

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**  
**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**Τεχνολογίες και Διαχείριση Θερμοκηπίων και Θερμοκηπιακών**  
**Καλλιεργειών**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**«Επίδραση προμειγμάτων βιοδιεγερτών σε εκτός εδάφους καλλιέργεια  
μαρουλιού»**

**Βασίλης Ρούπας**

**Βόλος 2022**

«Επίδραση προμειγμάτων βιοδιεγερτών σε εκτός εδάφους καλλιέργεια μαρουλιού»

Βασίλης Ρούπας

**Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή**

**Πετρόπουλος Σπυρίδων** (Επιβλέπων), Αναπληρωτής Καθηγητής Λαχανοκομίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος

**Κατσούλας Νικόλαος** Καθηγητής Γεωργικές Κατασκευές - Θερμοκήπια,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος

**Αντωνιάδης Βασίλειος**, Αναπληρωτής Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος

Copyright © Βασίλειος Ρούπας, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αυτή η πτυχιακή μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο υλοποίησης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Τεχνολογίες και Διαχείριση Θερμοκηπίων και Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών», υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Πετρόπουλου Σπυρίδωνα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Πετρόπουλο Σπυρίδωνα, για την αμέριστη βοήθεια που με παρείχε, δίνοντας μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου μελέτης. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του μεταπτυχιακού μου προγράμματος, για τις πολύτιμες γνώσεις και τις δεξιότητες που μου προσέφεραν. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στους συμφοιτητές και τις συμφοιτήτριες μου, για την συμπαράσταση και την βοήθεια, όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής μελέτης είναι, η διερεύνηση της επίδρασης προμειγμάτων βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη του μαρουλιού σε καλλιέργεια εκτός εδάφους.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2021-2022. Τα νεαρά φυτά μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) ανήκαν σε δυο διαφορετικούς τύπους μαρουλιού και πιο συγκεκριμένα στις ποικιλίες, την ποικιλία Green Towers (Romaine type) και την ποικιλία Manchester (Batavia type). Τα σπορόφυτα (7 εβδομάδες μετά τη σπορά σε δίσκους) τοποθετήθηκαν σε γλάστρες με υπόστρωμα τύρφη:περλίτη (1:1, ο/ο) σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκηπίου. Συνολικά τοποθετήθηκαν 90 φυτά μαρουλιού τα οποία διαχωρίστηκαν σε έξι διαφορετικές μεταχειρίσεις (15 φυτοδοχεία σε κάθε μεταχείριση). Στην πρώτη μεταχείριση (control) τα φυτά αρδεύονταν μόνο με νερό ή/και θρεπτικό διάλυμα, ενώ στις υπόλοιπες πραγματοποιούνταν άρδευση με νερό ή/και θρεπτικό διάλυμα και προσθήκη βιοδιεγερτών είτε με διάλυμα είτε ψεκαστά. Οι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μείγματα φυκών, χουμικών και φουλβικών οξέων, ασβεστίου και πυριτίου, πρωτεϊνών και αμινοξέων, ασβεστίου καθώς και σταθεροποιημένο ορθοπυριτικό οξύ.

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν το χλωρό και ξηρό βάρος των φυτών, το νωπό βάρος των φύλλων, η φυλλική επιφάνεια, ο αριθμός των φύλλων και η ξηρή ουσία. Επίσης μετρήθηκαν η χλωροφύλλη και το ύψος των φυτών στις 5,20 και 30 μέρες μετά την πρώτη εφαρμογή βιοδιεγερτών.

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι α) οι βιοδιεγέρτες δεν είχαν σημαντική επίδραση σε όλα τα αγρονομικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν, β) ο βιοδιεγέρτης με το συνδυασμό ασβεστίου και πυριτίου παρουσίασε τα πιο θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτών, γ) το σταθεροποιημένο ορθοπυριτικό οξύ είχε τη λιγότερη θετική επίδραση στα φυτά, κάποιες φορές με χειρότερα αποτελέσματα και από αυτά του μάρτυρα και δ) ο παράγοντας της ποικιλίας διαφοροποίησε τα αποτελέσματα.

Λέξεις-κλειδιά: μαρούλι, βιοδιεγέρτες, πυρίτιο, καλλιέργεια εκτός εδάφους

## SUMMARY

The aim of this study is to investigate the effect of biostimulant premixes on the growth of lettuce in soilless culture.

The experiment was carried out in the greenhouse facilities of the University of Thessaly during the 2021-2022 growing season. Young lettuce (*Lactuca sativa* L. ) plants belonged to two different types of lettuce and more specifically in the cultivars, the Green Towers cultivar (Romaine type) and Manchester cultivar (Batavia type). Seedlings (7 weeks after sowing in trays) were placed in pots with a substrate of perlite:peat (1;1, v/v) under controlled greenhouse conditions. A total of 90 lettuce plants were planted and divided into six different treatments (15 plant pots in each treatment). In the first treatment (control) the plants were irrigated only with water or/and nutrient solution, while in the other treatments the plants were irrigated with water or/and nutrient solution and bio-stimulants, which added either in solution or sprayed. The biostimulants used were mixtures of algae, humic and fulvic acids, calcium and silica, proteins and amino acids, calcium as well as stabilized orthosilicic acid.

The quantitative characteristics studied were, the green and dry weight of the plants, fresh leaf weight, the leaf area, the number of leaves and dry matter. Chlorophyll and plant height were also measured at 5, 20 and 30 days after the first application of bio-stimulants.

The evaluation of the results showed that a) the biostimulants had no significant effect on all the agronomic characteristics measured, b) the biostimulant with the combination of calcium and silica had the most positive effects on plant growth, c) the stabilized orthosilicic acid had the least positive effect on the plants, sometimes with worse results than those of the control and d) the variety factor differentiated the results.

Key-words: lettuce, biostimulants, silicon, soilless cultivation

Εγώ, ο Ρούπας Βασίλειος, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) ως προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή του εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.

Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από τον Βασίλειο Ρούπα.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ.....</b>	<b>x</b>
<b>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Ιστορική εξέλιξη.....	1
1.2. Συστηματική ταξινόμηση .....	1
1.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά .....	2
1.4. Τύποι μαρουλιού .....	2
1.5. Διατροφική αξία .....	4
1.6. Κλιματικές απαιτήσεις .....	5
1.7. Απαιτήσεις σε έδαφος .....	6
1.8. Άρδευση .....	7
1.9. Ανάγκες σε λίπανση .....	7
1.10. Βιοδιεγέρτες .....	9
1.11. Κατηγορίες βιοδιεγερτών.....	10
<b>2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ .....</b>	<b>14</b>
2.1. Περιοχή και χρόνος εγκατάστασης .....	14
2.2. Σχεδιασμός πειράματος.....	14
2.3. Εφαρμογή βιοδιεγερτών και μετρήσεις χλωροφύλλης.....	16
2.4. Συγκομιδή και ποσοτικές αναλύσεις .....	18
2.5. Στατιστική ανάλυση .....	18
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>19</b>
3.1. Ύψος και δείκτης χλωροφύλλης.....	19
3.2. Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος και νωπό βάρος φύλλων .....	22
3.3. Αριθμός φύλλων .....	23
3.4. Φυλλική επιφάνεια.....	24
3.5. Ξηρό βάρος και ξηρή ουσία .....	25
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>27</b>
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>28</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>30</b>

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>ΕΙΚΟΝΑ 1. 1.</b> ΦΥΤΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, 2020. ....	3
<b>ΕΙΚΟΝΑ 1. 2.</b> ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΣΓΟΥΡΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΦΥΤΟΔΟΧΕΙΑ ΜΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΤΥΡΦΗ-ΠΕΡΙΛΙΤΗ. ....	8
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 1.</b> ΣΥΣΤΑΣΗ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ. ....	14
<b>ΕΙΚΟΝΑ 2.1.</b> ΜΙΑ ΕΚ ΤΩΝ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΩΝ ΜΕ 15 ΓΛΑΣΤΡΕΣ ΣΥΝΟΛΙΚΑ. ....	15
<b>ΕΙΚΟΝΑ 2. 2.</b> ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΩΝ (90 ΓΛΑΣΤΡΕΣ) ΓΙΑ ΜΙΑ ΠΟΙΚΙΛΙΑ. ....	16
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 2.</b> ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ. ....	16
<b>ΕΙΚΟΝΑ 2.1.</b> Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΦΥΤΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΙΣΙΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΙΣ 10 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ. .	17
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 1.1.</b> ΎΨΟΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ GREEN TOWERS ΣΤΙΣ 5, 20 ΚΑΙ 30 ΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ. ....	20
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 1. 2.</b> ΎΨΟΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ MANCHESTER ΣΤΙΣ 5, 20 ΚΑΙ 30 ΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ. ....	21
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 2. 1.</b> ΝΩΠΑ ΒΑΡΗ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ GREEN TOWERS. ....	22
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 2. 2.</b> ΝΩΠΑ ΒΑΡΗ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ MANCHESTER. ....	23
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 3. 1.</b> ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ. ....	23
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 4. 1.</b> ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ GREEN TOWERS ΚΑΙ MANCHESTER. ....	24
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.1.</b> ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΞΗΡΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ GREEN TOWERS. ....	25
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.2.</b> ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΞΗΡΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ MANCHESTER. ....	26

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Ιστορική εξέλιξη

Το μαρούλι (*Lactuca sativa*) στις μέρες είναι γνωστό ως ένα από τα πιο σημαντικά φυλλώδη λαχανικά. Ωστόσο η προέλευση του μαρτυρά ότι το είδος αυτό έχει προκύψει είτε από διασταυρώσεις με άλλα άγρια είδη του γένους *Lactuca*, είτε από το ζιζάνιο *Lactuca serriola*. Υπάρχουν πολλές απόψεις για την καταγωγή του φυτού. Πολλοί τείνουν να πιστεύουν ότι προέρχεται από την Αίγυπτο, καθώς απεικονίζεται ένας τύπος μαρουλιού σε ένα αιγυπτιακό τάφο του 4500 π.Χ.. Άλλοι αναφέρουν ότι ο καλλιεργήσιμος τύπος μαρουλιού κατάγεται από τη Μέση ανατολή όπου έγινε και η εξημέρωση του είδους. Συγκεκριμένα ο Rulkens, (1987), αναφέρει ότι το καλλιεργήσιμο μαρούλι προέρχεται από την περιοχή της Μεσοποταμίας, στο σημερινό Κουρδιστάν αφού, ανάμεσα από τους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη εντοπίζονται πολλά παρόμοια άγρια είδη του ίδιου γένους. Αναφορές για την παρουσία του είδους στον ελλαδικό χώρο, γίνονται ήδη από τον Θεόφραστο, τον Διοσκουρίδη και τον Ηρόδοτο, οι οποίοι το αναφέρουν με την ονομασία θριδακίνη ή θρίδαξ. Η ευρεία εξάπλωση του μαρουλιού σε όλο τον κόσμο δεν είναι τυχαία, αλλά βασίζεται στην χρήση του φυτού ως φάρμακο, διάσημο για τις παυσίπονες ιδιότητές του. Μεταξύ άλλων γνωστά για τις θεραπευτικές τους ιδιότητες ήταν η θριδακία η οποία λαμβάνεται από τη σύνθλιψη του ανθικού στελέχους, ο χυμός του μαρουλιού, προερχόμενος από τα είδη *Lactuca sativa*, *L.virosa* και *L.capitata*, χαράζοντας τομές στην βάση της ροζέτας ή στον ανθοφόρο βλαστό, αλλά και το θριδάκιον ύδωρ, το οποίο προέρχεται από την απόσταξη των φύλλων.

