



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Επίδραση συνδυασμού βιοδιεγερτών σε πειραματική καλλιέργεια μαρουλιού (*Lactuca Sativa L.*) σε υπόστρωμα αυξημένης αλατότητας»



Φοιτήτριες:

Αλεξίου Αναστασία- Νεφέλη
Τραγουδάρα Αγγελική

Επιβλέπων:

Μάντζος Νικόλαος
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό

ΑΡΤΑ, 2020



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Επίδραση συνδυασμού βιοδιεγερτών σε πειραματική
καλλιέργεια μαρουλιού (*Lactuca Sativa L.*) σε
υπόστρωμα αυξημένης αλατότητας»**

Φοιτήτριες:

Αλεξίου Αναστασία- Νεφέλη

Τραγουδάρα Αγγελική

Επιβλέπων:

Μάντζος Νικόλαος
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό

ΑΡΤΑ, 2020

**EFFECT OF COMBINATION OF BIOSTIMULANTS ON
EXPERIMENTAL LETTUCE CULTURE ON INCREASED SALINITY
SUBSTRATE**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 2020

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Μάντζος Νικόλαος

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό

2. Μέλος επιτροπής

Πατακιούτας Γεώργιος

Αναπληρωτής Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής

Μπέζα Παρασκευή

Επίκουρη Καθηγήτρια

© Αλεξίου Αναστασία-Νεφέλη, Τραγουδάρα Αγγελική, 2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνουμε υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μας ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Αλεξίου Αναστασία-Νεφέλη, Τραγουδάρα Αγγελική

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα κύριο Μάντζο Νικόλαο για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, την άψογη συνεργασία μας και την πολύτιμη βοήθεια καθώς και την υπομονή που έκανε κατά την διάρκεια της υλοποίησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η καθοδήγηση και οι συμβουλές του υπήρξαν καθοριστικές για τη συγγραφή και επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας μας. Επίσης οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στις καθηγήτριες Μπέζα Παρασκευή και Φωτιά Κωνσταντίνα για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφεραν στο τεχνικό μέρος του πειράματος. Επιπλέον τις οικογένειές μας για την ανιδιοτελή ψυχολογική υποστήριξή τους και τη θετική τους στάση. Τέλος ευχαριστούμε θερμά τους φίλους μας για την αμέριστη συμπαράστασή τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης των βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη του μαρουλιού και της ενίσχυσης των φυτών να ανταπεξέλθουν σε συνθήκες περιβαλλοντικού στρες και ειδικότερα σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή των Κωστακίων Άρτας, εντός του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2019-2020. Τα νεαρά φυτά μαρουλιού (*Lactuca sativa L.*) ποικιλίας storfighter αναπτύχθηκαν για δέκα εβδομάδες σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκηπίου και σε τέσσερις πάγκους. Καλλιεργήθηκαν 60 φυτά μαρουλιού τα οποία διαχωρίστηκαν σε τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (τρεις επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση) και αρδεύονταν με θρεπτικό διάλυμα. Στην πρώτη μεταχείριση («μάρτυρας») τα φυτά αρδεύονταν με θρεπτικό διάλυμα, στη δεύτερη («μάρτυρας + βιοδιεγέρτες») πραγματοποιούνταν άρδευση με θρεπτικό διάλυμα και γινόταν προσθήκη βιοδιεγερτών (εκχύλισμα χουμικών και φουλβικών οξέων), στη τρίτη μεταχείριση («αλατότητα») τα φυτά αρδεύονταν με διάλυμα NaCl όπως και στην τέταρτη μεταχείριση («αλατότητα + βιοδιεγέρτες») όπου τα φυτά ψεκάζονταν επίσης και με βιοδιεγέρτες από εκχυλίσματα φυκών *Ascophyllum nodosum*.

Τα αγρονομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν το νωπό και ξηρό βάρος των φυτών, τα μεσογονάτια διαστήματα του βλαστού, το μήκος και το πάχος του βλαστού. Επίσης μετρήθηκαν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος απορροής καθώς και του υποστρώματος, η συγκεντρώσεις καλίου και νατρίου στα νεαρά φύλλα και τέλος η χλωροφύλλη των φύλλων μαρουλιού.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η άρδευση με νερό υψηλής αλατότητας μείωσε σε κάποιο βαθμό την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών και ιδιαίτερα το νωπό βάρος, ενώ δεν καταγράφηκαν σημαντικές επιδράσεις των βιοδιεγερτών στα φυτά που χορηγήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Λέξεις κλειδιά: Μαρούλι, βιοδιεγέρτες, αλατότητα, αγρονομικά χαρακτηριστικά, εκχυλίσματα φυκών.

ABSTRACT

The purpose of this work was to investigate the effect of the addition of biostimulants on the growth of lettuce plants under increased salinity conditions.

The experiment was carried out in the area of Kostakioi, at Arta, at the University of Ioannina, during the growing season of 2019-2020. The young lettuce plants (*Lactuca sativa* L., vr. strofighter), were grown for ten weeks in controlled greenhouse conditions. Sixty lettuce plants were divided into four different treatments (three repetitions in each treatment). In the first treatment ("control") the plants were irrigated with a nutrient solution, in the second ("control + biostimulants") the irrigation was performed with the nutrient solution and two different biostimulants were added (humic and fulvic acids , as well as algae extract), in the third treatment ("salinity") the plants were irrigated with the nutrient solution with the addition of NaCl and in the fourth treatment ("salinity + biostimulants") the plants were irrigated with NaCl-nutrient solution while the two biostimulants were applied.,

The agronomic characteristics which were measured were the fresh and dry weight of the plants, the shoot's internodes length as well as the length and the thickness of the shoot. In addition, the electrical conductivity of the substrate and the effluent solution , the potassium and sodium concentrations in the leaves and the chlorophyll of the lettuce leaves were also measured.

According to the results, irrigation with high salinity nutrient solution greatly affected the growth and development of the plants. No significant effects were recorded in plants treated with the two different biostimulants .

Keywords: Lettuce, biostimulants, salinity, agronomic characteristics, algae extracts

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|----|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | 7 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 8 |
| ABSTRACT | 9 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 13 |
| ΜΕΡΟΣ Α | 14 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ | 14 |
| 1.1 Γενικά..... | 14 |
| 1.2 Ορισμοί..... | 14 |
| 1.3 Κατηγορίες | 15 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΤΡΕΣΟΓΟΝΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ..... | 25 |
| 2.1 Γενικά..... | 25 |
| 2.2 Αλατότητα | 28 |
| 2.2.1 Εισαγωγή..... | 28 |
| 2.2.2 Χρήση χαμηλής ποιότητας νερού | 29 |
| 2.2.3 Επίδραση αλατότητας | 29 |
| 2.2.4 Τρόποι περιορισμού της αλατότητας | 31 |
| 2.2.5 Μηχανισμοί αντοχής στην αλατότητα | 31 |
| 2.2.6 Αντιμετώπιση αλατότητας | 32 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ..... | 33 |
| 3.1 Χλωροφύλλη..... | 33 |
| 3.2 Επίδραση της αλατότητας στη φωτοσύνθεση | 33 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΑΡΟΥΛΙ..... | 36 |
| 4.1 Εισαγωγή..... | 36 |
| 4.2 Καταγωγή-Προέλευση | 36 |
| 4.3 Συστηματική ταξινόμηση..... | 37 |
| 4.4 Βοτανικά χαρακτηριστικά..... | 38 |
| 4.5 Θρεπτική αξία | 38 |

| | |
|--|-----------|
| 4.6 Καλλιεργούμενοι τύποι και ποικιλίες..... | 39 |
| 4.7 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις | 41 |
| 4.8 Πολλαπλασιασμός..... | 41 |
| 4.9 Λίπανση..... | 42 |
| 4.10 Άρδευση | 43 |
| 4.11 Ασθένειες-Εχθροί-Αντιμετώπιση..... | 43 |
| 4.11.1 Περονόσπορος (<i>Bremia lactuca</i>)..... | 44 |
| 4.11.2 Ωίδιο (<i>Erysiphe cichoracearum</i>)..... | 44 |
| 4.11.3 Σκληρωτινίαση (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) | 44 |
| 4.11.4 Βοτρυτίης ή Φαιά σήψη (<i>Botrytis cinerea</i>)..... | 45 |
| 4.11.5 Αφίδες (<i>Muzus persicae</i>)..... | 45 |
| 4.11.6 Αλευρώδης (<i>Thialeuroides vaporariorum</i>)..... | 45 |
| 4.11.7 Θρίπες (<i>Frankiniella occidentalis</i>)..... | 46 |
| 4.11.8 Σαλγκάρια (<i>Helix pomatia</i>) | 46 |
| 4.12 Συγκομιδή | 46 |
| B: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ..... | 48 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ | 48 |
| 5.1 Περιγραφή της πειραματικής εγκατάστασης | 48 |
| 5.1.1 Θερμοκήπιο..... | 48 |
| 5.1.2 Καλλιέργεια..... | 48 |
| 5.1.3 Σχεδιασμός του πειράματος | 50 |
| 5.1.4 Δειγματοληψίες-Αναλύσεις..... | 52 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... | 56 |
| 6.1 Βλαστική ανάπτυξη φυτών | 56 |
| 6.1.1 Νωπό βάρος..... | 56 |
| 6.1.2 Ξηρό βάρος | 57 |
| 6.2 Μεσογονάτια διαστήματα | 59 |
| 6.3 Μήκος βλαστού..... | 60 |
| 6.4 Πάχος βλαστού..... | 62 |
| 6.5 Αγωγιμότητα διαλύματος απορροής | 64 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 6.6 Αγωγιμότητα υποστρώματος | 65 |
| 6.7 Χλωροφύλλη | 66 |
| 6.7.1 Χλωροφύλλη a | 66 |
| 6.7.2 Χλωροφύλλη b | 68 |
| 6.7.3 Συνολική χλωροφύλλη | 69 |
| 6.8 Επίπεδα καλίου | 71 |
| 6.9 Επίπεδα Νατρίου | 72 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 74 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 75 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον πληθυσμό της Γης να αυξάνεται συνεχώς και τις διατροφικές ανάγκες να αυξάνονται με ρυθμούς γεωμετρικής προόδου, μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που έχει να αντιμετωπίσει το ανθρώπινο δυναμικό του γεωργικού τομέα είναι να αυξήσει την απόδοση των καλλιεργειών και να βελτιώσει την ποιότητα των παραγόμενων παραγόντων. Η ανάγκη για άμεση επίτευξη αυτών των στόχων οδήγησε στην εφαρμογή νέων καινοτόμων πρακτικών που μπορούν να ενεργοποιήσουν τον μεταβολισμό των φυτών και να βελτιώσουν τις αποδόσεις τους χωρίς περιβαλλοντικά προβλήματα και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η εφαρμογή βιοδιεγερτών, μια από αυτές τις τεχνικές, λαμβάνει πλέον χώρα σε αρκετά εκατομμύρια εκτάρια γης και σε διάφορες καλλιέργειες (Calvo et al., 2014).

Η έννοια του βιοδιεγέρτη ορίζεται ως: «Οποιαδήποτε ουσία ή μικροοργανισμός, που εφαρμόζεται στους φυτικούς οργανισμούς, με στόχο την ενίσχυση της θρεπτικής αποτελεσματικότητάς τους, της αντοχής τους στο στρές και την βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους, ανεξάρτητα από την σύνθεση των συστατικών του» (Jardin, 2015).

Πιο συγκεκριμένα, οι βιοδιεγέρτες επηρεάζουν φυσικές διεργασίες των φυτών ανεξάρτητα από το περιεχόμενό τους σε θρεπτικά συστατικά, ενισχύουν την άμυνα των φυτών και προωθούν την αύξηση και την ανάπτυξη τους. Η εφαρμογή των βιοδιεγερτικών ουσιών στα φυτά μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με ριζοπότισμα, είτε ψεκάζοντας το φύλλωμά τους, καθώς και με προσθήκη του προϊόντος στο νερό άρδευσης (Halpern et al., 2015; Povero et al., 2016; Van Oosten et al., 2017). Συχνότερη είναι η χρήση τους στα φυτά μέσω του ποτίσματος των ριζών, καθώς έτσι πραγματοποιείται μέγιστη αξιοποίηση των ουσιών και των μικροοργανισμών που περιέχει μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών (Van Oosten et al., 2017).

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την επίδραση των βιοδιεγερτών σε υπόστρωμα αυξημένης αλατότητας. Όπως είναι γνωστό από την βιβλιογραφία, οι βιοδιεγέρτες επιδρούν θετικά στην ανάπτυξη διαφόρων καλλιεργειών, στην ενίσχυση της ποιότητάς και στην αύξηση της αποδοτικότητάς τους. Ακόμη η εφαρμογή βιοδιεγερτικών ουσιών βοηθάει τα φυτά να ανταπεξέλθουν σε συνθήκες βιοτικών (μύκητες, βακτήρια, έντομα) και αβιοτικών (ξηρασία, αλατότητα, μη ευνοϊκές θερμοκρασίες, οξειδωτικό στρες) καταπονήσεων και ειδικότερα σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας.

ΜΕΡΟΣ Α

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ

1.1 Γενικά

Οι βιοδιεγέρτες (*biostimulants*) είναι χημικές ενώσεις ή μικροοργανισμοί που έχουν την ικανότητα να επιδρούν στην αύξηση και την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών. Δρουν άμεσα στη φυσιολογία και το μεταβολισμό των φυτών ή έμμεσα βελτιώνοντας τις συνθήκες του εδάφους. Ο κύριος στόχος χρήσης τους είναι η αύξηση τόσο της ποσότητας όσο και της ποιότητας της παραγωγής (Du Jarbin, 2015).

Οι βιοδιεγέρτες επιδρούν και διευκολύνουν διαδικασίες όπως η πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και η μείωση βιοτικού και αβιοτικού στρες. Αυτό επιτυγχάνεται με ποικίλους τρόπους: τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών ρυθμίζουν ορισμένα ένζυμα βοηθώντας τα φυτά στην πρόσληψη του αζώτου (N) και προστατεύοντάς τα από ακατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης (αυξημένη αλατότητα, ξηρασία), οι χουμικές ουσίες που περιέχονται στους βιοδιεγέρτες σχηματίζουν σύμπλοκα με μόρια σιδήρου (Fe) και ψευδαργύρου (Zn) βοηθώντας τα φυτά να αξιοποιήσουν αυτά τα στοιχεία καλύτερα (Du Jarbin, 2015) και οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στους βιοδιεγέρτες εμπλουτίζουν το έδαφος με οργανικές ουσίες μέσω της αποδόμησής τους και συνθέτουν φυτορμόνες οι οποίες επηρεάζουν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών (Calvo et al., 2014).

1.2 Ορισμοί

Ο όρος «*biostimulants*» διατυπώθηκε για πρώτη φορά το 1997, από τους Zhang και Schmidt σε δημοσίευση του επιστημονικού τους άρθρου. Ο ορισμός και η έννοια των βιοδιεγερτών βέβαια συνεχίζει ακόμα να εξελίσσεται (Du Jarbin, 2015). Πολλοί επιστήμονες και ερευνητικά κέντρα έχουν διατυπώσει κατά καιρούς τον δικό τους ορισμό, στην παρούσα έρευνα όμως θα χρησιμοποιηθεί ο ευρύτερος ορισμός που προτείνεται από τον *Patrick du Jardin* (2012).

Πιο συγκεκριμένα:

«Ένας βιοδιεγέρτης φυτών είναι οποιαδήποτε ουσία ή μικροοργανισμός, που εφαρμόζεται στους φυτικούς οργανισμούς, με στόχο την ενίσχυση της θρεπτικής αποτελεσματικότητάς τους, της αντοχής τους στο στρές και στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους, ανεξάρτητα από την σύνθεση των συστατικών του».

1.3 Κατηγορίες

Οι βιοδιεγέρτες διαθέτουν μια ποικιλία συνθέσεων αλλά και συστατικών. Κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την πηγή των πρώτων υλών ως εξής (Calvo et al., 2014, Du Jardin, 2015, Halpern et al., 2015, Van Oosten et al., 2017):

1. Χουμικά και φουλβικά οξέα
2. Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα
3. Εκχυλίσματα φυκιών και φυτικών συστατικών
4. Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμέρη
5. Ανόργανες ενώσεις
6. Ευεργετικοί μύκητες και βακτήρια.

1.3.1 Χουμικά και φουλβικά οξέα

Οι χουμικές ουσίες είναι φυσικές οργανικές ύλες του εδάφους, που προκύπτουν από την αποσύνθεση φυτικών, ζωικών και μικροβιακών υπολειμμάτων, αλλά και από τη μεταβολική δραστηριότητα των μικροβίων του εδάφους που χρησιμοποιούν αυτά τα υποστρώματα (Calvo, 2014).

Οι ουσίες αυτές μπορεί να προέρχονται είτε από τύρφη, κοπριά, λιγνίτη ή από ηφαιστειογενή εδάφη. Η χημική δομή των ουσιών αυτών περιέχει ποσότητες άνθρακα (C),

οξυγόνου (O), υδρογόνου (H), αζώτου (N) και θείου (S). Ο διαχωρισμός των χουμικών ουσιών γίνεται με τη μέθοδο της κλασμάτωσης, δηλαδή την διαλυτότητα που παρουσιάζουν τα διάφορα συστατικά του χούμου. Μετά την επεξεργασία που υφίσταται ο χούμος, προκύπτουν τα διαφορετικά κλάσματα: χουμικά οξέα, φουλβικά οξέα, χουμίνες και διάφορες άλλες ουσίες (Canellas et.al.2014).

Οι χουμικές ενώσεις διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε μία πληθώρα εδαφικών και φυτικών λειτουργιών, όπως είναι για παράδειγμα ο έλεγχος των θρεπτικών αποθεμάτων, η διαδικασία ανταλλαγής διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου μεταξύ του εδάφους και της ατμόσφαιρας, καθώς και ο μετασχηματισμός και η μεταφορά τοξικών υπολειμμάτων (Calvo, 2014). Επιπροσθέτως, ευνοούν σημαντικά τους ωφέλιμους οργανισμούς του εδάφους καθώς διεγείρουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, ώστε να απελευθερώσουν σάκχαρα και οργανικά οξέα βοηθώντας με αυτόν τον τρόπο την αλλαγή του χημικού περιβάλλοντος προς όφελός τους, βελτιώνοντας την διαδικασία της ριζοβολίας και αυξάνοντας έτσι την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων (Farmacon team, 2018).

Τέλος, η βιοδραστικότητά τους μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της εφαρμογής λιπασμάτων, στην αντικατάσταση των συνθετικών ρυθμιστών ανάπτυξης φυτών, στη βελτίωση της ποιότητας των καρπών, στην αύξηση της αντοχής στο υδατικό στρες και στη μείωση των προσβολών (Calvo, 2014).

Τα φουλβικά οξέα τα οποία αποτελούν μικρό μέρος της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι διαλυτά τόσο σε αλκάλια όσο και σε οξέα. Παίζουν ρόλο στην αποκατάσταση των εδαφών από βαρέα μέταλλα και την μεταφορά μεταλλικών ιόντων, συμπεριλαμβανομένων του σιδήρου (Fe) και του αργυλίου (Al) (Bocanegra et al., 2006).

Έχουν μεγαλύτερη ολική οξύτητα, περισσότερες καρβοξυλικές ομάδες και υψηλότερη ικανότητα προσρόφησης και ανταλλαγής κατιόντων από ότι τα χουμικά. Ακόμη έχουν χαμηλότερο μοριακό βάρος, μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο και μικρότερη σε άνθρακα. Τέλος τα φουλβικά οξέα, αποτελούνται από φαινολικά και βενζενοκαρβοξυλικά οξέα ενώ τα χουμικά αποτελούνται από αρωματικούς δακτυλίους του τύπου δι- ή τρι-υδροξυφαινόλης (Calvo et al., 2014).

Τα χουμικά και φουλβικά οξέα ως βιοδιεγέρτες είναι ικανά να αποτελέσουν καινοτομία στις καλλιέργειες κηπευτικών και γενικότερα στη γεωργία. Η εφαρμογή τους έχει ως στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών, την αύξηση της αντοχής των φυτών

σε αβιοτικές και βιοτικές επιβαρύνσεις και τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον (Canellas et al., 2015).

1.3.2 Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα

Το πρώτο προϊόν υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων παράχθηκε στην Ιταλία το 1969 από ζωικό επιθηλιακό ιστό και εφαρμόστηκε στο φύλλωμα φυτών, όπως ο αραβόσιτος και η τομάτα. Γρήγορα διαδόθηκε και σε πολλές άλλες χώρες αφού η χρήση τους φάνηκε πως επέφερε βελτίωση στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών (μεγαλύτερο ύψος και βιομάζα) και αυξημένες αποδόσεις (Calvo et al., 2014).

Τα προϊόντα με βάση τις υδρολυμένες πρωτεΐνες μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών που αποτελούνται από ένα μείγμα πεπτιδίων και αμινοξέων ζωικής ή φυτικής προέλευσης
- Επιμέρους αμινοξέα όπως το γλουταμικό, η γλουταμίνη, η προλίνη και η γλυκίνη μπεταΐνη (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015).

Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών παρασκευάζονται με ενζυμική, χημική ή θερμική υδρόλυση μιας ποικιλίας υπολειμμάτων ζώων και φυτών, συμπεριλαμβανομένων των επιθηλιακών ή συνδετικών ιστών των ζώων, το ζωικό κολλαγόνο και την ελαστίνη (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Τα επιμέρους αμινοξέα περιλαμβάνουν είκοσι δομικά αμινοξέα που εμπλέκονται στη σύνθεση πρωτεϊνών καθώς και μη πρωτεϊνικά αμινοξέα που βρίσκονται σε πολλά φυτικά είδη (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015).

Τα βιοδιεγερτικά προϊόντα που περιέχουν πρωτεΐνες και αμινοξέα είναι γνωστό ότι αυξάνουν τη μικροβιακή βιομάζα, την αναπνοή και γενικά τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και συνολικά τη γονιμότητα του εδάφους. Συμβάλλουν στην αύξηση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών ουσιών και της πρόσληψής τους από τις ρίζες, ενώ ακόμη διεγείρουν την ανάπτυξη των φυτών και ενισχύουν την αντίσταση σε μια ποικιλία αβιοτικών πιέσεων (Colla et al., 2015, Van Oosten et al., 2017).

Στην αγορά κυκλοφορούν αρκετά προϊόντα που προκαλούν μια σειρά θετικών επιδράσεων στα φυτά, με σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση και τα χαρακτηριστικά ποιότητας των παραγόμενων φυτών. Παρά όλα αυτά, υπάρχει μια αυξανόμενη ανησυχία για τη χρήση των προϊόντων αυτών λόγω της τοξικότητας που πιθανώς προκαλούν (Colla et al., 2014, Nardi et al., 2015). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο ψεκασμός φυλλώματος φυτών τομάτας με αμινοξύ φυτικής προέλευσης προκαλώντας αναστολή της ανάπτυξης των φυτών αυτών (Colla et al., 2014).

1.3.3 Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών συστατικών

Τα πρώτα στοιχεία για τη χρήση των φυκών από τον άνθρωπο βρέθηκαν σε οργανικά υπολείμματα ηλικίας 15.000 ετών που ανακτήθηκαν από την προϊστορική περίοδο στην τοποθεσία Monte Verde της Νότιας Χιλής, όπου μια αρχαία μεταναστευτική ομάδα παράκτιας προέλευσης εγκαταστάθηκε και κατανάλωσε τα φύκη στη διατροφή της (Battacharyya et al., 2015).

