοχή των καλλιεργειών στο αλάτι, τα επίπεδα αλατότητας που συνήθως συναντώνται στις κηπευτικές καλλιέργειες επηρεάζουν την ανάπτυξη και την απόδοση κυρίως λόγω ωσμωτικών επιδράσεων ή θρεπτικών διαταραχών. Η μειωμένη ανάπτυξη των φυτών συνδέεται συνήθως με την υδατική καταπόνηση (ωσμωτική επίδραση), η οποία μεταβάλλει τις φυσιολογικές λειτουργίες και τελικά οδηγεί σε μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών. Η καταπόνηση από αλάτι επιδεινώνει την ανάπτυξη των φυτών, αρχικά παρεμποδίζοντας την πρόσληψη νερού και στη συνέχεια, με την επαγόμενη από το αλάτι τοξικότητα ιόντων λόγω της ανισορροπίας των θρεπτικών στοιχείων στο κυτταρόλυμα (Munns, 2002).

Ειδικά στην περίπτωση του NaCl, οι δύο κύριες απειλές που επιβάλλονται από την αλατότητα προκαλούνται από την ωσμωτική καταπόνηση και την ιοντική τοξικότητα που συνδέεται με την υπερβολική πρόσληψη Na^+ και Cl^-, οδηγώντας σε έλλειψη Ca^{2+} και K^+ και άλλες ανισορροπίες θρεπτικών στοιχείων (Sonneveld, 1988). Επιπλέον, το αλατούχο στρες εκδηλώνεται και ως οξειδωτικό στρες με τη μεσολάβηση δραστικών

ειδών οξυγόνου και υπάρχει σημαντικό ενεργειακό κόστος για τα φυτά προκειμένου να αποκλείσουν τα ανεπιθύμητα ιόντα Na^+ και Cl^- από τη συμπλάστη της ρίζας ή να τα απομονώσουν εντός των κενώσεων, ελαχιστοποιώντας έτσι τη μετατόπισή τους προς τα φωτοσυνθετικά ενεργά φύλλα (Volkmar *et al.*, 1998; Munns and Tester, 2008). Οι επιπτώσεις της καταπόνησης από το αλάτι στην απόδοση είναι τέτοιες που, όταν αντιμετωπίζουν αλατούχους εδαφικούς και υδάτινους πόρους, οι Cuevas *et al.*, 2019 υπογραμμίζουν τη σημασία που έχει για τους γεωργούς να επιλέγουν καλλιέργειες που είναι ανεκτικές σε μέτρια επίπεδα αλατότητας και μπορούν να παρέχουν οικονομικά βιώσιμες αποδόσεις. Ωστόσο, μέτριες συγκεντρώσεις Na^+ συχνά είναι ευεργετικές για ορισμένα φυτά που είναι μετρίως ανθεκτικά στην αλατότητα, καθώς επάγουν την ανάπτυξη όταν η διαθεσιμότητα K^+ είναι υποβέλτιστη (Wu, 2018).

1.2 Υδροπονία και υποστρώματα

Η υδροπονία ορίζεται ως η εκτός εδάφους καλλιέργεια, η οποία χρησιμοποιεί μίγματα θρεπτικών συστατικών διαλυμένα στο νερό. Ειδικότερα, η υδροπονία αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο ανάπτυξη των φυτών μέσα σε θρεπτικά διαλύματα, με ή χωρίς τη χρήση ενός υποστρώματος (Jensen and Collins, 1985). Ο πρώτος που εισήγαγε τον όρο ήταν Gericke (1938), ο οποίος πειραματίστηκε στην καλλιέργεια φυτών σε υγρά. Ακολούθησαν πολλοί επιστήμονες που μελέτησαν τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών, χωρίς υπόστρωμα (Schreiner and Skinner, 1910; Shive, 1914; Tottingham, 1914; Withrow and Biebel, 1936; Mullard and Stoughton, 1939; Laurie, 1940; Eaton, 1941; Hoagland and Arnon, 1950). Όλες οι μελέτες αυτές συνέβαλαν αρκετά στην ανάπτυξη

της υδροπονίας σε εμπορική κλίμακα σε παγκόσμιο επίπεδο. Αποτέλεσμα των ερευνών και των εμπειρικών πειραματισμών είναι να αυξηθούν σημαντικά οι περιοχές που καλλιεργούνταν σε παγκόσμιο επίπεδο, και μελέτες που δημοσιεύονταν σχετικά με τη σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων, στις δεκαετίες ΄50 και ΄60, (Jacobson, 1951; Steiner, 1961). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στο Ηνωμένο Βασίλειο διαδόθηκε πολύ το υδροπονικό σύστημα NFT (Nutrient Film Technique) κατά το οποίο το υδροπονικό διάλυμα ρέει συνεχώς και διατρέχει στο ριζικό σύστημα των φυτών (Cooper, 1975), ενώ στην Ολλανδία και την Σκανδιναβία δοκιμάστηκε σε μεγάλο βαθμό ο πετροβάμβακας, ως εδαφικό υποκατάστατο (Verwer, 1978; Verwer and Welleman, 1981).

Στην υδροπονική καλλιέργεια, παρόλο που το σύστημα φαίνεται πιο απλό, υπάρχουν κάποια σημαντικά μειονεκτήματα όπως η ευαισθησία του συστήματος, οι ασθένειες που μπορούν να εξαπλωθούν ταχύτατα αν δε γίνεται αποστείρωση του υδροπονικού διαλύματος, οι εξειδικευμένες γνώσεις θρέψης που απαιτούνται αλλά και το υψηλότερο κόστος. Επιπρόσθετα, σαν αρνητικό αναφέρονται και οι υψηλότερες δαπάνες επένδυσης και εγκατάστασης των συστημάτων που απαιτούνται ώστε να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή και να βελτιστοποιηθεί η ποιότητα των προϊόντων. Ωστόσο, παρά τα μειονεκτήματά τους οι υδροπονικές καλλιέργειες έχουν και πολλά πλεονεκτήματα και για το λόγο αυτό έχουν αυξανόμενη εξάπλωση παγκοσμίως. Αρχικά στην υδροπονία η θρέψη των φυτών είναι πλήρως ελεγχόμενη και πολύ πιο σταθερή από τη συμβατική καλλιέργεια. Επίσης πολλές ασθένειες, έντομα και ζώα του εδάφους δεν υπάρχουν στην υδροπονία, όπως δεν υπάρχει και η ανάγκη για αμειψισπορά ή αγρανάπαυση. Επιπρόσθετα στην υδροπονική καλλιέργεια η πιθανότητα υδατικού στρες είναι πολύ μικρή και ελεγχόμενη και η αξιοποίηση του νερού είναι πιο αποτελεσματική. Πέρα από τα παραπάνω οφέλη, με την υδροπονική καλλιέργεια δεν ρυπαίνεται ο

υδροφόρος ορίζοντας και ελέγχεται με μεγάλη ευκολία το θέμα των ζιζανίων. Τέλος, έχει αναφερθεί ότι η ωρίμανση των φυτών όταν υπάρχουν επαρκείς συνθήκες φωτισμού γίνεται ταχύτερα στα φυτά που καλλιεργούνται με υδροπονικά συστήματα από αυτά που καλλιεργούνται συμβατικά στο έδαφος (Savvas and Passam, 2002).



Εικόνα 2 - Καλλιέργεια μαρουλιού και τομάτας σε δυο διαφορετικά υδροπονικά συστήματα, NFT (αριστερά) και καλλιέργειας με σταγονίδια σε πετροβάμβακα (δεξιά) (Φωτογραφίες προσωπικού αρχείου).

Όσον αφορά την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει ότι δεν υπάρχει αξιοσημείωτη διαφορά της ποιότητας των προϊόντων της υδροπονικής μεθόδου σε σχέση με τα προϊόντα συμβατικής καλλιέργειας (Schnitzler and Gruda, 2003). Στα υδροπονικά συστήματα, σε οποιοδήποτε υπόστρωμα (όπως το νερό, η άμμος, ο πετροβάμβακας, το πριονίδι, η τύρφη, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, ο βερμικουλίτης και οι ίνες καρύδας), οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών είναι ο αερισμός – οξυγόνο στη περιοχή των ριζών, τη θερμοκρασία στη περιοχή των ριζών και την ποιότητα του νερού άρδευσης (Artiola and Walworth, 2009) καθώς φυσικά και η συνταγή του υδροπονικού διαλύματος.

Σήμερα, εφαρμόζονται πλέον πολλοί τρόποι για την καλλιέργεια φυτών με την υδροπονική μέθοδο, σε παγκόσμιο επίπεδο και έτσι υπάρχουν οι υδροπονικές

καλλιέργειες σε πορώδες υπόστρωμα και χωρίς πορώδες υπόστρωμα (Resh, 1997; Savvas and Passam, 2002; Μαυρογιαννόπουλος, 2006). Ανάλογα την περιοχή και τις ιδιαίτερες συνθήκες επιλέγεται το καταλληλότερο σύστημα υδροπονίας, που θα δώσει τα πιο αποδοτικό αποτέλεσμα (Μαυρογιαννόπουλος, 2006). Μία από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους παγκοσμίως σήμερα είναι με υπόστρωμα πετροβάμβακα και ακολουθεί η μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT). Επιπρόσθετα, τα συστήματα υδροπονίας μπορεί να είναι ανοιχτά όπου το θρεπτικό διάλυμα απορρίπτεται ή κλειστά που το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται εντός του συστήματος. Σύμφωνα με τους Gül *et al.* (1999) δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο συστημάτων στη παραγωγή και την ποιότητα των προϊόντων, αν και στα κλειστά συστήματα υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων (Gül *et al.,* 1999).

Σύμφωνα με τον Wohanka (1993) οι μέθοδοι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος που επικρατούν σήμερα είναι η θέρμανση, η υπεριώδης ακτινοβολία, οι χημικές ουσίες και το φιλτράρισμα. Τα υποστρώματα μπορεί να είναι ανόργανα πορώδη, όπως ο πετροβάμβακας με υψηλή συγκράτηση νερού (80%), βερμικουλίτης (με υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων), ο περλίτης με ιδιαίτερα εύκολη στράγγιση, το χαλίκι με χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού, η άμμος με υψηλή στράγγιση, η ελαφρόπετρα με υψηλό πορώδες, οι ίνες κοκοφοίνικα με μέτρια στράγγιση και οι πλάκες πολυουρεθάνης, οι οποίες είναι ένα νέο υλικό, με 75-80% πόρους και 15% ικανότητα συγκράτησης νερού (Σάββας, 2011).

Στα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας, η ελαφρόπετρα αποτελεί μια φθηνή εναλλακτική λύση σε σχέση με άλλα αδρανή υλικά όπως ο πετροβάμβακας και ο περλίτης. Η πιο κοινή καλλιέργεια είναι με χρήση σάκων, χρησιμοποιώντας ένα μείγμα διαφορετικών μεγεθών σωματιδίων με σκοπό την επίτευξη υψηλής ποιότητας και

απόδοσης. Η εγκατάσταση του συστήματος σε σάκους είναι παρόμοια με αυτή του συστήματος με περλίτη. Έρευνες όπως αυτές του Verdonck *et al.* (1982, 1984) σχετικά με τις φυσικές ιδιότητες των δύο υλικών, έδειξαν ότι το ολικό πορώδες της ελαφρόπετρας ήταν χαμηλότερο αλλά η φαινομενική πυκνότητα ήταν υψηλότερη από αυτή του περλίτη.

Η καλλιέργεια χωρίς πορώδη υποστρώματα μπορεί να γίνει σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT) ή με τη μέθοδο της αεροπονίας. Στην πρώτη περίπτωση οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται, περιπλέκονται μεταξύ τους και δημιουργούν ένα πλέγμα το οποίο αποτελεί και την κάτω στήριξη των φυτών και έτσι απαιτείται μικρότερος όγκος θρεπτικού διαλύματος. Το σύστημα αυτό έχει χαμηλό κόστος εγκατάστασης και εξοικονομεί σημαντικές ποσότητες νερού, παρέχοντας παράλληλα την δυνατότητα ελέγχου και ρύθμισης του θρεπτικού διαλύματος. Από την άλλη πλευρά όμως στο σύστημα αυτό μια μεταβολή στο ρυθμό διαπνοής των φυτών, που συνήθως οφείλεται στη μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας ή του μεγέθους της φυλλικής επιφάνειας, επιβάλλει τη ρύθμιση της παροχής και συνεπώς απαιτείται πολύ μεγάλη προσοχή από τον καλλιεργητή λόγω της απουσίας υποστρώματος και συγκράτησης νερού (Savvas and Passam, 2002). Τέλος, όσον αφορά την αεροπονία το ριζικό τους σύστημα των φυτών βρίσκεται στον αέρα και λούζεται απευθείας με ψεκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα (Nichols, 2014). Η αεροπονία έχει δοκιμαστεί κυρίως σε μικρά φυτά, όπως είναι το μαρούλι, σκόρδο, ραδίκι και πιο πρόσφατα σε φράουλες, για την αντιμετώπιση της απαίτησης απολύμανσης του εδάφους με χημικά μέσα που τώρα έχουν απαγορευτεί, όπως το βρωμιούχο μεθύλιο (Abou-Hadid *et al.*, 1995).

Συμπερασματικά, η υδροπονία έχει χαρακτηριστεί ως μια χρυσή ευκαιρία για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της πείνας σε παγκόσμιο επίπεδο (Bradley and Marulanda, 2001), βελτιστοποιώντας τις απαιτήσεις σε νερό, θρεπτικά στοιχεία και χώρο

και οδηγώντας σε προϊόντα υψηλής απόδοσης και ελεγχόμενης ποιότητας (Savvas and Passam, 2002; Sambo *et al.*, 2019). Παρ' όλα αυτά, επί του παρόντος, υπάρχει πενιχρή επιστημονική έρευνα σχετικά με την αξιοποίηση της υδροπονίας ως συστήματος παραγωγής άγριων εδώδιμων φυτών και ακόμη λιγότερο σχετικά με την υδροπονική καλλιέργεια φυτών με κονδυλώδεις ρίζες, όπως ο ασκόλυμπρος. Παρόλα αυτά, τελευταίες έρευνες των Asaduzzaman *et al.* (2013) και Yildiz *et al.* (2020) κατέδειξαν σημαντική παραγωγή κονδυλωδών ριζών σε καλλιέργεια καρότων σε υπόστρωμα, ενώ οι Chang *et al.* (2012) αξιολόγησαν τη δυνατότητα ανάπτυξης και κονδυλοποίησης της πατάτας σε υδροπονικά συστήματα.

1.3 Άγρια λαχανευόμενα

Η κατανάλωση από τον άνθρωπο βρώσιμων άγριων φυτών υπήρξε, σε άλλες εποχές και πολιτισμούς, πολύ πιο εκτεταμένη από τώρα. Στην Ευρώπη, όταν τα τρόφιμα ήταν λιγοστά, όπως σε περιόδους πολέμων, χρησιμοποιούνταν άγρια φυτά για την τροφή των ανθρώπων. Τα βρώσιμα άγρια χόρτα, τυγχάνουν μέτριας προσοχής από τους ερευνητές, σχετικά με την αξιολόγηση τους και τη λήψη αποφάσεων για ζητήματα αγροτικής ανάπτυξης και διατροφικού σχεδιασμού. Ωστόσο, τα αποτελέσματα πολλών μελετών υποδηλώνουν ότι η διατροφική αξία πολλών άγριων χόρτων δεν είναι μικρότερη από πολλά καλλιεργούμενα είδη.

Ιστορικά, υπάρχουν πολλές βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με την κατανάλωση βρώσιμων άγριων χόρτων από αυτόχθονες πληθυσμούς. Μεταξύ της τεράστιας ποικιλίας των χόρτων αυτών φαίνεται να υπάρχουν κάποια που

χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλο τον κόσμο, όπως η γλιστρίδα, τα είδη *Chenopodium* και *Sonchus*, καθώς και άγρια μέλη της οικογένειας Amaranthaceae. Η αφθονία των άγριων φυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βρώσιμα στην φύση, έχει προβληθεί ως ένας λόγος της έλλειψης ενδιαφέροντος των νοικοκυριών στις αγροτικές περιοχές για την καλλιέργεια των ειδών αυτών. Σε αντίθεση με τα λαχανικά που μπορούν να αγοραστούν από τις τοπικές αγορές, αυτά τα άγρια λαχανευόμενα είδη δεν υπάρχουν στην αγορά και δεν αποκτιόνται συνήθως με χρηματική δαπάνη. Τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει αυτό και πλέον κάποια από αυτά βρίσκονται στις αγορές λαχανικών προς πώληση (Bautista *et al.*, 2015).

Τα βρώσιμα χόρτα που συγκεντρώνονται στην Ιαπωνία και στην Κίνα είναι πάρα πολλά και κάτι ανάλογο συμβαίνει και στην Ινδία, την Αφρική και τη Νότια Αμερική. Σύμφωνα με πρόσφατη εκτίμηση, υπάρχουν περίπου 800.000 φυτικά είδη στη γη, από τα οποία μόνο τα 100 περίπου παρέχουν τη μεγάλη πλειοψηφία της τροφής του κόσμου. Μεταξύ αυτών, λιγότερα από 20 είδη καλύπτουν περίπου το 90% των αναγκών σε τρόφιμα (Hinman *et al.*, 1985). Ωστόσο, υπάρχουν εκατοντάδες άλλα είδη φυτών που έχουν βρώσιμα μέρη και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εκτενέστερα για τρόφιμα και ίσως θα μπορούσαν και να καλλιεργηθούν εάν ήταν περισσότερο γνωστά (Maikhuri *et al.*, 1994).

Συνεπώς, τα άγρια βρώσιμα φυτά (WEP) μπορούν να οριστούν ως αυτοφυή είδη που αναπτύσσονται και αναπαράγονται φυσικά στο φυσικό τους περιβάλλον χωρίς να καλλιεργούνται. Οι άνθρωποι έχουν συγκεντρώσει πολλά WEP από τα αρχαία χρόνια, τα οποία έχουν γίνει μέρος της ανθρώπινης διατροφής. Τα WEP εξακολουθούν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και σήμερα, εξασφαλίζοντας τροφή κυριαρχίας και επισιτιστικής ασφάλειας και δυνητικά συμβάλλοντας στην ευημερία των ευάλωτων

νοικοκυριών. Τα WEP μπορούν επίσης να διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο στις προσπάθειες ενδυνάμωσης των παραγόντων της τοπικής αγοράς και στη μείωση της απόστασης μεταξύ καταναλωτών και παραγωγών, μειώνοντας έτσι την υπερβολική εξάρτηση από τις παγκόσμιες αλυσίδες (Borelli *et al.*, 2020).

Αν και το σημερινό παγκόσμιο σύστημα τροφίμων είναι ικανό να παρέχει αρκετή τροφή για την ανθρωπότητα, πολλοί άνθρωποι εξακολουθούν να βιώνουν πείνα ή δεν έχουν πρόσβαση σε μια θρεπτική δίαιτα. Από την άλλη, η αυξημένη κατανάλωση τροφίμων υψηλής επεξεργασίας μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανθρώπινη υγεία. Ο υποσιτισμός θεωρείται, εκτός από την κλιματική αλλαγή, μια μεγάλη παγκόσμια απειλή, γεγονός που υποδηλώνει επείγουσα ανάγκη για ένα πιο υγιεινό και πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων. Τα WEP μπορούν επομένως να παίξουν σημαντικό ρόλο ως βασικά συστατικά της διατροφής των ανθρώπων σε ορισμένες περιοχές του κόσμου παρέχοντας μεγαλύτερη διατροφική ποικιλομορφία. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φυτά αυτά καταναλώνονται για τις ευεργετικές τους ιδιότητες ως φαρμακευτικά βότανα για τη θεραπεία πολλών παθήσεων (Motti, 2021).

Λόγω της ξεκάθαρα θετική επίδρασης στην υγεία, τα άγρια χόρτα συχνά προσδιορίζονται ως λειτουργικά τρόφιμα, χάρη στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες, φαινόλες, φλαβονοειδή, αντιοξειδωτικά, μικροστοιχεία και φυτικές ίνες. Θεωρούνται επίσης ως μια υγιής εναλλακτική λύση έναντι των καλλιεργούμενων λαχανικών, τα οποία μπορεί να είναι πλούσια σε φυτοφάρμακα και άλλες χημικές ουσίες. Ως εκ τούτου, τα άγρια αυτά φυτικά είδη μπορεί έχουν μεγάλες δυνατότητες ως πηγές ασυνήθιστων χρωμάτων και γεύσεων, βιοδραστικών ενώσεων και ως συμπληρωμάτων διατροφής.

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν προκύψει αρκετά στοιχεία που υποστηρίζουν την

υπόθεση ότι η διατροφή και οι διατροφικοί παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση ασθενειών. Πρόσφατα, πολλές μελέτες έχουν τεκμηριώσει ότι η Μεσογειακή Διατροφή συμβάλει στην μακροζωία και την καλή υγεία του ανθρώπου. Η Μεσογειακή Διατροφή είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και χρησιμοποιώντας υγιή λίπη όπως το ελαιόλαδο, ασκεί προστατευτική δράση έναντι της ανάπτυξης χρόνιων ασθενειών όπως ο διαβήτης και ο καρκίνος. Η Μεσογειακή Διατροφή περιλαμβάνει άγρια φυτά εκτός από καλλιεργημένα φρέσκα φρούτα και λαχανικά (Motti *et al.*, 2020).