### 1.2. Συστηματική ταξινόμηση

Βασίλειο	Plantae
Συνομοταξία	Magnoliophyta
Ομοταξία	Magnoliopsida
Τάξη	Asterales
Οικογένεια	Compositae
Γένος	<i>Lactuca</i>
Είδος	<i>L.sativa</i>

### **1.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά**

Το μαρούλι είναι ένα ετήσιο ποώδες φυτό, το στέλεχος του οποίου κυμαίνεται από 30 έως 100 cm, διακλαδισμένο στο πάνω μέρος. Η ρίζα του φυτού είναι λεπτή, πασσαλώδης και φτάνει το μισό μέτρο μήκος, ενώ μετά τη μεταφύτευση καταστρέφεται η κύρια ρίζα και σχηματίζεται επιφανειακό θυσσανώδες ριζικό σύστημα. Το μαρούλι μπορεί να ποικίλλει σε μέγεθος, σχήμα ή και τύπο φύλλου. Γενικά, τα φύλλα είναι διατεταγμένα σπειροειδώς και σχηματίζουν μια πυκνή ροζέτα. Διακρίνονται πολλά σχήματα στα φύλλα από επιμήκη έως εγκάρσια ελλειπτικά, ενιαία ή πτεροσχιδή και σφαιρικά ή τριγωνικά. Το περιθώριο των φύλλων είναι οδοντωτό. Το χρώμα των φύλλων είναι από ανοιχτό έως βαθύ πράσινο, ενώ συχνά ορισμένες ποικιλίες είναι σε αποχρώσεις το κόκκινου.

Είναι φυτό μακράς ημέρας, το οποίο εισέρχεται στην ανθοφορία – αναπαραγωγική φάση, όταν η διάρκεια της ημέρας ξεπεράσει τις 12 ώρες. Αποτελείται από κοντό βλαστό με πολύ πυκνά φύλλα κατά την βλαστική περίοδο, σε αντίθεση με την αναπαραγωγική περίοδο, όπου ο βλαστός μεγαλώνει πολύ και μετατρέπεται σε ανθοφόρο.

Το ανθικό στέλεχος μπορεί να φτάσει τα 60 εκατοστά μέχρι τα 120 εκατοστά. Η ταξιανθία είναι κορυμβόμορφος βότρυς ή φόβη, με τις κεφαλές γύρω από το άκρο του ανθικού στελέχους σε διακλαδώσεις. Κάθε μία κεφαλή αποτελείται από 15-25 άνθη. Τα άνθη του, είναι ερμαφρόδιτα, μικρά, κίτρινου χρώματος.

Ο καρπός του μαρουλιού είναι αχαίνιο, έχει μήκος 6 έως 8 mm, φέρει λευκό πάππο με λευκές λεπτές τρίχες και το χρώμα του είναι λευκό, κρεμ, γκρι, καφέ ή μαύρο (Křístková et al., 2008). Το μαρούλι είναι φυτό το οποίο αυτογονιμοποιείται, γεγονός το οποίο καθιστά δύσκολη την παραγωγή υβριδίων και διασταυρώσεων αλλά και τη διαδικασία της τεχνητής επικονίασης και της επαγωγής αρρενοστεριότητας.

### **1.4. Τύποι μαρουλιού**

Η καλλιέργεια του μαρουλιού περιλαμβάνει επτά βασικούς τύπους ποικιλιών, όπως ορίστηκαν από τον ICNCP (Trehane, 1995). Τον τύπο Cos-Romaine (κν. Κως-

Ρωμάνα), τον τύπο Butterhead (κν. λείο κεφαλωτό), τον τύπο Crisphead (Iceberg ή κατσαρό κεφαλωτό), τον τύπο Asparagus, τον τύπο Oilseed και τον τύπο Cutting ή Leaf (κν. χαλαρό ανοιχτό φύλλωμα). Όλοι οι τύποι προέρχονται από το *Lactuca sativa* εκτός του τύπου Oilseed που προέρχεται είτε από το *L.serriola*, ή από το *L.sativa*, είτε αποτελεί υβρίδιο των δυο. Το χρώμα, το σχήμα, η υφή των φύλλων και το μέγεθος είναι φαινοτυπικά χαρακτηριστικά που διαφέρουν μεταξύ των τύπων αυτών (Still, 2007). Ο τύπος Κως-Ρωμάνα, καθώς και το κατσαρό κεφαλωτό έχουν τη πιο ευρεία κατανάλωση, ενώ ο τύπος Oilseed δεν καταναλώνεται ως λαχανικό αλλά χρησιμοποιείται για το λάδι που περιέχουν οι σπόροι του (Křístková et al., 2008). Σε ορισμένες ποικιλίες των τύπων Cos, Crisphead και Leaf, είναι έντονη η παρουσία του κόκκινου χρώματος εξαιτίας της ύπαρξης ανθοκυανινών.



**Εικόνα 1. 1.** Φυτά μαρουλιού σε καλλιέργεια στο έδαφος θερμοκηπίου. Πειραματικά θερμοκήπια Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, 2020.

### 1.5. Διατροφική αξία

Παρότι η περιεκτικότητα του μαρουλιού σε νερό φτάνει μέχρι 95%, η θρεπτική του αξία παραμένει ιδιαίτερα σημαντική. Σήμερα αποτελεί βασικό συστατικό για πολλές δίαιτες, λόγω των χαμηλών λιπαρών που διαθέτει. Είναι πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά και χαμηλό σε κορεσμένα λιπαρά οξέα. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα PUFA, τα οποία συνίστανται στα σύγχρονα διατροφικά μοντέλα, είναι το ωμέγα 6, λινολενικό οξύ (LA), το ωμέγα 3 και το α-λινολενικό οξύ (ALA) . Ο τύπος μαρουλιού που προτιμάται καθώς έχει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα, είναι ο τύπος Ρωμάνο. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Kim et al., 2016, οι αυξημένες ποσότητες λινολενικού (LA 60%) και α-λινολεϊκού οξέος (ALA 80%) που εμπεριέχονται στο μαρούλι, συμβάλλουν στην αποφυγή συμπτωμάτων δερματίτιδας, καθώς και νευρολογικών και προβλημάτων όρασης.

Εκτός των άλλων το μαρούλι είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες και υδατάνθρακες, ενώ ταυτόχρονα έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες. Στα 100 g μαρουλιού περιέχονται 3.8 g φυτικών ινών (MDA), τη στιγμή που η ημερήσια πρόσληψη φυτικών ινών για τους άντρες ανέρχεται στα 38 g και για τις γυναίκες στα 25 g αντίστοιχα. Η υψηλή παρουσία των φυτικών ινών προσδίδει κάποια ωφέλιμα χαρακτηριστικά για την ανθρώπινη υγεία. Έτσι η κατανάλωση μαρουλιού μειώνει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων, συμβάλλει στη μείωση της χοληστερόλης LDL και της αρτηριακής πίεσης, μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη και παράλληλα βελτιώνει το μεταβολισμό της γλυκόζης (Hansen et al., 2012; Whelton et al., 2005).

Σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία τα φυλλώδη μαρούλια είναι η κατηγορία με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νάτριο (Na) και ιδιαίτερα εκείνα με κόκκινο χρωματισμό 1.0 – 44 mg/g ξηρού βάρους. Επίσης, πολύ καλή πηγή καλίου (K) θεωρούνται τα πράσινα και τα κόκκινα φυλλώδη μαρούλια, με 48-120 mg/g ξηρού βάρους και 50-130 mg/g ξηρού βάρους αντίστοιχα (Kim et al., 2016). Επιπλέον, το Ca είναι ένα στοιχείο που παίζει σπουδαίο ρόλο στην καλή και υγιή ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού, αφού συμβάλλει στην πρόληψη πολλών ασθενειών όπως η οστεοπόρωση και η ραχίτιδα. Άμεσα εξαρτημένο από την ποικιλία του μαρουλιού, η ποσότητα ασβεστίου που λαμβάνει το άτομο με την κατανάλωση του, ανέρχεται στα 4-10 mg/g ξηρού βάρους. Άλλα στοιχεία όπως ο φώσφορος και το μαγνήσιο εντοπίζονται στο μαρούλι σε ποσότητες 0.9-6 mg/g ξηρού βάρους. Ιχνοστοιχεία όπως

ο ψευδάργυρος και ο σίδηρος, είναι εξίσου σημαντικά με τα προαναφερθέντα. Η ποσότητα ψευδαργύρου ανά 100 γραμμάρια φρέσκου μαρουλιού, αναλογεί στο 3% της ημερήσιας πρόσληψης ενός ενήλικου ανθρώπου (Kim et al., 2016) και η έλλειψη του, προκαλεί βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό. Η περιεκτικότητα του μαρουλιού σε σίδηρο, ανέρχεται στα 112,4 μg/g ξηρού βάρους και φτάνει μέχρι τα 248 μg/g ξηρού βάρους, με το μαρούλι τύπου Romaine να διαθέτει την υψηλότερη περιεκτικότητα του ιχνοστοιχείου.

Οι βιταμίνες που περιέχονται στα φυτά του μαρουλιού είναι επίσης σημαντικές για την ανθρώπινη υγεία και αποτελούν ένα ακόμα λόγο που το συγκεκριμένο λαχανικό, συγκαταλέγεται στα περισσότερα μοντέλα διατροφής. Η βιταμίνη Ε, απαντάται με τις μορφές της α και γ τοκοφερόλης οι οποίες λόγω των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους, παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη σοβαρών ασθενειών. Οι περιεκτικότητες α και γ τοκοφερόλης στις βασικές ποικιλίες μαρουλιών ( iceberg, romaine, butterhead, πράσινο και κόκκινο leaf lettuce ), κυμαίνονται από 26 έως 152 μg/g ξηρού βάρους (Kim et al., 2016). Επίσης, το μαρούλι είναι λαχανικό, το οποίο είναι πολύ πλούσιο σε φολικό οξύ. Το φολικό οξύ συνδέεται με τη παραγωγή του DNA, επηρεάζοντας σε μεγάλο βαθμό τις κυτταρικές λειτουργίες και γενικά την ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού. Πολύ καλή πηγή φολικού οξέος θεωρούνται το red leaf lettuce, το romaine και το butterhead. Ο τύπος romaine, περιέχει από 1,4 έως 28 μg/g ξηρού βάρους (Kim et al., 2016). Τα 100 γραμμάρια μαρουλιού, μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο μέρος, των ημερήσιων αναγκών πρόσληψης για ένα ενήλικο (400-600 μg).

