



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ – ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΤΩΝ ΣΠΕΡΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΑΡΙΩΝ ΤΩΝ
ΦΥΤΩΝ *Alyssum murale* ΚΑΙ *Leptoplax emarginata*

Γκεσούλη Βασιλική, Θεοδοσίου Βιολέττα - Αντωνία

Επιβλέπων: Μάντζος Νικόλαος

ΕΔΠΠ

Άρτα, 2020 –2021

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Μάντζος Νικόλαος

2. Μέλος επιτροπής

Κύρκας Δημήτριος,

3. Μέλος επιτροπής

Πατακιούτας Γεώργιος,

© Γκεσούλη Βασιλική, 2021.

Θεοδοσίου Βιολέττα - Αντωνία, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου 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.

Γκεσούλη Βασιλική
Θεοδοσίου Βιολέττα - Αντωνία

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας τον κύριο Νικόλαο Μάντζο για την βοήθεια, τις συμβουλές και την καθοδήγηση με σκοπό τη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τις συμφοιτήτριές μας Αρμένη Κλεοπάτρα-Δανάη και Αυγερινού Μαργαρίτα για την πολύτιμη βοήθειά τους τόσο στη συγγραφή της παρούσας εργασίας, όσο και στη διενέργεια του πειραματικού μέρους.

Με εκτίμηση,

Γκεσούλη Βασιλική,

Θεοδοσίου Βιολέττα – Αντωνία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης την επίδραση βιοδιεγερτικών ουσιών στη βλαστικότητα των σπερμάτων και στην ανάπτυξη των νεαρών φυτών των ειδών *Alyssum murale* και *Leptoplax emarginata*. Τα συγκεκριμένα φυτά αποτελούν υπερσυσσωρευτές νικελίου και η χρήση τους προορίζεται για την αγροεξόρυξη του νικελίου.

Η εργασία απαρτίζεται από δύο βασικά μέρη. Στο πρώτο αναγράφονται πληροφορίες για τους βιοδιεγέρτες· τι είναι, πώς δημιουργούνται και πώς εφαρμόζονται, πληροφορίες για τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα και τα σερπεντινικά εδάφη όπου και φύονται τα φυτά αυτά. Ακόμη, γίνεται αναφορά στο νομικό πλαίσιο που ισχύει και τι διαφορές παρατηρούνται από χώρα σε χώρα, αλλά και τη διεθνή αγορά βιοδιεγερτικών προϊόντων.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας χωρίζεται ξανά σε δύο επιμέρους τμήματα. Στο πρώτο τμήμα στόχος ήταν να διερευνηθεί η επίδραση ενός βιοδιεγέρτη (διάλυμα χουμικών οξέων) στη βλαστικότητα και την ανάπτυξη των νεαρών φυτών των ειδών *Alyssum murale* και *Leptoplax emarginata*. Τα φυτά αυτά φύονται σε σερπεντινικά εδάφη και είναι πολύ καλοί υπερσυσσωρευτές νικελίου. Για το πρώτο μέρος του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 720 σπέρματα από το κάθε φυτό. Τα σπέρματα αυτά εμβάπτιστηκαν σε δύο διαφορετικά διαλύματα του βιοδιεγέρτη (2% και 4%) και για δύο διαφορετικά χρονικά διαστήματα (30 και 60 min) και τέλος τοποθετήθηκαν σε τρυβλία petri (20 σπέρματα σε κάθε τρυβλίο), σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες για να βλαστήσουν (12 °C και 23 °C). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 12 μεταχειρίσεις με τρεις επαναλήψεις ανά μεταχείριση, ενώ το πείραμα επαναλήφθηκε και δεύτερη φορά. Οι μετρήσεις των σπερμάτων που βλάστησαν πραγματοποιήθηκαν την 4^η, 9^η, 16^η, 24^η και 29^η ημέρα από την τοποθέτηση των σπερμάτων στα τρυβλία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για το *Leptoplax emarginata* η εμβάπτιση των σπερμάτων στα διαλύματα χουμικών και φουλβικών οξέων, επέδρασε θετικά στην βλάστηση στη χαμηλή θερμοκρασία (αποθήκευση στο ψυγείο στους 10°C), με εξαίρεση την μεταχείριση εμβάπτιση σε διάλυμα βιοδιεγέρτη 2% για 30' σε αντίθεση με τις μεταχειρίσεις στην υψηλότερη θερμοκρασία (αποθήκευση στο εργαστήριο σε θερμοκρασία 24 °C) όπου η βλαστικότητα μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με αυτή στη μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό για 30'. Στην περίπτωση του

φυτού *Alyssum murale* τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε ουσιαστική επίδραση στη βλάστηση των φυτών ούτε από τα διαφορετικά διαλύματα εμβάπτισης ούτε και από τις διαφορετικές θερμοκρασίες. Το πείραμα αυτό στο εργαστήριο έγινε ακόμη μία φορά με τις ίδιες μεταχειρίσεις και τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν παρόμοια με αυτά του πρώτου πειράματος. Στο δεύτερο πειραματικό μέρος τα σπέρματα μετά την εμβάπτιση (υπό τις ίδιες συνθήκες με το πρώτο μέρος) πραγματοποιήθηκε η ίδια διαδικασία εμβάπτισης, στα ίδια διαλύματα και τους ίδιους χρόνους αλλά αυτή τη φορά τα σπέρματα φυτεύτηκαν σπάρθηκαν σε γλαστράκια και τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο. Σε κάθε μεταχείριση αντιστοιχούν 20 γλαστράκια, καθένα από τα οποία έχουν ένα σπέρμα. Μετά τη βλάστηση τα νεαρά φυτά παρέμειναν στο θερμοκήπιο για 73 ημέρες, οπότε και συγκομίσθηκαν. Σε αυτά μετρήθηκαν το νωπό και το ξηρό βάρος, το ύψος, η διάμετρος των βλαστών και ο αριθμός των φύλλων.

Η εμβάπτιση των σπερμάτων στο βιοδιεγέρτη επίδρασε αρνητικά τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος των φυτών του *Leptoplax emarginata*, δεν είχε κάποια επίδραση στο μήκος του βλαστού των φυτών, μείωσε ελαφρώς τη διάμετρο των βλαστών (εκτός της εμβάπτισης σε διάλυμα βιοδιεγέρτη 4% για 60' που ήταν σημαντικά μικρότερη από την εμβάπτιση σε νερό για 30') και τέλος μείωσε τον αριθμό των φύλλων στα νεαρά φυτά του *Leptoplax emarginata*.

Παρόμοια με το *Leptoplax emarginata* η εμβάπτιση των σπερμάτων στο βιοδιεγέρτη επίδρασε αρνητικά τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος των φυτών του *Alyssum murale*. Μείωσε επίσης το μήκος του βλαστού των φυτών, αύξησε ελαφρώς τη διάμετρο του βλαστού μείωσε τον αριθμό των φύλλων, με τη μείωση να είναι μεγαλύτερη στα φυτά των μεταχειρίσεων με εμβάπτιση 60'.

Λέξεις-φράσεις κλειδιά: βιοδιεγέρτες, σερπεντινικά εδάφη, υπερσυσσωρευτές, αγροεξόρυξη, βλαστικότητα

ABSTRACT

The object of the present study is the effect of biostimulants on seed germination and the growth of young plants of the species *Alyssum murale* and *Leptoplax emarginata*. These plants are nickel super accumulators and their use is intended for nickel field mining.

The work consists of two main parts. The first contains information about biostimulants; what it is, how it is created and how it is applied, information about the plants used in the experiment and the serpentine soils where these plants grow. country to country, but also the international market for biostimulants.

The second part of the work is again divided into two parts. In the first section, the aim was to investigate the effect of a biostimulant (humic acid solution) on the germination and growth of young plants of the species *Alyssum morale* and *Leptoplax emarginata*. These plants grow in serpentine soils and are very good nickel superaccumulators. For the first part of the experiment, a total of 720 seeds from each plant were used. These seeds were immersed in two different biostimulator solutions (2% and 4%) for two different periods of time (30 and 60 min) and finally placed in petri dishes (20 seeds in each plate), at two different temperatures to germinate. (12 ° C and 24 ° C) A total of 12 treatments were performed with three repetitions per treatment, while the experiment was repeated a second time. The measurements of the germinated seeds were performed on the 4th, 9th, 16th, 24th and 29th day from the placement of the seeds in the plates. The results showed that for *Leptoplax emarginata* the immersion of the seeds in the solutions of humic and fulvic acids, had a positive effect on the germination at low temperature (storage in the refrigerator at 12 ° C), with the exception of the treatment immersion in a solution of 30% biostimulant with the treatments at the highest temperature (storage in the laboratory at a temperature of 24o C) where the germination was significantly reduced compared to that in the treatment immersion in water for 30 '. In the case of *Alyssum murale* the results showed that there was no significant effect on the vegetation of the plants either from the different immersion solutions or from the different temperatures.

This experiment in the laboratory was done once again with the same treatments and the results were similar to those of the first experiment.

In the second experimental part the seeds after immersion (under the same conditions as the first part) the same immersion process was performed, in the same solutions and at the same times but this time the seeds were planted, sown in pots and placed in the greenhouse. Each treatment corresponds to 20 pots, each of which has a sperm. After germination, the young plants remained in the greenhouse for 73 days, at which time they were harvested. Fresh and dry weight, height, shoot diameter and number of leaves were measured. The following results were obtained for the plant *Leptoplax emarginata*:

Fresh dry weight:

The immersion of the seeds in the biostimulator had a negative effect on both the fresh and the dry weight of the *Leptoplax emarginata* plants. In fact, the reduction of the fresh, but also the dry weight of the plants seems to increase with the increase of the immersion time in the biostimulator.

Shoot length:

The immersion of the plant seeds in the humic acid solutions had no effect on the length of the plant stem.

Stem diameter:

Increasing the immersion time in water as well as immersion in the biostimulator solutions slightly reduced the diameter of the shoots, but the values from all treatments are at about the same levels, with minor differences except immersion in a 4% biostimulator solution for 60' which was significantly less than immersion in water for 30'.

Number of Sheets:

The immersion of the seeds in humic and folic acids resulted in a reduction in the number of leaves in the young plants of *Leptoplax emarginata*, especially in the 4% solution and at a dipping time of 60 °.

The following results were obtained for the plant *Alyssum murale*:

Fresh dry weight:

As in the case of *Leptoplax emarginata*, the immersion of the seeds in the biostimulator had a negative effect on both the fresh and the dry weight of the plants of *Alyssum murale*. Here again the reduction of the fresh, but also the dry weight of

the plants seems to increase with the increase of the immersion time in the biostimulator.

Shoot length:

The immersion of the seeds in the solutions of humic and folic acids led to a reduction in the length of the plant stem.

Stem diameter:

Plants in which humic acids and folic acids were used showed greater shoot thickness growth than those immersed in water but with differences

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη.....	5
ABSTRACT.....	8
Εισαγωγή.....	18
Κεφάλαιο 1.....	19
ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	
1.1 Ορισμοί.....	19
1.2 Πρώτες ύλες και παραγωγή βιοδιεγερτών.....	21
1.3 Κατηγοριοποίηση βιοδιεγερτών.....	22
1.3.1 Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών μερών.....	23
1.3.2 Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων.....	26
1.3.3 Μικροβιακά εμβόλια.....	30
1.3.4 Χουμικά – φουβλικά οξέα.....	32
1.3.5 Χιτοζάνη και αλλά βιοπολυμερή.....	35
1.3.6 Ανόργανες ενώσεις.....	36
Κεφάλαιο 2.....	39
ΤΡΟΠΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ	
2.1 Τρόποι δράσης βιοδιεγερτών.....	39
2.1.1 Επίδραση στη μικροβιακή δραστηριότητα.....	39
2.1.2 Επίδραση στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών.....	40
2.1.3 Επίδραση στην ανάπτυξη ριζικού συστήματος.....	41
2.1.4 Επίδραση σε συνθήκες βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων.....	41
2.1.5 Επίδραση στην ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων ειδών.....	42
2.2 Βιοδιεγέρτης σε καλλιέργειες του σήμερα.....	42
2.2.1 Εφαρμογές σε φρούτα.....	43
2.2.2 Εφαρμογές σε λαχανικά.....	44
2.2.3 Εφαρμογή σε ανθοκομικά φυτά.....	45
2.2.4 Εφαρμογή σε αροτραίες καλλιέργειες.....	46
Κεφάλαιο 3.....	47
ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΠΕΡΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	

3.1 Σπερματοφύτα – <i>Spermatophyta</i>	47
3.2 Δομή σπέρματος.....	47
3.3 Βλάστηση των σπερμάτων.....	50
3.3.1 Υπόγεια βλάστηση.....	50
3.3.2 Επίγεια βλάστηση.....	51
3.4 Φυσιολογία της βλάστησης.....	52
3.5 Λήθαργος σπερμάτων.....	54
3.6 Αίτια λήθαργου.....	55
Κεφάλαιο 4.....	55
ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΚΑ ΕΔΑΦΗ ΚΑΙ ΦΥΤΑ ΥΠΕΡΣΣΥΣΩΡΕΥΤΕΣ	
4.1 Ορισμός σερπεντινικών εδαφών.....	55
4.2 Ιδιότητες εδάφους.....	56
4.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά σερπεντινικής βλάστησης.....	56
4.3 Μεταλλόφυτα.....	57
4.3.1 Υπερσυσσωρευτές και δυνατότητες συσσώρευσης.....	57
4.3.2 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά υπερσυσσωρευτών.....	57
4.3.3 Υπερσυσσώρευση νικελίου.....	58
4.4 Χρήσεις υπερσυσσωρευτών.....	58
4.4.1 Φυτοεξαγωγή.....	58
4.4.2 Φυτοσταθεροποίηση.....	60
4.4.3 Φυτοεξάτμιση – φυτοεπικύρωση.....	61
4.4.4 Ριζοδιοίθηση.....	62
4.4.5 Αγροεξόρυξη.....	65
4.5 Φυτό έρευνας <i>Alyssum murale</i>	67
4.6 Φυτό έρευνας <i>Leptoplax emarginata</i>	69
Κεφάλαιο 5.....	71
ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	
5.1 Νομικό πλαίσιο.....	71
Κεφάλαιο 6.....	72
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ	
6.1 Βιοδιεγέρτης στην Ελλάδα και προοπτικές εξέλιξης	72
Κεφάλαιο 7.....	76

ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΓΟΡΑ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ

Κεφάλαιο 8.....	78
-----------------	----

ΥΛΙΚΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

8.1 Όργανα – Υλικά – Αντιδραστήρια.....	78
8.1.1 Υλικά – Σκευή.....	78
8.1.2 Αντιδραστήρια.....	78
8.1.3 Συσκευές.....	78
8.2 Πειραματική διαδικασία.....	79
8.2.1 Προετοιμασία των σπερμάτων.....	80
8.2.2 Βλαστικότητα.....	82
8.2.3 Ανάπτυξη των φυτών.....	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....	100

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1 Πείραμα 1.....	100
9.1.1 <i>Leptoplax emarginata</i>	100
9.1.2 <i>Alyssum murale</i>	102
9.2 Πείραμα 2.....	104
9.2.1 <i>Leptoplax emarginata</i>	104
9.2.2 <i>Alyssum murale</i>	105
9.3 Βλαστική ανάπτυξη φυτών.....	107
9.3.1 Νωπό – ξηρό βάρος <i>Leptoplax emarginata</i>	107
9.3.2 Μήκος βλαστού <i>Leptoplax emarginata</i>	109
9.3.3 Διάμετρος βλαστού <i>Leptoplax emarginata</i>	110
9.3.4 Αριθμός φύλλων <i>Leptoplax emarginata</i>	112
9.3.5 Νωπό – ξηρό βάρος <i>Alyssum murale</i>	114
9.3.6 Μήκος βλαστού <i>Alyssum murale</i>	115
9.3.7 Διάμετρος βλαστού <i>Alyssum murale</i>	117
9.3.8 Αριθμός φύλλων <i>Alyssum murale</i>	118
Βιβλιογραφία.....	120

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1 Μηχανισμοί φυτοπροστασίας και τρόπος δράσης τους.	62
Πίνακας 4.2 Μηχανισμοί φυτοπροστασίας, πεδία εφαρμογής, και ρύποι αντιμετώπισης.	62-63
Πίνακας 8.1 Επεμβάσεις και η πειραματική διαδικασία που ακολούθησε. Τα στοιχεία αυτά αφορούν και τα δυο φυτά της ερευνάς.	91
Πίνακας 9.1 Οι μεσοί οροί και η τυπική απόκλιση των βλαστημένων σπερμάτων του φυτού <i>Leptoplax emarginata</i> 29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12°C και 24°C.	99
Πίνακας 9.2 Οι μεσοί οροί και η τυπική απόκλιση των βλαστημένων σπερμάτων του φυτού <i>Alyssum murale</i> 29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12°C και 24°C.	101
Πίνακας 9.3 Οι μεσοί οροί και η τυπική απόκλιση των βλαστημένων σπερμάτων του φυτού <i>Leptoplax emarginata</i> 30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12°C και 24 °C.	103
Πίνακας 9.4 Οι μεσοί οροί και η τυπική απόκλιση των βλαστημένων σπερμάτων του φυτού <i>Alyssum murale</i> 30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12°C και 24°C.	105
Πίνακας 9.5 Οι μέσοι όροι του νεπού και του ξηρού βάρους των φυτών <i>Leptoplax emarginata</i> 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε g ± την τυπική απόκλιση.	107
Πίνακας 9.6 Οι μέσοι όροι του μήκους του βλαστού των φυτών <i>Leptoplax emarginata</i> 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.	109
Πίνακας 9.7 Οι μέσοι όροι της διαμέτρου του βλαστού των φυτών <i>Leptoplax emarginata</i> 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.	110
Πίνακας 9.8 Οι μέσοι όροι των φύλλων των φυτών <i>Leptoplax emarginata</i> 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε ± την τυπική απόκλιση.	112
Πίνακας 9.9 Οι μέσοι όροι του νεπού και του ξηρού βάρους των φυτών <i>Alyssum murale</i> 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε g ± την τυπική απόκλιση.	114
Πίνακας 9.10 Οι μέσοι όροι του μήκους του βλαστού των φυτών <i>Alyssum murale</i> 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.	115
Πίνακας 9.11 Οι μέσοι όροι της διαμέτρου του βλαστού των φυτών <i>Alyssum murale</i> 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση	117

Πίνακας 9.12 Οι μέσοι όροι του αριθμού των φύλλων των φυτών <i>Alyssum murale</i> 71 ημέρες από τη μεταφύτευση ± την τυπική απόκλιση.	119
--	-----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 9.1 Οι μέσοι όροι του φυτού <i>Leptoplax emarginata</i> 29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.	100
Γράφημα 9.2 Οι μέσοι όροι του φυτού <i>Alyssum murale</i> 29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.	102
Γράφημα 9.3 Οι μέσοι όροι του φυτού <i>Leptoplax emarginata</i> 30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.	104
Γράφημα 9.4 Οι μέσοι όροι του φυτού <i>Alyssum murale</i> 30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.	106
Γράφημα 9.5 Οι μέσοι όροι του μήκους του βλαστού των φυτών <i>Leptoplax emarginata</i> 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.	108
Γράφημα 9.6 Οι μέσοι όροι του μήκους του βλαστού των φυτών <i>Leptoplax emarginata</i> 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.	109
Γράφημα 9.7 Οι μέσοι όροι της διαμέτρου του βλαστού των φυτών <i>Leptoplax emarginata</i> 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.	111
Γράφημα 9.8 Οι μέσοι όροι των αριθμών των φύλλων των φυτών <i>Leptoplax emarginata</i> 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε ± την τυπική απόκλιση.	112
Γράφημα 9.9 Οι μέσοι όροι του νερού και του ξηρού βάρους των φυτών <i>Alyssum murale</i> 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε g ± την τυπική απόκλιση.	114
Γράφημα 9.10 Οι μέσοι όροι του μήκους των βλαστών των φυτών <i>Alyssum murale</i> 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.	116
Γράφημα 9.11. Οι μέσοι όροι της διαμέτρου του βλαστού των φυτών <i>Alyssum murale</i> 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.	118
Γράφημα 9.12 Οι μέσοι όροι των φύλλων των φυτών <i>Alyssum murale</i> 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε ± την τυπική απόκλιση.	119

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1. Ποικιλομορφία σπορών σε χρώμα, σχήμα, μέγεθος κτλ.	47
---	----

Εικόνα 3.1. Δομή σπέρματος	48
Εικόνα 3.3. Δομή σπέρματος στο μικροσκόπιο	48
Εικόνα 3.4. Ψηφιακή δομή σπέρματος	48
Εικόνα 3.5 Στάδια υπόγειας βλάστησης	49
Εικόνα 3.6 Στάδια επίγειας βλάστησης	50
Εικόνα 4.1 Διαφορετικοί χρωματισμοί σερπεντινικών εδαφών	55
Εικόνα 4.2 Διαδικασία φυτοεξαγωγής	58
Εικόνα 4.3 Διαδικασία φυτοσταθεροποίησης, αποσκοπούμενη στον περιορισμό των βαρέων μεταλλών του εδαφούς	59
Εικόνα 4.4 Σημεία φυτοαποκατάστασης	60
Εικόνα 4.5 Σχηματική διαδικασία απομακρύνσης μεταλλών από το νερό	61
Εικόνα 4.6 Διαδικασία της αγροεξορυξης	64
Εικόνα 4.7 Ταξιανθία του φυτού <i>Alyssum murale</i>	65
Εικόνα 4.8 <i>Alyssum murale</i>	66
Εικόνα 4.9 Αποξηραμένη μορφή του φυτού <i>Alyssum murale</i>	66
Εικόνα 4.10 Ταξιανθία του φυτού <i>Leptoplax emarginata</i>	67
Εικόνα 4.11 <i>Leptoplax emarginata</i>	68
Εικόνα 4.12 Αποξηραμένη μορφή του φυτού <i>Leptoplax emarginata</i>	68
Εικόνα 8.1 Βιοδιεγέρτης Blackjack bio, Elanco, Ελλάδα	77
Εικόνα 8.2 Αφαίρεση αποστειρωμένων υλικών από τον κλίβανο υγρής αποστείρωσης	78
Εικόνα 8.3 Απομόνωση σπερμάτων του φυτού <i>Alyssum murale</i>	79
Εικόνα 8.4 Απολύμανση φυτικού υλικού σε μαγνητικό αναδευτήρα	79
Εικόνα 8.5 Αφαίρεση διαλύματος βιοδιεγέρτη συγκέντρωσης 4%.	81
Εικόνα 8.6 Αποστειρωμένα τρυβλία επιστρωμένα με αποστειρωμένο διηθητικό χαρτί	82
Εικόνα 8.7 Προσθήκη 2 mL απιονισμένο νερό στο κάθε τρυβλίο	83

Εικόνα 8.8 Απομακρυνση βιοδιεγερτη στα σπερματα <i>Leptoplax emarginata</i> και τοποθετηση τους ανα 20 στα αποστειρωμενα τρυβλια, με την βοηθεια αποστειρωμενων εργαλειων	84
Εικόνα 8.9 Σφραγισμα αποστειρωμενων τρυβλιων με ταινια parafilm	85
Εικόνα 8.10 Τοποθέτηση τρυβλίων του <i>Alyssum myrale</i> σε κλιματιζόμενο χώρο με θερμοκρασία 12 °C.	86
Εικόνα 8.11 Τοποθέτηση τρυβλίων του <i>Leptoplax emarginata</i> σε κλιματιζόμενο χώρο με θερμοκρασία 12 °C.	87
Εικόνα 8.12 Επαναληψεις ανα τριαδες για τις εκαστοτε μεταχειρησεις του φυτου <i>Alyssum murale</i> .	88
Εικόνα 8.13 Επαναληψεις ανα τριαδες για τις εκαστοτε μεταχειρησεις του φυτου <i>Leptoplax emarginata</i>	89
Εικόνα 8.14 Επαναληψεις ανα τριαδες για τις εκαστοτε μεταχειρησεις του φυτου <i>Leptoplax emarginata</i>	90
Εικόνα 8.15 Υαλόφρακτο θερμοκήπιο του Τμήματος Γεωπονίας του πανεπιστήμιου ιωαννινων στους κωστακιους αρτας	92
Εικόνα 8.16 Διανομή υποστρώματος στις γλάστρες καλλιέργειας	93
Εικόνα 8.17 Μεταχειρισεις στα καναλια καλλιεργειας του θερμοκηπιου	93
Εικόνα 8.18 Τοποθετηση σπερματων του φυτου <i>Leptoplax emarginata</i> στις γλαστρες	94
Εικόνα 8.19 Άρδευση μεταχειρίσεων	94
Εικόνα 8.20 Μέτρηση ύψους του φυτού <i>Alyssum murale</i> με παχύμετρο	95
Εικόνα 8.21 Μέτρηση διαμέτρου του φυτού <i>Leptoplax emarginata</i> με παχύμετρο	95
Εικόνα 8.22 Μετρηση του νοπού βάρους των υπέργειων τμημάτων του φυτού <i>Leptoplax emarginata</i>	96
Εικόνα 8.23 Μετρηση του ξηρού βάρους των υπέργειων τμημάτων του φυτού <i>Alyssum murale</i>	97

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η ιδέα χρήσης βιοδιεγερτικών ουσιών σε ευρύ φάσμα καλλιεργειών αποτελεί αντικείμενο μελέτης με μεγάλο ενδιαφέρον για τους επιστήμονες του κλάδου της Γεωπονίας. Συγκεκριμένα οι μελέτες επικεντρώνονται στο κατά πόσο μπορούν τέτοιου είδους ουσίες να επηρεάσουν την ανάπτυξη των φυτών. Αυτό που πρέπει να γίνει αντιληπτό είναι ότι οι βιοδιεγέρτες δεν δρουν ως προστατευτικά από μυκητολογικές ή ιολογικές ασθένειες όπως επίσης δεν μπορούν να προσδώσουν στα φυτά θρεπτικά στοιχεία. Αυτοί είναι και οι λόγοι που δεν θα έπρεπε να συσχετίζονται με τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα και τα λιπάσματα αντίστοιχα. Οι βιοδιεγερτικές ουσίες μπορούν να εφαρμοστούν στα φυτά είτε διαφυλλικά είτε με ριζοπότισμα και εμφανίζουν πληθώρα θετικών επιδράσεων ενισχύοντας την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών και την ανοχή τους σε περιβαλλοντικούς στρεσογόνους παράγοντες. Η χρήση τους είναι ακόμη σε στάδιο παρακολούθησης όμως φαίνεται να αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη γεωργική πρακτική. Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν φυτά υπερσυσσωρευτές· φυτά δηλαδή που έχουν αναπτύξει την ικανότητα να δεσμεύουν στους ιστούς τους βαρέα μέταλλα, όπως το νικέλιο. Λόγω της ιδιότητάς τους αυτής, τέτοια φυτά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αργοεξόρυξη· μία διαδικασία κατά την οποία μπορεί να γίνει δυνατή η εξόρυξη βαρέων μετάλλων από εδάφη που εμφανίζουν μεγάλες συγκεντρώσεις αυτών.

Κεφάλαιο 1

ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

1.1 Ορισμοί

Ως Βιοδιεγέρτες ορίζονται οι ουσίες εκείνες που επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών, χωρίς όμως να κατατάσσονται σε κάποια ήδη υπάρχουσα κατηγορία φυτοπροστατευτικών προϊόντων ή λιπασμάτων. Η λέξη «βιοδιεγέρτης» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από ειδικούς της καλλιέργειας σποροκηπευτικών, όμως επίσημα ο ορισμός της έννοιας δόθηκε το 1997 από το Κρατικό Πανεπιστήμιο της Βιρτζίνια (Du Jarbin, 2015). Στον ορισμό αυτό αναφέρονται ως υλικά που έχουν την ικανότητα να επηρεάσουν την αναπτυξιακή κατάσταση των φυτών ακόμη και σε μικρές ποσότητες.

«Βιοδιεγερτικές ουσίες» καλούνται τα προϊόντα εκείνα που αποτελούνται από μία ή και περισσότερες ουσίες και μικροοργανισμούς και όταν εφαρμοστούν σε σπόρους, φυτά, εδαφικές εκτάσεις και γεωργικά μέσα έχουν την ικανότητα να επηρεάσουν ορισμένες φυσιολογικές διεργασίες των φυτικών οργανισμών. (Calvo et al., 2014, Du Jarbin 2015, Povero et al., 2016). Σκοπός των προϊόντων αυτών είναι η διέγερση των φυσικών λειτουργιών και κατ' επέκταση η αύξηση της αποδοτικότητας της καλλιέργειας καθώς και η ενίσχυση της ποιότητας. (Pavero et al., 2016, Van Oosten et al., 2017).

Οι φυτικοί βιοδιεγέρτες περιέχουν μεγάλο αριθμό διαφορετικών ουσιών ή/και μικροοργανισμών οι οποίοι συμβάλλουν στην ανάπτυξη των φυτών. Όπως προκύπτει και από το όνομά τους, διεγείρουν την ανάπτυξη των φυτών όπως συμβαίνει και με τα λιπάσματα με τη διαφορά ότι οι πρώτοι μπορούν να προσφέρουν πολύ περισσότερα.

Όπως έχει οριστεί από την EBIC - The European Biostimulants Industry Council (2012) στην Ευρώπη:

Οι βιοδιεγέρτες περιλαμβάνουν ουσίες ή/ και μικροοργανισμούς των οποίων η λειτουργία κατά την εφαρμογή τους στα φυτά ή τη ριζόσφαιρα είναι να διεγείρουν φυσικές διεργασίες για την ενίσχυση της πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων, της συλλογικής απόδοσης, της αντοχής στο αβιοτικό στρες και της βελτίωσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καλλιεργειών. Οι βιοδιεγέρτες δεν έχουν άμεση

δράση κατά των ασθενειών και των διάφορων εχθρών επομένως δεν μπορούν να ενταχθούν στο κανονιστικό πλαίσιο των φυτοφαρμάκων (Calvo et al., 2014).

Σε συνέχεια αυτού, η EBIC (2012), επεξεργάστηκε τον τρόπο με τον οποίο οι βιοδιεγέρτες δρουν στους φυτικούς οργανισμούς κατά τον εξής τρόπο:

Με τη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών η ανάπτυξη των φυτών προωθείται καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, από τη βλάστηση του σπόρου μέχρι και την ωρίμανση αυτού με τρόπους όπως:

- Βελτίωση ποιοτικών χαρακτηριστικών.
- Αποδοτικότερη χρήση νερού.
- Ενίσχυση φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους.
- Ενίσχυση της εδαφικής μικροβιακής δραστηριότητας.
- Ενίσχυση της αντοχής ή της ανάκαμψης από αβιοτικές καταπονήσεις.
- Βελτίωση της αποδοτικότητας του φυτικού μεταβολισμού με συνέπεια αυξημένες αποδόσεις και καλύτερη ποιότητα.
- Διευκόλυνση της αφομοίωσης των θρεπτικών συστατικών.

Τέλος, επισημάνθηκε ότι:

«Οι βιοδιεγέρτες έχουν διαφορετικό τρόπο δράσης συγκριτικά με τα λιπάσματα, ανεξαρτήτως αν υπάρχουν ή όχι θρεπτικές ουσίες εντός τους.»

Από το «Συμβούλιο Βιοδιεγερτών» στις Η.Π.Α. ως βιοδιεγέρτες ορίζονται:

Ουσίες, συμπεριλαμβανομένων των μικροοργανισμών, οι οποίες εφαρμόζονται σε φυτικούς οργανισμούς, πολλαπλασιαστικό υλικό, έδαφος ή σε άλλα σημεία εντός της καλλιέργειας, ενισχύοντας την ικανότητα αφομοίωσης θρεπτικών στοιχείων, βελτιώνοντας τη δομή του εδάφους ή γενικότερα παρέχοντας όφελος στην ανάπτυξη των φυτών. Οι βιοδιεγέρτες δεν είναι λιπάσματα (Calvo et al., 2014).

Η διαφορά μεταξύ βιοδιεγερτών-λιπασμάτων-φυτοπροστατευτικών προϊόντων προκύπτει από το γεγονός ότι τα λιπάσματα είναι ουσίες, κύριες ή δευτερεύουσες οι οποίες χρησιμοποιούνται στη γεωργία με σκοπό να εμπλουτίσουν το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία και μέσω αυτών να προκύψει καλύτερη ανάπτυξη των φυτών (Τσιτσιάς, 1997). Ανάλογα με την προέλευσή τους διακρίνονται σε δύο κύριες

κατηγορίες, τα οργανικά που προέρχονται από την αποσύνθεση οργανικών υλικών φυτικής προέλευσης και στόχο έχουν τον εμπλουτισμό του εδάφους με οργανική ουσία και τα ανόργανα τα οποία είναι χημικές ενώσεις που είτε παρασκευάζονται στο εργαστήριο είτε εξορύσσονται και εφοδιάζουν το έδαφος με στοιχεία όπως είναι το άζωτο (N), το κάλιο (K), ο φώσφορος (P) και σε ορισμένες περιπτώσεις, το μαγνήσιο (Mg), αλλά και ιχνοστοιχεία (Τσιτσιάς, 1997). Από την άλλη πλευρά ως φυτοπροστατευτικό προϊόν ορίζεται κάθε χημική ουσία ή μείγμα ουσιών που χρησιμοποιείται στη γεωργία για την αντιμετώπιση εντομολογικών εχθρών, ασθενειών που προκύπτουν από βακτήρια και μύκητες, ζιζάνια ή ακόμη και για την επίδραση στη βλαστική ικανότητα των φυτικών οργανισμών [Οδηγία του συμβουλίου της 15^{ης} Ιουλίου 1991 σχετικά με την διάθεση στην αγορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων (91/414/ΕΟΚ), 1991]. Άλλες ονομασίες των προϊόντων αυτών είναι «Γεωργικά Φάρμακα» ή «Φυτοφάρμακα» και κατατάσσονται σε έξι βασικές κατηγορίες: α) παρασιτοκτόνα, β) εντομοελκυστικά, γ) εντομοαπωθητικά, δ) ρυθμιστές ανάπτυξης, ε) φυτορυθμιστικές ουσίες και στ) μικροβιολογικά σκευάσματα (Δημόπουλος, 1998).

Κατά συνέπεια, από τους τρεις παραπάνω ορισμούς, προκύπτει ότι οι έννοιες αυτές είναι εντελώς διαφορετικές και δεν σχετίζονται μεταξύ τους. Οι βιοδιεγέρτες επηρεάζουν λειτουργίες του φυτού και κατ' επέκταση στη σχέση αυτού με το έδαφος και τους μικροοργανισμούς (Du Jarbin, 2015), τα λιπάσματα εμπλουτίζουν το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία ενώ τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα στοχεύουν στην προστασία του φυτού από εχθρούς και ασθένειες (Du Jarbin, 2015). Η κύρια διαφορά τους έγκειται στο ότι οι λειτουργίες που επηρεάζονται μέσω των βιοδιεγερτικών ουσιών δεν σχετίζονται ούτε με την παροχή θρεπτικών ουσιών ούτε με την προστασία των φυτών (Calvo et al., 2014).

