

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ  
ΓΕΩΠΟΝΩΝ



TECHNOLOGICAL  
EDUCATIONAL  
INSTITUTE *of* CRETE  
SCHOOL *of* AGRICULTURE  
FOOD AND NUTRITION  
DEPARTMENT *of* AGRICULTURE

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ  
ΠΡΑΚΤΙΚΗ»**

**ΠΑΥΛΑΚΗ ΕΛΕΝΗ**

ΙΟΥΝΙΟΣ, 2018



**ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ**

ΚΑΘ. ΔΡΑΓΑΣΑΚΗ ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ  
ΚΑΘ. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΙΧΑΛΗΣ  
ΚΑΘ. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΝΔΡΙΑΝΑ

**ΤΟ ΕΡΓΟ ΑΥΤΟ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΦΥΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ, ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΤΟΥ ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

**Η** παρούσα διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο εργαστήριο Φυσιολογίας Ανάπτυξης Φυτών του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων, του ΤΕΙ Κρήτης. Αυτή τη στιγμή που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Δραγασάκη Μαγδαληνή για την ευκαιρία που μου έδωσε να προσπαθήσω να φέρω σε πέρας ένα, όπως αποδείχθηκε, δύσκολο έργο.

Τέλος, αναμφίβολα πολλά ευχαριστώ αξίζουν η οικογένειά μου και το φιλικό μου περιβάλλον για τη στήριξή τους.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	IV
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	V
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VIII
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ.....	3
2.1 Διαχωρισμός βιοδιεγερτικών ουσιών από λιπάσματα και φυτοπροστατευτικά προϊόντα.....	3
2.2 Τρόποι δράσης βιοδιεγερτικών ουσιών.....	5
2.2.1 Επίδραση στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών.....	6
2.2.2 Επίδραση στη μικροβιακή δραστηριότητα και το έδαφος.....	7
2.2.3 Επίδραση σε συνθήκες αβιοτικής και βιοτικής καταπόνησης.....	8
2.2.4 Επίδραση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.....	9
2.2.5 Επίδραση στην ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων ειδών.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ.....	12
3.1 Πρώτες ύλες για την παρασκευή βιοδιεγερτών.....	12
3.2 Κατηγοριοποίηση βιοδιεγερτών.....	13
3.2.1 Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών μερών.....	13
3.2.2 Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα.....	22
3.2.3 Μικροβιακά εμβόλια.....	29
3.2.4 Χουμικά και φουλβικά οξέα.....	35
3.2.5 Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή.....	39
3.2.6 Ανόργανες ενώσεις.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	46
4.1 Εφαρμογές βιοδιεγερτών σε καλλιέργειες σήμερα .....	46
4.1.1 Εφαρμογές σε ανθοκομικά είδη.....	47
4.1.2 Εφαρμογές σε λαχανοκομικά είδη.....	48
4.1.3 Εφαρμογές σε φρούτα.....	55
4.1.4 Εφαρμογές σε μεγάλες καλλιέργειες.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ	

<b>ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ.....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Νομικό πλαίσιο για τους βιοδιεγέρτες σε διάφορες χώρες.....</b>	<b>58</b>
<b>5.2 Προβληματισμοί και προοπτικές εξέλιξης βιοδιεγερτών.....</b>	<b>68</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ: ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....</b>	<b>69</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>73</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>75</b>



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι βιοδιεγέρτες είναι μια κατηγορία προϊόντων, που λόγω του περιεχομένου τους σε ουσίες και μικροοργανισμούς, έχουν την ικανότητα να επιδρούν στη αύξηση και την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών. Τα προϊόντα αυτά περιλαμβάνουν εκχυλίσματα φυκών, χουμικά και φουλβικά οξέα, πρωτεΐνες και αμινοξέα, χιτοζάνη, ανόργανες ενώσεις, μύκητες και βακτήρια. Χρησιμοποιούνται έχοντας ως στόχο την αύξηση της ποσότητας των παραγόμενων ειδών αλλά και την βελτίωση της ποιότητας.

Οι βιοδιεγερτικές ουσίες επιδρούν και διευκολύνουν διαδικασίες όπως η πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και η ανοχή στο βιοτικό και αβιοτικό στρες (π.χ. αλατότητα, ξηρασία) Ακόμη, έχουν την ικανότητα, μέσω της δραστηριότητας των μικροοργανισμών, να βελτιώνουν φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους αλλά και να ευνοούν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Γενικότερα, η εφαρμογή τους στα φυτά επιδρά σε διάφορες λειτουργίες τους στοχεύοντας πάντα στο όφελος του παραγωγού και των καταναλωτών.

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η έννοια των βιοδιεγερτών αλλά και ο τρόπος με τον οποίο δρουν. Επίσης, παρουσιάζονται οι κατηγορίες ταξινόμησης τους καθώς και οι διαφοροποιήσεις που παρουσιάζουν έναντι των λιπασμάτων και των φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Ακόμη, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή αυτών αλλά και στην ορθολογική χρήση τους. Τέλος, γίνεται αναφορά στο νομικό πλαίσιο διάφορων χωρών σχετικά με τη χρήση των βιοδιεγερτών στις καλλιέργειες και τονίζεται η ανάγκη θέσπισης Ευρωπαϊκής νομοθεσίας και περαιτέρω ερευνών σε αυτό το αντικείμενο.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός της γης, οδήγησε στην αύξηση της γεωργικής παραγωγής. Το ανθρώπινο δυναμικό του γεωργικού τομέα εφάρμοσε διάφορες τεχνολογίες και πρακτικές προκειμένου να διευκολύνει την άσκηση της γεωργίας. Η ανάγκη για μεγαλύτερη ανοχή σε κάθε είδους καταπόνηση, η διευκόλυνση της πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων αλλά και η βελτίωση της δομής του εδάφους έφεραν στην επιφάνεια μια σειρά προϊόντων, γνωστά ως βιοδιεγέρτες. Οι βιοδιεγερτικές ουσίες έχουν ενεργό ρόλο στις καλλιέργειες και το 2012 χρησιμοποιήθηκαν σε περισσότερα από έξι εκατομμύρια εκτάρια καλλιεργήσιμης γης (Calvo et al., 2014). Η ετήσια αύξησή τους ξεπερνά το 12% και θεωρούνται προϊόντα με παγκόσμια προοπτική (Calvo et al., 2014).

Η λέξη «βιοδιεγέρτες» χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από ειδικούς της καλλιέργειας οπωροκηπευτικών για να περιγράψουν ουσίες που επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών, χωρίς αυτές να ανήκουν σε καμιά άλλη κατηγορία φυτοπροστατευτικών προϊόντων και λιπασμάτων. Ο πρώτος επίσημος ορισμός του όρου αυτού δόθηκε το 1997 από το Κρατικό Πανεπιστήμιο της Βιρτζίνιας (Du Jarbin, 2015). Σε αυτόν τον ορισμό αναφέρονται ως υλικά που σε μικρές ποσότητες έχουν την δυνατότητα να επηρεάσουν την αναπτυξιακή κατάσταση των φυτικών οργανισμών. Η επίσημη παρουσίαση και προώθηση των βιοδιεγερτικών ουσιών στην παγκόσμια αγορά έγινε το 2012 στο Στρασβούργο, όπου διεξήχθη το 1<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Συνέδριο για την εφαρμογή τέτοιων προϊόντων στη γεωργική παραγωγή (Du Jarbin, 2015).

Ως βιοδιεγέρτες ορίζονται προϊόντα τα οποία περιέχουν ουσία ή ουσίες και μικροοργανισμούς που όταν εφαρμόζονται σε φυτά, έδαφος, σπόρους και γεωργικά μέσα έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν ορισμένες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτικών οργανισμών (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015, Povero et al., 2016). Τα προϊόντα αυτά διεγείρουν φυσικές διεργασίες των φυτών με σκοπό την αύξηση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών και την ενίσχυση της ποιότητάς τους (Povero et al., 2016, Van Oosten et al., 2017). Η εφαρμογή βιοδιεγερτικών ουσιών στα φυτά μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους. Γίνεται με

ριζοπότισμα, με ψεκασμό του φυλλώματος καθώς και με προσθήκη του προϊόντος στο νερό άρδευσης (Halpern et al., 2015, Povero et al., 2016, Van Oosten et al., 2017). Συχνότερη είναι εφαρμογή τους στο έδαφος για ευκολότερη αξιοποίηση των ουσιών και/ή των μικροοργανισμών που περιέχει μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών (Van Oosten et al., 2017).