## **1.6. Κλιματικές απαιτήσεις**

Το μαρούλι είναι ένα φυτό ψυχρής εποχής, γεγονός που το καθιστά ικανό να αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Συνήθως καλλιεργείται στην ύπαιθρο σε θερμοκρασίες αέρα 17 °C έως 22 °C κατά τη διάρκεια της ημέρας και 3 °C έως 12 °C τη νύχτα (Thompson et al., 1998). Η μέγιστη χαμηλότερη θερμοκρασία που μπορεί να αντέξει είναι οι -5 °C. Ωστόσο τα όρια αυτά δεν είναι ίδια αλλά ποικίλουν ανάλογα τον τύπο, την ποικιλία και την ηλικία του φυτού, την εποχή καλλιέργειας και την ένταση του φωτός. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να επιταχύνουν την ανάπτυξη του φυτού, ωστόσο έχουν αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα του μαρουλιού. Ιδιαίτερα

σημαντικό, είναι να επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες κατά το σχηματισμό κεφαλής (κυρίως στα κεφαλωτά μαρούλια), διαφορετικά η κεφαλή είναι χαλαρή και τα φύλλα αποκτούν υπόπικρη γεύση. Σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκηπίου τα όρια των θερμοκρασιών αλλάζουν. Τη νύχτα συνίσταται η θερμοκρασία αέρα να είναι 15 °C έως 20 °C (Choi and Lee, 2003). Για την ανάπτυξη του σπόρου προτιμώνται ιδανικά θερμοκρασίες 21 °C έως 24 °C. Όπως και στις συνθήκες αγρού, έτσι και στο θερμοκήπιο οι θερμοκρασίες ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο μαρουλιού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι για τα κεφαλωτά μαρούλια η βέλτιστη θερμοκρασία τη νύχτα είναι 15 °C και την ημέρα 17 °C έως 20 °C σε νεφοσκεπής μέρες και 21 °C έως 24 °C σε μέρες ηλιοφάνειας. Αντίστοιχα για τον τύπο Crisphead η βέλτιστη θερμοκρασία τη νύχτα είναι 10 °C έως 15 °C και την ημέρα 13 °C έως 21 °C. Τέλος, ο συνδυασμός δυο παραγόντων, της υψηλής θερμοκρασίας τη νύχτα (12 °C έως 20 °C) και της διάρκειας της καλλιέργειας (20 ημέρες) δημιουργεί ευνοϊκά αποτελέσματα στην ποιότητα του μαρουλιού, λόγω της αύξησης των πολυφαινολών (Jeong et al., 2015).

### **1.7. Απαιτήσεις σε έδαφος**

Τα εδάφη που προτιμώνται συνήθως για την καλλιέργεια μαρουλιού είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία και διαθέτουν καλή στράγγιση και υδατοϊκανότητα. Επίσης, εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία θεωρούνται τα πλέον κατάλληλα. Όσον αφορά την αλατότητα, το μαρούλι είναι ένα ευαίσθητο φυτό. Έτσι, όταν αναπτύσσεται σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων, τα φύλλα αποκτούν δερματώδη υφή και ένα έντονα σκούρο πράσινο χρώμα. Όπως αναφέρουν και οι Xu & Mou , (2015), η αντοχή στην αλατότητα διαφέρει ανάλογα τον τύπο και την ποικιλία του φυτού. Το pH του εδάφους πρέπει να είναι 6 με 7. Σε περίπτωση που το pH γίνει αλκαλικό εμφανίζονται χλωρώσεις στα φύλλα, ενώ σε όξινα εδάφη μπορεί να συμβεί αναστολή της ανάπτυξης του φυτού (Gillespie et al., 2020). Σε υδροπονικές καλλιέργειες το ιδανικό pH για την καλλιέργεια μαρουλιού προσαρμόζεται ανάμεσα στο 5.5 και στο 6.5.



## **1.8. Άρδευση**

Οι απαιτήσεις του μαρουλιού σε νερό είναι σχετικά υψηλές. Η καλλιέργεια ποτίζεται με μικρές και συχνές δόσεις και αποφεύγονται τα ακανόνιστα ποτίσματα, διότι οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος (πικρή γεύση φύλλων). Στα πρώτα στάδια του φυτού προτιμάται το επιφανειακό στρώμα του εδάφους να παραμένει υγρό. Πριν τη μεταφύτευση το έδαφος ποτίζεται τόσο ώστε να έρθει σε κορεσμό και αφού τα φυτά μεταφερθούν στο έδαφος ξαναγίνεται πότισμα με σκοπό αυτή τη φορά να φτάσει το έδαφος στην υδατοικανότητα. Στο στάδιο σχηματισμού κεφαλών αποφεύγεται η υπερβολική υγρασία του εδάφους, αφού έχει ως συνέπεια τη δημιουργία χαλαρών κεφαλών. Οι Barbosa et al., (2015), στη μελέτη τους παρουσίασαν τα εξής αποτελέσματα που αφορούσαν, τις ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας μαρουλιού σε υδροπονικό σύστημα σε σχέση με μια συμβατική καλλιέργεια. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι, το μαρούλι που καλλιεργήθηκε με τη μέθοδο της υδροπονίας χρειάστηκε  $20 \pm 3.8$  λίτρα/κιλό/χρόνο, σε αντίθεση με τη συμβατική καλλιέργεια που χρειάστηκε  $250 \pm 25$  λίτρα/κιλό/χρόνο. Επομένως οι ανάγκες του φυτού σε νερό αν και υψηλές, μπορούν να εξασφαλισθούν, χωρίς να χρειαστεί να δαπανώνται μεγάλες ποσότητες νερού, με ένα σύγχρονο τρόπο καλλιέργειας.

## **1.9. Ανάγκες σε λίπανση**

Το μαρούλι είναι ένα φυτό με αυξημένες ανάγκες σε λίπανση. Είναι αρκετά απαιτητικό τόσο σε θρεπτικά στοιχεία όσο και στην παρουσία οργανικής ουσίας στο έδαφος. Στην καλλιέργεια του φυτού στο έδαφος συνηθίζεται η προσθήκη χωνεμένης κοπριάς, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για προβληματικά εδάφη. Η προσθήκη οργανικής λίπανσης γίνεται πριν την απολύμανση και μεταφύτευση, έτσι ώστε να ενσωματωθεί όσο καλύτερα γίνεται στο έδαφος. Ανάλογα με τη σύνθεση του οργανικού λιπάσματος χορηγούνται και οι αντίστοιχες ποσότητες. Συνήθως η προσθήκη κοπριάς είναι έως 10 τόνους/στρέμμα, ενώ η προσθήκη τύρφης φτάνει τους 1.25 τόνους/στρέμμα.

Επίσης, το μαρούλι είναι ένα φυτό απαιτητικό σε θρεπτικά συστατικά καθώς αφαιρεί από το έδαφος 8 με 10 kg αζώτου, 3 kg φωσφόρου και 10 kg καλίου ανά στρέμμα. Για την ικανοποίηση των αναγκών σε ανόργανα θρεπτικά συστατικά, συνίσταται αρχικά να γίνεται εδαφοανάλυση αν μιλάμε για καλλιέργεια στον αγρό, αφού οι ποσότητες

των θρεπτικών στοιχείων που προστίθενται με τη βασική λίπανση, εξαρτώνται από τα ήδη υπάρχοντα. Σε περίπτωση που δεν προηγηθεί ανάλυση του εδάφους προτείνεται η προσθήκη 50 έως 100 kg σύνθετου λιπάσματος 11-15-15 (N-P-K).

Επιπλέον, η προσθήκη φωσφόρου και καλίου γίνεται μόνο με τη βασική λίπανση ενώ η προσθήκη αζώτου σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται με επιφανειακή λίπανση. Παρά τις υψηλές απαιτήσεις του φυτού σε θρεπτικά, το μαρούλι εμφανίζει και κάποια θετικά χαρακτηριστικά όσον αφορά τη λίπανση. Για παράδειγμα, εξαιτίας της σύντομης διάρκειας του στον αγρό, συχνά καλλιεργείται σε δεύτερη φάση σε εδάφη που έχει προηγηθεί η καλλιέργεια σολανώδων. Έτσι εξοικονομεί ο παραγωγός την κατανάλωση λιπάσματος καθώς δεν απαιτείται λίπανση πέραν της βασικής. Εάν η λίπανση γίνεται μέσω της άρδευσης τότε οι ποσότητες των θρεπτικών που χορηγούνται είναι 100ppm N, 150-200ppm K και 50ppm P.



**Εικόνα 1. 2.** Ποικιλία σγουρού μαρουλιού σε φυτοδοχεία με υπόστρωμα τύρφη-περλίτη.

### 1.10. Βιοδιεγέρτες

Τα τελευταία χρόνια η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού είναι ραγδαία, με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η ζήτηση τροφίμων. Την ίδια στιγμή όλο και περισσότερα εδάφη ανά τον κόσμο είναι υποβαθμισμένα εξαιτίας ποικίλων παραγόντων που επηρεάζονται άμεσα από την κλιματική αλλαγή. Η καλλιέργεια ειδών διατροφής στα υποβαθμισμένα εδάφη, γίνεται σταδιακά πιο δύσκολη και επομένως η ανάγκη για βιώσιμη διαχείριση της γης είναι πλέον επιτακτική. Έτσι, προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση και οι ανάγκες των καταναλωτών, η σύγχρονη γεωργία χρησιμοποιεί νέα μέσα για να εξασφαλίσει περισσότερους πόρους. Μια καινοτόμα τεχνολογία που έρχεται να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις είναι η χρήση βιοδιεγερτών στις καλλιέργειες. Σύμφωνα με τον Κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2019 οι βιοδιεγέρτες φυτών, δεν είναι οι ίδιοι εισροές θρεπτικών στοιχείων αλλά διεγείρουν τις φυσικές διεργασίες θρέψης των φυτών. Ο du Jardin, (2015), έδωσε τον εξής ορισμό για τους βιοδιεγέρτες φυτών: «είναι φυσικές ενώσεις που ενεργοποιούν φυσιολογικές και μοριακές διεργασίες που ρυθμίζουν την απόδοση των καλλιεργειών και την ποιότητα, αν και η κύρια λειτουργία τους δεν είναι ούτε η παροχή θρεπτικών συστατικών (λιπάσματα) ούτε η προστασία των φυτών από εδαφογενείς παθογόνους ή φυλλώδη παράσιτα».