Τέλος, τα άγρια χόρτα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της τοπικής πολιτιστικής κληρονομιάς και συχνά καταναλώνονται για την κοινωνικοοικονομική και περιβαλλοντική τους βιωσιμότητα. Με άλλα λόγια, η κατανάλωση και η συγκέντρωση τους παρέχουν υπηρεσίες πολιτιστικού οικοσυστήματος. Τις τελευταίες δεκαετίες, μελέτες σχετικά με τα WEP που χρησιμοποιούνται από τους αγροτικούς πληθυσμούς έχουν λάβει αυξανόμενη προσοχή, και πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να αναλύσουν την επιμονή των παραδοσιακών χρήσεων των φυτών αυτών. Η αυξημένη γνώση των WEP θα μπορούσε επίσης να έχει χρήσιμο αντίκτυπο στη γεωργία, όπου μπορεί να χρειαστεί να αυξηθεί η διαθεσιμότητα καλλιεργειών ανεκτικών σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες, χαμηλές βροχοπτώσεις ή αλατότητα) (Costa-Becheleni *et al.*, 2021).

Η καλλιέργεια άγριων βρώσιμων χόρτων αποτελεί μια σύγχρονη και οικονομικά ελκυστική δραστηριότητα, δεδομένης της υψηλής διατροφικής και γαστρονομικής τους σημασίας, η οποία εγείρει ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση από τους καταναλωτές. Πρόσφατα, αρκετές επιστημονικές εκθέσεις πρότειναν άγρια βρώσιμα χόρτα ως νέους υποψήφιους για καλλιέργεια σε συνθήκες αλατότητας, όπως *το Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae), το *Plantago coronopus* (Plantaginaceae), το *Portulaca oleraceae*

(Portulacaceae) και το *Cichorium spinosum L*. (Asteraceae) λόγω των μηχανισμών προσαρμογής τους στο NaCl (Klados and Tzortzakis, 2014; Salonikioti *et al.*, 2015; Ntatsi *et al.*, 2017; Petropoulos *et al.*, 2017; Chatzigianni *et al.*, 2019).

Οι Klados and Tzortzakis (2014), Ntatsi *et al.* (2017) και Chatzigianni *et al.*, (2019) έδειξαν ότι το σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum L.*) είναι ένα άλλο άγριο βρώσιμο χόρτο που είναι μέτρια ανθεκτικό στην αλατότητα (glycohalophyte), με τους παραθαλάσσιους οικοτύπους να παρουσιάζουν υψηλότερο βαθμό αντοχής στο αλάτι από τους ορεινούς οικοτύπους. Ωστόσο, καθώς αυξάνεται η ζήτηση για υψηλής ποιότητας άγρια βρώσιμα χόρτα, προκύπτουν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα λόγω της υπερεκμετάλλευσης και της υπερβολικής ανθρώπινης εισβολής στα φυσικά τους οικοσυστήματα στα οποία είναι προσαρμοσμένα. Ταυτόχρονα, η ανάγκη αντιμετώπισης της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής και της λειψυδρίας οδηγεί σε μια πιο ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων, καθώς και στην προσαρμογή στις νέες κλιματικές συνθήκες. Για την επίτευξη αυτού του πολύπλευρου στόχου στον γεωργικό τομέα, συχνά αναζητούνται εναλλακτικές καλλιεργητικές τεχνικές που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης του αρδευτικού νερού και των θρεπτικών στοιχείων για την κάλυψη των αναγκών της παραγωγής και την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας (Kourgialas *et al.*, 2018; Udias *et al.*, 2018).

Παρόλο που το ελληνικό τοπίο παρουσιάζει μια εξαιρετικά μεγάλη βιοποικιλότητα άγριων εδώδιμων ειδών που θα μπορούσαν να μελετηθούν και να αξιοποιηθούν επικερδώς με σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (Salonikioti *et al.*, 2015), η διερεύνησή τους, ιδίως όσον αφορά τη βιώσιμη εμπορική εκμετάλλευση, υστερεί ακόμη σημαντικά σε σχέση με τις δυνατότητες (Vardavas *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2011). Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι, υπό το πρίσμα των παραπάνω, η προώθηση

της χρήσης των WEP θα μπορούσε να παίξει βασικό ρόλο στην ατζέντα 2030 για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Από την άποψη ότι τα φυτά άγριας διατροφής θεωρούνται όλο και περισσότερο ως δυναμική πηγή φυσικών υγιεινών προϊόντων, είναι θεμελιώδους σημασίας για την προώθηση της βιοχημικής έρευνας στην τεκμηρίωση των θρεπτικών τους ιδιοτήτων και των κύριων βιοδραστικών προϊόντων τους (Alwafa *et al.*, 2021; Sibiya *et al.*, 2021).

Το φυτοχημικό και τα διατροφικά προφίλ του εν λόγω είδους μπορούν επομένως να αποτελούν βασικά γνώσεις για τον συνδυασμό τροφών με άλλα συστατικά για τη βελτίωση των διατροφικών ή/και αισθητηριακών ποιότητα και να βρουν καινοτόμες μεθόδους μαγειρέματος, επιτρέποντας βασικά μόρια υπεύθυνα για λειτουργικές ιδιότητες που πρέπει να ενισχυθούν. Συμπερασματικά, εφόσον τα άγρια φυτά αντιπροσωπεύουν σημαντικό μέρος της ανθρώπινης διατροφής, αναμένεται ότι ένας αυξανόμενος όγκος επιστημονικής έρευνας θα επικεντρωθεί στη φυτική ποικιλότητα, τις παραδοσιακές γνώσεις και γεωργικές μελέτες και θα προωθήσει στρατηγικές βιοδιατήρησης και βιώσιμων μεθόδων παραγωγή τροφίμων. Η βιοχημική γνώση είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση του οφέλη για την υγεία και φυσιολογικές επιδράσεις των WEP προκειμένου να αναπτυχθούν κλινικές έρευνες σχετικά με τους μηχανισμούς δράσης, την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητά τους.

1.4 Χρυσίζον γαϊδουράγκαθο ή Ασκόλυμπρος

Τα άγρια βρώσιμα φυτά αποτέλεσαν σημαντικούς πόρους τροφίμων σε περιόδους έλλειψης και ως συμπληρώματα διατροφής, παρέχοντας ιχνοστοιχεία, βιταμίνες και μέταλλα στους ανθρώπους. Αλλά και στην εποχή μας, καταναλώνονται σε πολλές χώρες για την ευχαρίστηση της συλλογής τους, αναδημιουργώντας παραδοσιακές πρακτικές και

απολαμβάνοντας χαρακτηριστικές γεύσεις, περισσότερο παρά για τη γεύση και την διατροφική τους αξία (Bonet and Vallès, 2002; Pieroni *et al.*, 2005; Flyman and Afolayan, 2006; Lentini and Venza, 2007; Pardo-de-Santayana *et al.*, 2007).

Χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση είναι και το *Scolymus hispanicus* L. (Compositae), ένα αγκαθωτό πολυετές λαχανευόμενο φυτό με μεσογειακή κατανομή που ανήκει στην οικογένεια Asteraceae (Εικ. 3). Το χρυσό γαϊδουράγκαθο μπορεί να βρεθεί σε ακαλλιέργητα αγροτικά χωράφια, ως ζιζάνιο, σε παρυφές δρόμων, υποβαθμισμένων και νιτροποιημένων εδαφών (Tardío *et al.*, 2005). Στην Ισπανία είναι τοπικά γνωστό ως Cardillo και αποτελεί ένα από τα πιο αγαπημένα άγρια λαχανικά στην Κεντρική Ισπανία και άλλες ισπανικές περιοχές (Tardío *et al.*, 2005). Καταναλώνεται και σε άλλες Μεσογειακές χώρες, όπως η Πορτογαλία (Barão and Dias, 2013), το Μαρόκο (Tanji and Nassif, 1995)**,** η Γαλλία, η Ιταλία, η Ελλάδα (Hadjichambis *et al.*, 2008), η Κύπρος (Della *et al.*, 2006) και η Τουρκία (Ertuğ, 2000).



Εικόνα 3 – Ασκόλυμπρος (Scolymus hispanicus) σε άνθηση (Φωτογραφία προσωπικού αρχείου).

Τα εδώδιμα μέρη του φυτού θεωρούνται το κεντρικό νεύρο των φύλλων και η κονδυλόριζα. Συνήθως σερβίρονται βραστά ή ψητά ενώ η ρίζα του έχει χρησιμοποιηθεί και ως υποκατάστατο του καφέ και τα άνθη του ως εναλλακτική χρωστικής του σαφράν (Tardío *et al.*, 2005) (Εικ. 4). Έχει πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες όπως διουρητικό, χωνευτικό, χολερετικό και λιθιουρητικό (Ugurlu and Secmen, 2008). Σήμερα, το μεγάλο γαστρονομικό ενδιαφέρον αυτού του είδους έχει οδηγήσει στη περαιτέρω μελέτη των αγρονομικών δυνατοτήτων του.



Εικόνα 4 - Δείγματα ασκόλυμπρου (Scolymus hispanicus): Α) ανθισμένο φυτό , Β) μικρές ροζέτες που συλλέγονται, C) ξεφλούδισμα πριν το μαγείρεμα, D) ισπανικό παραδοσιακό πιάτο με καρντίλο. (Polo *et al.*, 2009).

Έχει διαπιστωθεί ότι το αλεύρι *Scolymus hispanicus* L. είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες, ολικών φαινολικών ενώσεων, και επίσης έχει υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Έτσι, αποτελεί ένα προϊόν ιδιαίτερα χρήσιμο για τη βιομηχανία τροφίμων, που θα

μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε προϊόντα αρτοποιίας (μπισκότα, κράκερ, κέικ), γαλακτοκομικά προϊόντα (γιαούρτι, παραγωγή κρέμας και γλυκού), προϊόντα ειδικής διατροφής, προϊόντα μειωμένης ενέργειας, σοκολάτες και γλυκά. Επιπλέον, το αλεύρι από ασκόλυμπρος θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή διαιτητικών προϊόντων χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και υψηλής περιεκτικότητας σε ίνες. Μάλιστα θεωρείται ότι ως νέα πρόσθετη ουσία τροφίμων έχει λειτουργικές ιδιότητες στη βιομηχανία τροφίμων με τη βελτίωση των θρεπτικών και λειτουργικών ιδιοτήτων του προϊόντος (Dulger and Sahan, 2016). Ακόμη ολόκληρο το φυτό χρησιμοποιείται παραδοσιακά ως χοληρεπτικό (Sanz *et al.*, 1993). Η χημική έρευνα αποκάλυψε την παρουσία καμπφερόλης, κερκετίνης, καμπφερόλης-3-O-β-D-γλυκουρονοπυρανοσίδης, καεμπφερόλης-3-O-β-D-γλυκουρονοπυρανοσίδης-6``-μεθυλεστέρας, κερκετίνης 3-O-β-D-γλυκοπυρανοσίδης, κουερσετίνης 3-O-(2``-O-καφεοϋλ)-b-D-γλυκουρονοπυρανοσίδη επιπλέον των φαινολικών οξέων. ρ-κουμαρικό, πρωτοκαυχικό, χλωρογόνο και ισοχλωρογόνο (Sanz *et al.*, 1993). Η παρουσία οξικού ταραξαστερυλεστέρα αναφέρθηκε ως κύριο συστατικό στον φλοιό της ρίζας του φυτού και έδειξε πιθανή λιθουρητική δράση (Kirimer *et al.*, 1997).

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στην Τουρκία, η ρίζα του φυτού χρησιμοποιήθηκε για θεραπείες νεφρών κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ 1930-1990 (Kirimer *et al.*, 1997; Sari and Tutar, 2010). Το εκχύλισμα μεθανόλης από εναέρια μέρη του *Scolymus hispanicus* έδειξε την παρουσία φαινολικών ενώσεων και όπως προαναφέρθηκε απέδωσε ένα νέο φλαβονοειδές, έξι γνωστά φλαβονοειδή και τέσσερα γνωστά φαινολικά οξέα (Sanz *et al.*, 1993). Στο εκχύλισμα βουτανόλης από τα φύλλα του *Scolymus hispanicus* βρέθηκαν δύο γλυκοσίδες φλαβονόλης (Rubio *et al.*, 1995), ενώ το εκχύλισμα των άνθεων του φυτού περιλάμβανε ροσμαρινικό οξύ, orientin, quercetin

5-glucoside, και isorhamnetin 3-galactoside (Rubio *et al.,* 1991). Επίσης, περιλαμβάνει νονακοζάνη, α-αμυρίνη, οξική α-αμυρίνη, τετρατριακοντανοϊκή α-αμυρίνη, ολεανολικό οξύ, β-σιτοστερόλη, στιγμαστερόλη και φρουκτόζη.

Η γαλακτόζη και η μαννιτόλη προσδιορίστηκαν από τον φλοιό της ρίζας του φυτού (Erciyas and Baysal, 1989). Επίσης, το εκχύλισμα μεθανόλης του *Scolymus hispanicus* διερευνήθηκε για αντιοξειδωτικές ιδιότητες από διαφορετικές χημικές ουσίες αναλύσεις. Το εκχύλισμα έδειξε ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Απομονώθηκε οξικό ταραξαστερύλιο από το αιθανολικό εκχύλισμα του φλοιού της ρίζας του *Scolymus hispanicus*. Το οξικό άλας έδειξε ισχυρές αντισπασμωδικές και σπασμωδικές δράσεις (Kirimer *et al.,* 1997). Το υδατικό εκχύλισμα μεθανόλης του *Scolymus hispanicus* μελετήθηκε σε περιπτώσεις διαβήτη τύπου 1 που προκαλείται από στρεπτοζοτοκίνη (STZ) και φάνηκε ότι το εκχύλισμα βελτίωσε σημαντικά τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα νηστείας (Ozkol *et al.,* 2012). Οι κύριες λιπαρές ενώσεις του φυτού ήταν α-λινολενικό οξύ (30,55%), το λινολεϊκό οξύ (26,44%) και το παλμιτικό οξύ (16,0%) (Morales *et al.,* 2012).

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, ο ασκόλυμπρος. είναι ένα διετές ποώδες φυτό που προέρχεται από τη νότια και δυτική Ευρώπη και αναπτύσσεται κυρίως σε ακαλλιέργητους γεωργικούς αγρούς, στις άκρες των δρόμων και συνηθέστερα σε άγονα αμμώδη εδάφη. Το φυτό απαντάται επίσης σε ξηρές τοποθεσίες και σε εδάφη που κυμαίνονται από φτωχά χαλίκια έως γόνιμα αλλουβιακά αργιλώδη εδάφη. Το βρώσιμο μέρος του χρυσίζοντος γαϊδουράγκαθου είναι το μέσο, ο μίσχος και ο φλοιός της ρίζας. Οι ρίζες και το μεσαίο τμήμα του φυτού τρώγονται συνήθως βρασμένα, πολτοποιημένα και ψημένα, ενώ τα νεαρά τρυφερά φύλλα και οι ξεφλουδισμένοι μίσχοι των φύλλων

χρησιμοποιούνται σε φρέσκες σαλάτες με ελαιόλαδο, αλάτι και ξύδι. Το *S. hispanicus* αναφέρεται επίσης ως φαρμακευτικό φυτό με αντιδρωτικές και διουρητικές ιδιότητες (Marmouzi *et al.*, 2017). Επί του παρόντος στην Ελλάδα, ο ασκόλυμπρος δεν καλλιεργείται εμπορικά και οι τοπικές αγορές προμηθεύονται από συλλέκτες άγριων φυτών, τα οποία συλλέγονται όταν τα εμπορικά χαρακτηριστικά του φυτού θεωρούνται ιδανικά (Corrêa *et al.*, 2020), συνήθως τον Απρίλιο περίπου 7-8 μήνες μετά την πλήρη ανάπτυξη 3-4 πρώτων πραγματικών φύλλων (αδημοσίευτες καταγραφές).

1.5 Σκοπός της εργασίας

Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το υπόβαθρο, εξετάζουμε τη δυνατότητα εμπορικής καλλιέργειας του ασκόλυμπρου (*Scolymus hispanicus*) σε εντατικό ανοικτό υδροπονικό σύστημα, αρδευόμενο με υδροπονικό διάλυμα με μέτρια επίπεδα αλατότητας που συνήθως απαντώνται στο νερό άρδευσης στη νησιωτική Ελλάδα. Τα πειράματα διεξήχθησαν της στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του Ελληνικού μεσογειακού Πανεπιστημίου στην Κρήτη, όπου ο ασκόλυμπρος θεωρείται άγριο εδώδιμο φυτό υψηλής γαστρονομικής αξίας. Στο πλαίσιο αυτής της μελέτης, εστιάζουμε στις αντιδράσεις του φυτού στην μέτρια αλατότητα, επειδή στην Κρήτη όπως και σε πολλές άλλες περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου, η θερμοκηπιακή καλλιέργεια αντιμετωπίζει όλο και περισσότερο προβλήματα υποβάθμισης της ποιότητας του νερού (Daliakopoulos *et al.*, 2016). Έτσι, οι αγρότες αναζητούν εναλλακτικές καλλιέργειες και συστήματα καλλιέργειας για να ξεπεράσουν τους περιορισμούς απόδοσης που συνδέονται με την αλατότητα του αρδευτικού νερού (Panagea *et al.*, 2016; Okpara *et al.*, 2020). Τέλος, σημαντική έμφαση έχει δοθεί στα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά καθώς και

στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα του φυτού ούτως ώστε να αξιολογήσουμε την επίδραση της μέτριας αλατότητας στην εμπορικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών.

2 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο σκοπός αγιάζει τα μέσα
Νικολό Μακιαβέλι

2.1 Πειραματική διάταξη

Οι σπόροι του *Scolymus hispanicus* συλλέχθηκαν από άγρια φυτά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2020 από τον Αγκάραθο, ένα ημιορεινό χωριό (υψόμετρο 354 μ.) στο Ηράκλειο της Βόρειας Κρήτης. Οι σπόροι διατηρήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου μέχρι την ημερομηνία σποράς. Έπειτα σπάρθηκαν στις εγκαταστάσεις ανάπτυξης πολλαπλασιαστικού υλικού του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου και τα παραχθέντα σπορόφυτα χρησιμοποιήθηκαν για τη έναρξη του πειράματος σε θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 12 Σεπτεμβρίου σε δίσκους σποράς (30 × 50 cm) γεμάτους με μείγμα κοκκοφοίνικα και περλίτη. Έξι εβδομάδες μετά τη σπορά, τα σπορόφυτα στο στάδιο των τεσσάρων πραγματικών φύλλων μεταφυτεύτηκαν σε σάκους ανάπτυξης που περιείχαν περλίτη σε ανοικτό υδροπονικό σύστημα. Η πειραματική καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε ένα μη

θερμαινόμενο θερμοκήπιο με διπλή οροφή, καλυμμένο με πολυαιθυλένιο, και συνολικής έκτασης 120 m^2 (10 × 12 m) όπου διήρκεσε μέχρι τις 23 Φεβρουαρίου, 120 ημέρες μετά τη μεταφύτευση (DAT). Οι σάκοι καλλιέργειας ήταν τοποθετημένοι σε οκτώ διπλές



Εικόνα 5 – Ανάπτυξη των φυτών ασκολίμπρου σε (α) 30, (β) 60, (γ) 90 DAT, και (δ) 120 DAT στο ανοικτό υδροπονικό σύστημα στο αγρόκτημα του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου (Φωτογραφία προσωπικού αρχείου).

σειρές με απόσταση 3,0 m × 0,45 m μεταξύ τους. Κάθε σάκος ανάπτυξης (90 cm μήκος × 24 cm πλάτος) περιείχε 27 L περλίτη και τοποθετήθηκαν τέσσερα φυτά. Στην συνέχεια ανοίχτηκαν τέσσερις οπές στον πυθμένα κάθε σάκου ανάπτυξης, δύο ημέρες μετά τη

μεταφύτευση (DAT) για να επιτραπεί η ελεύθερη αποστράγγιση. Τα φυτά αναπτύχθηκαν ωρίς καμία ανάγκη για φυτοπροστασία για την καταπολέμηση ασθενειών (Εικόνα 5) ή παρασίτων καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η θερμοκρασία αέρα T [^{o}C], η σχετική υγρασία RH [%] και η ακτινοβολία στο ορατό και υπεριώδες φάσμα [W m^{-2}] καταγράφονταν ανά 15 λεπτά καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου καλλιέργειας.