Οι βιοδιεγέρτες χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν την άμυνα των φυτών, για να βελτιώσουν την εδαφική δομή και για να προωθήσουν την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών. Πιο συγκεκριμένα, αυξάνεται η πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και διευκολύνεται η χρήση τους από τα φυτά και έτσι ενισχύεται η ανοχή τους σε βιοτικές (μύκητες, βακτήρια, έντομα) και αβιοτικές (ξηρασία, αλατότητα, μη ευνοϊκές θερμοκρασίες, οξειδωτικό στρες) καταπονήσεις (Du Jarbin, 2015, Van Oosten et al., 2017, Povero et al., 2016). Ακόμη, οι βιοδιεγερτικές ουσίες σχετίζονται με την βελτίωση κάποιων φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους λόγω ανάπτυξης μικροβιακής δραστηριότητας και ανάπτυξης συμπληρωματικών μικροοργανισμών (Calvo et al., 2014). Τέλος, η χρήση τέτοιων προϊόντων επιφέρει μεγαλύτερη και ποιοτικότερη παραγωγή (Du Jarbin, 2015, Van Oosten et al., 2017).

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την έννοια και τον τρόπο δράσης των βιοδιεγερτικών ουσιών. Ακόμη, γίνεται λόγος για την ταξινόμησή τους σε κατηγορίες, για τις διαφοροποιήσεις που παρουσιάζουν από τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα και τα λιπάσματα και για την ασφαλή και ορθολογική χρήση τους. Τέλος, αναφέρονται νομοθεσίες διαφόρων χωρών για την χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών σε καλλιέργειες καθώς και οι μελλοντικές προοπτικές τους, μέσα από περαιτέρω έρευνες και νομοθετικά μέτρα που θα αφορούν τις χρήσεις και τα αποτελέσματα εφαρμογής τους.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ**

### **2.1 Διαχωρισμός βιοδιεγερτικών ουσιών από λιπάσματα και φυτοπροστατευτικά προϊόντα**

Οι βιοδιεγέρτες, όπως προαναφέραμε, είναι μια κατηγορία προϊόντων που περιέχουν ουσία ή ουσίες και / ή μικροοργανισμούς που έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν φυσιολογικές διεργασίες των φυτών (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015, Povero et al., 2016). Οι βιοδιεγέρτες αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία προϊόντων και έχουν διαφορετικούς μηχανισμούς και τρόπους δράσης από τα λιπάσματα και τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, συχνά όμως οι όροι αυτοί συγχέονται (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Οι ορισμοί των όρων αυτών και η εξήγησή τους ίσως σταθούν ικανά να τους διαφοροποιήσουν και να τους διαχωρίσουν.

Λίπασμα, είναι οποιαδήποτε ουσία (κύρια ή δευτερεύουσα) η οποία χρησιμοποιείται στη γεωργία με σκοπό να εμπλουτίσει το έδαφος με θρεπτικά συστατικά και να βοηθήσει την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών (Τσιτσίας, 1997). Τα λιπάσματα, ανάλογα με την προέλευσή τους, διακρίνονται σε οργανικά και ανόργανα. Τα οργανικά λιπάσματα προκύπτουν από την αποσύνθεση οργανικών υλικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης και χρησιμοποιούνται για να εμπλουτίσουν το έδαφος με οργανική ουσία (Τσιτσίας, 1997). Τα ανόργανα λιπάσματα είναι χημικές ενώσεις που παρασκευάζονται εργαστηριακά ή εξορύσσονται και συνήθως εφοδιάζουν το έδαφος με άζωτο (N), φώσφορο (P), κάλιο (K) και σπανιότερα μαγνήσιο (Mg) (Τσιτσίας, 1997).

Φυτοπροστατευτικό προϊόν ονομάζεται κάθε χημική ουσία (ή μίγμα ουσιών) που χρησιμοποιείται στη γεωργία για την προστασία των φυτών έναντι εντομολογικών εχθρών, ασθενειών (μυκητολογικές, βακτηριολογικές), ζιζανίων ή έχει την ικανότητα να επιδρά στη βλαστική ικανότητα των φυτικών οργανισμών [Οδηγία του συμβουλίου της 15<sup>ης</sup> Ιουλίου 1991 σχετικά με τη διάθεση στην

αγορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων (91/414/ΕΟΚ), 1991]. Ονομάζονται αλλιώς γεωργικά φάρμακα ή φυτοφάρμακα και διακρίνονται σε έξι κύριες κατηγορίες: παρασιτοκτόνα, εντομοελκυστικά, εντομοαπωθητικά, ρυθμιστές ανάπτυξης εντόμων, φυτορυθμιστικές ουσίες και μικροβιολογικά σκευάσματα (Δημόπουλος, 1998).

Ο ορισμός των βιοδιεγερτών τονίζει κυρίως τις φυσιολογικές λειτουργίες στις οποίες επιδρούν και δεν αναφέρεται στο είδος των ουσιών που τους απαρτίζουν. Οι λειτουργίες αυτές αφορούν την αυξημένη πρόσληψη θρεπτικών ουσιών, την ανοχή σε βιοτικό και αβιοτικό στρες, τη μικροβιακή δραστηριότητα και τη σχέση φυτού/έδαφους (Du Jarbin, 2015). Πιο συγκεκριμένα, οι βιοδιεγέρτες προορίζονται για να επηρεάσουν φυσικές διεργασίες των φυτών ανεξάρτητα από το περιεχόμενό τους σε θρεπτικά συστατικά, σε αντίθεση με τα λιπάσματα και τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Du Jarbin, 2015). Τα λιπάσματα χρησιμοποιούνται για να εμπλουτίσουν το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών ενώ τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα επικεντρώνονται στην προστασία τους από φυσικούς εχθρούς που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ανάπτυξή τους (Du Jarbin, 2015).

Συμπερασματικά, σε ότι αφορά τον διαχωρισμό των τριών αυτών όρων γίνεται φανερό ότι πρόκειται για τρεις διαφορετικές έννοιες που δεν σχετίζονται. Οι βιοδιεγέρτες επιδρούν στους φυτικούς οργανισμούς με σκοπό να επηρεάσουν λειτουργίες του φυτού και κατ' επέκταση τη σχέση του με το έδαφος και τους μικροοργανισμούς (Du Jarbin, 2015). Τα λιπάσματα εφαρμόζονται με σκοπό να παρέχουν στα φυτά απαραίτητα θρεπτικά συστατικά ενώ τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα σχετίζονται με την προστασία των φυτών (Du Jarbin, 2015). Η κύρια διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι οι λειτουργίες που επηρεάζονται με τη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών προωθούνται με άλλα μέσα, όχι με την παροχή θρεπτικών ουσιών και την προστασία των φυτών από επιβλαβείς οργανισμούς (Calvo et al., 2014).

## 2.2 Τρόποι δράσης βιοδιεγερτικών ουσιών

Η χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών στην γεωργική πρακτική επηρεάζει μια σειρά από διαδικασίες, όπως η διευκόλυνση της πρόσληψης θρεπτικών ουσιών, η αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας, η βελτίωση φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, η προστασία των φυτών σε αντίξοες βιολογικές και αβιοτικές συνθήκες, η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος αλλά και η ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων (Πίνακας 1) (Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015).

**Πίνακας 1:** Οι επιπτώσεις των βιοδιεγερτικών ουσιών σε κυτταρικές, φυσιολογικές και γεωργικές λειτουργίες και τα ενδεχόμενα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη (Du Jarbin, 2015).

	Χουμικά οξέα	Εκχυλίσματα φυκών	Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα	Γλυκίνη-Βεταΐνη	Μικροοργανισμοί (Ριζοβακτήρια)
<b>Κυτταρικός μηχανισμός (δηλαδή αλληλεπίδραση με κυτταρικά συστατικά και διεργασίες)</b>	Ενεργοποιούν ΑΤΡάσες άντλησης πρωτονίων στην πλασματική μεμβράνη, προάγουν τη χαλάρωση του κυτταρικού τοιχώματος και την επιμήκυνση των κυττάρων σε ρίζες αραβόσιτου ( <i>Zea mays</i> )	Εκχυλίσματα <i>Ascophyllum nodosum</i> προάγουν την έκφραση γονιδίων και κωδικοποιούν γονίδια μεταφοράς ιχνοστοιχείων (π.χ. Cu, Fe, Zn) στην ελαιοκράμβη ( <i>Brassica napus</i> )	Το ενζυματικό υδρόλυμα πρωτεϊνών σε μηδική ( <i>Medicago sativa</i> ) διεγείρει το ένζυμο φαινυλαλανίνη αμμωνία-λυάση (PAL), την έκφραση γονιδίων και την παραγωγή φλαβονοειδών υπό στρες άλατος	Προστατεύει το φωτοσύστημα II από τη γήρανση που προκαλείται από άλατα, πιθανώς μέσω ενεργοποίησης των σαρωτών του οξυγόνου	Το <i>Azospirillum brasilense</i> απελευθερώνει αυξίνες και ενεργοποιεί μονοπάτια σηματοδότησης αυξίνης, που εμπλέκονται στη μορφογένεση της ρίζας στο χειμερινό σιτάρι ( <i>Triticum aestivum</i> )