Πηγές όπως αρχαίοι συγγραφείς και νεότερες εθνογραφικές μελέτες αποκαλύπτουν πως τα φύκη έχουν χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο για πολλούς σκοπούς μεταξύ των οποίων ως τρόφιμα, στην ιατρική, στη γεωργία, για την παρασκευή καλλυντικών προϊόντων καθώς και χρωστικών και υφασμάτων (Battacharyya et al., 2015). Η θεότητα Ukimochi, η θεά του φαγητού, απεικονίζεται να σχετίζεται με φύκη στην ιαπωνική μυθολογία (Khan et al., 2009).

Τα νεότερα χρόνια μετά την αρχική ανάπτυξη μιας διαδικασίας παραγωγής υγρών εκχυλισμάτων θαλάσσιων φυκών στη δεκαετία του 1950, μια ποικιλία εμπορικών προϊόντων εκχύλισης θαλάσσιων φυκών είναι τώρα διαθέσιμη παγκοσμίως για χρήση στη γεωργία ως οργανικά λιπάσματα (Battacharyya et al., 2015).

Συνολικά έχουν καταχωρηθεί περίπου 10.000 είδη φυκών, τα οποία διαχωρίζονται ανάλογα με τον χρωματισμό τους σε τρεις κύριες ομάδες (Battacharyya et al., 2015, Du Jarbin, 2015, Van Oosten et al., 2017):

1. Καστανά (Phaeophyta)
2. Κόκκινα (Rhodophyta)

3. Πράσινα (Chlorophyta).

Στα καστανά φύκη (Phaeophyta) απαντώνται μερικά από τα πλέον χρησιμοποιούμενα είδη για την παραγωγή εμπορικών εκχυλισμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται ως βιοδιεγέρτες ανάπτυξης φυτών (Du Jarbin, 2015, Shekhar Sharma et al., 2014). Ανάμεσα στα καστανά φύκη, τα *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia spp.*, *Macrocystis pyrifera* και *Durvillea potatorum*, είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα είδη για την παραγωγή εκχυλισμάτων για εμπορικούς σκοπούς. (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015, Πασπάτης, 1998).

Τα διάφορα εμπορικά εκχυλίσματα από καφέ φύκη ως πρώτη ύλη περιέχουν ποικιλία ανόργανων και οργανικών συστατικών. Τα ανόργανα συστατικά του εκχυλίσματος *A.nodosum* περιλαμβάνουν άζωτο, φώσφορο, κάλιο, ασβέστιο, σίδηρο, μαγνήσιο, ψευδάργυρο, νάτριο και θείο (Battacharyya et al., 2015).

Όσο αναφορά τη συλλογή των φυκών, γίνεται είτε χειρωνακτικά (με ειδικά εργαλεία) είτε μηχανικά (με κατάλληλο μηχανολογικό εξοπλισμό) (Παυλάκη, 2018).

Η νομοθεσία περί συλλογής διαφέρει μεταξύ των χωρών. Στη Γαλλία, τη Νορβηγία, τις Η.Π.Α και τον Καναδά επιτρέπεται η συλλογή με μηχανήματα σε αντίθεση με το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία. Στην Νορβηγία, όπου η συγκομιδή επιτρέπεται κάθε έξι χρόνια, χορηγούνται ειδικές άδειες για τη συλλογή φυκών, όπως επίσης και στη Γαλλία (Κουτσούγρας, 2019; Shekhar Sharma et al., 2014).

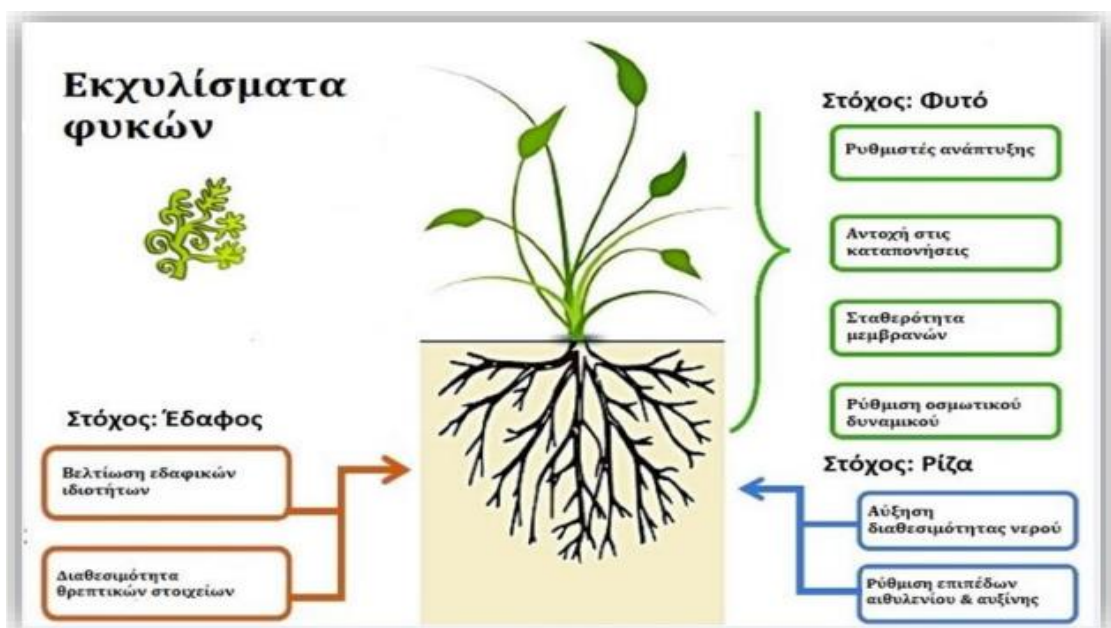
Οι διεργασίες παρασκευής των εμπορικών εκχυλισμάτων μπορεί να περιλαμβάνουν τη χρήση νερού, οξέων ή βάσεων ως εκχυλιστικά, με ή χωρίς θέρμανση ή τη φυσική διάσπαση των θαλάσσιων φύλλων σε χαμηλή θερμοκρασία, με άλεση ή υψηλή πίεση (Calvo et al., 2014, Shekhar Sharma et al., 2014).

Τα προϊόντα αυτά διατίθενται σε στερεή ή υγρή μορφή και εφαρμόζονται με ψεκασμό, ριζοπότισμα ή σε ανάμειξη με το νερό άρδευσης (Battacharyya et al., 2015, Du Jarbin, 2015).

Σε γενικές γραμμές, τα εκχυλίσματα φυκών, ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις, είναι ικανά να δράσουν ενισχύοντας την αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών, τη μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους και συμβάλλοντας γενικότερα στη βελτίωση των εδαφικών συνθηκών (Milton, 1964, Battacharyya et al., 2015). Βελτιώνουν τη δομή του εδάφους και τον αερισμό του και αυξάνουν την ικανότητα του να συγκρατεί νερό (Battacharyya et al., 2015, Calvo et al., 2014). Ακόμη, ενισχύουν την ανάπτυξη των φυτών, την άνθηση, την

καρπώδεια, τις αποδόσεις και γενικότερα την ποιότητα. Επιπλέον, μελέτες αναφέρουν ότι αυξάνουν την ανοχή των φυτών, χάρη σε ορισμένες ουσίες που περιέχουν (π.χ. μεταΐνη, προλίνη), σε μια ευρεία κλίμακα αβιοτικών στρεσογόνων παραγόντων, όπως της αλατότητας, της ξηρασίας, των ακραίων θερμοκρασιών και των προσβολών από μικροοργανισμούς (Calvo et al., 2014, Khan et al., 2009).

Η θετική επίδραση των βιοδιεγερτών φυκών στα φυτά απεικονίζεται και παρακάτω ως εξής:



Εικόνα 1.1 Σχηματική απεικόνιση κύριων λειτουργιών των εκχυλισμάτων φυκών (Van Oosten et al., 2017, απόδοση στα ελληνικά Κουτσούγερας, 2019)

Στην ίδια κατηγορία συμπεριλαμβάνονται και τα φυτικά συστατικά, τα οποία εξάγονται από διάφορα φυτικά είδη και χρησιμοποιούνται σε φαρμακευτικά και καλλυντικά προϊόντα, ως συστατικά τροφίμων, καθώς και ως φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Παυλάκη, 2018). Σε σύγκριση με τα φύκη, είναι λιγότερο γνωστή η βιοδιεγερτική τους δραστηριότητα και μέχρι τώρα η προσοχή επικεντρώνεται στις παρασιτοκτόνες ιδιότητές τους. Ωστόσο, φαίνεται ότι υπάρχουν δυνατότητες να χρησιμοποιηθούν και ως βιοδιεγέρτες (Calvo et al., 2014).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η εφαρμογή των εκχυλισμάτων φυκών στη γεωργία μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική καλλιεργητική τεχνική, αφού αυτά είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία και επιδρούν ευεργετικά στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους

και στις διάφορες καλλιέργειες, όπως απεικονίζεται και στον παρακάτω πίνακα (Κουτσούγερας, 2019; Battacharyya et al., 2015):

Πίνακας 1 Οι επιδράσεις της εφαρμογής εκχυλισμάτων φυκών σε διάφορες καλλιέργειες (Battacharyya et al., 2015, απόδοση στα ελληνικά Κουτσούγερας, 2019)

| Καλλιέργεια | Εκχύλισμα φυκών | Επιδράσεις | Reference |
|-------------------|--|---|-------------------------------|
| Λαχανοκομικά είδη | | | |
| Φασόλι | A. nodosum | Αύξηση βλάστησης | Carvaiho et. al., (2013) |
| Κουνουπίδι | A. nodosum | Αύξηση διαμέτρου ανθοκεφαλών και απόδοσης | Abetz και Young (1983) |
| Αγγούρι | E. intestinelis G. pectinutum, Ecklonia maxima, A. nodosum | Αύξηση απόδοσης, αριθμού καρπών και περιεκτικότητας σε Fe, Zn και Mn | Nelson και Van (1984) |
| Μελιτζάνα | A. nodosum, Hypnea Musciformis και Gracilaria textorii | Αύξηση βλάστησης και παραγωγής | Abd El-Gawad και Osman (2014) |
| Μπάμια | Rosenvigea intricate, Kappaphycus alvarezii | Αύξηση χλωροφύλλης, καροτενοειδών και απόδοσης | Thirumaran et. al., (2009) |
| Πιπεριά | A. nodosum | Αύξηση μήκους και διαμέτρου του καρπού. Ενίσχυση απόδοσης και επιπέδου χλωροφύλλης | Eris et. al., (1995) |
| Τομάτα | E. maxima, Uiva lactuca, P. gymnospora, Hypnea musciformis και Gracilaria textorii | Αυξημένη απορρόφηση Mn. Αυξημένη περιεκτικότητα σε Zn, Fe και χλωροφύλλη. Βελτιωμένη βλάστηση, ύψος και απόδοση | Crouch et. al., (1990) |

| Δενδροκομικά είδη | | | |
|-------------------|------------|--|---|
| Μανταρινιά | A. nodosum | Αύξηση απόδοσης | Fornes et. al., (2002) |
| Αμπέλι | A. nodosum | Ενίσχυση πρόσληψης Cu, K ⁺ και Ca ²⁺ . Αύξηση μεγέθους των ραγών. Αυξημένη απόδοση και ομοιόμορφη ωρίμανση. | |
| Ελιά | A. nodosum | Ενίσχυση απόδοσης και περιεκτικότητας ελαίου, λινολενικού και ελαϊκού οξέος. Επιτάχυνση ωρίμανσης και μείωση περιεκτικότητας στεατικού και λινολεϊκού οξέος. | Chouliaras et. al., (2009) |
| Πορτοκαλιά | A. nodosum | Αύξηση βάρους, ποιοτικών χαρακτηριστικών, συνολικών διαλυτών στερεών-σακχάρων. | Spann και Little, (2011) Kamel, (2014) |
| Φράουλα | A. nodosum | Αύξηση απόδοσης και συνολικής ανθοκυανίνης | Spinelli et. al., (2010) Alam et. al., (2013) |

1.3.4. Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμέρη

Η χιτοζάνη είναι μια αποακετυλιωμένη μορφή του βιοπολυμερούς της χιτίνης, η οποία είναι ο πλέον άφθονος πολυσακχαρίτης στη φύση μετά την κυτταρίνη και η οποία παράγεται βιομηχανικά. Μπορεί να εξαχθεί από έντομα, μαγιά, μανιτάρια, το κυτταρικό τοίχωμα μυκήτων και από θαλάσσια οστρακοειδή όπως καβούρια, αστακούς, κριλ, σουπιές και γαρίδες (Du Jardin, 2015).

Η χιτοζάνη και τα παράγωγά της έχουν προσελκύσει σημαντικό ενδιαφέρον σε διάφορους τομείς λόγω της μοναδικής βιολογικής τους αξίας όπως η βιοσυμβατότητα, η

βιοδιασπασιμότητα, η μη τοξικότητα, η αντιμικροβιακή δράση και η ανοσοενισχυτική επίδραση. Αυτές οι ιδιότητες καθιστούν τη χιτοζάνη κύριο προϊόν για εφαρμογές στη γεωργία, τη μεταποίηση τροφίμων και την επεξεργασία νερού, τη βιοτεχνολογία, τη χημεία, την παραγωγή καλλυντικών, την οδοντιατρική, τη βιομηχανία φαρμάκων, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, τις κτηνιατρικές και περιβαλλοντικές επιστήμες (Παυλάκη, 2018 ; Du Jardin, 2015).

Εμπορικά παράγεται στην Ινδία, την Πολωνία, την Ιαπωνία, την Ταϊλάνδη, τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και την Αυστραλία.

Ως βιοδιεγέρτης η χιτοζάνη και τα παράγωγά της βοηθούν στην ανάπτυξη των φυτών και στην προστασία από παθογόνους οργανισμούς (μύκητες), ενισχύουν τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, βελτιώνουν την ποιότητα των φυτικών προϊόντων, ενώ επιπλέον προσδίδουν αντοχή σε αβιοτικό στρες (ξηρασία, αλατότητα, ψύχος) προστατεύοντας παράλληλα από την τοξικότητα των βαρέων μετάλλων.

Συνεπώς, η εφαρμογή αυτού του πολυσακχαρίτη παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω των ευεργετικών ιδιοτήτων του αλλά και των πολλών εφαρμογών σε διάφορους τομείς (Du Jardin, 2015).

1.3.5 Ανόργανες ενώσεις

Οι ανόργανες ενώσεις είναι χημικά στοιχεία που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών και μπορεί να είναι απαραίτητα για συγκεκριμένα είδη, αλλά δεν απαιτούνται από όλα τα φυτά. Τα πέντε κύρια ευεργετικά στοιχεία είναι το αλουμίνιο ή αργίλιο (Al), το κοβάλτιο (Co), το νάτριο (Na), το σελήνιο (Se) και το πυρίτιο (Si), που υπάρχουν στα εδάφη και στα φυτά ως διαφορετικά ανόργανα άλατα και ως αδιάλυτες μορφές (Du Jardin, 2015).

Επομένως, ο ορισμός των ευεργετικών στοιχείων δεν περιορίζεται στη χημική τους φύση, αλλά πρέπει επίσης να αναφέρεται στις θετικές επιδράσεις όπου παρατηρούνται στην ανάπτυξη των φυτών και στην ανοχή του στρες. Θεωρείται πως η δράση των σύνθετων βιοδιεγερτών, όπως π.χ. τα εκχυλίσματα φυκών περιλαμβάνουν τις φυσιολογικές λειτουργίες που οφείλονται στα ευεργετικά αυτά στοιχεία (Du Jardin, 2015).

Πολλές επιδράσεις των ευεργετικών στοιχείων αναφέρονται στην επιστημονική βιβλιογραφία, όπως η ενίσχυση της ανάπτυξης των φυτών, η βελτίωση της ποιότητας των

φυτικών προϊόντων και η ανοχή στο αβιοτικό στρες. Επιπλέον, ενισχύουν το κυτταρικό τοίχωμα, την θρέψη των φυτών μέσω αλληλεπιδράσεων με άλλα στοιχεία, την αντιοξειδωτική δράση, την προστασία από την τοξικότητα βαρέων μετάλλων και τη σύνθεση ορμονών στα φυτά. Επιπλέον οι ανόργανες αυτές ενώσεις μπορεί μερικές φορές να λειτουργήσουν ως μυκητοκτόνα ή λιπάσματα (Du Jardin, 2015).

1.3.6 6. Ευεργετικοί μύκητες και βακτήρια

Η χρήση μικροβιακών εμβολίων στη γεωργία έχει αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς οι υπηρεσίες του δημοσίου και ιδιωτικού τομέα εργάζονται για την επίλυση προβλημάτων που συνδέονται με τη σύγχρονη γεωργία (Hayat et al., 2010). Τα μικροβιακά εμβόλια ενεργούν ως βιολιπάσματα. Είναι βιολογικά προϊόντα που περιέχουν ζωντανούς μικροοργανισμούς που, όταν εφαρμόζονται με την μορφή σπορίων, στις επιφάνειες των φυτών ή στο έδαφος, προωθούν την ανάπτυξη τους, αυξάνουν το μέγεθος του ριζικού συστήματος και την πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών (Calvo et al., 2014).

Οι μικροοργανισμοί αυτοί διακρίνονται σε αυτότροφους και ετερότροφους, ανάλογα με την ικανότητά τους να δημιουργούν τις οργανικές ενώσεις που χρειάζονται, και σε αερόβιους και αναερόβιους, ανάλογα με τη χρήση ή όχι του εδαφικού οξυγόνου (Παυλάκη, 2018 ; Παναγιωτόπουλος, 2010). Περιλαμβάνουν κυρίως βακτήρια που ζουν ελεύθερα και μύκητες που λαμβάνονται από το έδαφος, τα υπολείμματα φυτών, το νερό και τις κομποστοποιημένες κοπριές (Calvo et al., 2014).

Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα βακτήρια στους φυτικούς βιοδιεγέρτες ανήκουν στα γένη *Azoarcus*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* και *Glyconoacebacter*. Οι μύκητες που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι των γενών *Trichoderma* και *Glomus* και πιο συγκεκριμένα τα είδη *T.harzianum*, *T.viride* και *G.innaradices* (Calvo et al., 2014, Van Oosten et al., 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΤΡΕΣΟΓΟΝΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

2.1 Γενικά

Τα φυτά αποτελούν την κύρια μορφή ζωής, από την οποία εξαρτώνται όλες οι άλλες. Η μεγάλη ποικιλότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών εκθέτει τα φυτά σε διάφορες περιβαλλοντικές καταπονήσεις, οι οποίες διακρίνονται σε βιοτικές και αβιοτικές. Οι βιοτικές προκαλούνται από πληθώρα οργανισμών, ενώ οι αβιοτικές, στις οποίες εστιάζεται το παρόν κεφάλαιο, προκαλούνται από περίσσεια ή έλλειψη στο φυσικό ή χημικό περιβάλλον (Κωνσταντινίδου, 2003).

Το αβιοτικό στρες είναι ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα το οποίο ευθύνεται για τη μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών της αρδευόμενης γης παγκοσμίως (Tuteja, 2007). Τα φυτά βιώνουν πολλά διαφορετικά είδη αβιοτικού στρες, όπως είναι η υψηλή συγκέντρωση αλάτων (αλατότητα), οι ακραίες θερμοκρασίες και η έλλειψη νερού (ξηρασία ή αφυδάτωση). Ανάμεσα στα είδη αβιοτικού στρες η υψηλή συγκέντρωση αλάτων είναι το πιο σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα το οποίο εμποδίζει την παραγωγή καλλιεργειών σε τουλάχιστον 20% καλλιεργούμενης γης σε ολόκληρο τον κόσμο (Battacharyya, 2015).

Οι κυριότεροι αβιοτικοί στρεσογόνοι παράγοντες είναι οι εξής:

1. Η οξειδωτική καταπόνηση (oxidative stress)

Η συσσώρευση ενεργών μορφών οξυγόνου προκαλεί οξειδωτική καταπόνηση. Οι αερόβιοι οργανισμοί χρησιμοποιούν το οξυγόνο προκειμένου να επιτύχουν υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από τον καταβολισμό σακχάρων ή άλλων μορίων. Συγχρόνως παράγονται ενδιάμεσες μορφές οξυγόνου οι οποίες είναι ισχυρότερα οξειδωτικά από το ίδιο το οξυγόνο όταν αυτό βρίσκεται στην βασική του κατάσταση οι οποίες ονομάζονται ενεργές μορφές οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS) και είναι τοξικές. Μεταξύ των αερόβιων οργανισμών, η υψηλότερη κυτταρική συγκέντρωση αέριου οξυγόνου παρατηρείται στα φυτά, επομένως η παραγωγή ROS, λόγω της συχνότερης έκθεσης των φυτών σε ακραία περιβάλλοντα, είναι συχνή και έντονη. Όταν η παραγωγή των ROS υπερβαίνει την απόσβεσή τους από τον αντιοξειδωτικό μηχανισμό, που το φυτό ενεργοποιεί, προκαλείται οξειδωτική καταπόνηση (Κωνσταντινίδου, 2003).

2. Η έλλειψη νερού που προκαλείται από i) ξηρασία (drought), ii) αλατότητα (salinity), iii) υψηλή θερμοκρασία (heat stress) και iv) παγετό (frost)

i) Ξηρασία

Η μείωση ή η απουσία βροχοπτώσεων οδηγεί σε παροδικές ή μόνιμες περιόδους ξηρασίας, με επακόλουθο την έλλειψη νερού από το έδαφος. Η έλλειψη νερού από το έδαφος λόγω ξηρασίας, είναι ο πλέον περιοριστικός παράγοντας ανάπτυξης των φυτών με τις κυριότερες επιπτώσεις να αφορούν τη μείωση του ρυθμού κυτταρικής αύξησης αλλά και της σύνθεσης κυτταρικών τοιχωμάτων, πρωτεϊνών, καθώς και ενζύμων του αζωτούχου και του δευτερογενούς μεταβολισμού (Κωνσταντινίδου, 2003).

ii) Αλατότητα

Το πρόβλημα της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων δεν περιορίζεται μόνο στις παραθαλάσσιες περιοχές, αλλά επεκτείνεται και σε καλλιεργούμενες εκτάσεις. Το 1/3 της συνολικής καλλιεργούμενης και αρδευόμενης έκτασης θεωρείται προβληματικό, εξαιτίας της κακής ποιότητας του νερού άρδευσης, κυρίως σε άνυδρες και ημιάνυδρες περιοχές. Τα εξαιρετικά χαμηλά ωσμωτικά δυναμικά που δημιουργούνται στο έδαφος παρακρατούν το διαθέσιμο νερό, οπότε τα φυτά πρέπει να αποκτήσουν ακόμη αρνητικότερο ωσμωτικό δυναμικό για να διατηρήσουν τη διαβάθμιση υδατικού δυναμικού στο σύστημα έδαφος-ρίζα-φυτό. Υπό αυτήν την έννοια, η αντοχή στην ξηρασία και στην αλατότητα συσχετίζονται άμεσα (Κωνσταντινίδου, 2003).

iii) Υψηλές θερμοκρασίες

Η προσαρμογή των φυτών σε μεταβολές θερμοκρασίας της τάξης των $\pm 10^{\circ}\text{C}$ από τη βέλτιστη τιμή στο φυσικό τους περιβάλλον είναι ικανοποιητική. Παρά του ότι οι υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες προξενούν διαφορετικού τύπου αντιδράσεις στο φυτό, υπάρχει πάντα ο κοινός παρονομαστής της αφυδάτωσης. Στις υψηλές θερμοκρασίες αφυδάτωση επέρχεται λόγω αύξησης της διαπνοής και μείωσης της σπαργής, ενώ στις χαμηλές λόγω εξόδου του ενδοκυτταρικού νερού ή/και ενδοκυτταρικού παγώματος. Αντιθέτως προς αυτή την απλή ομολογία, οι μηχανισμοί αντοχής σε ακραίες θερμοκρασίες αρχίζουν από το μοριακό επίπεδο και καταλήγοντας στο επίπεδο του οργανισμού, είναι πολύπλοκοι (Κωνσταντινίδου, 2003).

iv) Παγετός

Κατά τη διάρκεια παγετού τα φυτά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην ενδοκυτταρική δημιουργία παγοκρυστάλλων μεγάλου μεγέθους. Παγοκρύσταλλοι πολύ μικρού μεγέθους, που δεν επιφέρουν διάρρηξη των υποκυτταρικών στοιχείων, δημιουργούνται μόνο όταν η ψύξη είναι ταχύτατη. Απαιτείται επίσης εξίσου ταχεία επαναφορά, για να αποφευχθεί η μετατροπή των μικρών σε μεγαλύτερους, επιβλαβής κρυστάλλους αλλά και η απώλεια του νερού με εξάχνωση, διαδικασίες συνήθεις σε θερμοκρασίες $\leq 10^{\circ}\text{C}$. Όμως στη φύση, οι ρυθμοί αυξομειώσεων της θερμοκρασίας δεν είναι συνήθως τόσο ταχείς. Έτσι ως συνέπεια, στα φυτά δημιουργούνται παγοκρύσταλλοι αρχικά μόνο εκτός του κυττάρου, στους μεσοκυττάριους χώρους και στα αγγεία του ξυλώματος. Το φαινόμενο δεν είναι θανατηφόρο, ακόμη και για τα ευαίσθητα φυτά, που επανακάμπτουν εφόσον ο παγετός είναι μικρής διάρκειας (Κωνσταντινίδου, 2003).