1.2 Πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοδιεγερτών

Η παραγωγή βιοδιεγερτικών προϊόντων γίνεται μέσω της χρήσης μίας μεγάλης ποικιλίας πρώτων υλών από τις οποίες, κάποιες χρησιμοποιούνται έπειτα από ειδική κατεργασία για να φτάσουν σε αξιοποιήσιμη μορφή και άλλες χρησιμοποιούνται αυτούσιες. Τέτοιου είδους πρώτες ύλες είναι φύκη, τα οποία κατά κύριο λόγο προέρχονται από θαλάσσια οικοσυστήματα και φυτικά μέρη όπως σπόροι, ρίζες,

φύλλα, εκκρίματα που συλλέγονται από διάφορες οικογένειες φυτών με κυριότερες τις *Amaryllidaceae*, *Ericaceae*, *Plantaginaceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Moringaceae*, *Poaceae*, *Solanaceae*, *Theaceae* και *Vitaceae* (Yakhin et al., 2017) όπως επίσης και διάφοροι μικροοργανισμοί. Σε αυτούς ανήκουν βακτήρια, μύκητες, ζυμομύκητες και μεταβολίτες αυτών οι οποίοι απομονώνονται, καλλιεργούνται εργαστηριακά σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους και αξιοποιούνται στη γεωργική πρακτική (Du Jarbin, 2015, Yakhin et al., 2017). Στην παραγωγή βιοδιεγερτών εφαρμογή βρίσκουν επίσης τα χουμικά και φουλβικά οξέα, τα οποία προέρχονται από αποσύνθεση οργανικών αποβλήτων αλλά και την δραστηριότητα των γεοσκωλήκων (Halpern et al., 2015), η χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή που παραλαμβάνονται από θαλάσσια καρκινοειδή και ένζυμα (Yakhin et al., 2017). Τελευταία κατηγορία αποτελούν τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και τα αμινοξέα προερχόμενα από ζωικά και φυτικά υποπροϊόντα και απόβλητα (Halpern et al., 2015, Yakhin et al., 2017). Κατά συνέπεια η παρασκευή βιοδιεγερτών περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές πρώτες ύλες οι οποίες συλλέγονται και διαμορφώνονται με διάφορες τεχνικές και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο τρόπος δράσης τους να προσδιορίζεται με δυσκολία. (Yakhin et al., 2017).

1.3 Κατηγοριοποίηση βιοδιεγερτών

Η κατηγοριοποίηση των βιοδιεγερτικών ουσιών σχετίζεται με την πηγή από την οποία λαμβάνεται η πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιηθεί. Κατά αυτόν τον τρόπο προκύπτουν οι εξής κατηγορίες:

- Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών μερών
- Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων
- Μικροβιακά εμβόλια
- Χουμικά και φουλβικά οξέα
- Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή
- Ανόργανες ενώσεις

1.3.1 Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών μερών

Τα φύκη, από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα χρησιμοποιούνται με ποικίλους τρόπους με σκοπό να εξυπηρετήσουν ανθρώπινες ανάγκες αλλά και να βελτιώσουν τόσο τη γονιμότητα όσο και την παραγωγικότητα του εδάφους (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Σύμφωνα με ευρήματα και ενδείξεις, τα φύκη έχουν αξιοποιηθεί ως μέσο τροφής (MonteVerden, Νότια Χιλή) στη γεωργική πρακτική (Αρχαία Ρώμη) και άλλες χρήσεις όπως στην ιατρική, τη φαρμακολογία και την υφαντουργία (Battacharyya et al., 2015, Khan et al., 2009). Η πρώτη καταγραφή εκχυλίσματος φυκών σε υγρή μορφή γίνεται το 1940 και το προϊόν διατέθηκε στην αγορά με το εμπορικό όνομα «Maxicrop (Stirk et al., 2014) και αυτή τη στιγμή υπάρχουν περισσότερες από 47 επιχειρήσεις παραγωγής και εμπορίας τέτοιων σκευασμάτων.

Υπολογίζεται ότι υπάρχουν περίπου 10.000 διαφορετικά είδη φυκών, τα οποία κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με το χρώμα τους σε τρεις βασικές κατηγορίες: τα καστανά (Phaeophyta), τα κόκκινα (Rhodophyta) και τα πράσινα (Chlorophyta) (Battacharyya et al., 2015, Khan et al., 2009). Τα καστανά φύκη είναι αυτά που χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό για την παρασκευή βιοδιεγερτών και αποτελούν την δεύτερη πιο άφθονη ομάδα με περίπου 2.000 είδη τα κυριότερα των οποίων εντάσσονται στα γένη *Ascophyllum spp.*, *Laminaria spp.*, *Fucus spp.*, *Sargassum spp.*, *Ecklonia spp.*, *Durvillea spp.*, *Macrocystis spp.* και *Turbinaria spp.* (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015, Πασπάτης, 1998) με περισσότερο ενδιαφέρον να παρουσιάζουν τα *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* και *Durvillea apotatorum* (Du Jarbin, 2015, Sheknar Sharma et al., 2014). Η συλλογή τους μπορεί να γίνει είτε μηχανικά με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανικού εξοπλισμού είτε χειρωνακτικά με ειδικά εργαλεία. Όπως είναι φυσικό η χειρωνακτική συγκομιδή είναι πιο χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία αλλά έχει και αρκετά μεγάλο κόστος συγκριτικά με τη μηχανική. Σαν πλεονέκτημα βέβαια έχει ότι είναι περιβαλλοντικά ορθότερη. Σε ότι αφορά το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τον τρόπο συγκομιδής, αυτό αλλάζει από χώρα σε χώρα. Στη Γαλλία, για παράδειγμα η μηχανική συγκομιδή είναι επιτρεπτή όπως επίσης και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, τη Νορβηγία και τον Καναδά ενώ στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία, όχι. Στη Νορβηγία, η συγκομιδή επιτρέπεται κάθε έξι χρόνια και για τον σκοπό αυτό χορηγούνται ειδικές άδειες και να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις όπως να παραμένουν 10 cm από το

μίσχο του κάθε φύκους στον ωκεανό έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ανάπτυξη και αύξησή του για περιβαλλοντικούς σκοπούς. Ειδικές άδειες χορηγούνται επίσης και στη Γαλλία (Shekhar Sharma et al., 2014).

Η παραλαβή των εκχυλισμάτων είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με τους εξής τρόπους:

- Εκχύλιση με νερό
- Εκχύλιση με οξέα και αλκάλια
- Ρήξη κυττάρων με υψηλή πίεση
- Κρυο-επεξεργασία (Calvo et al., 2014, Shekhar Sharma et al.,

2014)

Οι τρόποι αυτοί μπορούν να εφαρμοστούν είτε μεμονωμένα είτε με συνδυασμό δύο ή περισσότερων διαδικασιών. Σε πρώτο στάδιο τα φύκη πλένονται για να απομακρυνθούν ξένες ύλες που μπορεί να υπάρχουν και έπειτα τεμαχίζονται (Shekhar Sharma et al., 2014). Κατά την εκχύλιση με νερό οι πρώτες ύλες ξηραίνονται σε θερμοκρασία $> 80^{\circ}\text{C}$ και στη συνέχεια υφίστανται εκχύλιση μέσω υδατικής διαδικασίας (Shekhar Sharma et al., 2014). Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν οξέα η αρχική επεξεργασία γίνεται με θειικό οξύ σε θερμοκρασία $40-50^{\circ}\text{C}$ και πίεση 275-827 kPa για 30 λεπτά και στη συνέχεια χορηγούνται οξέα (HCOOH , CH_3COOH , H_2SO_4) ή αλκάλια (NaOH , KOH , CaCO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3) (Shekhar Sharma et al., 2014). Στην επόμενη μέθοδο, αυτή της ρήξης κυττάρων με υψηλή πίεση, τα φύκη καταψύχονται στους -25°C και έπειτα τους εφαρμόζεται πίεση 137,895 kPa η οποία καταστρέφει τα κυτταρικά τοιχώματα (Shekhar Sharma et al., 2014). Τέλος, στη μέθοδο της κρυοεπεξεργασίας τα φύκη υπόκεινται σε κρυοσιμπίεση με υγρό άζωτο. Οι παράμετροι που θα καθορίσουν ποια από της παραπάνω διαδικασίες θα επιλεγεί είναι το είδος του φύκους, το pH, η εποχή επιλογής του φύκους και η θερμοκρασία. (Calvo et al., 2014, Povero et al., 2016).

Τα εκχυλίσματα φυκών διατίθενται στο εμπόριο σε στερεή ή υγρή μορφή και η εφαρμογή τους γίνεται στο φύλλωμα των φυτών ή στο πεδίο της ριζόσφαιρας (Battacharyya et al., 2015, Du Jarbin, 2015) με ψεκασμό, ριζοπότισμα ή αναμειγνύοντας το σκεύασμα στο νερό της άρδευσης. Προτείνεται ο ψεκασμός να γίνεται κατά τις πρωινές ώρες, όταν τα στόματα των φύλλων είναι ανοιχτά. Η ενσωμάτωση είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί και στο έδαφος, αλλά στην

περίπτωση αυτή χρειάζεται προσοχή στο χρόνο και την εποχή εφαρμογής ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα με τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, λόγω της αξιοποίησής τους από τους μικροοργανισμούς (Battacharya et al., 2015)

Λόγω της παρουσίας οργανικών και ανόργανων ενώσεων στα εκχυλίσματα των φυκών προκύπτουν και τα αντίστοιχα αποτελέσματα (Calvo et al., 2014, Du Jardin, 2015). Στα φύκη περιέχονται ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών όπως είναι οι αυξίνες, οι κυτοκινίνες, το αβιζινικό οξύ (ABA), το γιββερλικό οξύ και το σαλικλικό οξύ (Battacharya et al., 2015, Shekhar Sharma et al., 2014, Stirk et al., 2014). Περιέχονται επίσης πολυφαινόλες (φαινολικά οξέα, λιγνίνες, φλαβονοειδή και ταννίνες) και πολυσακχαρίτες (λαμιναρίνη, αλγινικά άλατα και φοϋκουδάνη (Godlewska et al., 2016, Hernandez-Herrera et al., 2013, Πασπάτης, 1998). Ακόμη είναι πλούσια σε μεταΐνες οι οποίες βοηθούν τα φυτά σε περίπτωση που βρεθούν σε κατάσταση ωσμωτικού στρες, αλλά και στερόλες (φουκοστερόλη και παράγωγά της, χοληστερόλη και εργοστερόλη) (Du Jarbin, 2015, Godlewska et al., 2016, Khan et al., 2009). Τέλος στα εκχυλίσματα αυτά συναντώνται υδατάνθρακες, μακροθρεπτικά στοιχεία, ιχνοστοιχεία (Fe, , K, Mg, και S) καθώς επίσης και ενώσεις με μυκητοκτόνο ή βακτηριοκτόνο δράση όπως στεροειδή, τερπενοειδή και λιπαρά οξέα (Godlewska et al., 2016, Khan et al., 2009).

Η χρήση εκχυλισμάτων φυκών σε μία καλλιέργεια έχει αποδειχθεί ότι παρέχει ένα μεγάλο αριθμό θετικών επιδράσεων. Επηρεάζονται οι φυσιολογικές ιδιότητες του εδάφους, επιτυγχάνεται καλύτερη δομή και αερισμός αυτού και διατηρείται η υγρασία του (Battacharya et al., 2015, Calvo et al., 2014, Khan et al., 2009). Ακόμη, αυξάνεται η μικροβιακή δραστηριότητα και προάγεται η ανάπτυξη των ριζών με αποτέλεσμα καλύτερη και πιο εύκολη πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών (Battacharya et al., 2015, Stirk et al., 2014). Η μεταΐνη που περιέχεται ενισχύει τη φωτοσύνθεση και καθυστερεί τη γήρανση των ιστών του φυτού (Khan et al., 2009) ενώ άλλες ουσίες όπως η προλίνη προστατεύουν τα φυτά από βιοτικές ή αβιοτικές καταπονήσεις (ξηρασία, υψηλή αλατότητα, προσβολή από μικροοργανισμούς, ακραίες θερμοκρασίες) (Calvo et al., 2014, Khan et al., 2009). Όλα αυτά οδηγούν σε καλύτερη ανάπτυξη των φυτών και αυξημένες αποδόσεις των καλλιεργειών (Khan et al., 2009, Stirk et al., 2014).

Η θετική επίδραση των εκχυλισμάτων έχει διαπιστωθεί έμπρακτα σε διαφορετικούς τύπους καλλιεργειών όπως ο αραβόσιτος, το ρύζι, το κριθάρι, το καρπούζι, η φράουλα, το φασόλι, το σπανάκι, το κρεμμύδι, το καρότο, η πιπεριά και η πατάτα (Khan et al., 2009, Shekhar Sharma et al., 2014). Πιο συγκεκριμένα εφαρμογή του εκχυλίσματος *Ascorphyllum nodosum* σε φυτά σπανακιού επτά και δεκατέσσερις ημέρες πριν από τη συγκομιδή προκάλεσε αύξηση των φλαβονοειδών στα φύλλα η οποία συνοδεύτηκε με αύξηση της ποιότητας (Battacharyya et al., 2015).

1.3.2 Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων

Η γεωργία, τις τελευταίες δεκαετίες, αποσκοπεί στην κάλυψη των διατροφικών αναγκών σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς επίσης και στην ελαχιστοποίηση των χημικών εισροών στις καλλιέργειες μέσω της χρήσης των βιοδιεγερτικών προϊόντων. Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων έκαναν την εμφάνισή τους κατά τη δεκαετία του 60' με το πρώτο προϊόν να παράγεται στην Ιταλία το 1969, προερχόμενο από ζωικό επιθηλιακό ιστό. Η εφαρμογή του έγινε στο φύλλωμα των φυτών αραβόσιτου και τομάτας (Calvo et al., 2014) και διαδόθηκε με γρήγορους ρυθμούς στην Ευρώπη, τη Μέση και Άπω Ανατολή και την Αμερική. Συμπερασματικά παρατηρήθηκε βελτίωση στην ανάπτυξη και την αύξηση των φυτών σε ό,τι αφορά το ύψος αλλά και τη βιομάζα τους καθώς και αυξημένες αποδόσεις, μεγαλύτερο δηλαδή αριθμό ανθέων ανά φυτό (Calvo et al., 2014).

Βάσει των πρωτεϊνών προκύπτουν δύο κατηγορίες προϊόντων. Στην πρώτη ανήκουν τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών, τα οποία είναι αποτέλεσμα ανάμειξης πεπτιδίων και αμινοξέων, προερχόμενα από υπολείμματα και ζωικά υποπροϊόντα, όπως είναι η ελαστίνη και το ζωικό κολλαγόνο (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Στην δεύτερη κατηγορία, κατατάσσονται τα μεμονωμένα αμινοξέα όπου συναντώνται 20 αμινοξέα που αφορούν τα δομικά χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών, αλλά και αμινοξέα μη πρωτεϊνικά, που υπάρχουν άφθονα στη φύση. (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αμινοξέων που χρησιμοποιήθηκαν σε καλλιέργειες, προκαλώντας αλλαγές στις μεταβολικές δραστηριότητες των φυτών και προσδίδοντας παράλληλα προστασία από δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες, αποτελούν η προλίνη, η γλυκίνη- βεταΐνη και η ιστιδίνη. Η εφαρμογή και των δύο

κατηγοριών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, πραγματοποιείται με ριζοπότισμα ή ψεκάζοντας το φύλλωμα του φυτού (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015).

Πιο συγκεκριμένα οι πρωτεΐνες είναι οργανικές ενώσεις, αποτελούμενες κατά κύριο λόγο από αμινοξέα (Ταμουτσίδης, 2008).

Στις βιοδιεγερτικές ουσίες που περιέχονται αμινοξέα, περιλαμβάνονται ελεύθερα αμινοξέα και πολυπεπτίδια, η λήψη των οποίων γίνεται με υδρόλυση ζωικών και φυτικών υποπροϊόντων (Colla et al., 2014). Τα αμινοξέα είναι οργανικές ενώσεις και αποτελούν δομικά συστατικά των πρωτεϊνών · φέρουν τουλάχιστον μία καρβοξυλική ομάδα (-COOH) καθώς και μία αμινομάδα (-NH₂) με την προλίνη να αποτελεί τη μοναδική εξαίρεση (Ταμουτσίδης, 2008). Κάποια από τα σημαντικότερα αμινοξέα είναι η λευκίνη, η αργινίνη, η βαλίνη, η μεθειονίνη, η αλανίνη, η ισολευκίνη, η γλυκίνη, το ασπαργικό οξύ, η γλουταμίνη και το γλουταμινικό οξύ (Calvo et al., 2014, Ταμουτσίδης, 2008). Έρευνες έχουν δείξει πως αμινοξέα όπως η γλουταμίνη και η αργινίνη έχουν ευεργετική επίδραση στην αφομοίωση αζώτου (N) από τα φυτά ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η προλίνη και η γλυκίνη-μπεταΐνη αφού πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν πως προσφέρουν αυξάνουν την ανοχή των φυτών σε κάθε είδος αβιοτικού στρες (Colla et al., 2015, Du Jarbin 2016). Η αβιοτική καταπόνηση των φυτών σχετίζεται με παράγοντες όπως είναι το κρύο, η υψηλή θερμοκρασία, η αλατότητα, η ξηρασία και οι οξειδωτικές καταστάσεις (Van Oosten et al., 2017).

Για την παρασκευή βιοδιεγερτικών ουσιών που έχουν σαν βάση προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων χρησιμοποιούνται πρώτες ύλες φυτικής ή ζωικής προέλευσης (Du Jarbin, 2015, Nardi et al., 2015). Σε ό,τι αφορά τα ζωικά υποπροϊόντα, λαμβάνονται ζωικοί ιστοί, ελαστίνη και κολλαγόνο, ενώ στα φυτικά συγκαταλέγονται φύκη, αποστάγματα σιταριού, σπόροι διάφορων ειδών, υπολείμματα καλλιεργειών και φυτά καπνού (*Nicotiana spp.*) (Calvo et al., 2014 Du Jarbin, 2015). Οι τρόποι με τους οποίους παραλαμβάνονται οι βιοδιεγερτικές ουσίες είναι η χημική, η ενζυματική και η θερμική υδρόλυση (Calvo et al., 2014, Colla et al., 2015). Κατά τη χημική υδρόλυση γίνεται χρήση οξέων, όπως είναι το υδροχλωρικό και το θειικό οξύ, ή αλκαλίων με το υδροξείδιο του καλίου να αποτελεί τη συνηθέστερη επιλογή σε $\theta > 121$ °C και πίεση $> 220,6$ kPa (Colla et al., 2015). Για την ενζυματική υδρόλυση επιλέγεται $\theta < 60$ °C με πρωτεολυτικά ένζυμα από ζώα

όπως παγκρεατίνη, φυτά όπως η παπαΐνη ή και μικροοργανισμούς (Colla et al., 2015). Τέλος, στη θερμική υδρόλυση λαμβάνουν χώρα υψηλές θερμοκρασίες και χρησιμοποιείται πιο σπάνια. Ως καλύτερη, οικολογικότερη και πιο ασφαλής μέθοδος προτείνεται η εφαρμογή ενζυματικής και χημικής υδρόλυσης συνδυαστικά (Colla et al., 2015).

Με την εφαρμογή βιοδιεγερτών που βασίζονται σε πρωτεΐνες και αμινοξέα επιτυγχάνεται μια σειρά θετικών επιδράσεων στα φυτά που σαν αποτέλεσμα έχει την βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων τόσο σε ποσοτικό όσο και σε ποιοτικό επίπεδο (Colla et al., 2014, Colla et al., 2015). Πιο συγκεκριμένα οι θετικές αυτές επιδράσεις προκαλούν αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας, της γονιμότητας του εδάφους και της ριζικής ανάπτυξης (Colla et al., 2015, Du Jarbin, 2015, Nardi et al., 2015). Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών διαθέτουν την ικανότητα να ρυθμίζουν ένζυμα και γονίδια που σχετίζονται με την αφομοίωση θρεπτικών συστατικών όπως τα Mn, Cu, Zn και Fe (Colla et al., 2015, Du Jarbin, 2015) και επάγουν την έκφραση γονιδίων που συνδέονται με την ανοχή των φυτών σε διάφορες βιολογικές (μυκητολογική προσβολή) και αβιοτικές (αλατότητα, ξηρασία, ακραίες θερμοκρασίες) καταπονήσεις όπως επίσης και ανοχή σε βαρέα μέταλλα (Calvo et al., 2014).

Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και τα ελεύθερα αμινοξέα έχουν δοκιμαστεί σε παπάγια, λωτό, πιπεριά, καλαμπόκι, φράουλα, μπιζέλι, μπανάνα, κόκκινο σταφύλι, τομάτα, μαρούλι και διάφορα άλλα είδη φυλλωδών λαχανικών και παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης κατά 22% στη παπάγια, ενώ στην μπανάνα αυξήθηκε η απόδοση και η συγκομιδή προώθησε κατά 28 ημέρες (Colla et al., 2015). Σχετικά με τα φυλλώδη λαχανικά μειώθηκε η συσσώρευση νιτρικών σε φυτά των οικογενειών, *Brassicaceae* (ραπανάκι), *Asteraceae* (μαρούλι), *Apiaceae* (σέλινο, μαϊδανός), *Chenopodiaceae* (σπανάκι) και *Amaranthaceae* (Colla et al., 2015). Οι βιοδιεγερτικές ουσίες έχουν την ικανότητα να αυξάνουν τη δραστηριότητα των ενζύμων, όπως η μηλεϊνική αφυδρογονάση, η κιτρική συνθάση, η συνθετάση της γλουταμίνης, και η ισοκυτταρική δεϋδρογενάση στον αραβόσιτο, ενώ σε δενδρώδεις καλλιέργειες λωτού αυξήθηκε η ανοχή στο NaCl με μείωση της αφομοίωσης ιόντων Cl⁻ (Colla et al., 2015)

Στο εμπόριο υπάρχουν πολλά βιοδιεγερτικά προϊόντα που βασίζονται σε προϊόντα υδρόλυσης και αμινοξέων. Παρά το γεγονός ότι προκύπτουν πολλά θετικά από την εφαρμογή των προϊόντων αυτών έχουν γίνει και αναφορές φυτοτοξικότητας (Colla et al., 2014, Nardi et al., 2015). Έπειτα από ψεκασμό στο φύλλωμα φυτών τομάτας με αμινοξύ φυτικής προέλευσης προκλήθηκε ανατολή στην ανάπτυξη των φυτών (Colla et al., 2014) ενώ σε ό,τι αφορά τους βιοδιεγέρτες ζωικής προέλευσης, η ασφάλειά τους αμφισβητείται. Αν και μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί δεν οδήγησαν σε ανησυχητικά αποτελέσματα σχετικά με ζητήματα όπως η φυτοτοξικότητα, η γονοτοξικότητα και η οικοτοξικότητα σε φυτά (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015), στα εδάδιμα μέρη βιολογικών καλλιεργειών απαγορεύτηκε, με νόμο που ορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση με αρ. 354/ 2014, η εφαρμογή πρωτεϊνών και αμινοξέων ζωικών υποπροϊόντων (Colla et al., 2014, Colla et al., 2015, Du Jarbin, 2015). Ο νόμος αυτός, στο πέρας των επόμενων ετών, ίσως συμπεριλάβει και τα φρούτα και λαχανικά που προορίζονται να καταναλωθούν από ανθρώπους με θρησκευτικούς περιορισμούς, που δεν επιθυμούν την προσθήκη ζωικών εισροών στα τρόφιμά τους καθώς επίσης και τους χορτοφάγους (Colla et al., 2014).

Οι βιοδιεγερτικές ουσίες που προκύπτουν από υδρολυόμενες πρωτεΐνες και αμινοξέα φαίνεται ότι μπορούν να προσφέρουν πολλά στη σύγχρονη γεωργία, αφού επηρεάζουν την αναπτυξιακή κατάσταση των φυτών, τα προστατεύουν από περιπτώσεις βιοτικού και αβιοτικού στρες ενώ παράλληλα αυξάνεται η γονιμότητα και η μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους. Βέβαια, προκειμένου να αποκτηθούν ολοκληρωμένες γνώσεις σε ό,τι αφορά προβλήματα τοξικότητας και ζητήματα επίδρασης, σκόπιμο είναι να πραγματοποιηθεί περαιτέρω πειραματισμός και έρευνα. Από νομικής άποψης, η χρήση τέτοιου είδους σκευασμάτων δεν καλύπτεται πλήρως, αφού πολλές φορές το ίδιο σκεύασμα εμπίπτει σε διαφορετική κατηγορία γεωργικών φαρμάκων για κάθε χώρα. Αυτό ισχύει τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Κατά συνέπεια λοιπόν, αφενός η περισσότερη μελέτη και ο πειραματισμός και αφετέρου ο καθορισμός σαφούς νομικού πλαισίου θα δώσουν τη δυνατότητα χρήσης των προϊόντων αυτών χωρίς δισταγμούς.

1.3.3 Μικροβιακά εμβόλια

Η σημερινή βιώσιμη γεωργική παραγωγή, έχει θέσει ως βασικούς στόχους την παραγωγή ποιοτικών και επαρκών τροφίμων, την προστασία του περιβάλλοντος και τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας. Προκειμένου να υλοποιηθούν οι στόχοι αυτοί και ταυτόχρονα να μειωθούν οι χημικές εισροές (φυτορμόνες, φυτοφάρμακα, λιπάσματα κ.α.) καθώς και τα λειτουργικά έξοδα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, εφαρμόζονται πρωτοποριακές τεχνικές όπως η χρήση μικροβιακών εμβολίων με σκοπό την παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών τροφίμων. Τα τελευταία χρόνια, η χρήση μικροβιακών εμβολίων είναι όλο και συχνότερη και αυτό οδήγησε στην αύξηση του αριθμού δημόσιων και ιδιωτικών φορέων που ασχολούνται με τον πολλαπλασιασμό, τη διακίνηση και την εμπορία των διάφορων μικροοργανισμών (Calvo et al., 2014).

Η συλλογή των μικροοργανισμών, δηλαδή των μυκήτων και των βακτηρίων, που χρησιμοποιούνται στα βιοδιεγερτικά αυτά προϊόντα γίνεται από το έδαφος, τους φυτικούς ιστούς, τα ζωικά απόβλητα όπως η κοπριά, τα φυτικά υπολείμματα αλλά και το νερό (Calvo et al., 2014, Sofo et al., 2014). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της χρήσης τους είναι το φυτικό είδος και οι εδαφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν (Calvo et al., 2014). Η εφαρμογή μικροβιακών εμβολίων πραγματοποιεί και διευκολύνει διαδικασίες όπως είναι η παραγωγή οργανικών οξέων και άλλων πτητικών ενώσεων, και η διαλυτοποίηση θρεπτικών συστατικών. Φυσικό επακόλουθο όλων των παραπάνω η παρατήρηση θετικών αποτελεσμάτων στην αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών (Calvo et al., 2014). Επιπρόσθετα, η ικανότητα που έχουν οι μικροοργανισμοί για παραγωγή σιδερόφορων όπως επίσης και επαγωγή μηχανισμών που σχετίζονται με την αφομοίωση του αζώτου, τους καθιστά χρήσιμους άρα και ευρέως εφαρμοζόμενους στον αγροτικό τομέα (Calvo et al., 2014).

Η χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών με μικροοργανισμούς αποτελεί μία ασφαλή και συγχρόνως οικολογική γεωργική πρακτική με τους μικροοργανισμούς να συνθέτουν ουσίες και να μεταφέρουν στη ριζόσφαιρα των φυτών θρεπτικά συστατικά (Sofa et al., 2014, Wong et al., 2016). Με την εφαρμογή μικροβίων επιτυγχάνεται αύξηση της γονιμότητας του εδάφους καθώς επίσης παρατηρούνται θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών. Αυτό προκύπτει από το

γεγονός ότι απελευθερώνονται, μέσω των εμβολίων, διάφορα οργανικά οξέα και παράγονται και φυτορμόνες (Calvo et al., 2014, Wong et al., 2016). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα βακτήρια *Bacillus licheniformis* και *Bacillus amyloliquefaciens* τα οποία είναι υπεύθυνα για την παραγωγή διάφορων οξέων όπως το ισοβουτυρικό, το γαλακτικό και το οξικό οξύ (Calvo et al., 2014). Οι παράγοντες που καθορίζουν ποιο στέλεχος του μικροβίου θα χρησιμοποιηθεί είναι το είδος του φυτού, ο τύπος και η γονιμότητα του εδάφους ενώ αυτό που καθορίζει τον τρόπο δράσης του είναι το είδος του μικροοργανισμού (Rouphael et al., 2015, Wong et al., 2016).

Οι μικροοργανισμοί κατατάσσονται σε αυτότροφους και ετερότροφους, ανάλογα με το αν έχουν ή όχι τη δυνατότητα να κατασκευάζουν μόνοι τους τις οργανικές ενώσεις που τους είναι απαραίτητες και σε αναερόβιους και αερόβιους, το οποίο εξαρτάται από το αν κάνουν χρήση του εδαφικού οξυγόνου (Παπαγιωτόπουλος, 2010). Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι, προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί, το σχήμα των οποίων ποικίλει και η διάμετρός τους κυμαίνεται από 0,5 έως 5 mm. Συναντώνται είτε σε χερσαία είτε σε υδάτινα οικοσυστήματα και ο ρυθμός με τον οποίο πολλαπλασιάζονται, σχετίζεται με τις κλιματολογικές συνθήκες του οικοσυστήματος αλλά και την ύπαρξη κατάλληλου υποστρώματος (Παναγιωτόπουλος, 2010). Σε ό,τι αφορά τους μύκητες, πρόκειται για ευκαριωτικούς, ετερότροφους μικροοργανισμούς η αναπαραγωγή και η ανάπτυξη των οποίων εξαρτώνται από την ύπαρξη νεκρού ιστού. Ανήκουν στην κατηγορία των αερόβιων μικροοργανισμών και διαθέτουν το προνόμιο να προσαρμόζονται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας ανεξάρτητα από την αλκαλικότητα ή την οξύτητα του εδάφους (Παναγιωτόπουλος, 2010).

Στους βιοδιεγέρτες φυτών χρησιμοποιούνται βακτήρια που ανήκουν σε πολλά και διαφορετικά γένη και ο σκοπός εφαρμογής τους ποικίλει. Παραδείγματος χάρη, βακτήρια που έχουν την ικανότητα να σταθεροποιούν το ατμοσφαιρικό άζωτο (N) και να το καθιστούν άμεσα διαθέσιμο στα φυτά ανήκουν στα γένη *Azoarcus spp.*, *Azotobacter spp.*, *Glyconoacebacter spp.*, *Bacillus spp.*, *Butkholderia spp.*, *Pantoea spp.*, *Beijerinckia spp.*, και *Herbaspirillum spp* (Calvo et al., 2014, Van Oosten et al., 2017). Επίσης, γένη όπως τα *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Enterbacter*, *Citrobacter* και *Serratia* μπορούν και καθιστούν θρεπτικά στοιχεία όπως το K, Cu, Mn, Ca, Mg και S καλύτερα διαθέσιμα στους φυτικούς οργανισμούς. Τέλος,

βακτήρια όπως το *Bacillus licheniformis* και το *Azospirillum brasilense* που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ορμονών όπως το IAA καθιστούν τους μικροοργανισμούς ιδιαίτερα ευεργετικούς για την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών (Calvo et al., 2014, Wong et al., 2016).

Πληθώρα θετικών επακόλουθων προκύπτουν και από την εφαρμογή μυκήτων ως βιοδιεγερτικών ουσιών με πιο συχνά χρησιμοποιούμενους τους *Trichoderma spp.* και *Glomus spp.* και πιο συγκεκριμένα τα είδη *T. harzianum*, *T. Viride* και *G. innaradices*. Κύριος σκοπός εφαρμογής των παραπάνω ειδών είναι η καταπολέμηση ασθενειών των φυτικών οργανισμών και βάση στατιστικών δεδομένων το 60% των βιοδιεγερτικών ουσιών περιλαμβάνει τα είδη αυτά (Sofa et al., 2014). Στα ενισχυτικά φυτών χρησιμοποιούνται και άλλα είδη μυκήτων όπως τα *Neotyphodium spp.*, *Fussarium spp.*, *Altenaria spp.*, *Cucularia spp.*, και *Colletotrichum spp.* (Calvo et al., 2014).

Πιο συγκεκριμένα, το γένος *Trichoderma* περιλαμβάνει πάνω από 200 μυκορριζικά είδη, εμφανίζεται σε χερσαία αλλά και σε υδάτινα οικοσυστήματα και είναι ευρέως διαδεδομένα (Du Jarbin, 2015, Lopez- Bucio et al., 2015, Roupheal et al., 2015). Τα κυριότερα είδη του γένους είναι *T. reesei*, *T. subeffusum*, *T. luteffusum*, *T. atrovide*, *T. harzianum*, *T. virens*, *T. viride*, *T. polysporum*, *T. Sulphur* και *T. phellinicola*. Οι ευεργετικές ιδιότητες που προσφέρουν είναι προστασία από συνθήκες αβιοτικού στρες (ξηρασία, θερμοκρασία, κρύο, αλατότητα), θετική επίδραση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος αλλά και αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας (Lopez- Bucio et al., 2015). Πολλές είναι οι καλλιέργειες που έχει εφαρμοστεί το *Trichoderma*, ανάμεσα στις οποίες βρίσκονται το χρυσάνθεμο, το αγγούρι, το μαρούλι και το φραγκοστάφυλο ενώ η χρήση τριών ειδών του (*T. harzianum*, *T. viride*, *T. virens*) σε καλλιέργεια ρεβιθιού οδήγησε σε αύξηση της φυτικής βιομάζας και βελτίωση της πρόσληψης στοιχείων όπως το P και το N και η εφαρμογή *T. hamatum* σε *Ochradenus baccatus* επέφερε βελτιωμένη ανάπτυξη των φυτών (Lopez- Bucio et al., 2015).

1.3.4 Χουμικά- φουλβικά οξέα

Σύμφωνα με διάφορους επιστήμονες, έως το 2030 αναμένεται αύξηση της παγκόσμιας ζήτησης σε τροφή σε κλίμακα που κυμαίνεται στις 2 με 5 φορές περισσότερο συγκριτικά με το σήμερα ενώ θα ακολουθήσει και αύξηση περί 60%

στην παραγωγή τροφίμων ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του ταχέως αναπτυσσόμενου πληθυσμού (Canellas et al., 2015). Ζητήματα όπως η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών, η κάλυψη των διατροφικών αναγκών του ανθρώπου αλλά και η προστασία του περιβάλλοντος είναι υψίστης σημασίας (Baldotto et al., 2016). Σχετικά με τις επιπτώσεις που προκαλούνται στο περιβάλλον κατά την παραγωγή τροφίμων αλλά και τα προβλήματα που δημιουργούνται στην υγεία του ανθρώπου, σκόπιμο θα ήταν να ξεκινήσει μία προσπάθεια για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων και σεβασμό στους φυσικούς πόρους (νερό έδαφος βιοποικιλότητα) (Canellas et al., 2015). Οι χουμικές ουσίες βρίσκουν εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα καλλιεργούμενων ειδών και αποτελούν ανανεώσιμη πρώτη ύλη (Baldotto et al., 2016).

Οι χουμικές ουσίες, είναι από τα οργανικά μόρια που βρίσκονται σε αφθονία πάνω στη γη (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Πρόκειται για συστατικά εδάφους τα οποία προέρχονται από την αποικοδόμηση ζώων, μικροβιακών υπολειμμάτων, φυτών αλλά και μέσω της μεταβολικής δραστηριότητας του εδάφους (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Υλικά όπως η τύρφη, η κοπριά, ο λιγνίτης και τα ηφαιστειογενή εδάφη μπορούν να αποτελέσουν πηγές χουμικών ουσιών (Du Jarbin, 2015, Van Oosten et al., 2017) η χημική δομή των οποίων απαρτίζεται από ποσότητες οξυγόνου (O), υδρογόνου (H), άνθρακα (C) και θείου (S) (Αναλογίδης, 2007, Canellas et al., 2015). Ο διαχωρισμός των χουμικών ουσιών, πραγματοποιείται με τη μέθοδο της κλασμάτωσης η οποία έχει ως βάση της τη διαλυτότητα των διαφόρων συστατικών του χούμου, ο οποίος, μετά την επεξεργασία που υφίσταται δίνει χουμικά και φουλβικά οξέα, χουμίνες και διάφορες άλλες ουσίες (Αναλογίδης, 2007).