Οι κατηγορίες στις οποίες χωρίστηκαν είναι οι εξής (du Jardin, 2015):

- Χουμικά και φουλβικά οξέα
- Υδρολυμένες πρωτεΐνες και λοιπές αζωτούχες ενώσεις
- Εκχυλίσματα φυκών και φυτών
- Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή
- Ανόργανα συστατικά
- Βιοδιεγέρτες μικροβιακής φύσης (ωφέλιμοι μύκητες και βακτήρια)

Η αποτελεσματικότητα της χρήσης των βιοδιεγερτών εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες μεταξύ των οποίων ο χρόνος και η δόση χορήγησης, οι κλιματικές συνθήκες, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού κ.α. Σημαντικός παράγοντας όμως είναι και η πολυπλοκότητα της σύνθεσης τους, για αυτό και απαιτείται περαιτέρω γνώση για τους μηχανισμούς δράσης τους.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αποτελεσματική τους δράση, παρουσία αβιοτικών συνθηκών (αλατότητα, ελλειμματική άρδευση κ.λπ.). Για παράδειγμα, η χρήση βακτηριακών βιοδιεγερτών αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική, στην επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων σε φυτά μαρουλιού υδροπονικής καλλιέργειας, σε συνθήκες αλατότητας, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις προσέφεραν ανοχή στην αλατότητα σε συνδυασμό με αύξηση της φυλλικής επιφάνειας (Miceli et al., 2021, Vetrano et al., 2020). Αντίστοιχα οι Choi et al., (2022), διαπίστωσαν ότι η εφαρμογή υδρολυμένων πρωτεϊνών σε καλλιέργεια μαρουλιού επιδρά θετικά στην αύξηση της ξηρής και φρέσκιας βιομάζας. Επιπλέον, ενίσχυσαν τον φωτοσυνθετικό και τον αντιοξειδωτικό μηχανισμό των φυτών. Αντίστοιχα ενθαρρυντικά αποτελέσματα έχει η χρήση βιοδιεγερτών με αμινοξέα σε καλλιέργεια υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Τα αμινοξέα ενίσχυσαν την απορρόφηση και την κίνηση του νερού, μέσα από τα αγγεία του ξηλώματος, ενώ επιπλέον διατηρήθηκε ο αποτελεσματικός φωτοσυνθετικός μηχανισμός, μέσω του αποτελεσματικού ανοίγματος των στομάτων. Επομένως υπήρξε μείωση των οξειδωτικών μορφών (ROS), λόγω της ρύθμισης της διαπνοής.

#### **1.11. Κατηγορίες βιοδιεγερτών**

- Χουμικά και φουλβικά οξέα

Τα χουμικά και φουλβικά οξέα (Humic substances and HS) είναι φυσικά συστατικά της οργανικής ουσίας του εδάφους, προερχόμενα από την αποσύνθεση φυτικών, ζωικών και μικροβιακών υπολειμμάτων αλλά και από την μεταβολική δραστηριότητα των μικροβίων που βρίσκονται στο έδαφος και χρησιμοποιούν τα υποστρώματα αυτά (du Jardin, 2015). Η δράση τους μπορεί να είναι άμεση, επηρεάζοντας θετικά τις διάφορες λειτουργίες του φυτού όπως για παράδειγμα τη φωτοσύνθεση ή και έμμεση αυξάνοντας το μικροβιακό φορτίο και βελτιώνοντας το εδαφικό pH και την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, με αποτέλεσμα την βελτίωση της εδαφικής δομής και την αυξημένη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων. Τα χουμικά οξέα (ΧΟ) αποτελούνται από αμινοξέα, υπολείμματα πολυσακχαριτών αρωματικά και αλειφατικά μόρια. Οι χουμικές ουσίες διεγείρουν την δραστηριότητα της φαινυλαλίνης PAL, της υπεροξειδάσης και ενεργοποιούν ενζυματικούς και μη ενζυματικούς μηχανισμούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη ρύθμιση του οσμωτικού μηχανισμού και κατ'έκταση του οξειδωτικού στρες (Canellas et al., 2015). Τα φουλβικά οξέα επιδρούν θετικά σε γονίδια που σχετίζονται με τη μεταφορά καλίου, το μεταβολισμό του αμύλου και του

αζώτου. Τόσο τα χουμικά όσο και φουλβικά έχουν τη ικανότητα να μειώνουν τις επιπτώσεις των αβιοτικών καταπονήσεων.

Η εφαρμογή τους σε μια καλλιέργεια μαρουλιού οδήγησε σε μείωση του χρόνου συγκομιδής και αύξηση της παραγωγής. Σύμφωνα με τον Hernandez et al., (2015), αυτό οφείλεται στην αύξηση των επιπέδων της νιτρικής αναγωγής, η οποία ενίσχυσε την πρόσληψη του αζώτου και κατά συνέπεια την καλύτερη λειτουργία του αμυντικού μηχανισμού του φυτού, ενάντια σε μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές.

- Υδρολυμένες πρωτεΐνες

Τα υδρολύματα πρωτεϊνών (PHr) παράγονται μέσα από μια διαδικασία υδρόλυσης οργανικών υλικών, τα οποία είναι υπολείμματα φυτικής ή ζωικής προέλευσης, συνήθως προερχόμενα από βιομηχανίες. Η εξαγωγή τους συχνά γίνεται με τη βοήθεια πρωτεολυτικών ενζύμων. Τα προϊόντα που παράγονται περιέχουν ελεύθερα αμινοξέα, πολυπεπτίδια και ολιγοπεπτίδια (Sharma & Dietz, 2009). Η δράση των πεπτιδίων και των αμινοξέων στο φυτό είναι όμοια με εκείνη των φυτοορμονών. Κάποια από τα οφέλη τους προσδίδονται στις αλλαγές στη σύνθεση και τη δραστηριότητα που προκαλούν στο φυτικό μικροβίωμα. Έχει βρεθεί ότι ο συνδυασμός των υδρολυμένων πρωτεϊνών με κάποια μικροβιακά taxa βοηθά τα φυτά στην ενίσχυση της αντοχής σε βιοτικό και αβιοτικό στρες (Colla et al., 2017). Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι τα υδρολύματα πρωτεϊνών επιδρούν θετικά στην αύξηση της ξηρής και φρέσκιας βιομάζας, σε φυτά μαρουλιού. Εντείνουν τον φωτοσυνθετικό και τον αντιοξειδωτικό μηχανισμό, ενισχύοντας αποτελεσματικά την αφομοίωση του αζώτου, ανεξάρτητα από την συγκέντρωση που μπορεί να έχει στο έδαφος (Choi et al., 2022).

- Εκχυλίσματα φυκών

Τα φύκη ύστερα από την επεξεργασία τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοδιεγέρτες. Η εφαρμογή τους στις καλλιέργειες έχει πολλά οφέλη όπως, αύξηση της παραγωγής αλλά και της ποιότητας των προϊόντων και περαιτέρω ενίσχυση του φυτού έναντι της βιοτικής ή αβιοτικής καταπόνησης. Επιπλέον με την χρήση βιοδιεγερτών από φύκη, αυξάνονται οι φωτοχημικές ουσίες του φυτού, επομένως και ο φωτοσυνθετικός του ρυθμός και η απόδοση (Mola et al., 2019). Τα πιο συνηθισμένα φύκη που χρησιμοποιούνται για αυτούς τους σκοπούς είναι τα *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Kappaphycus alvarezii* και *Sargassum* spp. Σε πρόσφατη μελέτη των

Cristofano et al., (2021), το εκχύλισμα φυκών προερχόμενο από το είδος *Ascophyllum nodosum*, προσέφερε μεγαλύτερη βλαστικότητα σε σπόρους μαρουλιών κάτω από θερμικό στρες καθώς και υψηλότερους φωτοσυνθετικούς ρυθμούς. Επίσης, ο ψεκασμός της φυλλικής επιφάνειας με τον ίδιο βιοδιεγέρτη, αποκατέστησε τις τροφοπενίες καλίου που είχε υποστεί η καλλιέργεια και αποδείχθηκε αποτελεσματικός ως προς την απόδοση της καλλιέργειας, σε εδάφη μη εφοδιασμένα με αζωτούχο λίπασμα. Τέλος επέφερε αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας, κάτω από συνθήκες έλλειψης νερού, υψηλής αλατότητας και αλκαλικού pH. Σε μια υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού η προσθήκη εκχυλισμάτων φυκών, βελτιώνει την αποδοτικότητα της καλλιέργειας και προκαλεί αύξηση των αντιοξειδωτικών ουσιών, κάτω από συνθήκες χαμηλής περιεκτικότητας σε κάλιο (Chrysargyris et al., 2018).

- Ανόργανα συστατικά (πυρίτιο)

Το πυρίτιο (Si) είναι το δεύτερο πιο άφθονο στοιχείο της λιθόσφαιρας. Για τους φυτικούς οργανισμούς θεωρείται ένα ευεργετικό θρεπτικό συστατικό. Μέσω της διαπνοής μεταφέρεται από τις ρίζες από όπου μεταφέρεται μέχρι τα υπέργεια τμήματα του φυτού. Οι φυσικές και βιοχημικές διεργασίες που προκαλούνται από αυτό έχουν ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της άμυνας του φυτού έναντι των καταπονήσεων που συχνά υπόκεινται από διάφορους εντομολογικούς εχθρούς. Επίσης, μέσω της διαλυτής του μορφής προσελκύει φυσικούς θηρευτές. Οι Bakhat et.al., (2018), παρατήρησαν ότι το Si μειώνει τις προσβολές από παράσιτα και έτσι μπορεί να αντικαταστήσει κατά ένα μέρος την εφαρμογή φυτοφαρμάκων. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ένας βιοδιεγέρτης αποτελούμενος από πυριτικό νάτριο σε ποσότητα 6 mM, ο οποίος βελτίωσε την βλάστηση των σπόρων, σε αλατούχες συνθήκες (ποσότητα NaCl 200 mM). Γενικά οι επεμβάσεις με πυρίτιο, αυξάνουν τη νωπή βιομάζα και τις αντιοξειδωτικές ουσίες στα φυτά μαρουλιού, ενώ παράλληλα μειώνουν τις αρνητικές επιπτώσεις της τοξικότητας του βορίου, του αρσενικού και του αρσενίτη (Cristofano et al., 2021).