<b>Φυσιολογικές λειτουργίες (δηλαδή δράση σε διάφορες διεργασίες των φυτών)</b>	Αυξημένη γραμμική ανάπτυξη των ριζών και ριζική βιομάζα	Αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στους ιστούς και μεταφορά τους σε όλο το φυτό	Προστασία φλαβονοειδών έναντι UV και αντιοξειδωτικής βλάβης	Συντήρηση φύλλων και αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα υπό στρες άλατος	Αυξημένη πλευρική πυκνότητα ρίζας και αριθμό ριζικών τριχιδίων
<b>Γεωργικές λειτουργίες (δηλαδή χαρακτηριστικά γνωρίσματα που επηρεάζουν την απόδοση της καλλιέργειας)</b>	Αυξημένη ικανότητα κοπής της ρίζας, αυξημένη αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών ουσιών	Βελτιωμένη σύνθεση ορυκτών στους φυτικούς ιστούς	Αυξημένη ανοχή της καλλιέργειας σε αβιοτικές καταπονήσεις (π.χ. άλατος)	Αυξημένη ανοχή καλλιέργειας σε αβιοτικές καταπονήσεις (π.χ. υψηλή αλατότητα)	Αυξημένη ικανότητα κοπής ρίζας, αυξημένη αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών ουσιών
<b>Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη (δηλαδή αλλαγές στην απόδοση, στην ποιότητα των προϊόντων και στο οικοσύστημα)</b>	Υψηλότερη απόδοση καλλιέργειας, εξοικονόμηση χρημάτων και λιπασμάτων και μειωμένες απώλειες στο περιβάλλον	Ενισχυμένη θρεπτική αξία φυτικών ιστών (αυξημένη περιεκτικότητα σε S, Fe, Zn, Mg, Cu)	Υψηλότερη απόδοση καλλιέργειας σε συνθήκες στρες (π.χ. υψηλή αλατότητα)	Υψηλότερη απόδοση καλλιέργειας σε συνθήκες στρες (π.χ. υψηλή αλατότητα)	Υψηλότερη απόδοση καλλιέργειας, εξοικονόμηση χρημάτων και λιπασμάτων και μειωμένες απώλειες στο περιβάλλον

### 2.2.1 Επίδραση στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών

Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών που συχνά περιέχονται στους βιοδιεγέρτες ρυθμίζουν ορισμένα ένζυμα τα οποία εμπλέκονται στην αφομοίωση του αζώτου (N) και εννοούν την διάθεσή του στα φυτά (Du Jarbin, 2015). Με την προσθήκη χουμικών ουσιών στο έδαφος δημιουργούνται σταθερά χουμικά σύμπλοκα που εννοούν την διείσδυση των ριζών στο έδαφος για την καλύτερη αξιοποίηση θρεπτικών συστατικών και νερού και την προστασία του εδάφους από διάβρωση (Halpern et al., 2015). Ακόμη, οι χουμικές ουσίες έχουν την ικανότητα σχηματισμού συμπλόκων με μόρια σιδήρου (Fe) και ψευδαργύρου (Zn) πράγμα που καθιστά τα στοιχεία αυτά καλύτερα αξιοποιήσιμα από τα φυτά (Halpern et al., 2015). Επίσης, οι χουμικές ουσίες προκαλούν αυξημένη δραστηριότητα της

πλασματικής μεμβράνης των κυττάρων έχοντας ως αποτέλεσμα την αυξημένη διαλυτότητα ιχνοστοιχείων λόγω μείωσης του pH στην ριζόσφαιρα των φυτικών οργανισμών (Halpern et al., 2015).

Ορισμένα γένη βακτηρίων, όπως *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Burkholderia*, έχουν αναπτύξει στρατηγικές ώστε να καθιστούν διαλυτές δύσκολα διασπώμενες ενώσεις (Halpern et al., 2015). Οι στρατηγικές αυτές αφορούν την σύνθεση οργανικών οξέων (κυρίως γλυκονικό και κιτρικό οξύ) και την απελευθέρωση πρωτονίων. Και τα δύο παραπάνω προκαλούν μείωση του pH του εδάφους και κατ' επέκταση αύξηση της διαλυτότητας των ιχνοστοιχείων (Halpern et al., 2015). Ακόμη, ορισμένα βακτήρια έχουν την ικανότητα να παράγουν χημικές ενώσεις, γνωστές ως σιδερόφορα, οι οποίες δεσμεύουν και μεταφέρουν σίδηρο (Fe) καθιστώντας τον πιο διαλυτό (Halpern et al., 2015). Τέλος, τα ίδια τα φυτά έχουν αναπτύξει μηχανισμούς για την βελτίωση της διαθεσιμότητας των ιχνοστοιχείων μέσα από την παραγωγή φυτοσιδερόφορων, ενώσεων οι οποίες εκκρίνονται από τις ρίζες τους (Halpern et al., 2015). Όλες οι παραπάνω πρώτες ύλες που εμπεριέχονται στους βιοδιεγέρτες συντελούν με τον τρόπο τους στην καλύτερη διαθεσιμότητα και αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών.

### 2.2.2 Επίδραση στη μικροβιακή δραστηριότητα και το έδαφος

Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και τα αμινοξέα που προστίθενται στο έδαφος μέσω των βιοδιεγερτών, αυξάνουν τη μικροβιακή δραστηριότητα λόγω αποδόμησή τους και εμπλουτίζουν το έδαφος με οργανικά θρεπτικά συστατικά (Du Jarbin, 2015). Τα εκχυλίσματα φυκών βελτιώνουν τη δομή του εδάφους και ενισχύουν το έδαφος με μικροοργανισμούς (Calvo et al., 2014, Halpern et al., 2015). Ειδικότερα, τα καφέ φύκη περιέχουν αλγινικά άλατα και φουκοϊδάνες που ενώνονται με τα μεταλλικά ιόντα του εδάφους με αποτέλεσμα να ενισχύεται η διατήρηση της εδαφικής υγρασίας και η δομή του εδάφους (Halpern et al., 2015). Σε ότι αφορά τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στα εκχυλίσματα καφέ φυκών, έχει διαπιστωθεί ότι αποικίζουν στις ρίζες και βοηθούν στην προσέλκυση

και άλλων μικροοργανισμών διαφορετικών ειδών (Calvo et al., 2014).

Ακόμη, οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στα βιοδιεγερτικά προϊόντα συνθέτουν φυτομόνες οι οποίες επηρεάζουν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών (Calvo et al., 2014). Οι λειτουργίες αυτές αφορούν τόσο το ίδιο το φυτό όσο και το έδαφος στο οποίο αναπτύσσεται. Τα βακτήρια και οι μύκητες, μέσω της αποδόμησης, εμπλουτίζουν το έδαφος με οργανική ουσία, αυξάνουν τη γονιμότητά του και το καθιστούν αξιοποιήσιμο. Τέλος, στα μολυσμένα εδάφη αλλά και τις υποβαθμισμένες λόγω ανθρωπογενούς δραστηριότητας περιοχές, οι μικροοργανισμοί μπορούν να βελτιώσουν τις συνθήκες αυτές μακροχρόνια, μέσα από πολλαπλές διεργασίες που εκτελούν, και να καταστήσουν τα εδάφη αυτά ικανά για χρήση (Calvo et al., 2014).

### **2.2.3 Επίδραση σε συνθήκες αβιοτικής και βιοτικής καταπόνησης**

Η χιτοζάνη, που περιέχεται στους βιοδιεγέρτες, δεσμεύει κυτταρικά συστατικά και ενεργοποιεί γονίδια άμυνας, τα οποία προστατεύουν τα φυτά από παθογόνους μικροοργανισμούς και σε συνθήκες ξηρασίας, αλατότητας και μη ευνοϊκών καιρικών συνθηκών ανάπτυξης (Du Jarbin, 2015). Το *Trichoderma spp.* και άλλα είδη μυκορριζών συμβιώνουν με τους φυτικούς οργανισμούς προς όφελος και των δύο (Du Jarbin, 2015). Σε περιπτώσεις βιοτικών και αβιοτικών πιέσεων είναι ικανά να εφοδιάσουν τα φυτά με θρεπτικά συστατικά (Du Jarbin, 2015). Ακόμη, τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών διεγείρουν κατάλληλα ένζυμα με σκοπό την προστασία των φυτών υπό ακατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης (αυξημένη αλατότητα, UV, οξειδωτικές συνθήκες) (Du Jarbin, 2015). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το προϊόν υδρόλυσης της μηδικής (*Medicago sativa*), το οποίο ενεργοποιεί το ένζυμο φαινυλαλανίνη αμμωνία-λυάση (PAL). Με την κινητοποίηση του ενζύμου αυτού παράγονται φλαβονοειδή που προστατεύουν τα φυτά σε συνθήκες αλατότητας (Du Jarbin, 2015).