Ειδικότερα, τα φουλβικά οξέα είναι διαλυτά σε όξινα και βασικά μέσα, τα χουμικά οξέα είναι διαλυτά σε φυσικά μέσα ενώ οι χουμίνες δεν εξάγονται από το έδαφος (Calvo et al., 2014). Η διάκριση μεταξύ φουλβικών και χουμικών οξέων βασίζεται στη διαλυτότητα, την οξύτητα, τη χημική δομή αλλά και τα μοριακά τους βάρη (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Οι διαφορές που προκύπτουν στις από τις παραπάνω παραμέτρους είναι οι εξής: α) τα φουλβικά οξέα έχουν μεγαλύτερη συνολική οξύτητα σε σχέση με τα χουμικά, β) τα φουλβικά έχουν χαμηλότερο μοριακό βάρος, γ) τα χουμικά έχουν μικρότερους αριθμούς καρβοξυλικών ομάδων, δ) τα χουμικά έχουν χαμηλότερη προσρόφηση και ανταλλαγή κατιόντων, ε) τα

φουλβικά οξέα έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο και μικρότερη σε άνθρακα και στ) τα φουλβικά οξέα απαρτίζονται από βενζενοκαρβοξυλικά οξέα και φαινολικά οξέα ενώ τα χουμικά αποτελούνται από αρωματικούς δακτυλίους του τύπου δι- ή τρι- υδροξυφαινόλης (Αναλογίδης, 2007, Calvo et al., 2014).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις επιδράσεις που θα προκύψουν από τη χρήση χουμικών και φουλβικών οξέων είναι η συγκέντρωση, το μοριακό βάρος, η πηγή προέλευσης, το είδος του φυτού, ο τρόπος εφαρμογής αλλά και οι περιβαλλοντικές συνθήκες (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Με την εφαρμογή τέτοιου είδους οξέων επιτυγχάνεται ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, βελτίωση της διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών όπως επίσης και μεγαλύτερη ανοχή των φυτών όταν βρεθούν σε κατάσταση αβιοτικού στρες (αλατότητα) (Baldotto et al., 2016, Calvo et al., 2014, Canellas et al., 2015). Ουσίες όπως αυτές μπορούν να εφαρμοστούν είτε απευθείας στο έδαφος είτε στο φύλλωμα των φυτών, βελτιώνοντας τη δομή και κάποιες φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και αυξάνοντας παράλληλα τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα (Calvo et al., 2014, Canellas et al., 2015). Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η αύξηση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών και η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων (Baldotto et al., 2016, Calvo et al., 2014).

Επιτυχημένα παραδείγματα εφαρμογής χουμικών και φουλβικών οξέων είναι καλλιέργειες ρυζιού, αραβόσιτου και σιταριού, λαχανοκομικά είδη όπως φασόλι, τομάτα, πατάτα, πιπεριά, καλλωπιστικά φυτά όπως χρυσάνθεμο, λαντάνα, βασιλικός ακόμη και σε δενδροκομικά είδη όπως λεμόνια, σταφύλια, φιστίκια (Calvo et al., 2014, Canellas et al., 2015). Πιο συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά την προσθήκη χουμικών οξέων σε καλλιέργεια βασιλικού (*Ocimum basilicum*), παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης του αιθέριου ελαίου ανά εκτάριο, ενώ το χρυσάνθεμο (*Chrysanthemum indicum*) και το φιστίκι (*Pistacia vera*), όταν αυτά βρέθηκαν σε συνθήκες αλατότητας, δεν εμφάνισαν έντονα σημάδια μάρανσης συγκριτικά με τους μάρτυρες, οι οποίοι δεν υπέστησαν ριζοπότισμα με χουμικές ουσίες. Τέλος, η εφαρμογή σε οινοποιήσιμα σταφύλια οδήγησε σε βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους (Calvo et al., 2014).

Συμπερασματικά λοιπόν, η χρήση χουμικών και φουλβικών οξέων ως βιοδιεγερτικές ουσίες αυξάνει τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα των

παραγόμενων ειδών. Αυτό επιτυγχάνεται με την βελτίωση τόσο της πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων όσο και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, αλλά και την αύξηση της αντοχής των φυτών σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις. Επομένως οι χουμικές ουσίες μπορούν να αποτελέσουν μία οικονομική, αποτελεσματική και συνάμα καινοτόμα λύση για την εφαρμογή τους στις καλλιέργειες.

1.3.5 Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή

Η χιτοζάνη είναι ένας οργανικός πολυσακχαρίτης, ο οποίος αποτελεί αποκετυλιωμένη μορφή της χιτίνης και περιέχει N- ακετυλογλυκοζαμίνη και β- 1,4- δ- γλυκοζαμίνη (Du Jarbin, 2015, Pichyangkura & Chadchawan, 2015, Χατζηλάρης, 2012). Παράγεται μέσω της αποκαρβοξυλίωσης της χιτίνης με τη χρήση NaOH (Pichyangkura & Chadchawan, 2015) και συναντάται στο κέλυφος θαλάσσιων καρκινοειδών (καβούρια, αστακοί, γαρίδες), στον εξωσκελετό των εντόμων και στα κυτταρικά τοιχώματα κάποιων μυκήτων (Pichyangkura & Chadchawan, 2015, Χατζηλάρης, 2012). Μεταξύ χιτοζάνης και χιτίνης υπάρχουν ορισμένες διαφορές με κυριότερες τις εξής: α) η χιτοζάνη είναι πιο εύκολα διαλυτή με τη χρήση οξικού ή γαλακτικού οξέος σε αντίθεση με την χιτίνη, η οποία είναι αδιάλυτη στην πλειοψηφία των διαλυτών και β) η χιτίνη διαθέτει χαμηλότερη αναλογία β- 1,4- δ- γλυκοζαμίνης (<5%) και υψηλότερη αναλογία N- ακετυλογλυκοζαμίνης (>95%) (Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Η χιτοζάνη χρησιμοποιείται σε καλλυντικά, είδη διατροφής, ιατρικά είδη και σε βιοδιεγερτικές ουσίες για τα φυτά (Du Jarbin, 2015, Χατζηλάρης, 2012).

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, για την παραλαβή χιτοζάνης από την χιτίνη χρησιμοποιείται NaOH (40-50% β/ο), όμως η αποικοδόμηση των ολιγοσακχαριτών της χιτίνης, προκειμένου να ληφθεί χιτοζάνη, μπορεί να πραγματοποιηθεί και με μικροοργανισμούς (El Hadrami, 2010, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Τέτοιοι μικροοργανισμοί είναι τα βακτήρια και οι μύκητες. Οι μύκητες που χρησιμοποιούνται είναι της ομάδας Mucorales και τα κυριότερα γένη είναι τα *Aspergillus spp.*, *Mortierella spp.*, *Trichoderma spp.*, *Thielavia spp.*, *Verticillium spp.*, *Penicillium spp.* και *Humicola spp.* (El Hadrami, 2010). Οι μικροοργανισμοί αυτοί, έχουν την ικανότητα να υδρολύουν τους γλυκοσιτικούς δεσμούς της χιτίνης και έπειτα από μια σειρά διεργασιών γίνεται η λήψη της χιτοζάνης (El Hadrami, 2010).

Η χιτοζάνη επιδρά στην ανάπτυξη και την αύξηση των φυτών και η επίδρασή της σχετίζεται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη δομή και τη συγκέντρωση της χιτοζάνης, το pH του εδάφους και το αναπτυξιακό στάδιο του φυτού (El Hadrami, 2010, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Κάποια από τα αποτελέσματα που παρατηρούνται μετά τη χρήση χιτοζάνης στους φυτικούς οργανισμούς είναι η αύξηση της αντοχής σε αβιοτικές καταπονήσεις, η ενεργοποίηση της άμυνας ενάντια στα βακτήρια και τους μύκητες, η ενίσχυση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας (Du Jarbin, 2015, Goni et al., 2016, Pichyangkura & Chadchawan, 2015) και τέλος η μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε μικροβιακές μολύνσεις (Du Jarbin, 2015, El Hadrami, 2010). Επιπλέον αναστέλλει την ανάπτυξη κάποιων μικροοργανισμών όπως οι *Alternaria alternata*, *Phytophthora capsici* και *Staphylococcus aureus* (El Hadrami, 2010, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Τέλος, υπάρχουν αναφορές για εντομοκτόνες ιδιότητες της χιτοζάνης, αλλά και δράσεις κατά των ιών και των ιοειδών (El Hadrami, 2010).

Παραδείγματα φυτών στα οποία έχει γίνει χρήση χιτοζάνης ως βιοδιεγερτική ουσία είναι ο βασιλικός (*Ocimum basilicum* L.), η βερικοκιά (*Prunus armeniaca*), η τομάτα (*Solanum lycopersicum* L.), ο αραβόσιτος (*Zea mays* L.), η μουσμουλιά (*Eriobotrya japonica*), η παπάγια (*Carica papaya* L.), το λίτσι (*Litchi chinensis*), ο καπνός (*Nicotiana tabacum*) και ο ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.) (El Hadrami, 2010, Goni et al., 2016, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Τα αποτελέσματα από την πραγματοποίηση πειραματικού ψεκασμού σε φυτά τομάτας, της ποικιλίας «Moneymaker» για την προστασία τους από το παθογόνο *Fusarium oxysporum*, έδειξαν μείωση της προσβολής κατά 25-30% συγκριτικά με τα φυτά δείκτες (Goni et al., 2016). Επίσης, στελέχη αμπέλου (*Vitis vinifera* L.), εμβαπίστηκαν σε διάλυμα χιτοζάνης 0,5% (β/ο) και παρατηρήθηκαν αυξημένα ποσοστά χλωροφύλλης στα φυτά (Pichyangkura & Chadchawan, 2015), ενώ η εφαρμογή της σε ροδακινιά, λίτσι, παπάγια, φράουλα και μηλιά ελάττωσε την εμφάνιση καστανής σήψης στους καρπούς (Pichyangkura & Chadchawan, 2015).

1.3.6 Ανόργανες ενώσεις

Οι ανόργανες ενώσεις που θα αναφερθούν στη συνέχεια κατατάσσονται στα λιπάσματα και όχι στις βιοδιεγερτικές ουσίες. Βέβαια, είναι συχνό, πολλά βιοδιεγερτικά σκευάσματα να περιέχουν ιχνοστοιχεία οργανικής ή μη προέλευσης.

Τα ανόργανα στοιχεία, ανάλογα με την ποσότητα που είναι αναγκαία στα φυτά, διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα μακροστοιχεία και τα ιχνοστοιχεία. Στην πρώτη ανήκουν τα άζωτο (N), άνθρακας (C), φώσφορος (P), οξυγόνο (O), θείο (S), μαγνήσιο (Mg), κάλιο (K), υδρογόνο (H) και ασβέστιο (Ca) ενώ στα ιχνοστοιχεία περιλαμβάνονται τα μαγγάνιο (Mn), βόριο (B), χλώριο (Cl), ψευδάργυρος (Zn), μολυβδαίνιο (Mo), χαλκός (Cu) και σίδηρος (Fe) (Θεριός, 2005). Η ποσότητα από τα παραπάνω στοιχεία, που αφομοιώνουν τα φυτά επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες: α) το pH του εδάφους, β) το ποσοστό οργανικής ουσίας και αργίλου που υπάρχει στο έδαφος, γ) το μητρικό υλικό, δ) τις αλληλεπιδράσεις των διάφορων στοιχείων και ε) τις οξειδωτικές και αναγωγικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται (Παναγιωτόπουλος, 2010). Δεν παρουσιάζουν όλα τα φυτά τις ίδιες ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά. Υπάρχουν στοιχεία που αφομοιώνονται από όλα τα φυτά και άλλα που αξιοποιούνται μόνο από κάποια είδη φυτών, και τα οποία αποτελούν συστατικό βιοδιεγερτικών σκευασμάτων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα αλουμίνιο ή αργίλιο (Al), σελήνιο (Se), νάτριο (Na), κοβάλτιο (Co) και πυρίτιο (Si).

Ειδικότερα, τα φυτά λαμβάνουν το νάτριο (Na) υπό τη μορφή ιόντων νατρίου (Na^+) και το ποσοστό που χρειάζονται κυμαίνεται σε τιμές από 0,01- 10%, ενώ στο έδαφος η περιεκτικότητα δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 0,2 meq/100gr εδάφους (Ταμουτσίδης, 2008, Τσαπικούνης, 2004). Οι φυτικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν το απαραίτητο νάτριο από το νερό ή σαν ορυκτό άλας (NaCl), ενώ άλλες πηγές νατρίου είναι ο κρυόλυθος (Na_3AlFe_6), το νίτρο της Χιλής (NaNO_3) και ο βόρακας ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) (Ταμουτσίδης, 2008). Μεγάλες ανάγκες σε νάτριο παρουσιάζουν τα φυτά που αναπτύσσονται σε αλατούχα εδάφη (αλόφυτα), με παράδειγμα να αποτελούν το σπανάκι, το σέλινο, το ραπανάκι, η μουστάρδα το λάχανο και το ζαχαρότευτλο (Πασπάτης, 1998), αφού τα προστατεύει από καταστάσεις οσμωτικού στρες (DuJarbin, 2015, Καράταγλης, 1994, Ταμουτσίδης, 2008). Ακόμη, το νάτριο αποτελεί σημαντικό στοιχείο και για αζωτοδεσμευτικούς μικροοργανισμούς (*Anabaena* και *Plectonema*), η οποίοι κάνουν χρήση του στη φάση της νιτρογένεσης (Πασπάτης, 1998).

Αναφορικά με το σελήνιο, η μορφή που είναι απορροφήσιμη από τα φυτά είναι το σεληνικό ανιόν (SeO_4^{2-}) και πηγή σεληνίου αποτελούν το υδροσελήνιο (H_2Se) και το σεληνικό οξύ (H_2SeO_4) τα οποία παραλαμβάνονται από τα ορυκτά θείου (Ταμουτσίδης, 2008) ενώ σε χώρες όπως η Νότια Αφρική και το Ηνωμένο

Βασίλειο σημαντική πηγή σεληνίου αποτελεί το σιτάρι (Hawkesford & Barraclough, 2014). Το σελήνιο είναι ένα στοιχείο απαραίτητο για τα σταυρανθή (*Cruciferae*), καθώς και το λάχανο, το κρεμμύδι, τα σινάπια και κάποια είδη του γένους *Astragalus* (Πασπάτης, 1998).

Το αλουμίνιο ή αργίλιο (Al) προσλαμβάνεται από τα φυτά με την μορφή των ιόντων Al^{3+} . Το ποσοστό του αργιλίου που περιέχεται στο εδαφικό διάλυμα, εξαρτάται από την οργανική ουσία, το pH του εδάφους, την περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο και τα άλατα που υπάρχουν σε αυτό (Τσαπικούνης, 2014). Οι μορφές $Al(OH)^{2+}$ και $Al(OH)^+$, όταν βρεθούν στο έδαφος, έχουν την ικανότητα να μειώνουν το pH του σε σημείο που το έδαφος να θεωρηθεί όξινο, όμως μέσω της οργανικής λίπανσης, της προσθήκης φωσφόρου και της ασβέστωσης το pH του εδάφους μπορεί να επανέλθει σε κανονικά επίπεδα (Τσαπικούνης, 2004).

Το πυρίτιο (Si) συναντάται στα εδάφη είτε με τη μορφή μονομερούς ή μονοπυριτικού οξέος (H_4SiO_4) είτε πυριτικού οξέος $[Si(OH)_4]$ σε ποσότητες μεταξύ 0,1-0,2 Mm και χρησιμοποιείται σε ευρύ φάσμα καλλιεργειών, όπως λαχανοκομικών, δενδρωδών, αλλά και αγροστωδών (Etesami & Jeong, 2018). Οι θετικές επιδράσεις του πυριτίου στους φυτικούς οργανισμούς σχετίζονται με την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, τη ρύθμιση της δραστηριότητας διάφορων αντιοξειδωτικών ενζύμων, την ανοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις (ξηρασία, αλατότητα), τη βιοσύνθεση της λιγνίνης και τέλος τη ρύθμιση των ορμονών ανάπτυξης στο εσωτερικό του φυτού (Etesami & Jeong, 2018). Έπειτα από εφαρμογή πυριτίου σε φυτά που βρισκόταν σε συνθήκες αβιοτικού στρες προέκυψε αύξηση της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών όπως τα N, P, K, Mg, Zn, Fe και Cu (Etesami & Jeong, 2018).

Η απορρόφηση κοβαλτίου (Co) γίνεται υπό τη μορφή ιόντων κοβαλτίου (Co^{2+}) και σαν πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται τα ορυκτά κοβαλτίτη ($CoAsS$) και σμαλτίτης ($CoAs_2$) (Πασπάτης, 1998, Ταμουτσίδης, 2008). Η ποσότητα που είναι απαραίτητη για τους φυτικούς οργανισμούς και τους μικροοργανισμούς είναι σε ίχνη (Καράταγλης, 1994). Κάποια από τα φυτά που αξιοποιούν το καβάλτιο είναι η ινδική (;)μουστάρδα, η μυδική, τα φασόλια και το βαμβάκι (Πασπάτης, 1998), ενώ θεωρείται επίσης απαραίτητο για τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*, που τους χρησιμεύει στη σύνθεση της βιταμίνης B_{12} , αλλά και τα ζώα (Καράταγλης, 1994).

Κεφάλαιο 2

ΤΡΟΠΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ

2.1 Τρόποι δράσης βιοδιεγερτών

Η εφαρμογή βιοδιεγερτών στο έδαφος δίνει τη δυνατότητα βελτίωσης διάφορων διαδικασιών όπως η αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας, η βελτίωση φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, η διευκόλυνση πρόσληψης των θρεπτικών ουσιών, η καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, η αύξηση της ανοχής των φυτών όταν αυτά βρεθούν σε αντίξοες βιοτικές ή αβιοτικές συνθήκες και τέλος, η ποσοτική αλλά και ποιοτική βελτίωση των καλλιεργούμενων ειδών (Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015).

2.1.1 Επίδραση στη μικροβιακή δραστηριότητα

Αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας του εδάφους, μέσω της χρήσης βιοδιεγερτικών ουσιών, μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή προϊόντων υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων. Τα υλικά αυτά με την αποδόμησή τους εμπλουτίζουν το εδαφικό διάλυμα με θρεπτικά συστατικά (Du Jarbin, 2015). Από την άλλη πλευρά, με τη χρήση εκχυλισμάτων φυκών, επιτυγχάνεται βελτίωση στη δομή του εδάφους και ενίσχυση αυτού με μικροοργανισμούς (Calvo et al., 2014, Halpern et al., 2015). Ειδικότερα, τα προϊόντα που προέρχονται από καφέ φύκη έχουν την ικανότητα να διατηρούν τη δομή και την υγρασία του εδάφους λόγω του ότι περιέχουν αλγινικά άλατα και φουκοϊδάνες τα οποία ενώνονται με τα μεταλλικά ιόντα του εδάφους (Halpern et al., 2015).

Επίσης, οι μικροοργανισμοί που περιέχονται σε βιοδιεγερτικά σκευάσματα έχουν την ικανότητα να συνθέτουν φυτορμόνες οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες τόσο των ίδιων των φυτών όσο και του εδάφους στο οποίο θα αναπτυχθούν. Επιπλέον η αποδόμηση των βακτηρίων και μυκήτων, μέσω της αποδόμησης, οδηγεί σε εμπλουτισμό του εδάφους με οργανική ουσία και αύξηση της γονιμότητάς του. Τέλος, σε εδάφη που έχουν μολυνθεί ή έχουν υποβαθμιστεί λόγω εκτεταμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, οι μικροοργανισμοί, μέσα από διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούν, μπορούν να βελτιώσουν, σε βάθος χρόνου, τις ιδιότητες των εδαφών αυτών κάνοντας τα εδάφη αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά αξιοποιήσιμα (Calvo et al., 2014).

2.1.2 Επίδραση στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών

Τα βιοδιεγερτικά σκευάσματα που προκύπτουν από την υδρόλυση πρωτεϊνών παρέχουν τη δυνατότητα ρύθμισης ορισμένων ενζύμων τα οποία σχετίζονται με την αφομοίωση του αζώτου (N) ευνοώντας τη διάθεσή του στα φυτά (Du Jarbin, 2015). Η εφαρμογή χουμικών ουσιών στο έδαφος προκαλεί τη δημιουργία σταθερών χουμικών συμπλόκων και έτσι διευκολύνεται η διείσδυση των ριζών στο έδαφος άρα επιτυγχάνεται και καλύτερη αξιοποίηση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων αλλά και προστασία του εδάφους από τη διάβρωση (Halpern et al., 2015). Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα σχηματισμού οργανικών συμπλόκων ψευδαργύρου (Zn) και σιδήρου (Fe), γεγονός που καθιστά τα στοιχεία αυτά πιο εύκολα αφομοιώσιμα από τα φυτά (Halpern et al., 2015).

Κάποια γένη βακτηρίων, όπως τα *Burkholderia*, *Pseudomonas* και *Agrobacterium*, έχουν καταστήσει δυνατή τη διάλυση ενώσεων που είναι δύσκολο να διασπαστούν (Halpern et al., 2015). Η ικανότητα αυτή, σχετίζεται με τη σύνθεση των οργανικών οξέων, κυρίως του γλυκογόνου και του κιτρικού οξέος, καθώς και την απελευθέρωση πρωτονίων και πετυχαίνουν τη μείωση του pH του εδάφους και κατ' επέκταση την αύξηση της διαλυτότητας των ιχνοστοιχείων (Halpern et al., 2015). Ακόμη, υπάρχουν βακτήρια τα οποία παράγουν χημικές ενώσεις που καλούνται σιδερόφορα και με αυτές δεσμεύουν και μεταφέρουν σίδηρο (Fe) καθιστώντας τον πιο ευδιάλυτο (Halpern et al., 2015). Βέβαια, μηχανισμούς για την καλύτερη απορρόφηση των ιχνοστοιχείων έχουν αναπτύξει και τα ίδια τα φυτά μέσω ενώσεων που εκκρίνονται από την περιοχή της ρίζας και ονομάζονται φυτοσιδερόφορες. Οι πρώτες αυτές ύλες που προαναφέρθηκα και εμπεριέχονται σε βιοδιεγερτικά σκευάσματα, συντελούν στην καλύτερη διαθεσιμότητα και αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων.

2.1.3 Επίδραση στην ανάπτυξη ριζικού συστήματος

Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος επηρεάζεται με βιοδιεγερτικά σκευάσματα που περιέχουν βακτήρια, χουμικά οξέα και εκχυλίσματα φυκών (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015). Στην περίπτωση των βακτηρίων, όπως το *Azospirillum brasilense*, απελευθερώνονται αυξίνες οι οποίες δρουν στις ρίζες και προκαλούν αύξηση της πυκνότητάς τους ενώ σε αυτή των χουμικών οξέων διευκολύνεται η επιμήκυνση των ριζών είτε μέσω χαλάρωσης των κυτταρικών

τοιχωμάτων είτε μέσω της κυτταρικής διαίρεσης (Du Jarbin, 2015, Helporn et al., 2015). Πιο συγκεκριμένα, η χαλάρωση των κυτταρικών τοιχωμάτων προκύπτει από την ενεργοποίηση κατάλληλων ενζύμων τα οποία προωθούν την επιμήκυνση των κυττάρων ενώ η κυτταρική διαίρεση είναι αποτέλεσμα της παρουσίας αυξινών (Du Jarbin, 2015, Helporn et al., 2015).

Τα εκχυλίσματα φυκών στα οποία περιέχονται φυτορυθμιστικές ουσίες όπως είναι οι αυξίνες και οι κυτοκινίνες με την εφαρμογή τους αυξάνουν τον συνολικό όγκο και μήκος των ριζών (Calvo et al., 2014). Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος που παρατηρείται ως αποτέλεσμα της εφαρμογής βιοδιεγερτών έχει αποτέλεσμα την καλύτερη πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών, καλύτερη αξιολόγηση αξιοποίηση της εδαφικής υγρασίας και τελικά την αύξηση της παραγωγικότητας.

2.1.4 Επίδραση σε συνθήκες βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων

Στα βιοδιεγερτικά σκευάσματα περιέχεται μία ουσία ονόματι χιτοζάνη, η οποία έχει την ικανότητα να δεσμεύει κυτταρικά συστατικά και να ενεργοποιεί γονίδια άμυνας που με τη σειρά τους προστατεύουν το φυτό από παθογόνους μικροοργανισμούς, συνθήκες μη ευνοϊκών καιρικών συνθηκών ανάπτυξης, ξηρασίας ή και αλατότητας (Du Jarbin, 2015). Ορισμένα είδη μυκορριζών, όπως και το *Trichoderma spp.*, είναι ικανά να συνυπάρχουν με τους φυτικούς οργανισμούς προς όφελος και των δύο και μάλιστα, σε συνθήκες βιοτικών και αβιοτικών πιέσεων μπορούν να εφοδιάσουν τα φυτά με θρεπτικά συστατικά (Du Jarbin, 2015). Ακόμη ένα όφελος που προσφέρουν τέτοιου είδους προϊόντα είναι η δυνατότητα διέγερσης ενζύμων που προστατεύουν το φυτό όταν αυτό βρεθεί σε ακατάλληλες για την ανάπτυξή του συνθήκες όπως UV, αυξημένη αλατότητα ή οξειδωτικές συνθήκες (Du Jarbin, 2015). Το προϊόν υδρόλυσης της μηδικής (*Medicago sativa*) θέτει σε λειτουργία το ένζυμο φαινυλαλανίνη αμμωνία-λυάση (PAL) και έτσι παράγονται τα φλαβονοειδή τα οποία προσφέρουν προστασία από την αλατότητα (Du Jarbin, 2015).

Σε συνθήκες αβιοτικής καταπόνησης προτιμώνται τα προϊόντα εκχυλισμάτων φυκών (Calvo et al., 2014). Αυτό αφορά την έκφραση των γονιδίων που κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες, τα οποία ενεργοποιούν διάφορες διεργασίες των φυτών για την αντιμετώπιση της κατάστασης. Ουσίες όπως η γλυκίνη- βεταΐνη και η προλίνη, που επίσης περιέχονται στα προϊόντα εκχυλισμάτων φυκών μπορούν και αυξάνουν τις συγκεντρώσεις διάφορων ουσιών εντός του φυτού που το προστατεύουν

από δύσκολες για την ανάπτυξή του συνθήκες. Αυξημένες εσωτερικές συγκεντρώσεις προλίνης και γλυκίνης- βεταΐνης συνδέονται με την ανοχή στο αβιοτικό στρες. Με εξωγενή εφαρμογή τέτοιων ουσιών ενισχύεται η άμυνα του φυτού σε αβιοτικές καταπονήσεις.

2.1.5 Επίδραση στην ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων ειδών

Με τη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών παρατηρείται αύξηση στην απόδοση αλλά και την ποιότητα των προϊόντων (Halpern et al., 2015, Melo et al., 2015, Puro de Oliveira Machado et al., 2014). Η προσθήκη τέτοιου είδους σκευασμάτων προκαλεί μία αλυσιδωτή σειρά θετικών επιδράσεων όπως ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, άρα καλύτερη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και νερού, άρα και καλύτερη ανάπτυξη των φυτών και αύξηση της παραγωγικότητάς τους (Halpern et al., 2015). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή βιοδιεγερτών σε φυτά σόγιας, η οποία αύξησε τον αριθμό των σπόρων ανά φυτό (Melo et al., 2015).

Οι βιοδιεγέρτες μπορούν να βελτιώσουν και ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών. Έπειτα από πειραματικές εφαρμογές σε φύλλωμα φυτού καλέντουλας (*Calendula officinalis L.*) αυξήθηκε ο αριθμός των παραγόμενων ταξιανθιών ανά φυτό, η χρήση των οποίων γίνεται για φαρμακευτικούς σκοπούς. Στις ταξιανθίες αυτές βρέθηκε αυξημένος αριθμός φλαβονοειδών, πράγμα που ανυψώνει αυξάνει την ποιοτική αξία του αιθέριου ελαίου (Puro de Oliveira Machado et al., 2014).

2.2 Βιοδιεγερτών σε καλλιέργειες του σήμερα

Χρήση βιοδιεγερτών μπορεί να γίνει σε ένα ευρύ φάσμα καλλιεργειών μέσα στο οποίο συγκαταλέγονται δενδρώδεις καλλιέργειες όπως αμπέλια (επιτραπέζια και οινοποιήσιμα), εσπεριδοειδή, μηλοειδή και ελιές όπως επίσης και σε καλλιέργειες, όπως σιτηρά, ελαιοκράμβη, ρύζι και ζαχαρότευτλο, σε σολανώδη και σταυρανθή λαχανικά, αρωματικά και ανθοκομικά φυτά και πολλές άλλες καλλιέργειες (Du Jarbin, 2015, Shekharm et al., 2014).

2.2.1 Εφαρμογές σε φρούτα

Η εφαρμογή βιοδιεγερτικών ουσιών έχει παρατηρηθεί σε διάφορα φρούτα όπως η φράουλα (*Fragaria xananassa*), το αχλάδι (*Pyrus communis*) και το κεράσι (*Prunus avium L.*) (Colavita et al., 2011, Correia et al., 2015, Marfa et al., 2009).

Σε φυτά φράουλας έγινε προσθήκη βιοδιεγερτικού προϊόντος που έχει σαν βάση του τη ζωική αιμοσφαιρίνη. Σκοπός ήταν να αξιολογηθεί η επίδρασή του στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και κατ' επέκταση η του στην πρωιμότητα της παραγωγής. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι αυτό το προϊόν είναι κατάλληλο για την επίτευξη πρωίμησης της παραγωγής και τον σχηματισμό επίμηκων ριζών (Marfa et al., 2009).

Εκχυλίσματα φυκών εφαρμόστηκαν σε αχλαδιές της ποικιλίας “William” σε διαφορετικά βλαστικάστάδια για την ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση της ποικιλίας. Συνολικά έγιναν τρεις επαναλήψεις εφαρμογής των σκευασμάτων (BM[®], Geomar, βασικό *nodosum*) στα στάδια BM1 (λευκό μπουμπούκι, πλήρης άνθηση) και BM2 (πλήρης άνθηση, πτώση πετάλων, μέγεθος καρπού 3-4 mm) (Colativa et al., 2011). Τα αποτελέσματα έδειξαν αυξημένη διάμετρο και αριθμό καρπών καθώς επίσης και μεγαλύτερο βάρος και αριθμό σπόρων ανά καρπό σε σχέση με τα φυτά που δεν είχε εφαρμοστεί το σκεύασμα.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν σκευάσματα με βάση εκχυλίσματα φυκών (*Ascophyllum nodosum*) σε κερασιές της ποικιλίας “Sweatheart” και “Skeena” που έχουν εμβολιαστεί σε Gisela 6. Στόχος εδώ ήταν να εκτιμηθούν οι αλλαγές στο μέγεθος, το περιεχόμενο των καρπών σε κηρούς, το pH, την συνολική παραγωγή, την τιτλοδοτούμενη οξύτητα, τα διαλυτά στερεά συστατικά καθώς και διάφορα διατροφικά χαρακτηριστικά (Correia et al., 2015). Θετικά ήταν τα αποτελέσματα και για τις δύο ποικιλίες καθώς σημειώθηκε αύξηση του βάρους και της διαμέτρου των καρπών, του περιεχομένου των φρούτων σε κηρούς και του pH (Correia et al., 2015). Κατά συνέπεια υπήρξε θετική επίδραση στα χαρακτηριστικά των κερασιών όχι όμως στην απόδοση της καλλιέργειας (Correia et al., 2015).

2.2.2 Εφαρμογές σε λαχανικά

Εφαρμογές βιοδιεγερτικών ουσιών έχουν γίνει και σε διάφορα λαχανοκομικά είδη όπως είναι το καρότο (*Daucus carota*), η πατάτα (*Solanum tuberosum L.*) και η τομάτα (*Solanum lycopersicum*) (Hernandez- Herrera et al., 2013, Szczepanek et al., 2015, Wasim Haider et al., 2012, Zarzecka et al., 2017).

Το 2012, στη μλέτη των Wasim Haider et al., έγινε προσθήκη του βιοδιεγέρτη “Primo” από εκχυλίσματα φυκών σε φυτά πατάτας της ποικιλίας “Sante”. Σκοπός ήταν να αξιολογηθεί η ανάπτυξη, η απόδοση και η ποιότητα των κονδύλων. Η

εφαρμογή έγινε διαφυλλικά σε τρία στάδια ανάπτυξης, στις 30, στις 45 και στις 60 ημέρες μετά την φύτευση ενώ στα φυτά μάρτυρες οι εφαρμογές πραγματοποιήθηκαν με νερό (Wasim Haider et al., 2012). Στα αποτελέσματα καταγράφηκε αύξηση της περιεκτικότητας του αζώτου, των πρωτεϊνών και των διαλυτών στερεών στους κονδύλους που δέχτηκαν επεξεργασία καθώς επίσης και βελτίωση στην ανάπτυξη, την ποιότητα και την απόδοση (Wasim Haider et al., 2012).

Δεύτερη σειρά πειραμάτων πραγματοποιήθηκε αυτή τη φορά σε τρεις ποικιλίες πατάτας τις Honorama, Bartek και Gawin, με τη χρήση ζιζανιοκτόνων και βιοδιεγερτών. Τα σκευάσματα που εφαρμόστηκαν ήταν τα Hertier 295 ZC, ρυθμιστής ανάπτυξης, Kelpak SL (εκχυλίσματα φυκών που περιέχουν φυτορμόνες), Sencor 70 WG και Asahi SL (μείγμα φαινολικών ενώσεων). Πραγματοποιήθηκε επίσης μηχανικός έλεγχος των ζιζανίων προκειμένου να προσδιοριστεί το περιεχόμενο των κονδύλων σε πολυφαινόλες φασματομετρικά (Zarzecka et al., 2017). Ο συνδυασμός ζιζανιοκτόνων και βιοδιεγερτικών ουσιών έδειξε να αυξάνει τα επίπεδα πολυφαινόλης στους κονδύλους με το ποσοστό της αύξησης να διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία. Το μεγαλύτερο ποσοστό φαίνεται να συγκεντρώνει η ποικιλία Honorama ενώ το χαμηλότερο η Gawin (Zarzecka et al., 2017).

Σε φυτά ντομάτας έγινε χρήση υγρών εκχυλισμάτων φυκών από *Sargassum liebmannii*, *Ulva lactuca*, *Padinagym nospora* και *Caulerpa pasper tularioides* και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν οι παρουσίασαν αυξημένο μήκος βλαστών, ρίζας καθώς και αυξημένο βάρος.

Το 2015, οι Szczepanek et al., πραγματοποίησαν ένα άλλο πείραμα χρησιμοποιώντας Kerpalk SL και Asahi SL σε καρότα με στόχο την αξιολόγηση της περιεκτικότητας των στοιχείων Mg, P, Ca, Na, N και K στην περιοχή των ριζών μετά τη συγκομιδή και έξι μήνες μετά την αποθήκευσή του. Με την προσθήκη Asahi SL επηρεάστηκαν τα στοιχεία Na, Ca, P και Mg καθώς αυξήθηκε η συγκέντρωσή τους ενώ από τη χρήση Kelpak SL αυξήθηκε η περιεκτικότητα των ριζών σε Na, K, Mg, N, P και Ca. Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν έξι μήνες μετά την αποθήκευση των φυτών που δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγερτικών ουσιών, βρέθηκε πώς οι συγκεντρώσεις των P, N και Ca παρέμειναν σταθερές ενώ αυτές των στοιχείων Na, K και Mg μειώθηκαν. Η δόση των βιοδιεγερτικών ουσιών που χρησιμοποιήθηκε

δεν επηρεάζει το ποσοστό επίδρασης των σκευασμάτων στο περιεχόμενο των κονδύλων σε θρεπτικά συστατικά (Szczepanek et al., 2015).