- Μικροβιακοί βιοδιεγέρτες

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει σκευάσματα που περιέχουν ωφέλιμους οργανισμούς (μύκητες, βακτήρια), οι οποίοι συμβιώνουν ή συνυπάρχουν με τα φυτά στις ρίζες ή στα εναέρια μέρη του φυτού. Πολύ συχνά στη βιβλιογραφία τα συναντά κανείς ως

βιολιπάσματα (biofertilizers). Οι βιοδιεγέρτες αυτοί διευκολύνουν την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από το φυτό. Ανάμεσα σε άλλα υπάρχουν τα PGPB, δηλαδή τα βακτήρια ενίσχυσης της φυτικής ανάπτυξης (Plant Growth Promoting Bacteria). Η λειτουργία τους υπέρ των φυτών, βασίζεται στην διαλυτοποίηση των ανόργανων θρεπτικών και στη σύνθεση ουσιών που είναι ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών. Σε αυτή την υποκατηγορία ανήκουν μεταξύ άλλων τα βακτήρια του γένους *Bacillus*. Η χρήση τους ως βιοδιεγέρτες οφείλεται στη διαλυτοποίηση των θρεπτικών και στην παραγωγή κυτοκίνης, σπερμιδίνης, γιββερελίνης και αυξίνης (Glick, 2012). Οι Luziatelli et al., (2019), επιβεβαίωσαν μέσα από το πείραμα τους ότι οι μικροοργανισμοί που ανήκουν σε αυτό το γένος, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη μικροχλωρίδα του μαρουλιού ως παράγοντες βιοελέγχου. Οι μεταβολίτες που παράγονται μπορούν να μειώσουν τις επιθέσεις από παθογόνα, είτε μέσω της καταστολής της ανάπτυξης των μυκήτων, είτε ενεργοποιώντας το ανοσοποιητικό σύστημα του φυτού.

- Χιτίνη και χιτοζάνη

Η χιτοζάνη είναι μια μορφή του αποακετυλιωμένου πολυμερούς της χιτίνης. Στα φυτά η ένωση αυτή έχει την ικανότητα να δεσμεύει ένα ευρύ φάσμα κυτταρικών συστατικών και υποδοχέων που εμπλέκονται στην ενεργοποίηση της γονιδιακής άμυνας. Τα συστατικά αυτά μπορεί να είναι το DNA, η πλασματική μεμβράνη αλλά και μέρη του κυτταρικού τοιχώματος (El Hadrami et al., 2010; du Jardin, 2015). Κατ'έκταση, η χιτίνη και τα παράγωγα της συχνά χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τα φυτά ενάντια συνθηκών όπως η ξηρασία, η αλατότητα, η θερμική καταπόνηση και η τοξικότητα βαρέων μετάλλων. Όπως διατύπωσε ο Bittelli et al., (2001), η χιτοζάνη αποτελεί ένα εξαιρετικό βιοδιεγερτικό διότι διατηρεί σταθερά τα επίπεδα αποδόσεων με ταυτόχρονη μείωση της διαπνοής. Επομένως, με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η βιωσιμότητα της καλλιέργειας καθώς χρησιμοποιούνται μικρότερες ποσότητες νερού και παράλληλα βελτιώνονται τα επίπεδα της φωτοσύνθεσης και των χρωστικών ουσιών (Rabêlo et al., 2019). Σε ένα πείραμα σε φυτά τριφυλλίου, κάτω από συνθήκες ξηρασίας η εφαρμογή χιτοζάνης προκάλεσε την αύξηση ορισμένων μεταβολίτων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση του μηχανισμού άμυνας, μέσω της διατήρησης από τα φυτά των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους και της ρύθμιση της όσμωσης (Li et al., 2017).

## 2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

### 2.1.Περιοχή και χρόνος εγκατάστασης

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο υαλόφρακτο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο. Η εγκατάσταση της καλλιέργειας έγινε στις 3 Νοεμβρίου του 2021 και η συγκομιδή της στις 12 Μαρτίου του 2022. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας λαμβάνονταν μετρήσεις χλωροφύλλης μέσω του δείκτη SPAD και ύψους των φυτών, ενώ τη συγκομιδή ακολούθησαν οι ποσοτικές αναλύσεις στο χώρο του εργαστηρίου.

### 2.2.Σχεδιασμός πειράματος

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δύο ποικιλίες μαρουλιού, η Green Towers και η Manchester. Οι δυο ποικιλίες μεταφυτεύθηκαν από τους δίσκους σποράς, όταν τα φυτά είχαν φτάσει τα 3 με 4 πραγματικά φύλλα, σε φυτοδοχεία χωρητικότητας 2 λίτρων, σε υπόστρωμα τύρφη και περλίτη αναλογίας όγκου 1:1. Για κάθε ποικιλία δημιουργήθηκαν 6 μεταχειρίσεις, όπου κάθε μεταχείριση αποτελούταν από 15 γλάστρες (Εικόνα 1). Επομένως, κάθε ποικιλία είχε στο σύνολο 90 γλάστρες. Οι μεταχειρίσεις ήταν, ο μάρτυρας, ο οποίος αρδεύονταν μόνο με νερό και θρεπτικό διάλυμα χωρίς καμία εφαρμογή βιοδιεγέρτη, και οι διαφορετικοί συνδυασμοί βιοδιεγερτών που χρησιμοποιήθηκαν, οι οποίοι επίσης αρδεύονταν με νερό και θρεπτικό διάλυμα. Στο σύνολο οι βιοδιεγέρτες του πειράματος ήταν έξι και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Οι μεταχειρίσεις ήταν οι 109, 110, 111+112, 113, 114 και ο Μάρτυρας.

**Πίνακας 2. 1.** Σύσταση βιοδιεγερτών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

ΤΥΠΟΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗ	ΣΥΣΤΑΣΗ
109	Μείγμα φυτών, εκχυλισμάτων φυκών, αμινοξέων και ιχνοστοιχείων



<b>110</b>	Ισορροπημένο διάλυμα χουμικών και φουλβικών οξέων
<b>111</b>	Οξείδιο του ασβεστίου και Διοξείδιο του πυριτίου
<b>112</b>	Παράγοντας χρήσης, κινητοποίησης και μετατόπισης ασβεστίου
<b>113</b>	Σταθεροποιημένο ορθοπυριτικό οξύ
<b>114</b>	Φυτικές πρωτεΐνες, αμινοξέα και καρβοξυλικά οξέα



**Εικόνα 2.1.** Μια εκ των μεταχειρίσεων με 15 γλάστρες συνολικά.



**Εικόνα 2. 2.** Το σύνολο των μεταχειρίσεων (90 γλάστρες) για μια ποικιλία.

### 2.3. Εφαρμογή βιοδιεγερτών και μετρήσεις χλωροφύλλης

Αρχικά, τα φυτά την ημέρα της μεταφύτευσης τους, από τους δίσκους σποράς στις γλάστρες, ποτίστηκαν μόνο με νερό. Έπειτα, ακολούθησε η εφαρμογή των βιοδιεγερτών όπως φαίνεται παρακάτω.

**Πίνακας 2. 2.** Πρόγραμμα εφαρμογής βιοδιεγερτών.

A/A	Ημερομηνία	Βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν
1η εφαρμογή	18 Νοέμβριος 2021	Όλοι εκτός του 109
2η εφαρμογή	1 Δεκέμβριος 2021	Όλοι
3η εφαρμογή	9 Δεκέμβριος 2021	Όλοι

Ο βιοδιεγέρτης 109 χρησιμοποιήθηκε από τη δεύτερη εφαρμογή και μετά. Τα διαλύματα των βιοδιεγερτών παρασκευάζονταν κάθε φορά εκ νέου με τις κατάλληλες



αναλογίες. Η εφαρμογή των βιοδιεγερτών γινόταν είτε με διαφυλλικούς ψεκασμούς, είτε με υδρολίπανση. Οι βιοδεγέρτες 109, 113 και 114 εφαρμόστηκαν με διαφυλλικούς ψεκασμούς και οι 110 και 111+112 με τη διαδικασία της υδρολίπανσης. Διαφυλλικά, η κάθε μεταχείριση λάμβανε 440 mL διαλύματος, ενώ μέσω της υδρολίπανσης αντιστοιχούσαν 50 mL σε κάθε γλάστρα.

Παράλληλα μετρήθηκε ο δείκτης SPAD της χλωροφύλλης στις 5, 20 και 30 μέρες μετά την πρώτη εφαρμογή βιοδιεγερτών. Συγκεκριμένα στις 23/11, 8/12 και 17/12 του 2021. Η μέτρηση έγινε σε κάθε φυτό κάθε μεταχείρισης. Τις ίδιες ημερομηνίες μετρήθηκε και το ύψος του κάθε φυτού με σκοπό να μελετηθεί η πορεία ανάπτυξης του και κατ' επέκταση συνολικά η πορεία ανάπτυξης των φυτών κάθε μεταχείρισης.



**Εικόνα 2.1.** Η ανάπτυξη ενός φυτού από την ποικιλία ίσιου μαρουλιού στις 10 Δεκεμβρίου.

## 2.4. Συγκομιδή και ποσοτικές αναλύσεις

Η συγκομιδή της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στις 12 Μαρτίου του 2022. Από κάθε μεταχείριση επιλέχθηκαν τα 10 πιο εύρωστα φυτά, συλλέχθηκαν και στη συνέχεια ακολούθησε η ανάλυση των ποσοτικών τους χαρακτηριστικών στο χώρο του εργαστηρίου. Μετρήθηκαν κατά σειρά:

- Το νωπό βάρος του φυτού σε g με τη χρήση ζυγαριάς ακριβείας
- Ο αριθμός των φύλλων του κάθε φυτού
- Το νωπό βάρος των φύλλων σε g
- Η φυλλική επιφάνεια σε  $\text{cm}^2$
- Και τέλος το ξηρό βάρος των φύλλων, έπειτα από την τοποθέτηση των δειγμάτων στον αεροξηραντήρα του εργαστηρίου και την παραμονή τους εκεί για δυο εβδομάδες στους  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$

Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε και η ξηρή ουσία σε ποσοστό επί τοις εκατό (%).