2.2 Λίπανση

Το θρεπτικό διάλυμα (NS) υπολογίστηκε κατά τους Savvas and Adamidis (1999) χρησιμοποιώντας το λογισμικό NUTRISENSE (www.nutrisense.online) και παρασκευάστηκε με τη χρήση αυτόματου συστήματος ανάμιξης θρεπτικών στοιχείων (ALAGRO IQ60, Αθήνα, Ελλάδα). Το διάλυμα τροφοδοτούνταν στα φυτά μέσω στάγδην άρδευσης από έναν σταλάκτη ανά φυτό με ρυθμό ροής 4 L h^{-1}. Το κλάσμα του απορροής που απελευθερωνόταν μετά από κάθε κύκλο άρδευσης διατηρούνταν εντός του εύρους 0,30-0,40, ρυθμίζοντας τη συχνότητα και τη διάρκεια σύμφωνα με τις κλιματολογικές συνθήκες του θερμοκηπίου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα πέντε με επτά εφαρμογές άρδευσης ανά ημέρα σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Για να εκτιμηθεί η επίδραση της αλατότητας του νερού άρδευσης στην ανάπτυξη των φυτών και την απόδοση σε νωπό και ξηρό ιστό, για την εφαρμογή το επεμβάσεων αλατότητας του πειράματος πραγματοποιήθηκαν τέσσερις εφαρμογές σε τέσσερις συγκεντρώσεις NaCl στο NS, συγκεκριμένα 0,5, 5,0, 10,0 και 15,0 mM. Η προσαρμογή αυτή οδήγησε σε τέσσερις μεταχειρίσεις με ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) ίση με 2,2, 2,8, 3,2 και 3,8 dS m^{-1}, αντίστοιχα, εκ των οποίων η πρώτη ήταν ο μάρτυρας.

Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν το Σχέδιο Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με τέσσερις μεταχειρίσεις NaCl στο NS και τέσσερις επαναλήψεις ανά

μεταχείριση (4 × 4 = 16 πειραματικά τεμάχια), κατανεμημένες σε τέσσερις ομάδες. Οι μετρήσεις ανάπτυξης των φυτών πραγματοποιήθηκαν στις 30, 60, 90 και 120 DAT (μεταξύ 07:00-09:00 π.μ.), όπου επιλέχθηκαν τα πιο πρόσφατα πλήρως αναπτυγμένα φύλλα τεσσάρων φυτών ανά επανάληψη για τη μέτρηση του σχετικού φθορισμού χλωροφύλλης (Fv/Fm) και της σχετικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης (SPAD). Ο φθορισμός χλωροφύλλης (προσαρμοσμένος στο σκοτάδι Fv/Fm) θεωρείται χρήσιμο εργαλείο για τη σχετική εκτίμηση της μέγιστης απόδοσης του φωτοσυστήματος II για την εκτίμηση της απόκρισης της χλωροφύλλης των φυτών σε αβιοτικό στρες (Baker, 2008).

Το 2020 πραγματοποιήθηκαν δύο συγκομιδές, στις 23 Ιανουαρίου (90 DAT) και στις 23 Φεβρουαρίου (DAT 120), αντίστοιχα καθώς είναι γνωστό ότι η περίοδος καλλιέργειας επηρεάζει έντονα την απόδοση του ασκόλυμπρου (Karik, 2019). Στις 90 DAT, τα φυτά εμφάνισαν εξαιρετικά εμπορικά χαρακτηριστικά (δηλ. σπαργανωμένα φύλλα με λεπτό μέσο ραβδισμό και κονδυλώδη ρίζα) ενώ στις 120 DAT, τα χαρακτηριστικά αυτά είχαν ήδη υποβαθμιστεί αγρονομικά. Συνεπώς, θεωρήθηκε ότι το κρίσιμο στάδιο συγκομιδής του φυτού είναι πριν από τις 120 DAT και πιθανώς κοντά στις 90 DAT, το οποίο στο εξής θα θεωρείται κατάλληλο βλαστικό στάδιο συγκομιδής. Κατά τη συγκομιδή, συλλέχθηκε ολόκληρο το φυτό και τα φύλλα διαχωρίστηκαν από τη ρίζα. Ο αριθμός των φύλλων (NL) και το νωπό βάρος των φύλλων (WFL) [g] μετρήθηκαν άμεσα. και στην συνέχεια οι ιστοί των φύλλων και των ριζών αποξηράθηκαν χωριστά σε φούρνο ξήρανσης στους 65 ^{o}C για 72 ώρες για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους των φύλλων WDL [g] και των ριζών WDR [g] (Neocleous *et al.*, 2017; Ntatsi *et al.*, 2018).

2.3 Ανάλυση περιεκτικότητας σε ανόργανα άλατα

Οι συγκεντρώσεις ανόργανων συστατικών στην ξηρή βιομάζα μετρήθηκαν σε δείγματα που συλλέχθηκαν κατά την πρώτη συγκομιδή (90 DAT). Ένα δείγμα φυτού επιλέχθηκε τυχαία από κάθε πειραματικό τεμάχιο και οι αποξηραμένοι ιστοί των φύλλων αλέστηκαν σε μύλο Wiley για να περάσουν από κόσκινο 20 mm. Στη συνέχεια, λήφθηκε δείγμα 0,5g από κάθε τεμάχιο για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων N, P, K, Ca και Na. Το άζωτο προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Kjeldahl μετά από ανοργανοποίηση με H_2SO_4. Ο φώσφορος, το K, το Ca και το Na προσδιορίστηκαν σε υδατικό εκχύλισμα που προέκυψε από ξηρή καύση στους 400 ^oC για 24 ώρες. Επιπλέον, προστέθηκαν 10mL υδροχλωρικού οξέος 2 N (HCl) για να υγρανθεί η τέφρα και τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε θερμή πλάκα στους 80 ^oC για λίγα λεπτά. Στη συνέχεια, τα υδροχλωρικά διαλύματα διηθήθηκαν και μεταφέρθηκαν σε φιάλες των 100 ml όπου προστέθηκε απεσταγμένο νερό (dH_2O).

Οι συγκεντρώσεις των P, K, Ca, Mg και Na στα παραγόμενα υδατικά εκχυλίσματα προσδιορίστηκαν με τη χρήση οργάνου φασματομετρίας επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS 7500cx coupled with Autosampler Series 3000, Agilent Technologies). Οι συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου προσδιορίστηκαν με τιτλοδότηση με $AgNO_3$ παρουσία K_2CrO_4 (Eaton and Ganson, 2005). Τα νιτρικά άλατα σε νωπό ιστό φύλλων και ρίζας προσδιορίστηκαν χρωματομετρικά στα 540 nm μετά από εκχύλιση με νερό. Πιο συγκεκριμένα, 10 g φυτικού υλικού εκχυλίστηκαν με χρήση απιονισμένου νερού (90ml) που περιείχε 1 ml 15% $K_4Fe(CN)_6$ και 1 ml 30% $ZnSO_4$, και τα NO_3-N προσδιορίστηκαν χρωματομετρικά στα 540 nm με χρήση στήλης καδμίου για την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και το σχηματισμό διαζο-συμπλέγματος (Vogtmann *et al.,* 1984). Τρείς φορές την εβδομάδα πραγματοποιούνταν μέτρηση της

ηλεκτρικής αγωγιμότητας (dS m^{-1}) του κλάσματος απορροής κάθε πειραματικής μονάδας με χρήση ψηφιακού μετρητή pH/EC HI 8621 (Hanna Instruments, ΗΠΑ). Οι συγκεντρώσεις Na^+ και Cl^- (mM) στο περιβάλλον της ρίζας εκτιμήθηκαν με τη συλλογή δειγμάτων από το διάλυμα αποστράγγισης μία φορά ανά μήνα κατά τη διάρκεια του καλλιεργητικού κύκλου (30, 60, 90 και 120 DAT).

2.4 Προσδιορισμός αζώτου με τη μέθοδο Kjeldahl

Ορισμένη ποσότητα ξηρού δείγματος τοποθετείται στον πυθμένα ενός σωλήνα καύσης (Clesceri *et al.*, 1999). Η οργανική ουσία οξειδώνεται με θειϊκό οξύ παρουσία καταλύτη, το άζωτο (εκτός από αυτό των νιτρικών) μετατρέπεται ποσοτικά σε αμμωνία και αυτή σε θειϊκό αμμώνιο.

$2\ NH_3 + H_2\ SO_4\ (NH_4\ )\ 2\ SO_4$

Το θειϊκό αμμώνιο σε θερμό αλκαλικό περιβάλλον διασπάται και παράγεται αμμωνία, η οποία ψύχεται και διαβιβάζεται σε διάλυμα βορικού οξέος όπου δεσμεύεται με την μορφή βορικού αμμωνίου. Ακολουθεί ογκομέτρηση με θειϊκό οξύ. Ο όγκος του προτύπου διαλύματος HCl που καταναλώθηκε μετατρέπεται σε ποσότητα αζώτου. Οι αντιδράσεις παραγωγής και δέσμευσης της αμμωνίας έχουν ως εξής:

$(NH_4\ )\ 2\ SO_4 + 2\ NaOH\ Na_2\ SO_4 + 2\ NH_3 + 2\ H_2O$

$3\ NH_3 + H_3\ BO_3\ (NH_4)\ 3\ BO_3$

1. Υλικά και Όργανα

- Αναλυτική ζυγαριά

- Συσκευή Kjeldahl
- Προχοΐδα των 50 mL με διαβάθμιση 0,05 mL
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Ποτήρια ζέσεως των 250 mL

2. Αντιδραστήρια

1) Διάλυμα καυστικού νατρίου (NaOH) 32% w/v

Παρασκευή:

- Σε κωνική φιάλη των 1000 mL προστίθενται περίπου 800 mL νερό και
- 320g καυστικού νατρίου αργά και σε συνεχή ανάδευση.
- Το διάλυμα θερμαίνεται καθώς προστίθεται καυστικό νάτριο.
- Αφού κρυώσει η φιάλη προστίθεται νερό μέχρι τη χαραγή των 1000 mL.
- Το διάλυμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά από 24 h.

2) Διάλυμα βορικού οξέος (H_3BO_3) 2,5% w/v

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL προστίθενται περίπου 500 mL νερό και
- 25 g βορικού οξέος
- Το διάλυμα ανακινείται μέχρι να διαλυθεί και
- η φιάλη συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή.

3) Ταμπλέτες Kjeltabs CX

4) Δείκτης Βορικού οξέος (δείκτης Kjeldahl)

Παρασκευή:

- Σε σκουρόχρωμη φιάλη προστίθενται
- 100 mL αιθανόλης (CH_3CH_2OH)
- 99 mg Bromocresol green
- 66 mg Methyl red
- Ακολουθεί ανάδευση.

5) Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) 95-98%

6) Διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) 1N

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL προστίθενται περίπου 800 mL νερό και
- 28 mL πυκνό H_2SO_4.
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

7) Διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) 0,05 N

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL προστίθενται 800 mL νερό και
- 50 mL διαλύματος (H_2SO_4) 1N
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

3. Εκτέλεση

- Η συσκευή αποτελείται από δύο τμήματα : το μηχάνημα της πέψης (Kjeldahl Digestion

Instrument) και το σύστημα απόσταξης Vapodest.

- Τα δείγματα που χρησιμοποιούνται είναι προετοιμασμένα σύμφωνα με τη διαδικασία προετοιμασίας που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο δείγματος (χώμα, φυτικός ιστός, κόμποστ κ.α.).

- Σε αναλυτική ζυγαριά ζυγίζεται συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος (πίνακας 1) με χρήση χαρτιού ζυγίσματος και τοποθετείται στην ειδική κυλινδρική φιάλη της συσκευής, χωρητικότητας 250 mL περίπου.

- Στη συνέχεια τοποθετούνται τα εξής αντιδραστήρια:

- 20 mL H_2SO_4(π) (το ρίχνουμε στα τοιχώματα της φιάλης και όχι απ' ευθείας στα δείγματα για να μην αφρίσουν) και

- 2 Kjeltabs

- Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 7 φορές με χρήση δείγματος και 1 φορά χωρίς να τοποθετηθεί δείγμα. Έτσι στο τέλος είναι έτοιμες 8 φιάλες.

- Η φιάλη χωρίς δείγμα αποτελεί το «τυφλό» δείγμα. Για φυτικό ιστό χρησιμοποιούμε 1-2 gr υλικού.

- Στη συνέχεια τοποθετούνται στη συσκευή όπου γίνεται πέψη και πραγματοποιούνται τα εξής:

- Ανοίγεται η βρύση.

- Κλείνονται οι φιάλες με τα ειδικά πώματα και ανοίγεται η συσκευή.

-Η θερμοκρασία ρυθμίζεται πατώντας το κουμπί «set» και χρησιμοποιώντας τα βελάκια ταυτόχρονα.

- Το πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου που ακολουθείται για φυτικό ιστό είναι 30

λεπτά στους 120 ^{o}C

- Αφού τελειώσει το πρόγραμμα σηκώνουμε τα φιαλίδια χωρίς να απομακρύνουμε τα πώματα και τα παρκάρουμε στην ειδική θέση. Αυξάνουμε τη ροή της βρύσης να φύγουν εντελώς οι ατμοί και να κρυώσουν για τουλάχιστον 30 min. Οι ατμοί αυτοί είναι πολύ επικίνδυνοι για το αναπνευστικό. Για αυτό το λόγο, το τμήμα αυτό της Kjeldahl βρίσκεται στον απαγωγό. Επίσης δεν απομακρύνουμε τα πώματα και τα φιαλίδια από τη συσκευή μέχρι να έχουν φύγει όλοι οι ατμοί.

- Στη συνέχεια μεταφερόμαστε στο σύστημα απόσταξης Vapodest όπου παγιδεύεται το άζωτο με τη μορφή αμμωνίας μέσα σε βορικό οξύ.

- Προσέχουμε η φιάλη του απιονισμένου νερού και η φιάλη του NaOH 32% να έχουν ικανή ποσότητα για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία.

- Ανοίγουμε τη βρύση.

- Η συσκευή ανοίγει και περιμένουμε να δείξει P.

- Εντωμεταξύ, σε ποτήρι ζέσεως το 250 mL προστίθενται 50 mL από το διάλυμα του βορικού οξέος και 3-4 σταγόνες δείκτη Kjeldahl και τοποθετείται σε ειδική θέση μέσα στη συσκευή.

- Η κυλινδρική φιάλη με το δείγμα τοποθετείται σε ειδική θέση στη συσκευή.

- Αν η ένδειξη στην οθόνη είναι P, πατάμε το «run» και ξεκινά το πρόγραμμα.

- Όταν τελειώσει, αν έχει παραμείνει υγρό στη φιάλη, πατάμε «empty» για να φύγει.

- Τέλος παίρνουμε το ποτήρι και τιτλοδοτούμε με διάλυμα H_2SO_4 0,05 N και καταγράφουμε τον όγκο που καταναλώνεται.

- Απομακρύνουμε την κυλινδρική φιάλη φορώντας γάντι και τοποθετούμε νέο δείγμα και νέο ποτήρι με βορικό.

- Όταν τελειώσουμε με τα δείγματα κλείνουμε τη βρύση.

4. Υπολογισμός του αποτελέσματος

Ο υπολογισμός του Αζώτου γίνεται με βάση τις παρακάτω εξισώσεις ανάλογα σε τι μέγεθος επιθυμούμε να εκφράσουμε τη συγκέντρωση:

α. $$\%N = \frac{1{,}4 * c * (V - Vb)}{Βάρος δείγματος σε g}$$

β. $$mgN/L = \frac{14000 * c * (V - Vb)}{Όγκος δείγματος σε mL}$$

γ. $$mgN/Kg \text{ ή } ppmN = \frac{14000 * c * (V - Vb)}{Βάρος δείγματος σε g}$$

όπου:

c : η συγκέντρωση του τιτλοδοτικού διαλύματος σε N

V : ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά την τιτλοδότηση του δείγματος

Vb : ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά τη τιτλοδότηση του τυφλού δείγματος.

2.5 Προσδιορισμός φωσφόρου με τη μέθοδο βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου

1. Υλικά και Όργανα (Reitemeier, 1963; Clesceri *et al.*, 1999)

- Σιφώνια 1, 5, 10 mL
- Ογκομετρικές φιάλες των 50 mL
- Φασματοφωτόμετρο

2. Αντιδραστήρια

1) Βαναδομολυβδαινικό αμμώνιο

Παρασκευή:

- Σε 400mL ελαφρώς θερμασμένου νερού διαλύονται 22,5 g μολυβδαινικού αμμωνίου $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$
- Σε 300 mL νερό που βράζει διαλύονται 1,25 g βαναδικού αμμωνίου (NH_4VO_3)
- Μετά από ψύξη των δύο διαλυμάτων, το διάλυμα του μολυβδαινικού αμμωνίου τοποθετείται σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL και
- προστίθεται το διάλυμα του βαναδικού αμμωνίου
- Το διάλυμα που προκύπτει διατηρείται σε θερμοκρασία δωματίου.
- Στη συνέχεια προστίθενται 250 mL πυκνό νιτρικό οξύ (HNO_3)
- Ακολουθεί ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου.
- Συμπληρώνεται νερό μέχρι τη χαραγή.
- Το διάλυμα χρησιμοποιείται για λίγες εβδομάδες αφού φυλαχθεί σε μέρος σκοτεινό και ξηρό.

2) Πρότυπο διάλυμα φωσφόρου (50 ppm) χρησιμοποιώντας δισόξινο φωσφορικό κάλιο (KH_2PO_4)

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL διαλύονται σε νερό 0,2195 g KH_2PO_4
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

3. Εκτέλεση

- Χρησιμοποιούνται τα δείγματα του φυτικού ιστού μετά την εκχύλιση (βλ. εκχύλιση δειγμάτων φυτικού ιστού).

- Το δείγμα του φυτικού ιστού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει. Υπάρχει περίπτωση όμως να γίνει αραίωση (συνήθως 1x10) οπότε να είναι αυτό το νέο stock διάλυμα. Έτσι:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 50 mL προστίθενται :

- 10 mL από το stock διάλυμα και

- 10 mL από το αντιδραστήριο του βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύονται.

- Η φιάλη συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή καλύπτεται με parafilm και ανακινείται καλά οπότε εμφανίζεται χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα.

- Μετά από 30 min μετρείται η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο και μήκος κύματος 470 nm.

3.1. Παρασκευή των πρότυπων (standards) διαλυμάτων.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του P στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φασματοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος που μετριέται κάθε φορά. Γι’ αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπα) και μετρείται η απορρόφηση. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μιας καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων.

Όλα τα πρότυπα διαλύματα παρασκευάζονται από τα ίδια αντιδραστήρια που παρασκευάζονται και τα δείγματα. Επίσης τα πρότυπα παρασκευάζονται πριν

τον χρωματισμό των δειγμάτων έτσι ώστε αν υπάρξει πρόβλημα με τη διαδικασία ή τα αντιδραστήρια να εντοπιστεί και να λυθεί.

Οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων πρέπει να είναι κοντά στην περιοχή όπου υπολογίζεται ότι είναι οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων μας. Έστω ότι δείγματα μας υπολογίζονται στην περιοχή 5-10 ppm. Τα πρότυπα διαλύματα που παρασκευάζονται έχουν συγκέντρωση 0 - 5 - 10 - 15 και 20 ppm. Το τυφλό διάλυμα (0 ppm) χρησιμεύει για τη ρύθμιση του μηδενός της κλίμακας της απορρόφησης του οργάνου.

- Σε ογκομετρικές φιάλες των 50 mL προστίθενται 0, 5, 10, 15, 20 mL αντίστοιχα από το διάλυμα των 50 ppm σε φωσφόρο.

- Στη συνέχεια σε κάθε μία προστίθενται 10 mL βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύονται.

- Προστίθεται νερό μέχρι τη χαραγή και ανακινούνται καλά.

- Το 0 ppm διάλυμα χρωματίζεται πολύ ελαφριά κίτρινο.

3.2. Τρόπος χρήσης του φασματοφωτόμετρου.

- Το όργανο τίθεται σε λειτουργία από τον διακόπτη και αφήνεται για 30 min να θερμανθεί χωρίς να πατάμε κανένα πλήκτρο.

- Ελέγχουμε στην οθόνη αν το όργανο μετράει απορρόφηση.

- Αν όχι, πατάμε «MODE» και επιλέγουμε απορρόφηση (Absorbance Abs) χρησιμοποιώντας τα βέλη που βρίσκονται κάτω από την οθόνη

- Με τον υποδοχέα της κυψελίδας κενό και το κάλυμμα του οργάνου κλειστό επιλέγεται το επιθυμητό μήκος κύματος (470 nm) χρησιμοποιώντας τα βέλη που

βρίσκονται στον κύκλο.

- Ανοίγουμε το σκέπασμα του χώρου υποδοχής της κυψελίδας και τοποθετούμε την κυψελίδα με το τυφλό (0 ppm). Το βελάκι πάνω στην κυψελίδα πρέπει να είναι προς το μπροστινό μέρος του οργάνου και με τις δύο διαφανείς πλευρές της κυψελίδας σύμφωνα με το βέλος που υπάρχει δίπλα στον υποδοχέα.

- Πατάμε ZERO προκειμένου να μηδενιστεί η ένδειξη. (0 Abs).

- Βγάζουμε το τυφλό και τοποθετούμε το δείγμα κατά τον ίδιο τρόπο.

- Παίρνουμε τη μέτρηση.

-Αρχικά μετράμε τα πρότυπα διαλύματα προκειμένου να φτιάξουμε την καμπύλη και στη συνέχεια τα άγνωστα δείγματα.