2.2.3 Εφαρμογή σε ανθοκομικά φυτά

Ακόμη μία κατηγορία φυτών όπου έχουν δοκιμαστεί βιοδιεγέρτες είναι τα ανθοκομικά είδη. Ανάμεσα στα φυτά που πραγματοποιήθηκαν δοκιμές συγκαταλέγονται ο φθινοπωρινός κρίνος *Eucomi sautumnalis* (Mill) Chitt], το δενδρολίβανο (*Roamarius officinallis* L.) και η καλέντουλα (*Calendula officinallis* L.) (Foroutan, Nia et al., 2016, Masondoa et al., 2016, Pupo de Oliveira Machado et al., 2014).

Σε φυτά φθινοπωρινού κρίνου έγινε χρήση δύο φαινολικών βιοδιεγερτών, των φλορογλουκινόλη και Eckol, που σαν βάση τους έχουν τα φύκη και βρίσκουν εφαρμογή τόσο στην κηποτεχνία όσο και στην ιατρική. Οι ουσίες εφαρμοστήκαν με διαβροχή και μελετήθηκαν οι παράμετροι ανάπτυξης και το φυτοχημικό περιεχόμενο των φυτών μετά το πέρας τεσσάρων μηνών από την εφαρμογή. Η σύγκριση μεταξύ των φυτών μαρτύρων και αυτών που δέχτηκαν επεξεργασία έδειξε ότι αναπτύχθηκαν περισσότεροι βολβοί, με μεγαλύτερο μέγεθος, υψηλότερο ποσοστό ριζοβολίας και αύξηση των φυτοχημικών συστατικών όπως το ρ-υδροξυβενζοϊκό και το φαιραλικό οξύ (Masondoa et al., 2016).

Στο δενδρολίβανο, η πειραματική διαδικασία επικεντρώθηκε στην ποσότητα και την ποιότητα του αιθέριου ελαίου αλλά και στην πιθανή μείωση χρήσης λιπασμάτων. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκε στα φυτά μάρτυρες λίπασμα με αναλογία N: P: K 15:8:15 και σε αυτά που έγινε εφαρμογή με βιοδιεγέρτη τα σκευάσματα Humiforte, Aminolforte, Fosnutren και Kadostim τα οποία έχουν ως βάση τους αμινοξέα. Από τα αποτελέσματα αποδείχθηκε ότι τόσο η ποιότητα όσο και η ποσότητα του αιθέριου ελαίου επηρεάστηκαν θετικά σε σχέση με το φυτό μάρτυρα με τα Aminolforte και Humifortena πετυχαίνουν τις υψηλότερες ποσότητες ελαίου ενώ το Fosnutren αύξησε την περιεκτικότητα των συστατικών β- πινένιο, 1,8-κινεόλη και καμφορά. Σαν αποτέλεσμα των ερευνών προκύπτει ότι οι βιοδιεγερτικές ουσίες που σαν βάση τους έχουν τα αμινοξέα έχουν θετική επίδραση στην ποιότητα και την ποσότητα του αιθέριου ελαίου και ταυτόχρονα μειώνουν τη χρήση χημικών λιπασμάτων (Forutan, Nia et al., 2016).

2.2.4 Εφαρμογή σε αροτραίες καλλιέργειες

Εφαρμογή βιοδιεγερτών έχει πραγματοποιηθεί και σε αροτραίες καλλιέργειες όπως τα μαυρομάτικα φασόλια (*Vigna unguiculata L.*) και ο αραβόσιτος (*Zea mays L.*).

Φυτά μαυρομάτικου φασολιού σε συνθήκες και μη αλατότητας (0 και 50 Mm NaCl) δέχτηκαν διαφυλλικές εφαρμογές βιοδιεγερτικών σκευασμάτων η σύσταση των οποίων περιείχε 5 και 10 μM γλυκίνη-μπεταΐνη, 2 και 4 % εκχυλίσματα φυκών και 5 και 10 μM σελινίου. Αντικείμενο μελέτης αποτέλεσαν η ανάπτυξη, η απόδοση και ορισμένα βιοχημικά συστατικά. Τα αποτελέσματα παρουσίασαν θετική επίδραση σε όλες τις παραμέτρους. Πιο συγκεκριμένα η εφαρμογή 5μM σελινίου σε 0% NaCl αύξησε το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των σπερμάτων, καθώς και την απόδοση και την ανάπτυξη, η εφαρμογή 4% εκχυλισμάτων φυκών με 50% NaCl οδήγησε σε αυξημένο αριθμό φωτοσυνθετικών χρωστικών και η εφαρμογή 10 μM γλυκίνη- μπεταΐνη με 50% NaCl αύξησαν τον αριθμό των συνολικών διαλυτών σακχάρων. Η ποιότητα και η ποσότητα του μαυρομάτικου φασολιού επηρέασε θετικά από τη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών ανεξάρτητα από το ποσοστό αλατότητας του εδάφους (Manaf, 2016).

Στον αραβόσιτο σκοπός ήταν να παρατηρηθεί η επίδραση δύο προϊόντων υδρόλυσης πρωτεϊνών στην ανάπτυξη των φύλλων και των ριζών και στην αφομοίωση των νιτρικών αλάτων, με τα αποτελέσματα να παρουσιάσουν θετική επίδραση στην αύξηση του μεγέθους των φύλλων και των ριζών και αύξηση της μετατροπής του νιτρικού άλατος σε οργανικό άζωτο (Ertani et al., 2009).

Κεφάλαιο 3

ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΠΕΡΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

3.1 Σπερματόφυτα – *Spermatophyta*

Ονομάζονται τα ανωτέρα φυτά που αναπαράγονται με σπέρματα και είναι τα πιο διαδεδομένα είδη της γήινης βλάστησης. Ανάλογα με αν το σπέρμα περιβάλλεται από περικάρπιο ή όχι διαχωρίζονται σε αγγειόσπερμα και γυμνόσπερμα αντίστοιχα.

Τα αγγειόσπερμα ή ανθόφυτα (Magnoliophytina ή Angiospermophytina), αποτελούν το μεγαλύτερο υποάθροισμα των σπερματοφύτων και είναι φυτά που συναντώνται στις περισσότερες περιοχές της γης. Εμφανίστηκαν στην γη πριν από 130 εκατομμύρια χρόνια υπολογίζονται ότι υπερβαίνουν τα 370.000 είδη.

Διακρίνονται σε δυο ομάδες :

- Τα δικότυλα (DicotyledonidaeMagnoliatae) με περίπου 70.000 είδη
- Τα μονοκότυλα (MonocotyledonidaeLiliatae) με περίπου 300.000 είδη.

Το σπέρμα είναι μια πολυκύτταρη δομή, με την οποία διασπείρονται τα ανθοφύτα. Προέρχεται από την γονιμοποίηση του ωοκυττάρου και την εξέλιξη της σπερματικής βλάστηση. Αποτελείται από το έμβρυο, τις αποθησαυρικές ουσίες και τα περιβλήματα (προστατευτικά στρώματά που περιέχουν λιγνίνη). Η βλάστηση των σπερμάτων επιτυγχάνεται όταν το σπέρμα :

- Είναι ώριμο
- Βρίσκεται σε ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας
- Έχοντας την σωστή συγκέντρωση οξυγόνου
- Έχοντας τον σωστό φωτισμό.

Ως βλαστικότητα ορίζεται το ποσοστό των σπερμάτων που βλαστάνουν σε σχέση με όσα σπάρθηκαν συνολικά.

3.2 Δομή σπέρματος

Τα σπέρματα μπορεί να φέρουν διαφορά εξαρτήματα εξαιτίας που εξυπηρετούν οικολογικές σκοπιμότητες, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία ως προς το :

- Μέγεθος
- Σχήμα
- Χρώμα
- Δομή

Ενώ ορισμένα διαθέτουν :

- Πτερύγια
- Τρίχες
- Φύματα
- Αγκάθια κ.α. (Εικ.3.1).



Εικ.3.1 Ποικιλομορφία σπορών σε χρώμα, σχήμα, μέγεθος κτλ.

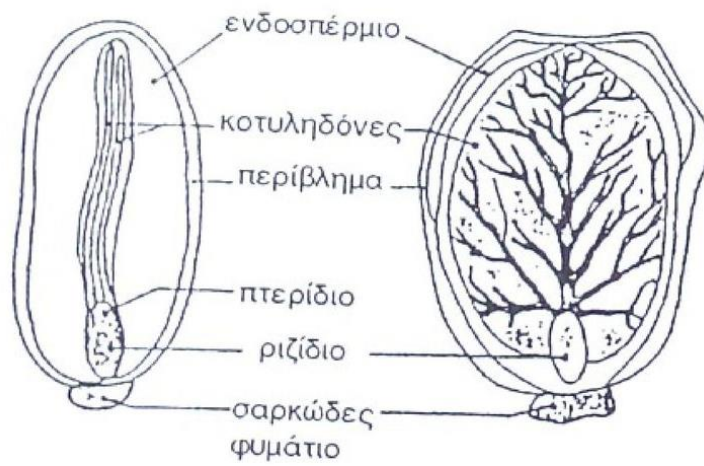
Κάθε σπέρμα περιλαμβάνει το φυτικό έμβρυο, την αποταμιευμένη τροφή και το περίβλημα (Εικ 3.2).

Το φυτικό έμβρυο αποτελείται από:

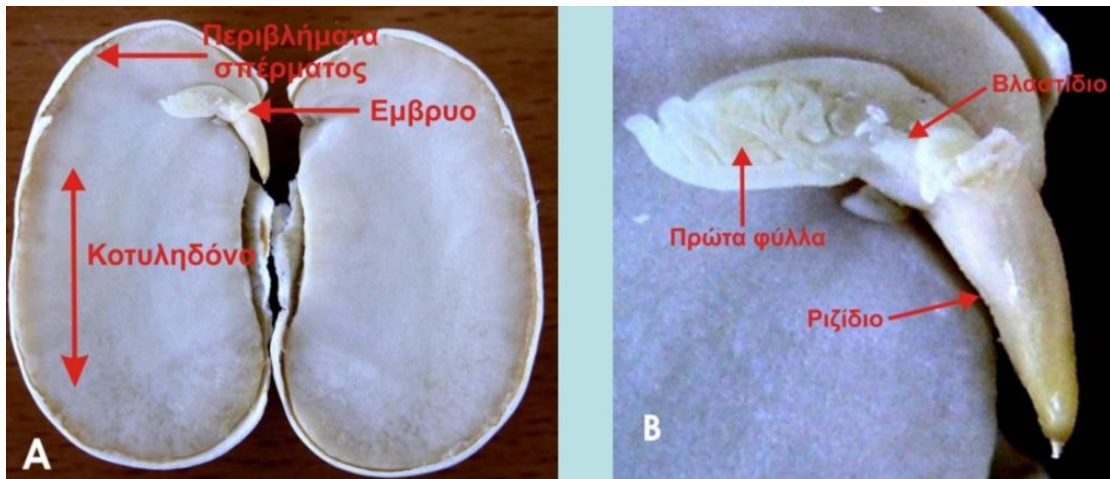
- I. Ένα μη τελειοποιημένο βλαστίδιο ή αλλιώς από έναν εμβρυακό βλαστό το πτερίδιο
- II. Μια μη αναπτυγμένη ριζά, το ριζίδιο (Εικ 3.3)

Τα απαραίτητα θρεπτικά εφόδια (κυρίως υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες) που αποταμιεύονται σε πολύ συμπυκνωμένη μορφή (Εικ 3.4). Οι συμπυκνωμένες αυτές ουσίες είναι ικανές να φτάσουν το 85-90% του συνολικού βάρους του σπέρματος. Η αποταμίευση τους πραγματοποιείται είτε στις κοτυληδόνες (για τα δικότυλα) είτε στο ενδοσπέρμιο (για τα μονοκότυλα αλλά και για τα δικότυλα), ενώ πιο σπάνια στο περισπέρμιο.

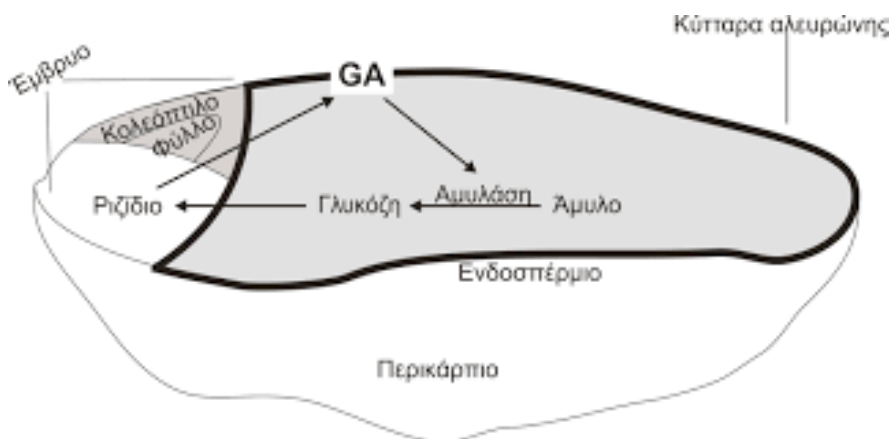
Τα περιβλήματα έχουν προστατευτικό ρολό, προέρχονται από τους χιτώνες της σπερματικής βλάστηση και είναι υπεύθυνα για την προστασία του σπέρματος από δυσμενές περιβαλλοντικές συνθήκες, προσβολές από εχθρούς και παθογόνα, σήψη, την κατανάλωση από φυτοφάγα ζώα, καθώς και την διασπορά τους, αλλά και την αναγνώριση ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών για την επίτευξη της φύτευσης.



Εικ 3.2 Δομή σπέρματος.



Εικ 3.3 Δομή σπέρματος στο μικροσκόπιο.



Εικ 3.4 Η δομή του σπέρματος σχηματικά.

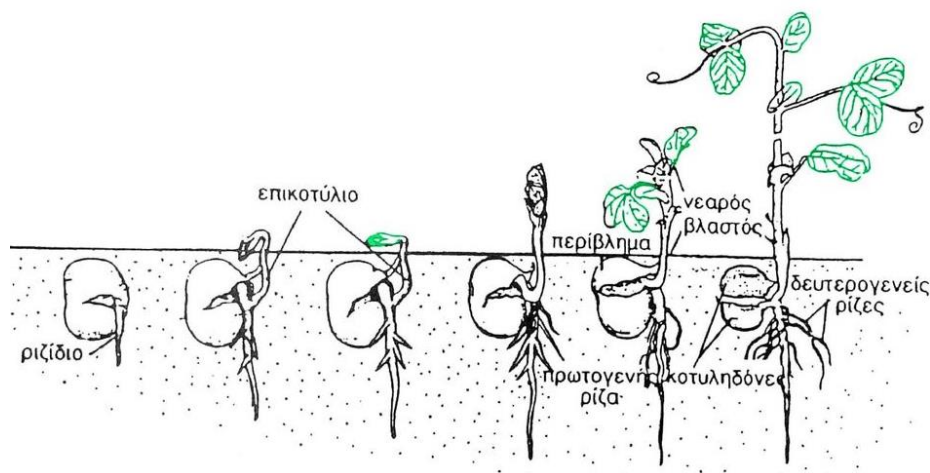
3.3 Βλάστηση των σπερμάτων

Η βλάστηση των σπερμάτων είναι η διαδικασία που ξεκινά με την ενυδάτωση των σπερμάτων και καταλήγει με την εμφάνιση του αρτίβλαστου (του νεαρού φυτού) και μπορεί να είναι υπόγεια επίγεια:

3.3.1 Υπόγεια βλάστηση

Η υπόγεια βλάστηση ακολουθεί τα εξής βήματα :

- 1) Πρόσληψη νερού
- 2) Διόγκωση σπέρματος
- 3) Εμφάνιση ριζιδίου
- 4) Επιμήκυνση ριζιδίου
- 5) Διείσδυση του ριζιδίου στο έδαφος
- 6) Εμφάνιση πρώτων πλευρικών ρίζων
- 7) Δημιουργία πλευρικού ριζικού συστήματος
- 8) Επιμήκυνση πτεριδίου
- 9) Εμφάνιση του επικοτυλίου (το τμήμα αναμεσα στο ακραίο μερίστωμα του βλαστού και στις κοτυληδόνες) μέσα στο έδαφος και αναμεσα από τις κοτυληδόνες σε δρεπανοειδές σχήμα
- 10) Εμφάνιση πτεριδίου στην επιφάνεια του εδάφους και ταυτόχρονη αύξηση και ευθυγράμμιση του επικοτυλίου κατακόρυφα (Εικ 3.5).

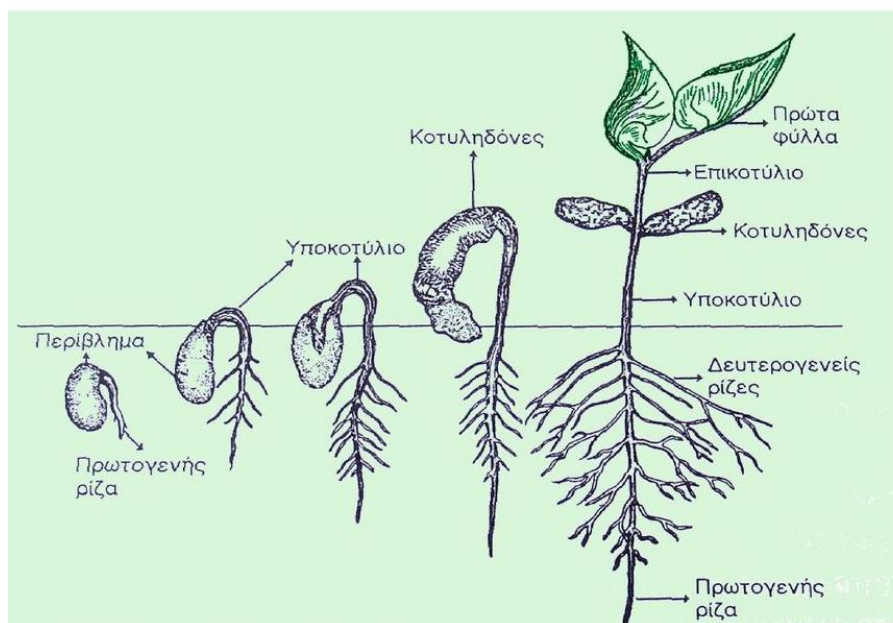


Εικ 3.5 Στάδια υπόγειας βλάστησης.

3.3.2 Επίγεια βλάστηση

Η επίγεια βλάστηση ακολουθεί τα εξής βήματα :

- 1) Πρόσληψη νερού
- 2) Διόγκωση σπέρματος
- 3) Εμφάνιση ριζιδίου
- 4) Επιμήκυνση του υποκοτυλίου (το τμήμα αναμεσά στο ακραίο μερίστωμα του βλαστού και στις κοτυληδόνες)
- 5) Αύξηση υποκοτυλίου και απόκτηση δρεπανοειδούς μορφής
- 6) Εμφάνιση κοτυληδόνων πάνω από το έδαφος με ταυτόχρονη ευθυγράμμιση του υποκοτυλίου
- 7) Συρρίκνωση κοτυληδόνων, εμφάνιση του πράσινου χρώματος, αρχή φωτοσύνθεσης τους
- 8) Επιμήκυνση πτεριδίου
- 9) Εμφάνιση πρώτων μονίμων φύλλων (Εικ 3.6).



Εικ 3.6 Στάδια επίγειας βλάστησης.

3.4 Φυσιολογία της βλάστησης

Οι λειτουργικές διαδικασίες κατά την διάρκεια της βλάστησης είναι οι εξής :

- I. Ενυδάτωση των σπερμάτων
- II. Αύξηση της κυτταροδιαίρεσης και επιμήκυνσης
- III. Αύξηση της αναπνοής

- IV. Ενεργοποίηση των ενζύμων
- V. Αύξηση των νουκλεϊκών οξέων
- VI. Αποικοδόμηση αποταμιευμένων ουσιών

Η απορρόφηση νερού και κατά εξακολούθηση η ενυδάτωση των σπερμάτων έχει ως αποτέλεσμα τη διόγκωση τους και την απελευθέρωση θερμότητας.

Η ποσότητα του προσλαμβανομένου νερού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι :

- Το μέγεθος του σπέρματος
- Από την είδη υπάρχουσα ποσότητα νερού στα σπέρματα και στο έδαφος
- Από την φύση των αποταμιευμένων ουσιών.

Συνολικά η προσλαμβανομένη ποσότητα νερού δεν ξεπερνά το διπλάσιο ή τριπλάσιο του ξηρού του βάρους. Υπάρχουν τρία στάδια απορρόφησης :

- η ταχεία πρόσληψη νερού που είναι απαραίτητη για την δημιουργία χυμοτοπίου
- η φάση ισορροπίας της οποίας η διάρκεια ποικίλει
- και τέλος μια νέα εντονότερη πρόσληψη νερού.

Με την απορρόφηση του νερού και την ενυδάτωση όλων των μακρομοριων του σπέρματος ξεκινά μια σειρά μεταβολικών διαδικασιών,

- τα σκληρά περιβλήματα μαλακώνουν
- η σύνθεση ή ενεργοποίηση ενζύμων
- η διόγκωση του εμβρύου που έχει ως αποτέλεσμα την διάρρηξη του περιβλήματος επιτρέποντας την εμφάνιση του ριζιδίου.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, υστέρα από την απορρόφηση του νερού τα σπέρματα είναι πιο ενυδατωμένα διευκολύνοντας έτσι την είσοδο του οξυγόνου μέσα σε αυτά. Μετά την είσοδο του οξυγόνου παρατηρείται μια βαθμιαία αύξηση του ρυθμού της αναπνοής.

Παράλληλα η αναπνοή είναι υπεύθυνη για την οξειδωτική διάσπαση των οργανικών αποταμιευτικών συστατικών του σπέρματος των αμυλοκόκκων, των σακχάρων, των οργανικών οξέων και των τριγλυκεριδίων. Αποτέλεσμα της διάσπασης αυτής είναι η απόδοση μεγάλων ποσών ενέργειας με την μορφή ATP. Ενέργεια αναγκαία για τη σύνθεση ενζύμων που χρησιμοποιούνται στην

αποικοδόμηση των ουσιών. Οι ουσίες αυτές αποταμιεύονται με την σειρά τους στους ιστούς των σπερμάτων, μέχρι να χρησιμοποιηθούν για την οικοδόμηση των κυτταρικών συστατικών του αρτίβλαστου.

Στα σπέρματα υπάρχουν διάφορες μορφές πρωτεϊνών, (ενζυμικές πρωτεΐνες, και νουκλεοπρωτεΐνες), που όμως είναι κατά κύριο λόγο ανενεργές. Μερικά από τα ένζυμα αυτά παραμένουν ενεργά σε σπέρματα που βρίσκονται στο στάδιο του λήθαργου. Ενώ κατά το στάδιο της βλάστησης παρατηρείται αύξηση της δραστηριοποίησης των ενζύμων και η παραγωγή νέων, φαινόμενο που μπορεί να αποδοθεί στη σύνθεση ριβοσωμάτων και πολυριβοσωμάτων. Συνήθως με την αρχική απορρόφηση του νερού πραγματοποιείται έντονη ενζυμική ενεργοποίηση, γεγονός που μπορεί να είναι και αποτέλεσμα της μετατροπής τους από ανενεργή σε ενεργό μορφή. Στη συνέχεια απελευθερώνονται ορμόνες (γιββεριλλίνες, α-αμυλάση, β-αμυλάση κ.α) που με την σειρά τους προκαλούν σύνθεση ενζύμων στα σπέρματα.

Στο πρώτο στάδιο βλάστησης ενός σπέρματος παρατηρείται ελάχιστη σύνθεση DNA, όσο όμως αυξάνεται η κυτταρική διαίρεση παρατηρείται ενεργός σύνθεση RNA, καθώς και ενεργοποίηση των ήδη ανενεργών ενζύμων. Κατά το δεύτερο στάδιο βλάστησης τα αμυλολυτικά και λιπολυτικά ένζυμα τα οποία είναι αναπνευστικά προϊόντα που προέρχονται από αποταμιευμένους υδατάνθρακες και λίπη, βρίσκονται σε αφθονία και κατά το τρίτο στάδιο βλάστησης πραγματοποιείται η σύνθεση πρωτεϊνών.

Ορισμένες από τις κυριότερες ουσίες που αποταμιεύονται στα σπέρματα είναι οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια. Οι θρεπτικές αυτές ουσίες είναι αδιάλυτες στο νερό με αποτέλεσμα να δυσκολεύεται η μετακίνησή τους προς το αρτίβλαστο. Γι' αυτό πρέπει πρώτα να διασπαστούν σε πιο απλά, ευδιάλυτα συστατικά, ώστε να μπορούν να μετακινηθούν προς τις αυξανόμενες κορυφές του πτεριδίου και το ριζιδίου. Για το άμυλο το τελικό προϊόν της διάσπασης είναι η σακχαρόζη. Για τις πρωτεΐνες τα προϊόντα διάσπασης είναι τα αμινοξέα και για τα λιπίδια τα λιπαρά οξέα. Τα απλουστέρα αυτά συστατικά προσφέρουν την απαραίτητη ενέργεια και τις πρώτες ύλες για τη σύνθεση νέων συστατικών, που είναι αναγκαία για την επιμήκυνση και αύξηση του εμβρύου.

Τα αμινοξέα χρησιμοποιούνται για την σύνθεση δομικών πρωτεϊνών και άλλων ενζύμων ενώ μερικά αμινοξέα μεταφέρονται στο έμβρυο κάποιες φορές και ως αμίδια.

Τα λιπαρά οξέα είτε χρησιμεύουν στην απελευθέρωση ενέργειας μέσω της οξειδωσης τους είτε μετατρέπονται σε σακχαρόζη, διευκολύνοντας έτσι την μεταφορά τους, είτε συνθέτουν τα φωσφολιπίδια και τα γλυκολιπίδια (συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών).

3.5 Λήθαργος σπερμάτων

«Λήθαργος ονομάζεται η αδυναμία βλάστησης των σπερμάτων κάτω από πρόωρα ευνοϊκές συνθήκες.»

Οι περισσότερες καλλιέργειες εφαρμόζονται, αναπτύσσονται και βλαστάνουν σε περιοχές όπου επικρατούν έντονες εποχιακές διακυμάνσεις. Για το λόγο αυτό τα φυτά έχουν αναπτύξει ειδικούς μηχανισμούς μέσω των οποίων εξασφαλίζεται η διατήρηση της ζωής τους στο διάστημα στο διάστημα που επικρατούν μη ευνοϊκές συνθήκες. Παράγοντες που δεν επιτρέπουν στα σπέρματα να βλαστήσουν είναι η έλλειψη σε νερό ή οξυγόνο, ακραίες θερμοκρασίες ή ακόμη παρουσία ανασταλτικών ουσιών. Φυσικά, η αδυναμία αυτή της βλάστησης αναιρείται όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος πλησιάζουν τις ευνοϊκές τιμές για το εκάστοτε φυτό σε συνδυασμό με εσωτερικούς παράγοντες. Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο παραμένουν σε κατάσταση λήθαργου διαφέρει ακόμα και στο ίδιο είδος φυτού. Ως εναρκτήριο στάδιο ενός φυτού θεωρούνται τα ώριμα σπέρματα τα οποία θα πρέπει να εφουσηχάσουν πρώτου να βλαστήσουν. Βέβαια, κάποια φυτά, αφότου ωριμάσουν χρειάζεται να περάσουν μία περίοδο μεθωρίμανσης το οποίο μπορεί να είναι μια περίοδος περαιτέρω ωρίμανσης του εμβρύου ή μία περίοδος κατά την οποία πραγματοποιούνται διάφορες βιοχημικές αλλαγές πριν από τη βλάστηση.

3.6 Αίτια ληθάργου

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα σπέρματα είναι ικανά να βλαστήσουν σχεδόν αμέσως μετά την απελευθέρωσή τους από το μητρικό φυτό, αλλά κάτι τέτοιο δεν αποτελεί συχνό φαινόμενο. Τις περισσότερες φορές βλαστάνουν μετά από ένα μικρό ή πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα εφουσηχασμού (ληθάργου) ο οποίος πιθανόν να οφείλεται σε μεμονωμένη ή συνδυαστική δράση περιβαλλοντικών ή και εσωτερικών αυτιών. Εξωτερικά ή περιβαλλοντικά αίτια είναι οι κλιματικοί παράγοντες που ισχύουν στην εκάστοτε περιοχή και οι συνθήκες που επικρατούν στο έδαφος (θερμοκρασία, υγρασία, οξυγόνο και φως), ενώ εσωτερικοί παράγοντες είναι η

ανωριμότητα του εμβρύου, η αδιαπερατότητα από νερό και οξυγόνο και η μηχανική αντίσταση του περιβλήματος, καθώς και διάφορες ουσίες που δρουν ως αναστολείς της βλάστησης (π.χ. το αμπισισικό οξύ, ABA).

Κεφάλαιο 4

Σερπεντινικά εδάφη και φυτά υπερσυσσωρευτές

4.1 Ορισμός

Τα серπεντινικά εδάφη, είναι εδάφη που διαθέτουν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων όπως σίδηρο (Fe), μαγνήσιο (Mg) κοβάλτιο (Co) νικέλιο (Ni) και χρώμιο (Cr) και χαμηλές συγκεντρώσεις σε στοιχεία όπως κάλλιο (K) φωσφόρο (P) και άζωτο (N), γεγονός που τα καθιστά ακατάλληλα, τοξικά για πολλά είδη φυτών ή και άγωνα. Πάρα το γεγονός ότι ορισμένα βαρέα μέταλλα είναι απαραίτητα ιχνοστοιχεία για την ζωή των φυτών, εφόσον συμβάλλουν στις μεταβολικές διαδικασίες τους, σε υψηλές συγκεντρώσεις καθίστανται τοξικά.

4.2 Ιδιότητες εδάφους

Τα серпεντινικά εδάφη (άλλες ονομασίες που τους αποδίδονται είναι ελικοειδή, οφιολιθικά ή υπερβασικά εδάφη) ανήκουν στα πυριτικά εδάφη. Διακρίνονται από το ελαιοπράσινο, χρυσοκίτρινο, καστανόμαυρο και κοκκινωπό χρωματισμό τους. (Εικ.4.1). Προέρχονται από αποσαθρωμένα πετρώματα και, κατά κύριο λόγο είναι επιφανειακά και βραχώδη, με χαμηλή σχετική υγρασία και, αυξημένη επιφανειακή θερμοκρασία που έχουν ως αποτέλεσμα να διαβρώνονται εύκολα. Επιπλέον, διαθέτουν διαφορετικούς τύπους βλάστησης σε σχέση με μη серпεντινικά γειτονικά εδάφη, καθώς κατέχουν μεγάλο βαθμό ενδημισμού αλλά μικρή παραγωγικότητα.



Εικ.4.1 Διαφορετικοί χρωματισμοί σερπεντινικών εδαφών.

4.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά σερπεντινικής βλάστησης:

- Μικρός ρυθμός ανάπτυξης
- Ξηρομορφικό φύλλωμα (μειωμένος αριθμός φύλλων, σκληροφυλλία)
- Μικρή φυτοκαλυψη
- Μέγεθος σημαντικά μειωμένο σε σύγκριση με μη σερπεντινικά εδάφη
- Ριζικό σύστημα πιο αναπτυγμένο απ' ό τι σε είδη μη σερπεντινικών εδαφών.

4.3 Μεταλλοφύτα

Υπάρχουν κάποια αυτοφυή είδη που ενδημούν σε μεταλλοφόρα εδάφη έχοντας αναπτύξει ισχυρούς μηχανισμούς ανοχής ώστε να ανταπεξέρχονται σε αυτά συσσωρεύοντας υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στους ιστούς τους χωρίς κάποια βιολογική επίπτωση. Τα φυτά αυτά ονομάζονται μεταλλόφυτα και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

I. Στα είδη τα οποία έχουν κάποια ανοχή στα βαρέα μέταλλα που υπάρχουν στο υπόστρωμα τους, χωρίς όμως να είναι ικανά να αντιμετωπίσουν τις υψηλές συγκεντρώσεις αυτών στα ριζικά τους συστήματα και να μεταφέρουν αυτά τους στους βλαστούς τους.

II. Στα είδη που έχουν δημιουργήσει εξειδικευμένους βιολογικούς μηχανισμούς ώστε όχι μόνο να διαβιούν σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, αλλά να τα συσσωρεύουν στους βλαστούς τους σε συγκεντρώσεις υψηλότερες των 2 % του ξηρού τους βάρους. Τα είδη αυτά ονομάζονται υπερσυσσωρευτές (hyperaccumulators).

4.3.1 Υπερσυσσωρευτές – δυνατότητες συσσώρευσης

Οι υπερσυσσωρευτές έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν 100-1000 φορές μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, σε σύγκριση με ευαίσθητα είδη όπου οι ίδιες συγκεντρώσεις προκαλούν κυτταρικό θάνατο. Πιο συγκεκριμένα οι υπερσυσσωρευτές ορίζονται τα φυτά όπου οι συγκεντρώσεις σε

- μαγνήσιο (Mg) & ψευδάργυρο (Zn) είναι πάνω από **10.000 µg.g-1 (ppm)** δηλαδή **1 %** του ξηρού βάρους τους
- νικέλιο (Ni), κοβάλτιο (Co), χαλκό (Cu), χρώμιο (Cr) & μόλυβδο (Pb) είναι πάνω από **1.000 µg.g-1 (ppm)** δηλαδή **0,1 %** του ξηρού βάρους τους
- κάδμιο (Cd), αρσενικό (As) είναι πάνω από **100 µg.g-1 (ppm)** δηλαδή **0,01 %** του ξηρού βάρους τους.

4.3.2 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά υπερσυσσωρευτών

- Ισχυρή ικανότητα πρόσληψης βαρέων μετάλλων
- Ταχεία μεταφορά των ιόντων των μετάλλων από την ριζά στο βλαστό και στα φύλλα
- Ικανότητα αποτοξίνωσης και αδρανοποίησης των μετάλλων στα φύλλα

Αυτά τα χαρακτηριστικά φαίνεται να οφείλονται σε υπερέκφραση γονιδίων που απαντώνται σε ευαίσθητα φυτικά είδη και όχι σε γονίδια που εκφράζονται μόνο στα συγκεκριμένα είδη.

4.3.3 Ταξινόμηση- οικογένειες

Μέχρι στιγμής, είναι γνωστά περίπου 400 φυτά που συσσωρεύουν μέταλλα, τα οποία ανήκουν σε 45 οικογένειες. Οι οικογένειες με τα περισσότερα μέλη είναι οι Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Cunouniaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae και Euphobiaceae. Η οικογένεια Brassicaceae έχει τον μεγαλύτερο αριθμό, 87 είδη που ανοίκουν σε 11 γένη και, από

τα οποία 7 γένη και 72 είδη υπερσυσσωρεύουν νικέλιο (Ni) ενώ 3 γένη και 20 είδη υπερσυσσωρεύουν (Zn) (Reeves et al. 1996; Reeves et al. 1999).