## 2.5. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS (IBM SPSS Statistics 26). Το επίπεδο σημαντικότητας καθορίστηκε στο 0,05. Οι παράμετροι που υπολογίστηκαν ήταν οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις. Αρχικά ελέγχθηκε η επίδραση της ημερομηνίας εφαρμογής βιοδιαθεσίμων και των διαφορετικών μεταχειρίσεων στις μετρήσεις του ύψους και του SPAD. Έπειτα ελέγχθηκε η επίδραση των βιοδιαθεσίμων στις ακόλουθες παραμέτρους: α) νωπό βάρος φύλλων, β) νωπό βάρος φυτού, γ) αριθμός φύλλων, δ) ξηρό βάρος, ε) φυλλική επιφάνεια και στ) ξηρή ουσία.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1. Ύψος και δείκτης χλωροφύλλης

Στους πίνακες που ακολουθούν απεικονίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ύψους των φυτών και του δείκτη χλωροφύλλης (SPAD) στις 5, 20 και 30 μέρες από τη μεταφύτευση, για το ίδιο και το σγουρό μαρούλι αντίστοιχα. Τόσο στην ποικιλία του ίδιου μαρουλιού όσο και στα σγουρά μαρούλια ο δείκτης SPAD δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίνακες 3.1.1. & 3.1.2.). Παρατηρήθηκε όμως στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις διαφορετικές ημερομηνίες που έγιναν οι μετρήσεις. Στις 5 μέρες μετά τη μεταφύτευση ο δείκτης ήταν σημαντικά μεγαλύτερος σε σχέση με τις μετρήσεις στις 30 και στις 20 ημέρες, τόσο στο ίδιο όσο και στο σγουρό μαρούλι. Αυτό ισχύει σε όλες τις μεταχειρίσεις ανεξάρτητα από τη χρήση του εκάστοτε βιοδιαγέρτη. Επομένως, φαίνεται πως η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη δεν επηρεάζεται σημαντικά από τους βιοδιαγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν. Αντιθέτως η ανάπτυξη του φυτού είναι αυτή που επιδρά στην αύξηση της χλωροφύλλης.

Το ύψος των φυτών επηρεάστηκε σημαντικά από τους διαφορετικούς βιοδιαγέρτες (Πίνακες 3.1.1. & 3.1.2.). Στο ίδιο μαρούλι, τα φυτά που εφαρμόστηκε ο βιοδιαγέρτης 111+112 είχαν το μεγαλύτερο ύψος και διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τα φυτά της μεταχείρισης 114 που είχε το δεύτερο κατά μέσο όρο μεγαλύτερο ύψος. Στη συνέχεια οι μεταχειρίσεις CONTROL και 109 είχαν τα αμέσως επόμενα μεγαλύτερα ύψη και τέλος ακολουθούν τα φυτά των 110 και 113. Στο σγουρό μαρούλι το μεγαλύτερο ύψος κατά μέσο όρο είχαν τα φυτά του CONTROL τα οποία διαφέρουν από τα φυτά των μεταχειρίσεων 114 και 111+112. Αυτά με τη σειρά τους έχουν σημαντικές διαφορές με τα μαρούλια των 109, 110 και 113 που είχαν το μικρότερο ύψος κατά μέσο όρο. Όσον αφορά τις διαφορετικές ημερομηνίες μετρήσεων το σγουρό μαρούλι δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ύψος του όσο περνούσαν οι μέρες από τη μεταφύτευση, σε καμία από τις μεταχειρίσεις. Ωστόσο στην ποικιλία ίδιου μαρουλιού οι μεταχειρίσεις έδειξαν να διαφέρουν ως προς το ύψος στις διαφορετικές ημερομηνίες. Συγκεκριμένα το ύψος των φυτών σε όλες τις περιπτώσεις ήταν σημαντικά μεγαλύτερο και από τις 5 στις 20 μέρες και από τις 20 στις 30.

**Πίνακας 3. 1.1.** Ύψος και δείκτης χλωροφύλλης της ποικιλίας Green Towers στις 5, 20 και 30 μέρες μετά την πρώτη εφαρμογή βιοδιεγερτών.

	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ											
	CONTROL		109		110		111+112		113		114	
Ημερομηνίες	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος
24/11/2021	13.83 ± 2.24 αΑ	7.54 ± 1.16 αΒΓ	15.73 ± 1.82 αΑ	7.58 ± 0.88 αΒΓ	17.02 ± 1.99 αΑ	7.33 ± 1.26 αΓ	16.67 ± 2.07 αΑ	8.49 ± 1.14 αΑ	15.51 ± 1.96 αΑ	7.47 ± 1.60 αΓ	15.14 ± 1.77 αΑ	7.76 ± 1.18 αΒ
8/12/2021	10.09 ± 3.58 βΑ	7.67 ± 1.07 αβΒ	11.10 ± 2.47 βΑ	7.59 ± 0.97 αβΒΓ	12.47 ± 3.21 βΑ	7.49 ± 1.14 αβΓ	11.59 ± 2.41 βΑ	8.67 ± 1.06 αβΑ	11.53 ± 2.11 βΑ	7.49 ± 1.45 αβΓ	10.01 ± 1.95 βΑ	7.87 ± 1.09 αβΒ
17/12/2021	11.51 ± 2.14 βΑ	7.70 ± 1.42 ββΓ	13.52 ± 1.72 βΑ	7.70 ± 1.20 ββΓ	14.09 ± 1.72 βΑ	7.61 ± 1.46 βΓ	13.58 ± 1.93 βΑ	8.79 ± 1.64 βΑ	11.64 ± 2.02 βΑ	7.68 ± 1.31 βΓ	12.1 ± 1.21 βΑ	8.08 ± 1.50 ββΒ

\* Τα διαφορετικά ελληνικά μικρά και κεφαλαία γράμματα προσδίδουν τις διαφορές στους μέσους όρους μεταξύ της ίδιας στήλης και της ίδιας σειράς αντίστοιχα.

**Πίνακας 3. 1. 2.** Ύψος και δείκτης φυλλικής επιφάνειας της ποικιλίας Manchester στις 5, 20 και 30 μέρες μετά την πρώτη εφαρμογή βιοδιεγερτών.

	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ											
	CONTROL		109		110		111+112		113		114	
Ημερομηνίες	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος	SPAD	Ύψος
<b>24/11/2021</b>	8.17 ± 1.93 αΑ	8.80 ± 0.94 αΑ	9.31 ± 1.79 αΑ	7.34 ± 1.14 αΓ	9.11 ± 1.15 αΑ	7.30 ± 1.16 αΓ	8.73 ± 1.32 αΑ	8.20 ± 1.33 αΒ	9.03 ± 1.34 αΑ	7.28 ± 0.58 αΓ	8.53 ± 1.29 αΑ	8.29 ± 0.89 αΒ
<b>8/12/2021</b>	6.62 ± 1.15 βΑ	8.93 ± 1.39 αΑ	8.27 ± 1.01 βΑ	7.47 ± 0.94 αΓ	8.31 ± 0.90 βΑ	7.35 ± 0.85 αΓ	8.04 ± 2.06 βΑ	8.35 ± 0.73 αΒ	7.36 ± 0.66 βΑ	7.37 ± 1.59 αΓ	6.93 ± 1.14 βΑ	8.41 ± 1.15 αΒ
<b>17/12/2021</b>	6.37 ± 1.17 βΑ	9.07 ± 1.33 αΑ	7.50 ± 0.71 βΑ	7.61 ± 0.92 αΓ	7.07 ± 1.18 βΑ	7.54 ± 1.28 αΓ	7.79 ± 1.49 βΑ	8.37 ± 0.88 αΒ	7.05 ± 1.26 βΑ	7.40 ± 2.10 αΓ	6.61 ± 1.08 βΑ	8.59 ± 1.18 αΒ

\* Τα διαφορετικά ελληνικά μικρά και κεφαλαία γράμματα προσδίδουν τις διαφορές στους μέσους όρους μεταξύ της ίδιας στήλης και της ίδιας σειράς αντίστοιχα.

### 3.2.Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος και νωπό βάρος φύλλων

Τα νωπά βάρη του υπέργειου μέρους και των φύλλων των φυτών μαρουλιού που μετρήθηκαν κατά τη συγκομιδή, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για την κάθε ποικιλία. Στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος, στην ποικιλία Green Towers, η μεγαλύτερη τιμή παρατηρείται στη μεταχείριση 111+112 με 35,02 g (Πίνακας 3.2.1.). Ακολουθούν με φθίνουσα σειρά ο βιοδιεγέρτης 110, ο 114 και τέλος ο 109. Ο μάρτυρας (CONTROL) και η μεταχείριση 113 συγκέντρωσαν τις μικρότερες τιμές αποδόσεων. Στην ίδια φθίνουσα πορεία κυμαίνονται και τα αποτελέσματα του νωπού βάρους των φύλλων, ωστόσο οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων αλλάζουν. Η ποικιλία του σγουρού μαρουλιού δεν έδειξε τα ίδια αποτελέσματα, παρότι και πάλι υπήρξαν διαφορές στο νωπό βάρος μεταξύ των μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα μεγαλύτερες αποδόσεις έδειξαν να έχουν τα φυτά της μεταχείρισης 111+112, που συγκέντρωσαν μέσο όρο 38,26 gr. Έπειτα, με σημαντικές διαφορές ακολουθεί ο μάρτυρας και η μεταχείριση 109. Στις μεταχειρίσεις που χορηγήθηκαν οι βιοδιεγέρτες 110 και 114 οι αποδόσεις ήταν εμφανώς μικρότερες, ενώ ο βιοδιεγέρτης 113 και εδώ όπως και πριν έχει τη χαμηλότερη τιμή νωπού βάρους. Αναφορικά με το νωπό βάρος των φύλλων της ποικιλίας Manchester, δεν παρατηρούνται διαφορές σε σχέση με το νωπό βάρος φύλλων και στελέχους, με εξαίρεση τη μεταχείριση 113 που είναι σημαντικά μικρότερη του μάρτυρα και της μεταχείρισης 111+112.

**Πίνακας 3. 2. 1.** Νωπά βάρη υπέργειου μέρους των φυτών μαρουλιού και των φύλλων για την ποικιλία Green Towers

ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Νωπό βάρος (g)	Νωπό βάρος φύλλων(g)
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	26.67 ± 2.88 γ	20.28 ± 3.21 β
109	28.7 ± 5.15 βγ	20.57 ± 4.89 β
110	32.63 ± 6.44 αβ	25.67 ± 5.13 α
111+112	35.02 ± 2.33 α	26.38 ± 1.50 α
113	23.97 ± 3.76 γ	19.18 ± 3.38 β
114	28.73 ± 3.3 βγ	21.72 ± 2.93 αβ

*\*Τα διαφορετικά ελληνικά γράμματα προσδίδουν τις διαφορές στους μέσους όρους μεταξύ της ίδιας στήλης*



**Πίνακας 3. 2. 2.** Νωπά βάρη υπέργειου μέρους των φυτών μαρουλιού και των φύλλων για την ποικιλία Manchester.

ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Νωπό βάρος (g)	Νωπό βάρος φύλλων(g)
MARTYΡΑΣ	32.65 ± 4.17 β	28.91 ± 3.67 β
109	32.1 ± 5.55 β	25.61 ± 5.08 βγ
110	30.96 ± 2.23 βγ	26.6 ± 1.66 βγ
111+112	38.26 ± 11.04 α	35.32 ± 5.52 α
113	26.87 ± 3.68 γ	22.67 ± 2.31 γ
114	27.99 ± 3.41 βγ	24.75 ± 3.59 βγ

*\*Τα διαφορετικά ελληνικά γράμματα προσδίδουν τις διαφορές στους μέσους όρους μεταξύ της ίδιας στήλης.*

### 3.3.Αριθμός φύλλων

Στον πίνακα που ακολουθεί βρίσκονται τα αποτελέσματα για τον αριθμό των φύλλων και στις δυο ποικιλίες (Πίνακας 3.3.1.). Οι διαφορετικές εφαρμογές βιοδιεγερτών δεν φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά τις δυο ποικιλίες μαρουλιού. Είναι χαρακτηριστικό ότι η μεταχείριση 111+112 συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέσο όρο και στο ίσιο και στο σγουρό μαρούλι, ενώ ο βιοδιεγέρτης 113 έχει το μικρότερο, χωρίς ωστόσο να παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Επίσης, στην ποικιλία Green Towers παρατηρείται μεγαλύτερος αριθμός φύλλων κατά μέσο όρο σε όλες τις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με την ποικιλία Manchester.