4. Υπολογισμός του αποτελέσματος

Αρχικά πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις του P των διαλυμάτων στις ογκομετρικές φιάλες όπου έγινε η ανάπτυξη του χρώματος. Όπως έχει ήδη αναφερθεί για να γίνει αυτό φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή (π.χ. Excel, Origin) τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες τους μετρήσεις απορρόφησης (άξονας y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ συγκέντρωσης και απορρόφησης (Εικ. 6). Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει τη μορφή:

$$y = \alpha x + \beta$$

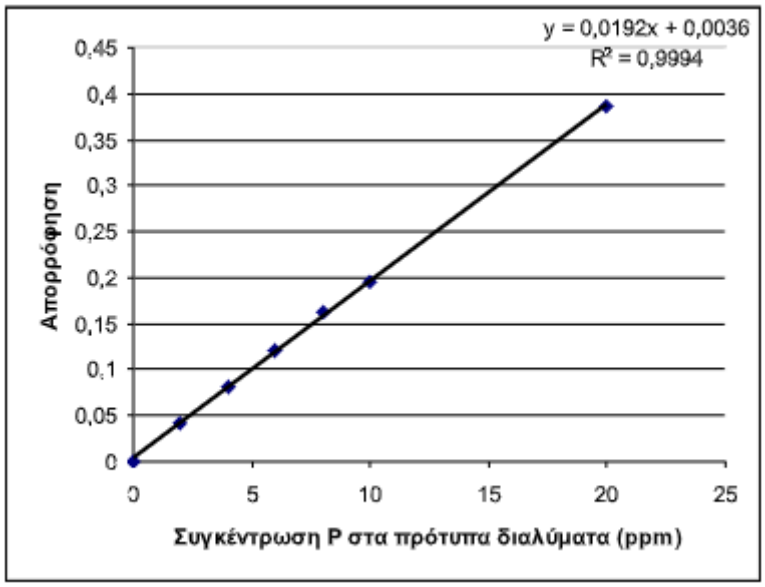
όπου: y = η απορρόφηση

x = συγκέντρωση του διαλύματος

α = η κλίση της ευθείας και

β = η τετμημένη επί την αρχή

Η γραμμή τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της απορρόφησης με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η 0,98). Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με την απορρόφηση μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x: x = (y-β)/α όπου όλα είναι γνωστά (τα α και β τα δίνει έτοιμα το πρόγραμμα, το y είναι η απορρόφηση που μετρήσαμε).



Εικόνα 6 - Η ευθεία που σχηματίζεται από τις τιμές της απορρόφησης και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων.

Οι συγκεντρώσεις του P που υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο είναι σε ppm και είναι οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων στις ογκομετρικές φιάλες των 50 mL. Οι τιμές αυτές όμως πρέπει να μετατραπούν σε ppm φωσφόρου στο εκχύλισμα και να εκφρασθούν

σε ποσοστό % στο φυτικό ιστό. Για το λόγο αυτό γίνονται οι παρακάτω υπολογισμοί: Έστω ότι μετρήθηκαν στο άγνωστο δείγμα 5 ppm φωσφόρου. Αν έχει γίνει αραίωση τα 5ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον βαθμό της αραίωσης (π.χ. αν η αραίωση είναι 1x10 τότε τα 5 ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με 10) και μετά να ακολουθήσουν τα παρακάτω βήματα.

Μέτρηση 5 ppm σημαίνει ότι:

Στα 1.000.000 mg διαλύματος υπάρχουν 5mg φωσφόρου

άρα X= 0,25 mg φωσφόρου στην ογκομετρική φιάλη που αναπτύχθηκε το χρώμα.

Ο φωσφόρος όμως που υπάρχει στην ογκομετρική φιάλη υπήρχε στα 10 mL εκχυλίσματος, άρα

χρειάζεται να γίνει αναγωγή σε όλο το εκχύλισμα, το οποίο έχει όγκο 50mL έτσι:

Στα 10 mL εκχυλίσματος υπήρχαν 0,25 mg φωσφόρου

» 50 mL » » X; »

άρα X= 1,25mg φωσφόρου

Η ποσότητα αυτή του φωσφόρου υπήρχε σε συγκεκριμένη ποσότητα φυτικού ιστού που εκχυλίστηκε και το βάρος αυτής είναι γνωστό. Έστω ότι κάηκαν και εκχυλίστηκαν

1,2365 g φυτικού ιστού, τότε προκύπτει:

Στα 1236 mg φυτικού ιστού υπάρχουν 1,25 mg φωσφόρου

» 100 » » X; »

άρα X= 0,101

Άρα η περιεκτικότητα του φυτικού ιστού σε φωσφόρο είναι 0,101%.

2.6 Προσδιορισμός Καλίου

1. Υλικά και Όργανα

- Σιφώνια των 5, 10, και 20 mL
- Ογκομετρικές φιάλες των 1000 mL
- Ποτήρια ζέσεως των 50 mL
- Φλογοφωτόμετρο

2. Αντιδραστήρια

1) Πρότυπο διάλυμα καλίου K 100 ppm χρησιμοποιώντας χλωριούχο κάλιο KCl

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL προστίθενται 1,9068 gr KCl και συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή.

- Φυλάσσεται σε φιάλη από πολυαιθυλένιο σε θερμοκρασία δωματίου.

3. Εκτέλεση

- Χρησιμοποιούνται τα δείγματα του φυτικού ιστού μετά την εκχύλιση (βλ. εκχύλιση δειγμάτων φυτικού ιστού).

- Τα εκχυλίσματα του φυτικού ιστού αραιώνονται συνήθως στην αναλογία 1x10.

Ωστόσο δεν είναι υποχρεωτικό. Το σημαντικό είναι οι μετρήσεις να μην πέφτουν κάτω από το όριο ανίχνευσης του οργάνου και να βρίσκονται μέσα στο εύρος των συγκεντρώσεων των standards διαλυμάτων.

- Έτσι, αν δεν αραιωθούν τα δείγματα τότε γίνεται η μέτρηση στο φλογοφωτόμετρο χωρίς καμία άλλη επεξεργασία.

- Εάν γίνει η αραίωση π.χ. 1x 10, τότε :

- σε μικρό γυάλινο φιαλίδιο προσθέτουμε 1 mL από το δείγμα και 9 mL νερό. Ο τελικός όγκος είναι 10 mL αλλά αυτή η ποσότητα φτάνει για τη μέτρηση στο φλογοφωτόμετρο.

- Ακολουθεί μέτρηση με το φλογοφωτόμετρο.

- Επίσης, τα νέα διαλύματα μπορούν να διατηρηθούν στο ψυγείο.

3.1. Παρασκευή των πρότυπων (standards) διαλυμάτων.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του K στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος που μετριέται κάθε φορά. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπα) και καταγράφονται οι τιμές που δίνουν στο φλογοφωτόμετρο. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μιας καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων.

- Σε ογκομετρικές φιάλες του 1 L προστίθενται αντίστοιχα 10, 25, 50, 75, 100 mL από το πρότυπο διάλυμα 1000 ppm.

- Στη συνέχεια συμπληρώνεται κάθε φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

-Τα διαλύματα φυλάσσονται σε φιάλες πολυαιθυλενίου και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για όσο διάστημα χρειαστούν.

3.2. Τρόπος χρήσης του φλογοφωτόμετρου.

- ΑΝΟΙΓΜΑ - ΜΕΤΡΗΣΗ

- Γεμίζουμε με απιονισμένο νερό το σωληνάκι (πίσω).

- Γεμίζουμε ένα ποτήρι ζέσεως με απιονισμένο νερό και το τοποθετούμε στη θέση του δειγματολήπτη με το σωληνάκι δειγματοληψίας μέσα σε αυτό. Προσέχουμε ώστε το σωληνάκι δειγματοληψίας να είναι πάντα βυθισμένο σε κάποιο υγρό είτε

είναι δείγμα είτε είναι νερό καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του οργάνου.

- Ελέγχουμε εάν το όργανο και η αντλία αέρα είναι στην πρίζα.

- Ανοίγουμε τη φιάλη προπανίου και την αντλία αέρα.

- Ανοίγουμε τη συσκευή και περιμένουμε να δείξει το μανόμετρο της φιάλης 2,2 bar. Αν όχι, το ρυθμίζουμε.

- Επιλέγουμε το φίλτρο να είναι στη θέση K αν μετράμε Κάλιο και Na αν μετράμε Νάτριο.

- Τον διακόπτη «course» τον βάζουμε στη θέση 2 εκτός εάν δε μας επιτρέπετε να κάνουμε τη βαθμονόμηση του μηχανήματος.

- Αφήνουμε το όργανο για περίπου 30 min να λειτουργήσει.

- Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε σαν δείγμα απιονισμένο νερό και με τον διακόπτη «blank» ρυθμίζουμε ώστε η ένδειξη να είναι μηδέν.

- Έπειτα, χρησιμοποιούμε το πρότυπο διάλυμα των 100 ppm K και με τον διακόπτη «fine» ρυθμίζουμε την ένδειξη να είναι 100.

- Επανατοποθετούμε στη θέση του δείγματος το απιονισμένο νερό για λίγη ώρα να καθαρίσει το όργανο. Παρατηρούμε ότι η ένδειξη του μηχανήματος είναι μηδέν.

- Ξεκινάμε να μετράμε με τα standards διαλύματα με σειρά από τη μικρότερη συγκέντρωση στη μεγαλύτερη (π.χ. 10, 25, 50, 75 ppm) και παίρνουμε τις μετρήσεις.

- Ξεπλένουμε εκ νέου με απιονισμένο και μετά μετράμε τα δείγματα μας χωρίς τη χρήση απιονισμένου ενδιάμεσα.

- ΚΛΕΙΣΙΜΟ

- Δουλεύουμε με δείγμα απιονισμένο νερό πριν το κλείσιμο αρκετά

- Κλείνουμε τη φιάλη

- Περιμένουμε να σβήσει το «flame on»

- Κλείνουμε την αντλία αέρα.

- Κλείνουμε το όργανο.

4. Υπολογισμός του αποτελέσματος

Αρχικά πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις του Κ των διαλυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για να γίνει αυτό φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή (π.χ. Excel, Origin) τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες ενδείξεις του φλογοφωτόμετρου (άξονας y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ συγκέντρωσης και απορρόφησης (Εικ. 7). Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει τη μορφή: $y = \alpha x + \beta$

όπου: y = η ένδειξη φλογοφωτόμετρου

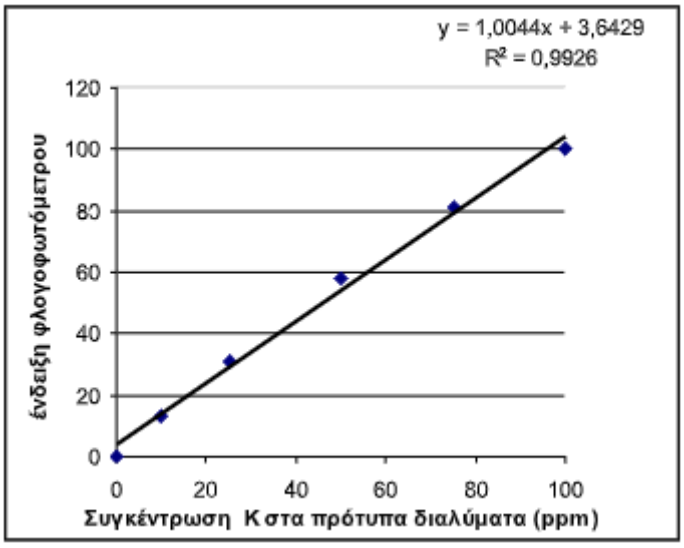
x = συγκέντρωση του διαλύματος

α = η κλίση της ευθείας και

β = η τετμημένη επί την αρχή

Η γραμμή τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της ένδειξης του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η 0,98). Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με

την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι, λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x: x=(y-β)/α όπου όλα είναι γνωστά (τα α και β τα δίνει έτοιμα το πρόγραμμα, το y είναι η τιμή που μετρήσαμε).



Εικόνα 7 - Η ευθεία που σχηματίζεται από τις ενδείξεις του φλογοφωτόμετρου και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων.

Οι συγκεντρώσεις του Κ που υπολογίζονται με αυτό τον τρόπο είναι σε ppm στο διάλυμα. Αυτές οι τιμές πρέπει να μετατραπούν σε mg στο εκχύλισμα και να εκφρασθούν σε ποσοστό % στο φυτικό ιστό. Για το λόγο αυτό γίνονται οι παρακάτω υπολογισμοί. Έστω ότι μετρήθηκαν στο άγνωστο δείγμα 13 ppm Κ. Αν έχει γίνει αραίωση, τα 13 ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον βαθμό της αραίωσης (π.χ. αν η αραίωση είναι 1x10 τότε τα 13 ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με 10 δηλαδή 10 · 13 =130 ppm) και μετά να ακολουθήσουν τα παρακάτω βήματα Έτσι τα 1.000.000 mg περιέχουν 13 mg καλίου

άρα Χ= 0,65mg Κ στο εκχύλισμα.

Επειδή για την εκχύλιση χρησιμοποιήθηκαν π.χ. 1,0015 g φυτικού ιστού έχουμε

Στα 1001,5 mg φυτικού ιστού υπάρχουν 0,65 mg Καλίου

» 100 mg » » X; »

άρα X= 0,065 mg K.

Άρα υπάρχουν η περιεκτικότητα του φυτικού ιστού σε K είναι 0,065%.

2.7 Προσδιορισμός Νατρίου

Τα βασικά κατιόντα, όπως τα Na, K, Ca, Mg, Li, Ba, Sr, κατατάσσονται σε τέσσερα κλάσματα) το υδατοδιαλυτό (ιόντα που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα β) το προσροφημένο (ιόντα προσροφημένα στις επιφάνειες ανταλλαγής και εφοδιάζουν εύκολα το εδαφικό διάλυμα), γ) βραδέως ανταλλάξιμο (ιόντα εγκλωβισμένα μέσα σε ορυκτά του εδάφους), δ) το μη αφομοιώσιμο. Στην παρακάτω τεχνική για την εκχύλιση του φυτικού ιστού χρησιμοποιείται οξικό αμμώνιο. Με τη χρήση του οξικού αμμωνίου εκχυλίζονται από το δείγμα τα δύο πρώτα κλάσματα. Το Νάτριο δεν αποτελεί θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά αλλά το εκχυλιζόμενο ποσό του αφορά την αλατότητα του εδάφους και επομένως την αντοχή των καλλιεργουμένων φυτών καθώς και την επίλυση σχετικών προβλημάτων.

1. Υλικά και Όργανα

- Σιφώνια των 5, 10, και 20 mL
- Ογκομετρικές φιάλες των 100 mL
- Ποτήρια ζέσεως των 50 mL
- Φλογοφωτόμετρο

2. Αντιδραστήρια

1) Πρότυπο διάλυμα Na 1000 ppm χρησιμοποιώντας χλωριούχο νάτριο (NaCl)

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL προστίθενται 2,5422 g NαCl και συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή.

- Φυλάσσεται σε φιάλη από πολυαιθυλένιο σε θερμοκρασία δωματίου.

3. Εκτέλεση

- Οι μετρήσεις του νατρίου συνήθως έπονται των μετρήσεων του καλίου οπότε τα διαλύματα είναι έτοιμα.

- Ακολουθεί μέτρηση με το φλογοφωτόμετρο.

3.1. Παρασκευή των πρότυπων (standards) διαλυμάτων.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του Na στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος που μετριέται κάθε φορά. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπα) και καταγράφονται οι τιμές που δίνουν στο φλογοφωτόμετρο. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μιας καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων. Παρασκευάζονται λοιπόν, διαλύματα πρότυπα των 10, 25, 50, 75, 100 ppm Na.

- Σε ογκομετρικές φιάλες του 1 L προστίθενται αντίστοιχα 10, 25, 50, 75, 100 ml από το πρότυπο διάλυμα των 1000 ppm.

- Στη συνέχεια συμπληρώνεται κάθε φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

- Τα διαλύματα φυλάσσονται σε φιάλες πολυαιθυλενίου και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για όσο διάστημα χρειαστούν.

3.2. Τρόπος χρήσης του φλογοφωτόμετρου.

- ΑΝΟΙΓΜΑ - ΜΕΤΡΗΣΗ

- Γεμίζουμε με απιονισμένο νερό το σωληνάκι (πίσω).

- Γεμίζουμε ένα ποτήρι ζέσεως με απιονισμένο νερό και το τοποθετούμε στη θέση του δειγματολήπτη με το σωληνάκι δειγματοληψίας μέσα σε αυτό. Προσέχουμε ώστε το σωληνάκι δειγματοληψίας να είναι πάντα βυθισμένο σε κάποιο υγρό είτε είναι δείγμα είτε είναι νερό καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του οργάνου.

- Ελέγχουμε εάν το όργανο και η αντλία αέρα είναι στην πρίζα.

- Ανοίγουμε τη φιάλη προπανίου, ανοίγουμε την αντλία αέρα και

- ανοίγουμε τη συσκευή. Περιμένουμε να δείξει το μανόμετρο της φιάλης 2,2 bar. Αν όχι, το ρυθμίζουμε.

- Επιλέγουμε το φίλτρο να είναι στη θέση K αν μετράμε Κάλιο και Na αν μετράμε Νάτριο.

- Τον διακόπτη «course» τον βάζουμε στη θέση 2 εκτός εάν δε μας επιτρέπετε να κάνουμε τη βαθμονόμηση του μηχανήματος.

- Αφήνουμε το όργανο για περίπου 30min να λειτουργήσει.

- Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε σαν δείγμα απιονισμένο νερό και με τον διακόπτη «blank» ρυθμίζουμε ώστε η ένδειξη να είναι μηδέν.

- Έπειτα, χρησιμοποιούμε το πρότυπο διάλυμα των 100 ppm K και με τον διακόπτη «fine» ρυθμίζουμε την ένδειξη να είναι 100.

- Επανατοποθετούμε στη θέση του δείγματος το απιονισμένο νερό για λίγη ώρα να καθαρίσει το όργανο. Παρατηρούμε ότι η ένδειξη του μηχανήματος είναι

μηδέν.

- Ξεκινάμε να μετράμε με τα standards διαλύματα με σειρά από τη μικρότερη συγκέντρωση στη μεγαλύτερη (π.χ. 10, 25, 50, 75 ppm) και παίρνουμε τις μετρήσεις.

- Ξεπλένουμε εκ νέου με απιονισμένο και μετά μετράμε τα δείγματα μας χωρίς τη χρήση απιονισμένου ενδιάμεσα.

- ΚΛΕΙΣΙΜΟ

- Δουλεύουμε με δείγμα απιονισμένο νερό πριν το κλείσιμο αρκετά

- Κλείνουμε τη φιάλη

- Περιμένουμε να σβήσει το «flame on»

- Κλείνουμε την αντλία αέρα.

- Κλείνουμε το όργανο.

4. Υπολογισμός του αποτελέσματος

Αρχικά πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις του Na των διαλυμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί. Όπως έχει ήδη αναφερθεί για να γίνει αυτό φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή (π.χ. Excel, Origin) τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες τους ενδείξεις του φλογοφωτόμετρου (άξονας y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ συγκέντρωσης και απορρόφησης (Εικ. 8). Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει τη μορφή: $y = \alpha x + \beta$

όπου: y = η ένδειξη του φλογοφωτόμετρου

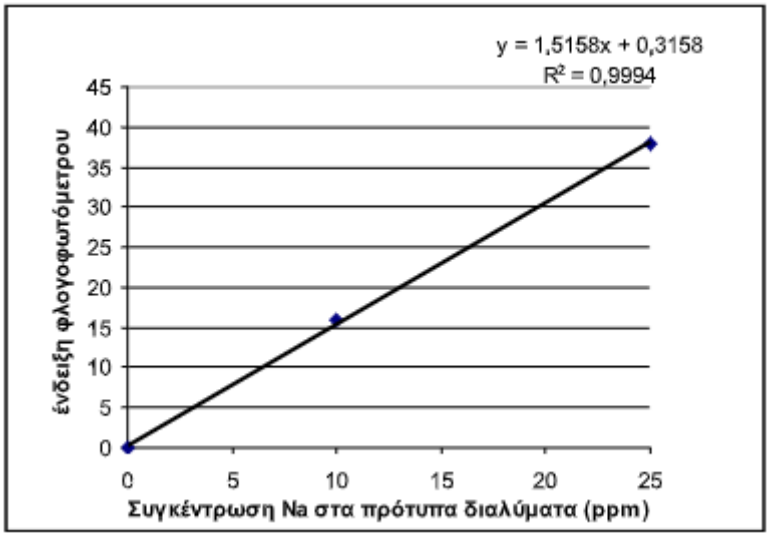
x = συγκέντρωση του διαλύματος

α = η κλίση της ευθείας και

β = η τετμημένη επί την αρχή

Η γραμμή τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της ένδειξης του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η 0,98). Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι, λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x: x = (y-β)/α

όπου όλα είναι γνωστά (τα α και β τα δίνει έτοιμα το πρόγραμμα, το y είναι η τιμή που μετρήσαμε).



Εικόνα 8 - : Η ευθεία που σχηματίζεται από τις τιμές της απορρόφησης και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων.