4.3.4 Υπερσυσσώρευση νικελίου

Η υπερσυσσώρευση νικελίου είναι συχνότερη από την συσσώρευση οποιουδήποτε αλλού μετάλλου και γι' αυτό χαρακτηρίζεται ως η πιο διαδεδομένη. Στην Ελλάδα, συσσώρευση νικελίου παρατηρείται μόνο σε μέλη της οικογενείας *Brassicaceae* και ιδίως του γένους *Alyssum* (περισσότερα από 60 είδη).

Η κατανομή των μετάλλων στο σώμα των φυτών φαίνεται να γίνεται κυρίως στα φύλλα, ιδιαίτερα στα χυμοτόπια των επιδερμικών κυττάρων και στα εξωτερικά κυτταρικά τοιχώματα της επιδερμίδας των φύλλων. Αντίθετα τα προστατευτικά κύτταρα διαθέτουν τις χαμηλότερες ποσότητες μετάλλων από όλες τις υπόλοιπες επιδερμίδες.

4.4 Χρήσεις υπερσυσσωρευτών

Η φυτοαποκατάσταση είναι η ονομασία που έχει δοθεί σε μία ομάδα από τεχνολογίες που χρησιμοποιούν φυτά και τους σχετιζόμενους με αυτά μικροοργανισμούς για την επιτόπου μερική ή πλήρη αποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών, ιλύων, ιζημάτων και υπόγειων νερών. Οι τεχνολογίες φυτοαποκατάστασης εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση τόσο οργανικών όσο και ανόργανων ρύπων. Στους ρύπους αυτούς συμπεριλαμβάνονται υδρογονάνθρακες, χλωριωμένες ενώσεις, φυτοφάρμακα, εκρηκτικά, βαρέα μέταλλα, μεταλλοειδή και ραδιενεργά υλικά. Η φυτοαποκατάσταση είναι επίσης γνωστή με τους ορούς:

- Πράσινη αποκατάσταση
- Βοτανοαποκατάσταση
- Αγροαποκατάσταση
- Φυτική αποκατάσταση.

.Τα φυτά αναπτύσσουν διάφορους μηχανισμούς για την απορρόπηση των εδαφών.

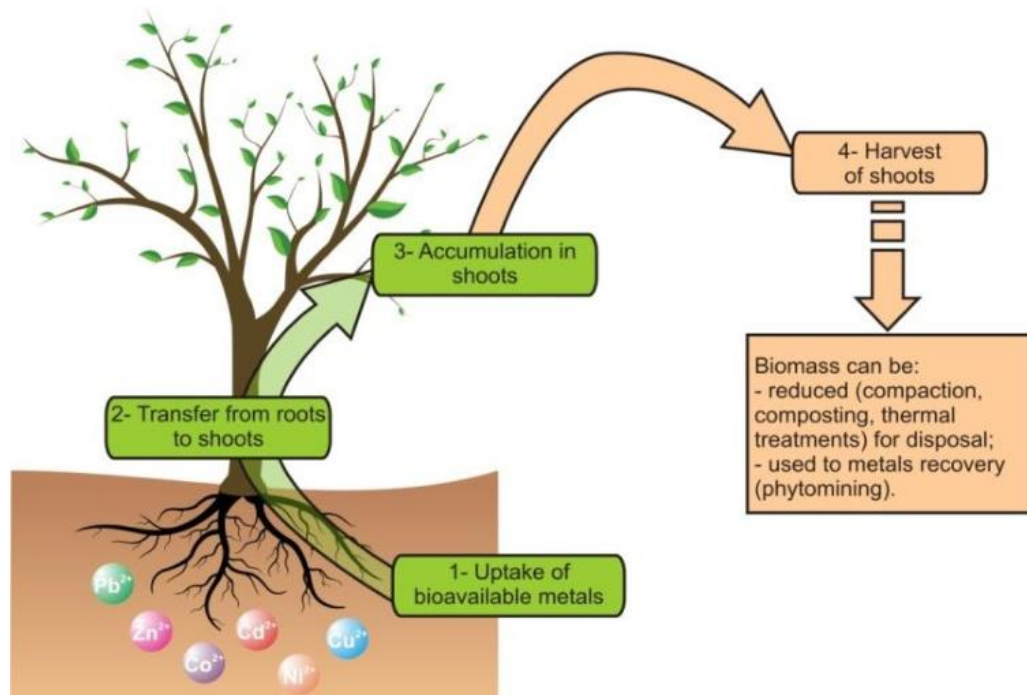
Υπάρχουν φυτά που :

- Ανταπεξέρχονται στην τοξικότητα ορισμένων ρύπων
- Προσλαμβάνουν τους ρύπους και τους μετατρέπουν σε λιγότερο τοξικές ενώσεις

- Ακίνητοποιούν τους ρύπους εντός της ζώνης του ριζικού τους συστήματος.

4.4.1 Φυτοεξαγωγή (*phytoextraction*)

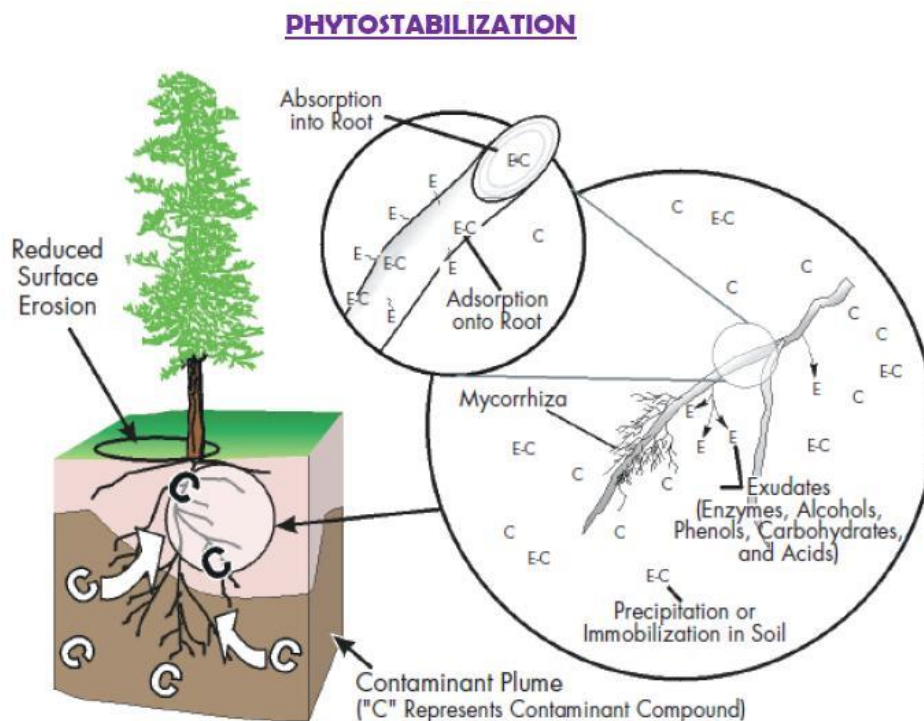
Η φυτοεξαγωγή στοχεύει στην ουσιαστική απομάκρυνση των μεταλλικών ρύπων από την μήτρα του εδάφους (Kumaretal 1995a). Στην πράξη τα φυτά υπερσυσσωρεύτες είτε σπέρνονται είτε μεταφυτεύονται σε ρυπασμένα εδάφη που περιέχουν χαμηλά έως μέτρια επίπεδα μετάλλων. Εάν η διαθεσιμότητα των μετάλλων δεν είναι επαρκής μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανόργανα άλατα ή παράγοντες αύξησης οξύτητας (Huang and Cunningham, 1996; Huang et al. 1997a; Lasat et al. 1998). Όταν τα φυτά φτάσουν σε επαρκή ανάπτυξη και συσσώρευση μετάλλων, τα υπέργεια τμήματα συγκομίζονται, με αποτέλεσμα τη μόνιμη απομάκρυνση μετάλλων από την περιοχή (Εικ 4.2).



Εικ 4.2 Διαδικασία φυτοεξαγωγής.

4.4.2 Φυτοσταθεροποίηση (*phytostabilization*)

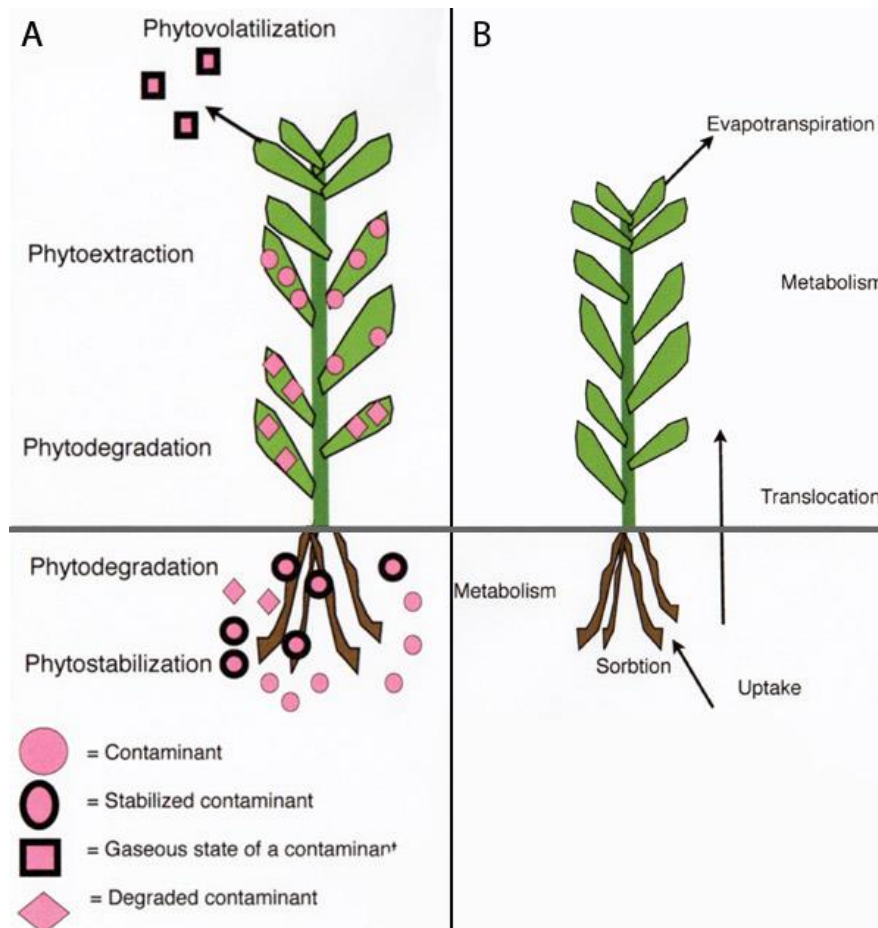
Είναι μια φυτική τεχνική αποκατάστασης που συντελεί στην επιτόπου αδρανοποίηση και ακινητοποίηση μετάλλων στο έδαφος. Στόχος της φυτοσταθεροποίησης δεν είναι η απομάκρυνση των μεταλλικών ρύπων, αλλά η σταθεροποίησή τους στο έδαφος αποτρέποντας τους κίνδυνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η φυτοσταθεροποίηση είναι πιο αποτελεσματική σε εδάφη που διαθέτουν υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ύλες και έχουν λεπτή υφή. Ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε ένα μεγάλο φάσμα τοποθεσιών όπου η ρύπανση είναι κυρίως επιφανειακή (Cunningham et al. 1995; Berti and Cunningham, 2000) (Εικ 4.3). Πριν από τη φύτευση, το μολυσμένο έδαφος είναι καλό να οργώνεται και ενσωματώνεται ασβέστης, λίπασμα ή άλλες τροποποιήσεις για την απενεργοποίηση των μεταλλικών ρύπων. Είναι μια μέθοδος που διαθέτει περισσότερα πλεονεκτήματα σε αντίθεση με άλλες τεχνικές, καθώς είναι λιγότερο δαπανηρή, περιβαλλοντικά φιλική, εύκολη στην εφαρμογή και προσφέρει αισθητική αξία (Berti and Cunningham, 2000; Schnoor, 2000). Συνήθως χρησιμεύει ως προσωρινή στρατηγική για την μείωση του κίνδυνου σε περιοχές που δεν έχει βρεθεί η καταλληλότερη τεχνική απομάκρυνσης.



Εικ 4.3 Διαδικασία φυτοσταθεροποίησης, αποσκοπούμενη στον περιορισμό των βαρέων μετάλλων τουεδαφους.

4.4.3 Φυτό εξάτμιση ή φυτοεπικύρωση (*phytovolatilisation*)

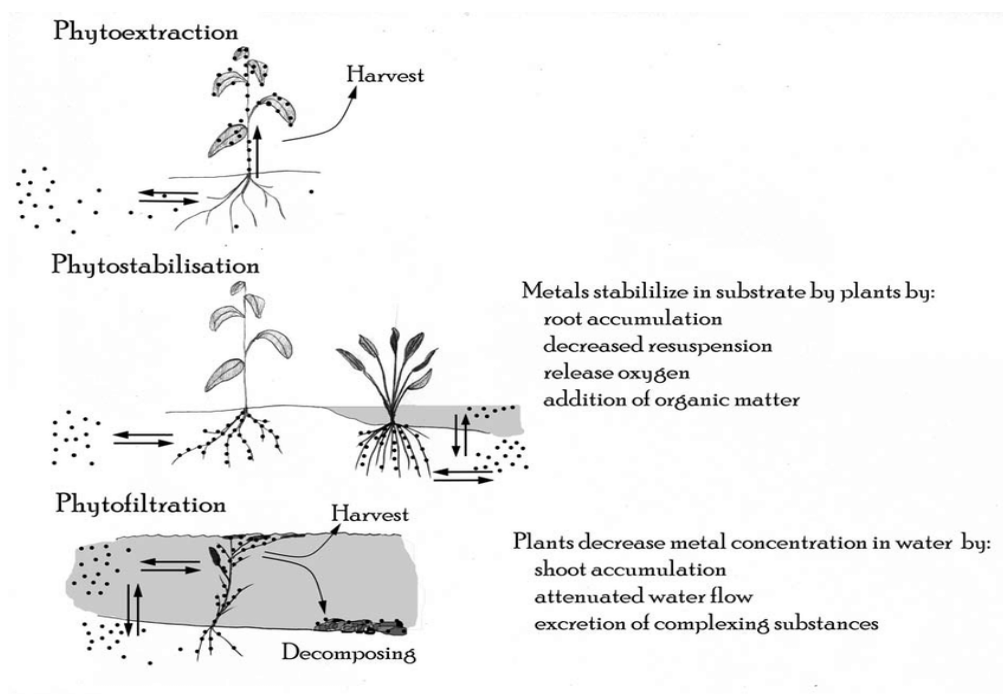
Θεωρείτε η πιο αμφιλεγόμενη πρακτική από όλες τις τεχνολογίες φυτοαποκατάστασης, καθώς πραγματοποιείται με φυσικά υπάρχοντα ή γενετικά τροποποιημένα φυτά ικανά να απορροφούν μεταλλικούς ρύπους που ενδέχεται να υπάρχουν σε αέρια μορφή (As,Hg,Se) στο έδαφος μετατρέποντας τους σε βιοαέρια που κινούνται μέσα στο φυτό και υστέρτα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο υπάρχουν ακόμα αμφιβολίες για το ποσό η πτητικοποίηση κάποιων στοιχείων στην ατμόσφαιρα είναι ασφαλής. (Watanabe, 1997) (Εικ 4.4).



Εικ 4.4 Σημεία φυτοαποκατάστασης

4.4.4. Ριζοδιοίθηση (*rhizofiltration*)

Αφορά την προσρόφηση των ρύπων στη ρίζα και έχει σχεδιαστεί κυρίως για την απορρόφηση μετάλλων σε υδάτινα περιβάλλοντα. Τα φυτά καλλιεργούνται υδροπονικά και υστέρα μεταφυτεύονται στα μολυσμένα ύδατα. Αφού απορροφήσουν και συγκεντρώσουν τα μέταλλα στις ρίζες τους και στους βλαστούς τους συλλέγονται οι ρίζες ή και ολόκληρο το φυτό και απορρίπτονται (Flathman and Lanza, 1998; Zhu et al. 1999 b) (Εικ 4.5). Τα επίγεια φυτά πιστεύεται ότι είναι καταλληλότερα για ριζοδιήθηση, καθώς παράγουν μακρύτερο συχνά ινώδη ριζικό σύστημα με μεγάλες επιφάνειες για την απορρόφηση. Αντίθετα αρκετά υδρόβια είδη (υάκινθος) ενώ έχουν την ικανότητα να απομακρύνουν βαρέα μέταλλα από το νερό διαθέτουν περιορισμένο δυναμικό για ριζοδιήθηση, επειδή δεν είναι αποτελεσματικά στην απομάκρυνση μετάλλων, εξαιτίας των μικρών, αργών αναπτυσσόμενων ριζών τους (Dushenkov et al. 1995). Ο ηλιάνθος (*Helianthus annuus* L.) που αφαιρεί το Pb, U, ¹³⁷Cs και ⁹⁰Sr και η ινδική μουστάρδα (*Brassica juncea*) που απομακρύνει τα Cd, Cr, Cu, Ni, Pb και Zn είναι πολλά υποσχόμενα φυτά.



Εικ 4.5 Σχηματική διαδικασία απομάκρυνσης μετάλλων από το νερό.

Πίνακας 4.1 Μηχανισμοί φυτοπροστασίας και τροπος δράσης τους.

ονομασία μηχανισμού	Τρόπος δράσης
Φυτοεξαγωγή (<i>phytoextraction</i>)	Συσσωρευση των ρύπων στους ιστούς του φυτού και απομάκρυνση τους με εξαγωγή του φυτού
Ριζοαποδόμηση (<i>rizodegradation</i>)	Αποδόμηση των ρύπων στο ριζικό σύστημα με τη βοήθεια μικροοργανισμών
Φυτοαποδόμηση (<i>phytodegradation</i>)	Αποδόμηση των ρύπων στα διάφορα τμήματα του φυτού
Φυτό εξάτμιση (<i>phytovolatilisation</i>)	Εξάτμιση – εξαέρωση με ή μεταφορά των πτητικών ρύπων μέσω των φυτών στον αέρα
Φυτοσταθεροποίηση (<i>phytostabilisation</i>)	Ακινητοποίηση των ρύπων στη ρίζα
Ριζοδιόθηση (<i>rhizofiltration</i>)	Προσρόφηση των ρύπων στη ρίζα

Πίνακας 4.2 Μηχανισμοί φυτοπροστασίας, πεδία εφαρμογής, και ρύποι αντιμετώπισης.

Ονομασία Μηχανισμού	Πεδίο εφαρμογής - Ρύποι	Μέσο
Φυτοεξαγωγή (<i>phytoextraction</i>)	Μέταλλα Ag, Au, Cd, Cr, Cu, Pb, Co, Hg, Mn, Mo, Ni, Zn, Ραδιενεργά όπως ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{239}Pu , $^{234,238}\text{U}$	Εδάφη , Ιλύες
Ριζοαποδόμηση (<i>rizodegradation</i>)	Οργανικοί Ρύποι (TPH, PAHs, BTEX, μικροβιοκτόνα, χλωριωμένοι διαλύτες PCBs)	Εδάφη , Ιλύες
Φυτοαποδόμηση (<i>phytodegradation</i>)	Οργανικοί Ρύποι , Ζιζανιοκτόνα (ατραζίνη, alachlor) BTEX, TCE, NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}	Εδάφη, υπόγεια νερά,

	Απόβλητα εκρηκτικών TNT, RDX	εκχυλίσματα χωματερών
Φυτό εξάτμιση (<i>phytovolatilisation</i>)	χλωριωμένοι διαλύτες , MTBE, Se, Hg, As.	Εδάφη , Ιλύες, υπόγεια ύδατα
Φυτοσταθεροποίηση (<i>phytostabilisation</i>)	Μέταλλα και μεταλλοειδή As, Cd, Cr, Cu, Pb,Zn, U,Se. Υδρόφοβα οργανικά DDT, PAHs, PCBs,διοξίν ες φουράνες κλπ	Εδάφη , Ιλύες
Ριζοδιοίθηση (<i>rhizofiltration</i>)	Μέταλλα Cd, Cu, Pb, Zn, Ραδιενεργά όπως ⁹⁰ Sr, ¹³⁷ Cs, ^{234,238} U και Υδρόφοβα οργανικά	Υπόγεια νερά, στα νερά και στα απόβλητα που βρίσκονται σε αβαθείς λίμνες ή τεχνητούς υδροβιότοπ ους

4.4.5 Αγροεξόρυξη

Η αγροεξόρυξη αποτελεί μία τεχνική μέσω της οποίας μπορούν να συλλεχθούν ιχνοστοιχεία από εδάφη είτε υποστρώματα όπου παρατηρείται έντονη ρύπανση ή σημαντικές ποσότητες μετάλλων αφήνοντας παράλληλα το περιθώριο για ανάπτυξη περιβαλλοντικών τεχνολογιών (Whiting et al., 2004). Φυτά που χρησιμοποιούνται για την αγροεξόρυξη είναι αυτά που εντάσσονται στην σερπεντινική χλωρίδα. Τέτοιου είδους φυτά έχουν αναπτύξει τη δυνατότητα να

φύονται σε εδάφη εμπλουτισμένα με βαρέα μέταλλα συγκεντρώνοντας τα ιχνοστοιχεία στους βλαστούς τους. Η διαδικασία της αργοεξόρυξης έχει ως εξής:

Σε πρώτο στάδιο γίνεται εγκατάσταση της καλλιέργειας φυτών υπερσυσσωρευτών σε περιοχές που εμφανίζουν τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν. Έπειτα, αφού τα φυτά αυξήσουν τη βιομάζα τους και φτάσουν στο τελικό στάδιο της ανάπτυξης, συγκομίζονται και ακολουθεί ξήρανση και καύση αυτών. Κατά την καύση παράγεται τέφρα, εμπλουτισμένη με μέταλλα ή βιομετάλλευμα. Σε τελικό στάδιο γίνεται επεξεργασία των προϊόντων καύσης των φυτών από τα οποία παραλαμβάνετε το εκάστοτε μέταλλο με το Ni, Co και Au να εμφανίζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον (Εικ 4.6).



Εικ 4.6 Διαδικασία της αγροεξόρυξης.

Πρόκειται για μία τεχνική φιλική προς το περιβάλλον που αποσκοπεί στη δημιουργία ολοκληρωμένης διαχείρισης εδαφών αλλά και αποβλήτων πλούσιων μετάλλων. Ακόμη δίνεται η δυνατότητα στους αγρότες να επιχειρήσουν να ασχοληθούν με ένα νέο, ιδιαίτερα κερδοφόρο είδος καλλιέργειας, αφού τέτοιου είδους εδάφη είναι

δύσκολο να αξιοποιηθούν με άλλους τρόπους, καθώς παρουσιάζουν χαμηλή γονιμότητα η οποία προκαλείται από την τοξικότητα του νικελίου.

Στην Ελλάδα ένα τέτοιο εγχείρημα θα μπορούσε να εξελιχθεί διότι η χώρα διαθέτει μεγάλο αριθμό σε σερπεντινικών υποστρωμάτων καθώς επίσης και μεγάλη ποικιλία φυτικών ειδών που δρουν ως υπερσυσσωρευτές νικελίου.

4.5 Φυτό ερευνάς – *Alyssum murale*

Ανήκει στην οικογένεια Brassicaceae η κοινή του ονομασία στην αγγλική γλώσσα είναι yellowtuft ενώ στα ελληνικά άλυσσο. Από μορφολογικής άποψης είναι πολυετές φυτό με ύψος που κυμαίνεται από 20 έως 50 cm. Διαθέτει ερυθρό βλαστό με χνούδι, έχει κίτρινα άνθη σε ταξιανθία κορύμβου (Εικ 4.7, Εικ 4.8), καθώς και επιμήκη γκριζοπράσινα φύλλα, ενώ ο καρπός του είναι κεράτιο. Συνήθως συναντάται σε υψόμετρα από 900 έως 2.220 m επάνω σε σερπεντινικά πετρώματα, πετρώδεις πλαγιές, και ρεματιές. Είναι ενδημικό στην Δυτική Ασία, τον Καύκασο, την Ανατολική Ευρώπη και τα Βαλκάνια. Ορισμένες πληροφορίες που είναι γνωστές για αυτό το φυτό είναι ότι έχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, όπως νικελίου που είναι συσσωρευμένα στους ιστούς του, που οφείλεται στο γεγονός ότι φύεται σε σερπεντινικά υποστρώματα. Θεωρείται ένας από τους κυριότερους αν όχι ο κυριότερος υπερσυσσωρευτής που χρησιμοποιείται σε μελέτες (Εικ 4.9).



Εικ 4.7 Ταξιανθία του φυτού *Alyssum murale*.



Εικ 4.8 *Alyssum murale*.



Εικ 4.9 Αποξηραμένη μορφή του φυτού *Alyssum murale*.

4.6 Φυτό ερευνας – *Leptoplax emarginata*

Ανήκει στην οικογένεια Brassicaceae (Cruciferae) – σταυρανθή. Είναι πολυετές φυτό με ύψος στελέχους που φτάνει έως 20- 60 cm ενώ έχει παρατηρηθεί ότι σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και τα 2m. Διαθέτει πράσινο λείο βλαστό, έχει λευκά άνθη σε ταξιανθία κορύμβου (Εικ 4.10), καθώς και επιμήκη πράσινα φύλλα. Είναι ενδημικό είδος, μη απειλούμενο και συναντάται σε πετρώδεις πλάγιες, θαμνότοπους, σε λιβάδια, ξέφωτα δασών, οφιόλιθους, ακόμα και σε θέσεις με ανθρωπογενή επιβάρυνση και άκρες δρόμων (Εικ 4.11, Εικ 4.12). Φύεται σε υψόμετρα από 300 έως 2.100 m. Στην Ελλάδα απαντάται στη Στερεά, Ανατολική και Κεντρική Ελλάδα, την Βόρεια και Νότια Πίνδο, την Εύβοια, τη Δίρφη και το Δυτικό Αιγαίο.



Εικ.4.10 Ταξιανθία του φυτού *Leptoplax emarginata*.



Εικ 4.11 *Leptoplax emarginata*



Εικ 4.12 *Leptoplax emarginata* σε αποξηραμένη μορφή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

5.1 Νομικό πλαίσιο

Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει επίσημος ορισμός για την έννοια των βιοδιεγερτικών ουσιών και αυτό καθιστά την ρυθμιστική κατάσταση εξαιρετικά σύνθετη (Du Jarbin, 2015). Επίσης, ορισμένα κράτη- μέλη της Ε. Ε. δεν έχουν εκδώσει νομοθετικό πλαίσιο που να καλύπτει τους βιοδιεγέρτες ενώ και μεταξύ αυτών που το έχουν κάνει παρατηρούνται διαφορές (La Torre et al., 2013). Στην Ευρωπαϊκή αγορά βιοδιεγερτικές ουσίες μπορούν να διατίθενται ως μία από τις δύο κατηγορίες οι οποίες είναι: α) ο Εθνικός Κανονισμός κάθε κράτους για τα λιπάσματα και β) ο Ευρωπαϊκός Νόμος για τα φυτοφάρμακα με την τελευταία να συνδυάζει υπερεθνικές αλλά και εθνικές διατάξεις για την διάθεση φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο εμπόριο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα προϊόντα εκχυλισμάτων φυκών, τα οποία στη Γερμανία θεωρούνται φυτοπροστατευτικά προϊόντα, στην Ιταλία λιπάσματα ενώ στην Ισπανία βιοδιεγέρτες (La Torre et al., 2013).

Προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία έγκρισης των βιοδιεγερτών φυτών, οι υπηρεσίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής συνέταξαν ένα έγγραφο το έτος 2001, το οποίο σχετιζόταν με βιοδιεγερτικές ουσίες χαμηλού κινδύνου (SANCO/1003/2001, τρίτη έκδοση) (La Torre et al., 2013). Στόχος της επιτροπής με το έγγραφο αυτό ήταν να προωθήσει τη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών (La Torre et al., 2013). Παρόλα αυτά, υπάρχουν κράτη - μέλη όπου μέχρι και σήμερα για λόγους οικονομικούς και ασφάλειας των προϊόντων που χρησιμοποιούνται κατά την παρασκευή τέτοιων σκευασμάτων δεν έχουν δώσει έγκριση χρήσης τους.

Σύμφωνα με το έγγραφο γνωμοδότησης, από την Επιτροπή Περιβάλλοντος Δημόσιας Υγείας και Ασφάλειας Τροφίμων, αναφορικά με την διαθεσιμότητα προϊόντων λίπανσης στην αγορά, οι βιοδιεγέρτες κατατάσσονται στα προϊόντα

λίπανσης, έχοντας ειδική σήμανση CE και αποτελούν σκευάσματα σύνθεσης ουσιών, μικροοργανισμών και άλλων υλικών.

Σε όλες τις κατηγορίες βιοδιεγερτικών ουσιών στην Ευρώπη, γίνεται εφαρμογή του νόμου REACH (ΕΚ) αριθ. 1107/2009 που αφορά τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (PPPs) στο άρθρο 2 του οποίου ορίζονται τα εξής:

« Ο παρών κανονισμός εφαρμόζεται σε προϊόντα, στη μορφή που παρέχονται στον τελικό χρήστη, τα οποία περιέχουν δραστικές ουσίες, προστατευτικές ή συνεργητικές και προορίζονται για μία από τις ακόλουθες χρήσεις:

- Επίδραση στις διεργασίες ζωής των φυτών μέσω ουσιών που επηρεάζουν την ανάπτυξή τους χωρίς όμως αυτές να αποτελούν ουσίες θρέψης.»

Σύμφωνα με τον κανονισμό αυτό, οποιοδήποτε σκεύασμα που έχει σαν στόχο να επηρεάσει την ανάπτυξη, την απόδοση και κάθε άλλη διεργασία ζωής των φυτικών οργανισμών με διάφορους τρόπους εκτός της θρέψης, θα κατατάσσεται στα βιοδιεγερτικά προϊόντα. Κατά συνέπεια, όλοι οι ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών, οι οποίοι αλληλεπιδρούν με το ορμονικό σύστημα των φυτικών οργανισμών αυτομάτως εντάσσονται στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα χωρίς να έχουν κάποια σχέση με αυτά.

Βέβαια, προκειμένου να τοποθετηθεί ένα φυτοπροστατευτικό προϊόν στην Ευρωπαϊκή αγορά, θα πρέπει πρώτα να περάσει από μία σειρά μακροχρόνιων και δαπανηρών διαδικασιών ενώ η διάθεσή τους γίνεται μέσω μικρομεσαίων επιχειρήσεων λιπασμάτων (SMEs). Το πεδίο δράσης των βιοδιεγερτικών ουσιών σχετίζεται περισσότερο με τη θρέψη του φυτού παρά με την φυτοπροστασία και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο εφαρμόζεται η εθνική νομοθεσία λιπασμάτων στους βιοδιεγέρτες.

Όπως γίνεται αντιληπτό, απαραίτητη είναι η εναρμόνιση της εθνικής και υπερεθνικής νομοθεσίας και για αυτό η Ομάδα Εργασίας λιπασμάτων (FWG) και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχουν κάνει την αρχή με σκοπό τη μεταρρύθμιση του κανονισμού που αφορά τα λιπάσματα. Σε κάθε περίπτωση, για να προκύψουν νομοθετικά πλαίσια θα πρέπει να υπάρχει η κατανόηση των βιομηχανιών, των τεχνολογιών και των αγορών που εξυπηρετούν (EBIC, 2013).

Κεφάλαιο 6

ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ

6.1 Βιοδιεγέρτης στην Ελλάδα και προοπτικές εξέλιξης

Οι βιοδιεγερτικές ουσίες, όπως ορίζεται από το έγγραφο γνωμοδότησης για την διάθεση προϊόντων λίπανσης στη ευρωπαϊκή αγορά της Επιτροπής Περιβάλλοντος, Δημόσιας Υγείας και Ασφάλειας Τροφίμων κατατάσσονται στην κατηγορία των λιπασμάτων και φέρουν τη σήμανση CE. Τα προϊόντα αυτά περιέχουν ουσίες, μικροοργανισμούς ή/ και άλλα υλικά και επιτυγχάνουν αύξηση της ανάπτυξης μέσω της βελτίωσης της θρέψης και της αύξησης της ανοχής των φυτών σε αβιοτικές καταπονήσεις (Gardini, 2018). Με την εφαρμογή τέτοιου είδους σκευασμάτων στα φυτά παρατηρείται αύξηση της ποσότητας, αλλά και βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Αναφορά γίνεται και στους μικροβιακούς βιοδιεγέρτες οι οποίοι αποτελούν προϊόντα συνδυασμού ενός ή περισσότερων μικροοργανισμών. Η επιλογή μικροοργανισμών γίνεται μεταξύ των ομάδων α) *Azotobacterspp.*, β) μυκορριζικοί μύκητες, γ) ριζόβια γ) *Azosoirillum spp.* (Gardini, 2018).

Η χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών αποτελεί μία καινοτόμα γεωργική πρακτική και στην Ελλάδα έχει κάνει την εμφάνισή της εντατικά τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια. Στην ελληνική αγορά είναι διαθέσιμα πολλά βιοδιεγερτικά σκευάσματα, με τα περισσότερα να κατατάσσονται και να χρησιμοποιούνται ως βοηθητικές ουσίες λιπασμάτων ή και ως λιπάσματα- προϊόντα θρέψης (Γεωπονική Α.Ε., 2017). Κατά κύριο λόγο, οι βιοδιεγερτικές ουσίες που διατίθενται εμπίπτουν σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες α) εκχυλίσματα φυκών, β) μικρόβια και γ) αμινοξέα (Γεωπονική Α.Ε., 2017, ΕΒΥΠ Ε.Ε, 2018). Σε ό,τι αφορά τα εκχυλίσματα φυκών, στα περισσότερα σκευάσματα χρησιμοποιούνται τα *Ascophyllumnodosum* και *Eckloniamaxima* ενώ στα μικροβιακά προτιμώνται μυκόρριζες και ευεργετικά βακτήρια (ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ, 2016, Το Growshoptης Καλλιθέας, 2018).

Ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα προϊόντα στην ελληνική αγορά είναι το Maxicrop το οποίο στους περισσότερους καταλόγους αναγράφεται ως λίπασμα- προϊόν θρέψης (ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ, 2016, Φυτοπροστασία ΕΛΛΑΓΡΕΤ, 2015). Είναι προϊόν εκχυλίσματος φυκών και συγκεκριμένα από *Ascophyllumnodosum* σε

συνδυασμό με μακροστοιχεία, ιχνοστοιχεία και περιέχει φυσικούς βιοδιεγέρτες ανάπτυξης, φυτομόνες και ουσίες μεγάλης βιολογικής αξίας για τα φυτά (ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ, 2016, Maxicrop, 2018). Το συγκεκριμένο σκεύασμα στοχεύει στη ριζοβολία, την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, την αύξηση της φυτρωτικότητας, τη βελτίωση της ποιότητας, την αύξηση της ποσότητας των παραγόμενων προϊόντων καθώς επίσης και την ανοχή των φυτών σε συνθήκες βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων (ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ, 2016, Maxicrop, 2018). Η εφαρμογή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με προσθήκη στο έδαφος είτε διαφυλλικά και ενδείκνυται για καλλωπιστικά και ανθοκομικά φυτά, όσπρια, σιτηρά, μηδική, φυλλώδη λαχανικά, κηπευτικά, αμπέλι, και δενδρώδεις καλλιέργειες (Maxicrop, 2018, Φυτοπροστασία ΕΛΛΑΓΡΕΤ, 2015).