**Πίνακας 3. 3. 1.** Μεταβολή του αριθμού των φύλλων στις δυο ποικιλίες μαρουλιού.

ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Αριθμός φύλλων ΙΣΙΟ	Αριθμός φύλλων ΣΓΟΥΡΟ
MARTYΡΑΣ	16.2 ± 1.4 α	14.4 ± 1.26 α
109	15.7 ± 2.75 α	13.22 ± 1.79 α
110	16.3 ± 1.42 α	13.67 ± 1 α
111+112	16.9 ± 1.66 α	15.5 ± 2.59 α
113	16 ± 1.33 α	13.33 ± 2.18 α
114	16.9 ± 1.79 α	14 ± 1.94 α

*\* Τα διαφορετικά ελληνικά γράμματα προσδίδουν τις διαφορές στους μέσους όρους μεταξύ της ίδιας στήλης.*

### 3.4.Φυλλική επιφάνεια

Η ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας έχει καθοριστική σημασία για τη συνολική ανάπτυξη του φυτού, καθώς σε αυτή οφείλεται η δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και η φωτοσύνθεση. Όπως προκύπτει και από τον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3.4.1.), η φυλλική επιφάνεια επηρεάζεται με διαφορετικό τρόπο σε κάθε ποικιλία, από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις. Η ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας για την ποικιλία Green Towers φάνηκε να είναι ανεξάρτητη από τους βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν. Η ποικιλία όμως του σγουρού μαρουλιού επηρεάστηκε από τη χρήση βιοδιεγερτών και συγκεκριμένα από τον 111+112. Η μεταχείριση αυτή είναι η μόνη που διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες και μάλιστα θετικά, αφού έχει τη μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια. Η μεταχείριση 113 είχε τη μικρότερη φυλλική επιφάνεια στη σγουρή ποικιλία και τη δεύτερη μικρότερη στο ίσιο μαρούλι. Τα φυτά της ποικιλίας Manchester όπου έγινε εφαρμογή του βιοδιεγέρτη 109, είχαν το μικρότερο μέσο όρο.

**Πίνακας 3. 4. 1.** Μεταβολή της φυλλικής επιφάνειας για τις ποικιλίες Green Towers και Manchester.

ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Φυλλική επιφάνεια (cm <sup>2</sup> ) Ίσιο Ποικιλία	Φυλλική επιφάνεια (cm <sup>2</sup> ) Σγουρό Ποικιλία
MARTYΡΑΣ	496.6 ± 21.9 α	638.75 ± 118.39 β
109	474.09 ± 160.1 α	558.24 ± 61.42 β
110	614.21 ± 124.98 α	584.79 ± 27.86 β
111+112	646.57 ± 35.92 α	842.17 ± 110.16 α
113	487.90 ± 52.46 α	485.63 ± 63.86 β
114	493.47 ± 66.61 α	547.38 ± 76.3 β

*\* Τα διαφορετικά ελληνικά γράμματα προσδίδουν τις διαφορές στους μέσους όρους μεταξύ της ίδιας στήλης.*

### 3.5. Ξηρό βάρος και ξηρή ουσία

Οι ακόλουθοι πίνακες περιλαμβάνουν τη μεταβολή των μεταχειρίσεων συναρτήσει των μεταβλητών “ξηρό βάρος” και “ξηρή ουσία” (Πίνακας 3.5.1.). Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι η ποικιλία Green Towers, δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από κανέναν από τους βιοδιεγέρτες που εφαρμόστηκαν, στη μεταβλητή του ξηρού βάρους. Αντίστοιχα και η ξηρή ουσία δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές σε καμία εκ των εφαρμογών (Πίνακας 3.5.1.). Στην ποικιλία Manchester δεν παρατηρούνται διαφορές στο ξηρό βάρος αλλά μόνο στην ξηρή ουσία. Η μεταχείριση 113 είχε σημαντικά μεγαλύτερη διαφορά σε σχέση με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις με 12.51% (Πίνακας 3.5.2.).

**Πίνακας 3.5.1.** Αποτελέσματα ξηρού βάρους και ξηρής ουσίας των φυτών μαρουλιού της ποικιλίας Green Towers.

ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Ξηρό βάρος φύλλων (g)	Ξηρή ουσία (%)
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	$2.58 \pm 0.25 \alpha$	$9.49 \pm 1.28 \alpha$
109	$2,13 \pm 0.7 \alpha$	$8.58 \pm 1.2 \alpha$
110	$2.54 \pm 0.6 \alpha$	$7.91 \pm 0.71 \alpha$
111+112	$2.84 \pm 0.3 \alpha$	$7.75 \pm 0.76 \alpha$
113	$2.55 \pm 0.27 \alpha$	$9.69 \pm 0.36 \alpha$
114	$2.61 \pm 0.43 \alpha$	$9.22 \pm 1.04 \alpha$

**Πίνακας 3. 5. 2.** Αποτελέσματα ξηρού βάρους και ξηρής ουσίας των φυτών μαρουλιού της ποικιλίας Manchester.

<b>ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ</b>	<b>Ξηρό βάρος φύλλων (g)</b>	<b>Ξηρή ουσία (%)</b>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	$3.19 \pm 0.35 \alpha$	$9.44 \pm 0.78 \alpha$
109	$2.95 \pm 0.42 \alpha$	$9.08 \pm 1.40 \alpha$
110	$3.14 \pm 0.47 \alpha$	$10.10 \pm 1.66 \alpha$
111+112	$4.23 \pm 1.19 \alpha$	$9.37 \pm 2.12 \alpha$
113	$3.30 \pm 0.68 \alpha$	$12.51 \pm 1.73 \alpha$
114	$3.04 \pm 0.29 \alpha$	$10.30 \pm 0.83 \alpha$

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της παραπάνω εργασίας, φυτά μαρουλιού των δυο ποικιλιών Green Towers και Manchester, καλλιεργήθηκαν εκτός εδάφους σε χώρο θερμοκηπίου και εκτιμήθηκε η επίδραση διαφόρων συνδυασμών βιοδιεγερτών, στην ανάπτυξή τους. Από τα αποτελέσματα του πειράματος προκύπτει ότι οι διαφορετικοί βιοδιεγέρτες, επηρέασαν διαφορετικά την κάθε ποικιλία. Ωστόσο κοινά σημεία παρουσιάστηκαν και στις δυο ποικιλίες στους εξής βιοδιεγέρτες. Πιο συγκεκριμένα τόσο η ποικιλία Green Towers όσο και η ποικιλία Manchester επηρεάστηκαν θετικά, σε όλες τις μεταβλητές που μετρήθηκαν από το συνδυασμό ασβεστίου και πυριτίου (111+112). Η θετική επίδραση αυτού του βιοδιεγέρτη και στις δυο ποικιλίες, αποδεικνύει ότι δεν επηρεάζεται από τον γονότυπο των φυτών. Η αποτελεσματική δράση του πυριτίου υπερτονίζεται σε πολλές μελέτες. Για παράδειγμα οι Hidalgo-Santiago et al., (2021), χρησιμοποίησαν ένα βιοδιεγέρτη με αμινοξέα, Si και K και διαπίστωσαν τα ευεργετικά του αποτελέσματα σε φυτά που αναπτυσσόταν με έλλειμμα νερού. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αύξηση της απορρόφησης και της κίνησης του νερού, μέσα από τα αγγεία του ξηλώματος. Γενικά το πυρίτιο μέσω της διαπνοής, μεταφέρεται από τις ρίζες μέχρι και στα υπέργεια τμήματα του φυτού. Οι φυσικές και βιοχημικές διεργασίες που προκαλούνται από αυτό έχουν ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της άμυνας του φυτού έναντι των καταπονήσεων που συχνά υπόκεινται από διάφορους εντομολογικούς εχθρούς. Από άλλα πειράματα σε φυτά μαρουλιού έχει επίσης επιβεβαιωθεί η θετική επίδραση του πυριτίου στην ανάπτυξη των φυτών. Η αύξηση των φωτοχημικών ουσιών, με ταυτόχρονη αύξηση του φωτοσυνθετικού ρυθμού, επέφερε βελτίωση των αποδόσεων και μείωση των οξειδωτικών μορφών ROS (Cristofano et al., 2021). Επίσης ο συνδυασμός του ασβεστίου με το πυρίτιο φάνηκε να είναι ιδιαίτερα θετικός για τα φυτά μαρουλιού. Η χρήση του ασβεστίου ως βιοδιεγερτικό, έχει αποδειχθεί ότι διατηρεί σε χαμηλά επίπεδα τις συγκεντρώσεις προλίνης (PRO), των νιτρικών και του ABA, με αποτέλεσμα την αύξηση του νωπού βάρους σε φυτά μαρουλιού (Bulgari et al., 2019). Το ασβέστιο έχει επίσης χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με χουμικά οξέα και έχει δώσει εξαιρετικά αποτελέσματα (Adamiano et al., 2021). Ωστόσο, από τη δική μας πειραματική διαδικασία προέκυψε ότι η μεταχείριση 113 που αποτελούταν από σταθεροποιημένο ορθοπυριτικό οξύ, ήταν η λιγότερο ευνοϊκή για την καλλιέργεια. Τα φυτά που δέχθηκαν