3. Η περίσσεια νερού που προκαλεί ανοξία (anoxia) ή υποξία (hypoxia)

Βλάβες στα φυτά προκαλούνται όχι μόνο από την έλλειψη, αλλά και από την περίσσεια νερού, λόγω κακής στράγγισης του εδάφους ή πλημμυρών. Η αναπνοή και γενικά ο μεταβολισμός των ριζών, επηρεάζεται πολύ πριν σημειωθεί παντελής έλλειψη οξυγόνου στο έδαφος. Σε συγκεντρώσεις οξυγόνου μικρότερες της κρίσιμης πίεσης οξυγόνου (COP), η ρίζα αντιμετωπίζει συνθήκες ανοξίας (0 kPa O_2) ή υποξίας (μερικής έλλειψης, ~ 3 kPa O_2) (Κωνσταντινίδου, 2003).

4. Η παρουσία βαρέων μετάλλων

Το κύτταρο χρειάζεται βαρέα μέταλλα (Zn, Co, Cu, Mn, Fe) ως δομικά συστατικά πρωτεϊνών και ενζύμων και ως συνένζυμα. Σε περίσσεια, τα ιχνοστοιχεία αυτά και άλλα βαρέα μέταλλα είναι εξαιρετικά τοξικά για τις φωτοσυνθετικές διεργασίες, τη δράση αντιοξειδωτικών ενζύμων κ.λπ. Τα φυτά όμως διαθέτουν μοναδική ικανότητα προσαρμογής τουλάχιστον όταν εκτίθενται διαχρονικά σε περίσσεια μετάλλων (Κωνσταντινίδου, 2003).

2.2 Αλατότητα

2.2.1 Εισαγωγή

Οι αρχές του 21ου αιώνα χαρακτηρίζονται από την παγκόσμια έλλειψη υδάτινων πόρων, τη ρύπανση του περιβάλλοντος και την αυξημένη αλάτωση του εδάφους και των υδάτων. Η αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού και η μείωση της διαθέσιμης γης για καλλιέργεια είναι δύο απειλές για τη γεωργική βιωσιμότητα (Ashraf, 2013).

Η αλατότητα του εδάφους συγκαταλέγεται μεταξύ των κορυφαίων περιβαλλοντικών πιέσεων που επηρεάζουν την παγκόσμια γεωργία, προκαλεί σημαντικές μειώσεις στην καλλιεργούμενη έκταση, την παραγωγικότητα και την ποιότητα των καλλιεργειών. Εκτιμάται ότι μεγάλο ποσοστό των καλλιεργούμενων και αρδευόμενων εκτάσεων ζημιώνονται από την υψηλή αλατότητα (Jamil, 2011).

Με τον όρο αλατότητα, αναφερόμαστε στην συγκέντρωση υψηλών ποσοτήτων ιόντων Na^+ και Cl^- , ενώ σε μικρότερο βαθμό Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} και HCO_3^- στην περιοχή της ριζόσφαιρας. Η υψηλή συγκέντρωση των αλάτων στην περιοχή αυτή, αυξάνει σημαντικά το ωσμωτικό φορτίο του εδαφοδιαλύματος και καθιστά προβληματική την πρόσληψη νερού από τα φυτά, ακόμη και σε περιόδους με αφθονία ύδατος γύρω από την περιοχή του ριζικού συστήματος (Sarantoulaki, 2012).

Η αλατότητα εκφράζεται :

- Με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του (EC) που μετράτε σε millisiemens ανά cm (mS cm^{-1}) στους 25 °C
- Με τη συνολική ποσότητα των διαλυμένων αλάτων στο νερό σε g mg^{-1} .

Οι επιπτώσεις από τα αλατούχα εδάφη γίνονται εμφανείς κυρίως σε περιοχές με ημίξηρο και ξηρό κλίμα λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων όπου επικρατεί αυξημένη εξατμισοδιαπνοή και η περιορισμένη βροχόπτωση δεν επαρκεί για την έκπλυση του εδάφους.

Παράγοντες οι οποίοι εντείνουν το πρόβλημα της αλατότητας είναι:

1. Το κακής ποιότητας αρδευτικό νερό
2. Η κακή αποστράγγιση του εδάφους
3. Η μικρή βροχόπτωση
4. Η υψηλή εξατμισοδιαπνοή.

Ως αποτέλεσμα αυτών, τα εδάφη περιέχουν υπερβολικές ποσότητες αλάτων, που δημιουργούν μεγάλα προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών, με τελικό αποτέλεσμα τη νέκρωση των φύλλων και ολόκληρου του φυτού (Sarantoulaki, 2012).

2.2.2 Χρήση χαμηλής ποιότητας νερού

Ο όρος ποιότητα αναφέρεται στα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου ή μια ουσίας με βάση τα οποία διακρίνεται από κάποιο άλλο αντικείμενο ή ουσία. Όσο αφορά στο νερό, η έννοια της ποιότητάς του αλλάζει ανάλογα με την χρήση του. Συγκεκριμένα για το νερό άρδευσης, η ποιότητά του καθορίζεται από τις επιπτώσεις του στις καλλιέργειες, στο έδαφος, και τις διαχειριστικές πρακτικές που εφαρμόζονται για τον έλεγχο και την αντιστάθμιση των προβλημάτων που συχνά δημιουργούνται κατά τη χρήση του. Τα νερά που προορίζονται για την άρδευση έχουν σαφώς διαφορετική προέλευση, γεγονός το οποίο σημαίνει πως θα έχουν και διαφορετική σύνθεση. (Gaipedia.gr)

Ένα μέρος από το νερό που χορηγείται σε μια καλλιέργεια εξατμίζεται και ένα μεγαλύτερο μέρος απορροφάται από τα φυτά. Τα διαλυτά άλατα που περιέχει το νερό που εξατμίζεται και ένα μέρος των αλάτων που περιέχονται σε υπερβολική συγκέντρωση στο νερό που απορροφάται ή δεν είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών παραμένει στο έδαφος. Αποτέλεσμα αυτών είναι η μεταβαλλόμενη συγκέντρωση αλάτων και σπάνια τοξικών στοιχείων και βαρέων μετάλλων (Σάββας, 2007).

2.2.3 Επίδραση αλατότητας

Η αλατότητα επιδρά στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και την οικολογική ισορροπία της περιοχής και τελικά μειώνει την παραγωγή των περισσότερων καλλιεργειών. Τα κύρια προβλήματα που προκαλούνται από τη χρήση αλατούχου νερού άρδευσης είναι η μειωμένη διαθεσιμότητα εδαφικού νερού, προβλήματα τοξικότητας και η υποβάθμιση ποιότητας του εδάφους (Sarantoulaki, 2012).

Η αλατότητα επηρεάζει σχεδόν όλες τις πτυχές της ανάπτυξης των φυτών, τη βλάστηση, την ανθοφορία και την παραγωγή. Σε περίπτωση αυξημένων συγκεντρώσεων αλάτων στην περιοχή του ριζοστρώματος παρατηρείται μείωση του ρυθμού αύξησης και ανάπτυξης του φυτού.

Επειδή πολλά άλατα είναι επίσης θρεπτικά συστατικά των φυτών, τα υψηλά επίπεδα αλάτων στο έδαφος μπορούν να διαταράξουν την ισορροπία των θρεπτικών συστατικών στο φυτό ή να επηρεάσουν την πρόσληψη ορισμένων θρεπτικών συστατικών (Blaylock et al., 1994). Επιπροσθέτως λόγω της αλατότητας του εδάφους μπορεί να προκληθεί τοξικότητα (κυρίως K και Na), ωσμωτικό στρες περιορίζοντας την πρόσληψη νερού από το έδαφος, ανεπάρκεια θρεπτικών στοιχείων (N, Ca, K, P, Fe) και οξειδωτικό στρες στα φυτά.

Το νερό απορροφάται από το ριζικό σύστημα του φυτού μέσω της διαδικασίας της ώσμωσης, της κίνησης δηλαδή του νερού από σημεία με χαμηλή συγκέντρωση αλάτων προς σημεία με υψηλότερη συγκέντρωση αλάτων (Brady, 2002). Τα διαλυτά άλατα μειώνουν το ωσμωτικό δυναμικό του εδαφικού νερού και δυσκολεύουν τα φυτά στην πρόσληψη νερού. Τα φυτά είναι περισσότερο ευαίσθητα στην αλατότητα του εδάφους κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων αύξησης, από ότι αργότερα, επειδή δεν μπορούν να κάνουν ωσμωτική εξισορρόπηση (Bano and Fatima, 2009). Ορισμένα στοιχεία, όπως το νάτριο, το χλώριο και το βόριο, έχουν τοξικές επιδράσεις στα φυτά, συγκεκριμένα η υπερβολική συσσώρευση νατρίου στα κυτταρικά τοιχώματα μπορεί να οδηγήσει γρήγορα σε ωσμωτικό στρες και κυτταρικό θάνατο. Φυτά ευαίσθητα σε αυτά τα στοιχεία μπορεί να επηρεαστούν σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων εάν το έδαφος περιέχει αρκετό από το τοξικό στοιχείο (Munns, 2002).

Τα περισσότερα φυτά έχουν εξελιχθεί με συνθήκες χαμηλής αλατότητας και οι μηχανισμοί που έχουν αναπτύξει για την απορρόφηση, μεταφορά και αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων μπορεί να μην είναι αποτελεσματικοί σε συνθήκες υψηλής αλατότητας. Όταν τα φυτά απορροφούν λιγότερα ή περισσότερα άλατα από όσα χρειάζονται για τη θρέψη τους προκαλούνται διαταραχές στις ζωτικές λειτουργίες των κυττάρων τους. Αποτέλεσμα αυτών των διαταραχών είναι και ο διαχωρισμός του πρωτοπλάσματος από τα κυτταρικά τοιχώματα (πλασμόλυση). Πολλές φορές ο διαχωρισμός αυτός είναι μη αντιστρεπτός. Ο ρυθμός πρόσληψης και αφομοίωσης των θρεπτικών στοιχείων επιβραδύνεται περισσότερο σε φυτά που υφίστανται την επίδραση χλωριούχων ιόντων. Επιπλέον κάτω από συνθήκες αλατότητας η ταχύτητα κινητοποίησης των αποθησαυριστικών ουσιών μειώνεται σημαντικά. Αντίθετα, όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε άλατα είναι χαμηλή, επιταχύνεται η αύξηση των φυτών σε ύψος, η επιμήκυνση των ριζών και η δημιουργία πλάγιων ριζών (Sarantoulaki, 2012).

2.2.4 Τρόποι περιορισμού της αλατότητας

Η αλάτωση των εδαφών μπορεί να περιοριστεί με έκπλυση των αλάτων από τη ριζόσφαιρα, αλλαγή των πρακτικών διαχείρισης των εκμεταλλεύσεων και χρήση ανθεκτικών στην αλατότητα φυτών. Πιο συγκεκριμένα, η έκπλυση των αλάτων από τη ριζόσφαιρα μπορεί να πραγματοποιηθεί με την επανεισαγωγή βαθύρριζων πολυετών φυτών που συνεχίζουν να αναπτύσσονται και να χρησιμοποιούν νερό κατά τη διάρκεια των εποχών που δεν υποστηρίζουν ετήσιες φυτικές καλλιέργειες (Sarantoulaki, 2012).

2.2.5 Μηχανισμοί ανοχής στην αλατότητα

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες μηχανισμών ανοχής στην αλατότητα:

i. Αντιμετώπιση αλατότητας στο περιβάλλον των ριζών

Τα φυτά στην προσπάθειά τους να μειώσουν το υδατικό δυναμικό συσσωρεύουν ανόργανα ιόντα ή/και οργανικά μόρια στα κύτταρα τους. Η συσσώρευση οργανικών μορίων (ωσμωτική προσαρμογή) μειώνει το υδατικό δυναμικό και το οδηγεί σε αρνητικότερες τιμές από τις αντίστοιχες του εδάφους, επιτρέποντας στο νερό να εισχωρήσει στο φυτό (Κωνσταντινίδου, 2003).

ii. Αποκλεισμός των ιόντων Na^+ και Cl^-

Σχεδόν όλα τα φυτά διαθέτουν διάφορους μηχανισμούς αποκλεισμού των ανεπιθύμητων ιόντων. Η ενδοδερμίδα με την ταινία Caspary στη ρίζα αποτελεί το πρώτο εμπόδιο στην είσοδο των ιόντων αυτών στο αγωγό σύστημα και στην συνέχεια στη μεταφορά τους στα φωτοσυνθετικά μέρη των φυτών. Άλλοι τρόποι αποκλεισμού είναι η ενεργός απέκκριση καθώς και η συσσώρευση των ανεπιθύμητων ιόντων στα χυμοτόπια των κυττάρων των παρεγχυματικών ιστών και ιδιαίτερα της εντεριώνης (Greenway and Munns 1980, Κωνσταντινίδου, 2003).

iii. Μερικό κλείσιμο των στομάτων

Το κλείσιμο των στομάτων έχει σαν συνέπεια τη μείωση του ρυθμού διαπνοής και συνεπώς του ρυθμού ανόδου των ανεπιθύμητων ιόντων στα υπέργεια μέρη των φυτών (Λυκοσκούφης 2003).

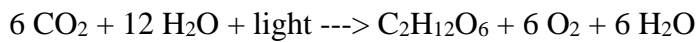
2.2.6 Αντιμετώπιση αλατότητας

Η έκπλυση των αλάτων είναι μία από τις πιο σημαντικές στρατηγικές για την επίλυση του προβλήματος της αλατότητας. Η εφαρμογή της τεχνικής της έκπλυσης πραγματοποιείται με την χρήση νερού σχετικά καλής ποιότητας στην περιοχή της ριζόσφαιρας, πριν ακόμη προκαλέσουν τα άλατα πρόβλημα στα φυτά. Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη της έκπλυσης είναι η ύπαρξη δικτύου στράγγισης ώστε να εμποδίζει την ανύψωση της υπόγειας στάθμης του νερού για να πάψει να αποτελεί πηγή αλάτων (Μήτσιος, 1999). Η βελτίωση των αλατούχων εδαφών σε περιοχές με συχνή εμφάνιση βροχοπτώσεων, επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του νερού της βροχής το οποίο απομακρύνει με διήθηση τα άλατα στην περιοχή της ριζόσφαιρας με αποτέλεσμα την ελάττωση των αλάτων στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους. Στις ξηρές περιοχές τα άλατα του εδάφους εκπλύονται με επιπλέον προσθήκη νερού καθιστώντας έτσι τη διήθηση σημαντικό παράγοντα ελέγχου της αλατότητας. Στις περιπτώσεις αυτές η άρδευση θα πρέπει να πραγματοποιείται μέχρι το σημείο της υδατοϊκανότητας. Μία ακόμη μέθοδος αντιμετώπισης της αλατότητας είναι η συχνή εφαρμογή νερού με καταιονισμό ή στάγδην, ώστε να απομακρυνθούν τα άλατα μακριά από τις ρίζες. Είναι σημαντική η σωστή και προσεκτική τοποθέτηση των σταλλακτήρων κατά την εφαρμογή της στάγδην άρδευσης ώστε να επικρατεί μειωμένη συγκέντρωση αλάτων στο περιβάλλον των φυτών (Brady & Weil, 2011). Τέλος, με τη χρήση διαφυλλικού ψεκασμού θρεπτικών στοιχείων ή την προσθήκη τους στο έδαφος/θρεπτικό διάλυμα σε υδροπονικές καλλιέργειες, επιτυγχάνεται η αύξηση αντοχής των φυτών στην αλατότητα και ο περιορισμός των ιόντων Na^+ και Cl^- που προκαλούν ζημιές στα φυτά. Η λύση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εμποδίσει την εμφάνιση καταπόνησης από τα παραπάνω ιόντα και να ωφελήσει την καλλιέργεια είναι ο εμπλουτισμός των φυτών με κάλιο και νιτρικά άλατα. Επιπλέον η προσθήκη K μειώνει τα επιβλαβή αποτελέσματα λόγω της συγκέντρωσης Na σε συνθήκες αλατότητας, καθώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργοποίηση ενζυμικών συστημάτων (Sarantoulaki, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ

3.1 Χλωροφύλλη

Στα αυτότροφα φυτά η χλωροφύλλη είναι η κυριότερη χρωστική που συμμετέχει στη φωτοσύνθεση. Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία κατά την οποία η φωτεινή ενέργεια του ήλιου μετατρέπεται σε χημική. Μέσω της διεργασίας αυτής τα φυτά εξασφαλίζουν την ενέργεια που χρειάζονται για την επιβίωσή τους. Πιο συγκεκριμένα, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το νερό μετατρέπονται σε γλυκόζη (C₂H₁₂O₆):



Για να λειτουργήσει όμως αυτή η χημική αντίδραση, η ενέργεια που απαιτείται παρέχεται από τα μόρια χλωροφύλλης, η οποία απορροφά φωτεινή ενέργεια σε μορφή φωτονίων και τη μετατρέπει σε χημική (SEOS e-learning tutorials).

Η βασική δομή της χλωροφύλλης είναι ένας δακτύλιος πορφυρίνης παρόμοιος με αυτόν της αιμοσφαιρίνης, αν και το κεντρικό άτομο στη χλωροφύλλη είναι το μαγνήσιο αντί του σιδήρου. Η μακριά ουρά υδρογονάνθρακα (φυτόλη) που συνδέεται με τον δακτύλιο πορφυρίνης καθιστά τη χλωροφύλλη λιποδιαλυτή και αδιάλυτη στο νερό (Higdon, 2004).

Στα πράσινα φυτά διακρίνονται δύο είδη χλωροφύλλης, η χλωροφύλλη a και η χλωροφύλλη b όπου και οι δυο απορροφούν ιδιαίτερα στις μπλε, κόκκινες και ιώδεις περιοχές του φάσματος και ελάχιστα στην πράσινη περιοχή του φάσματος (490 έως 550 nm) και για αυτό τα φύλλα εμφανίζονται πράσινα στο ανθρώπινο μάτι (Letstalkscience.ca, 2018).

3.2 Επίδραση της αλατότητας στη φωτοσύνθεση

Οι χλωροπλάστες είναι οργανίδια-φορείς των φωτοσυνθετικά ενεργών χρωστικών (κυρίως της χλωροφύλλης) που συμμετέχουν σε πολλές σημαντικές μεταβολικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της βιοσύνθεσης των αμινοξέων, των βιταμινών, των ισοπrenoειδών, των λιπαρών οξέων και των λιπιδίων, καθώς και στη μείωση των νιτροδών και των θεικών. Υπολογίζεται ότι περίπου 3.000 διακριτές πρωτεΐνες εντοπίζονται στους

χλωροπλάστες, όπου οι περισσότερες από αυτές κωδικοποιούνται από το πυρηνικό γονιδίωμα και λιγότερες από 150 πρωτεΐνες κωδικοποιούνται από το πλαστόσωμα (Higdon, 2004).

Οι χλωροπλάστες είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στη δράση των ενεργών ριζών οξυγόνου (Reactive oxygen species, ROS) όπως το υπεροξειδίο υδρογόνου (H_2O_2), το ανιόν του υπεροξειδίου του υδρογόνου O_2^- , το απλό οξυγόνο (singlet oxygen) (1O_2) και η ρίζα του υδροξυλίου (OH). Η αλατότητα ενισχύει την παραγωγή ROS, που μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στους χλωροπλάστες. Οι ROS διαταράσσουν σοβαρά το φυσιολογικό μεταβολισμό μέσω οξειδωτικής βλάβης στα λιπίδια, τα νουκλεϊκά οξέα και τις πρωτεΐνες, με αποτέλεσμα την καταστροφή των πρωτεϊνών και την υπεροξείδωση των λιπιδίων της μεμβράνης (Iriti, 2017).

Η φωτοσύνθεση είναι μία από τις διαδικασίες που καθορίζει την παραγωγή της καλλιέργειας (Babu et al., 2011). Έτσι, η μείωση της παραγωγής σε πολλά είδη φυτών που βρίσκονται υπό την πίεση αντίξοων περιβαλλοντικών συνθηκών σχετίζεται με τη μείωση της ικανότητας φωτοσύνθεσης. Η έλλειψη νερού καθώς και η ανικανότητα μεταφοράς του στα φύλλα οδηγεί σε μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας. Η καταπόνηση λόγω αυξημένης αλατότητας επιδρά αρνητικά στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης λόγω μείωσης της αγωγιμότητας των στομάτων, της μερικής πίεσης του CO_2 στους μεσοκυττάριους χώρους των φύλλων της χλωροφύλλης καθώς επίσης και λόγω αλλαγών στην υπερδομή των χλωροπλαστών, καταστροφή των χλωροπλαστών τη μείωση των φωτοχημικών και καρβοξυλικών αντιδράσεων και την αύξηση του επιπέδου των διαλυτών σακχάρων στους ιστούς (Pessarakli, 2005).

Το φαινόμενο της αλατότητας όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, αποτελεί μία σημαντική παράμετρο, η οποία φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά τις ιδιότητες του εδάφους, επομένως και την υγεία των φυτών καθώς παρεμποδίζει την πρόσληψη και την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών. Η ανοχή του φυτού στην αλατότητα, συναρτάται από το γονότυπο. Αλλά ακόμη και γονότυποι σχετικά πιο σταθεροί στην απώλεια φωτοσυνθετικών χρωστικών, εξασθενούν λόγω της υπερβολικής συγκέντρωσης αλάτων. Μέσω πειραμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει αποδειχθεί ότι η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη μειώνεται όσο αυξάνεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Από την άλλη βέβαια, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, συσχετίζεται θετικά με τη

φωτοσυνθετική δραστηκότητά τους και η μείωση του επιπέδου της χλωροφύλλης συμβάλλει στην παρεμπόδιση της φωτοσύνθεσης που γίνεται αντιληπτό σε συνθήκες αβιοτικού στρες.