Άλλο σκεύασμα που κυκλοφορεί, αλλά προερχόμενο από εκχυλίσματα φυκών του είδους *Eckloniamaxima*, είναι το Kelpak^R. Στη σύνθεσή του περιέχονται κυρίως αυξίνες και ελαφρές ποσότητες κυτοκινινών (BASF Φυτοπροστασία, 2018). Η χρήση του οδηγεί σε βελτίωση της καρπόδεσης και αύξηση του μεγέθους των καρπών, άρα και ποιοτική και ποσοτική αύξηση. Το φάσμα εφαρμογής του περιλαμβάνει καλλιέργειες όπως τομάτα, σκόρδο, πιπεριά, φράουλα, κρεμμύδι, πεπόνι και σταφίδα (BASF Φυτοπροστασία, 2018).

Το MICOSAT-FLEN 100G είναι μίγμα διάφορων μικροοργανισμών σε μορφή υδατοδιαλυτής σκόνης και δρα σαν ενεργοποιητής του ριζικού συστήματος (Το Growshop της Καλλιθέας, 2018). Συστατικά του είναι μικόρριζες του γένους *Glomus* (*G. coronatum*, *G. caledonium*, *G. intraradices*, *G. mosseae*, *G. Viscosum*) σε συνδυασμό με πολλούς άλλους μικροοργανισμούς όπως *Bacillus subtilis*, *Streptomyces* spp., *Beauveria basiana* και *Pochonia chlamydosporia* (Το Growshop της Καλλιθέας, 2018). Εφαρμόζονται κυρίως σε οπωροφόρα δέντρα, ελιές, λαχανικά, βιομηχανικά φυτά, ακτινίδια, πατάτα, δημητριακά, καπνό και φράουλα (Το Growshop της Καλλιθέας, 2018).

Μεταξύ των σκευασμάτων αμινοξέων που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά περιλαμβάνονται τα Botamisal και Amino 16, τα οποία ανήκουν στους ενεργοποιητές-βοηθητικές ουσίες (Γεωπονική Α. Ε., 2017 ΕΒΥΠ Ε.Ε., 2018). Το Amino 16 περιέχει ελεύθερα αμινοξέα σε περιεκτικότητα 11,3%, ολικό άζωτο 3% και οργανική ουσία 33% (ΕΒΥΠ Ε.Ε., 2018), μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις

καλλιέργειες είτε με ριζοπότισμα είτε διαφυλλικά και επιφέρει καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και προστασία σε περιπτώσεις αβιοτικών πιέσεων (ΕΒΥΠ Ε.Ε., 2018). Επίσης, βοηθά στη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών, την ίδια την καρπόδεση ενώ παράλληλα αυξάνει την παραγωγή (ΕΒΥΠΕ.Ε.,2018). Το προϊόν Botamisol έχει περιεκτικότητα σε αμινοξέα 45,0% β/β, οργανικό άζωτο 8,0% και η χρήση του προσδίδει επίσης προστασία από το αβιοτικό στρες (Γεωπονική Α.Ε., 2017). Η εφαρμογή γίνεται και σε αυτή την περίπτωση είτε διαφυλλικά είτε απευθείας στο έδαφος και χρησιμοποιείται σε στο αμπέλι, τα εσπεριδοειδή, τη φράουλα, την ελιά, το σιτάρι, το γκαζόν, η πατάτα, το βαμβάκι και διάφορα κηπευτικά και καλλωπιστικά φυτά (Γεωπονική Α. Ε., 2017).

Στο ελληνικό εμπόριο διατίθενται πολλά βιοδιεγερτικά σκευάσματα, αλλά και πολλά προϊόντα που ενώ θα μπορούσαν να συγκαταλέγονται στις βιοδιεγερτικές ουσίες έχουν καταταχθεί σε διαφορετικές κατηγορίες (όπως π.χ. το AlgitSuper, το οποίο αναγράφεται ως λίπασμα από εκχυλίσματα φυκών *Ascophyllum nodosum* ή το *Azospir* το οποίο περιέχει βακτήρια των γενών *Azospirillum* και *Azotobacter* και αναφέρεται ως ενεργοποιητή εδάφους). Επίσης, κυκλοφορούν προϊόντα, στις ετικέτες των οποίων δεν περιέχονται στοιχειώδεις πληροφορίες ή είναι οι πληροφορίες είναι ελλειπείς ως προς τον τρόπο δράσης και το περιεχόμενό τους. Για το λόγο αυτό, θεωρείται σκόπιμο να γίνει σωστός διαχωρισμός μεταξύ λιπασμάτων και βιοδιεγερτικών ουσιών, σύνταξη νομικού πλαισίου και έλεγχος των προϊόντων που είναι διαθέσιμα στο εμπόριο.

Οι βιοδιεγερτικές ουσίες, μέσα στα επόμενα χρόνια τόσο στην Ελλάδα, όσο και διεθνώς, μπορούν να αποτελέσουν μία κατηγορία προϊόντων που θα χρησιμοποιείται ευρέως στη γεωργική πρακτική. Απαραίτητη προϋπόθεση για να συμβεί κάτι τέτοιο είναι να πραγματοποιηθούν περαιτέρω μελέτες και πειραματικές διαδικασίες σχετικά με το πότε είναι η κατάλληλη περίοδος στον βιολογικό κύκλο του φυτού για να εφαρμοστούν, ποιο είδος μικροοργανισμού είναι καταλληλότερο για κάθε είδος καλλιέργειας, ποιος είναι ο χρόνος αλλά η συχνότητα εφαρμογής αλλά και ποια ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυτού θα επηρεαστούν και με ποιο τρόπο (Battacharyya et al., 2015, Roupheal et al., 2015). Πέρα από την κατανόηση των παραπάνω, θα πρέπει να δοθεί βαρύτητα και στην επίδραση των βιοδιεγερτικών ουσιών σε θέματα που σχετίζονται με τα γονίδια και τις πρωτεΐνες των φυτών, αλλά και σε ό,τι έχει να κάνει με λειτουργικά θέματα. Η μελέτη όλων αυτών θα μπορέσει

να εξελίξει τις προοπτικές των σκευασμάτων αυτού του είδους και να κάνει ευρέως γνωστή τη χρήση τους.

Κεφάλαιο 7

ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΓΟΡΑ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ

7.1 Διεθνής αγορά βιοδιεγερτών

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει σαφές νομοθετικό πλαίσιο για τις βιοδιεγερτικές ουσίες, οι πληροφορίες που έχουν καταγραφεί για την αγορά τέτοιου είδους προϊόντων, εκτός του ότι είναι ελάχιστες, είναι και μάλλον αναξιόπιστες. Η δυσκολία έγκειται στο γεγονός ότι ορισμένα σκευάσματα είναι καταχωρημένα ως φυτοπροστατευτικά προϊόντα, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές νομοθεσίες, ενώ άλλα ως λιπάσματα σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς των κρατών και επιπλέον η ύπαρξη διαφορετικού ορισμού από χώρα σε χώρα καθιστά αρκετά δύσκολη την συλλογή αξιόπιστων στατιστικών στοιχείων. Η ένωση EBIC, μοίρασε στα μέλη της ερωτηματολόγια μέσω των οποίων παρουσιάστηκαν οικονομικά δεδομένα του συγκεκριμένου τομέα στην Ευρώπη, τα οποία, όπως αναφέρθηκε από την ίδια την ένωση, ήταν απλώς περιγραφικά (EBIC, 2013). Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι η αγορά βιοδιεγερτών αυξάνεται με σταθερό ρυθμό σε ποσοστό 10% ή και περισσότερο ανά έτος και μάλιστα, η αξία των πωλήσεων άγγιξε τα 1,8 δισεκατομμύρια δολάρια (\$) το 2015. Με το πέρας του 2^{ου} συνεδρίου «Added Value Fertilizers Europe 2019», που αφορά θέματα ενημέρωσης σχετικά με τα λιπάσματα και τη χρήση αυτών, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και την ανάπτυξη της αγοράς των βιοδιεγερτών, καταγράφηκαν στοιχεία σύμφωνα με τα οποία η Ευρώπη έχει υιοθετήσει τη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών σε μεγάλο ποσοστό. Για την ακρίβεια, κατά το έτος 2015 εκτιμάται ότι η αξία της αγοράς βιοδιεγερτών άγγιξε τα 700 εκατομμύρια δολάρια (\$). Ακόμη ένα δεδομένο που δηλώνει την ανάπτυξη της αγοράς αυτής είναι ότι οι καταναλωτές της EBIC, κατά το ήμισυ, χρησιμοποιούσαν για πρώτη φορά τέτοιου είδους σκευάσματα. Από το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στα μέλη της ένωσης προέκυψε ότι στην Ευρώπη, στον συγκεκριμένο κλάδο, απασχολούνται περισσότεροι από 2.000 εργαζόμενοι, ενώ σε 6,2 εκατομμύρια εκτάρια ετησίως, εφαρμόζονται βιοδιεγέρτες. Σε παγκόσμιο επίπεδο,

χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών έγινε σε έκταση 14,5 εκατομμυρίων εκταρίων, ενώ εκτιμάται πως το 2022 η εφαρμογή τους θα φτάσει κατά προσέγγιση τα 27,6 εκατομμύρια. Αυτή τη στιγμή στην Ευρώπη περισσότερες από 200 επιχειρήσεις ασχολούνται με την παραγωγή και διάθεση βιοδιεγερτικών σκευασμάτων με το 65% από αυτές να είναι μικρομεσαίες και το 75% να εδράζεται στην περιφέρεια συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη τέτοιων περιοχών. Η συνεχής αυτή ανάπτυξη επηρεάζεται από μια σειρά παραγόντων. Αρχικά, οι βιοδιεγέρτες ξεκίνησαν να εφαρμόζονται στην βιολογική γεωργία και συγκεκριμένα σε καλλιέργειες λαχανικών και φρούτων μεγάλης αξίας. Αυτή τη στιγμή το συμβατικό σύστημα καλλιέργειας εισάγει συνεχώς προϊόντα που κατατάσσονται στην κατηγορία των βιοδιεγερτικών ουσιών με σκοπό την ύπαρξη ανταπόκρισης στις επιταγές της οικονομίας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Επίσης, παράγονται όλο και περισσότερο νέα, καινοτόμα προϊόντα, με εξειδικευμένη δράση, που επικεντρώνονται σε συγκεκριμένες αγρονομικές ανάγκες προσελκύοντας έτσι νέους καταναλωτές. Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα την εξάπλωση της χρήσης βιοδιεγερτών όχι μόνο σε ευρωπαϊκό επίπεδο, αλλά και σε παγκόσμιο, γεγονός που οδηγεί σε επέκταση των επαγγελματικών δικτύων των επιχειρήσεων αφού μπορούν πλέον να συνδεθούν και να διαθέσουν τα προϊόντα τους σε νέους διανομείς παγκοσμίως και να διεισδύσουν σε αγορές που μέχρι πρότινος τους ήταν απρόσιτες. Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη της αγοράς βιοδιεγερτών είναι το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητα χρήσης λιπασμάτων αυξάνεται σε ποσοστό μεταξύ 5 έως 25% ή και περισσότερο όταν αυτά συνδυαστούν με βιοδιεγερτικές ουσίες ενώ παράλληλα παρατηρείται εξοικονόμηση φυτοφαρμάκων κατά 10 με 15% προκαλώντας έτσι σημαντική μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Επίσης, οι απαιτήσεις των καταναλωτών για πιο υγιεινά γεωργικά προϊόντα συνεχώς αυξάνονται και για το λόγο αυτό οι καλλιεργητές προσπαθούν να στραφούν σε νέους τρόπους αποτελεσματικότερης και αποδοτικότερης χρήσης των εισροών τους. Οι βιοδιεγέρτες είναι ουσίες που συμβάλλουν στην καλύτερη απόδοση των καλλιεργειών και αποτελούν ένα τρόπο ανταπόκρισης των απαιτήσεων των καταναλωτών για πιο ήπιες γεωργικές πρακτικές. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους γεωργούς να επιδιώξουν υψηλότερες τιμές για τα προϊόντα τους εφόσον και η ποιότητα αυτών είναι υψηλότερη. Βέβαια, καλύτερη ποιότητα συνεπάγεται και πιο εύκολη αποθήκευση και διατήρηση των προϊόντων, επομένως ο παραγωγός μπορεί να επιλέξει καλύτερα την καταλληλότερη στιγμή να πουλήσει σε συμφέρουσες τιμές. Τέλος, λόγω του ότι επενδύονται υψηλά ποσά στο

κομμάτι της έρευνας, ο κατάλογος των σκευασμάτων ολοένα και εμπλουτίζεται με νέα προϊόντα.

Κεφάλαιο 8

ΥΛΙΚΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

8.1 Όργανα – Υλικά – Αντιδραστήρια.

8.1.1 Υλικά – Σκεύη

- Ποτήρια ζέσης των 100,250,500 και 100 mL
- Υάλινες ογκομετρικές φιάλες των 50,100,1000 mL
- Μεταλλικές σπάτουλες και τσιμπίδες διαφορών μεγεθών
- Μεταλλικό σουρωτήρι
- Ακρορύγχια αυτόματων πιπετών μεταβλητού όγκου

(Hirschmann, Γερμάνια)

- Βαθμονομημένα σιφόνια των 1,2,5 και 10 mL
- Πουάρ πιπετών 3 εξόδων
- Αποστειρωμένα τριβλία υάλινα και πλαστικά
- Γλάστρες 10 εκ ύψους και βαθμούς
- Μουσαμάς
- Ταμπελάκια
- Μαρκαδόρος ανεξίτηλος
- Ποτιστήρι 1 λίτρου

8.1.2 Αντιδραστήρια

- Υποχλωριώδες Νάτριο
- Συμπυκνωμένο εναιώρημα λεοναδρίτη υψηλής συγκέντρωσης

(Blackjackbio, Elanco, Ελλάδα)

8.1.3 Συσκευές

- Κλίβανος υγρής αποστείρωσης (PrestigeMedical, ΗΠΑ)
- Μαγνητικός αναδευτήρας με δυνατότητα θέρμανσης (VelpScientifica, Ιταλία)
 - Αναλυτικός ζυγός ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών (Kern&Sohn, Γερμανιά)
- Ψυγείο με θερμοκρασία λειτουργίας 12 °C.
 - Κλίβανος ξήρανσης (Binder, Γερμανιά)
 - Ψηφιακό παχύμετρο (Vogel, Γερμανιά)

8.2 Πειραματική διαδικασία

- Με το παρόν πείραμα ελέγχθηκε η επίδρασησκευασματος βιοδιεγερτων, τόσο στη βλαστικότητα των σπερμάτων, σε διαφορετικές θερμοκρασίες, όσο και στην ανάπτυξη των νεαρών φυτών στο θερμοκήπιο, των φυτών *Leptoplax emarginata* και *Alyssum murale*. Ο βιοδιεγέρτης που δοκιμάστηκε ήταν το Blackjackbio, Elanco, Ελλάδα, συμπυκνωμένο εναιώρημα λεοναδρίτη υψηλής συγκέντρωσης.



Εικ. 8.1 Σκεύασμα - βιοδιεγέρτης Blackjack bio, Elanco, Ελλάδα.

8.2.1 Προετοιμασία υλικών και σπερμάτων

I. Αποστείρωση υλικών

Η αποστείρωση των υλικών πραγματοποιούνταν σε κλίβανο υγρής αποστείρωσης στους 12 °C για 30 λεπτά. Στη συνέχεια τα υλικά μεταφέρθηκαν στον πάγκο εργασίας με την χρήση γαντιών για προστασία από την θερμότητα. (Εικ. 8.2)



Εικ. 8.2 Αφαίρεση αποστειρωμένων υλικών από τον κλίβανο υγρής αποστείρωσης.

II. Απομόνωση των σπερμάτων από τα φυτά

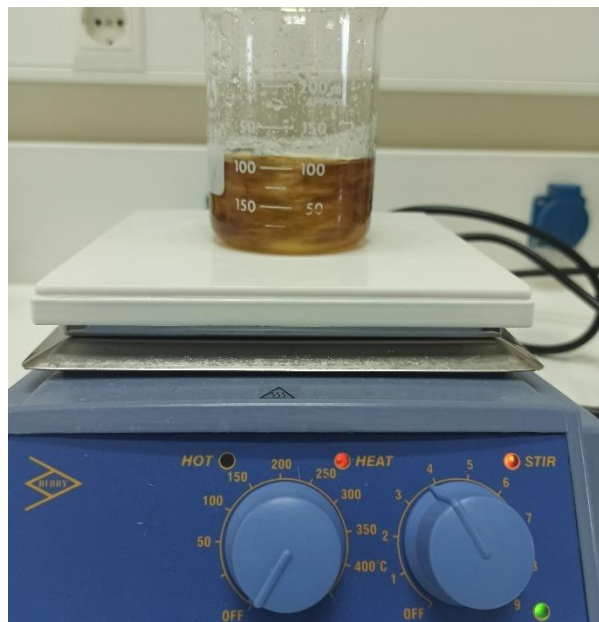
Η απομόνωση των σπερμάτων πραγματοποιούνταν με την χρήση τόσο αποστειρωμένων εργαλείων (τσιμπίδες, κόσκινο) όσο και με το χέρι. (Εικ. 8.3) Η διαδικασία περιλάμβανε την αφαίρεση του εξωτερικού περιβλήματος ώστε να απομονωθούν τα σπέρματα.



Εικ. 8.3 Απομόνωση σπερμάτων του φυτού *Alyssum murale*.

III. Η απολύμανση του φυτικού υλικού

Η απολύμανση των σπερμάτων πραγματοποιούνται σε ποτήρι ζέσεως των 500 ml με την προσθήκη 100 ml υδατικού διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου 80 % και την ηπία ανάδευση τους σε μαγνητικό αναδευτήρα για 15 λεπτά. (Εικ. 8.4)



Εικ. 8.4 Απολύμανση φυτικού υλικού σε μαγνητικό αναδευτήρα.

Στη συνέχεια τα σπέρματα αφού ξεπλένονταν με άφθονο απιονισμένο νερό και τοποθετούνταν ξανά σε ποτήρι ζέσεως σε απιονισμένο νερό όπου αναδεύονταν για 5 λεπτά (η διαδικασία επαναλαμβάνονταν 2 φορές) έτσι ώστε να απομακρυνθεί πλήρως το υποχλωριώδες νάτριο.

8.2.2 Βλαστικότητα

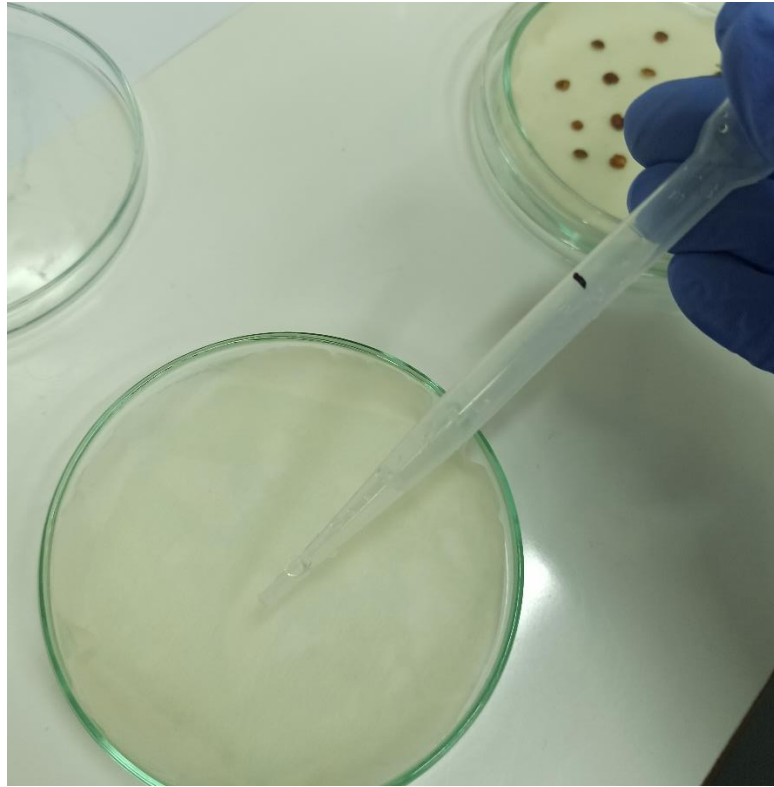
Για τον έλεγχο της βλαστικότητας τα σπέρματα εμβαπτίζονταν σε υδατικά διαλύματα βιοδιεγέρτη 2% ή 4% και αναδεύονταν σε ήπια ανάδευση για 30 ή 60 λεπτά. Ως μάρτυρας χρησιμοποιούνταν σπέρματα που αναδεύονταν σε απιονισμένο νερό για αντίστοιχα χρονικά διαστήματα. Στη συνέχεια τα σπέρματα, αφού απομακρύνονταν ο βιοδιεγέρτης,(Εικ. 8.5) τοποθετούνταν σε αποστειρωμένα τρυβλία (20 σπέρματα ανά τρυβλίο) τα οποία είχαν επιστρωθεί με αποστειρωμένο διηθητικό χαρτί (Εικ. 8.6).Σε κάθε τρυβλίο προστίθονταν 2 mL απιονισμένου νερού (Εικ. 8.7).Τέλος τα τρυβλία σφραγίζονταν με παραφίλμ (Εικ. 8.8) και τοποθετούνταν σε κλιματιζόμενους χώρους του τμήματος Γεωπονίας, τα μισά σε θερμοκρασία 24 °C(LAB) (Εικ. 8.9) και τα άλλα μισά σε θερμοκρασία 12 °C (REF) (Εικ .8.10 και Εικ. 8.11) Κάθε μεταχείριση είχε τρεις επαναλήψεις.(Εικ. 8.12, 8.13, 8.14), (Πίνακες 8.1, 8.2, 8.3). Για τη μέτρηση της βλαστικότητας μετρούνταν ο αριθμός των βλαστημένων σπερμάτων 6,11,17,23 και 28 ημέρες από την τοποθέτησή τους στα τρυβλία. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε από τις 23/11/2020 έως τις 18/12/2020 και επαναλήφθηκε 2 μήνες αργότερα (από 28/01/2021 έως 08/03/2021).



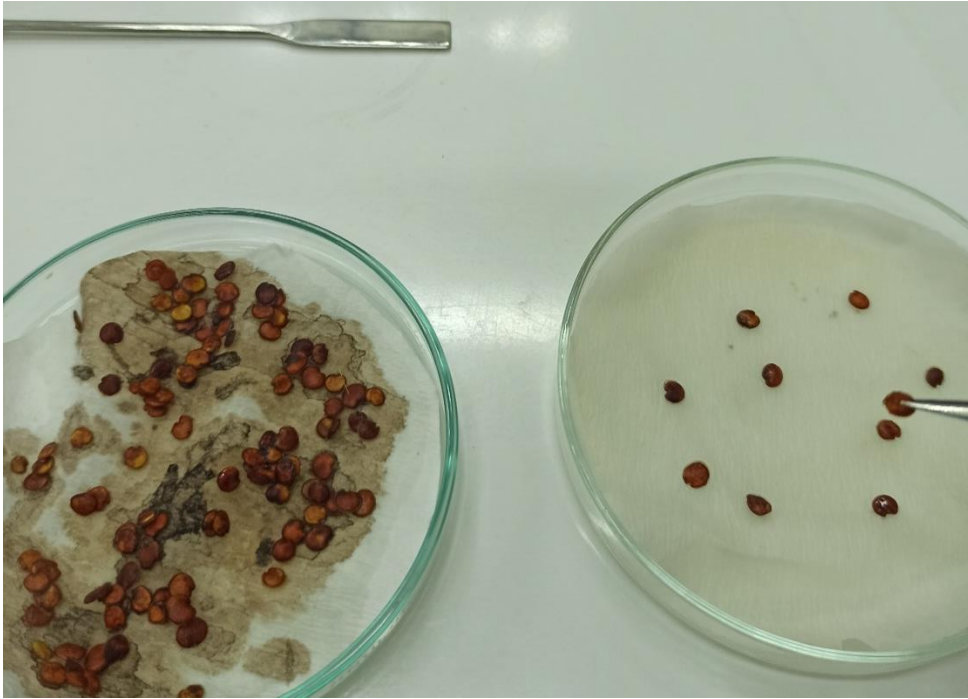
Εικ. 8.5 Αφαίρεση διαλύματος βιοδιεγέρτη συγκέντρωσης 4%.



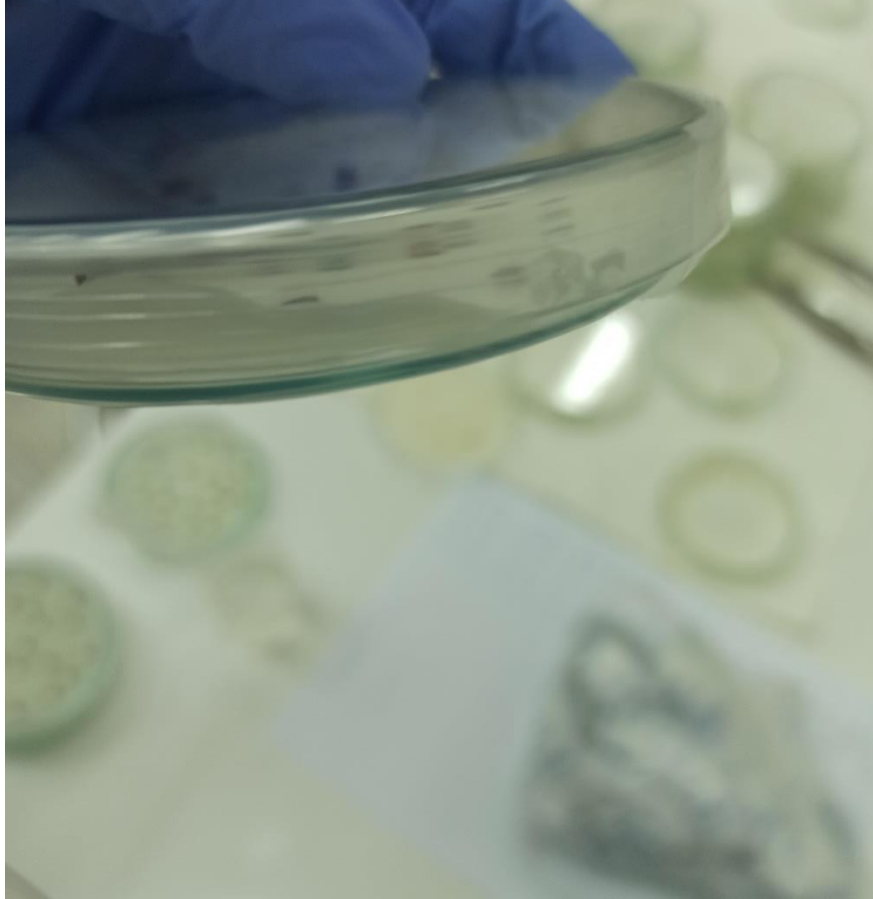
Εικ. 8.6 Αποστειρωμένα τρυβλία επιστρωμένα με αποστειρωμένο διηθητικό χαρτί.



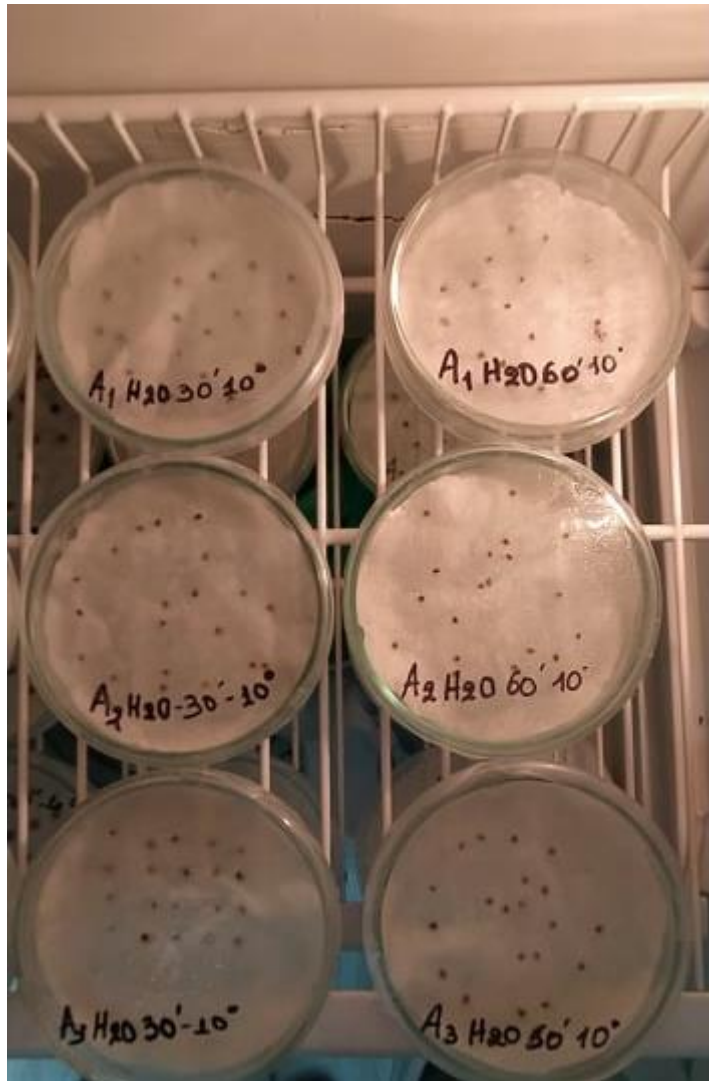
Εικ. 8.7 Προσθήκη 2 ml απιονισμένο νερό στο κάθε τρυβλίο.



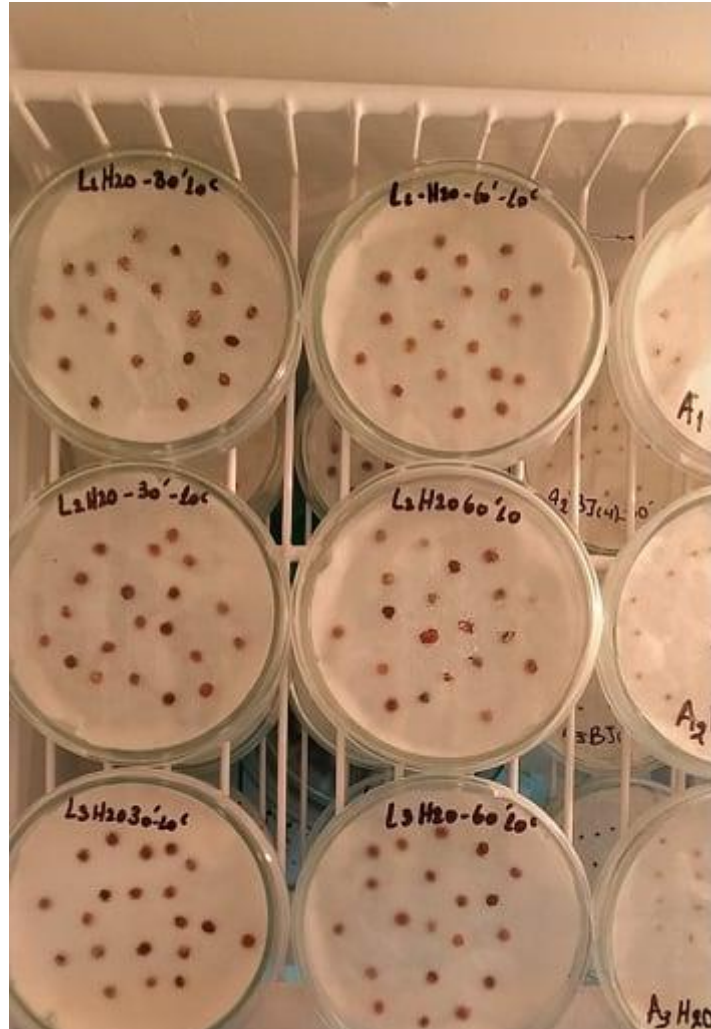
Εικ. 8.8 Απομάκρυνση βιοδιεγέρτη στα σπέρματα *Leptoplax emarginata* και τοποθέτηση τους ανα 20 στα αποστειρωμένα τρυβλία, με την βοήθεια αποστειρωμένων εργαλείων.



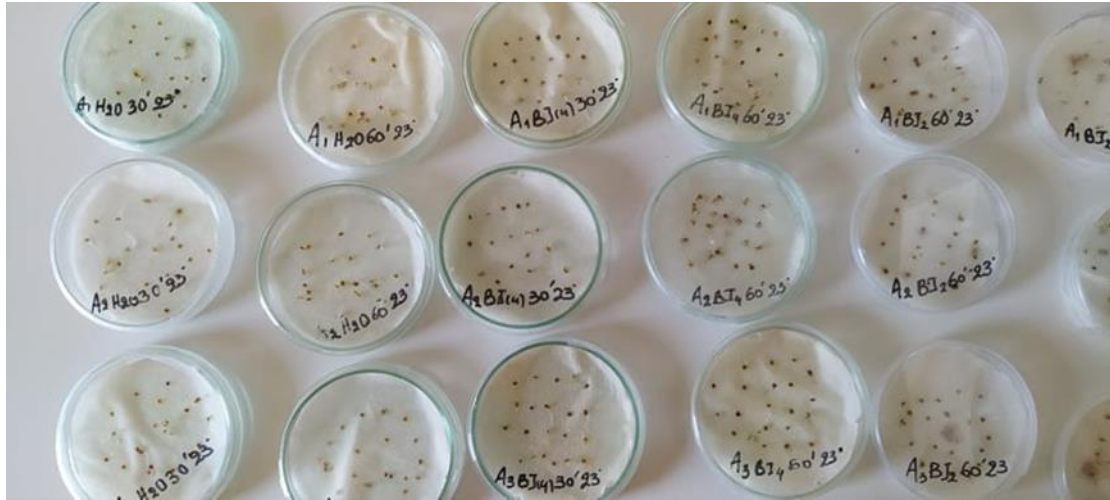
Εικ. 8.9 Σφράγιση αποστειρωμένων τρυβλίων με ταινία parafilm.



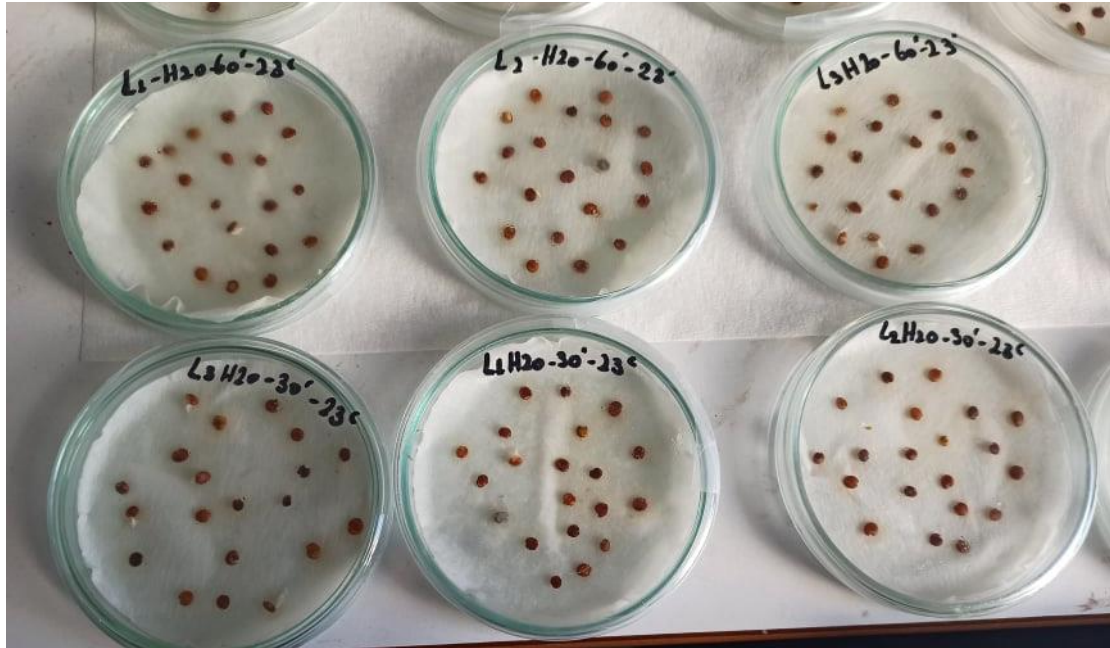
Εικ. 8.10 Τοποθέτηση τρυβλίων του *Alysium myrale* σε κλιματιζόμενο χώρο με θερμοκρασία 12 °C.