Οι συγκεντρώσεις του Na που υπολογίζονται με αυτό τον τρόπο είναι σε ppm στο

εκχύλισμα. Το αποτέλεσμα θέλουμε να εκφράζεται σε mg Na ανά 100 g εδάφους. Άρα, έστω ότι μετρήθηκαν 20 ppm Na στο εκχύλισμα. Αυτό σημαίνει ότι :

Στα 1.000.000 mg εκχυλίσματος υπάρχουν 20 mg Νατρίου

» 100.000 mg (100 mL εκχυλίσματος) » » X; »

άρα X= 2 mg Na στο εκχύλισμα.

Επειδή για την εκχύλιση χρησιμοποιήθηκαν 5 g εδάφους, έ.

Στα 5 g δείγματος υπάρχουν 2 mg Νατρίου

» 100 g δείγματος » » X; »

άρα X= 40 mg Na.

Άρα υπάρχουν 40 mg ανά 100 g δείγματος.

2.8 Ανάλυση ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας

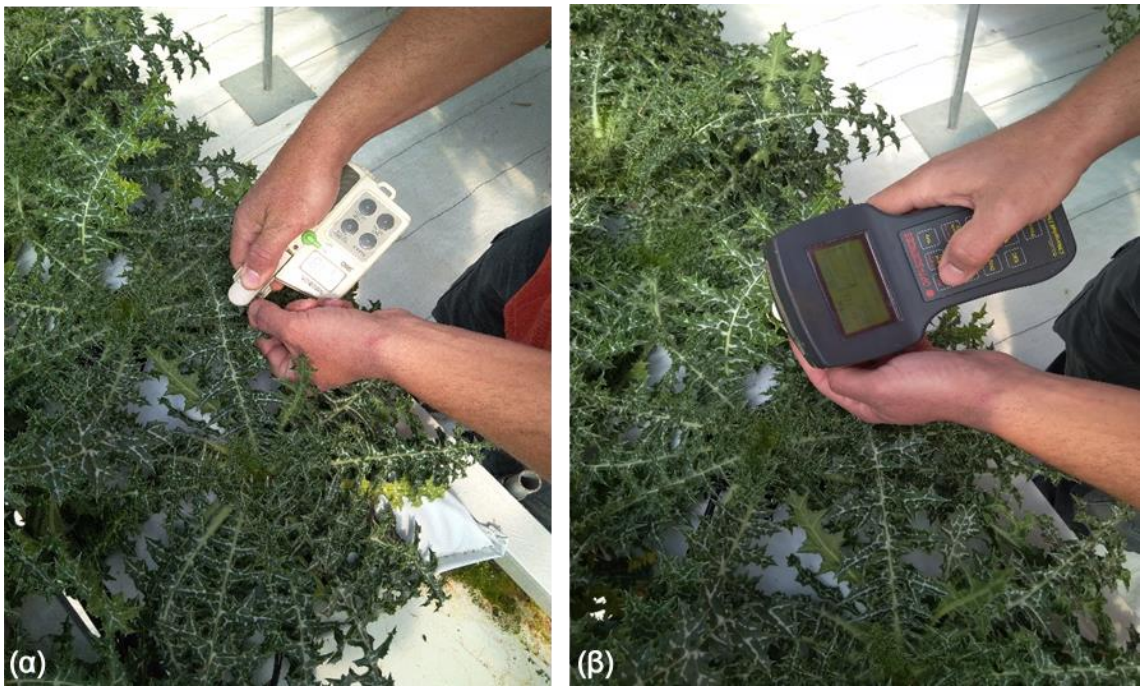
Για την εκχύλιση του υλικού των φυτικών ιστών και τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών, των φλαβονοειδών και των αντιοξειδωτικών, συλλέχθηκαν 5 g νωπών δειγμάτων ιστού από τη ρίζα και το κεντρικό νεύρο των φύλλων (του ίδιου φυσιολογικού σταδίου), από κάθε επανάληψη. Εν συντομία, 1 g νωπού ιστού (ομογενοποιημένο δείγμα από τρία φυτά ανά επανάληψη) εκχυλίστηκε με 10mL 80% υδατικής μεθανόλης, με ανακίνηση σε μηχανικό αναδευτήρα στους 4 °C στο σκοτάδι. Στη συνέχεια, τα εκχυλίσματα διηθήθηκαν με φίλτρα σύριγγας 0,45 mm (Puradisk, Whatman) και διατηρήθηκαν στους -18 °C μέχρι την ανάλυσή τους. Η περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Εν συντομία, 50 μL του δείγματος συνδυάστηκαν με 2 ml Na_2CO_3 (2% w/v) και,

μετά από 2 λεπτά, προστέθηκαν 0,1 ml αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu. Το μείγμα παρέμεινε στο σκοτάδι για 30 λεπτά και η απορρόφηση προσδιορίστηκε στα 765 nm χρησιμοποιώντας νερό ως μάρτυρα. Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών εκτιμήθηκε από μια καμπύλη βαθμονόμησης, η οποία κατασκευάστηκε σύμφωνα με γνωστές συγκεντρώσεις γαλλικού οξέος (0,05 - 0,50 mM). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg 100 g^{-1} νωπού βάρους (FW) γαλλικού οξέος (GAE) (Singleton *et al.*, 1999). Η συνολική περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή προσδιορίστηκε με τη χρωματομετρική μέθοδο χλωριούχου αργιλίου, όπως περιγράφεται από τους Pękal and Pyrzynska (2014). Εν συντομία, 1 mL του δείγματος αναμίχθηκε με 0,3 mL $NaNO_2$ (5% w/v) και μετά από 5 λεπτά προστέθηκαν 0,5 mL $AlCl_3$ (2% w/v). Μετά από 6 λεπτά, το μείγμα εξουδετερώθηκε με 0,5 mL διαλύματος 1 M NaOH και αφέθηκε για 10 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου. Η απορρόφηση από το μείγμα προσδιορίστηκε στα 510 nm χρησιμοποιώντας νερό ως μάρτυρα. Η συγκέντρωση της περιεκτικότητας σε ολικά φλαβονοειδή εκτιμήθηκε από καμπύλη βαθμονόμησης, η οποία προσδιορίστηκε με χρήση γνωστών συγκεντρώσεων κατεχίνης (0,05-0,50 mM). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg 100 g^{-1} FW κατεχίνης (CE). Για τον προσδιορισμό της συνολικής αντιοξειδωτικής δράσης χρησιμοποιήθηκε η φασματοφωτομετρική μέθοδος απορρόφησης ριζών DPPH (2,2-diphenyl-L-picrylhydrazyl), όπως περιγράφεται από τους Chatzigianni *et al.* (2019). Πιο συγκεκριμένα, ένα aliquot (25 μL) αραιωμένου δείγματος αναμίχθηκε με 975 μL διαλύματος DPPH (60 μM σε MeOH). Το μείγμα αναδεύτηκε με vortex και η απορρόφηση μετρήθηκε δύο φορές, , στα 515 nm, χρησιμοποιώντας μεθανόλη ως μάρτυρα. Η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα εκτιμήθηκε από καμπύλη βαθμονόμησης, η οποία κατασκευάστηκε με τη γραφική παράσταση γνωστών συγκεντρώσεων. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε νωπό βάρος ιστών ως mg

100 g^{-1} που ισοδυναμούσε με την αντιοξειδωτικής ικανότητας του Trolox (TEAC).

2.9 *Μέτρηση πυκνότητας και φθορισμού χλωροφύλλης*

Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη μετρήθηκε στο θερμοκήπιο με τη χρήση φορητού μετρητή χλωροφύλλης (SPAD 502, Minolta Camera, Osaka, Ιαπωνία). Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις σε κάθε φύλλο των τεσσάρων φυτών που είχαν επιλεχθεί για τις μετρήσεις φθορισμού χλωροφύλλης (Εικ. 9). Οι παράμετροι φθορισμού χλωροφύλλης καταγράφηκαν στο πεδίο με ένα φορητό φθοριόμετρο OS-30p (Opti-Sciences, ΗΠΑ) σύμφωνα με τους (Baker, 2004; Ding *et al.*, 2013; Jiang *et al.*, 2017) (Εικ.9). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο τέρμα του νεότερου πλήρως εκπτυγμένου φύλλου (συνήθως το τρίτο ή τέταρτο φύλλο από το κορυφή) μετά από 20 λεπτά περιόδου προσαρμογής στο σκοτάδι μεταξύ 11:00 και 13:00. Ο χρόνος προσαρμογής στο σκοτάδι ήταν ο χρόνος που χρειαζόταν για να επιτευχθεί σταθερή τιμή του Fv/Fm. Τα κλιπ φύλλων εφαρμόστηκαν σε πλήρως εκτεθειμένα στον ήλιο φύλλα 4 φυτών ασκόλυμπρου που επιλέχθηκαν τυχαία από κάθε πειραματικό τεμάχιο.



Εικόνα 9 - Μετρήσεις πυκνότητας (α) και φθορισμού (β) χλωροφύλλης στα φυτά ασκόλυμπρου

2.10 Ανάλυση δεδομένων

Για την αξιολόγηση της επίδρασης των μεταχειρίσεων στις φυσιολογικές παραμέτρους και τα χαρακτηριστικά των καρπών πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA). Όταν η ANOVA κατέστησε σημαντική την επίδραση των μεταχειρίσεων αλατότητας σε μια συγκεκριμένη παράμετρο, χρησιμοποιήθηκε το έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων του Duncan για τον εντοπισμό σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των μεταχειρίσεων. Για την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης, επιλέξαμε το επίπεδο σημαντικότητας 5%. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου R (R Core Team, 2020).

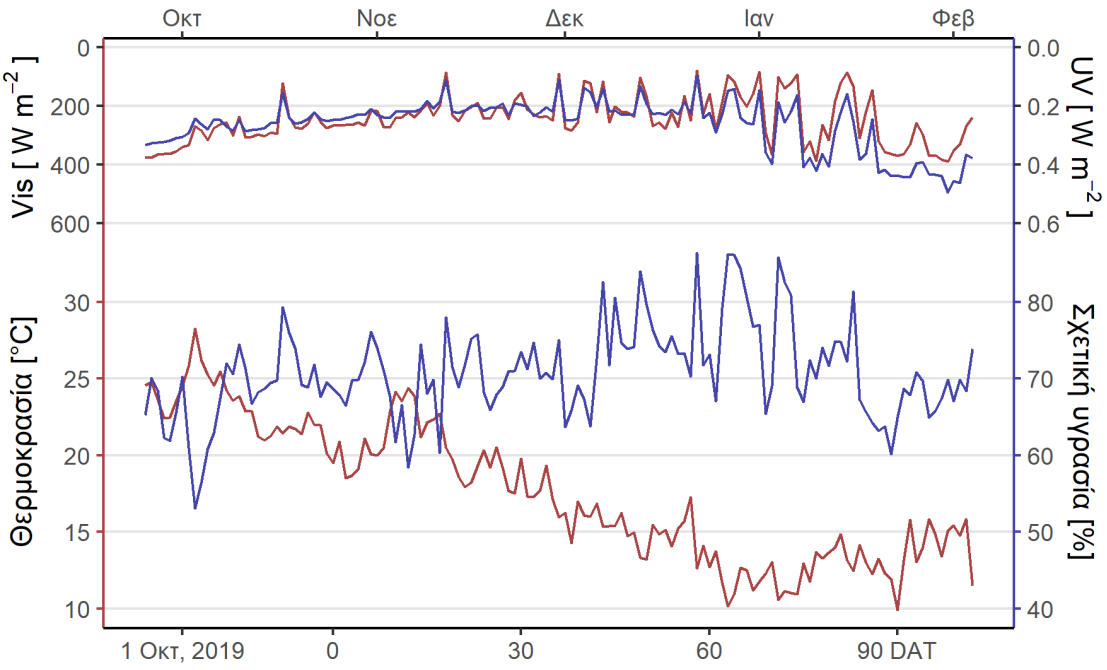
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κάθε απόφαση που λαμβάνεται, αντικατοπτρίζεται στο τελικό αποτέλεσμα

Zig Ziglar

3.1 *Κλιματολογικά δεδομένα καλλιέργειας*

Η καλλιέργεια έγινε στο Ηράκλειο Κρήτης κατά τους μήνες Οκτώβριο ως Μάρτιο 2021 στο αγρόκτημα του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου, σε θερμοκήπιο υδροπονίας ανοιχτού συστήματος με υδρονέφωση. Οι συνθήκες που επικρατούσαν ήταν οι τυπικές συνθήκες άνοιξης – καλοκαιριού για το νησί της Κρήτης όπου φαίνονται αναλυτικά στην Εικόνα 10. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι η ορατή ακτινοβολία κυμάνθηκε από 25-100 W m^{-1}, ενώ η υπεριώδης (UV) κυμάνθηκε από 0,1-0,5 W m^{-1}. Η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου καλλιέργειας κυμάνθηκε από 10-28 oC ενώ η εσωτερική σχετική υγρασία (RH) κυμάνθηκε από 55-85%. Οι συνθήκες αυτές κρίθηκαν ικανοποιητικές για την καλλιέργεια ασκόλυμπρου κατά τους φθινοπωρινούς - χειμερινούς μήνες σε ένα θερμοκήπιο χωρίς θέρμανση.

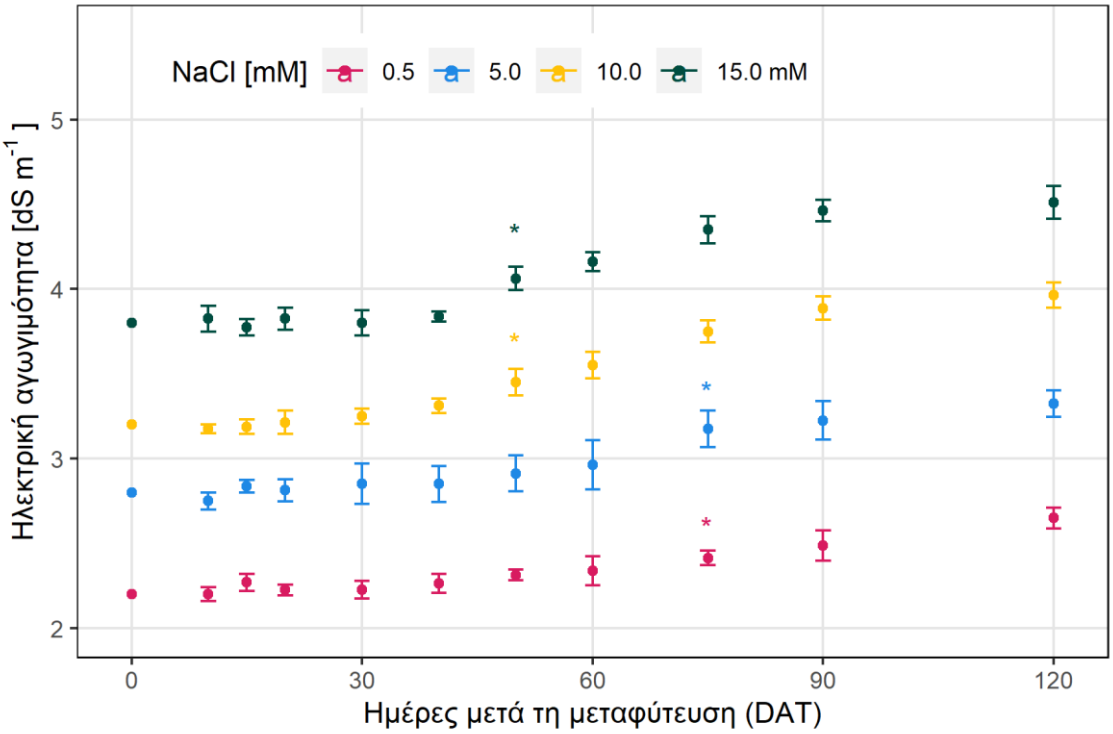


Εικόνα 10 - Κλιματολογικά δεδομένα καλλιέργειας ασκολίμπρου Οκτ - Φεβ.

3.2 Άρδευση, Λίπανση και αποστράγγιση

Οι συγκεντρώσεις του Na^+ στο διάλυμα απορροής ήταν 1,3±0,37, 6,13±0,58, 11,25±0,88 και 16,77±0,86 mmol L^{-1} μέχρι τις 30 DAT, ενώ τα αντίστοιχα τα επίπεδα συγκεντρώσεων Cl^- στο διάλυμα απορροής ήταν 0,9±0,18, 5,49±0,78, 10,72±0,75 και 16,05±0,6 mmol L^{-1} στα επίπεδα αλατότητας 0,5, 5, 10 και 15 mM NaCl, αντίστοιχα (Εικ. 11). Ωστόσο, στις 90 και 120 DAT, οι συγκεντρώσεις Na^+ και Cl^- αυξήθηκαν σημαντικά στις 3 μεταχειρίσεις αλατότητας. Έτσι, στις 120 DAT, οι συγκεντρώσεις Na^+ στο περιβάλλον της ρίζας ήταν 15,7±0,49, 24,63±1,47 και 32,74±1,96, ενώ οι συγκεντρώσεις Cl^- ήταν 16,1±1,37, 25,27±1,1 και 32,2±0,54 mmol L^{-1} στις τρεις μεταχειρίσεις αλατότητας, δηλαδή στα 5,0, 10,0 και 15,0 mM NaCl, αντίστοιχα. Μέχρι το 120 DAT, η EC του διαλύματος απορροής του μάρτυρα (0,5 mM NaCl) αυξήθηκε από 2,20 dS m^{-1} σε 2,65±0,06 dS m^{-1} (Εικ. 11), ενώ η EC των τριών μεταχειρίσεων αλατότητας (5, 10 και 15

mM) αυξήθηκε από 2,80 σε 3,33±0,08, 3,20 σε 3,96±0,07 και 3,80 dS m^{-1} σε 4,51±0,10 dS m^{-1}, αντίστοιχα (Εικ. 11). Στην Εικόνα 11, οι αστερίσκοι υποδηλώνουν την πρώτη DAT κατά την οποία παρατηρείται σημαντική μεταβολή της EC του διαλύματος αποστράγγισης. Στον μάρτυρα και στη μεταχείριση 5 mM NaCl σημαντική διαφορά στη ηλεκτρική αγωγιμότητα της απορροής παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στις 75 DAT, ενώ στις μεταχειρίσεις 10 και 15 mM NaCl παρατηρήθηκε στις 50 DAT.

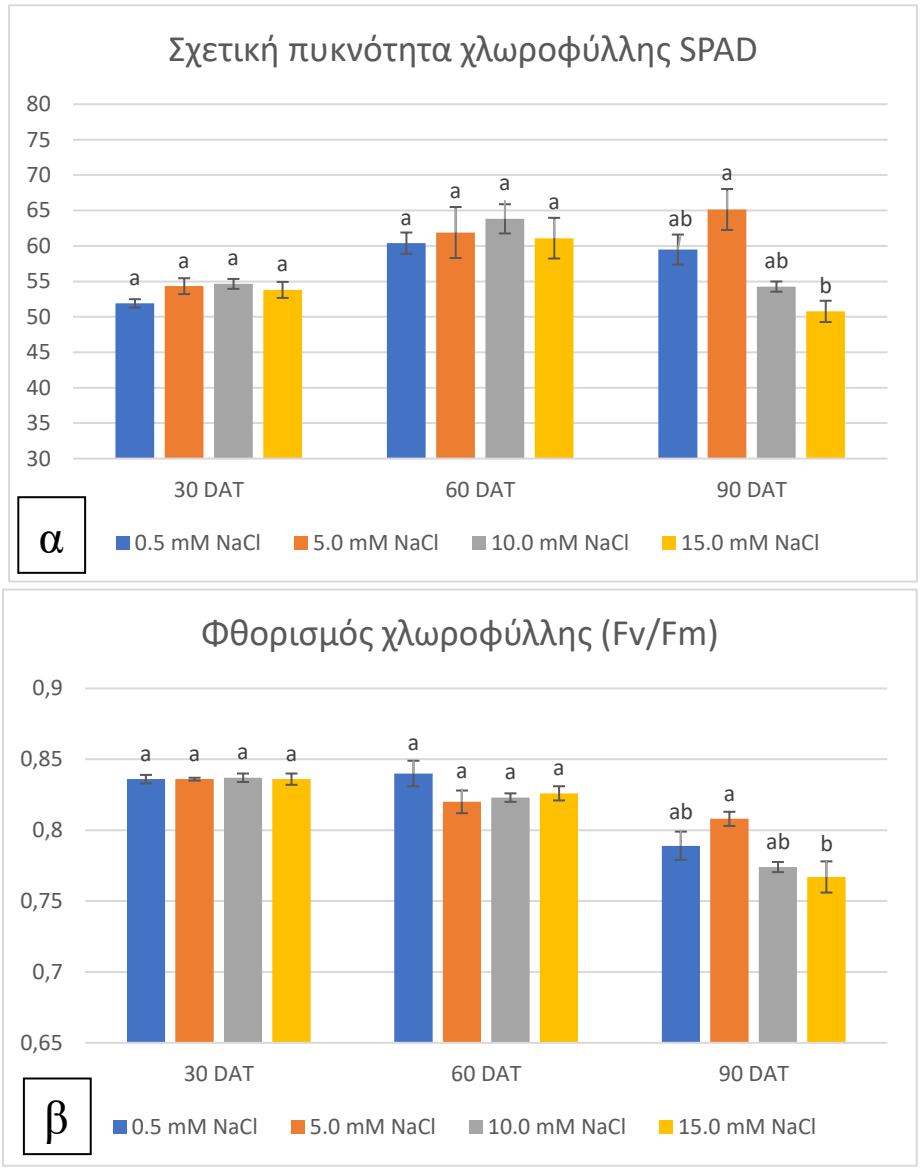


Εικόνα 11 - Ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλυμάτων κατά την εξέλιξη της καλλιέργειας για τις 4 συνθήκες αλατότητας.