Τα εκχυλίσματα φυκών προστατεύουν τα φυτά σε συνθήκες αβιοτικής καταπόνησης (Calvo et al., 2014). Αυτό σχετίζεται με την έκφραση γονιδίων που



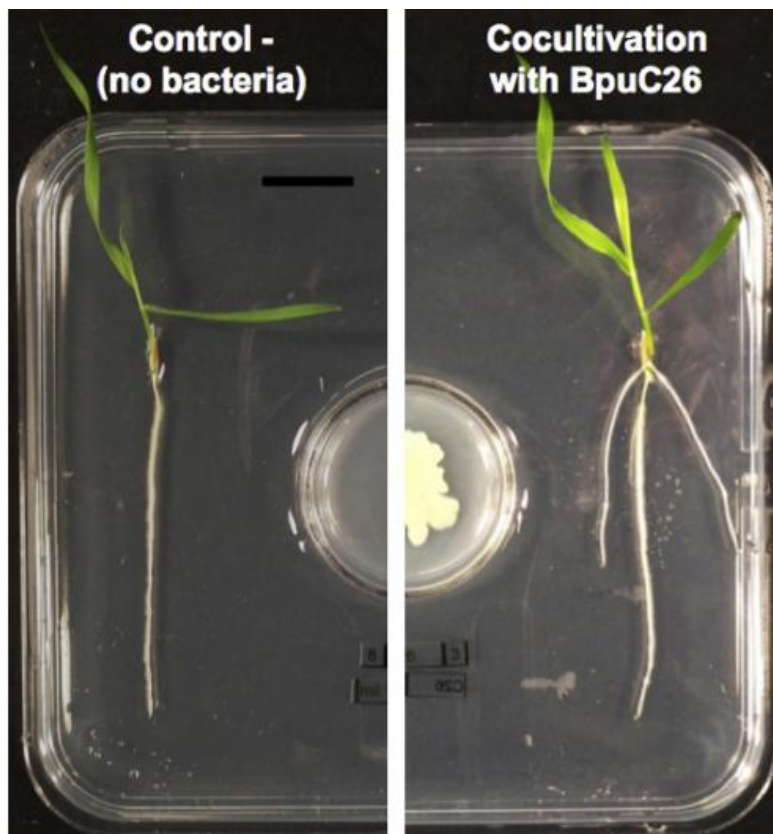
κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες, τα οποία κινητοποιούν διάφορες διεργασίες των φυτών ώστε να αντιμετωπιστεί η ανάλογη κατάσταση. Ακόμη, τα εκχυλίσματα φυκών περιέχουν ουσίες, όπως η γλυκίνη-βεταΐνη και η προλίνη, οι οποίες έχουν την ικανότητα να αυξήσουν συγκεντρώσεις διάφορων ουσιών (π.χ. προλίνη) μέσα στο φυτό και να το προστατεύουν σε δύσκολες για την ανάπτυξή του συνθήκες (Calvo et al., 2014). Οι αυξημένες εσωτερικές συγκεντρώσεις προλίνης και γλυκίνης-βεταΐνης συνδέονται με την ανοχή σε αβιοτικό στρες. Όταν οι ουσίες αυτές εφαρμόζονται εξωγενώς ενισχύουν την άμυνα των φυτών σε συνθήκες αβιοτικής καταπόνησης (Calvo et al., 2014).

#### **2.2.4 Επίδραση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος**

Το περιεχόμενο των βιοδιεγερτών σε βακτήρια, χουμικά οξέα και εκχυλίσματα φυκών επηρεάζουν την ανάπτυξη των ριζών των φυτικών οργανισμών (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015). Βακτήρια, όπως το *Azospirillum brasilense*, έχουν την ικανότητα να απελευθερώνουν αυξίνες, οι οποίες επιδρούν στις ρίζες προκαλώντας αύξηση της πυκνότητάς τους. Ακόμη, τα χουμικά οξέα βοηθούν στην επιμήκυνση των ριζών με δύο τρόπους, ο πρώτος είναι μέσω χαλάρωσης των κυτταρικών τοιχωμάτων και ο δεύτερος μέσω κυτταρικής διαίρεσης (Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015). Ειδικότερα, η χαλάρωση των κυτταρικών τοιχωμάτων οφείλεται στην ενεργοποίηση κατάλληλων ενζύμων που προωθούν την επιμήκυνση των κυττάρων και η κυτταρική διαίρεση οφείλεται στην παρουσία αυξινών (Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015).

Ο συνολικός όγκος και το μήκος των ριζών παρουσιάζουν αυξήσεις με την εφαρμογή εκχυλισμάτων φυκών (Εικόνα 1) (Calvo et al., 2014). Τα εκχυλίσματα αυτά περιέχουν φυτορυθμιστικές ουσίες, όπως αυξίνες και κυτοκινίνες, οι οποίες επιδρούν στην ανάπτυξη των ριζών (Calvo et al., 2014). Η χαλάρωση των κυτταρικών τοιχωμάτων, η ενεργοποίηση ενζύμων, η αυξημένη κυτταρική διαίρεση και η παρουσία αυξινών και κυτοκινινών επιδρούν θετικά στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Τέλος, το ανεπτυγμένο ριζικό

σύστημα συνεπάγεται με καλύτερη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, καλύτερη αξιοποίηση της εδαφικής υγρασίας και αύξηση παραγωγικότητας.



**Εικόνα 1:** Επίδραση του στελέχους *Bacillus pumilus* C26 στο σχηματισμό πλευρικών ριζών σε συν-καλλιεργούμενα φυτά *Brachypodium distachyon* (Du Jarbin, 2015).

### 2.2.5 Επίδραση στην ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων ειδών

Οι βιοδιεγέρτες συμβάλλουν στην αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας των παραγόμενων ειδών (Halpern et al., 2015, Melo et al., 2015, Pupo de Oliveira Machado et al., 2014). Το ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα, που επιτυγχάνεται με τη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών, βοηθάει στην καλύτερη αξιοποίηση και πρόσληψη θρεπτικών συστατικών πράγμα που ευνοεί την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών και την αύξηση της παραγωγικότητάς τους (Halpern et al., 2015).

Εφαρμογή βιοδιεγερτικού προϊόντος σε φυτά σόγιας αύξησε τον αριθμό των σπόρων ανά φυτό σε ποικιλίες σόγιας (Melo et al., 2015).

Οι βιοδιεγερτικές ουσίες προκαλούν βελτίωση κάποιων ποιοτικών χαρακτηριστικών των φυτών (Puro de Oliveira Machado et al., 2014). Διεξαγωγή πειραμάτων με βιοδιεγέρτη στο φύλλωμα φυτών καλέντουλας (*Calendula officinalis L.*) αύξησε τον αριθμό των παραγόμενων ταξιανθιών ανά φυτό, οι οποίες χρησιμοποιούνται για φαρμακευτικούς σκοπούς (Puro de Oliveira Machado et al., 2014). Οι ταξιανθίες αυτές περιείχαν αυξημένο αριθμό φλαβονοειδών, πράγμα που καθιστά το αιθέριο έλαιο της καλεντούλας ποιοτικότερο (Puro de Oliveira Machado et al., 2014).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ

### 3.1 Πρώτες για την παρασκευή βιοδιεγερτών

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή βιοδιεγερτικών προϊόντων είναι ποικίλες. Κάποιες από αυτές χρησιμοποιούνται αυτούσιες και κάποιες άλλες υπόκεινται σε επεξεργασίες έως ότου βρεθούν σε μια ικανοποιητική και αξιοποιήσιμη μορφή ώστε να χρησιμοποιηθούν στους βιοδιεγέρτες. Οι κυριότερες πρώτες ύλες είναι τα φύκη, διάφορα φυτικά τμήματα, ζωικά απόβλητα, μικροοργανισμοί, γεωργικά και βιομηχανικά προϊόντα, πετρώματα και απορρίμματα τροφίμων (Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015, Yakhin et al., 2017). Τα φύκη προέρχονται κυρίως από θαλάσσια οικοσυστήματα ενώ φυτικά μέρη, όπως σπόροι, φύλλα, ρίζες και εκκρίματα, ανήκουν σε φυτά διάφορων οικογενειών με κυριότερες τις *Amaryllidaceae*, *Brassicaceae*, *Ericaceae*, *Fabaceae*, *Fagaceae*, *Moringaceae*, *Plantaginaceae*, *Poaceae*, *Rosaceae*, *Solanaceae*, *Theaceae* και *Vitaceae* (Yakhin et al., 2017). Ακόμη, πολλοί βιοδιεγέρτες βασίζονται σε μικροοργανισμούς. Οι μύκητες, τα βακτήρια, οι ζυμομύκητες και οι μεταβολίτες αυτών απομονώνονται, καλλιεργούνται εργαστηριακά και αξιοποιούνται στη γεωργική πρακτική (Du Jarbin, 2015, Yakhin et al., 2017).