τη συγκεκριμένη μεταχείριση, παρουσίασαν σε όλες τις μετρήσεις, τις χαμηλότερες κατά μέσο όρο τιμές. Παρ' όλα αυτά στη μελέτη του ο Laane, (2018), παρουσίασε το σταθεροποιημένο πυριτικό οξύ, ως το πιο αποτελεσματικό έναντι βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, έναντι των υπόλοιπων μορφών πυριτίου που χρησιμοποιήθηκαν. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε ζαχαροκάλαμο διαπιστώθηκε ότι, το ορθοπυριτικό οξύ όχι μόνο βοήθησε στη βελτίωση της απόδοσης των φυτών, αλλά μείωσε και την υποβάθμιση της ποιότητας του συγκομιζόμενου φυτού (Singh et al., 2021). Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε και σε άλλα είδη καλλιέργειας (πατάτα, μάνγκο, κρεμμύδι κ.α.) και είχε σε όλες τις εφαρμογές του ευεργετικές επιδράσεις, όσον αφορά την ανάπτυξη των φυτών και τη βελτίωση της ικανότητας τους να ανταπεξέρχονται έναντι αβιοτικών καταπονήσεων. Σε όλες τις καλλιέργειες το σταθεροποιημένο πυριτικό οξύ εφαρμόστηκε διαφυλλικά σε ποσότητες από 2 έως 6 ml/L. Η αντίθεση που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα αυτής της μεταχείρισης στο πείραμα μας συγκριτικά με τις αναφορές στη βιβλιογραφία πιθανά οφείλεται στις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν, οι οποίες ήταν μικρότερες από ότι τελικά απαιτούνταν. Στο σύνολο τους οι περισσότερες εκ των μεταχειρίσεων έδειξαν καλύτερα αποτελέσματα από το μάρτυρα, με εξαίρεση κάποιες μεταβλητές που δεν επηρεάστηκαν καθόλου από την εφαρμογή βιοδιεγερτών. Ο συνδυασμός πυριτίου και ασβεστίου φάνηκε να είναι η καλύτερη επιλογή στο συγκεκριμένο πείραμα. Παρά τις μικρές διαφορές που εντοπίστηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων, τα σκευάσματα έδειξε να βοηθούν την ανάπτυξη του φυτού.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας τα παραπάνω καταλήγουμε στο ότι η χρήση βιοδιεγερτών προκειμένου να μειωθούν οι εισροές αγροχημικών στην γεωργία, είναι ουσιαστική. Δεδομένων των περιβαλλοντικών συνθηκών και της κρίσης στον τομέα των τροφίμων, η χρήση τέτοιων σκευασμάτων είναι επιτακτική και αποτελεί μια βιώσιμη πρακτική τόσο για τα φυτά όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Ωστόσο βασισμένοι στα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν, φαίνεται ότι χρειάζεται μια περαιτέρω κατανόηση στους μηχανισμούς δράσης των βιοδιεγερτών, όπως επίσης και στο αν και πόσο επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν. Συνολικά, θα πρέπει να δοθεί μια

ιδιαίτερη προσοχή στη διαδικασία πρόσληψης που ακολουθεί την εφαρμογή του βιοδιεγερτικού προϊόντος.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adamiano, A., Fellet, G., Vuerich, M., Scarpin, D., Carella, F., Piccirillo, C., Jeon, J.-R., Pizzutti, A., Marchiol, L., & Iafisco, M. (2021). Calcium Phosphate Particles Coated with Humic Substances: A Potential Plant Biostimulant from Circular Economy. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(9).  
<https://doi.org/10.3390/molecules26092810>
- Barbosa, G. L., Almeida Gadelha, F. D., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., Wohlleb, G. M., & Halden, R. U. (2015). Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. Conventional agricultural methods. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 12, Issue 6, pp. 6879–6891).  
<https://doi.org/10.3390/ijerph120606879>
- Bulgari, R., Trivellini, A., & Ferrante, A. (2019). Effects of two doses of organic extract-based biostimulant on greenhouse lettuce grown under increasing NaCl concentrations. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01870>
- Bittelli, M., Flury, M., Campbell, G. S., & Nichols, E. J. (2001). Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107(3), 167–175. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00242-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00242-2)
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Choi, S., Colla, G., Cardarelli, M., & Kim, H. J. (2022). Effects of Plant-Derived Protein Hydrolysates on Yield, Quality, and Nitrogen Use Efficiency of Greenhouse Grown Lettuce and Tomato. *Agronomy*, 12(5).  
<https://doi.org/10.3390/agronomy12051018>
- Chrysargyris, A., Xylia, P., Anastasiou, M., Pantelides, I., & Tzortzakis, N. (2018). Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5861–5872.



<https://doi.org/10.1002/jsfa.9139>

- Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2017). Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 8(December), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>
- Cristofano, F., El-Nakhel, C., & Rouphael, Y. (2021). Biostimulant substances for sustainable agriculture: Origin, operating mechanisms and effects on cucurbits, leafy greens, and nightshade vegetables species. *Biomolecules*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/biom11081103>
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- El Hadrami, A., Adam, L. R., El Hadrami, I., & Daayf, F. (2010). Chitosan in Plant Protection. *Marine Drugs*, 8(4), 968–987. <https://doi.org/10.3390/md8040968>
- Gillespie, D. P., Kubota, C., & Miller, S. A. (2020). Effects of Low pH of hydroponic nutrient solution on plant growth, nutrient uptake, and root rot disease incidence of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *HortScience*, 55(8), 1251–1258. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14986-20>
- Glick, B. R. (2012). *Plant Growth-Promoting Bacteria : Mechanisms and Applications*. 2012.
- Hansen, L., Skeie, G., Landberg, R., Lund, E., Palmqvist, R., Johansson, I., Dragsted, L. O., Egeberg, R., Johnsen, N. F., Christensen, J., Overvad, K., Tjønneland, A., & Olsen, A. (2012). Intake of dietary fiber, especially from cereal foods, is associated with lower incidence of colon cancer in the HELGA cohort. *International Journal of Cancer*, 131(2), 469–478. <https://doi.org/10.1002/ijc.26381>
- Hernandez, O. L., Calderín, A., Huelva, R., Martínez-Balmori, D., Guridi, F., Aguiar, N. O., Olivares, F. L., & Canellas, L. P. (2015). Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 225–232. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0221-x>

- Hidalgo-Santiago, L., Navarro-León, E., López-Moreno, F. J., Arjó, G., González, L. M., Ruiz, J. M., & Blasco, B. (2021). The application of the silicon-based biostimulant Codasil® offset water deficit of lettuce plants. *Scientia Horticulturae*, 285(March). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110177>
- Jeong, S. W., Kim, G. S., Lee, W. S., Kim, Y. H., Kang, N. J., Jin, J. S., Lee, G. M., Kim, S. T., Abd El-Aty, A. M., Shim, J. H., & Shin, S. C. (2015). The effects of different night-time temperatures and cultivation durations on the polyphenolic contents of lettuce: Application of principal component analysis. *Journal of Advanced Research*, 6(3), 493–499. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2015.01.004>
- Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B., & Waterland, N. L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004>
- Křístková, E., Doležalová, I., Lebeda, A., Vinter, V., & Novotná, A. (2008). Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L.) genetic resources. *Horticultural Science*, 35(3), 113–129. <https://doi.org/10.17221/4/2008-hortsci>
- Laane, H. M. (2018). The effects of foliar sprays with different silicon compounds. *Plants*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/plants7020045>
- Li, Z., Zhang, Y., Zhang, X., Merewitz, E., Peng, Y., Ma, X., Huang, L., & Yan, Y. (2017). Metabolic Pathways Regulated by Chitosan Contributing to Drought Resistance in White Clover. *Journal of Proteome Research*, 16(8), 3039–3052. <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.7b00334>
- Luziatelli, F., Ficca, A. G., Colla, G., Švecová, E. B., & Ruzzi, M. (2019). Foliar application of vegetal-derived bioactive compounds stimulates the growth of beneficial bacteria and enhances microbiome biodiversity in lettuce. *Frontiers in Plant Science*, 10(February), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00060>
- Miceli, A., Moncada, A., & Vetrano, F. (2021). Use of microbial biostimulants to increase the salinity tolerance of vegetable transplants. *Agronomy*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy11061143>

- Mola, I. Di, Cozzolino, E., Ottaiano, L., Giordano, M., Rouphael, Y., Colla, G., & Mori, M. (2019). Effect of vegetal- And seaweed extract-based biostimulants on agronomical and leaf quality traits of plastic tunnel-grown baby lettuce under four regimes of nitrogen fertilization. *Agronomy*, 9(10).  
<https://doi.org/10.3390/agronomy9100571>
- Rabêlo, V. M., Magalhães, P. C., Bressanin, L. A., Carvalho, D. T., Reis, C. O. Dos, Karam, D., Doriguetto, A. C., Santos, M. H. Dos, Santos Filho, P. R. D. S., & Souza, T. C. de. (2019). The foliar application of a mixture of semisynthetic chitosan derivatives induces tolerance to water deficit in maize, improving the antioxidant system and increasing photosynthesis and grain yield. *Scientific Reports*, 9(1), 8164. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44649-7>
- Sharma, S. S., & Dietz, K.-J. (2009). The relationship between metal toxicity and cellular redox imbalance. *Trends in Plant Science*, 14(1), 43–50.  
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.10.007>
- Singh, P., Jain, N., Singh, M. M., & Singh, J. (2021). Effect of Stabilized Ortho Silicic Acid on Pre and Post-Harvest Quality Attributes of Plant and Ratoon Sugarcane. *Silicon*, 13(1), 231–242. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00418-0>
- Still, D. W. (2007). *Lettuce BT - Vegetables* (C. Kole (ed.); pp. 127–140). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-34536-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-540-34536-7_2)
- Thompson, H. C., Langhans, R. W., Both, A. J., & Albright, L. D. (1998). Shoot and root temperature effects on lettuce growth in a floating hydroponic system. In *Journal of the American Society for Horticultural Science* (Vol. 123, Issue 3, pp. 361–364). <https://doi.org/10.21273/jashs.123.3.361>
- Vetrano, F., Miceli, C., Angileri, V., Frangipane, B., Moncada, A., & Miceli, A. (2020). Effect of bacterial inoculum and fertigation management on nursery and field production of Lettuce Plants. *Agronomy*, 10(10).  
<https://doi.org/10.3390/agronomy10101477>
- Whelton, S. P., Hyre, A. D., Pedersen, B., Yi, Y., Whelton, P. K., & He, J. (2005). Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *Journal of Hypertension*, 23(3).  
[https://journals.lww.com/jhypertension/Fulltext/2005/03000/Effect\\_of\\_dietary\\_fi](https://journals.lww.com/jhypertension/Fulltext/2005/03000/Effect_of_dietary_fi)

ber\_intake\_on\_blood\_pressure\_.2.aspx

Xu, C., & Mou, B. (2015). Evaluation of lettuce genotypes for salinity tolerance.

*HortScience*, 50(10), 1441–1446. <https://doi.org/10.21273/hortsci.50.10.1441>