3.3 *Ανάπτυξη φυτών*

Οι μετρήσεις της σχετικής πυκνότητας σε χλωροφύλλη (SPAD, Εικόνα 6α) και του σχετικού φθορισμού χλωροφύλλης (Fv/Fm, Εικ. 12α) δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές που σχετίζονται με τις μεταχειρίσεις αλατότητας μέχρι την 90 DAT. Ωστόσο, στις 120 DAT, οι διαφορές στο SPAD και στο Fv/Fm μεταξύ των μεταχειρίσεων

αλατότητας ήταν σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Έτσι, στις 120 DAT, ο δείκτης SPAD στα 0,5 και 5 mM NaCl στο παρεχόμενο NS ήταν κατά μέσο όρο 59,49 και 65,16, αντίστοιχα, ενώ στα επίπεδα 10 και 15 mM NaCl ήταν κατά μέσο όρο 54,27 και 50,77, αντίστοιχα (Εικ. 12α). Κατά το ίδιο βλαστικό στάδιο (120 DAT), ο σχετικός φθορισμός χλωροφύλλης (Fv/Fm) στις μεταχειρίσεις 0,5 και 5 mM NaCl ήταν κατά μέσο όρο 0,789 και 0,809, αντίστοιχα, και διέφερε σημαντικά από τις μεταχειρίσεις 10 και 15mM NaCl, στις οποίες ήταν κατά μέσο όρο 0,774 και 0,767, αντίστοιχα (Εικ. 12β).

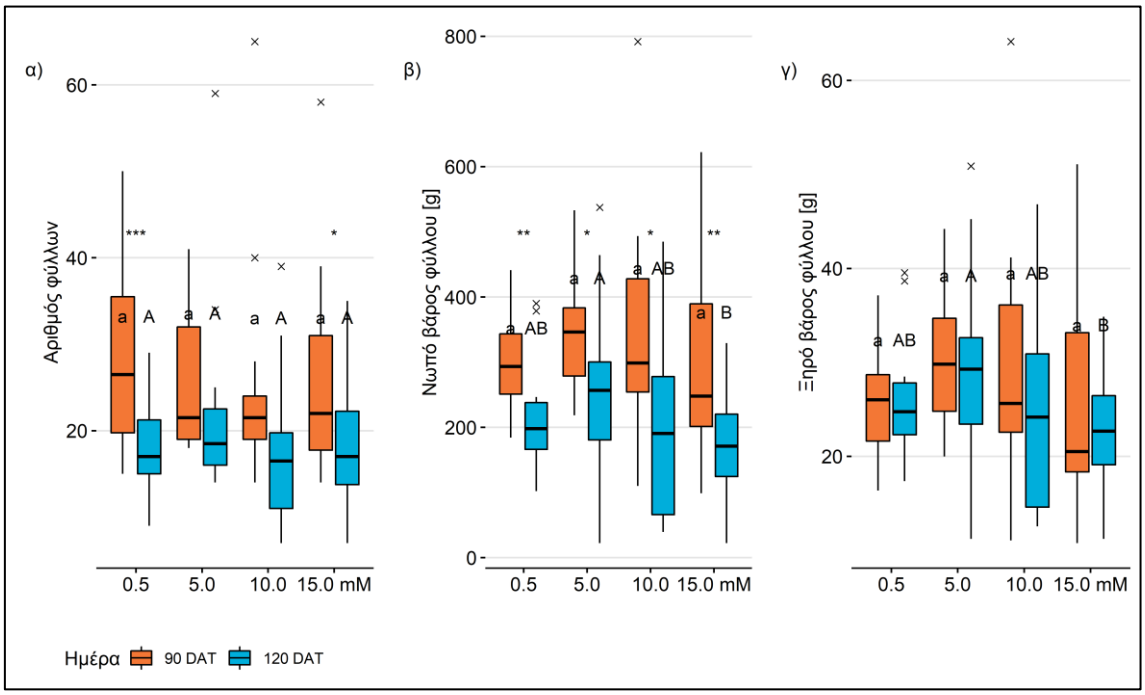


Εικόνα 12 - Προσδιορισμός Πυκνότητας (α) και φθορισμού χλωροφύλλης (β) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας

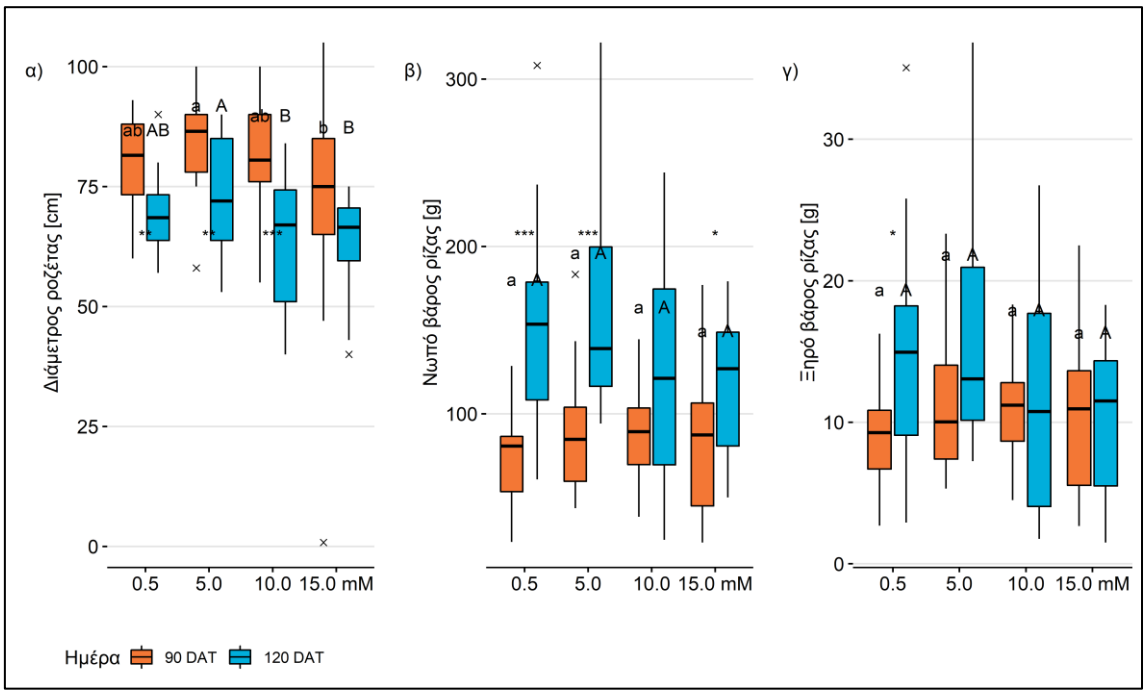
Η αύξηση του NaCl έως και 15 mM στο NS χορηγήθηκε στα φυτά του ασκόλυμπρου δεν είχε σημαντική επίδραση στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό, καθώς και στο νωπό βάρος (FW) και το ξηρό βάρος (DW) των φύλλων και των ριζών στις 90 DAT (Πίνακας 2). Επίσης, ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό παρέμεινε ανεπηρέαστος μέχρι το τέλος του πειράματος (120 DAT) (Εικ. 13). Ωστόσο, στις 120 DAT, το υψηλό επίπεδο αλατότητας (15 mM NaCl) μείωσε σημαντικά το FW και το DW των φύλλων και της ρίζας σε σύγκριση με το χαμηλό επίπεδο αλατότητας (5 mM NaCl), ενώ σε σύγκριση με τον μάρτυρα (0,5 mM NaCl), το υψηλό επίπεδο αλατότητας μείωσε μόνο το FW και το DW της ρίζας, αλλά όχι εκείνα των φύλλων (Εικ. 13). Στα 10 mM NaCl, η FW των φύλλων και η FW και DW της ρίζας ήταν μεταξύ των αντίστοιχων τιμών που μετρήθηκαν στις επεμβάσεις 5 και 15 mM NaCl, χωρίς να παρατηρούνται σημαντικές διαφορές σε καμία από αυτές τις μεταχειρίσεις, ενώ η DW της ρίζας ήταν σημαντικά υψηλότερη στα 5 mM NaCl σε σύγκριση με τα 10 mM NaCl (Εικ. 14).

Πίνακας 2 - Ποσοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας στους 3 και 4 μήνες καλλιέργειας για τις 4 συνθήκες αλατότητας με τα επίπεδα σημαντικότητας των διαφορών

	Μεταχειρίσεις	**Αριθμός φύλλων (ΑΦ)**	**Νωπό βάρος φύλλων [g] ($NB_Φ$)**	**Νωπό βάρος ρίζαςε [g] (NB_P)**	**Ξηρό βάρος φύλλων [g] ($ΞB_Φ$)**	**Ξηρό βάρος ρίζας [g] ($ΞB_P$)**
	Επίπεδο αλατότητας (mM NaCl)	**p ≥ 0.05**	**p ≥ 0.05**	**p ≥ 0.05**	**p ≥ 0.05**	**p ≥ 0.05**
90 DAT	0,5	**28.44 a**	298.38 a	72.76 a	25.91 a	9.03 a
	5	**24.94 a**	344.81 a	85.95 a	30.48 a	10.76 a
	10	**24.56 a**	326.98 a	86.64 a	28.25 a	10.59 a
	15	**25.75 a**	289.08 a	80.53 a	24.66 a	9.84 a
		n.s	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
120 DAT	0,5	**18.06 a**	217,83 ab	146,44 a	25.79 ab	14.89 a
	5	**21.88 a**	245,97 a	153.47 a	29.55 a	14.99 a
	10	**17.94 a**	189,64 ab	108.02 b	25.07 ab	10.39 b
	15	**18.44 a**	161,43 b	93,11 b	22.41 b	9.43 b
Επίπεδο σημαντικότητας		**n.s.**	*	*	*	*



Εικόνα 13 - Σύγκριση αριθμού (α), νωπού (β) και ξηρού βάρους (γ) φύλλων για τις 4 συνθήκες αλατότητας 90 και 120 DAT

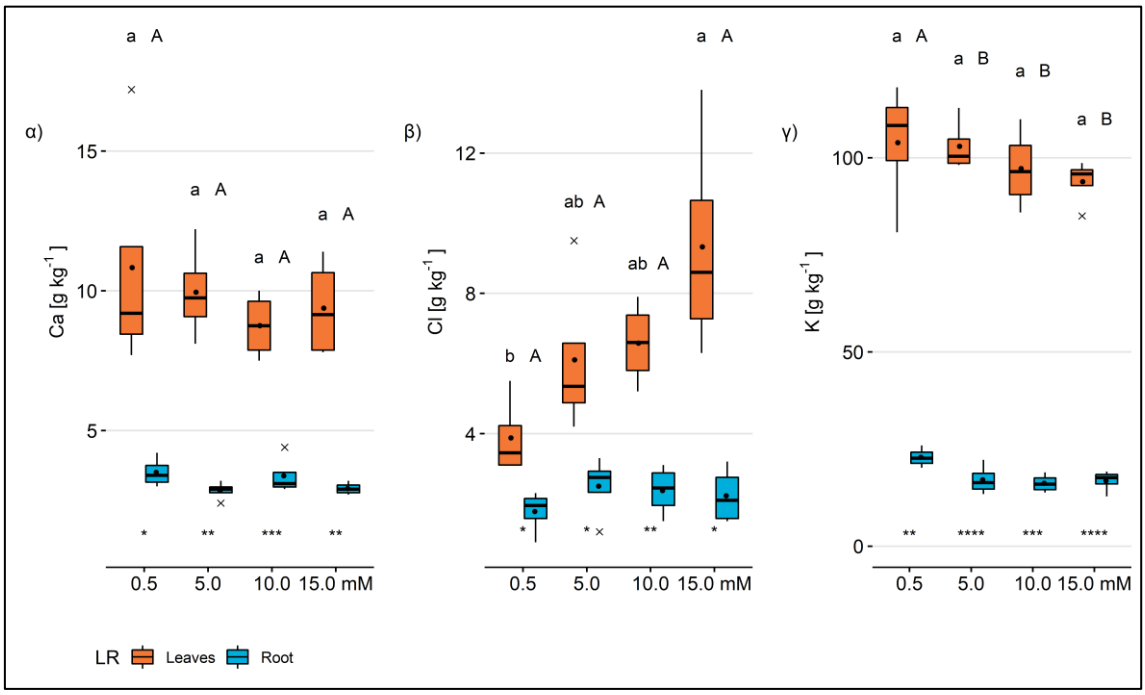


Εικόνα 14 - Σύγκριση διαμέτρου ροζέτας (α), νωπού βάρους ρίζας (β) και ξηρού βάρους ρίζας (γ), 3 και 4 μήνες μετά τη μεταφύτευση για τις 4 συνθήκες αλατότητας σε 90

3.4 *Περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα*

Το επίπεδο αλατότητας δεν επηρέασε τις συγκεντρώσεις των K^+, Ca^{2+} και ολικού-P στα φύλλα, ενώ οι συγκεντρώσεις οργανικού αζώτου και νιτρικού αζώτου

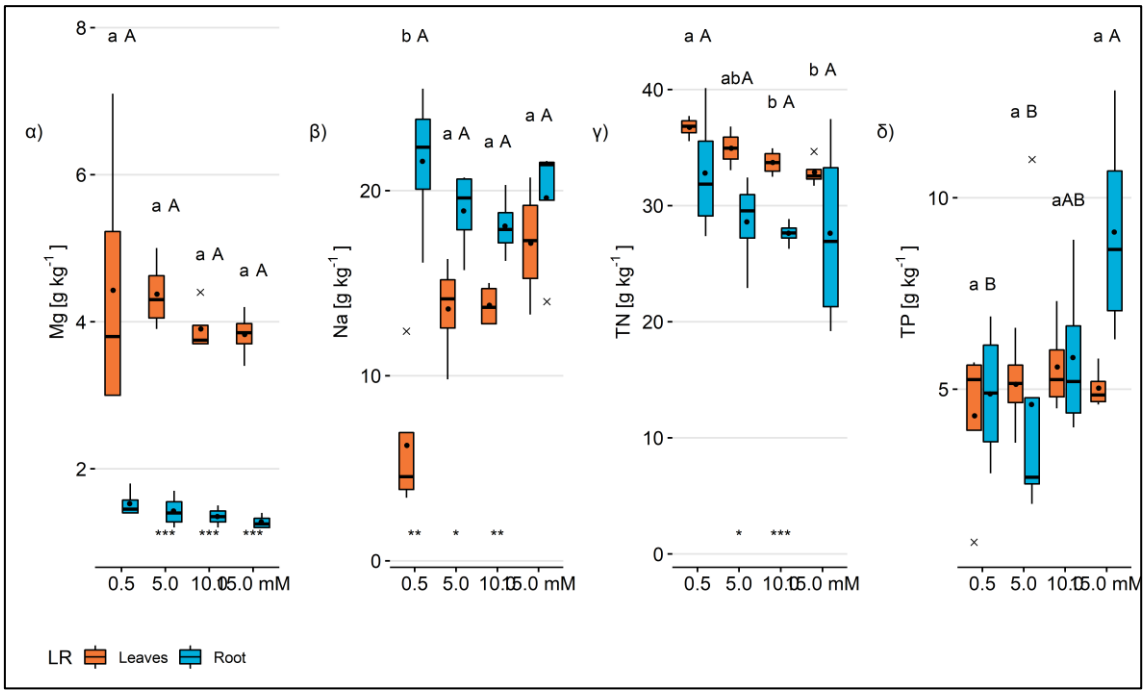
μειώθηκαν σημαντικά στα φύλλα στα 10 (33,7±1,11 και 3,23±0,66, αντίστοιχα) και 15 mM NaCl (32,9±1,3 και 2,69±0,26, αντίστοιχα), στις 90 DAT. Η συγκέντρωση του νατρίου στα φύλλα αυξήθηκε σημαντικά και στις τρεις μεταχειρίσεις αλατότητας (13,6± 2,78, 13,8± 1,17 και 17,15± 3,23) σε σύγκριση με τον μάρτυρα (6,22±2,18). Ομοίως, το επίπεδο αλατότητας 10 και 15 mM, αύξησε τη συσσώρευση Cl^- στα φύλλα (6,58±1,21 και 9,32±3,28).



Εικόνα 15 - Συγκεντρώσεις ανόργανων ιόντων ασβεστίου (α), χλωρίου (β) και καλίου (γ) στα φύλλα και στη ρίζα στις 90 DAT για τις 4 συνθήκες αλατότητας

Επιπλέον, οι μεταχειρίσεις αλατότητας δεν έδειξαν καμία σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση Na^+, Cl^-, Mg^{2+}, Ca^{2+} και ολικού αζώτου της ρίζας. Αντίθετα, τα μακροθρεπτικά συστατικά, νιτρικό άζωτο και ολικός φωσφόρος, παρουσίασαν σημαντικά μειωμένη συγκέντρωση στον ιστό της ρίζας στο επίπεδο αλατότητας των 15 mM NaCl (1,75±0,99 και 9,1±2,92, αντίστοιχα), ενώ η συγκέντρωση του K^+ μειώθηκε σημαντικά στις μεταχειρίσεις αλατότητας 5, 10 και 15 mM NaCl (17,1±3,83, 16,2±2,34 και 16,8±2,82, αντίστοιχα) σε σύγκριση με τον μάρτυρα (22,9±2,46), 90 DAT. Στις

Εικόνες 15 και 16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε ανόργανα άλατα στα φύλλα και τις ρίζες κατά την ενενηκοστή ημέρα μετά την μεταφύτευση.



Εικόνα 16 - Προσδιορισμός συγκέντρωσης μαγνησίου (α), νατρίου (β), ολικού αζώτου (γ) και ολικού φωσφόρου (δ) στις 90 DAT για τις 4 συνθήκες αλατότητας

3.5 *Ολική αντιοξειδωτική ικανότητα*

Τα ολικά αντιοξειδωτικά και τα ολικά φαινολικά των φύλλων και των ριζών παρέμειναν ανεπηρέαστα από την αλατότητα. Ωστόσο, η αύξηση της αλατότητας σε 10 και 15 mM NaCl αύξησε σημαντικά την περιεκτικότητα σε ολικά φλαβονοειδή στο κεντρικό νεύρο των φύλλων (βρώσιμο τμήμα των φύλλων) (44,95±1,95 και 40,43±1,31 mg CAE 100 g^{-1} FW, αντίστοιχα) σε σύγκριση με 5 mM ή 0.5 mM NaCl στο παρεχόμενο NS. Επιπλέον, τα εξεταζόμενα επίπεδα αλατότητας δεν είχαν καμία επίδραση στη βιομάζα της ρίζας σε σύγκριση με τη μεταχείριση ελέγχου (20,35±1,4 mg CAE 100 g^{-1} FW), 90 DAT. Επιπλέον, ενώ η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών και των ολικών αντιοξειδωτικών στα φύλλα και τις ρίζες είναι συγκρίσιμη, τα φλαβονοειδή είναι σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στα φύλλα (Πίνακας 3) και αυτό δικαιολογεί την κατανάλωση

των φύλλων που είναι πιο εύγευστα σε νεότερο στάδιο (π.χ., 90 DAT).

Πίνακας 3 - Ποσοτικοποίηση ολικών φαινολικών, φλαβονοειδών και αντιοξειδωτικών σε φύλλα (Φ) και ρίζα (Ρ) για τις 4 συνθήκες αλατότητας μετά το πέρας της καλλιέργειας

		Επίπεδο αλατότητας [mM NaCl]			
		0,5	**5**	**10**	**15**
Ολικά Φαινολικά (mg GAE 100 g^{-1} FW)	**Φ**	206.32 a	212.12 a	229.14 a	226.65 a
	Ρ	230.36 a	210.46 a	212.95 a	233.25 a
Ολικά Φλαβονοειδή (mg CAE 100 g^{-1} FW)	**Φ**	36.05 b	36.89 b	44.95 a	43.80 a
	Ρ	20.35 a	20.91 a	22.24 a	20.08 a
Ολικά Αντιοξειδωτικα [mg Trolox 100 g^{-1}] FW	**Φ**	38.86 a	41.60 a	42.46 a	42.66 a
	Ρ	36.96 a	38.74 a	38.35 a	39.51 a

4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μια καλή συζήτηση μπορεί να είναι η πιο ισχυρή γενεσιουργός δύναμη της αλλαγής

Linda Lambert

Όπως φάνηκε από την παρούσα μελέτη, μέχρι σήμερα η παραγωγή βρώσιμων ριζών του ασκόλυμπρου (*Scolymus hispanicus*) δεν έχει μελετηθεί επαρκώς και επομένως τα χαρακτηριστικά απόδοσης και ποιότητας τους είναι ως επί το πλείστων προσεγγιστικά. Ο ασκόλυμπρος αποδείχθηκε ανθεκτικός σε μέτρια επίπεδα αλατότητας, ενώ μια μικρή αύξηση της συγκέντρωσης Na^+ και/ή Cl^- περίπου 5 mM στο περιβάλλον της ρίζας είναι ευεργετική για τον ασκόλυμπρο. Οι συγκεντρώσεις NaCl όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη δεν φάνηκαν να επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση του φυτού κατά την πρώτη συγκομιδή αλλά σημαντική ήταν η επίδραση του επιπέδου αλατότητας 15 mM NaCl στην ανάπτυξη του φυτού κατά την δεύτερη συγκομιδή. Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε σημαντική μείωση του σχετικού φθορισμού χλωροφύλλης των φύλλων (Fv/Fm) και της σχετικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης (SPAD) σε επίπεδα αλατότητας 10 και 15 mM σε σύγκριση με τα επίπεδα 0,5 και 5 mM NaCl, 120 DAT.