Τα χουμικά και τα φουλβικά οξέα βρίσκουν εφαρμογή στην παρασκευή βιοδιεγερτών. Λαμβάνονται από πετρώματα, από την αποσύνθεση οργανικών αποβλήτων αλλά και από την δραστηριότητα των γαιοσκωλήκων (Halpern et al., 2015). Επίσης, μια ακόμη μεγάλη ομάδα προϊόντων περιλαμβάνει χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή, τα οποία παραλαμβάνονται από θαλάσσια καρκινοειδή και ένζυμα (Yakhin et al., 2017). Τέλος, τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και τα αμινοξέα που χρησιμοποιούνται στα βιοδιεγερτικά προϊόντα, προέρχονται από ζωικά και φυτικά υποπροϊόντα και απόβλητα (Halpern et al., 2015, Yakhin et al., 2017). Οι βιοδιεγέρτες παρασκευάζονται και περιλαμβάνουν πολυάριθμα υλικά

και οι τρόποι με τους οποίους αυτά λαμβάνονται και διαμορφώνονται είναι ποικίλοι, πράγματα που καθιστούν τους τρόπους δράσης αυτών των υλικών δύσκολα προσδιορίσιμους (Yakhin et al., 2017).

### **3.2 Κατηγοριοποίηση βιοδιεγερτών**

Οι βιοδιεγέρτες φυτών κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την πηγή των πρώτων υλών. Οι κύριες κατηγορίες είναι οι εξής:

- 1) Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών μερών
- 2) Χουμικά και φουλβικά οξέα
- 3) Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα
- 4) Εμβόλια μικροοργανισμών (μύκητες, βακτήρια)
- 5) Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή και
- 6) Ανόργανες ενώσεις (Al, Co, Na, Se και Si) (Calvo et al., 2014, Du Jardin, 2015, Halpern et al., 2015, Van Oosten et al., 2017).

#### **3.2.1 Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών μερών**

Τα φύκη χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες για να εξυπηρετήσουν ανθρώπινες ανάγκες (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Τα πρώτα ευρήματα για τη αξιοποίηση των φυκών από τον άνθρωπο βρέθηκαν στο Μόντε Βέρντεν (Monte Verden) της Νότιας Χιλής, χρησιμοποιήθηκαν ως πηγή τροφής και υπολογίζεται ότι είναι 15.000 ετών (Battacharyya et al., 2015, Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Αναφορές για τη χρήση φυκών έχουμε ακόμα και στην αρχαία Ιαπωνία, με τη θεά του φαγητού Ukimochi, στην αρχαία Ρώμη όπου χρησιμοποιούνταν στη γεωργική πρακτική και σε πολλούς άλλους αρχαίους πολιτισμούς με χρήσεις σε διάφορους κλάδους μεταξύ των οποίων είναι η γεωργία, η ιατρική, η φαρμακολογία και η υφαντουργία (Battacharyya et al., 2015, Khan et al., 2009).

Το πρώτο εκχύλισμα φυκών σε υγρή μορφή καταγράφηκε το 1940 και ήταν διαθέσιμο στην αγορά με το όνομα «Maxicrop» (Stirk et al., 2014).

Έχουν καταγραφεί περίπου 10.000 είδη φυκών, τα οποία κατατάσσονται με βάση το χρωματισμό τους σε τρεις κύριες ομάδες: καστανά (*Phaeophyta*), κόκκινα (*Rhodophyta*) και πράσινα (*Chlorophyta*) φύκη (Battacharyya et al., 2015, Du Jarbin, 2015, Van Oosten et al., 2017). Τα καστανά φύκη ανέρχονται στα 2.000 περίπου και είναι αυτά που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρασκευή βιοδιεγερτικών προϊόντων (Du Jarbin, 2015, Shekhar Sharma et al., 2014). Τα κυριότερα καφέ φύκη ανήκουν 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). Από αυτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* και *Durvillea potatorum* (Du Jarbin, 2015, Shekhar Sharma et al., 2014).

Η συλλογή των φυκών γίνεται είτε μηχανικά με κατάλληλο μηχανολογικό εξοπλισμό είτε χειροκίνητα, με ειδικά εργαλεία. Η χειρονακτική συγκομιδή είναι πιο χρονοβόρα και κοστοβόρα διαδικασία, σε σχέση με τη μηχανική, είναι όμως περιβαλλοντικά ορθότερη (Shekhar Sharma et al., 2014). Οι νομοθεσίες που αφορούν τη συγκομιδή των θαλάσσιων φυκών διαφέρουν μεταξύ των χωρών. Χώρες όπως η Γαλλία, η Νορβηγία, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και ο Καναδάς επιτρέπουν τη συλλογή με μηχανήματα σε αντίθεση με το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία. Στη Νορβηγία, όπου η συγκομιδή επιτρέπεται κάθε έξι χρόνια, χορηγούνται ειδικές άδειες για τη συλλογή φυκών και απαιτείται κατά τη συγκομιδή να παραμένουν 10cm από το μίσχο του κάθε φύκου στον ωκεανό ώστε να εξασφαλιστεί η ανάπτυξη και η αύξησή του για περιβαλλοντικούς σκοπούς (Shekhar Sharma et al., 2014). Ειδικές άδειες συλλογής χορηγούνται και στη Γαλλία (Shekhar Sharma et al., 2014).

Οι διαδικασίες που ακολουθούνται για την παραλαβή των εκχυλισμάτων φυκών είναι οι εξής: **1)** εκχύλιση με νερό, **2)** εκχύλιση με οξέα και αλκάλια, **3)** κρυο-επεξεργασία και **4)** ρήξη των κυττάρων με υψηλή πίεση (Calvo et al., 2014, Shekhar Sharma et al., 2014). Οι παραπάνω μέθοδοι εφαρμόζονται μεμονωμένα ή

σε συνδυασμό δύο ή περισσότερων διαδικασιών. Αρχικά, τα φύκη πλένονται για την απομάκρυνση ξένων υλών και τεμαχίζονται (Shekhar Sharma et al., 2014). Στην εκχύλιση με νερό οι πρώτες ύλες ξηραίνονται (θερμοκρασία <math>80^{\circ}\text{C}</math>) και υφίστανται εκχύλιση μέσα από υδατική διαδικασία (Shekhar Sharma et al., 2014). Στην δεύτερη περίπτωση γίνεται αρχική επεξεργασία με θειικό οξύ στους  $40\text{-}50^{\circ}\text{C}$  και πίεση  $275\text{-}827\text{kPa}$  για 30 λεπτά και έπειτα χρησιμοποιούνται οξέα ( $\text{HCOOH}/\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ή αλκάλια ( $\text{NaOH}/\text{KOH}/\text{CaCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{K}_2\text{CO}_3$ ) (Shekhar Sharma et al., 2014). Στην τρίτη μέθοδο επεξεργασίας, τα φύκη υφίστανται κρυσταλλοποίηση με υγρό άζωτο ενώ στην τέταρτη μέθοδο, τα φύκη καταψύχονται στους  $-25^{\circ}\text{C}$  και εφαρμόζεται σε αυτά πίεση  $137,895\text{kPa}$ , η οποία προκαλεί ρήξη των κυτταρικών τοιχωμάτων (Shekhar Sharma et al., 2014). Η διεργασία εκχύλισης που θα επιλεγεί εξαρτάται από το είδος του φύκου, το pH, τη θερμοκρασία και την εποχή συλλογής των φυκών (Calvo et al., 2014, Povero et al., 2016).

Τα εκχυλίσματα φυκών διατίθενται σε στερεή ή υγρή μορφή και εφαρμόζεται είτε στη ριζόσφαιρα είτε στο φύλλωμα των φυτών (Battacharyya et al., 2015, Du Jarbin, 2015). Τα προϊόντα αυτά εφαρμόζονται με ψεκασμό, ριζοπότισμα ή σε ανάμειξη με το νερό άρδευσης (Battacharyya et al., 2015, Du Jarbin, 2015). Τα σπρέι φυλλώματος έχουν αποδειχθεί ότι είναι καλό να ψεκάζονται πρωινές ώρες, όταν τα στομάτια των φύλλων είναι ανοικτά. Τα φύκη μπορούν να ενσωματωθούν και στο έδαφος, όμως χρειάζεται προσοχή στο χρόνο και την εποχή εφαρμογή τους ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα με τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, λόγω αξιοποίησής τους από τους μικροοργανισμούς (Battacharyya et al., 2015).