Τα κύρια αποτελέσματα της αλατότητας είναι παρόμοια με εκείνα που παρατηρούνται στα φυτά σε περιόδους ξηρασίας. Η μείωση του νερού στα φύλλα, τα οποία είναι το κύριο όργανο όπου επιτελείται η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, ωθεί στο κλείσιμο των στομάτων με αποτέλεσμα να αναστέλλεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα με εμφανείς αλλαγές στην απόδοση του φυτού (Baker and Rosenqvist 2004, Abdeshahian et al. 2010).

Η αλατότητα προκαλεί σημαντικές επιδράσεις στη φωτοσύνθεση οι οποίες διακρίνονται σε βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες. Οι βραχυπρόθεσμες επιδράσεις γίνονται αντιληπτές έπειτα από λίγες ώρες ή ακόμη και μετά από 1-2 μέρες εκεί όπου παύει η δέσμευση άνθρακα ενώ, οι μακροπρόθεσμες επιδράσεις εμφανίζονται έπειτα από αρκετές ημέρες στην έκθεσή τους στην αλατότητα, όπου παρατηρείται πάλι μείωση της συγκράτησης διοξειδίου του άνθρακα λόγω συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων αλάτων στα φύλλα (Parida, 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΑΡΟΥΛΙ

4.1 Εισαγωγή

Το μαρούλι (*Lactuca sativa*, Λακτούκη η ήμερος) είναι ετήσιο, ποώδες φυτό γρήγορης ανάπτυξης της οικογένειας *Asteraceae*. Προτιμάται στη διατροφή των ανθρώπων περισσότερο τα τελευταία χρόνια, λόγω της άμεσης διαθεσιμότητας και της υψηλής θρεπτικής του αξίας καθώς περιέχει ποικιλία βιταμινών (Κοσμίδης, 2004).



Εικόνα 4.1 Τα πειραματικά φυτά μαρουλιού

4.2 Καταγωγή-Προέλευση

Πρόγονος του καλλιεργούμενου μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) θεωρείται είτε το άγριο μαρούλι (*Lactuca serriola* L. ή *L. scariola* L.), το οποίο συναντάται ως ζιζάνιο στην Κρήτη

και σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, είτε διασταυρώσεις με τα άγρια είδη *L. saligna* L. και *L. virosa* L (Κοσμίδης, 2004).

Απεικονίσεις του μαρουλιού τύπου *Cos* έχουν βρεθεί σε επιτύμβιες πλάκες στην Αίγυπτο από το 4500 π.Χ. και είναι γνωστό ότι το μαρούλι χρησιμοποιείται στη διατροφή του ανθρώπου πάνω από 2000 χρόνια. Όμως, πριν από τη χρήση του ως τροφή του ανθρώπου χρησιμοποιήθηκε για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες, ως παυσίπονο (Κοσμίδης, 2004).

Χώρες προέλευσης του μαρουλιού θεωρούνται οι περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου και οι νοτιοδυτικές χώρες της Ασίας (Μικρά Ασία, Καύκασος, Περσία και Τουρκιστάν) (Ολύμπιος, 2015).

Στην Ελλάδα, αυτοφύονται 9 είδη του γένους *Lactuca*. Η καλλιέργεια του μαρουλιού στη χώρα μας είναι κυρίως υπαίθρια κάθε όλη τη διάρκεια του χρόνου, κυρίως όμως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Εκτός από τις υπαίθριες καλλιέργειες, τα τελευταία χρόνια καλλιεργούνται μαρούλια και σε θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Κοσμίδης, 2004).

4.3 Συστηματική ταξινόμηση

Βασίλειο: *Plantae*

Συνομοταξία: *Magnoliophyta*

Ομοταξία: *Magnoliorsida*

Τάξη: *Asterales*

Οικογένεια: *Asteraceae*

Γένος: *Lactuca*

Είδος: *sativa*

4.4 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Τα φύλλα του μαρουλιού σχηματίζονται από ένα βραχύ στέλεχος και είναι πλατιά, με επιφάνεια λεία ή κυματοειδή, χρώματος πράσινου ή πρασινοκίτρινου και σε μερικές ποικιλίες με απόχρωση κόκκινη, ενώ το μέγεθος και το σχήμα διαφέρει ανάλογα την ποικιλία. Η ρίζα τους είναι πασσαλώδης με μήκος έως μισό μέτρο, η οποία κατά τη μεταφύτευση καταστρέφεται για να αναπτυχθεί αργότερα ένα επιπόλαιο θυσσανώδες ριζικό σύστημα.

Κατά την εποχή της αναπαραγωγής το στέλεχος του φυτού επιμηκύνεται φτάνοντας συνήθως το ύψος των 0,8-1,2 m και σχηματίζει διακλαδώσεις, οι οποίες καταλήγουν σε ταξιανθίες με 15-25 ερμαφρόδιτα άνθη η καθεμία. Ο βλαστός είναι κοντός, χρώματος ανοιχτοπράσινου ή βαθυπράσινου. Τα άνθη είναι μικρά, κίτρινου χρώματος με στεφάνη από 5 ενωμένα πέταλα και 5 στήμονες που σχηματίζουν σωλήνα γύρω από το στύλο. Ο τελευταίος είναι εφοδιασμένος με λεπτές τρίχες και φέρει δίλοβο στίγμα, το οποίο είναι επιδεκτικό επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Η αυτογονιμοποίηση είναι ο κυριότερος τρόπος γονιμοποίησης των ανθέων ενώ σπάνια συμβαίνει να σταυρογονιμοποιηθούν μερικά άνθη.

Ο σπόρος είναι αχάινιο μικρός, επιμήκης, ενώ το χρώμα διαφοροποιείται ανάλογα την ποικιλία και εφοδιασμένος με πάππο (φούντα) από λεπτές και λευκές τρίχες (Πέττα, 1998).

4.5 Θρεπτική αξία

Σχετικά με τη θρεπτική αξία, το μαρούλι μοιάζει με λαχανικά όπως η αγκινάρα, το σπαράγγι, το σέλινο και το κουνουπίδι αν και σε αρκετές περιπτώσεις η περιεκτικότητά του σε θρεπτικές ουσίες και θερμίδες είναι αρκετά πιο χαμηλή. Έτσι το μαρούλι περιέχει βιταμίνες, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, μεταλλικά άλατα, τα οποία είναι απαραίτητα για την καθημερινή διατροφή του ανθρώπου και για το λόγο αυτό προτιμάται η κατανάλωσή του ως σαλάτα σε όλες τις εποχές του χρόνου. Το μαρούλι επίσης είναι μια καλή πηγή Ca και P. Η χημική σύσταση των διαφόρων τύπων μαρουλιού παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Κοσμίδης, 2004).

Πίνακας 4 Κατά προσέγγιση περιεκτικότητα σε 100g φαγώσιμου προϊόντος (φύλλα) (Ολύμπιος 1994)

| ΤΥΠΟΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ | | | |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| Στοιχεία | Κεφαλωτό (Butterhead) | Ρωμάνα (Cos ή Romaine) | Κατσαρό Κεφαλωτό (Crisphead) |
| Ενέργεια(θερμίδες) | 11 | 16 | 11 |
| Νερό (g) | 96 | 94 | 95 |
| Πρωτεΐνες (g) | 1,2 | 1,6 | 0,8 |
| Λίπη (g) | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| Υδατάνθρακες (g) | 1,2 | 2,1 | 2,3 |
| Βιταμίνη A (IU) | 1200 | 2600 | 300 |
| Βιταμίνη B1 (mg) | 0,07 | 0,10 | 0,07 |
| Βιταμίνη B2 (mg) | 0,07 | 0,10 | 0,03 |
| Βιταμίνη C (mg) | 9 | 24 | 5 |
| Νιασίνη (mg) | 0,4 | 0,5 | 0,3 |
| Άλατα Ca (mg) | 40 | 36 | 13 |
| Άλατα Fe (mg) | 1,1 | 1,1 | 1,5 |
| Άλατα Mg (mg) | 16 | 6 | 7 |
| Άλατα P (mg) | 31 | 45 | 25 |

4.6 Καλλιεργούμενοι τύποι και ποικιλίες

Υπάρχουν πέντε βασικές κατηγορίες ή τύποι μαρουλιού που καλλιεργούνται σήμερα, ανάλογα με τη μορφή και τη διάταξη των φύλλων τους στο κοντό βλαστό και το σχηματισμό ή την απουσία κεφαλής (Ολύμπιος, 2001).

1) **Κως ή Ρομάννα** (Cos ή Romaine)

Lactuca sativa var romana P.C. (sativa var longiofolia Lam)

Είναι η πιο γνωστή ποικιλία μαρουλιού που καλλιεργείται στην Ελλάδα. Ονομάζεται Κως γιατί πιθανολογείται ότι κατάγεται από τη νήσο Κω και Ρωμάννα λόγω του ότι η καλλιέργεια του ήταν διαδεδομένη κατά τη Ρωμαϊκή εποχή. Είναι φυτό όρθιο, ψηλό, με λεπτή μικρή επιμήκη κεφαλή στο εσωτερικό και λεπτά μακριά φύλλα στο εξωτερικό με χρώμα σκούρο πράσινο. Οι σπουδαιότεροι τύποι της συγκεκριμένης ποικιλίας μαρουλιού είναι οι εξής: Parris island, Parris Cos, Volmaine, Marvel κ.α.

2) **Λείο, Κεφαλωτό** (Butterhead)

Lactuca sativa var Capitata P.C.

Είναι η κύρια ποικιλία μαρουλιού που προτιμάται στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη. Σχηματίζει σφαιρική κεφαλή με φύλλα μαλακά και χρώμα που ποικίλει, από ελαφρύ μέχρι βαθύ πράσινο. Σπουδαιότεροι τύποι: White Boston, Artemis, Bibb, Citation κ.α.

3) **Κατσαρό, κεφαλωτό** (iceberg ή Curly)

Lactuca sativa var Capitata P.C.

Καλλιεργείται κυρίως στην Β. Αμερική και στον Καναδά αλλά και στην Ευρώπη. Σχηματίζει σφαιρική κεφαλή, τα φύλλα του είναι κυματοειδή, τραγανά και εύθραυστα και το χρώμα του από ελαφρύ μέχρι βαθύτερο πράσινο. Γνωστές ποικιλίες: Great Lakes, Salinas, New York, Empire, Italica κ.α.

4) **Σαλάτα** (Looseleaf)

Lactuca sativa var crispa

Η ποικιλία αυτού του μαρουλιού αναπτύσσει ελεύθερα φύλλα χωρίς να σχηματίζει κεφαλή. Τα φύλλα είναι κυρίως κατσαρά και το χρώμα τους ποικίλει στις διάφορες αποχρώσεις του πράσινου και πολλές φορές τα εξωτερικά κυρίως φύλλα φέρουν κοκκινωπή απόχρωση. Οι σπουδαιότεροι τύποι της συγκεκριμένης ποικιλίας μαρουλιού είναι οι εξής: Salad Bowl, Grand Rapids, Prizehead κ.α.

5) **Κινέζικο** (Stem Lettuce)

Lactuca sativa var angustana

Η ποικιλία αυτού του μαρουλιού καλλιεργείται κυρίως στην Ασία. Στην Ευρώπη γνωστή είναι η ποικιλία Celtuce. Καλλιεργείται τόσο για το σαρκώδες στέλεχος του (νωπό ή

μαγειρεμένο) όσο και για τα φύλλα του (τρυφερά). Υπάρχουν και μερικές άλλες ποικιλίες μαρουλιού όπως το Ινδικό (*L. indica*) που καλλιεργείται στην Κίνα και είναι πολυετές (Ολύμπιος, 2001).

4.7 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Στην Ελλάδα το μαρούλι ως φυτό ψυχρής εποχής και μεγάλης ημέρας, ευδοκμεί καλύτερα κατά την περίοδο από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη και το καλοκαίρι σε ψυχρότερες περιοχές. Για την άριστη ανάπτυξη των φυτών χρειάζονται μέσες θερμοκρασίες, δηλαδή από 15 έως 18 °C και όχι μεγαλύτερες από 24 °C. Σε θερμοκρασίες κάτω από τους -5 °C τα φυτά καταστρέφονται. Οι σπόροι φυτρώνουν άριστα σε θερμοκρασία εδάφους 5-25 °C (Ολύμπιος, 1994).

Ως προς το έδαφος το μαρούλι είναι λιγότερο απαιτητικό. Αναπτύσσεται και αποδίδει ικανοποιητικά σε διάφορους τύπους εδαφών, οπωσδήποτε όμως ευδοκμεί καλύτερα σε γόνιμα, μέσης σύστασης εδάφη. Εδάφη συνεκτικά και βαριά, τα οποία συγκρατούν υγρασία, είναι περισσότερο κατάλληλα για καλλιέργεια στις θερμότερες εποχές, ενώ τα ελαφρύτερα εδάφη θα εξυπηρετούσαν καλύτερα χειμερινές καλλιέργειες. Ως προς την οξύτητα τους, καταλληλότερα είναι τα ουδέτερα ή τα ελαφρώς όξινα με pH 6-7. Ακόμη το μαρούλι είναι πολύ ευαίσθητο σε όξινο έδαφος με pH <6,0, ενώ σε αλκαλικό έδαφος εμφανίζει χλώρωση. Για την επιτυχία στην καλλιέργεια πρέπει να υπάρχει αρκετή εδαφική υγρασία, καλός φωτισμός και δροσερές νύχτες.

Η άνθηση του μαρουλιού γίνεται σταδιακά και οι καρποί του βγαίνουν 10-15 μέρες μετά την άνθηση. Τα μαρούλια πολλαπλασιάζονται με σπόρο, ενώ το φυτό γενικά ολοκληρώνει το βιολογικό του κύκλο σε 65 έως 130 ημέρες (Ολύμπιος, 2001).

4.8 Πολλαπλασιασμός

Το μαρούλι πολλαπλασιάζεται με σπόρο και είτε γίνεται απευθείας σπορά στο χωράφι είτε συνηθέστερα, γίνεται σπορά σε σπορεία και ακολουθεί ανάπτυξη φυταρίων και μεταφύτευση (Πέττα, 1998).

Η σπορά γίνεται συνήθως από τον Αύγουστο ή Σεπτέμβριο μέχρι το Φεβρουάριο, για συγκομιδή κατά την περίοδο του Οκτωβρίου μέχρι το Μάιο ή Ιούνιο, όταν φυσικά οι κλιματολογικές συνθήκες το επιτρέπουν, με τη χρήση δε κατάλληλων ποικιλιών η καλλιέργεια μπορεί να επεκταθεί και στους καλοκαιρινούς μήνες. Ο τρόπος σποράς μπορεί να γίνει σε

γραμμές, ή στα πεταχτά με κατάλληλες αποστάσεις 25-30 cm μεταξύ κάθε φυτού και 40-45 cm μεταξύ κάθε γραμμής (Κοσμίδης, 2004).

Ως σπορείο χρησιμοποιείται έδαφος καλής φυσικής σύστασης, εμπλουτισμένο με κοπριά και λιπάσματα καλά απολυμασμένα. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και διάφορα έτοιμα υποστρώματα του εμπορίου (φυτόχωμα, τύρφη, περλίτης, άμμος, έδαφος κ.α). Τέλος απολυμασμένα πρέπει να είναι τα εργαλεία και ο εξοπλισμός του σπορείου που χρησιμοποιείται (Κοσμίδης, 2004). Η σπορά πραγματοποιείται συνήθως σε δίσκους με ατομικές θέσεις ανάπτυξης. Τα φυτάρια μεταφυτεύονται στην τελική τους θέση όταν αποκτήσουν 4-6 πραγματικά φύλλα, περίπου 4-6 εβδομάδες μετά τη σπορά. Τα νεαρά φυτά κατά τη μεταφύτευση πρέπει να είναι υγιή και δυνατά και να επιλέγονται αυτά με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά (Πέττα, 1998).

4.9 Λίπανση

A) ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

Το μαρούλι αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε ένα γόνιμο έδαφος, πλούσιο σε οργανική ουσία, γι' αυτό απαιτείται λίπανση με καλά χωνεμένη κοπριά η οποία πρέπει να προστεθεί στο έδαφος αρκετά νωρίς, πριν από την απολύμανση και τη μεταφύτευση, ώστε να ενσωματωθεί στο έδαφος και να αποκτήσει μια ομοιόμορφη δομή. Η προσθήκη οργανικής ουσίας γίνεται κάθε χρόνο εκτός και αν το έδαφος είναι γόνιμο, ενώ σε ελαφρά αμμώδη εδάφη μπορεί να εφαρμοστούν ακόμη μεγαλύτερες ποσότητες. Κανονικές θεωρούνται οι ποσότητες μέχρι 10 τον/στρ ανάλογα με τον τύπο και τη σύνθεση της (Κοσμίδης, 2004).

B) ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

Η ανόργανη λίπανση πρέπει να γίνεται με βάση τη διαθεσιμότητα των στοιχείων που υπάρχουν στο έδαφος και που προσδιορίζονται μετά από χημική ανάλυση. Έχει υπολογιστεί ότι μια καλλιέργεια μαρουλιού αφαιρεί από το έδαφος 8 με 10 κιλά αζώτου, 3 κιλά φωσφόρου και 9 με 10 κιλά καλίου ανά στρέμμα. Εάν παρά όλα αυτά δεν έχει προηγηθεί χημική ανάλυση του εδάφους, γεγονός πολύ συνηθισμένο στην Ελλάδα, τότε συνιστάται σαν βασική λίπανση η προσθήκη 50-100 κιλά/στρ. σύνθετου λιπάσματος 11-15-15 ή 14-22-9 ή 15-5-7 ή αντίστοιχες περίπου ποσότητες απλών λιπασμάτων (Πέττα, 1998).

4.10 Άρδευση

Το έδαφος πριν τη μεταφύτευση πρέπει να αρδευτεί και να φτάσει στο σημείο υδατοϊκανότητάς του. Στη συνέχεια, όσο αφορά τα αμμώδη εδάφη, η φύτευση μπορεί να γίνεται την επόμενη μέρα, ενώ σε πιο βαριά εδάφη πιθανόν να χρειαστεί να παρέλθουν 3-4 ημέρες ώστε η υγρασία του επιφανειακού στρώματός τους να μειωθεί (Ελευθερίου, 2004).

Μετά τη μεταφύτευση ακολουθεί ελαφρό πότισμα (μερικών λεπτών της ώρας) κατά προτίμηση με καταιονισμό, ώστε το επιφανειακό στρώμα του εδάφους να φτάσει και πάλι στο σημείο υδατοϊκανότητάς του και για να γίνεται ομοιόμορφη κατανομή του νερού στον αγρό ή το θερμοκήπιο. Τότε το φυτό απορροφά νερό μόνο από τα επιφανειακά 3-4cm εδάφους γι' αυτό είναι σημαντικό το επιφανειακό στρώμα να διατηρείται υγρό. Εάν για οποιοδήποτε λόγο, το επιφανειακό γόνιμο έδαφος ή ο κύβος εδάφους ή η “μπάλα” υποστρώματος ξεραθούν λόγω έλλειψης υγρασίας τότε η ανάπτυξη του φυτού καθίσταται προβληματική (Ελευθερίου, 2004).

Το μαρούλι αναπτύσσει θυссανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα, για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο να ποτίζεται ελαφρά πολλές φορές παρά βαριά μία φορά. Οι ανάγκες σε νερό μίας καλλιέργειας μαρουλιού ανέρχονται συνήθως σε 336 m³/στρ. Όταν το φυτό πλησιάζει την περίοδο συγκομιδής, το ριζικό του σύστημα θα έχει αναπτυχθεί σε όλο τον επιφανειακό όγκο του εδάφους, σε βάθος 20-30cm (Ελευθερίου, 2004).

Σε περίπτωση που εφαρμόζεται εδαφοκάλυψη με πλαστικό σε όλη την έκταση του εδάφους, τότε το πότισμα γίνεται ή με τη μέθοδο στάγδην από σωλήνες που βρίσκονται κάτω από το πλαστικό κάλυψης (1 σωλήνας για κάθε 2 γραμμές φυτών) ή με καταιονισμό, αλλά θα πρέπει το πλαστικό εδαφοκάλυψης να είναι διάτρητο (Ζούμη, 2009).

4.11 Ασθένειες-Εχθροί-Αντιμετώπιση

Το μαρούλι προσβάλλεται από πολλές μυκητολογικές κυρίως ασθένειες αλλά και από ιολογικές. Κάποιες από τις πιο συνηθισμένες είναι ο περονόσπορος, το ωίδιο, η σκληρωτίνιαση και ο βοτρυτής (φαιά σήψη). Πολλά προβλήματα μπορούν επίσης να προκληθούν και από διάφορα έντομα, όπως είναι οι αφίδες, ο αλευρώδης, οι θρίπες και τα έντομα εδάφους (κρεμμυδοφάγος, σιδηροσκώληκας), αλλά και σαλιγκάρια. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες ασθένειες και εχθροί του μαρουλιού.

4.11.1 Περονόσπορος (*Bremia lactuca*)

Τα πρώτα συμπτώματα της ασθένειας είναι ακανόνιστες γωνιώδεις χλωρωτικές κηλίδες στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, σε περιοχές μεταξύ των νεύρων. Όταν οι συνθήκες ευνοούν την εξάπλωση της ασθένειας στην κάτω επιφάνεια των κηλίδων εμφανίζονται λευκές εξανθήσεις που μπορούν να προκαλέσουν από μικρές μέχρι και μεγάλες ζημιές σε καλλιέργειες μαρουλιού. Η μόλυνση των φυτών γίνεται από τα στόματα ή με απευθείας είσοδο από τα επιδερμικά κύτταρα και ο χρόνος επώασης της ασθένειας είναι 5-14 ημέρες.

Για την αποφυγή της ασθένειας σημαντικό ρόλο παίζουν τα προληπτικά μέτρα όπως ο περιορισμός της υγρασίας, η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, η απομάκρυνση των προσβεβλημένων φυτών και η καταστροφή των ζιζανίων, επίσης, σημαντική είναι η απολύμανση του εδάφους αλλά και η ρύθμιση της θερμοκρασίας των σπορείων (Καραστέργιος και Κατερίνης, 2014).

4.11.2 Ωίδιο (*Erysiphe cichoracearum*)

Ο μύκητας εμφανίζεται υπό μορφή κηλίδων στα φύλλα με τη χαρακτηριστική λευκή εξάνθηση των ωιδίων και η πιθανότητα προσβολής εντείνεται όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας. Μερικές φορές πάνω στη λευκή εξάνθηση εμφανίζονται μικρά μαύρα στίγματα που είναι η καρποφορία της τέλειας μορφής του μύκητα.

Θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια αποφυγής των συνθηκών που ευνοούν την ανάπτυξη του μύκητα. Συνιστάται η χρησιμοποίηση ωιδιοκτόνων φαρμάκων μόλις εμφανιστούν τα συμπτώματα καθώς και σκόνισμα με θειάφι. Ακόμη σημαντική είναι η απομάκρυνση των προσβεβλημένων φυτών και η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών (Ζούμη, 2009).