Το πρόβλημα για ένα φυτό κατά την έκθεση του σε NaCl είναι ότι αφενός, το

εξωτερικό ωσμωτικό δυναμικό είναι πολύ χαμηλό, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται σημαντικά η απορρόφηση νερού από την ριζόσφαιρα. Αφετέρου, παρατηρείται αύξηση των συγκεντρώσεων ιόντων Na^+ και Cl^- σε επίπεδα που μπορεί να προκαλέσουν τοξικότητα στο φυτό (Gouia *et al.*, 1994) όπως επίσης να μειωθεί η διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων που προκύπτουν από το χαμηλότερο ρυθμό πρόσληψης αλλά και ανταγωνισμού μεταξύ θρεπτικών ιόντων, όπως K^+ με το Na^+ και το Cl^- (Bottacin *et al.*, 1985).

Η ανισορροπία στην απορρόφηση ιόντων είναι μια γνωστή επίδραση της αλατότητας στα φυτά, η οποία μεταβάλλει τη συγκέντρωση των μετάλλων στους ιστούς των φυτών. Πιο αναλυτικά, η μέτρια αλατότητα προκάλεσε σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου στα φύλλα του *S. hispanicus* σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ αντιθέτως, η συγκέντρωση του K^+ φάνηκε να είναι σημαντικά μειωμένη. Συχνό φαινόμενο της αλατότητας στα φυτά είναι η αδυναμία πρόσληψης καλίου η οποία προκαλείται καθώς το Na^+ ανταγωνίζεται το K^+ (λόγω των παρόμοιων φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους) για τις κύριες θέσεις δέσμευσης των κυττάρων, βασικών μεταβολικών διεργασιών στο κυτταρόπλασμα, όπως ενζυματικές αντιδράσεις, σύνθεση πρωτεϊνών και λειτουργίες των ριβοσωμάτων (Shabala and Cuin, 2008). Επίσης, τα επίπεδα αλατότητας άνω του 0,5 mM NaCl αύξησαν τη συγκέντρωση Na^+ στα φύλλα και μείωσαν σημαντικά τη συγκέντρωση K^+ στις ρίζες του *S. hispanicus*. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν επίσης από τους Inal *et al.* (2009), ο οποίος ανέφερε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης K^+ στους βλαστούς και στις ριζοματώδεις ρίζες του καρότου που εκτέθηκαν σε μέτρια επίπεδα αλατότητας μέχρι τις 180 DAT.

Η συγκέντρωση φωσφόρου αυξήθηκε σημαντικά στην κονδυλώδη ρίζα του *S. hispanicus* στο υψηλότερο επίπεδο αλατότητας (15 mM NaCl), αλλά αυτή η διαφορά δεν

ήταν αντίστοιχη με τη συγκέντρωση φωσφόρου στα φύλλα του φυτού. Επίσης, αν και πολλές εργασίες αναφέρουν ότι η αλατότητα, σε συνθήκες υπερεπάρκειας, συχνά αυξάνει απότομα την απορρόφηση του φωσφόρου σε επίπεδα τοξικότητας εντούτοις, στην παρούσα μελέτη, η αλατότητα του NaCl δεν οδήγησε σε ορατά συμπτώματα τοξικότητας του φωσφόρου στα φυτά, ανεξάρτητα από το επίπεδο NaCl.

Είναι ευρέως αποδεδειγμένο ότι η περιεκτικότητα των φυτών σε νιτρικά άλατα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανισορροπία στον ρυθμό απορρόφησης τους από το θρεπτικό διάλυμα (Cardenas-Navarro *et al.*, 1999). Παρόλο που οι μηχανισμοί πρόσληψης και απορρόφησης νιτρικών είναι κατά βάση γενετικά καθορισμένοι, η απορρόφηση νιτρικών εξαρτάται επίσης από τη διαθεσιμότητα τους στο διάλυμα τροφοδοσίας καθώς και από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο ανάπτυξης των φυτών όπως ο φωτισμός, καθώς η κατανάλωση ενέργειας για τη μετατροπή των νιτρικών σε νιτρώδη συνδέεται στενά με τη φωτοσυνθετική λειτουργία στα φυτά (Maynard *et al.*, 1976). Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη, η μειωμένη συγκέντρωση του οργανικού-N των φύλλων μπορεί να αποδοθεί σε μειωμένους ρυθμούς πρόσληψης νιτρικού αζώτου από το *S. hispanicus*, πιθανώς λόγω ανταγωνιστικής αλληλεπίδρασης με το Cl^- (Martínez and Cerdá, 2008; Urlić *et al.*, 2017).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, ο ασκόλυμπρος φάνηκε να μην επηρεάζεται σημαντικά από τα μέτρια επίπεδα αλατότητας κατά τη πρώτη συγκομιδή (90 DAT), αλλά στις 120 DAT παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του νωπού και ξηρού βάρους των φύλλων και ριζών. Κατά συνέπεια, προτείνεται η πρώιμη συγκομιδή του φυτού (πριν από το 120 DAT) εάν η συγκέντρωση NaCl του νερού άρδευσης υπερβαίνει τα 10 mM. Ακόμη περισσότερο, η ποιότητα του ασκόλυμπρου είναι ανεπαρκώς μελετημένη έως σήμερα και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι ενθαρρυντικά

καθώς παρατηρήθηκε η αλατότητα να επιδρά θετικά στην λειτουργική ποιότητα του φυτού αυξάνοντας σημαντικά την συγκέντρωση ολικών φλαβονοειδών στο φυτό. Επομένως από τα αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι ο ασκόλυμπρος μπορεί να καλλιεργηθεί με επιτυχία σε υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας ακόμα και σε περιπτώσεις υποβαθμισμένης ποιότητας νερού άρδευσης βελτιστοποιώντας την απόδοση και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του φυτού. Ωστόσο, πρέπει να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα, για να εξεταστεί η επίδραση ακόμη υψηλότερων επιπέδων αλατότητας σε διαφορετικούς οικότυπους ασκόλυμπρου, καθώς επίσης θα είχε ενδιαφέρον και η καλλιέργεια σε κλειστό υδροπονικό σύστημα όπου είναι γνωστό ότι αντιμετωπίζονται περισσότερα προβλήματα με τα αυξημένα επίπεδα των ιόντων νατρίου που συσσωρεύονται στο υδροπονικό διάλυμα.

5 Βιβλιογραφια

Αν κατάφερα να δω παραπέρα, είναι επειδή στηρίχτηκα στους ώμους γιγάντων

Σερ Ισαάκ Νεύτωνας

Abou-Hadid, A. F., El-Beltagy, A. S., Medany, M. A. and Hafez, M. M. (1995) 'Performance of Soilless Media on Greenhouse Production of Cucumber, Cucurnis sativus, in Egypt', *Journal of Vegetable Crop Production*. Informa UK Limited, 1(1), pp. 93–98. doi: 10.1300/j068v01n01_10.

Adams, P. (1991) 'Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool', *Journal of Horticultural Science*. Informa UK Limited, 66(2), pp. 201–207. doi: 10.1080/00221589.1991.11516145.

Adams, P. and El-Gizawy, A. M. (1988) 'Effect of calcium stress on the calcium status of tomatoes grown in NFT', *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), (222), pp. 15–22. doi: 10.17660/actahortic.1988.222.1.

Alwafa, R. A., Mudalal, S. and Mauriello, G. (2021) 'Origanum syriacum L. (Za'atar), from Raw to Go: A Review', *Plants (Basel, Switzerland)*. MDPI, 10(5), p. 1001.

doi: 10.3390/plants10051001.

Artiola, J. F. and Walworth, J. L. (2009) 'Irrigation Water Quality Effects on Soil Carbon Fractionation and Organic Carbon Dissolution and Leaching in a Semiarid Calcareous Soil', *Soil Science*. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health), 174(7), pp. 356–371. doi: 10.1097/ss.0b013e3181aea7b4.

Asaduzzaman, M., Kobayashi, Y., Mondal, M. F., Ban, T., Matsubara, H., Adachi, F. and Asao, T. (2013) 'Growing carrots hydroponically using perlite substrates', *Scientia Horticulturae*. Elsevier B.V., 159, pp. 113–121. doi: 10.1016/j.scienta.2013.04.038.

Baker, N. R. (2004) 'Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities', *Journal of Experimental Botany*. Oxford University Press (OUP), 55(403), pp. 1607–1621. doi: 10.1093/jxb/erh196.

Baker, N. R. (2008) 'Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo', *Annual Review of Plant Biology*. Annual Reviews, 59(1), pp. 89–113. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759.

Barão, M. J. and Dias, A. S. (2013) 'The ecology and use of edible thistles in Évora, Alentejo, Southeastern Portugal', in Pardo-de-Santayana, M., Pieroni, A., and Puri, R. K. (eds).

Bautista, I., Boscaiu, M., Lidón, A., Llinares, J. V, Lull, C., Donat, M. P., Mayoral, O. and Vicente, O. (2015) 'Environmentally induced changes in antioxidant phenolic compounds levels in wild plants', *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(1), p. 9. doi: 10.1007/s11738-015-2025-2.

Bernstein, N., Silk, W. K. and Lauchli, A. (1995) 'Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress: possible role of some mineral elements in growth inhibition', *Planta*. Springer Science and Business Media LLC, 196(4), pp. 699–705. doi: 10.1007/bf01106763.

Bohnert, H. J. and Jensen, R. G. (1996) 'Metabolic Engineering for Increased Salt Tolerance - the Next Step', *Functional Plant Biology*. CSIRO Publishing, 23(5), p. 661. doi: 10.1071/pp9960661.

Bonet, M. À. and Vallès, J. (2002) 'Use of non-crop food vascular plants in Montseny

biosphere reserve (Catalonia, Iberian Peninsula)', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Informa UK Limited, 53(3), pp. 225–248. doi: 10.1080/09637480220132841.

Borelli, T., Hunter, D., Powell, B., Ulian, T., Mattana, E., Termote, C., Pawera, L., Beltrame, D., Penafiel, D., Tan, A., Taylor, M. and Engels, J. (2020) 'Born to Eat Wild: An Integrated Conservation Approach to Secure Wild Food Plants for Food Security and Nutrition', *Plants (Basel, Switzerland)*. MDPI, 9(10), p. 1299. doi: 10.3390/plants9101299.

Bottacin, A., Cacco, G. and Saccomani, M. (1985) 'Nitrogen absorption and assimilation in NaCl-resistant and NaCl-susceptible millet genotypes (*Pennisetum americanum*)', *Canadian Journal of Botany*. Canadian Science Publishing, 63(3), pp. 517–520. doi: 10.1139/b85-065.

Bradley, P. and Marulanda, C. (2001) 'Simplifies hydroponics to reduce global hunger', *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), (554), pp. 289–296. doi: 10.17660/actahortic.2001.554.31.

Cachorro, P., Olmos, E., Ortiz, A. and Cerdá, A. (1995) 'Salinity-induced changes in the structure and ultrastructure of bean root cells', *Biologia plantarum*. Institute of Experimental Botany, 37(2), pp. 273–283. doi: 10.1007/bf02913226.

Cardenas-Navarro, R., Adamowicz, S. and Robin, P. (1999) 'Nitrate accumulation in plants: a role for water', *Journal of Experimental Botany*. Oxford University Press (OUP), 50(334), pp. 613–624. doi: 10.1093/jxb/50.334.613.

Chang, D. C., Park, C. S., Kim, S. Y. and Lee, Y. B. (2012) 'Growth and Tuberization of Hydroponically Grown Potatoes', *Potato Research*, 55(1), pp. 69–81. doi: 10.1007/s11540-012-9208-7.

Chartzoulakis, K. and Klapaki, G. (2000) 'Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages', *Scientia Horticulturae*. Elsevier BV, 86(3), pp. 247–260. doi: 10.1016/s0304-4238(00)00151-5.

Chartzoulakis, K. S. and Loupassaki, M. H. (1997) 'Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant', *Agricultural Water Management*. Elsevier BV, 32(3), pp. 215–225. doi: 10.1016/s0378-3774(96)01276-0.

Chatzigianni, M., Ntatsi, G., Theodorou, M., Stamatakis, A., Livieratos, I., Rouphael, Y. and Savvas, D. (2019) 'Functional Quality, Mineral Composition and Biomass Production in Hydroponic Spiny Chicory (Cichorium spinosum L.) Are Modulated Interactively by Ecotype, Salinity and Nitrogen Supply', *Frontiers in plant science*. Frontiers Media S.A., 10, p. 1040. doi: 10.3389/fpls.2019.01040.

Chaudhry, S. and Sidhu, G. P. S. (2021) 'Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: a comprehensive review', *Plant Cell Reports*. Springer Science and Business Media LLC, 41(1), pp. 1–31. doi: 10.1007/s00299-021-02759-5.

Chen, C. T., Li, C. C. and Kao, C. H. (1991) 'Senescence of rice leaves XXXI. Changes of chlorophyll, protein, and polyamine contents and ethylene production during senescence of a chlorophyll-deficient mutant', *Journal of Plant Growth Regulation*. Springer Science and Business Media LLC, 10(1–4), pp. 201–205. doi: 10.1007/bf02279335.

Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. and Trussell, R. . (1999) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Edited by W. APHA, AWWA.

Cooper, A. J. (1975) 'Crop production in recirculating nutrient solution', *Scientia Horticulturae*. Elsevier BV, 3(3), pp. 251–258. doi: 10.1016/0304-4238(75)90008-4.

Corrêa, R. C. G., Di Gioia, F., Ferreira, I. C. F. R. and Petropoulos, S. A. (2020) 'Wild greens used in the Mediterranean diet', *The Mediterranean Diet*. Elsevier, pp. 209–228. doi: 10.1016/b978-0-12-818649-7.00020-5.

Costa-Becheleni, F. R., Troyo-Diéguez, E., Nieto-Garibay, A., Bustamante-Salazar, L. A., García-Galindo, H. S. and Murillo-Amador, B. (2021) 'Hydro-Environmental Criteria for Introducing an Edible Halophyte from a Rainy Region to an Arid Zone: A Study Case of Suaeda spp. as a New Crop in NW México', *Plants (Basel, Switzerland)*. MDPI, 10(10), p. 1996. doi: 10.3390/plants10101996.

Cuevas, J., Daliakopoulos, I. N., del Moral, F., Hueso, J. J. and Tsanis, I. K. (2019) 'A Review of Soil-Improving Cropping Systems for Soil Salinization', *Agronomy*. MDPI AG, 9(6), p. 295. doi: 10.3390/agronomy9060295.

Daliakopoulos, I. N., Tsanis, I. K., Koutroulis, A., Kourgialas, N. N., Varouchakis, A. E.,

Karatzas, G. P. and Ritsema, C. J. (2016) 'The threat of soil salinity: A European scale review', *Science of The Total Environment*. Elsevier BV, 573, pp. 727–739. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.177.

Della, A., Paraskeva-Hadjichambi, D. and Hadjichambis, A. C. (2006) 'An ethnobotanical survey of wild edible plants of Paphos and Larnaca countryside of Cyprus', *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. BioMed Central, 2, p. 34. doi: 10.1186/1746-4269-2-34.

Dhindsa, R. S., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe, T. A. (1981) 'Leaf Senescence: Correlated with Increased Levels of Membrane Permeability and Lipid Peroxidation, and Decreased Levels of Superoxide Dismutase and Catalase', *Journal of Experimental Botany*. Oxford University Press (OUP), 32(1), pp. 93–101. doi: 10.1093/jxb/32.1.93.

Ding, J., Chen, B., Xia, X., Mao, W., Shi, K., Zhou, Y. and Yu, J. (2013) 'Cytokinin-Induced Parthenocarpic Fruit Development in Tomato Is Partly Dependent on Enhanced Gibberellin and Auxin Biosynthesis', *PLoS ONE*, 8(7), pp. 1–11. doi: 10.1371/journal.pone.0070080.

Dulger, D. and Sahan, Y. (2016) 'A Functional Food Additive: Scolymus Hispanicus L. Flour', *ETP International Journal of Food Engineering*. EJournal Publishing. doi: 10.18178/ijfe.2.2.124-127.

Dumbroff, E. B. and Cooper, A. W. (1974) 'Effects of Salt Stress Applied in Balanced Nutrient Solutions at Several Stages during Growth of Tomato', *Botanical Gazette*. University of Chicago Press, 135(3), pp. 219–224. doi: 10.1086/336755.

Eaton, D. A. and Ganson, H. M. (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF.

Eaton, F. M. (1941) 'Plant Culture Equipment', *Plant Physiology*. American Society of Plant Biologists (ASPB), 16(2), pp. 385–392. Available at: http://www.jstor.org/stable/4257524.

Erciyas, E. and Baysal, M. (1989) 'Alpha -Amyrin tetratriacontanoate, a new triterpene from Scolymus hispanicus L', *Pharmazie*, 44(8), p. 580. Available at: https://eurekamag.com/research/002/006/002006013.php.

Ertuğ, F. (2000) 'An ethnobotanical study in Central Anatolia (Turkey)', *Economic*

Botany, 54, pp. 155–182. doi: 10.1007/BF02907820.

Flyman, M. V and Afolayan, A. J. (2006) 'The suitability of wild vegetables for alleviating human dietary deficiencies', *South African Journal of Botany*. Elsevier BV, 72(4), pp. 492–497. doi: 10.1016/j.sajb.2006.02.003.

Gericke, W. F. (1938) 'Crop Production without Soil', *Nature*, 141(3569), pp. 536–540. doi: 10.1038/141536a0.

Gouia, H., Ghorbal, M. H. and Touraine, B. (1994) 'Effects of NaCl on Flows of N and Mineral Ions and on NO3- Reduction Rate within Whole Plants of Salt-Sensitive Bean and Salt-Tolerant Cotton', *Plant physiology*, 105(4), pp. 1409–1418. doi: 10.1104/pp.105.4.1409.

Greenway, H. and Munns, R. (1980) 'Mechanisms of Salt Tolerance in Nonhalophytes', *Annual Review of Plant Physiology*. Annual Reviews, 31(1), pp. 149–190. doi: 10.1146/annurev.pp.31.060180.001053.

Gül, A., Tüzel, I. H., Tuncay, Ö., Eltez, R. Z. and Zencirkiran, E. (1999) 'Soilless culture of cucumber in glasshouses: A comparison of open and closed systems on growth, yield and quality', *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), (491), pp. 389–394. doi: 10.17660/actahortic.1999.491.60.

Hadjichambis, A. C. H., Paraskeva-Hadjichambi, D., Della, A., Elena Giusti, M., De Pasquale, C., Lenzarini, C., Censorii, E., Reyes Gonzales-Tejero, M., Patricia Sanchez-Rojas, C., Ramiro-Gutierrez, J. M., Skoula, M., Johnson, C., Sarpaki, A., Hmamouchi, M., Jorhi, S., El-Demerdash, M., El-Zayat, M. and Pieroni, A. (2008) 'Wild and semi-domesticated food plant consumption in seven circum-Mediterranean areas', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Informa UK Limited, 59(5), pp. 383–414. doi: 10.1080/09637480701566495.

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J.-K. and Bohnert, H. J. (2000) 'P<scp>LANT</scp> C<scp>ELLULAR AND</scp> M<scp>OLECULAR</scp> R<scp>ESPONSES TO</scp> H<scp>IGH</scp> S<scp>ALINITY</scp>', *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. Annual Reviews, 51(1), pp. 463–499. doi: 10.1146/annurev.arplant.51.1.463.

Hilal, M., Zenoff, A. M., Ponessa, G., Moreno, H. and Massa, E. M. (1998) 'Saline stress

alters the temporal patterns of xylem differentiation and alternative oxidase expression in developing soybean roots', *Plant physiology*. American Society of Plant Physiologists, 117(2), pp. 695–701. doi: 10.1104/pp.117.2.695.

Hinman, C. W., Cooke, A. and Smith, R. I. (1985) 'Five Potential New Crops for Arid Lands', *Environmental Conservation*. Cambridge University Press (CUP), 12(4), pp. 309–315. doi: 10.1017/s0376892900034421.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. (1950) 'The water-culture method for growing plants without soil.', *Circular. California agricultural experiment station*, 347(2nd edit).

Inal, A., Gunes, A., Pilbeam, D. J., Kadioglu, Y. K. and Eraslan, F. (2009) 'Concentrations of essential and nonessential elements in shoots and storage roots of carrot grown in NaCl and Na_2SO_4salinity', *X-Ray Spectrometry*. Wiley, 38(1), pp. 45–51. doi: 10.1002/xrs.1104.