Τα βιοδιεγερτικά αποτελέσματα των εκχυλισμάτων φυκών οφείλονται στην παρουσία σε αυτά οργανικών και ανόργανων στοιχείων και ενώσεων (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Τα φύκη περιέχουν ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών όπως οι αυξίνες, οι κυτοκινίνες, το αμζιζινικό οξύ (ABA), το γιββεριλλικό και το σαλικλικό οξύ (Battacharyya et al., 2015, Shekhar Sharma et al., 2014, Stirk et al., 2014). Ακόμη, περιέχουν πολυφαινόλες (φαινολικά οξέα, λιγνίνες, φλαβονοειδή και ταννίνες) και πολυσακχαρίτες (λαμιναρίνη, αλγινικά άλατα και

φουκοϋδάνη) (Πίνακας 2) (Godlewska et al., 2016, Hernandez-Herrera et al., 2013, Πασπάτης, 1998). Επίσης, τα εκχυλίσματα φυκών είναι πλούσια σε βεταΐνες που βοηθούν τα φυτά σε περιπτώσεις οσμωτικού στρες αλλά και σε στερόλες (φουκοστερόλη και παράγωγα αυτής, χοληστερόλη και εργοστερόλη) (Du Jarbin, 2015, Godlewska et al., 2016, Khan et al., 2009). Τέλος, περιέχουν υδατάνθρακες, μακροθρεπτικά στοιχεία, ιχνοστοιχεία (Fe, I, K, Mg και S) αλλά και ενώσεις με βακτηριοκτόνο και μυκητοκτόνο δράση, όπως τα τερπενοειδή, τα στεροειδή και τα λιπαρά οξέα (Πίνακας 3) (Godlewska et al., 2016, Khan et al., 2009). Τα συστατικά αυτά επηρεάζουν φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών με αποτέλεσμα την προώθηση της αύξησης και ανάπτυξής τους.

Τα εκχυλίσματα φυκών έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν ένα ευρύ φάσμα θετικών αποτελεσμάτων στα φυτά στα οποία εφαρμόζονται (Εικόνα 2). Επηρεάζουν τις φυσιολογικές ιδιότητες του εδάφους, βελτιώνουν τη δομή του εδάφους και τον αερισμό του και διατηρούν την υγρασία του (Battacharyya et al., 2015, Calvo et al., 2014, Khan et al., 2009). Ακόμη, αυξάνουν τη μικροβιακή δραστηριότητα και προάγουν την ανάπτυξη των ριζών έχοντας ως αποτέλεσμα την καλύτερη και ευκολότερη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών (Battacharyya et al., 2015, Khan et al., 2009, Stirk et al., 2014). Επίσης, τα εκχυλίσματα φυκών περιέχουν βεταΐνη, η οποία ενισχύει την φωτοσύνθεση των φυτών και καθυστερεί την γήρανση των ιστών τους (Khan et al., 2009). Τέλος, περιέχουν ουσίες (π.χ. βεταΐνη, προλίνη), οι οποίες προστατεύουν τα φυτά από βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις (π.χ. ξηρασία, αλατότητα, προσβολή από μικροοργανισμούς, ακραίες θερμοκρασίες) (Calvo et al., 2014, Khan et al., 2009). Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα να ευνοείται η ανάπτυξη των φυτών και να αυξάνονται οι αποδόσεις των καλλιεργειών (Khan et al., 2009, Stirk et al., 2014).

Η βιοδιεγερτική επίδραση των εκχυλισμάτων φυκών έχει διαπιστωθεί σε πληθώρα φυτών, μεταξύ των οποίων ο αραβόσιτος, το ρύζι, το κριθάρι, το καρπούζι, η φράουλα, το φασόλι, το σπανάκι, το κρεμμύδι, το καρότο, η πιπεριά και η πατάτα (Πίνακας 4, Πίνακας 5) (Khan et al., 2009, Shekhar Sharma et al., 2014). Εφαρμογή εκχυλίσματος *Ascophyllum nodosum* σε φυτά σπανακιού 7 και 14 ημέρες πριν τη συγκομιδή επέφερε αύξηση των φλαβονοειδών στα φύλλα η



οποία συνοδεύεται με αύξηση της ποιότητας (Battacharyya et al., 2015). Ακόμη, προσθήκη τριών εκχυλισμάτων φυκών (*Spirulina platensis*, *Ascophyllum nodosum* και *Baltic macroalgae*) σε χειμερινό σιτάρι (*Triticum spp.*, ποικιλία Akteur) αύξησε τον αριθμό των σταχυών ανά m<sup>2</sup> πράγμα που συνεπάγεται με αύξηση της απόδοσης των φυτών (Michalak et al., 2016). Τέλος, ψεκασμός με εκχύλισμα *Ascophyllum nodosum* σε σταφύλια ποικιλίας “Thompson seedless”, αύξησε την απόδοση και μείωσε την προσβολή τους από περονόσπορο (*Plasmopara viticola*) (Khan et al., 2009).

Εκτός από τα εκχυλίσματα φυκών, χρησιμοποιούνται ως βιοδιεγέρτες φυτών στη γεωργική πρακτική και εκχυλίσματα από άλλα φυτικά μέρη, όπως σπόροι, φύλλα, ρίζες και εκκρίματα πολλών φυτικών ειδών (Ertani et al., 2016, Yakhin et al., 2017). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα φύλλα του κράταιγου (*Crataegus monogyna Jacq.*), ο φλοιός(επιδερμίδα) κόκκινων σταφυλιών (*Vitis vinifera L.*) και οι καρποί κόκκινου μύρτιλου (*Vaccinium vitis-idaea L.*), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε πειραματική διαδικασία σε φυτά αραβόσιτου ώστε να αξιολογηθεί η ανάπτυξη των φυτών και η επίδραση των εκχυλισμάτων αυτών στην αφομοίωση αζώτου (N) (Ertani et al., 2016). Τα εκχυλίσματα από φύλλα κράταιγου παρήχθησαν με ενζυματική υδρόλυση ενώ του κόκκινου σταφυλιού και του μύρτιλου με εκχύλιση. Εφαρμογή των εκχυλισμάτων αυτών σε φυτά αραβόσιτου επέφερε αύξηση του ξηρού βάρους των φύλλων και των ριζών, πιθανόν λόγω τροποποίησης μεταβολικών διαδικασιών και αύξηση της αφομοίωσης N, η οποία οφείλεται στην παρουσία φαινολικών οξέων στα εν λόγω εκχυλίσματα (Εικόνα 3) (Ertani et al., 2016).

Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού έχει συμβάλει στην αξιοποίηση φυσικών πόρων στον αγροτικό κλάδο προκειμένου να καλυφθούν οι ανθρώπινες ανάγκες για τροφή. Τα φύκη είναι πλούσια σε στοιχεία και συστατικά και η εφαρμογή τους στην γεωργική πρακτική αποτελεί εναλλακτική τεχνολογία. Έχουν πολλαπλές επιδράσεις στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτικών οργανισμών αν και οι τρόποι δράσης τους δεν είναι πλήρως κατανοητοί (Calvo et al., 2014). Οι διαδικασίες συγκομιδής, επεξεργασίας, παραγωγής εκχυλίσματος και εφαρμογής του είναι σχετικά απλές γι’ αυτό και τα εκχυλίσματα φυκών

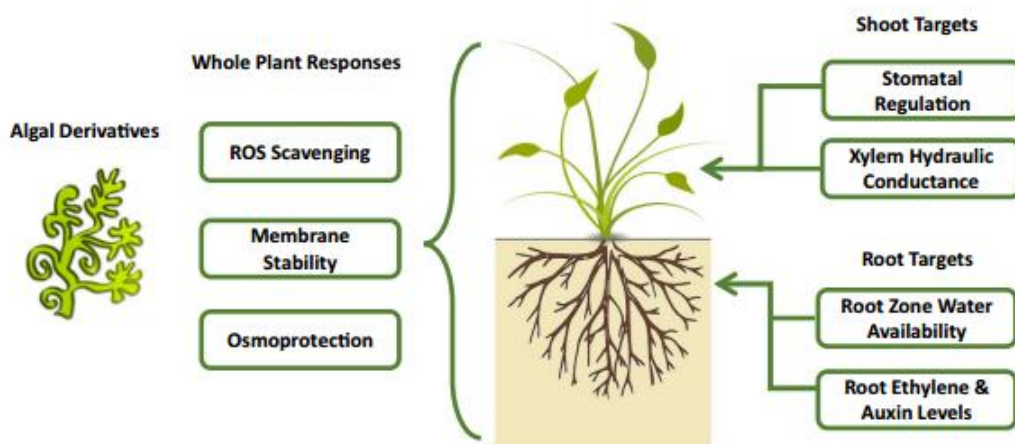
χρησιμοποιούνται σε μεγάλο αριθμό καλλιεργειών ως βιοδιεγέρτες.