4.11.3 Σκληρωτινίαση (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Η προσβολή αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους στο λαιμό του φυτού και στα κατώτερα φύλλα. Σε συνθήκες υψηλής υγρασίας η προσβολή εμφανίζεται σαν υγρή σήψη και στη συνέχεια εμφανίζεται λευκό βαμβακώδες μυκήλιο μέσα στο οποίο σχηματίζονται τα σκληρώτια του μύκητα. Αποτέλεσμα της προσβολής είναι η μάρανση και η καταστροφή των φυτών. Στην περίπτωση αυτή συνιστάται ο περιορισμός της υγρασίας

της ατμόσφαιρας με αποτελεσματικό εξαερισμό των θερμοκηπίων. Το έδαφος πρέπει να στραγγίζει καλά και να αποφεύγεται η άμεση επαφή του νερού ποτίσματος με το λαιμό του φυτού. Με την εμφάνιση της προσβολής γίνεται ψεκασμός με κατάλληλα φυτοφάρμακα (Ολύμπιος, 2001).

4.11.4 Βοτρύτης ή Φαιά σήψη (*Botrytis cinerea*)

Ο μύκητας προσβάλλει το μαρούλι σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής του και προκαλεί σοβαρές ζημιές. Αρχικά προσβάλλονται τα παλαιότερα φύλλα, στη βάση του στελέχους, που έρχονται σε επαφή με το έδαφος, εμφανίζοντας καστανόμαυρη σήψη και αργότερα η προσβολή επεκτείνεται στα νεότερα φύλλα οδηγώντας σε μαλακή σήψη. Τελικά τα φύλλα ξηραίνονται και πάνω τους σχηματίζεται λευκό μυκήλιο του μύκητα.

Η ασθένεια περιορίζεται με τον καλό εξαερισμό του θερμοκηπίου και με χημική καταπολέμηση. Καλό είναι να αποφεύγονται οι τραυματισμοί των φυτών, να απομακρύνονται τα προσβεβλημένα φυτά και να γίνεται ορθή χρήση των λιπασμάτων (Καραστέργιος και Κατερίνης, 2014).

4.11.5 Αφίδες (*Muzus persicae*)

Οι αφίδες μυζούν τους φυτικούς χυμούς εξασθενώντας τα φυτά. Τα προσβεβλημένα μέρη παραμορφώνονται από την έκκριση τοξικής σιέλου. Επιπλέον δημιουργούνται έμμεσα σοβαρά προβλήματα καθώς οι αφίδες μεταφέρουν ιώσεις από προσβεβλημένα σε υγιή φυτά. Για την καταπολέμηση των αφίδων πραγματοποιούνται ψεκασμοί με ειδικά εντομοκτόνα (Ολύμπιος, 2001).

4.11.6 Αλευρώδης (*Thialeuroides vaporariorum*)

Ο αλευρώδης προσβάλλει τα φύλλα του μαρουλιού μυζώντας φυτικούς χυμούς από τους ιστούς. Επιπλέον εκκρίνει μεγάλες ποσότητες μελιτωδών ουσιών οδηγώντας στην ανάπτυξη της καπνιάς (*Fumaria officinalis*). Τα φύλλα του μαρουλιού κιτρινίζουν και πέφτουν με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του εμπορεύσιμου προϊόντος. Καταπολεμάται με παγίδες και με ψεκασμούς χημικών παρασκευασμάτων (Ολύμπιος, 2001).

4.11.7 Θρίπες (*Frankiniella occidentalis*)

Οι θρίπες προσβάλλουν τους νεαρούς αναπτυσσόμενους φυτικούς ιστούς, προκαλώντας χλωρωτικά στίγματα ή κηλίδες, ουλές και παραμορφώσεις οργάνων. Τα στίγματα αυτά μειώνουν την εμπορική αξία των προϊόντων ενώ επίσης διευκολύνεται η είσοδος βακτηρίων και μυκήτων. Για την αντιμετώπιση τους γίνονται ψεκασμοί με κατάλληλα εντομοκτόνα (Ζούμη, 2009).

4.11.8 Σαλιγκάρια (*Helix pomatia*)

Τρέφονται με τμήματα του ελάσματος των φύλλων προκαλώντας σημαντική ποιοτική υποβάθμιση της παραγωγής των φυτών. Καταπολεμούνται με δολώματα μεταλδεΐδης (Κοσμίδης, 2004).

4.12 Συγκομιδή

Η συγκομιδή των μαρουλιών είναι μία διαδικασία που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς λανθασμένοι χειρισμοί μπορούν να προκαλέσουν άμεση υποβάθμιση του προϊόντος (Walls, 1993). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται όταν τα φυτά αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς και ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού και της ποικιλίας.

Τα κεφαλωτά μαρούλια συγκομίζονται όταν αποκτήσουν καλή συνεκτικότητα και το κανονικό τους μέγεθος, ενώ στο μαρούλι τύπου Ρωμάνα η συγκομιδή γίνεται όταν εμφανιστεί η μικρή κεφαλή στο κέντρο του φυτού (Πέττα, 1998).

Τα μαρούλια κατά τη συγκομιδή πρέπει να έχουν βάρος περίπου 150 g. Εκείνα με βάρος μεγαλύτερο από 200-300 g είναι ανεπιθύμητα, εκτός εάν φέρουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω και σε κάθε περίπτωση το αποδεκτό βάρος τους να εξαρτάται από τον τύπο του μαρουλιού και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται με κοφτερό μαχαίρι και η τομή πρέπει να γίνεται στη βάση των τελευταίων φύλλων πάνω από το έδαφος. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και τα φυτά στεγνά. Τα φυτά μπαίνουν σε πλαστικά κιβώτια (τελάρα) και

τοποθετούνται αμέσως σε συνθήκες συντήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες (ψυγεία) μέχρι να μεταφερθούν στην αγορά (Walls, 1993).

Έχει διαπιστωθεί ότι τα μαρούλια πρέπει να συγκομίζονται το απόγευμα (3 μ.μ.), λόγω της μικρότερης συσσώρευσης νιτρικών στα φύλλα. Η χρονική διάρκεια από τη μεταφύτευση του μαρουλιού έως την ωρίμανση του εξαρτάται από την ηλιοφάνεια και τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην περιοχή (Ολύμπιος, 2001).

Η ποιότητα στο μαρούλι καθορίζεται από την εμφάνιση, τη γεύση (γλυκιά όχι πικρή) και την τρυφερότητα των φύλλων, καθώς επίσης σημαντική είναι η απουσία συμπτωμάτων από εχθρούς, ασθένειες και φυσιολογικές ανωμαλίες (Κοσμίδης, 2004).

B: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Περιγραφή της πειραματικής εγκατάστασης

5.1.1 Θερμοκήπιο

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε υαλόφρακτο, αυτοματοποιημένο θερμοκήπιο, που βρίσκεται εγκατεστημένο στο Αγρόκτημα του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στην περιοχή των Κωστακίων Άρτας.

Το θερμοκήπιο, συνολικής έκτασης 700 m² (600 m² χώρος καλλιέργειας και 100 m² βοηθητικός χώρος) είναι αμφίρρικτο πολλαπλό, καλυμμένο με υαλοπίνακες. Είναι θερμαινόμενο με κεντρικό σύστημα θέρμανσης και εξοπλισμένο με σύστημα αυτόματης διαχείρισης του κλίματος, της υδρολίπανσης και της ανακύκλωσης των απορροών.

5.1.2 Καλλιέργεια

Σπόροι μαρουλιού ποικιλίας storfighter αναπτύχθηκαν μέχρι το στάδιο του τέταρτου πραγματικού φύλλου, σε οκτώ θήκες σποράς και σε υπόστρωμα τύρφης-περλίτη αναλογίας 1:1 (Εικ. 5.1).



Εικόνα 5.1 Φύτευση σπόρων μαρουλιού

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου τα φυτά ποτιζόταν τακτικά με νερό. Στη συνέχεια τα φυτά μεταφυτεύθηκαν σε 60 γλάστρες όγκου τριών λίτρων και διαμέτρου 20 cm οι οποίες περιείχαν υπόστρωμα τύρφης-περλίτη σε αναλογία 1:1 και τοποθετήθηκαν σε τέσσερα κανάλια καλλιέργειας. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 9 Οκτωβρίου του 2019 ενώ η μεταφύτευση στις 30 Οκτωβρίου του 2019 (Εικ. 5.2 και 5.3).



Εικόνα 5.2 Προετοιμασία των γλαστρών για μεταφύτευση



Εικόνα 5.3 Φυτά μαρουλιού έτοιμα για μεταφύτευση

5.1.3 Σχεδιασμός του πειράματος

Εγκαταστάθηκαν τέσσερις πειραματικές επεμβάσεις (μεταχειρίσεις). Κάθε μεταχείριση είχε 10 φυτά τυχαία κατανομημένα σε τέσσερις πάγκους στο χώρο του θερμοκηπίου. Όλα τα φυτά αρδεύονταν με θρεπτικό διάλυμα κάθε 2 μέρες περίπου (50-400 mL/γλάστρα ανάλογα με το στάδιο και τις συνθήκες ανάπτυξης). Το θρεπτικό διάλυμα παρασκευάστηκε σε βαρέλια περιεκτικότητας 100 L, με την ανάμειξη 19,6 g λιπάσματος 12-48-8 ανά λίτρο νερού, 36,6 g λιπάσματος 13-0-46 και 10,1 g λιπάσματος 34,5-0-0 (106 ppm N, 94 ppm P και 184 ppm K). Στις μεταχειρίσεις που αρδεύονταν με νερό αυξημένης αλατότητας στο θρεπτικό διάλυμα προστέθηκαν 1,45 g NaCl ανά λίτρο νερού (1450 ppm) και η τελική αγωγιμότητα του διαλύματος ήταν 4,20 μS/cm. Στη μεταχείριση «μάρτυρας» (M) τα φυτά αρδεύονταν μόνο με θρεπτικό διάλυμα, ενώ στη μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» πραγματοποιούνταν άρδευση με θρεπτικό διάλυμα και προσθήκη βιοδιεγέρτη (εκχύλισμα χουμικών και φουλβικών οξέων BLACKJAK BIO) (Εικ. 5.4) σε συγκέντρωση 4 mL σκευάσματος/2 L νερού, αλλά και ψεκασμός με διάλυμα βιοδιεγέρτη millerplex 3-3-3 (οργανικό λίπασμα με εκχύλισμα από φύκια) σε συγκέντρωση 400μL σκευάσματος/60 mL νερού ανά διαστήματα 20 ημερών (Εικ. 5.5), με πρώτη εφαρμογή στις 1/11/19, δύο ημέρες από τη μεταφύτευση. Στην μεταχείριση «αλατότητα» τα φυτά αρδεύονταν με θρεπτικό διάλυμα και χλωριούχο νάτριο, ενώ στη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» τα φυτά αρδεύονταν με θρεπτικό διάλυμα και χλωριούχο νάτριο και εφαρμόστηκαν βιοδιεγέρτες όπως περιγράφεται παραπάνω (Πίν. 5.1).



Εικόνα 5.4 Βιοδιεγέρτης BlackJak (Χουμικά οξέα, φουλβικά οξέα και χουμίνη)

**ΔΙΑΦΥΛΛΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ ΘΡΕΨΗΣ
με φυτικά εκχυλίσματα θαλάσσιων φυκών
(Ascorhyllum nodosum)**

Εγγεγραμμένη σύνθεση:

| | |
|--|----|
| ΔΗΜΟ ΑΣΤΥ (N) | 3% |
| Οξύ | 3% |
| ΔΙΑΒΕΣΙΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P ₂ O ₅) | 3% |
| ΣΑΝΙΤΟ ΚΑΛΙΟ (K ₂ O) | 3% |

Αρ. Κυκλοφορίας: 106

**ΟΡΓΑΝΟΑΝΟΡΓΑΝΟ ΛΙΠΑΣΜΑ
με θαλάσσια φύκη**

ΠΡΟΣΟΧΗ Προκαλεί οφθαλμικά ερεθιστά

Περιεχόμενο: **1LT**

ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: Miller Chemical & Fertilizer Corporation P.O. Box 333, Radio Road, Hanover, Pennsylvania 17331, USA
Αιτηρούμενος για την Ελλάδα: LANGES, ΙΜΑΚ ΕΠΕ, Πετριών 77-79, 114-34 Εύρω, Τηλ. Fax: 210 55 79 797. Διανογές: ΕΜΜΑΚ ΕΛΛΑΣ Α.Ε.Β.Ε. Α. Μεγαρέων 335, 152 31 Χαλάνδρι, Αθήνα, Τηλ. 2130 065 000

Τάξη: 100-200 ml ανά μίσχο

| ΚΑΛΩΝΕΥΕΙ | ΔΟΣΗ | ΠΑΡΑΡΧΗΣΕΙΣ |
|---------------|---------------------------|--|
| Απόξη | 20-25 ml/m ² | Τηρείται με όλα τα συνηθισμένα λιπάσματα, οργανικά ή ανόργανα. Αποφεύγει να δίνει οργανικά λιπάσματα αμέσως μετά την εφαρμογή. |
| Συμβουή | 400-500 ml/m ² | Εφαρμόζεται στην αρχή του κύκλου ανάπτυξης των φυτών. |
| Συμπλήρωμα | 20-25 ml/m ² | Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών. |
| Επιχέρι | 40 ml/m ² | Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών. |
| Ποτισ | 40 ml/m ² | Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών. |
| Ποτισ, Μολόφι | 20-40 ml/m ² | Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών. |
| Τοπί | 20-25 ml/m ² | Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών. |
| Βοταν. ποτισ | 20-25 ml/m ² | Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών. |
| Φυλλοπ | 40-50 ml/m ² | Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών. |

Στις καλλιέργειες: Σαμπουρά, κολοκύθα, κολοκύθια, κρεμμύδι, κολοκύθα, κουνουπίδι, αγγούρι, πατάτα, αρακάς, φασόλια, βότανα, κ.λπ.

Εικόνα 5.5 Βιοδιεγέρτης millerplex 3-3-3 (οργανικό λίπασμα με εκχύλισμα από φύκη)

| ΜΕΤΑΧΕΙΡΗΣΕΙΣ | |
|---|---|
| 1 ^η Μεταχείριση : Μάρτυρας (M) | Άρδευση με θρεπτικό διάλυμα |
| 2 ^η Μεταχείριση : Μάρτυρας + Βιοδιεγέρτες (MXA) | Άρδευση με θρεπτικό διάλυμα και προσθήκη βιοδιεγερτών |
| 3 ^η Μεταχείριση : Αλατότητα (A) | Άρδευση με θρεπτικό διάλυμα και χλωριούχο νάτριο |
| 4 ^η Μεταχείριση : Αλατότητα + Βιοδιεγέρτες (AXA) | Άρδευση με θρεπτικό διάλυμα, και χλωριούχο νάτριο και προσθήκη βιοδιεγερτών |

Πίνακας 5.1 Οι μεταχειρίσεις του πειράματος

5.1.4 Δειγματοληψίες-Αναλύσεις

I. Βλαστική ανάπτυξη φυτών

Για τη μέτρηση του νωπού και ξηρού βάρους πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες στη διάρκεια του πειράματος στις 11/11/2019, 28/11/2019, 22/12/2019, 10/1/2020, 11, 28, 53 και 72 ημέρες από τη μεταφύτευση αντίστοιχα. Σε κάθε δειγματοληψία τρία φυτά, τυχαία επιλεγμένα από κάθε μεταχείριση ξεπλένονταν ελαφρώς και έπειτα κοβόταν η ρίζα στο σημείο ένωσης με τον βλαστό. Στα υπέργεια μέρη των φυτών μετρούνταν το μήκος και το πάχος του βλαστού (με τη χρήση παχύμετρου, Vogel), ο αριθμός και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων. Τέλος το υπέργειο μέρος των φυτών ζυγίζονταν και στη συνέχεια τα φύλλα τοποθετούνταν σε φούρνο ξήρανσης (Memmert, model 500) στους 70° C μέχρι τη σταθεροποίηση του βάρους τους, το οποίο και καταγραφόταν.

II. Αγωγιμότητα υποστρώματος

Η αγωγιμότητα του διαλύματος απορροής και του υποστρώματος μετρήθηκε στις 23/12/2019 και στις 10/1/2020, 54 και 72 ημέρες από τη μεταφύτευση. Για τη λήψη δειγμάτων νερού απορροής τοποθετήθηκαν κάτω από τις γλάστρες δοχεία συλλογής ενώ τα φυτά αρδεύτηκαν έως ότου πραγματοποιήθηκε η απορροή. 30 mL διαλύματος απορροής από κάθε γλάστρα (τρεις γλάστρες ανά μεταχείριση) συλλέχθηκαν σε ειδικά φιαλίδια πολυπροπυλενίου τύπου falcon. Τέλος η αγωγιμότητα του διαλύματος μετρήθηκε με τη χρήση αγωγιμόμετρου (CyberScan 10 Con). Για τη μέτρηση της αγωγιμότητας του υποστρώματος συλλέχθηκαν 10g υποστρώματος από κάθε γλάστρα (τρεις γλάστρες ανά μεταχείριση) τα οποία τοποθετήθηκαν σε φιαλίδια τύπου falcon και στα οποία προστέθηκαν 20mL νερού. Ακολουθήθηκε ανακίνηση σε οριζόντια πλάκα ανάδευσης για 1 ώρα στις 200 rpm. Στη συνέχεια τα φιαλίδια αφέθηκαν σε ηρεμία και μόλις το μείγμα υποστρώματος καθίζανε, έγινε μέτρηση με τη χρήση του αγωγιμόμετρου.



Εικόνα 5.6 Διαδικασία ανακίνησης σε οριζόντια πλάκα ανάδευσης



Εικόνα 5.7 Μέτρηση αγωγιμότητας με τη βοήθεια του αγωγιμόμετρου CyberScan 10 Con

III. Μέτρηση χλωροφύλλης

Αρχικά ξεπλένονταν καλά τα φύλλα με απιονισμένο νερό και με τη βοήθεια ενός φελλοτρυπητή κόβονταν εκατέρωθεν του κεντρικού άξονα δύο κομμάτια (0,20g) και τοποθετούνταν σε ένα γουδί μαζί με τον διαλύτη (ακετόνη) ώστε να γίνει η πολτοποίηση. Στη συνέχεια ακολουθούσε διήθηση και 10 mL διαλύματος τοποθετούνταν σε δοκιμαστικούς σωλήνες και ζυγίζονταν ώστε τα δύο δείγματα που θα τοποθετούνταν αντικριστά στη φυγόκεντρο να ήταν ισόβαρα. Ακολουθούσε φυγοκέντρωση στις 3000 rpm για 5 λεπτά στους 16-18 °C (Heraeus, Biofug primo R). Στη συνέχεια πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο Jasco, V-630. Αρχικά μετρούνταν το τυφλό δείγμα (blank) με τη βοήθεια δύο κυψελίδων που περιείχαν ακετόνη και τοποθετούνταν στο φασματοφωτόμετρο αφού προηγουμένως σκουπίζονταν πολύ καλά. Έπειτα αφήνονταν η εσωτερική κυψελίδα ακετόνης και η άλλη γεμίζονταν με τα διαλύματα χλωροφύλλης από κάθε μεταχείριση αφού κάθε φορά ξεπλενόταν πολύ καλά με ακετόνη. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 11/11/2019, 28/11/2019, 23/12/2019 και στις 14/1/2020, 11, 28, 54 και 75 ημέρες από τη μεταφύτευση αντίστοιχα. Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας των χλωροφυλλών a και b στα φύλλα πραγματοποιήθηκε με τις ακόλουθες εξισώσεις, ενώ η συνολική χλωροφύλλη αποτελεί το άθροισμα των a και b:

Χλωροφύλλη a: $((12,72 * A_{661}) - (2,69 * A_{644})) * \text{ml διαλύτη} / \text{mg φύλλου}$

Χλωροφύλλη b: $((22,88 * A_{644}) - (4,68 * A_{661})) * \text{ml διαλύτη} / \text{mg φύλλου}$

IV. Προσδιορισμός K και Na

Τα φύλλα, έπειτα από τη σταθεροποίηση του βάρους τους στο φούρνο ξήρανσης, τοποθετούνταν σε ένα απλό multimixer χειρός για περίπου 10 δευτερόλεπτα ώστε να θρυμματιστούν. Στη συνέχεια τα θρύμματα αλέθονταν σε μύλο άλεσης (Retsch, MM200) για 1 λεπτό στις 29-30 rpm. Στη συνέχεια λαμβάνονταν 0,50 g αλεσμένων ξηρών φύλλων μαρουλιού και τοποθετούνταν σε πορσελάνινες κάψες. Έπειτα, οι κάψες έμπαιναν στον φούρνο υψηλών θερμοκρασιών (Linn High Therm) για 4 ώρες στους 500 °C. Έπειτα πραγματοποιούνταν η πέψη της τέφρας με διάλυμα HCL 0,1 N και διήθηση μέσω διηθητικού φίλτρου Wattman 42. Το διάλυμα αραιωνόταν με απιονισμένο νερό έως τα 50mL. Τέλος για τη μέτρηση συγκέντρωσης K⁺ και Na⁺ χρησιμοποιήθηκε το φλογοφωτόμετρο (Jenway) με την εξής διαδικασία: Αρχικά γίνονταν η βαθμονόμηση με τα πρότυπα διαλύματα ενώ στην συνέχεια πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις των τελικών τιμών.