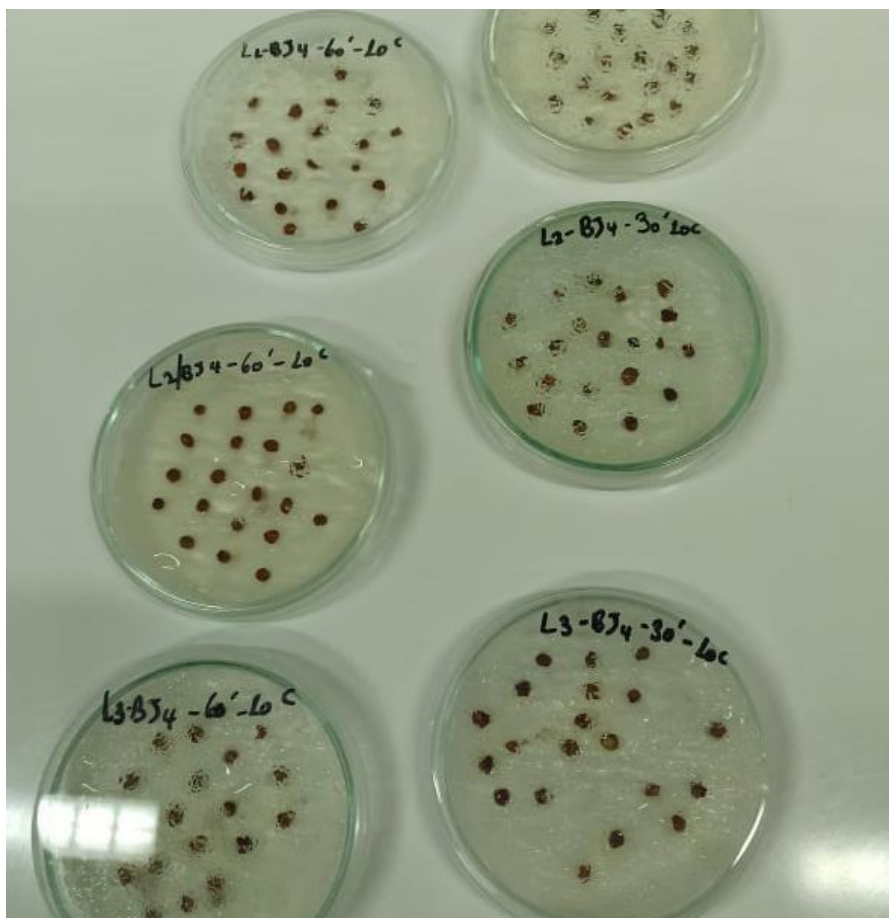
Εικ. 8.11 Τοποθέτηση τρυβλίων του *Leptoplax emarginata* σε κλιματιζόμενο χώρο με θερμοκρασία 12 °C.



Εικ. 8.12 Επαναλήψεις ανα τριάδες για τις εκάστοτε μεταχειρίσεις του φυτού *Alyssum murale*.



Εικ. 8.13 Επαναλήψεις ανα τριάδες για τις εκάστοτε μεταχειρίσεις του φυτού *Leptoplax emarginata*.



Εικ. 8.14 Επαναλήψεις ανα τριάδες για τις εκάστοτε μεταχειρίσεις του φυτού *Leptoplax emarginata*.

Πίνακας 8.1 Επεμβάσεις και η πειραματική διαδικασία που ακολουθήσε. Τα στοιχεία αυτά αφορούν και στα δυο φυτά της ερευνάς.

Επεμβάσεις		Πειραματική διαδικασία
H₂O – 30'	200 ml - απεσταγμένο νερό εμβάπτιση 30 λεπτά	Τοποθέτηση στους 12 °C
		Τοποθέτηση στους 24 °C
H₂O – 60'	200 ml - απεσταγμένο νερό εμβάπτιση 60 λεπτά	Τοποθέτηση στους 12 °C
		Τοποθέτηση στους 24 °C
BJ2 – 30'	2 ml – βιοδιεγέρτη blackjack (Χουμικά οξέα, φουλβικά οξέα, χουμίνη σε υψηλές συγκεντρώσεις) & 98 ml – απεσταγμένο νερό εμβάπτιση 30 λεπτά	Τοποθέτηση στους 12 °C
		Τοποθέτηση στους 24 °C
BJ2- 60'	2 ml – βιοδιεγέρτη blackjack (Χουμικά οξέα, φουλβικά οξέα, χουμίνη σε υψηλές συγκεντρώσεις) & 98 ml – απεσταγμένο νερό εμβάπτιση 60 λεπτά	Τοποθέτηση στους 12 °C
		Τοποθέτηση στους 24 °C
BJ4 – 30'	4 ml – βιοδιεγέρτη blackjack (Χουμικά οξέα, φουλβικά οξέα, χουμίνη σε υψηλές συγκεντρώσεις) & 96 ml – απεσταγμένο νερό εμβάπτιση 30 λεπτά	Τοποθέτηση στους 12 °C
		Τοποθέτηση στους 24 °C
BJ4 – 60'	4 ml – βιοδιεγέρτη blackjack (Χουμικά οξέα, φουλβικά οξέα, χουμίνη σε υψηλές συγκεντρώσεις) & 96 ml – απεσταγμένο νερό εμβάπτιση 60 λεπτά	Τοποθέτηση στους 12 °C
		Τοποθέτηση στους 24 °C

8.2.3 Ανάπτυξη των φυτών

Για την επίδραση των βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη των νεαρών φυτών *Leptoplax emarginata* και *Alyssum murale* η προετοιμασία και η εμφύτευση των σπερμάτων στα διαλύματα των βιοδιεγερτών πραγματοποιήθηκαν με τον ίδιο τρόπο που περιγράφονται παραπάνω (βλ. 8.2.2). Μετά την εμφύτευση τα σπέρματα μεταφέρθηκαν στο υαλόφρακτο θερμοκήπιο του Τμήματος Γεωπονίας (Εικ. 8.15) και σπάρθηκαν σε γλαστράκια διαμέτρου 7 cm σε υπόστρωμα τύρφης-περλίτη 1:1 (Εικ. 8.16). Για κάθε φυτό εγκαταστάθηκαν 6 μεταχειρίσεις (Εικ. 8.17) και σε κάθε μεταχείριση σπάρθηκαν 20 γλαστράκια, με 1 σπέρμα το καθένα. (Εικ. 8.18) (120 ανά φυτό). Κατά τη διάρκεια του πειράματος τα νεαρά φυτά αρδεύονταν σε τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τις ανάγκες τους (Εικ. 8.19), ενώ δεν δέχθηκαν κάποιου είδους λίπανση. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 03/03/2021 και ο έλεγχος της ανάπτυξης των φυτών έγινε για το *Leptopla xemarginata* στις 14/05/2021 και για το *Alyssum murale* στις 19/06/2021. Ο έλεγχος περιλάμβανε μετρήσεις του ύψους των φυτών (Εικ. 8.20), της διαμέτρου του βλαστού (Εικ. 8.21), του αριθμού των φύλλων, καθώς και του νωπού (Εικ. 8.22) και ξηρού βάρους των υπέργειων τμημάτων (Εικ. 8.23).



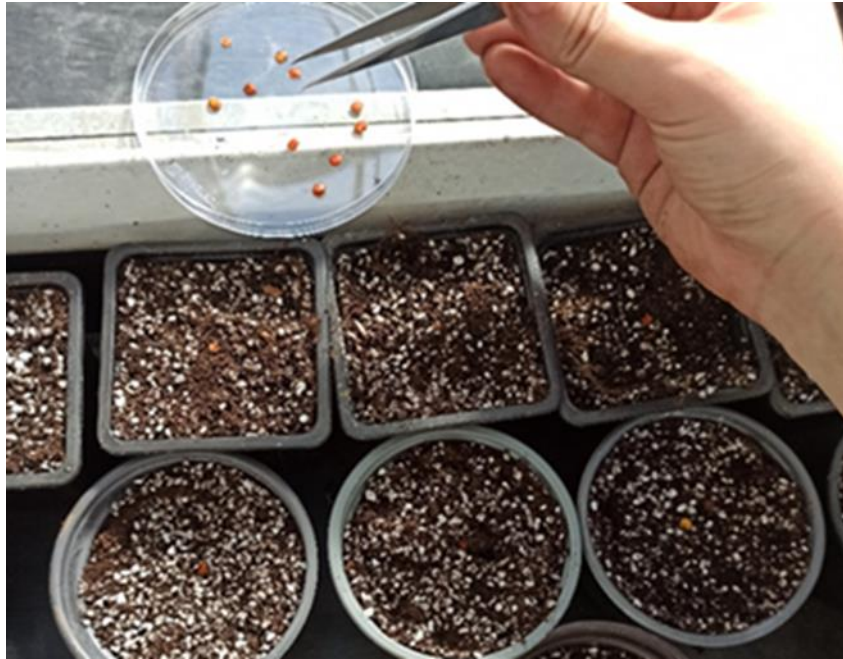
Εικ. 8.15 Υαλόφρακτο θερμοκήπιο του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Ιωάννινων στους Κωστακιούς Άρτας.



Εικ. 8.16 Διανομή υποστρώματος στις γλάστρες καλλιέργειας.



Εικ. 8.17 Οι μεταχειρίσεις στα κανάλια καλλιέργειας του θερμοκηπίου.



Εικ. 8.18 Τοποθέτηση σπερμάτων του φυτού *Leptoplax emarginata* στις γλάστρες καλλιέργειας.



Εικ. 8.19 Άρδευση των φυτών.



Εικ. 8.20 Μέτρηση ύψους του φυτού *Alyssum murale* με παχύμετρο.



Εικ. 8.21 Μέτρηση διαμέτρου του φυτού *Leptoplax emarginata* με παχύμετρο.



Εικ. 8.22 Φυτά *Leptoplax emarginata* σε δοχεία αλουμινίου για τη μέτρηση του νεπού βάρους των υπέργειων τμημάτων του φύτου.



Εικ. 8.23 Αποξηραμένα φυτά *Alyssum murale* για την μέτρηση του ξήρου βάρους των υπέργειων τμημάτων του φύτου.

Κεφαλαίο 9

Αποτελέσματα

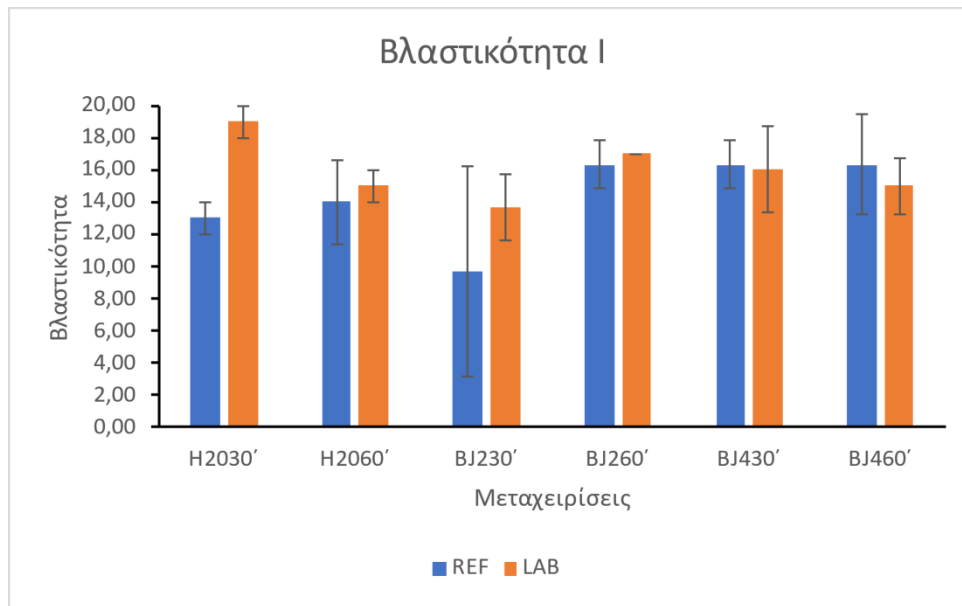
9.1 Πείραμα 1

9.1.1 *Leptoplax emarginata*

Στο παρακάτω πίνακα (9.1) και γράφημα (9.1) παρουσιάζεται ο αριθμός των σπερμάτων που βλάστησαν, (29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία) για τα φυτά *Leptoplax emarginata* σε συνθήκες REF-12 (12 °C) και LAB-24 (24 °C). Ο μεγαλύτερος αριθμός βλαστημένων σπερμάτων σε συνθήκες REF παρατηρήθηκε στην μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60') ($16,33 \pm 3,06$) και στις μεταχειρίσεις εμβάπτισης σε βιοδιεγέρτη 4 %-30 min (BJ4-30') ($16,33 \pm 1,53$) και 2%-60 min (BJ2-60') ($16,33 \pm 1,53$), ενώ τον μικρότερο αριθμό βλαστημένων σπερμάτων το είχε η μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30') ($9,67 \pm 6,51$). Αντίθετα για τις μεταχειρίσεις σε συνθήκες LAB, τα καλύτερα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στην μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό -30 min (H₂O-30') ($19,00 \pm 1,00$), με επακόλουθη την μεταχείριση με εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60') ($17,00 \pm 0,00$), ενώ ο μικρότερος αριθμός βλαστημένων σπερμάτων παρατηρήθηκε στην μεταχείριση με βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30') ($13,67 \pm 2,08$). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η εμβάπτιση των σπερμάτων των φυτών στα διαλύματα χουμικών και φουβλικών οξέων, επέδρασε θετικά στην βλάστηση στη χαμηλή θερμοκρασία (REF-12), με εξαίρεση την μεταχείριση BJ2-30' σε αντίθεση με τις μεταχειρίσεις στην υψηλότερη θερμοκρασία (LAB-24) όπου η βλαστικότητα μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με αυτή στη μεταχείριση H₂O -30'.

Πίνακας 9.1 Οι μεσοί οροί και η τυπική απόκλιση των βλαστημένων σπερμάτων του φυτού *Leptoplax emarginata* 29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.

Μεταχειρίσεις	Βλαστημένα σπέρματα± SD (10 °C)	Βλαστημένα σπέρματα ± SD (24 °C)
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30')	13,00 ± 1,00	19,00 ± 1,00
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60')	14,00 ± 2,65	15,00 ± 1,00
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	9,67 ± 6,51	13,67 ± 2,08
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	16,33 ± 1,53	17,00 ± 0,00
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	16,33 ± 1,53	16,00 ± 2,65
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	16,33 ± 3,06	15,00 ± 1,73



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min
 REF: θερμοκρασία 12 °C, LAB: θερμοκρασία 24 °C.

Γράφημα 9.1 Οι μέσοι όροι του φυτού *Leptoplax emarginata* 29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12°C και 24°C.

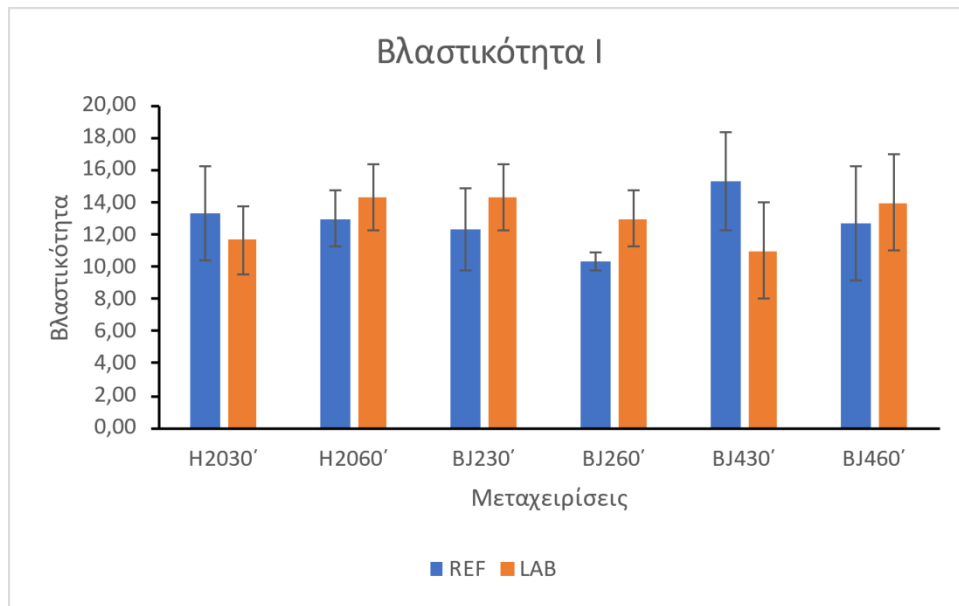
9.1.2 *Alyssum murale*

Στον παρακάτω πίνακα (9.2) και γράφημα (9.2) παρουσιάζεται ο αριθμός των σπερμάτων που βλάστησαν, για τα φυτά *Alyssum murale* (29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία) σε θερμοκρασίες 12 °C (REF-12 °C) και 24 °C (LAB-24 °C). Ο μεγαλύτερος αριθμός βλαστημένων σπερμάτων σε συνθήκες REF παρατηρήθηκε στην μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30') (15,33 ± 3,06), με επακόλουθη την μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O -30) (13,33 ± 2,89), ενώ τον μικρότερο αριθμό βλαστημένων σπερμάτων το είχε η μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60') (10,33 ± 0,58). Αντίθετα για τις μεταχειρίσεις σε συνθήκες LAB, τα καλύτερα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στην μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60') (14,33 ± 2,08) και στην μεταχείριση εμβάπτιση βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30') (14,33 ± 2,08), με επακόλουθη την μεταχείριση με εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60') (14,00 ± 3,00) και 4%-30 min (BJ4-30') (14,00 ± 3,00), ενώ ο μικρότερος αριθμός

βλαστημένων σπερμάτων παρατηρήθηκε στην μεταχείριση με νερό-30 min (H₂O-30') (11,67 ± 2,08). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι τόσο οι διαφορετικές θερμοκρασίες όσο και η εμφάνιση στα διαφορετικά διαλύματα του βιοδιεγέρτη δεν επίδρασαν σημαντικά στη βλαστικότητα των σπερμάτων.

Πίνακας 9.2 Οι μεσοί οροί και η τυπική απόκλιση των βλαστημένων σπερμάτων του φυτού *Alyssum murale* 29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.

Μεταχειρίσεις	Βλαστημένα σπέρματα± SD (REF)	Βλαστημένα σπέρματα ± SD (LAB)
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30')	13,33 ± 2,89	11,67 ± 2,08
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60')	13,00 ± 1,73	14,33 ± 2,08
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	12,33 ± 2,52	14,33 ± 2,08
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	10,33 ± 0,58	13,00 ± 1,73
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	15,33 ± 3,06	11,00 ± 3,00
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	12,67 ± 3,51	14,00 ± 3,00



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min
 REF: θερμοκρασία 12 °C, LAB: θερμοκρασία 24 °C.

Γράφημα 9.2 Οι μέσοι όροι του φυτού *Alyssum murale* 29 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.

9.2 Πείραμα 2

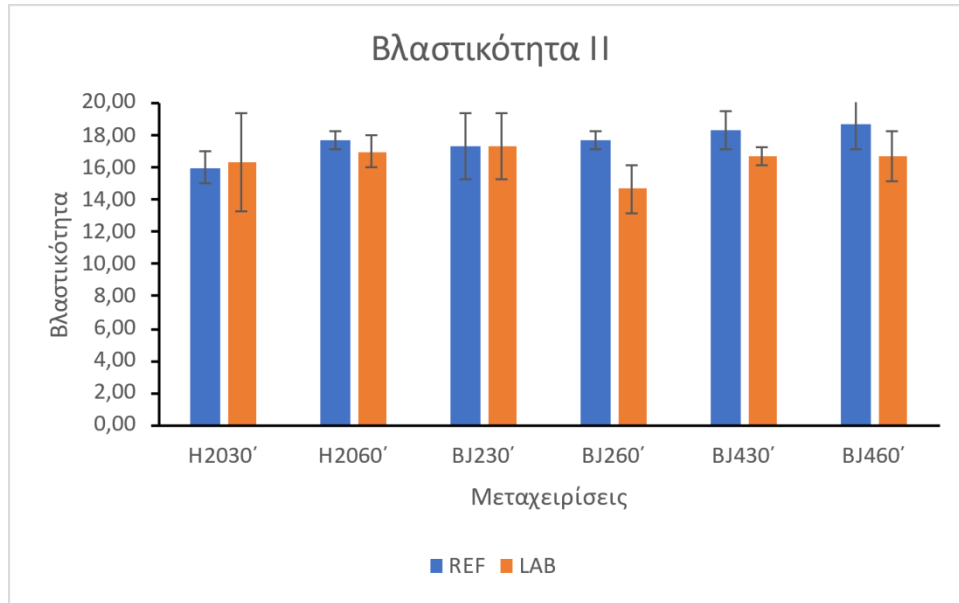
9.2.1 *Leptoplax emarginata*

Όπως φαίνεται από τον πίνακα (9.3) και το γράφημα (9.3) ο αριθμός βλαστημένων σπερμάτων του φυτού *Leptoplax emarginata* (30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία) στους 12 °C παρουσιάζεται στην μεταχείριση εμβάπτιση βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60') ($18,67 \pm 1,53$), ακολουθούμενο από την μεταχείριση εμβάπτιση βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30') ($18,33 \pm 1,15$). Απεναντίας ο μικρότερος αριθμός βλαστημένων σπερμάτων παρατηρήθηκε στη μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό -30 min (-30') ($16,00 \pm 1,00$). Για τις μεταχειρίσεις σε συνθήκες LAB τα καλύτερα αποτελέσματα παρουσίασε η μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30') ($17,33 \pm 2,08$), ακολουθούμενο από την μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό - 60 min ($17,00 \pm 1,00$), ενώ τη μικρότερη βλαστικότητα η μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60') ($14,67 \pm$

1,53). Και εδώ, όπως και στο πρώτο πείραμα η εμφάνιση στο βιοδιεγέρτη φαίνεται να αύξησε ελαφρώς τη βλαστικότητα στη χαμηλή θερμοκρασία, ενώ δεν είχε ουσιαστική επίδραση στους 24 °C.

Πίνακας 9.3 Οι μεσοί οροί και η τυπική απόκλιση των βλαστημένων σπερμάτων του φυτού *Leptoplax emarginata* 30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.

Μεταχειρίσεις	Βλαστημένα σπέρματα± SD (REF)	Βλαστημένα σπέρματα ± SD (LAB)
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30')	16,00 ± 1,00	16,33 ± 3,06
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60')	17,67 ± 0,58	17,00 ± 1,00
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	17,33 ± 2,08	17,33 ± 2,08
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	17,67 ± 0,58	14,67 ± 1,53
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	18,33 ± 1,15	16,67 ± 0,58
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	18,67 ± 1,53	16,67 ± 1,53



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min
 REF: θερμοκρασία 12 °C, LAB: θερμοκρασία 24 °C.

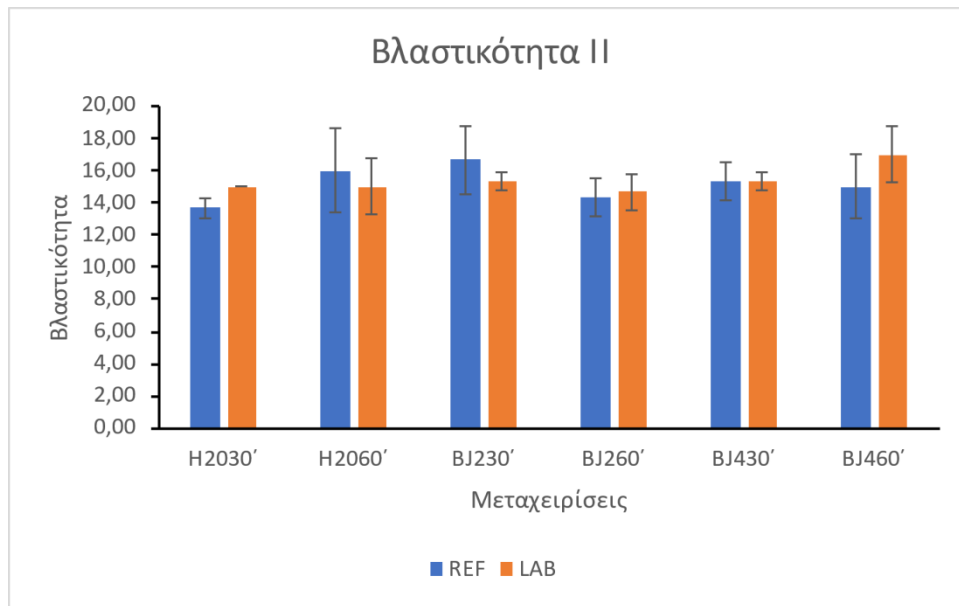
Γράφημα 9.3 Οι μέσοι όροι του φυτού *Leptoplax emarginata* 30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.

9.2.2 *Alyssum murale*

Όπως φαίνεται από τον πίνακα (9.4) και το γράφημα (9.4) αριθμός βλαστημένων σπερμάτων του *Alyssum murale* (30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία) στους 12 °C παρουσιάζεται στην μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30') ($16,67 \pm 2,08$), ακολουθούμενο από την μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό - 60 min (H₂O-60') ($16 \pm 2,65$), ενώ ο μικρότερος αριθμός βλαστημένων σπερμάτων παρατηρήθηκε στη μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό -30 min (H₂O-30') ($13,67 \pm 0,58$). Για τις μεταχειρίσεις στους 24 °C τα καλύτερα αποτελέσματα παρουσίασε η μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60') ($17,00 \pm 1,73$), ακολουθούμενο από τις μεταχειρίσεις εμβάπτισης σε βιοδιεγέρτη 2%-30 (BJ2-30') ($15,33 \pm 0,58$) και 4%-30 min (BJ4-30') ($15,33 \pm 0,58$), και με τον μικρότερο αριθμό βλαστημένων σπερμάτων να παρουσιάζεται στην μεταχείριση εμβάπτιση βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60') ($14,67 \pm 1,15$). Παρόμοια με το πρώτο πείραμα η εμβάπτιση στα διαφορετικά διαλύματα του βιοδιεγέρτη δεν φαίνεται να επίδρασε σημαντικά στη βλαστικότητα των σπερμάτων.

Πίνακας 9.4 Οι μεσοί οροί και η τυπική απόκλιση των βλαστημένων σπερμάτων του φυτού *Alyssum murale* 30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.

Μεταχειρίσεις	Βλαστημένα σπέρματα ± SD (g) - REF	Βλαστημένα σπέρματα ± SD (g) - LAB
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30')	13,67 ± 0,58	15 ± 0,00
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60')	16 ± 2,65	15 ± 1,73
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	16,67 ± 2,08	15,33 ± 0,58
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	14,33 ± 1,15	14,67 ± 1,15
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	15,33 ± 1,15	15,33 ± 0,58
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	15,00 ± 2,00	17,00 ± 1,73



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min
 REF: θερμοκρασία 12 °C, LAB: θερμοκρασία 24 °C.

Γράφημα 9.4 Οι μέσοι όροι του φυτού *Alyssum murale* 30 ημέρες από την εγκατάστασή τους στα τρυβλία στους 12 °C και 24 °C.

9.3 Βλαστική ανάπτυξη φυτών

9.3.1 Νωπό – Ξηρό βάρος

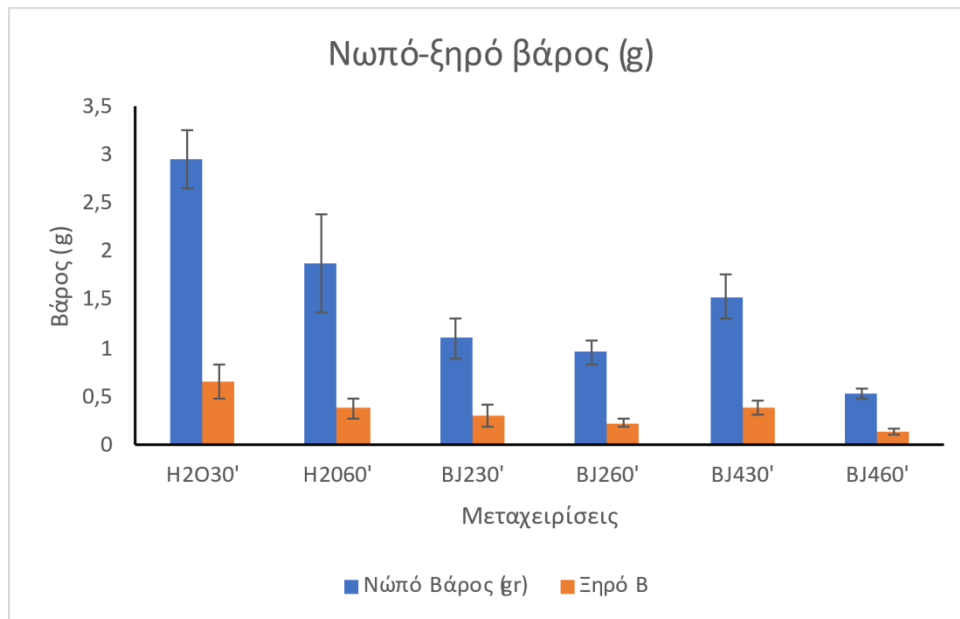
Leptoplax emarginata

Στον πίνακα (9.5) και στο διάγραμμα (9.5) παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των αποτελεσμάτων των μετρήσεων του νωπού και του ξηρού βάρους των φυτών *Leptoplax emarginata* 73 ημέρες από τη μεταφύτευση. Το μεγαλύτερο νωπό βάρος, με σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στη μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30') ($2,29 \pm 0,29$) ακολουθούμενο από το νωπό βάρος της μεταχείρισης εμβάπτιση σε νερό - 60 min (H₂O -60') ($1,88 \pm 0,50$), ενώ το μικρότερο νωπό βάρος παρατηρήθηκε στην μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4% - 60 min (BJ4-60') ($0,53 \pm 0,05$). Παρόμοια για το ξηρό βάρος η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στη μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό - 30 min (H₂O-30') ($0,66 \pm 0,17$), ακολουθούμενη από αυτή της μεταχείρισης νερό - 60 min (H₂O-60') ($0,38 \pm 0,10$), και με τη

μικρότερη τιμή να παρουσιάζεται επίσης στη μεταχείριση εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60') ($0,14 \pm 0,02$). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η εμφάνιση των σπερμάτων στο βιοδιεγέρτη επήρρασε αρνητικά τόσο στο νερό όσο και στο ξηρό βάρος των φυτών του *Leptoplax emarginata*. Μάλιστα η μείωση του νερού , αλλά και του ξηρού βάρους των φυτών φαίνεται να αυξάνεται με την αύξηση του χρόνου εμφάνισης στο βιοδιεγέρτη.

Πίνακας 9.5 Οι μέσοι όροι του νερού και του ξηρού βάρους των φυτών *Leptoplax emarginata* 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε $g \pm$ την τυπική απόκλιση.

Μεταχειρίσεις	Νερό Βάρος \pm SD (g)	Ξηρό Βάρος \pm SD (g)
Εμφάνιση σε νερό-30 min (H ₂ O-30')	$2,29 \pm 0,29$	$0,66 \pm 0,17$
Εμφάνιση σε νερό-60 min (H ₂ O-60')	$1,88 \pm 0,50$	$0,38 \pm 0,10$
Εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	$1,10 \pm 0,20$	$0,30 \pm 0,11$
Εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	$0,96 \pm 0,12$	$0,23 \pm 0,04$
Εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	$1,54 \pm 0,22$	$0,38 \pm 0,07$
Εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	$0,53 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,02$



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min.

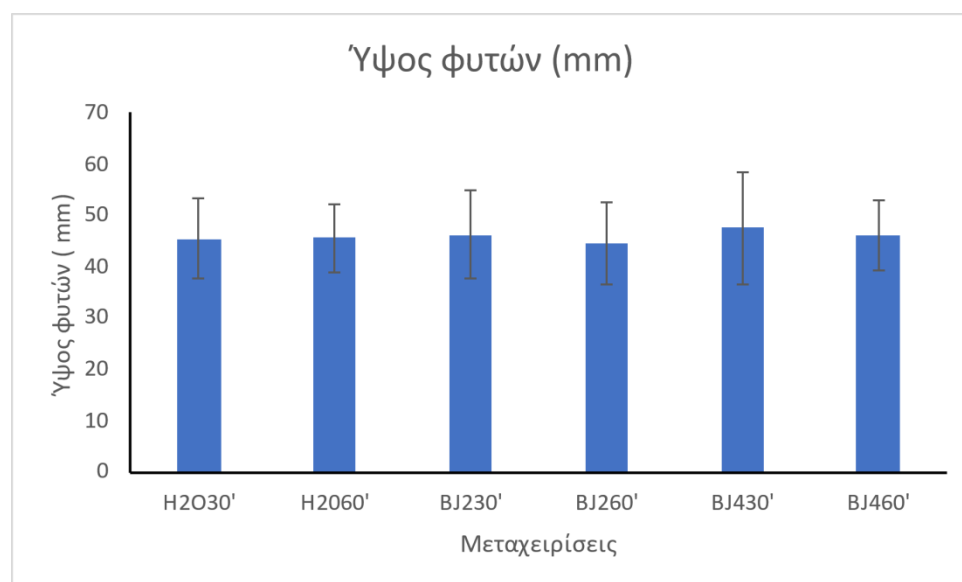
Γράφημα 9.5 Οι μέσοι όροι του νωπού και του ξηρού βάρους των φυτών *Leptoplax emarginata* 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε g ± την τυπική απόκλιση.

9.3.2 Μήκος βλαστού

Όπως φαίνεται στον πίνακα (9.6) και το γράφημα (9.6) το μήκος του βλαστού των φυτών *Leptoplax emarginata* βρίσκεται στα ίδια περίπου επίπεδα (μη σημαντικές διαφορές) σε όλες τις μεταχειρίσεις. Το μεγαλύτερο μήκος είχαν οι βλαστοί των φυτών των οποίων τα σπέρματα εμβάπτιστηκαν στο διάλυμα χουμικών οξέων 4% για 30 min (BJ4-30') ($47,61 \pm 10,84$), ενώ το μικρότερο των φυτών των οποίων τα σπέρματα εμβάπτιστηκαν στο διάλυμα χουμικών οξέων 2% για 60 min (BJ2-60') ($44,75 \pm 8,01$). Από τα αποτελέσματα είναι φανερό ότι η εμβάπτιση των σπερμάτων των φυτών στα διαλύματα των χουμικών οξέων δεν είχε κάποια επίδραση στο μήκος του βλαστού των φυτών.

Πίνακας 9.6 Οι μέσοι όροι του μήκους του βλαστού των φυτών *Leptoplax emarginata* 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm \pm την τυπική απόκλιση.

Μεταχειρίσεις	Μήκος βλαστού \pm SD (mm)
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30')	45,46 \pm 7,75
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60')	45,63 \pm 6,73
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	46,35 \pm 8,70
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	44,75 \pm 8,01
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	47,61 \pm 10,84
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	46,23 \pm 6,93



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min.