**Πίνακας 2:** Πολυσακχαρίτες που περιέχονται σε πράσινα, κόκκινα και καφέ φύκη (Khan et al., 2009).

Seaweed	Polysaccharides
Chlorophyceae (Green)	Amylose, amylopectin
	Cellulose
	Complex hemicellulose
	Glucomannans
	Mannans
	Inulin
	Laminaran
	Pectin
	Sulfated mucilages (glucuronoxylorhamnans)
	Xylans
Rhodophyceae (Red)	Agars, agaroids
	Carrageenans
	Cellulose
	Complex mucilages
	Furcellaran
	Glycogen (floridean starch)
	Mannans
	Xylans, rhodymenan
Phaeophyceae (Brown)	Alginates
	Cellulose
	Complex sulfated heteroglucans
	Fucose containing glycans
	Fucoidans
	Glucuronoxylifucans
	Laminarans
	Lichenan-like glucan

**Πίνακας 3:** Το περιεχόμενο τεσσάρων ειδών φυκών στα μακροστοιχεία νάτριο (Na), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca) και φώσφορος (P) (Hernandez-Herrera et al., 2013).

Species	Na	K	Ca	P
<i>U. lactuca</i>	5.57±0.80	1.85±0.30	1.88±0.06	0.10±0.08
<i>C. sertularioides</i>	4.42±0.40	0.47±0.40	3.10±0.50	0.20±0.08
<i>P. gymnospora</i>	1.81±0.50	4.27±0.60	3.65±0.40	0.10±0.08
<i>S. liebmannii</i>	1.56±0.40	4.54±1.00	1.85±0.08	0.17±0.05



**Εικόνα 2:** Επιδράσεις των εκχυλισμάτων φυκών στην αύξηση και στην ανάπτυξη των φυτών (Van Oosten et al., 2017).

**Πίνακας 4:** Επιδράσεις της εφαρμογής εκχυλισμάτων φυκών σε λαχανοκομικά είδη (Battacharyya et al., 2015).

Καλλιέργεια	Εκχύλισμα φυκών	Επιδράσεις
Φασόλια	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Αύξηση της βλάστησης.
Μπρόκολο	<i>A.nodosum</i>	Αύξηση της αντιοξειδωτικής δράσης, των φλαβονοειδών, των φαινολικών και των ισοθειοκυανικών. Αύξηση στη διάμετρο του στελέχους, στην επιφάνεια των φύλλων, στη βιομάζα και ενισχύει την πρόωμη ανάπτυξη.
Λάχανο	<i>A.nodosum</i> και <i>Durvillaea potatorum</i>	Αύξηση της περιεκτικότητας σε φλαβονοειδή και φαινολικά οξέα.
Καρότο	<i>A.nodosum</i>	Αυξημένη υπεροξειδάση, λύαση αμμωνίας φαινολαλανίνης, χιτινάση, PR1 και PR5. Μειωμένη εμφάνιση των <i>Alternaria radicina</i> και <i>Botrytis cinerea</i> .
Κουνουπίδι	<i>A.nodosum</i>	Αυξημένη απόδοση και διάμετρο ανθοκεφαλών.
Αγγούρι	<i>E.intestinalis</i> , <i>G.pectinatum</i> , <i>Ecklonia maxima</i> , <i>A.nodosum</i>	Αυξημένη απόδοση, περιεκτικότητα σε Fe, Zn και Mn. Αύξηση αριθμού καρπών ανά φυτό και βάρος καρπών.
Μελιτζάνα	<i>A.nodosum</i> , <i>Hypnea musciformis</i> και <i>Gracilaria textorii</i>	Αυξημένη βλαστική ανάπτυξη και απόδοση. Αύξηση της βλάστησης και της απόδοσης των σπόρων.
Μαρούλι	<i>E.maxima</i>	Αυξημένη απόδοση, πρόσληψη K, Mg και Ca.
Πράσινα φασόλια (mung)	<i>Sargassum wightii</i>	Αύξηση συνολικής πρωτεΐνης, υδατανθράκων και λιπιδίων. Αύξηση βλαστών και μήκους ριζών.
Μπάμια	<i>Rosenvigea intricate</i> , <i>Kappaphycus alvarezii</i>	Αυξημένη απόδοση, χλωροφύλλη και καροτενοειδή. Αυξημένη απόδοση, αυξημένο μήκος και διάμετρος καρπών και υψηλότερη διατροφική αξία.
Κρεμμύδι	<i>A.nodosum</i>	Αυξημένη απόδοση και μειωμένη εμφάνιση σήψης.
Πιπεριά	<i>A.nodosum</i>	Αυξημένη απόδοση, διάμετρο καρπών, μήκος και χλωροφύλλη. Αυξημένο περιεχόμενο σε ασκορβικό οξύ.
Πατάτα	<i>E.maxima</i>	Βελτιωμένη εγκατάσταση φυταρίων μετά την μεταφύτευση.
Σπανάκι	<i>A.nodosum</i>	Αυξημένη αντιοξειδωτική δράση, φλαβονοειδή, περιεκτικότητα σε φαινόλη και ικανότητα χηλώσεως Fe <sup>2+</sup> .
Τομάτα	<i>E.maxima</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>P.gymnospora</i> , <i>Hypnea musciformis</i> και <i>Gracilaria textorii</i>	Αυξημένη απορρόφηση Mn. Αυξημένη περιεκτικότητα σε Zn, Fe και χλωροφύλλη. Βελτιωμένη βλάστηση, ύψος και βάρος καρπών. Αυξημένη βλάστηση και απόδοση.
Καρπούζι	<i>A.nodosum</i>	Αύξηση της απόδοσης.

**Πίνακας 5:** Επιδράσεις της εφαρμογής εκχυλισμάτων φυκών σε καλλιέργειες φρούτων (Battacharyya et al., 2015).

Καλλιέργεια	Εκχύλισμα φυκών	Επιδράσεις
Μήλο	<i>A. nodosum</i>	Μειώνεται η τάση για παραγωγή των δένδρων ανά δύο έτη.
Μπανάνα	<i>Ochtodes secundiramea</i> , <i>Laurencia dendroidea</i>	Αναστολή της ανθράκωσης.
Μανταρίνια (Κλημεντίνη)	<i>A. nodosum</i>	Αυξημένη απόδοση.
Σταφύλια	<i>A. nodosum</i>	Αυξημένη πρόσληψη Cu, εισροή K <sup>+</sup> και Ca <sup>2+</sup> . Αυξήθηκε το μέγεθος, το βάρος και η σταθερότητα των ραγών. Αυξημένη απόδοση, ομοιόμορφη ωρίμανση.
Ελιά	<i>A. nodosum</i>	Αυξημένη απόδοση, περιεκτικότητα σε έλαιο, λινολενικό και ελαϊκό οξύ. Επιταχυνόμενη ωρίμανση και μειωμένη περιεκτικότητα σε στεατικό και λινολεϊκό οξύ.
Πορτοκάλια	<i>A. nodosum</i>	Αυξημένη ανάπτυξη υπό στρες ξηρασίας. Αυξημένο βάρος καρπών, ποιότητα, συνολικά διαλυτά στερεά και ζάχαρη.
Παπάγια	<i>Ochtodes secundiramea</i> <i>and, Laurencia dendroidea</i>	Αναστολή της ανθράκωσης.
Αχλάδι	<i>A. nodosum</i>	Αύξηση της απόδοσης, διάμετρος καρπών, βάρος καρπών και αριθμός κυττάρων ανά περιοχή παρεγχυματικού ιστού.
Φράουλα	<i>A. nodosum</i>	Αυξημένη απόδοση καρπών, μέγεθος και συνολική ανθοκυανίνη.



**Εικόνα 3:** Επεξεργασία φυτών αραβόσιτου δεκατεσσάρων ημερών με εκχυλίσματα από φύλλα κράταιγου (HN), φλοιό (επιδερμίδα) κόκκινων σταφυλιών (RGS), μάρτυρας (UNT) και επεξεργασία με εκχυλίσματα από καρπούς κόκκινου μύρτιλου (BB) (Ertani et al., 2016).