Εικόνα 5.8 Τοποθέτηση των θρυματισμένων φύλλων σε φιαλίδια



Εικόνα 5.9 Μύλος άλεσης Retsch, MM200



Εικόνα 5.10 Φούρνος υψηλών θερμοκρασιών Linn High Therm

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Βλαστική ανάπτυξη φυτών

6.1.1 Νωπό βάρος

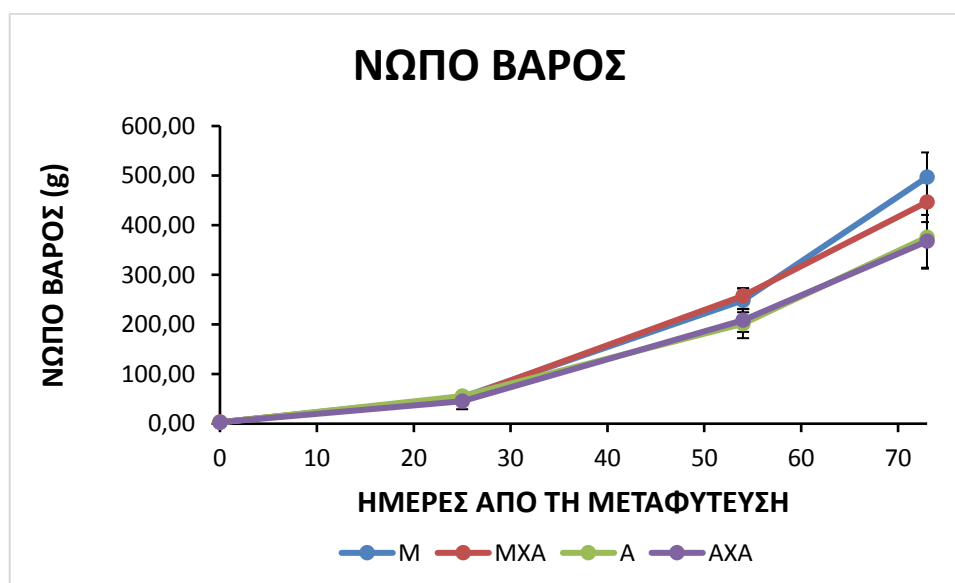
Στον πίνακα 6.1 και στο διάγραμμα 6.1 εμφανίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του νωπού βάρους των φυτών μαρουλιού κατά την διάρκεια του πειράματος. Ειδικότερα, την ημέρα της μεταφύτευσης (ημέρα 0) οι μεταχειρίσεις κυμαίνονταν σε γενικές γραμμές στο ίδια εύρος τιμών. Η μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (ΜΧΑ) κατέγραψε την μεγαλύτερη τιμή (3,19 g), στη συνέχεια ακολούθησε η μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (ΑΧΑ) με τιμή 2,86 g, η μεταχείριση «μάρτυρας» (Μ) (2,80 g) και τέλος η μεταχείριση «αλατότητα» (Α) (2,61 g). 25 ημέρες από τη μεταφύτευση παρατηρήθηκε μία σημαντική αύξηση των μετρήσεων ενώ η απόκλιση τιμών παρέμεινε σχεδόν σταθερή με τις τιμές να ξεκινάνε από 55,44 g στη μεταχείριση Α, 53,44 g στη μεταχείριση Μ, 52,07 g στη μεταχείριση ΜΧΑ και 45,45 g στη μεταχείριση ΑΧΑ. Στην τρίτη δειγματοληψία, 54 ημέρες από τη μεταφύτευση, οι τιμές συνέχισαν να αυξάνονται με μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων. Στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα υψηλής αλατότητας (Α και ΑΧΑ) καταγράφηκαν αυξημένες τιμές (201,68 g και 208,30 g αντίστοιχα) ενώ στις μεταχειρίσεις Μ και ΜΧΑ εντοπίστηκαν ακόμα υψηλότερες τιμές (248,81 g και 257,90 g αντίστοιχα). Σε διάστημα 73 ημερών από τη μεταφύτευση διακρίνονται και πάλι οι μεταχειρίσεις Μ (496,83 g) και ΜΧΑ (446,88 g) με τις μεγαλύτερες τιμές, ενώ οι μεταχειρίσεις που το υπόστρωμά τους αρδεύτηκε με NaCl (Α και ΑΧΑ) αυξήθηκαν αρκετά χωρίς ωστόσο οι τιμές τους (375,98 g και 367,66 g) να ξεπερνάνε αυτές των υπόλοιπων μεταχειρίσεων.

Όπως ήταν φυσικό το βάρος των φυτών μαρουλιού αυξάνονταν όσο τα φυτά αναπτύσσονταν. Οι μόνες αξιοσημείωτες διαφορές που σημειώθηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων έγιναν αντιληπτές κατά την τρίτη δειγματοληψία και έως την ολοκλήρωση του πειράματος καθώς παρατηρήθηκε ότι στα φυτά που δεν έχει γίνει προσθήκη NaCl (Μ και ΜΧΑ) αυξήθηκε σημαντικά το βάρος τους σε σχέση με τα φυτά όπου αρδεύτηκαν με NaCl (Α και ΑΧΑ). Με το πέρασμα του χρόνου η αυξημένη αλατότητα στο υπόστρωμα των φυτών των μεταχειρίσεων Α και ΑΧΑ οδήγησε σε σημαντικά μικρότερες τιμές νωπού βάρους των φυτών πιθανών λόγω της μειωμένης πρόσληψης νερού, ενώ η δράση των βιοδιεγερτών δεν έγινε αισθητή σε κάποιο από τα αποτελέσματα.

Πίνακας 6.1 Το ολικό βάρος των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση σε g

M: μάρτυρας, ΜΧΑ: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, Α: αλατότητα, ΑΧΑ: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | | |
|---------------------------|---|--------------|---------------|---------------|
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | 0 | 25 | 54 | 73 |
| M | 2,80 | 53,44 ±8,43 | 248,81 ±24,12 | 496,83 ±49,93 |
| ΜΧΑ | 3,19 | 52,07 ±4,50 | 257,90 ±15,02 | 446,88 ±40,47 |
| A | 2,61 | 55,44 ±4,43 | 201,68 ±29,28 | 375,98 ±63,42 |
| ΑΧΑ | 2,86 | 45,45 ±16,27 | 208,30 ±23,27 | 367,66 ±53,19 |



Διάγραμμα 6.1 Το νωπό βάρος των υπέργειων τμημάτων στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.1.2 Ξηρό βάρος

Οι τιμές του ξηρού βάρους των υπέργειων τμημάτων των φυτών μαρουλιού παρουσιάζονται στον πίνακα 6.2 και στο διάγραμμα 6.2. Στην πρώτη δειγματοληψία, την

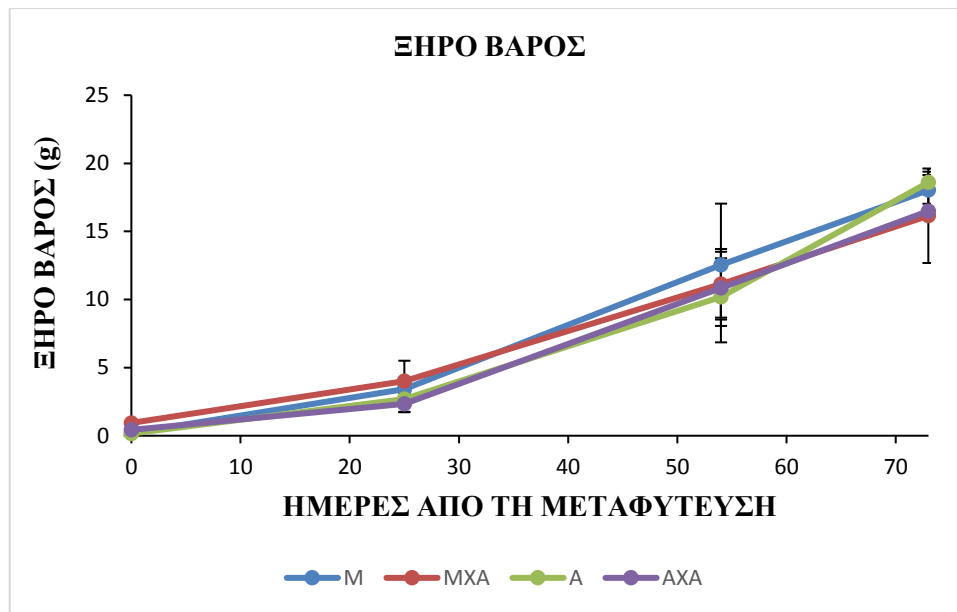
ημέρα της μεταφύτευσης οι τιμές του ξηρού βάρους των φυτών κυμαίνονται από 0,16 g στη μεταχείριση «αλατότητα» (A) έως 0,94 g στη μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA). 25 ημέρες από τη μεταφύτευση, παρατηρείται αύξηση σε όλες τις μεταχειρίσεις με τη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA) να εμφανίζει την μικρότερη τιμή (2,33 g) και τη μεταχείριση MXA την υψηλότερη (4,01 g). Στην συνέχεια 54 ημέρες από τη μεταφύτευση συνεχίζεται και πάλι η αύξηση σε όλες τις μεταχειρίσεις με την μικρότερη τιμή να παρατηρείται στη μεταχείριση A (10,18 g) ακολουθούμενη από αυτήν στη μεταχείριση AXA (10,85 g) και τη μεταχείριση MXA (11,12 g) και τη μεγαλύτερη τιμή στον «μάρτυρα» (M) με τιμή 12,55 g. Κατά την τελευταία δειγματοληψία 73 ημέρες από τη μεταφύτευση, εξακολουθεί να παρατηρείται αύξηση των τιμών ενώ στις μεταχειρίσεις όπου χορηγήθηκαν βιοδιεγερτικές ουσίες (MXA και AXA) εμφανίστηκαν μικρότερες τιμές (16,15 g και 16,50 g αντίστοιχα) από ότι στις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις (M και A) (18,03 g 18,60 g).

Το ξηρό βάρος των υπέργειων τμημάτων των φυτών μαρουλιού διαφοροποιήθηκε μεταξύ των μεταχειρίσεων. Με το πέρασμα του χρόνου γίνεται αντιληπτό ότι από την ημέρα της μεταφύτευσης έως και 54 ημέρες μετά από αυτήν, οι μεταχειρίσεις οι οποίες αρδεύτηκαν με NaCl (A και AXA) εμφανίζουν μικρότερο σχετικά βάρος από τις αντίστοιχες μεταχειρίσεις στις οποίες δεν έγινε άρδευση με NaCl (M και MXA) χωρίς όμως οι διαφορές να είναι σημαντικές. Στην τελευταία δειγματοληψία βέβαια παρατηρείται ότι οι μεταχειρίσεις M και A είναι ελαφρώς πιο αυξημένες από τις μεταχειρίσεις MXA και AXA (μεταχειρίσεις στις οποίες έγινε προσθήκη βιοδιεγερτών) χωρίς πάλι οι διαφορές να είναι σημαντικές.

Πίνακας 6.2 Το ξηρό βάρος των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση σε g

M: μάρτυρας, MXA: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, A: αλατότητα, AXA: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | | |
|---------------------------|---|-------------|--------------|--------------|
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | 0 | 25 | 54 | 73 |
| M | 0,19 | 3,42 ± 0,27 | 12,55 ± 5,49 | 18,03 ± 1,35 |
| MXA | 0,94 | 4,01 ± 1,49 | 11,12 ± 2,59 | 16,15 ± 3,46 |
| A | 0,16 | 2,70 ± 0,97 | 10,18 ± 3,32 | 18,60 ± 0,54 |
| AXA | 0,43 | 2,33 ± 0,57 | 10,85 ± 2,17 | 16,50 ± 0,53 |



Διάγραμμα 6.2 Το ξηρό βάρος των υπέργειων τμημάτων στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.2 Μεσογονάτια διαστήματα

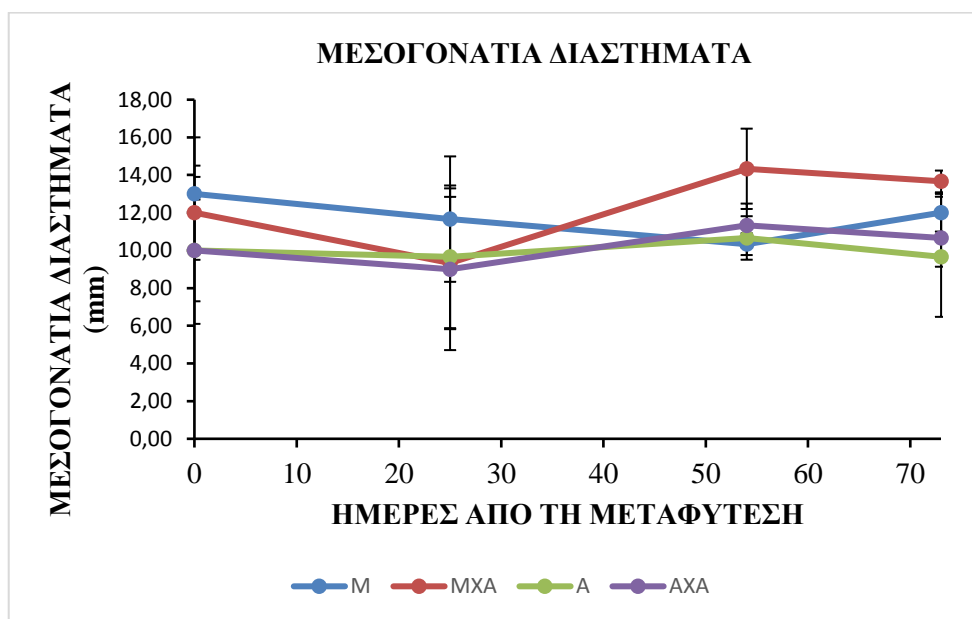
Στον πίνακα 6.3 και το διάγραμμα 6.3 απεικονίζονται οι τιμές των μετρήσεων των μεσογονατίων διαστημάτων του βλαστού των φυτών μαρουλιού. Την ημέρα της μεταφύτευσης εμφανίζονται οι τιμές σχεδόν ίσες, με τον «μάρτυρα» (M) να έχει την υψηλότερη (13,00 mm) γεγονός που αποδίδεται σε τυχαίους παράγοντες αφού η άρδευση με διάλυμα NaCl και η εφαρμογή βιοδιεγερτών έχει μόλις εφαρμοστεί. 25 ημέρες από τη μεταφύτευση παρατηρείται σε όλες τις μετρήσεις μικρή σχετικά μείωση με τιμές να κυμαίνονται από 9,00 mm στη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA) έως 11,66 mm στη μεταχείριση M. Στις 54 ημέρες από τη μεταφύτευση, καταγράφεται ελαφρά αύξηση στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα με την προσθήκη βιοδιεγερτών (MXA) (14,33 mm), στη μεταχείριση AXA (11,33 mm) και στη μεταχείριση «αλατότητα» (A) (10,66 mm) ενώ ο μάρτυρας εμφανίζεται ελαφρά μειωμένος με τιμή 10,33 mm. Την τελευταία ημέρα των μετρήσεων, δηλαδή 73 ημέρες από τη μεταφύτευση, παρατηρείτε το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ο μάρτυρας έχει αυξηθεί (12,00 mm) και οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις (MXA, AXA και A) έχουν μειωθεί με τιμές 13,66 mm, 10,66 mm και 9,66 mm αντίστοιχα.

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η αυξημένη αλατότητα στο υπόστρωμα μείωσε τελικά (73 ημέρες από τη μεταφύτευση) το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων. Η προσθήκη βιοδιεγερτών από την άλλη φαίνεται να αύξησε ελαφρά το μήκος σε σχέση με τις αντίστοιχες μεταχειρίσεις που δεν έγινε εφαρμογή τους, χωρίς όμως οι διαφορές αυτές να είναι σημαντικές,

Πίνακας 6.3 Τα μεσογονάτια διαστήματα του βλαστού των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση σε mm

M: μάρτυρας, ΜΧΑ: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, Α: αλατότητα, ΑΧΑ: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | | |
|---------------------------|---|--------------|--------------|--------------|
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | 0 | 25 | 54 | 73 |
| M | 13,00 | 11,66 ± 4,93 | 10,33 ± 0,57 | 12,00 ± 1,00 |
| ΜΧΑ | 12,00 | 9,33 ± 3,51 | 14,33 ± 5,13 | 13,66 ± 0,57 |
| A | 10,00 | 9,66 ± 3,78 | 10,66 ± 1,15 | 9,66 ± 4,61 |
| ΑΧΑ | 10,00 | 9,00 ± 5,29 | 11,33 ± 1,15 | 10,66 ± 1,52 |



Διάγραμμα 6.3 Τα μεσογονάτια διαστήματα των υπέργειων τμημάτων στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.3 Μήκος βλαστού

Στον Πίνακα 6.4 και στο Διάγραμμα 6.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μήκους του βλαστού των φυτών του μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση (0) έως και 73 ημέρες από αυτήν. Πιο αναλυτικά την ημέρα της μεταφύτευσης

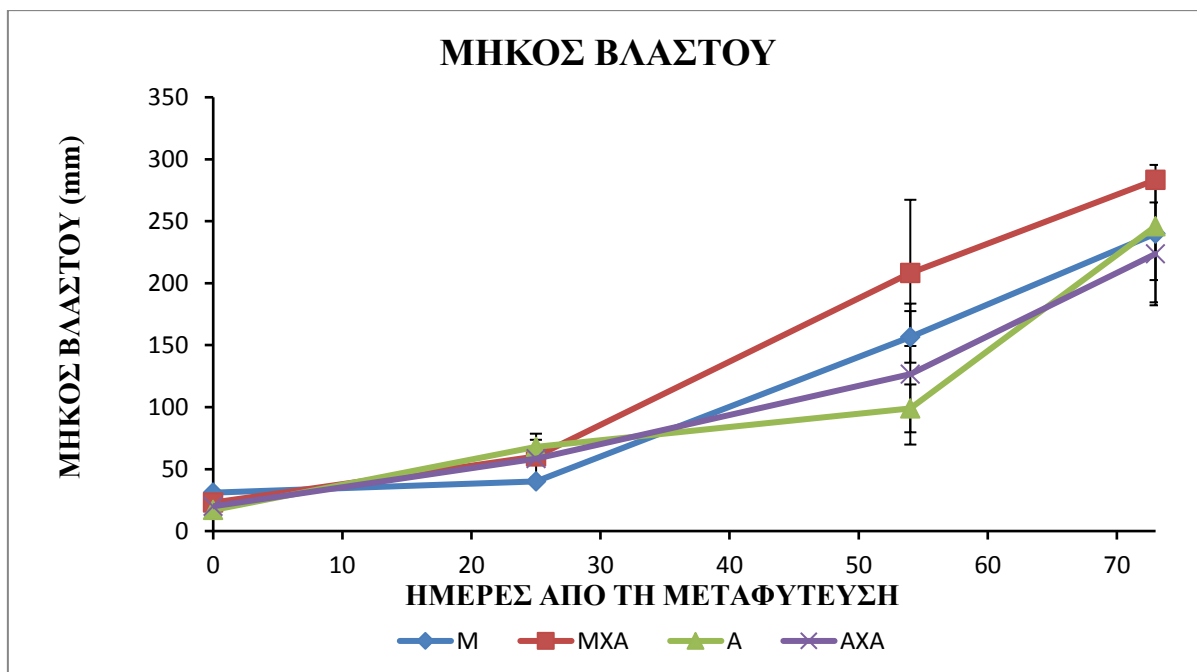
οι τιμές στα φύλλα των φυτών μαρουλιού κυμαίνονται από 17,00 mm στην μεταχείριση «αλατότητα» (A) έως 31,00 mm στην μεταχείριση «μάρτυρας» (M), παρουσιάζοντας διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Στην πρώτη δειγματοληψία, 25 ημέρες από τη μεταφύτευση, καταγράφηκε αρκετά μεγάλη αύξηση των τιμών με τη μεταχείριση A να έχει την μεγαλύτερη τιμή των μετρήσεων με 68,00 mm, ενώ τη μεταχείριση M την μικρότερη με 40,00 mm. Εν συνεχεία, 54 ημέρες από τη μεταφύτευση, παρουσιάζεται ελαφρά αύξηση στη μεταχείριση A (99,00 mm) και σημαντικές αυξήσεις στη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA) (126,66 mm), στη μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA) (208,33 mm) και τέλος στη μεταχείριση «μάρτυρας» (M), με την μεγαλύτερη αύξηση (156,66 mm). Τέλος, 73 ημέρες από τη μεταφύτευση, το μήκος του βλαστού αυξάνεται και πάλι σε όλες τις μεταχειρίσεις με τις μικρότερες να παρατηρούνται στη μεταχείριση AXA με τιμή 223,66 mm, ακολουθούμενες από αυτές στις μεταχειρίσεις M με 240,00 mm και A με 246,00 mm και καταλήγοντας στη μεγαλύτερη τιμή των 283,33 mm, εκείνη του MXA.

Σε γενικές γραμμές η αυξημένη αλατότητα στην ριζόσφαιρα των φυτών και η εφαρμογή των βιοδιεγερτών δεν φαίνεται να επέδρασαν σημαντικά στο μήκος του βλαστού των φυτών μαρουλιού κατά την διάρκεια του πειράματος. Η μόνη παρατήρηση που μπορεί να σημειωθεί και ίσως να οφείλεται στην αυξημένη αλατότητα στο περιβάλλον των ριζών και στην δράση των βιοδιεγερτών είναι εκείνη στη μεταχείριση A, όπου ενώ στην αρχή φαίνεται να αυξάνονται αρκετά οι τιμές της, 54 ημέρες από τη μεταφύτευση καταγράφεται, όπως ήταν αναμενόμενο, αύξηση αλλά όχι στατιστικά σημαντική όπως στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, γεγονός που στην επόμενη δειγματοληψία δεν παρατηρείται και συνεπώς οφείλεται μάλλον σε τυχαίους παράγοντες.

Πίνακας 6.4 Το μήκος του βλαστού των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση σε mm

M: μάρτυρας, MXA: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, A: αλατότητα, AXA: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | | |
|---------------------------|---|---------------|----------------|----------------|
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | 0 | 25 | 54 | 73 |
| M | 31,00 | 40,00 ± 2,64 | 156,66 ± 20,81 | 240,00 ± 85,44 |
| MXA | 23,00 | 60,33 ± 3,51 | 208,33 ± 68,98 | 283,33 ± 5,77 |
| A | 17,00 | 68,00 ± 10,58 | 99,00 ± 19,31 | 246,00 ± 43,41 |
| AXA | 20,00 | 58,33 ± 15,30 | 126,66 ± 56,86 | 223,66 ± 41,48 |



Διάγραμμα 6.4 Το μήκος του βλαστού των υπέργειων τμημάτων στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.4 Πάχος βλαστού

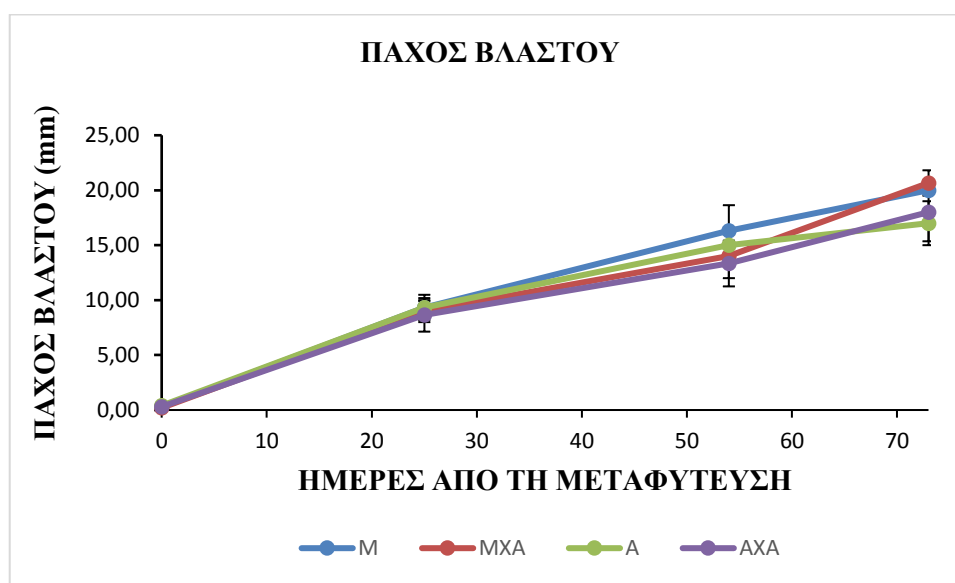
Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθούν απεικονίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του πάχους του βλαστού για το διάστημα από την ημέρα μεταφύτευσης (0) έως και 73 ημέρες από τη μεταφύτευση. Πιο συγκεκριμένα την ημέρα της μεταφύτευσης η μικρότερη τιμή ήταν 0,20 mm στη μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA), ενώ η μεγαλύτερη 0,40 mm στη μεταχείριση «αλατότητα» (A). Στις 25 ημέρες μετά τη μεταφύτευση δεν παρατηρήθηκαν ακόμη διαφορές στην πορεία αύξησης του πάχους του βλαστού, καθώς οι τιμές κυμαίνονται από $8,66 \pm 1,52$ mm η μικρότερη στη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA), έως $9,33 \pm 1,15$ mm στην A και $9,33 \pm 0,57$ mm στο μάρτυρα (M). Στη συνέχεια, 54 ημέρες από τη μεταφύτευση στο μάρτυρα παρατηρείται η μεγαλύτερη τιμή $16,30 \pm 2,30$ mm, ενώ στα φυτά στα οποία η άρδευση πραγματοποιούνταν με νερό αυξημένης αλατότητας και προστέθηκαν βιοδιεγέρτες (AXA) μετρήθηκε η μικρότερη τιμή $13,33 \pm 2,08$ mm. Τέλος 73 ημέρες μετά τη μεταφύτευση η μεγαλύτερη τιμή, $20,66 \pm 1,15$ mm, παρατηρείται στα φυτά του μάρτυρα που προστέθηκαν βιοδιεγέρτες (MXA), ακολουθούμενη από αυτή των φυτών του μάρτυρα με $20,00 \pm 0,00$ mm. Στα φυτά που αρδεύτηκαν με αλατούχο νερό και προστέθηκαν βιοδιεγέρτες (AXA) το πάχος του βλαστού έφτασε στα $18,00 \pm 2,64$ mm ενώ η μικρότερη τιμή $17,00 \pm 2,00$ mm μετρήθηκε