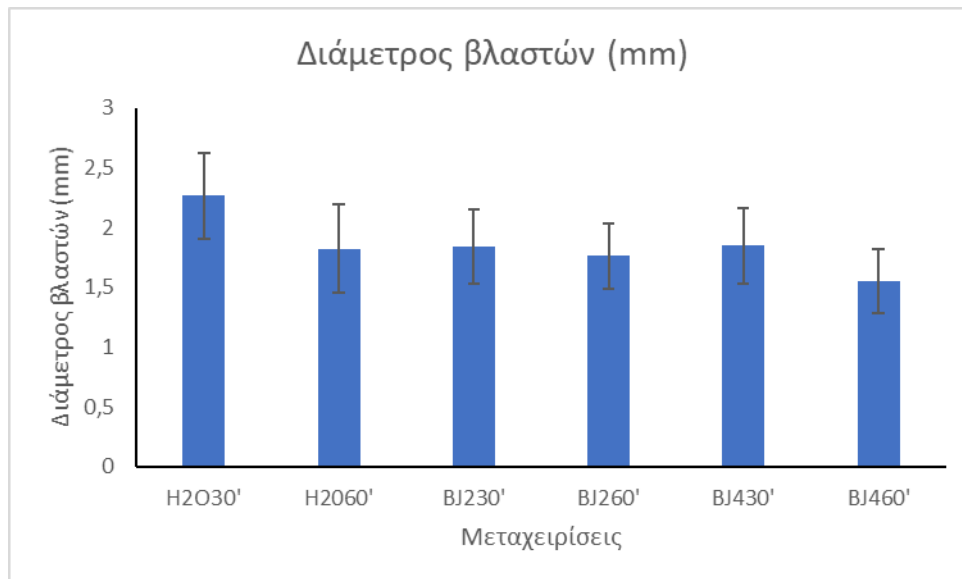
Γράφημα 9.6 Οι μέσοι όροι του μήκους του βλαστού των φυτών *Leptoplax emarginata* 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm \pm την τυπική απόκλιση.

9.3.3 Διάμετρος βλαστού

Σύμφωνα με το πίνακα (9.7) και το γράφημα (9.7) η διάμετρος του βλαστού των φυτών *Leptoplax emarginata* ήταν μεγαλύτερη στις μεταχειρίσεις εμφάνιση σε νερό για 30 min, (H₂O-30') (2,26 ± 0,35) ακολουθούμενη από τις μεταχειρίσεις εμφάνισης των σπερμάτων σε βιοδιεγέρτη 4% για 30 min (BJ4-30') (1,84 ± 0,31) και βιοδιεγέρτη 2% για 30 min (BJ2-30') (1,84 ± 0,31). Αντίθετα οι μεταχειρίσεις με χρόνο 60 min φάνηκαν λιγότερο αποδοτικές, με την μικρότερη διάμετρο βλαστού στην μεταχείριση εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 4% για 60 min (BJ4-60') (1,55 ± 0,27). Η αύξηση του χρόνου εμφάνισης σε νερό καθώς και η εμφάνιση στα διαλύματα του βιοδιεγέρτη μείωσαν ελαφρώς τη διάμετρο των βλαστών, παρόλα αυτά οι τιμές από όλες τις μεταχειρίσεις είναι στα ίδια περίπου επίπεδα, με μη σημαντικές διαφορές εκτός της BJ4-60' που ήταν σημαντικά μικρότερη από την H₂O-30'.

Πίνακας 9.7 Οι μέσοι όροι της διαμέτρου του βλαστού των φυτών *Leptoplax emarginata* 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.

Μεταχειρίσεις	Διάμετρος βλαστού ± SD (mm)
Εμφάνιση σε νερό-30 min (H ₂ O-30')	2,26 ± 0,35
Εμφάνιση σε νερό-60 min (H ₂ O-60')	1,82 ± 0,37
Εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	1,84 ± 0,31
Εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	1,76 ± 0,27
Εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	1,84 ± 0,31
Εμφάνιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	1,55 ± 0,27



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min.

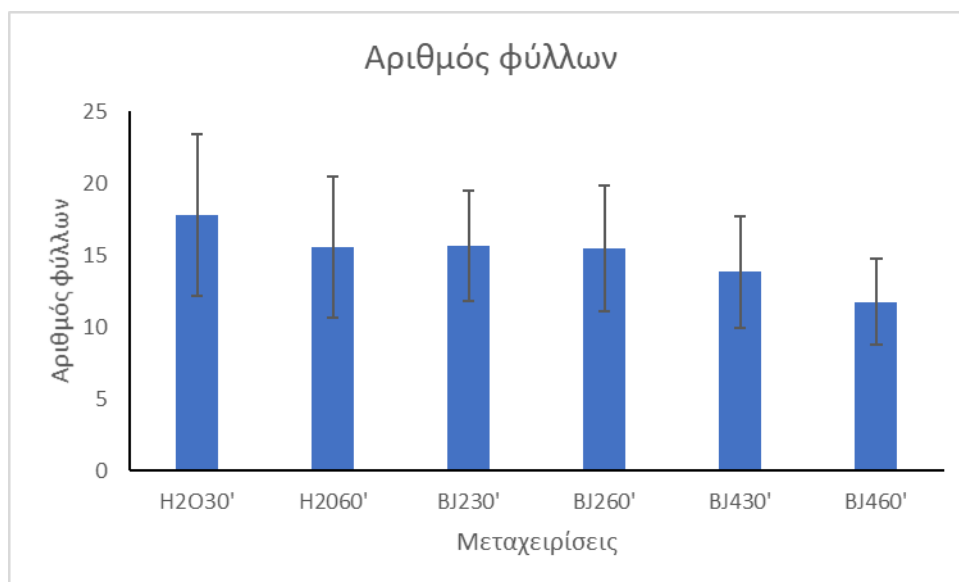
Γράφημα 9.7 Οι μέσοι όροι της διαμέτρου του βλαστού των φυτών *Leptoplax emarginata* 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.

9.3.4 Αριθμός φύλλων

Όπως προκύπτει από το πίνακα (9.8) και το γράφημα (9.8), ο μεγαλύτερος αριθμός φύλλων παρατηρήθηκε στη μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό – 30 min (H₂O - 30') ($17,8 \pm 5,63$), ακολουθούμενη από την μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%- 30 min (BJ2-30') ($15,64 \pm 3,83$) ενώ τον μικρότερο αριθμό φύλλων είχαν τα φυτά της μεταχείρισης με εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60') ($11,76 \pm 3,01$). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η εμβάπτιση των σπερμάτων σε χουμικά και φουβλικά οξέα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των φύλλων στα νεαρά φυτά του *Leptoplax emarginata*, ιδιαίτερα στο διάλυμα 4% και σε χρόνο εμβάπτισης 60 min.

Πίνακας 9.8 Οι μέσοι όροι των φύλλων των φυτών *Leptoplax emarginata* 72 ημέρες από τη μεταφύτευση σε \pm την τυπική απόκλιση.

Μεταχειρίσεις	Αριθμός φύλλων \pm SD
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30')	17,8 \pm 5,63
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60')	15,52 \pm 4,90
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	15,64 \pm 3,83
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	15,45 \pm 4,35
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	13,83 \pm 3,89
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	11,76 \pm 3,01



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min.

Γράφημα 9.8 Οι μέσοι όροι των αριθμών των φύλλων των φυτών *Leptoplax emarginata* 72 ημέρες από τη μεταφύτευση \pm την τυπική απόκλιση.

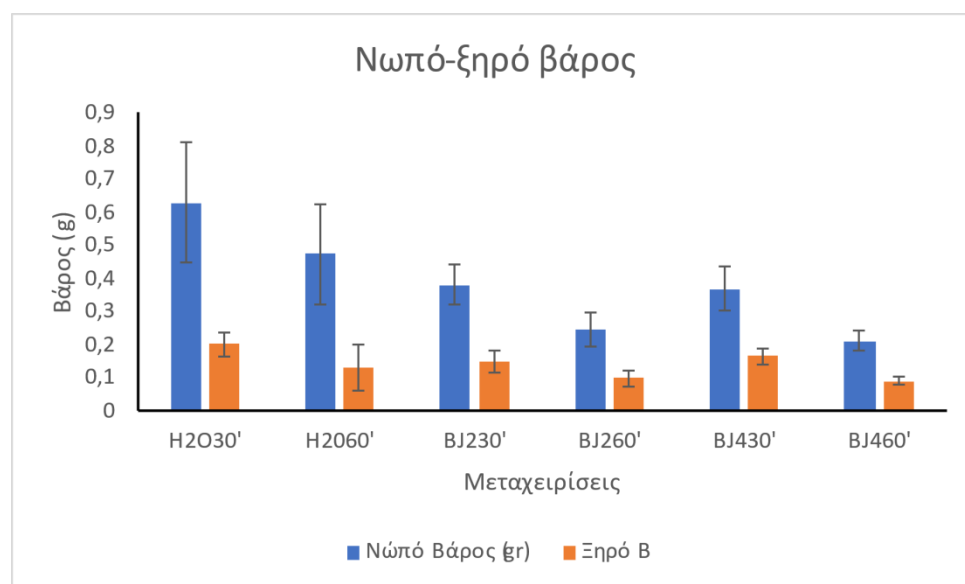
9.3.5 Νωπό – Ξηρό βάρος

Alyssum murale

Στον πίνακα (9.9) και γράφημα (9.9) παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των αποτελεσμάτων των μετρήσεων του νωπού και του ξηρού βάρους των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση. Το μεγαλύτερο νωπό βάρος ($0,63 \pm 0,18$), με σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στη μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό-30 min (H_2O-30'), ακολουθούμενο από το νωπό βάρος της μεταχείρισης εμβάπτιση σε νερό-60 min (H_2O-60') ($0,47 \pm 0,15$), ενώ το μικρότερο νωπό βάρος παρατηρήθηκε στην μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4% - 60 min ($BJ4-60'$) ($0,21 \pm 0,03$). Για το ξηρό βάρος η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στη μεταχείριση νερο για 30 min (H_2O-30') ($0,20 \pm 0,03$), ακολουθούμενη από αυτή της μεταχείρισης βιοδιεγερτη 4% για 30 min ($BJ4-30'$) ($0,16 \pm 0,02$), και με τη μικρότερη τιμή να παρουσιάζεται επίσης στη μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγερτη 4% για 60 min ($BJ4-60'$) ($0,09 \pm 0,01$). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι, όπως και στην περίπτωση του *Leptoplax emarginata* η εμβάπτιση των σπερμάτων στο βιοδιεγέρτη επίδρασε αρνητικά τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος των φυτών του *Alyssum murale*. Και εδώ η μείωση του νωπού, αλλά και του ξηρού βάρους των φυτών φαίνεται να αυξάνεται με την αύξηση του χρόνου εμβάπτισης στο βιοδιεγέρτη.

Πίνακας 9.9 Οι μέσοι όροι του νωπού και του ξηρού βάρους των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε g ± την τυπική απόκλιση.

Μεταχειρίσεις	Νωπό Βάρος ± SD (g)	Ξηρό Βάρος ± SD (g)
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30')	0,63 ± 0,18	0,20 ± 0,03
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60')	0,47 ± 0,15	0,13 ± 0,07
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	0,38 ± 0,06	0,15 ± 0,03
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	0,24 ± 0,05	0,1 ± 0,02
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	0,37 ± 0,06	0,16 ± 0,02
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	0,21 ± 0,03	0,09 ± 0,01



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min.

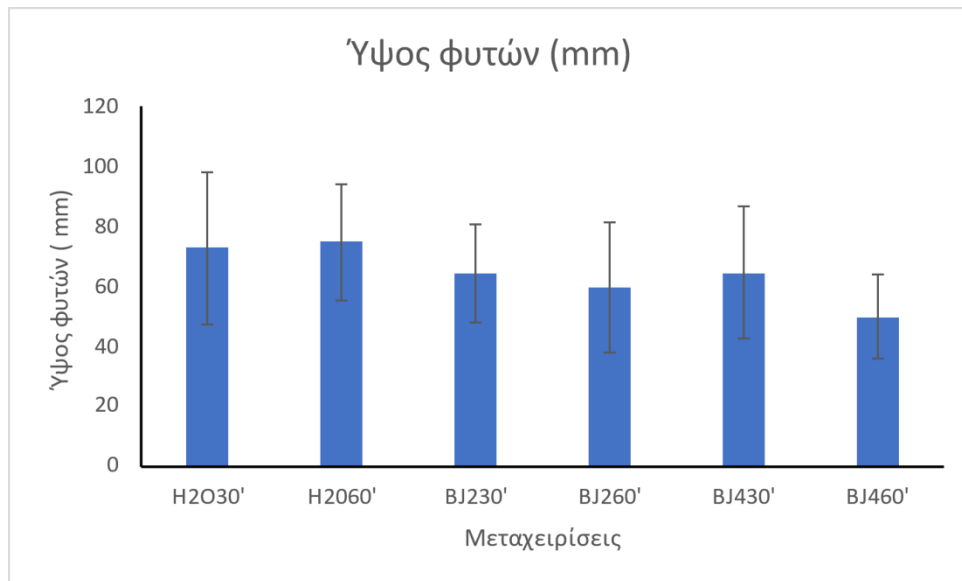
Γράφημα 9.9. Οι μέσοι όροι του νωπού και του ξηρού βάρους των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε g ± την τυπική απόκλιση.

9.3.6 Μήκος βλαστού

Όπως φαίνεται στο πίνακα (9.10) και το γράφημα (9.10) το μήκος του βλαστού των φυτών *Alyssum murale* βρίσκεται στα ίδια περίπου επίπεδα σε όλες τις μεταχειρίσεις. Το μεγαλύτερο μήκος είχαν οι βλαστοί των φυτών των οποίων τα σπέρματα εμβάπτιστηκαν σε νερό για 60 min (H_2O-60') ($74,89 \pm 19,39$), ακολουθούμενο από την μεταχείριση εμβάπτιση νερό για 30 min (H_2O-30') ($72,82 \pm 25,51$), ενώ το μικρότερο ήταν αυτό των φυτών των οποίων τα σπέρματα εμβάπτιστηκαν στο διάλυμα χουμικών οξέων 4 % για 60 min ($BJ4-60'$) ($50,00 \pm 14,00$). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η εμβάπτιση των σπερμάτων στα διαλύματα χουμικών και φουβλικών οξέων οδήγησε σε μείωση του μήκους του βλαστού των φυτών.

Πίνακας 9.10 Οι μέσοι όροι του μήκους του βλαστού των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm \pm την τυπική απόκλιση.

Μεταχειρίσεις	Μήκος βλαστού \pm SD (mm)
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H_2O-30')	$72,82 \pm 25,51$
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H_2O-60')	$74,89 \pm 19,39$
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min ($BJ2-30'$)	$64,30 \pm 16,38$
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min ($BJ2-60'$)	$59,75 \pm 21,59$
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min ($BJ4-30'$)	$64,60 \pm 22,00$
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min ($BJ4-60'$)	$50,00 \pm 14,00$



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min.

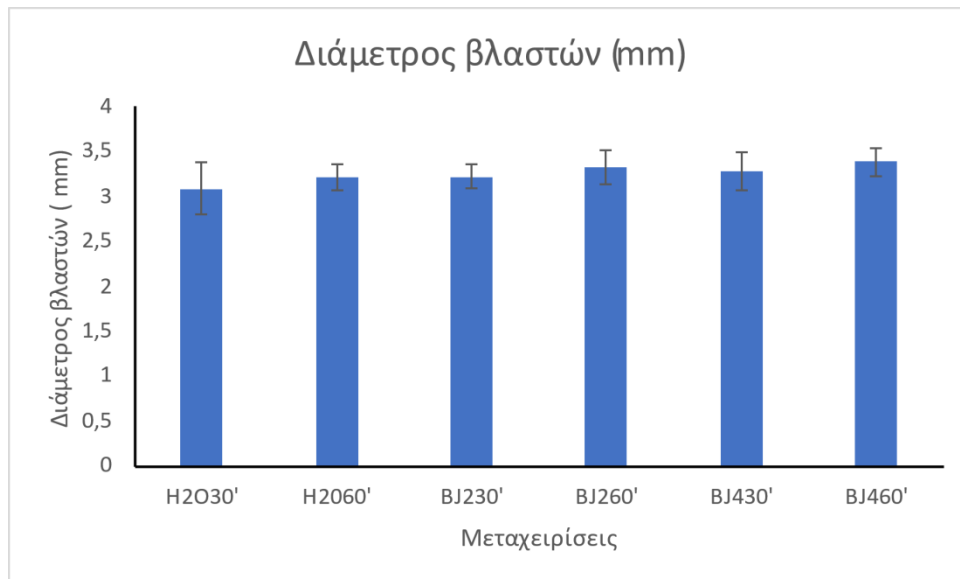
Γράφημα 9.10. Οι μέσοι όροι του μήκους των βλαστών των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.

9.3.7 Διάμετρος βλαστού

Όπως παρουσιάζεται στο πίνακα (9.11) και το γράφημα (9.11) τα αποτελέσματα των μετρήσεων της διαμέτρου του βλαστού έδειξαν ότι την μεγαλύτερη διάμετρο την είχε η μεταχείριση εμβάπτισης σε βιοδιεγέρτη 4 % για 60 min (BJ4-60') ($3,39 \pm 0,15$) με επακόλουθη την εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4 % για 30 min (BJ4-30') ($3,28 \pm 0,20$), αντίθετα μικρότερη διάμετρο παρουσίασε η μεταχείριση εμβάπτιση σε νερό για 30 min (H₂O-30') ($3,09 \pm 0,29$). Από τα αποτελέσματα του γραφήματος φαίνεται πως τα φυτά στα οποία χρησιμοποιήθηκαν χουμικά οξέα και φουβλικά οξέα παρουσίασαν μεγαλύτερη ανάπτυξη πάχους βλαστού από αυτά που εμβαπτίστηκαν σε νερό με τις διαφορές όμως να είναι πολύ μικρές.

Πίνακας 9.11 Οι μέσοι όροι της διαμέτρου του βλαστού των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm \pm την τυπική απόκλιση.

Μεταχειρίσεις	Διάμετρος βλαστού \pm SD (mm)
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H₂O-30')	3,09 \pm 0,29
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H₂O-60')	3,21 \pm 0,14
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	3,22 \pm 0,14
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	3,32 \pm 0,18
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	3,28 \pm 0,20
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	3,39 \pm 0,15



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min.

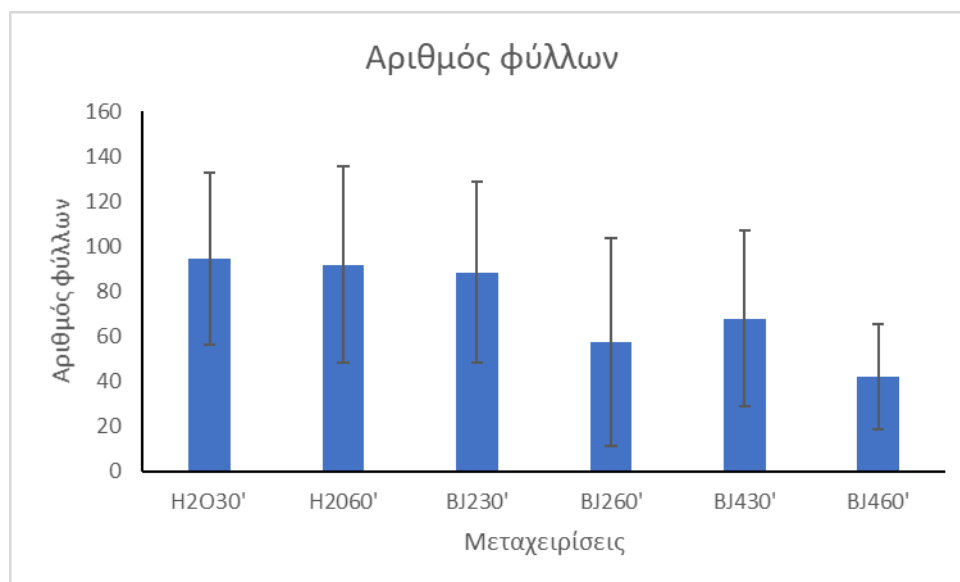
Γράφημα 9.11. Οι μέσοι όροι της διαμέτρου του βλαστού των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση σε mm ± την τυπική απόκλιση.

9.3.8 Αριθμός φύλλων

Όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα (9.12) και γράφημα (9.12), ο περισσότερος αριθμός φύλλων του φυτού *Alyssum murale*, παρατηρήθηκε στην μεταχείριση εμβάπτισης σε νερό για 30 min (H₂O-30') ($94,37 \pm 38,36$), ακολουθούμενη από την μεταχείριση εμβάπτισης σε νερό για 60 min (H₂O-60') ($91,73 \pm 43,71$). Ενώ αντίθετα τον μικρότερο αριθμό φύλλων φαίνεται να έχει η μεταχείριση εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4% για 60 min (BJ4-60') ($41,92 \pm 23,36$). Από τα αποτελέσματα είναι φανερό ότι η εμβάπτιση των σπερμάτων των φυτών *Alyssum murale* στα διαλύματα του βιοδιεγέρτη μείωσε τον αριθμό των φύλλων, με τη μείωση να είναι μεγαλύτερη στα φυτά των μεταχειρίσεων με εμβάπτιση 60 min. Οι διαφορές στους μέσους όρους του αριθμού των φύλλων μεταξύ των φυτών των οποίων τα σπέρματα εμβαπτίστηκαν σε νερό και αυτών που εμβαπτίστηκαν στο διάλυμα του βιοδιεγέρτη ήταν μεγάλες, λόγω όμως της μεγάλης διακύμανσης των τιμών δεν ήταν σημαντικές.

Πίνακας 9.12 Οι μέσοι όροι του αριθμού των φύλλων των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση \pm την τυπική απόκλιση.

Μεταχειρίσεις	Αριθμός φύλλων \pm SD
Εμβάπτιση σε νερό-30 min (H ₂ O-30')	94,37 \pm 38,36
Εμβάπτιση σε νερό-60 min (H ₂ O-60')	91,73 \pm 43,71
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min (BJ2-30')	88,47 \pm 40,30
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min (BJ2-60')	57,31 \pm 46,08
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min (BJ4-30')	67,93 \pm 39,18
Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min (BJ4-60')	41,92 \pm 23,36



H₂O30': Εμβάπτιση σε νερό-30 min - H₂O60': Εμβάπτιση σε νερό-60 min - BJ230': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-30 min - BJ260': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 2%-60 min - BJ430': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-30 min - BJ460': Εμβάπτιση σε βιοδιεγέρτη 4%-60 min.

Γράφημα 9.12 Οι μέσοι όροι του αριθμού των φύλλων των φυτών *Alyssum murale* 71 ημέρες από τη μεταφύτευση \pm την τυπική απόκλιση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Algit Super εκχύλισμα φυκιών | Gemma. (2014). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από <http://www.gemma.gr/gr/proionta/leptomereies/12454/>
- Battacharya, D., Zamani Babgohari, M., Rathor, P. & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, Vol 196, 39-48. Retrieved August 1, 2017, from http://ac.els-cdn.com/S030442381530176X/1-s2.0-S030442381530176X-main.pdf?_tid=bf011ef6-76e3-11e7-995f-00000aacb35f&acdnat=1501610800_260097597f1f9a5135c20529883a88e1
- Calvo, P., Nelson, L. & Kloepper, J. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, pp. 3-41. doi: 10.1007/s11104-014-2131-8
- Canellas, L., Olivares, F., Aguiar, N., Jones, D., Nebbioso, A., Mazzei, P. & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, Vol 196, 15-27. Retrieved August 1, 2017, from http://ac.els-cdn.com/S0304423815301771/1-s2.0-S0304423815301771-main.pdf?_tid=58f9b4b2-76dc-11e7-a5bc-00000aab0f6c&acdnat=1501607622_c75cdc15e6c2b234e8af981515388b4d
- 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. doi: 10.3389/fpls.2014.00448
- 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. Retrieved August 1, 2017, from http://ac.els-cdn.com/S0304423815301564/1-s2.0-S0304423815301564-main.pdf?_tid=4618a62c-76dd-11e7-8109-00000aacb35f&acdnat=1501608020_297f9b6e0772eab7d462d1134ce1905e
- Correia, S., Oliveira, I., Queiros, F., Ribeiro, C., Ferreira, L., Luzio, A., Silva, A. & Goncalves, B. (2015). Preharvest application of seaweed based biostimulant reduced cherry (*Prunus avium* L.) cracking. *Procedia Environmental Sciences*, Vol 29, 251-252. Retrieved October 24, 2017, from [https://ac.els-](https://ac.els-cdn.com/S0304423815301564/1-s2.0-S0304423815301564-main.pdf?_tid=4618a62c-76dd-11e7-8109-00000aacb35f&acdnat=1501608020_297f9b6e0772eab7d462d1134ce1905e)

cdn.com/S1878029615003990/1-s2.0-S1878029615003990-main.pdf?_tid= a8b79854-b8e3-11e7-a074-00000aacb35e&acdnat=1508867538_1576 f354cfa6 62d5087b460f06349a14

The European Biostimulants Industry Council (EBIC, 2013)

Du Jarbin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, Vol 196, 3-14. Retrieved June 10, 2017, from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>

Hawkesford, M. & Barraclough, P. (2014). Επίδραση της θρέψης με άζωτο και θείο σε άλλα συστατικά του σπόρου των σιτηρών. Στο Δ. Μπαρούνης (Επιμ.), *Θρέψη των καλλιεργούμενων φυτών: Η μοριακή και φυσιολογική βάση της αποδοτικότητας της χρήσης των θρεπτικών στοιχείων από τα καλλιεργούμενα φυτά* (σσ. 108-109).

Αθήνα: Utopia.

Hernandez-Herrera, R.M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-Lopez, M.A., Norrie, J. & Hernandez-Carmona, G. (2013). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *J Appl Phycol*, pp. 1-10. doi: 10.1007/s10811-013-0078-4

Khan, W., Rayirath, U., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., Hodges, M., Chitchley, A., Craigie, J., Norrie, J. & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, pp. 386-399. doi: 10.1007/s00344-009-9103-x

La Torre, A., Battaglia, V. & Caradonia, F. (2013). Legal aspects of the use of plant strengtheners (biostimulants) in Europe. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Vol 19 (No 6), 1183-1189. Retrieved August 2, 2017, from <http://www.agrojournal.org/19/06-02.pdf>

Lopez-Bucio, J., Pelagio-Flores, R. & Herrera-Estrella, A. (2015). Trichoderma as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia Horticulturae*, Vol 196, 109-123. Retrieved August 1, 2017, from http://ac.els-cdn.com/S030442381530162X/1-s2.0-S030442381530162X-main.pdf?_tid=39c7503e76de-11e7-8c85-00000aacb35f&acdnat=1501608429ac76ac64239d59861163b246468 f1bfa

Manaf, H. (2016). Beneficial effects of exogenous selenium, glycine betaine and seaweed extract on salt stressed cowpea plant. *Annals of Agricultural Science*, Vol 61 (No 1), 41-48. Retrieved October 24, 2017, from <https://ac.els-cdn.com/S0570178316300057/1-s2.0-S0570178316300057->

main.pdf?tid=34643 66cb8e6-11e7-80c000000aacb35d&acdnat=150886863292dd92b1b59df58e391 68676ff651620

Maxicrop B Υγρό Λίπασμα - agro-net Αγροτικά εργαλεία εφόδια λιπάσματα. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από <https://agro-net.gr/%CE%BB%CE%B9%CF%80%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%B8%CF%81%CE%B5%CF%88%CE%B7/1089-maxicrop-b-.html>

Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M. & Ertani, A. (2015). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, Vol 73 (No 1), 18-23. Retrieved August 1, 2017, from <http://www.scielo.br/pdf/sa/v73n1/0103-9016-sa-73-1-0018.pdf>

Povero, G., Mejia, J., Di Tommaso, D., Piaggese, A. & Warrior, P. (2016). A Systematic Approach to Discover and Characterize Natural Plant Biostimulants. *Frontiers in Plant Science*, 7, pp. 1-12. doi: 10.3389/fpls.2016.00435

Pupo de Oliveira Machado, V., Pacheco, A. & Carvaiho, M. (2014). Effect of biostimulant application on production and flavonoid content of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Rev. Ceres*, Viçosa, Vol 61 (No 6), 983-988. Retrieved August 1, 2017, from <http://www.scielo.br/pdf/rceres/v61n6/a14v61n6.pdf>

Rouphael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P. & Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, Vol 196, 91-108. Retrieved August 1, 2017, from http://ac.els-cdn.com/S0304423815301667/1-s2.0-S03044238 153016 67-main.pdf?_tid=b233b2fe-76db-11e7-8c85-0000 0aacb35f&acdna t=150160 7343_8b44f08713fe2be5de67bfdd7c7c673b

Shekhar Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R. & Martin, T. (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, pp. 465- 490. doi: 10.1007/s10811-013-0101-9

Sofo, A., Nuzzaci, M., Vitti, A., Tataranni, G. & Scopa, A. (2014). Control of Biotic and Abiotic Stresses in Cultivated Plants by the Use of Biostimulant Microorganisms. *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*, 1, pp. 107-117. doi: 10.1007/978-1-4614-8830-9_5

- Stirk, W., Tarkowska, D., Turecova, V. & J. van Staden, M. (2014). Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak® , a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*. *J Appl Phycol*, 26, pp. 561-567. doi: 10.1007/s10811-013-0062-z
- Το Growshop της Καλλιθέας. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από : <https://www.growit.gr/%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B9%CE%BF%CE%BD/micosat-%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1-f-len-100g/>
- Van Oosten, M., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, 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, pp. 1-12. doi: 10.1186/s40538-017-0089-5
- Wong, W.S., Tan, S.N., Ge, L., Chen, X., Letham, D.S. & Yong, J.W.H. (2016). The importance of phytohormones and microbes in biostimulants: mass spectrometric evidence and their positive effects on plant growth. *Acta horticulturae*, pp. 48-60. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1148.6
- Yakhin, O., Lubyantsov, A., Yakhin, I. & Brown P. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, pp. 1-32. doi: 10.3389/fpls.2016.02049
- Majeti and Freitas (2003), Metal Hyperaccumulation in plants: Biodiversity prospecting for phytoremediation technology.
- Almadi et. al. (2020), A Biostimulant Based on Protein Hydrolysates Promotes the Growth of Young Olive Trees.
- Bulgari et. al. (2015), Biostimulants and crop responses: a review.
- Campobenedetto et. al. (2021), The application of a biostimulant based on tannins affects root architecture and improves tolerance to salinity in tomato plants.
- Cavani et. al. (2017), What we talk about when we talk about protein hydrolyzate-based biostimulants.
- Constantinidis (2009), Two new nickel hyperaccumulators from Greek serpentine flora.
- Du Jardin (2015), Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation.
- Echevarria et. al. (2005), Phytoextraction Potential of the Nickel Hyperaccumulators *Leptoplax Emarginata* and *Bornmuellera tymphaea*.

Kapoore et. al. (2021), Algae bioostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices.

Paradiković et. al. (2018), Biostimulants research in some horticultural plant species.

Pсарas et. al. (2000), Relative abundance of Nickel in the Leaf Epidermis of Eight Hyperaccumulators: Evidence that the metal is Excluded from both Guard Cells and Trichome.

Reeves et. al. (2009), Nickel Hyperaccumulation in *Bornmuellera kiyakii* Aytaç & Aksoy and Associated Plants of the Brassicaceae from Kızıldağ (Derebucak, Konya-Turkey).

Ricci et. al. (2019), General principles to justify plant biostimulant claims.

Shahrajabian and Petropoulos (2021), Chitozan as plant biostimulant in modern horticulture.

Soppelsa et. al. (2020), Effect of Biostimulants on Apple Quality at Harvest and After Storage.

Vasconcelos and Chaves (2019), Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses.

Γαλάτης κ.α. (2018), Φυσιολογία φυτών από το μόριο στο περιβάλλον.

Δοντά (2004), Ανάπτυξη και περιβάλλον κατά την ex vitro σκληραγώγηση φυταρίων αμπέλου προερχόμενων από μικροπολλαπλασιασμό.

Ευρωπαϊκή Ένωση (2019), Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 170.

Ζιώγας και Μαρκόγλου (2010), Γεωργική φαρμακολογία.

Καρατάγλης (1999), Φυσιολογία φυτών.

Κουτσούγερας (2019), Επίδραση βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις δύο ποικιλιών σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum*ssp. *durum*).

Κουφάκη (2007), Σερπεντινικά έναντι μη σερπεντινικών εδαφών: διαφορές στη δομή της βλάστησης και στην παραγωγικότητα των κοινοτήτων.

ΕΒΥΠ Ε.Ε.: Βιοενεργοποιητές φυτών, αμινοξέα, βοηθητικά θρέψης-ανάπτυξης φυτών, λιπάσματα, οργανικά λιπάσματα, εντομοελκυστικά. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από <http://evyp.gr/el/>

ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ Βιομηχανία - Εμπόριο Προϊόντων
 Φυτοπροστασίας και Αγροεφοδίων. (2016).
 Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από
http://www.ellagret.gr/images/files/Ellagret_ABEE_Techniko_Fylladio_Proionto_n_2016_v.1._April_16.pdf

El Hadrami, A., Adam, L.R., El Hadrami, I. & Daayf, F. (2010). Chitosan in Plant Protection. *Marine Drugs*, 8, pp. 968-987. doi: 10.3390/md8040968

Κτιστάκης (2008), Παραγωγή φυταρίων χουρμαδιάς με ιστοκαλλιέργεια (in vitro culture) και άλλες μεθόδους και απαιτήσεις τους σε εδαφοκλιματικές συνθήκες.

Αναλογίδης, Δ. (2007). Τα μικροθρεπτικά στοιχεία στο αγροτικό οικοσύστημα. Αθήνα: Αγροτύπος.

Ταμουτσίδης, Ε. (2008). Γεωργική Χημεία: Με στοιχεία Γενικής Ανόργανης Χημείας, Οργανικής Χημείας και Βιοχημείας. Φλώρινα: +γραμμα.

Παυλάκη (2018), Χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών στη γεωργική πρακτική.

Σδούκος (2016), Παρασκευή και χαρακτηρισμός σύνθετων υδρόηκτων χιτίνης και υδροξυαπατίτη.

Παναγιωτόπουλος, Κ. (2010). Εδαφολογία. Θεσσαλονίκη: Άγις-Σάββας Δ. Γαρταγάνης.

Πασπάτης, Ε. (1998). Φυτορρυθμιστικές ουσίες (Φυτορμόνες): ο ρόλος τους στα φυτά, οι εφαρμογές τους στις καλλιέργειες. Αθήνα: Αγροτύπος.

Σωτηρόπουλος (2005), Ενδημικά φυτά των σερπεντινικών εδαφών ως βιολογικοί δείκτες των εδαφικών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων και ως μέσο αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://ikee.lib.auth.gr/record/283864/files/%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%A3%CE%94%CE%9F%CE%A5%CE%93%CE%9A%CE%9F%CE%A3.pdf>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975021000604>

<https://www.nature.com/articles/s41598-020-79770-5>

<https://www.mdpi.com/2077-0472/10/12/618/htm>

https://www.researchgate.net/publication/343728264_Effect_of_Biostimulants_on_Apple_Quality_at_Harvest_and_After_Storage

<https://www.greenhousegrower.com/production/how-biostimulants-can-improve-quality-in-ornamentals/>

<https://www.intechopen.com/chapters/69956>

<https://apothesis.lib.teicrete.gr/bitstream/handle/11713/8805/PavlakiEleni2018.pdf>

http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6961/Koutsougeras_V.pdf?sequence=3

http://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/cdm_dataportal/taxon/66b7906b-e8b4-4f02-a075-f5a9efbbe212

http://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/cdm_dataportal/taxon/ae24df09-de01-4d1d-89ab-b8905eebfcec