Jacobson, L. (1951) 'Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylenediamine tetra-acetate', *Plant physiology*, 26(2), pp. 411–413. doi: 10.1104/pp.26.2.411.

Jensen, M. H. and Collins, W. L. (1985) 'Hydroponic vegetable production', *Horticultural reviews (USA)*.

Jeschke, W. and Wolf, O. (1985) 'Na+-dependent net K+ Retranslocation in Leaves of Hordeum yulgare, cv. California Mariout and Hordeum distichon, cv. Villa under Salt Stress', *Journal of Plant Physiology*, 121, pp. 211–223. doi: 10.1016/S0176-1617(85)80055-9.

Jiang, C., Johkan, M., Hohjo, M., Tsukagoshi, S. and Maruo, T. (2017) 'A correlation analysis on chlorophyll content and SPAD value in tomato leaves', *HortResearch*, 71, pp. 37–42. doi: 10.20776/S18808824-71-P37.

Karik, U. (2019) 'The effect of different harvest dates on the yield and quality of the golden thistle (Scolymus hispanicus L.)', *Turkish Journal Of Field Crops*, 24(2), pp. 230–236.

Kirimer, N., Tunalier, Z., Can Başer, K. and Cingi, I. (1997) 'Antispasmodic and Spasmogenic Effects of*Scolymus hispanicus*and Taraxasteryl Acetate on Isolated Ileum Preparation', *Planta Medica*. Georg Thieme Verlag KG, 63(06), pp. 556–558. doi: 10.1055/s-2006-957765.

Klados, E. and Tzortzakis, N. (2014) 'Effects of substrate and salinity in hydroponically grown Cichorium spinosum', *Journal of soil science and plant nutrition*. Springer Science and Business Media LLC, (ahead), p. 0. doi: 10.4067/s0718-95162014005000017.

Kourgialas, N. N., Anyfanti, I., Karatzas, G. P. and Dokou, Z. (2018) 'An integrated method for assessing drought prone areas - Water efficiency practices for a climate resilient Mediterranean agriculture', *Science of The Total Environment*. Elsevier BV, 625, pp. 1290–1300. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.051.

Laurie, A. (1940) 'Soilless Culture Simplified', *Soil Science*, 50(1). Available at: https://journals.lww.com/soilsci/Fulltext/1940/07000/Soilless_Culture_Simplified.20.aspx.

Lentini, F. and Venza, F. (2007) 'Wild food plants of popular use in Sicily', *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. BioMed Central, 3, p. 15. doi: 10.1186/1746-4269-3-15.

Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. (1995) 'Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa*L.) varieties differing in salinity resistance', *Journal of Experimental Botany*. Oxford University Press (OUP), 46(12), pp. 1843–1852. doi: 10.1093/jxb/46.12.1843.

Maikhuri, R. K., Semwal, R. L., Singh, A. and Nautiyal, M. C. (1994) 'Wild fruits as a contribution to sustainable rural development: a case study from the Garhwal Himalaya', *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. Informa UK Limited, 1(1), pp. 56–68. doi: 10.1080/13504509409469861.

Marmouzi, I., El Karbane, M., El Hamdani, M., Kharbach, M., Naceiri Mrabti, H., Alami, R., Dahraoui, S., El Jemli, M., Ouzzif, Z., Cherrah, Y., Derraji, S. and Faouzi, M. E. A. (2017) 'Phytochemical and pharmacological variability in Golden Thistle functional parts: comparative study of roots, stems, leaves and flowers', *Natural Product Research*. Informa UK Limited, 31(22), pp. 2669–2674. doi: 10.1080/14786419.2017.1283494.

Martínez, V. and Cerdá, A. (2008) 'Nitrate reductase activity in tomato and cucumber leaves as influenced by NaCl and n source', *Journal of Plant Nutrition*. Taylor & Francis, 12(11), pp. 1335–1350. doi: 10.1080/01904168909364040.

Maynard, D. N., Barker, A. V, Minotti, P. L. and Peck, N. H. (1976) 'Nitrate Accumulation in Vegetables', *Advances in Agronomy*. Elsevier, pp. 71–118. doi: 10.1016/s0065-2113(08)60553-2.

Morales, P., Ferreira, I., Carvalho, A. M., Sánchez-Mata, M. C., Cámara, M. and Tardío, J. (2012) 'Fatty acids profiles of some Spanish wild vegetables', *Food Science and Technology International*. SAGE Publications, 18(3), pp. 281–290. doi: 10.1177/1082013211427798.

Motti, R. (2021) 'Wild Plants Used as Herbs and Spices in Italy: An Ethnobotanical Review', *Plants (Basel, Switzerland)*. MDPI, 10(3), p. 563. doi: 10.3390/plants10030563.

Motti, R., Bonanomi, G., Lanzotti, V. and Sacchi, R. (2020) 'The Contribution of Wild Edible Plants to the Mediterranean Diet: An Ethnobotanical Case Study Along the Coast of Campania (Southern Italy)', *Economic Botany*. Springer Science and Business Media LLC, 74(3), pp. 249–272. doi: 10.1007/s12231-020-09504-1.

Mullard, S. R. and Stoughton, R. H. (1939) 'Preliminary trials in growing horticultural crops in nutrient solutions', *Scientific Horticulture*. Chartered Institute of Horticulture, 7, pp. 174–179. Available at: http://www.jstor.org/stable/45126547.

Munns, R. (2002) 'Comparative physiology of salt and water stress', *Plant, Cell & Environment*. Wiley, 25(2), pp. 239–250. doi: 10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x.

Munns, R. and Tester, M. (2008) 'Mechanisms of Salinity Tolerance', *Annual Review of Plant Biology*. Annual Reviews, 59(1), pp. 651–681. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.

Nachson, U. (2018) 'Cropland Soil Salinization and Associated Hydrology: Trends, Processes and Examples', *Water*. MDPI AG, 10(8), p. 1030. doi: 10.3390/w10081030.

Neocleous, D., Ntatsi, G. and Savvas, D. (2017) 'Physiological, nutritional and growth responses of melon (*Cucumis melo*L.) to a gradual salinity built-up in recirculating nutrient solution', *Journal of Plant Nutrition*. Informa UK Limited, 40(15), pp. 2168–2180. doi: 10.1080/01904167.2017.1346673.

Nichols, M. (2014) 'Aeroponic potatoes: Past, present and future', *Practical Hydroponics and Greenhouses*. Practical Hydroponics and Greenhouses, (144), pp. 22–25. doi:

10.3316/informit.400655964599682.

Ntatsi, G., Aliferis, K. A., Rouphael, Y., Napolitano, F., Makris, K., Kalala, G., Katopodis, G. and Savvas, D. (2017) 'Salinity source alters mineral composition and metabolism of Cichorium spinosum', *Environmental and Experimental Botany*. Elsevier BV, 141, pp. 113–123. doi: 10.1016/j.envexpbot.2017.07.002.

Ntatsi, G., Karkanis, A., Yfantopoulos, D., Olle, M., Travlos, I., Thanopoulos, R., Bilalis, D., Bebeli, P. and Savvas, D. (2018) 'Impact of variety and farming practices on growth, yield, weed flora and symbiotic nitrogen fixation in faba bean cultivated for fresh seed production', *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*. Informa UK Limited, 68(7), pp. 619–630. doi: 10.1080/09064710.2018.1452286.

Okpara, U. T., Fleskens, L., Stringer, L. C., Hessel, R., Bachmann, F., Daliakopoulos, I., Berglund, K., Blanco Velazquez, F. J., Ferro, N. D., Keizer, J., Kohnova, S., Lemann, T., Quinn, C., Schwilch, G., Siebielec, G., Skaalsveen, K., Tibbett, M. and Zoumides, C. (2020) 'Helping stakeholders select and apply appraisal tools to mitigate soil threats: Researchers' experiences from across Europe', *Journal of Environmental Management*. Elsevier Ltd, 257(December 2019), p. 110005. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.110005.

Ozkol, H., Tuluce, Y., Dilsiz, N. and Koyuncu, İ. (2012) 'Therapeutic Potential of Some Plant Extracts Used in Turkish Traditional Medicine on Streptozocin-Induced Type 1 Diabetes Mellitus in Rats', *The Journal of Membrane Biology*. Springer Science and Business Media LLC, 246(1), pp. 47–55. doi: 10.1007/s00232-012-9503-x.

Panagea, I. S., Daliakopoulos, I. N., Tsanis, I. K. and Schwilch, G. (2016) 'Evaluation of promising technologies for soil salinity amelioration in Timpaki (Crete): A participatory approach', *Solid Earth*, 7(1), pp. 177–190. doi: 10.5194/se-7-177-2016.

Papadimitriou, D., Kontaxakis, E., Daliakopoulos, I., Manios, T. and Savvas, D. (2020) 'Effect of N:K Ratio and Electrical Conductivity of Nutrient Solution on Growth and Yield of Hydroponically Grown Golden Thistle (Scolymus hispanicus L.)', *Proceedings*, 30(1), p. 87. doi: 10.3390/proceedings2019030087.

Pardo-de-Santayana, M., Tardío, J., Blanco, E., Carvalho, A. M., Lastra, J. J., San Miguel,

E. and Morales, R. (2007) 'Traditional knowledge of wild edible plants used in the northwest of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal): a comparative study', *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. BioMed Central, 3, p. 27. doi: 10.1186/1746-4269-3-27.

Pękal, A. and Pyrzynska, K. (2014) 'Evaluation of Aluminium Complexation Reaction for Flavonoid Content Assay', *Food Analytical Methods*. Springer Science and Business Media LLC, 7(9), pp. 1776–1782. doi: 10.1007/s12161-014-9814-x.

Pereira, C., Barros, L., Carvalho, A. M. and Ferreira, I. C. F. R. (2011) 'Nutritional composition and bioactive properties of commonly consumed wild greens: Potential sources for new trends in modern diets', *Food Research International*. Elsevier BV, 44(9), pp. 2634–2640. doi: 10.1016/j.foodres.2011.05.012.

Petropoulos, S. A., Levizou, E., Ntatsi, G., Fernandes, Â., Petrotos, K., Akoumianakis, K., Barros, L. and Ferreira, I. C. F. R. (2017) 'Salinity effect on nutritional value, chemical composition and bioactive compounds content of Cichorium spinosum L.', *Food Chemistry*. Elsevier BV, 214, pp. 129–136. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.07.080.

Pieroni, A., Nebel, S., Santoro, R. F. and Heinrich, M. (2005) 'Food for two seasons: Culinary uses of non-cultivated local vegetables and mushrooms in a south Italian village', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Informa UK Limited, 56(4), pp. 245–272. doi: 10.1080/09637480500146564.

Polo, S., Tardío, J., Vélez-del-Burgo, A., Molina, M. and Pardo de Santayana, M. (2009) 'Knowledge, use and ecology of golden thistle (Scolymus hispanicus L.) in Central Spain', *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 5, p. 42. doi: 10.1186/1746-4269-5-42.

R Core Team (2020) *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*. Available at: https://www.r-project.org/.

Reitemeier, R. F. (1963) 'Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters', *Soil Science Society of America Journal*. John Wiley & Sons, Ltd, 27(1), pp. iv–iv. doi: https://doi.org/10.2136/sssaj1963.03615995002700010004x.

Resh, H. M. (1997) *Hydroponic food production*. Santa Barbara, California: Woolbridge Press Publishing Company.

Rubio, B., Díaz, A., Velázquez, M. and Villaescusa, L. (1991) 'Caffeoyl and Flavonoid Compounds in*Scolymus hispanicus*', *Planta Medica*. Georg Thieme Verlag KG, 57(S 2), pp. A130–A130. doi: 10.1055/s-2006-960428.

Rubio, B., Villaescusa, L., Diaz, A., Fernandez, L. and Martin, T. (1995) 'Flavonol Glycosides from*Scolymus hispanicus*and*Jasonia glutinosa*', *Planta Medica*. Georg Thieme Verlag KG, 61(06), p. 583. doi: 10.1055/s-2006-959386.

Salonikioti, A., Petropoulos, S., Antoniadis, V., Levizou, E. and Alexopoulos, A. (2015) 'Wild Edible Species with Phytoremediation Properties', *Procedia Environmental Sciences*. Elsevier BV, 29, pp. 98–99. doi: 10.1016/j.proenv.2015.07.180.

Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., Lugli, P., Orzes, G., Mazzetto, F., Astolfi, S., Terzano, R. and Cesco, S. (2019) 'Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: Issues and Opportunities in a Smart Agriculture Perspective', *Frontiers in Plant Science*, 10(July). doi: 10.3389/fpls.2019.00923.

Sanz, M.-J., Terencio, M.-C., Mañez, S., Rios, J.-L. and Soriano, C. (1993) 'A New Quercetin-Acylglucuronide from Scolymus hispanicus', *Journal of Natural Products*. American Chemical Society (ACS), 56(11), pp. 1995–1998. doi: 10.1021/np50101a022.

Sari, A. O. and Tutar, M. (2010) 'Effects of Light, Cold Storage, and Temperature on Seed Germination of Golden Thistle (*Scolymus hispanicus*L.)', *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. Informa UK Limited, 15(4), pp. 318–325. doi: 10.1080/10496470903507858.

Savvas, D. and Adamidis, K. (1999) 'Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, ph, and nutrient concentration ratios', *Journal of Plant Nutrition*. Informa UK Limited, 22(9), pp. 1415–1432. doi: 10.1080/01904169909365723.

Savvas, D. and Passam, H. (2002) *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*.

Schnitzler, W. H. and Gruda, N. (2003) 'Quality issues of greenhouse production', *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), (614), pp. 663–674. doi: 10.17660/actahortic.2003.614.99.

Schreiner, O. and Skinner, J. J. (1910) 'Ratio of Phosphate, Nitrate, and Potassium on Absorption and Growth', *Botanical Gazette*. The University of Chicago Press, 50(1), pp. 1–30. doi: 10.1086/330272.

Serrani, J. C., Fos, M., Atares, A. and Garcia-Martinez, J. L. (2007) 'Effect of gibberellin and auxin on parthenocarpic fruit growth induction in the cv Micro-Tom of tomato', *Journal of Plant Growth Regulation*, 26(3), pp. 211–221. doi: 10.1007/s00344-007-9014-7.

Shabala, S. and Cuin, T. A. (2008) 'Potassium transport and plant salt tolerance', *Physiologia Plantarum*. Wiley, 133(4), pp. 651–669. doi: 10.1111/j.1399-3054.2007.01008.x.

Shive, J. W. (1914) 'The freezing points of Tottingham's nutrient solutions', *The Plant World*. Ecological Society of America, 17(12), pp. 345–353. Available at: http://www.jstor.org/stable/43477047.

Sibiya, N. P., Kayitesi, E. and Moteetee, A. N. (2021) 'Proximate Analyses and Amino Acid Composition of Selected Wild Indigenous Fruits of Southern Africa', *Plants (Basel, Switzerland)*. MDPI, 10(4), p. 721. doi: 10.3390/plants10040721.

Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R. M. (1999) '[14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent', *Oxidants and Antioxidants Part A*. Elsevier, pp. 152–178. doi: 10.1016/s0076-6879(99)99017-1.

Sonneveld, C. (1988) 'The salt tolerance of greenhouse crops.', *Netherlands Journal of Agricultural Science*. Wageningen University and Research, 36(1), pp. 63–73. doi: 10.18174/njas.v36i1.16698.

Steiner, A. A. (1961) 'A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition', *Plant and Soil*. Springer Science and Business Media LLC, 15(2), pp. 134–154. doi: 10.1007/bf01347224.

Tanji, A. and Nassif, F. (1995) 'Edible Weeds in Morocco', *Weed Technology*. Cambridge University Press (CUP), 9(3), pp. 617–620. doi: 10.1017/s0890037x00023939.

Tardío, J., Pascual, H. and Morales, R. (2005) 'Wild Food Plants Traditionally Used in the Province of Madrid, Central Spain', *Economic Botany*. Springer Science and

Business Media LLC, 59(2), pp. 122–136. doi: 10.1663/0013-0001(2005)059[0122:wfptui]2.0.co;2.

Tottingham, W. E. (1914) 'A Quantitative Study of Water-Culture Solutions', *Journal of Ecology*. Edited by W. E. Tottingham. [Wiley, British Ecological Society], 2(3), pp. 182–185. doi: 10.2307/2255518.

Udias, A., Pastori, M., Malago, A., Vigiak, O., Nikolaidis, N. P. and Bouraoui, F. (2018) 'Identifying efficient agricultural irrigation strategies in Crete', *Science of The Total Environment*. Elsevier BV, 633, pp. 271–284. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.152.

Ugurlu, E. and Secmen, O. (2008) 'Medicinal plants popularly used in the villages of Yunt Mountain(Manisa-Turkey)', *Fitoterapia*. Elsevier BV, 79(2), pp. 126–131. doi: 10.1016/j.fitote.2007.07.016.

Urlić, B., Dumičić, G., Romić, M. and Ban, S. G. (2017) 'The effect of N and NaCl on growth, yield, and nitrate content of salad rocket (*Eruca sativa* Mill.)', *Journal of Plant Nutrition*. Informa UK Limited, 40(18), pp. 2611–2618. doi: 10.1080/01904167.2017.1381122.

Vardavas, C. I., Majchrzak, D., Wagner, K. H., Elmadfa, I. and Kafatos, A. (2006) 'Lipid concentrations of wild edible greens in Crete', *Food Chemistry*. Elsevier BV, 99(4), pp. 822–834. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.08.058.

Verdonck, O., Penninck, R. and De Boodt, M. (1984) 'The physical properties of different horticultural substrates', *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), (150), pp. 155–160. doi: 10.17660/actahortic.1984.150.16.

Verdonck, O., De Vleeschauwer, D. and De Boodt, M. (1982) 'The influence of the substrate to plant growth', *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), (126), pp. 251–258. doi: 10.17660/actahortic.1982.126.30.

Verwer, F. L. J. A. (1978) 'Research and results with horticultural crops grown in rockwool and nutrient film', *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), (82), pp. 141–148. doi: 10.17660/actahortic.1978.82.18.

Verwer, F. L. and Welleman, J. C. (1981) 'Irrigation and growing on grodan rockwool',

Acta Horticulturae. International Society for Horticultural Science (ISHS), (119), pp. 191–198. doi: 10.17660/actahortic.1981.119.16.

Vogtmann, H., Temperli, A. T., Kunsch, U., Eichenberger, M. and Ott, P. (1984) 'Accumulation of Nitrates in Leafy Vegetables Grown Under Contrasting Agricultural Systems', *Biological Agriculture & Horticulture*. Informa UK Limited, 2(1), pp. 51–68. doi: 10.1080/01448765.1984.9754414.

Volkmar, K. M., Hu, Y. and Steppuhn, H. (1998) 'Physiological responses of plants to salinity: A review', *Canadian Journal of Plant Science*. Canadian Science Publishing, 78(1), pp. 19–27. doi: 10.4141/p97-020.

Winicov, I. (1998) 'New Molecular Approaches to Improving Salt Tolerance in Crop Plants', *Annals of Botany*. Oxford University Press (OUP), 82(6), pp. 703–710. doi: 10.1006/anbo.1998.0731.

Withrow, R. B. and Biebel, J. P. (1936) 'Photoperiodic Response of Certain Long and Short Day Plants to Filtered Radiation Applied as a Supplement to Daylight', *Plant Physiology*. American Society of Plant Biologists (ASPB), 11(4), pp. 807–819. Available at: http://www.jstor.org/stable/40007894.

Wohanka, W. (1993) 'Slow sand filtration and UV radiation : low-cost techniques for disinfection of recirculating nutrient solution or surface water', in, pp. 497–511.

Wolf, O., Munns, R., Tonnet, M. L. and Jeschke, W. D. (1990) 'Concentrations and Transport of Solutes in Xylem and Phloem along the Leaf Axis of NaCl-treatedHordeum vulgare', *Journal of Experimental Botany*. Oxford University Press (OUP), 41(9), pp. 1133–1141. doi: 10.1093/jxb/41.9.1133.

Wu, H. (2018) 'Plant salt tolerance and Na+ sensing and transport', *The Crop Journal*. Elsevier BV, 6(3), pp. 215–225. doi: 10.1016/j.cj.2018.01.003.

Yeo, A. (1998) 'Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology', *Journal of Experimental Botany*, 49(323), pp. 915–929. doi: 10.1093/jxb/49.323.915.

Yildiz, S. N., Dasgan, H. Y. and Dere, S. (2020) 'Comparison of substrate, hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of carrot root', *Acta Horticulturae*, 1273, pp. 107–114. doi: 10.17660/ActaHortic.2020.1273.15.

Καραμπουρνιώτης, Γ., Λιακόπουλος, Γ. and Νικολόπουλος, Δ. (2012) *Φυσιολογία*

καταπονήσεων των φυτών. ΕΜΒΡΥΟ.

Μαυρογιαννόπουλος, Ν. Γ. (2006) *Υδροπονικές εγκαταστάσεις*. Αθήνα: Σταμούλης.

Σάββας, Δ. (2011) *Καλλιέργειες εκτός εδάφους, Υδροπονία, Υποστρώματα*. Αθήνα: Αγρότυπος.