στη Α. Όπως ήταν αναμενόμενο το πάχος του βλαστού αυξάνονταν με το πέρασμα του χρόνου και καθώς αναπτύσσονταν τα φυτά. Μικρές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (μη σημαντικές) παρουσιάστηκαν στις 54 ημέρες από τη μεταφύτευση. Στην τελευταία μέτρηση, 73 ημέρες από τη μεταφύτευση, φαίνεται ότι οι μεταχειρίσεις στις οποίες είχε προστεθεί NaCl (Α, ΑΧΑ) είχαν μικρότερης διαμέτρου βλαστούς σε σχέση με τις μεταχειρίσεις χωρίς NaCl (Μ, ΜΧΑ) (διαφορές μη σημαντικές), αποτέλεσμα ίσως της επίδρασης της αυξημένης αλατότητας στο υπόστρωμα

Πίνακας 6.5 Το πάχος του βλαστού των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση σε mm

Μ: μάρτυρας, ΜΧΑ: μάρτυρας +βιοδιεγέρτες, Α: αλατότητα, ΑΧΑ: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | | |
|--------------------|----------------------------------|-------------|--------------|--------------|
| | 0 | 25 | 54 | 73 |
| Μ | 0,30 | 9,33 ± 0,57 | 16,33 ± 2,30 | 20,00 ± 0,00 |
| ΜΧΑ | 0,20 | 9,00 ± 1,00 | 14,00 ± 2,00 | 20,66 ± 1,15 |
| Α | 0,40 | 9,33 ± 1,15 | 15,00 ± 0,00 | 17,00 ± 2,00 |
| ΑΧΑ | 0,30 | 8,66 ± 1,52 | 13,33 ± 2,08 | 18,00 ± 2,64 |



Διάγραμμα 6.5 Το πάχος του βλαστού των φυτών μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.5 Αγωγιμότητα διαλύματος απορροής

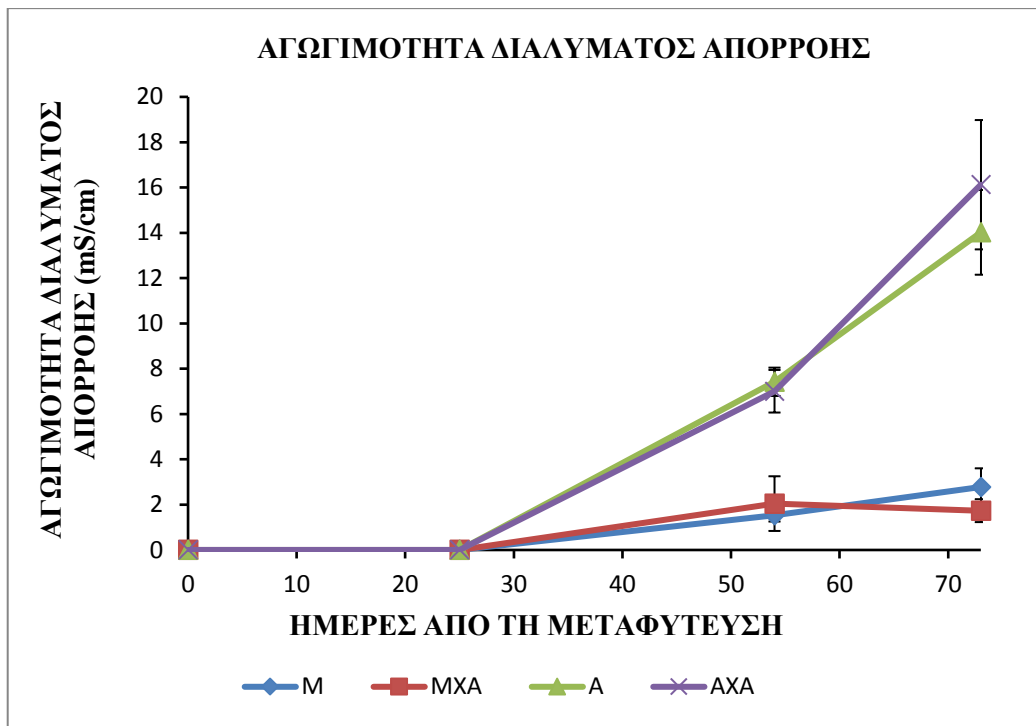
Στον πίνακα 6.6 και στο διάγραμμα 6.6 απεικονίζεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) στο διάλυμα απορροής των φυτών μαρουλιού. Στην πρώτη δειγματοληψία, 54 ημέρες από τη μεταφύτευση καταγράφονται οι μικρότερες τιμές στις μεταχειρίσεις «μάρτυρας» (M) (1,52 mS/cm) και «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA) (2,04 mS/cm) ενώ στα φυτά με αυξημένη αλατότητα στο υπόστρωμα, δηλαδή στις μεταχειρίσεις «αλατότητα» (A) «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA) εμφανίζονται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (7,42 mS/cm και 7,00 mS/cm αντίστοιχα). Στις 73 ημέρες από τη μεταφύτευση οι συγκεντρώσεις NaCl στο νερό άρδευσης αυξήθηκαν στις μεταχειρίσεις M, A και AXA (2,78 mS/cm 14,02 mS/cm και 16,12 mS/cm) ενώ στη μεταχείριση MXA μειώθηκαν ελαφρώς (1,73 mS/cm).

Φαίνεται ότι με το πέρασμα του χρόνου η αυξημένη αλατότητα στο υπόστρωμα των φυτών των μεταχειρίσεων A και AXA οδήγησε σε σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων NaCl στο διάλυμα απορροής.

Πίνακας 6.6 Η αγωγιμότητας του διαλύματος απορροής των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση σε mS/cm

M: μάρτυρας, MXA: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, A: αλατότητα, AXA: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | |
|---------------------------|---|--------------|
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | 54 | 73 |
| M | 1,52 ± 0,27 | 2,78 ± 0,82 |
| MXA | 2,04 ± 1,20 | 1,73 ± 0,50 |
| A | 7,42 ± 0,62 | 14,02 ± 1,89 |
| AXA | 7,00 ± 0,93 | 16,12 ± 2,85 |



Διάγραμμα 6.6 Η αγωγιμότητα του διαλύματος απορροής στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.6 Αγωγιμότητα υποστρώματος

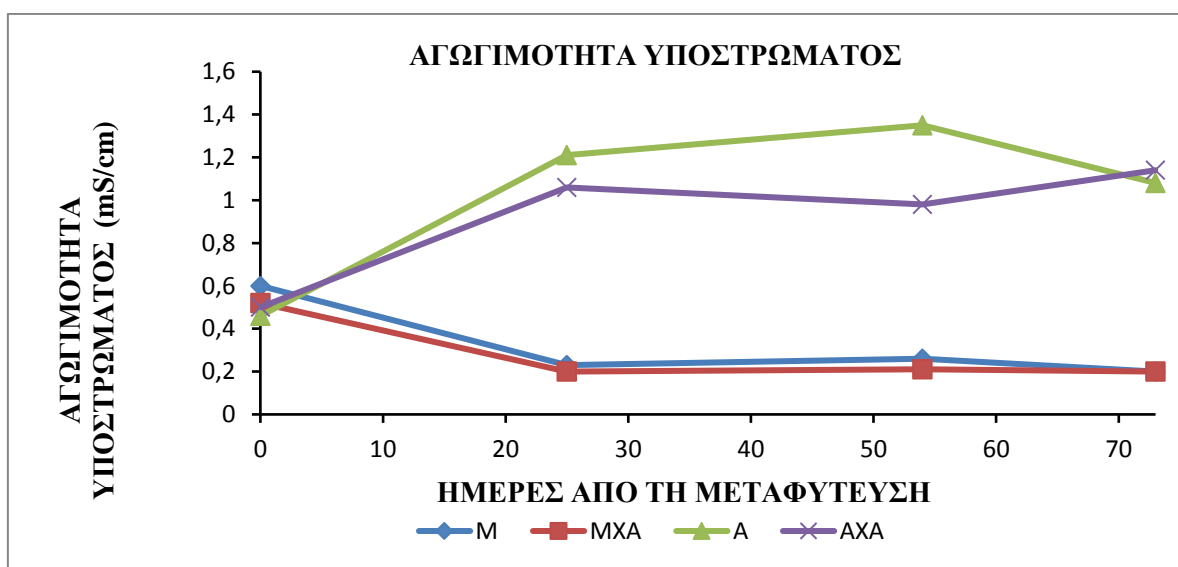
Στον πίνακα 6.7 και το διάγραμμα 6.7 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στο υπόστρωμα των φυτών μαρουλιού. Συγκεκριμένα την ημέρα της μεταφύτευσης εμφανίζονται οι συγκεντρώσεις σε παρόμοια σχετικά επίπεδα με τιμές από 0,46 mS/cm στη μεταχείριση «αλατότητα» (A) έως 0,60 mS/cm στη μεταχείριση «μάρτυρας» (M). Στη συνέχεια 25 ημέρες από τη μεταφύτευση τα φυτά των μεταχειρίσεων με αυξημένη αλατότητα στο περιβάλλον των ριζών τους A και «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA) καταγράφουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις NaCl στο υπόστρωμά τους (1,21 mS/cm και 1,06mS/cm αντίστοιχα) από ότι τα φυτά των μεταχειρίσεων M (0,23 mS/cm) και «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA) (0,20 mS/cm). Στις 54 ημέρες από τη μεταφύτευση οι συγκεντρώσεις διακρίνονται αυξημένες και κυμαίνονται από 0,21mS/cm στη μεταχείριση MXA έως 1,35 στη μεταχείριση A, ενώ στη μεταχείριση AXA έχουν μειωθεί ελαφρώς (0,98 mS/cm). 73 ημέρες από τη μεταφύτευση παρατηρείται το ακριβώς αντίθετο δηλαδή ενώ οι συγκεντρώσεις στη μεταχείριση AXA έχουν αυξηθεί (1,14 mS/cm) στις υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις M (0,20 mS/cm), MXA (0,20 mS/cm) και A (1,08 mS/cm) έχουν μειωθεί.

Διαπιστώνεται ότι η άρδευση με νερό αυξημένης αλατότητας αύξησε τη συγκέντρωση των αλάτων στο υπόστρωμα των φυτών.

Πίνακας 6.7 Η αγωγιμότητα του υποστρώματος των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση σε mS/cm

M: μάρτυρας, ΜΧΑ: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, Α: αλατότητα, ΑΧΑ: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | | |
|--------------------|----------------------------------|-----------|-------------|-------------|
| | 0 | 25 | 54 | 73 |
| M | 0,60 | 0,23 | 0,26 ± 0,09 | 0,20 ± 0,06 |
| ΜΧΑ | 0,52 | 0,20 | 0,21 ± 0,03 | 0,20 ± 0,04 |
| A | 0,46 | 1,21 | 1,35 ± 0,36 | 1,08 ± 0,09 |
| ΑΧΑ | 0,50 | 1,06 | 0,98 ± 0,05 | 1,14 ± 0,20 |



Διάγραμμα 6.7 Η αγωγιμότητα του υποστρώματος στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.7 Χλωροφύλλη

6.7.1 Χλωροφύλλη a

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης a στα φυτά μαρουλιού αποτυπώνεται στον πίνακα 6.8 καθώς και στο διάγραμμα 6.8. Στη διάρκεια της πρώτης δειγματοληψίας, η μεγαλύτερη τιμή μετράτε στη μεταχείριση του «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (ΜΧΑ) (19,21nm) ενώ τα

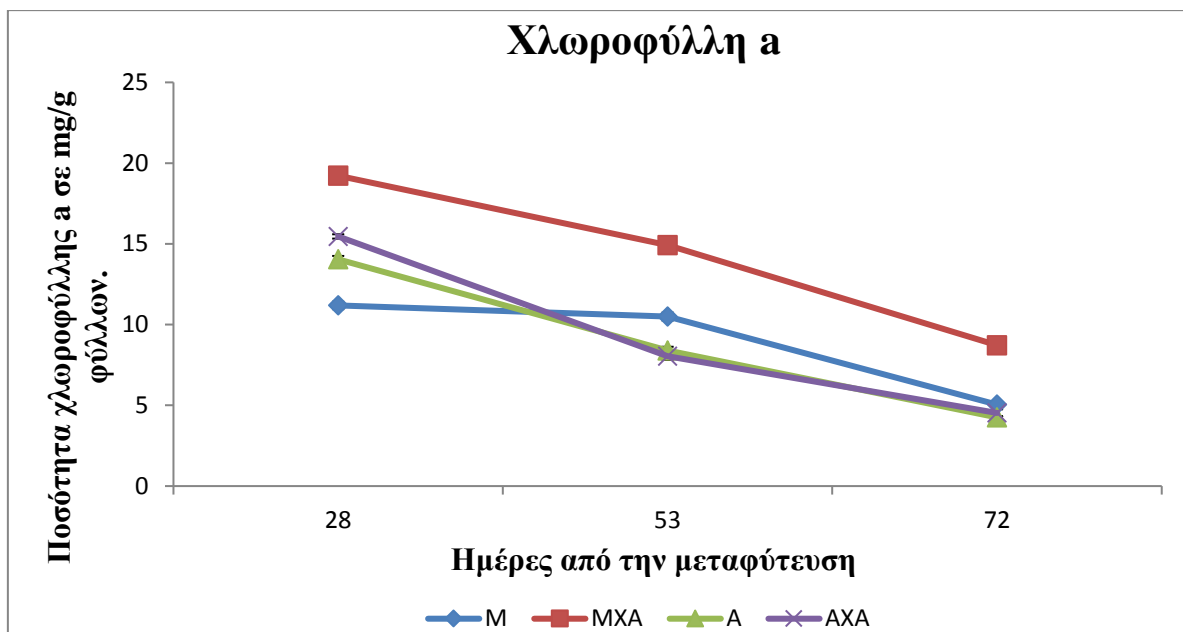
φυτά των υπόλοιπων τριών μεταχειρίσεων κυμαίνονται στο ίδιο εύρος τιμών από 11,18 έως 15,45 nm. Μετά το πέρας 53 ημερών από τη μεταφύτευση παρατηρείται μείωση των τιμών της χλωροφύλλης α σε όλες τις μεταχειρίσεις με την μεγαλύτερη τιμή να εντοπίζεται στη μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA) ήτοι 14,92 nm ενώ η ελάχιστη στη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA) (8,05 nm). Τέλος, 54 ημέρες από τη μεταφύτευση καταγράφεται και πάλι σημαντική μείωση των τιμών με την MXA να σημειώνει ξανά την υψηλότερη τιμή (8,72 nm), πιθανόν το γεγονός αυτό να οφείλεται στη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών.

Με το πέρας του χρόνου οι τιμές όλων των μεταχειρίσεων παρουσιάζονται ελαφρώς μειωμένες, δείχνοντας έτσι ότι η αυξημένη αλατότητα στο υπόστρωμα των φυτών και η χορήγηση βιοδιεγερτών δεν επέδρασε σημαντικά στα φυτά. Σε όλη την διάρκεια του πειράματος η μεταχείριση MXA εμφανίζεται με την μεγαλύτερη τιμή γεγονός που υποδηλώνει την δράση των βιοδιεγερτών.

Πίνακας 6.8 Η χλωροφύλλη των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση σε nm.

M: μάρτυρας, MXA: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, A: αλατότητα, AXA: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | | 28 | | 53 | | 72 | |
|---------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | <i>Μήκος κύματος</i> | <i>661 nm (a)</i> | <i>644 nm (b)</i> | <i>661 nm (a)</i> | <i>644 nm (b)</i> | <i>661 nm (a)</i> | <i>644 nm (b)</i> |
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | | | | | | | |
| | M | 11,18 ± 5,42 | 3,54 ± 1,80 | 10,49 ± 7,03 | 4,03 ± 3,01 | 5,04 ± 1,02 | 1,78 ± 0,42 |
| | MXA | 19,21 ± 7,52 | 6,02 ± 2,63 | 14,92 ± 8,33 | 6,17 ± 3,53 | 8,72 ± 2,55 | 3,16 ± 1,04 |
| | A | 14,04 ± 4,84 | 4,23 ± 1,56 | 8,40 ± 3,68 | 2,38 ± 0,70 | 4,25 ± 1,74 | 1,35 ± 0,93 |
| | AXA | 15,45 ± 3,08 | 3,98 ± 2,00 | 8,05 ± 4,38 | 2,30 ± 0,81 | 4,53 ± 2,24 | 1,31 ± 0,25 |

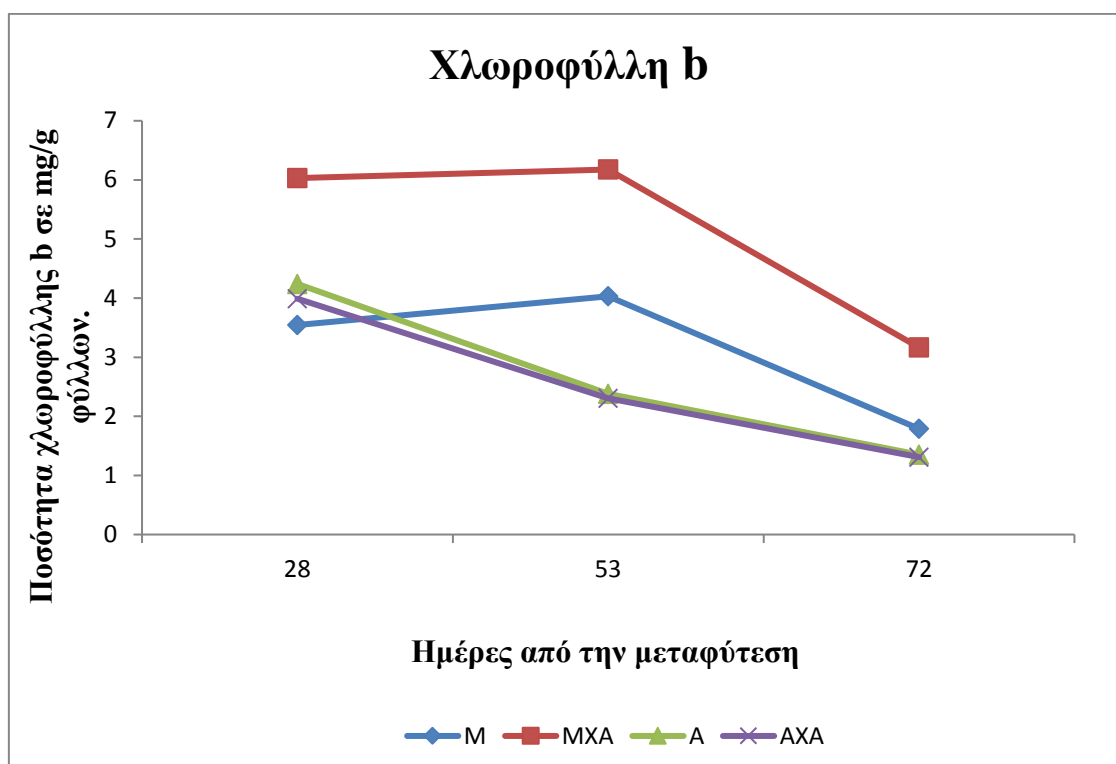


Διάγραμμα 6.8 Η συγκέντρωση χλωροφύλλης a στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.7.2 Χλωροφύλλη b

Στον πίνακα 6.8 και στο διάγραμμα 6.9 αποτυπώνονται οι τιμές της χλωροφύλλης b. Στην πρώτη δειγματοληψία όλες οι μεταχειρίσεις εμφανίζονται στα ίδια επίπεδα τιμών με μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους (από 3,54 έως 6,02 nm). Έπειτα, 53 ημέρες από τη μεταφύτευση εμφανίζεται μια ελαφρά αύξηση των συγκεντρώσεων στις μεταχειρίσεις M και MXA (4,03 και 6,17 nm αντίστοιχα) σε αντίθεση με τις μεταχειρίσεις όπου εμπλουτίστηκαν με νερό υψηλής αλατότητας (A και AXA) με τιμές 2,38 και 2,30 nm αντίστοιχα. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δειγματοληψίας διακρίνεται μία αισθητή μείωση σε όλες τις μεταχειρίσεις με τη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA) να σημειώνει την μικρότερη τιμή (1,31 nm) και την «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA) την υψηλότερη συγκέντρωση (3,16 nm).

Φαίνεται λοιπόν πως 53 ημέρες από τη μεταφύτευση παρατηρείται αύξηση μόνο στις μεταχειρίσεις M και MXA το γεγονός που ίσως να οφείλεται στην αυξημένη αλατότητα των υπόλοιπων μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 6.9 Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.7.3 Συνολική χλωροφύλλη

Οι συγκεντρώσεις της συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα μαρουλιού φαίνονται στον Πίνακα 6.9 και το διάγραμμα 6.10. Κατά την διάρκεια της πρώτης δειγματοληψίας, 28 ημέρες από τη μεταφύτευση η συνολική χλωροφύλλη στα φύλλα των φυτών μαρουλιού κυμάνθηκε από 14,73 mg/L στη μεταχείριση του «μάρτυρα» (M) έως 25,24 mg/L στη μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA) καταγράφοντας σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων. Έπειτα, 53 ημέρες από τη μεταφύτευση η τιμή της μεταχείρισης M παραμένει σχεδόν σταθερή ενώ οι υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις μειώνονται αρκετά, «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA) (21,09 mg/L) «αλατότητα» (A) (10,78mg/L) και «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (AXA) (10,35mg/L). Στην τελευταία δειγματοληψία παρατηρείτε κατακόρυφη μείωση των τιμών σε όλες τις μεταχειρίσεις με τη μικρότερη να εντοπίζεται στη μεταχείριση A (5,60 mg/L) ακολουθούμενη από αυτές στις μεταχειρίσεις AXA (5,84 mg/L) και M (6,83 mg/L) και τη μεγαλύτερη στη μεταχείριση MXA (11,88 mg/L).

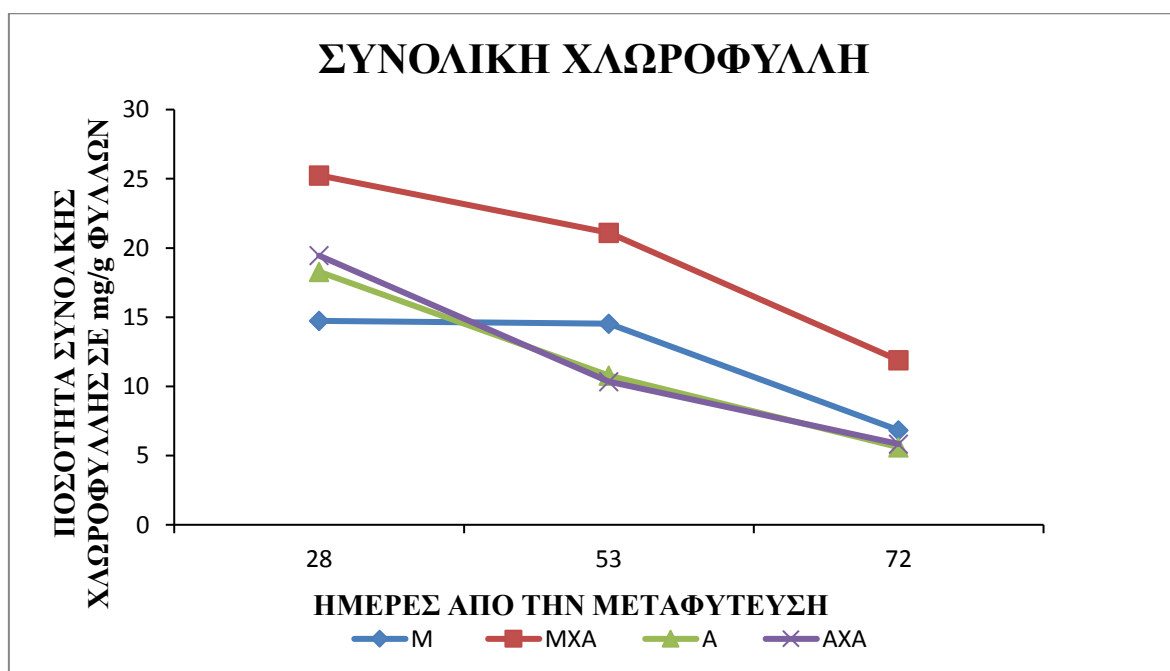
Με το πέρας του χρόνου και την ολοκλήρωση του πειράματος παρουσιάζεται μια βαθμιαία μείωση των τιμών σε όλες τις μεταχειρίσεις υποδηλώνοντας πως μάλλον η

αυξημένη αλατότητα στον περιβάλλον των ριζών και η εφαρμογή βιοδιεγερτών δεν επέδρασαν ιδιαίτερα στη χλωροφύλλη των φυτών μαρουλιού.

Πίνακας 6.9 Η συνολική χλωροφύλλη των φυτών μαρουλιού σε ημέρες από τη μεταφύτευση

M: μάρτυρας, ΜΧΑ: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, Α: αλατότητα, ΑΧΑ: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | |
|---------------------------|---|-----------|-----------|
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | 28 | 53 | 72 |
| M | 14,73 | 14,52 | 6,83 |
| ΜΧΑ | 25,24 | 21,09 | 11,88 |
| A | 18,28 | 10,78 | 5,60 |
| ΑΧΑ | 19,44 | 10,35 | 5,84 |



Διάγραμμα 6.10 Η συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.8 Επίπεδα καλίου

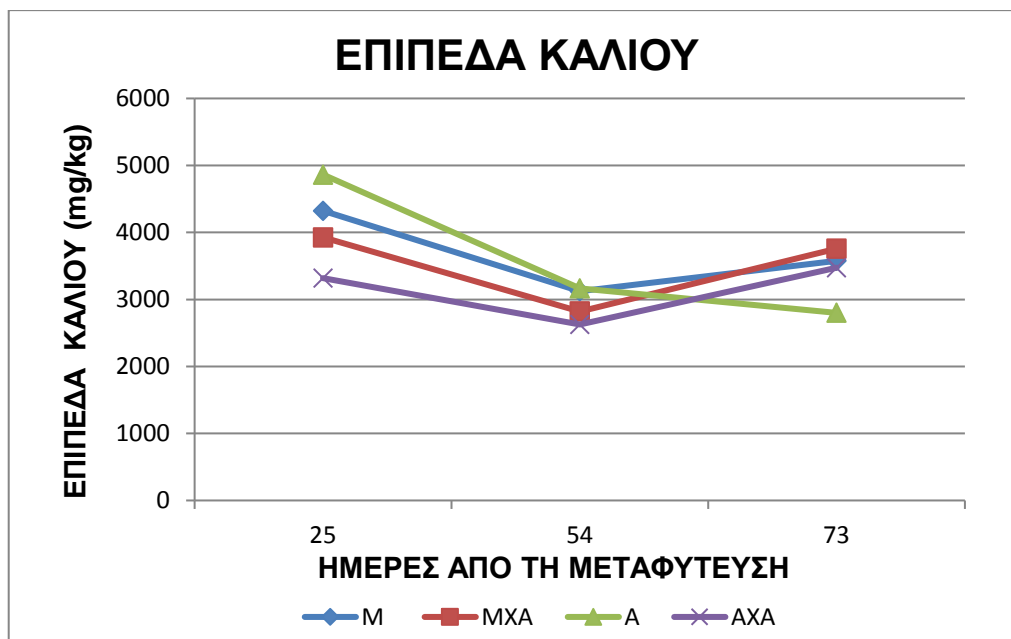
Οι συγκεντρώσεις του K^+ στα φύλλα των φυτών μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.10 και στο Διάγραμμα 6.11. Στην πρώτη δειγματοληψία 25 ημέρες από τη μεταφύτευση οι συγκεντρώσεις K^+ στα φύλλα των φυτών μαρουλιού κυμαίνονται από 3320,0 ppm στη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες» (ΑΧΑ) έως 4863,3 ppm στη μεταχείριση «αλατότητα» (Α), παρουσιάζοντας αρκετά μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Στις 54 ημέρες από τη μεταφύτευση οι συγκεντρώσεις παρουσιάζονται μειωμένες με μικρές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων και κυμαίνονται από 2626,6 ppm στη μεταχείριση ΑΧΑ έως 3166,6 ppm στην Α. Στη συνέχεια, 73 ημέρες από τη μεταφύτευση οι συγκεντρώσεις του K^+ στα φύλλα των φυτών αυξάνονται και πάλι σε όλες τις μεταχειρίσεις με τις μικρότερες να παρατηρούνται στη μεταχείριση Α (2800,0 ppm), ακολουθούμενες από αυτές στις μεταχειρίσεις ΑΧΑ (3473,3 ppm) και «μάρτυρας» (Μ) (3576,6 ppm) και τις μεγαλύτερες στη μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (ΜΧΑ) (3760,0 ppm).

Οι διαφορές που παρουσιάζονται στην πρώτη δειγματοληψία οφείλονται μάλλον σε τυχαίους παράγοντες αφού το χρονικό διάστημα από την έναρξη της άρδευσης με διάλυμα NaCl και την εφαρμογή των βιοδιεγερτών ήταν σχετικά μικρό. Γενικά η αυξημένη αλατότητα στο περιβάλλον των ριζών και η εφαρμογή των βιοδιεγερτών δεν φαίνεται να επέδρασαν στις συγκεντρώσεις K^+ στα φύλλα των φυτών στις δύο πρώτες δειγματοληψίες (25 και 54 ημέρες από τη μεταφύτευση), ενώ στην τρίτη δειγματοληψία η μικρότερη συγκέντρωση K^+ στα φύλλα των φυτών της Α και η διαφορά της από αυτή της μεταχείρισης ΑΧΑ ίσως είναι αποτέλεσμα της υψηλότερης συγκέντρωσης αλάτων στο υπόστρωμα και της δράσης των βιοδιεγερτών στα φυτά.

Πίνακας 6.10 Η συγκέντρωση K^+ στα φύλλα μαρουλιού (ppm \pm η τυπική απόκλιση) σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση

Μ: μάρτυρας, ΜΧΑ: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, Α: αλατότητα, ΑΧΑ: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | |
|---------------------------|---|----------------------|----------------------|
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | 25 | 54 | 73 |
| Μ | 4323,33 \pm 1243,63 | 3123,33 \pm 759,36 | 3576,66 \pm 493,99 |
| ΜΧΑ | 3926,66 \pm 941,61 | 2820 \pm 783,07 | 3760 \pm 612,20 |
| Α | 4863,33 \pm 240,06 | 3166,66 \pm 564,38 | 2800 \pm 341,17 |
| ΑΧΑ | 3320 \pm 1073,87 | 2626,66 \pm 593,40 | 3473,33 \pm 303,53 |



Διάγραμμα 6.11 Η συγκέντρωση του καλίου (K^+) στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

6.9 Επίπεδα Νατρίου

Οι συγκεντρώσεις του Na^+ στα φύλλα των φυτών μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.11 και στο Διάγραμμα 6.12. Στις 25 ημέρες από τη μεταφύτευση τα επίπεδα του Na^+ στα φύλλα των φυτών παρουσιάζουν μικρές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων και κυμαίνονται από 1826,6 ppm στη μεταχείριση «μάρτυρας + βιοδιεγέρτες» (MXA) έως 2086,6 ppm στη μεταχείριση «αλατότητα» (A). Στη συνέχεια, 54 ημέρες από τη μεταφύτευση παρατηρείται αύξηση των συγκεντρώσεων του Na^+ στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα αυξημένης αλατότητας (2143,3 ppm στη μεταχείριση A και 2190,0 ppm στη μεταχείριση «αλατότητα + βιοδιεγέρτες AXA) και ελαφρά μείωση σε αυτές των μεταχειρίσεων «μάρτυρας» (M) (1470,0 ppm) και MXA (1340,0 ppm). Τέλος 73 ημέρες από τη μεταφύτευση παρατηρείται επιπλέον αύξηση των συγκεντρώσεων Na^+ στις μεταχειρίσεις A και AXA (2536,6 και 2666,66 ppm αντίστοιχα) και ελαφρά αύξηση στη μεταχείριση M (1666,6 ppm), ενώ στη μεταχείριση MXA οι συγκεντρώσεις παρέμειναν στα ίδια περίπου επίπεδα (1323,3 ppm).

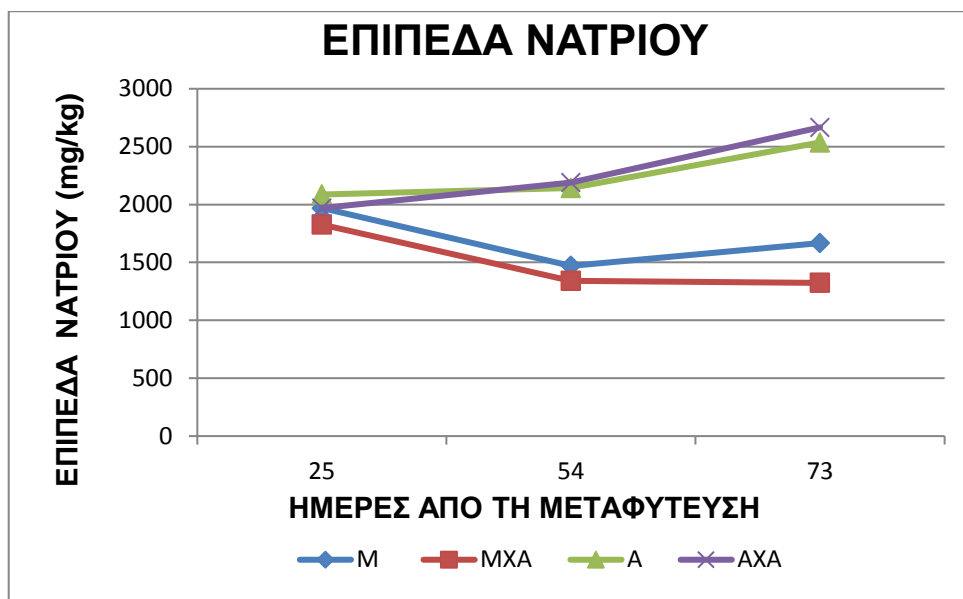
Φαίνεται ότι με το πέρασμα του χρόνου η αυξημένη αλατότητα στο υπόστρωμα των φυτών των μεταχειρίσεων A και AXA οδήγησε σε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του Na^+ στα φύλλα των φυτών. Η προσθήκη των βιοδιεγερτών δεν φαίνεται ότι είχε κάποια επίδραση στη συγκέντρωση του νατρίου στα φύλλα των φυτών των μεταχειρίσεων A και

ΑΧΑ, ενώ στις μεταχειρίσεις Μ και ΜΧΑ η συγκέντρωση του Na⁺ 73 ημέρες από τη μεταφύτευση παρουσιάζεται ελαφρώς μικρότερη στη μεταχείριση ΜΧΑ σε σχέση με τη Μ.

Πίνακας 6.11 Η συγκέντρωση Na⁺ στα φύλλα μαρουλιού (ppm ± η τυπική απόκλιση) σε ημέρες από τη μεταφύτευση και η τυπική απόκλιση

Μ: μάρτυρας, ΜΧΑ: μάρτυρας + βιοδιεγέρτες, Α: αλατότητα, ΑΧΑ: αλατότητα + βιοδιεγέρτες

| | <u>ΗΜΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ</u> | | |
|---------------------------|---|----------------|----------------|
| <u>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</u> | 25 | 54 | 73 |
| Μ | 1970,0 ± 651,8 | 1470,0 ± 433,0 | 1666,6 ± 230,9 |
| ΜΧΑ | 1826,6 ± 676,8 | 1340,0 ± 103,9 | 1323,3 ± 225,0 |
| Α | 2086,6 ± 192,1 | 2143,3 ± 161,6 | 2536,6 ± 255,4 |
| ΑΧΑ | 1970,0 ± 487,7 | 2190,0 ± 200,7 | 2666,6 ± 260,2 |



Διάγραμμα 6.12 Η συγκέντρωση του νατρίου (Na⁺) στα φυτά μαρουλιού κατά τη διάρκεια του πειράματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες αυτής της εργασίας, φυτά μαρουλιού ποικιλίας Storfighter αρδεύτηκαν με νερό αυξημένης αλατότητας, και εκτιμήθηκε επίδραση συνδυασμού βιοδιεγερτών (εκχύλισμα χουμικών και φουλβικών οξέων και εκχύλισμα από φύκη) στην ανάπτυξή τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος η ηλεκτρική αγωγιμότητα τόσο του υποστρώματος όσο και του διαλύματος απορροής, αλλά και η συγκέντρωση του Na στα φύλλα των φυτών που αρδεύτηκαν με θρεπτικό διάλυμα με προσθήκη NaCl (μεταχειρίσεις αλατότητα (A) και αλατότητα + βιοδιεγέρτες (AXA)) ήταν σημαντικά μεγαλύτερες σε σχέση με τα φυτά των οποίων το θρεπτικό διάλυμα δεν προστέθηκε NaCl (μεταχειρίσεις μάρτυρας (M) και μάρτυρας + βιοδιεγέρτες (MXA)). Όσον αφορά στην ανάπτυξη τα φυτά των μεταχειρίσεων M και MXA εμφάνισαν μεγαλύτερο νωπό βάρος, μεγαλύτερα μεσογονάτια διαστήματα και μεγαλύτερο πάχος βλαστού από τις μεταχειρίσεις A και AXA, χωρίς όμως οι διαφορές να είναι σημαντικές. Η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση MXA σε σχέση με τις υπόλοιπες, ενώ η συγκέντρωση K κυμάνθηκε στα ίδια λίγο-πολύ επίπεδα σε όλες τις μεταχειρίσεις εκτός της τελευταίας μέτρησης που στην μεταχείριση A ήταν σημαντικά μικρότερη από τις υπόλοιπες. Η εφαρμογή των βιοδιεγερτών δεν φαίνεται να επήρασε στην ανάπτυξη των φυτών, καθώς και στις συγκεντρώσεις K, Na και χλωροφυλλών στα φύλλα με μόνη εξαίρεση τη συγκέντρωση χλωροφυλλών στα φύλλα των φυτών της μεταχείρισης MXA. Η αντίθεση των παραπάνω αποτελεσμάτων σε σχέση με τις αναφορές στη βιβλιογραφία για τις ευεργετικές επιδράσεις των βιοδιεγερτών τόσο στην ανάπτυξη των φυτών όσο και στην ικανότητά τους να αντεπεξέρχονται σε στρεσογόνες καταστάσεις ίσως είναι αποτέλεσμα του ότι οι συγκεντρώσεις των βιοδιεγερτών που εφαρμόστηκαν στη συγκεκριμένη εργασία ήταν μικρότερες αυτών που απαιτούνταν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ashraf M. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*. 2004;199:361–376.
2. Baker, N., Rosenqvist, E., (2004). Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies. *Journal of Experimental Botany*. 55(403):1607-21.
3. Bano A., Fatima M. Salt tolerance in *Zea mays* (L.) following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. *Biol. Fertility Soils*. 2009; 45:405–413.
4. Battacharyya D., Babgohari M. Z., Rathor P., Prithiviraj B., (2015), Seaweed extracts as biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196: 39-48.
5. Blaylock, A.D., 1994. Soil salinity, salt tolerance and growth potential of horticultural and landscape plants. Co-operative Extension Service, University of Wyoming, Department of Plant, Soil and Insect Sciences, College of Agriculture, Laramie, Wyoming.
6. Bulgari R., G. Cocetta, A. Trivellini, P. Vernieri & A. Ferrante, (2015), Biostimulants and crop responses: a review, *Biological Agriculture & Horticulture*, 31:1, 1-17 Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>.
7. Calvo P, Watts DB, Ames RN, Kloepper JW, Torbert HA (2013) Microbial-based inoculants impact nitrous oxide emissions from an incubated soil medium containing urea fertilizers. *J Environ Qual* 42:704–712.
8. Calvo P., Louise N., Kloepper J. W., (2014), Agricultural uses of plant biostimulants, *Plant Soil*, 383: 3 – 41.
9. Canellas, L.P., Olivares, F.L., 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 1, 1–11.
10. Canellas L. P., Fábio L. Olivares a, Natália O. Aguiar a, Davey L. Jones b, Antonio Nebbioso c, Pierluigi Mazzei c, Alessandro Piccoloc, (2015), Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196: 15-27.
11. Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E. & Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science*, 5, pp. 1-6.

12. Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R. & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, Vol 196, 28-38.
13. Ελευθερίου, Π., (2004). Εποχιακή διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου και των νιτρικών σε αεροπονική καλλιέργεια μαρουλιού.(Πτυχιακή μελέτη) ΤΕΙ Καλαμάτας.
14. Farmacon Team, (2018, 17 Μαΐου), Οι πιο κοινές μορφές φυτικού στρες, Ανακτήθηκε από: https://blog.farmacon.gr/katigories/tekniki-arthrografia/fytoprostatia/item/2022-oi-pio-koines-morfes-fytikoy-stres?fbclid=IwAR0hlpK5SZ1RiGhRb9NRPF0RcRrQ_6c_3k4XdVITUDuqV_LnnAoSg88fSR4.
15. Goñi O., Quille P., O'Connell S., (2018), Ascophyllum nodosum extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants, *Plant Physiology and Biochemistry*, 126: 63-73.
16. Hayat R., Ali S., Amara U., Khalid R., Ahmed I., (2010) Soil beneficial bacterial and their role in plant growth promotion, *Annals of Microbiology*, 60: 579-578.
17. Jardin P., (2015), Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, *Scientia Horticulturae*, 196: 3-14.
18. Jamil A., Riaz S., Ashraf M., Foolad M.R. Gene expression profiling of plants under salt stress. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2011;30(5):435–458.
19. Khan W., Usha M., Subramanian S., (2009), Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development, *Journal of Plant Growth Regulation*, 28 (4): 386-399.
20. Κοσμίδης, Η., (2004), Επίδραση της αλατότητας απο NaO και της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση και στην χημική σύσταση του μαρουλιού (Πτυχιακή εργασία), Καλαμάτα: ΤΕΙ Καλαμάτας.
21. Κουκουλάκης, Π., (2019), Τα προβληματικά εδάφη και η βελτίωση τους. Ανακτήθηκε από: https://giorgoskatsadonis.blogspot.com/2019/11/blog-post_13.html.
22. Κουτσούγερας, Β., (2019), Επίδραση βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις δυο ποικιλιών σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) (Πτυχιακή εργασία), Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

23. Κωνσταντινίδου Ε.-Ι., (2003) Φυσιολογία φυτών, από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
24. Λυκοσκούφης, Ι., Η., (2003). Οι επιπτώσεις της υψηλής αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος υδροπονικών καλλιεργειών στη φωτοσύνθεση και την αγωγιμότητα των στοματίων. (Μεταπτυχιακή μελέτη) Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
25. Manchanda G., Garg N. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiol. Plant.* 2008; 30:595–618
26. Manchanda G., Garg N. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiol. Plant.* 2008; 30:595–618.
27. Munns R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 2002;25:239–250.
28. Μακάρογλου, Γ., (2018), Αντιμετώπιση της αλατότητας του εδάφους με βιολογικές τεχνικές σε συνθήκες θερμοκηπίου (Διπλωματική εργασία), Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης
29. Μήτσιοι, Κ. Ι., (1999), Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
30. Ολύμπιος, Χ. Μ., 1994. Στοιχεία Γενικής Λαχανοκομίας. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
31. Ολύμπιος, Χ. Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα.
32. Parrida, A., K., Das, A., B., (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 324- 349.
33. Pessaraki, M., (2005) Handbook of photosynthesis. Taylor & Francis.
34. Παναγιωτόπουλος, Κ. (2010). Εδαφολογία. Θεσσαλονίκη: Άγιος-Σάββας Δ. Γαρταγάνης.
35. Παυλάκη, Ε., (2018). Χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών στη γεωργική πρακτική (Πτυχιακή εργασία), ΤΕΙ Κρήτης.
36. Πέττα, Α., (1998). Τεχνικοοικονομική ανάλυση της καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα.(Πτυχιακή Εργασία).
37. Rose, M.T., Patti, A.F., Little, K.R., Brown, A.L., Jackson, W.R., Cavagnaro, T.R., 2014. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic

- substances:practical implications for agriculture. In: Sparks, D.S. (Ed.), Advances in Agronomy, Vol. 124, pp. 37–89.
38. Science Education through Earth Observation, Χλωροφύλλη και Φωτοσύνθεση, Τηλεπισκόπηση και GIS στην Γεωργία, Ανακτήθηκε από: <https://www.seos-project.eu/agriculture/agriculture-c01-s05.gr.html>
39. Sharma H. S. S., Fleming C., Selby C., J. R. Rao & Trevor Martin, (2014), Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses, J Appl Phycol 26:465– 490 .
40. Suo J., Qi Zhao, David L., Sixue Chen and Shaojun Dai, (2017), Salinity Response in Chloroplasts: Insights from Gene Characterization, Int J Mol Sci., 18(5): 101. Ανακτήθηκε από: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5454924/>
41. Σάββας Δ., Γιώτης Δ., Μπακέα Μ., Καραπάνος Ι., Πάσσαμ Χ., 2007. Αλληλεπιδράσεις μεταξύ αλατότητας και πυριτίου σε υδροπονική καλλιέργεια κολοκυθίου στο θερμοκήπιο. 230 Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Χανιά 23-26 Οκτωβρίου. Σελ. 839-842.
42. Σαραντουλάκη, Π. , (2012), Επίδραση θεϊκού καλίου σε φυτά ρόκας αναπτυσσόμενα σε συνθήκες αλατότητας (πτυχιακή εργασία), Ηράκλειο: TEI Κρήτης.
43. Tuteja N., (2007), Abscisic Acid and Abiotic Stress Signaling. Ανακτήθηκε από: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4161/psb.2.3.4156>.
44. Van Oosten M.J., Pepe O., De Pascale S., Maggio A., (2017), The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants, Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 4: Article 5.
45. Walls, I., G., (1993). The Greenhouse. Edition Wardlock.