### 3.2.2 Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα

Τις τελευταίες δεκαετίες χρησιμοποιούνται στη γεωργία βιοδιεγερτικά προϊόντα με στόχο την κάλυψη των διατροφικών αναγκών του παγκόσμιου πληθυσμού και την ελαχιστοποίηση των χημικών εισροών στις καλλιέργειες. Η χρήση προϊόντων υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων αποτελεί πρακτική που χρησιμοποιείται από τη δεκαετία του '60. Το πρώτο τέτοιο προϊόν παράχθηκε στην Ιταλία το 1969 από ζωικό επιθηλιακό ιστό και εφαρμόστηκε στο φύλλωμα φυτών, όπως ο αραβόσιτος και η τομάτα (Calvo et al., 2014). Γρήγορα διαδόθηκε στην Ευρώπη, την Αμερική και την Μέση και Άπω Ανατολή και η εφαρμογή του

σε διάφορες καλλιέργειες επέφερε βελτιωμένη αύξηση και ανάπτυξη των φυτών (μεγαλύτερο ύψος και βιομάζα φυτών) και αυξημένες αποδόσεις (μεγαλύτερος αριθμός ανθέων ανά φυτό) (Calvo et al., 2014).

Τα προϊόντα με βάση τις πρωτεΐνες διακρίνονται σε προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και μεμονωμένα αμινοξέα (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών αποτελούνται από μείγμα πεπτιδίων και αμινοξέων και προέρχονται από φυτικά υπολείμματα και ζωικά υποπροϊόντα, όπως το ζωικό κολλαγόνο και ελαστίνη (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Η δεύτερη ομάδα, των μεμονωμένων αμινοξέων, περιλαμβάνει 20 αμινοξέα που σχετίζονται με δομικά χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών αλλά και μη πρωτεϊνικά αμινοξέα, που βρίσκονται σε πληθώρα στη φύση (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Η ιστιδίνη, η προλίνη και η γλυκίνη-βεταΐνη αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αμινοξέων όπου η εφαρμογή τους σε καλλιέργειες επέφεραν αλλαγές σε μεταβολικές δραστηριότητες των φυτών και τα προστατεύουν από δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Οι παραπάνω δύο κατηγορίες προϊόντων εφαρμόζονται είτε με ριζοπότισμα είτε με ψεκασμό του φυλλώματος των φυτών (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015).

Οι πρωτεΐνες είναι οργανικές ενώσεις που αποτελούνται κυρίως από αμινοξέα (Ταμουτσίδης, 2008). Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών είναι μείγματα ολιγοπεπτιδίων, πολυπεπτιδίων και αμινοξέων που παράγονται με μερική υδρόλυση φυτικών και ζωικών αποβλήτων και αυξάνουν την ανοχή των φυτών σε συνθήκες αβιοτικής καταπόνησης (Colla et al., 2015, Van Oosten et al., 2017). Οι πρώτες ύλες ζωικής προέλευσης μπορεί να είναι δέρμα, φτερά, σπλάχνα ή και αίμα ζώων ενώ σε ότι αφορά τα φυτικά υποπροϊόντα, μπορεί να είναι υπολείμματα καλλιεργειών, σπόροι και διάφορα άλλα φυτικά μέρη από διάφορα είδη φυτών (Colla et al., 2015). Το μεγαλύτερο ποσοστό (>90%) των υδρολυόμενων προϊόντων παράγονται από ζωικά υποπροϊόντα, όπως η παραλαβή κολλαγόνου από δέρμα ζώων στην Κίνα, την Ινδία και την Ευρώπη (Colla et al., 2015). Η χρήση φυτικών υποπροϊόντων στους βιοδιεγέρτες αποτελεί σχετική καινούργια καινοτομία (Colla et al., 2015). Τέλος, επιπλέον ενώσεις που περιέχονται στα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών είναι λίπη, υδατάνθρακες,

φαινόλες, ανόργανα στοιχεία και πολλές άλλες ενώσεις οργανικής προέλευσης (Ταμουτσίδης, 2008).

Τα βιοδιεγερτικά προϊόντα που περιέχουν αμινοξέα, περιλαμβάνουν ελεύθερα αμινοξέα και πολυπεπίδια που λαμβάνονται με υδρόλυση ζωικών και φυτικών υποπροϊόντων (Colla et al., 2014). Τα αμινοξέα αποτελούν δομικά συστατικά των πρωτεϊνών. Είναι οργανικές ενώσεις αποτελούμενες από μία τουλάχιστον καρβοξυλική ομάδα (-COOH) και μία αμινομάδα (-NH<sub>2</sub>), με μόνη εξαίρεση την προλίνη (Ταμουτσίδης, 2008). Μερικά από τα κυριότερα αμινοξέα είναι η βαλίνη, η λευκίνη, η ισολευκίνη, η αργινίνη, η μεθειονίνη, η γλυκίνη, η αλανίνη, η γλουταμίνη, το γλουταμικό και το ασπαραγινικό οξύ (Calvo et al., 2014, Ταμουτσίδης, 2008). Αμινοξέα όπως η γλουταμίνη και η αργινίνη έχει αποδειχθεί ότι ασκούν ευεργετική επίδραση στην αφομοίωση αζώτου (N) από τα φυτά (Colla et al., 2015). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα αμινοξέα γλυκίνη-βεταΐνη και προλίνη, τα οποία μετά την διεξαγωγή πειραματικών δοκιμών αναφέρθηκε ότι ανακουφίζουν τα φυτά από κάθε είδους αβιοτικό στρες (Colla et al., 2015, Du Jarbin, 2015). Η αβιοτική καταπόνηση αφορά συνθήκες αλατότητας, κρύου, υψηλών θερμοκρασιών, ξηρασίας και οξειδωτικές καταστάσεις (Van Oosten et al., 2017).

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή βιοδιεγερτών που βασίζονται σε προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα είναι είτε φυτικής είτε ζωικής προέλευσης (Du Jarbin, 2015, Nardi et al., 2015). Στα ζωικά υποπροϊόντα συγκαταλέγονται ζωικοί ιστοί, κολλαγόνο και ελαστίνη, ενώ στα φυτικά ανήκουν υπολείμματα καλλιεργειών, αποστάγματα σιταριού, φύκη, σπόροι διάφορων ειδών και φυτά καπνού (*Nicotiana spp.*) (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Οι τρόποι παραλαβής των βιοδιεγερτικών ουσιών είναι χημική, ενζυματική ή και θερμική υδρόλυση (Εικόνα 4) (Calvo et al., 2014, Colla et al., 2015). Ειδικότερα, η χημική υδρόλυση πραγματοποιείται είτε με τη χρήση οξέων (υδροχλωρικό και θειικό οξύ) είτε με αλκάλια (συνήθως υδροξείδιο του καλίου), σε θερμοκρασία >121°C και πίεση > 220,6KPa (Colla et al., 2015). Η ενζυματική υδρόλυση λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία <60°C με πρωτεολυτικά ένζυμα από ζώα (π.χ. παγκρεατίνη), φυτά (π.χ. παπαΐνη) ή και μικροοργανισμούς (π.χ.



αλκαλάση) (Colla et al., 2015). Η θερμική υδρόλυση πραγματοποιείται με την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών στις πρώτες ύλες και είναι η λιγότερο χρησιμοποιούμενη. Τέλος, συνδυασμός χημικής και ενζυματικής υδρόλυσης προτείνεται ως η καλύτερη, οικολογικότερη και ασφαλέστερη μέθοδος (Colla et al., 2015).

Η χρήση βιοδιεγερτών που βασίζονται σε αμινοξέα και πρωτεΐνες προκαλούν μια σειρά θετικών επιδράσεων στα φυτά, με αποτέλεσμα την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση των παραγόμενων ειδών (Εικόνα 5 ) (Colla et al., 2014, Colla et al., 2015). Κατ' αρχήν αυξάνουν τη μικροβιακή δραστηριότητα, τη ριζική ανάπτυξη και την γονιμότητα του εδάφους (Colla et al., 2015, Du Jarbin, 2015, Nardi et al., 2015). Ακόμη, τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και τα αμινοξέα έχουν την ικανότητα να ρυθμίζουν γονίδια και ένζυμα που σχετίζονται με την αφομοίωση θρεπτικών συστατικών όπως τα Fe, Mn, Zn και Cu (Colla et al., 2015, Du Jarbin, 2015). Επίσης, επάγουν την έκφραση γονιδίων που σχετίζονται με την ανοχή των φυτών σε μια σειρά βιοτικών (π.χ. προσβολή από μύκητες) και αβιοτικών (π.χ. αλατότητα, ξηρασία, ακραίες θερμοκρασίες) καταπονήσεων αλλά και την ανοχή σε βαρέα μέταλλα (Calvo et al., 2014). Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων βαρέων μετάλλων προκαλεί τη συσσώρευση προλίνης στους φυτικούς ιστούς, η οποία έχει την ικανότητα σε αντίξοες συνθήκες να καλύπτει τις ανάγκες των φυτών στην έλλειψη νερού αλλά και να καθαρίζει το έδαφος από τις ελεύθερες ρίζες (Calvo et al., 2014).

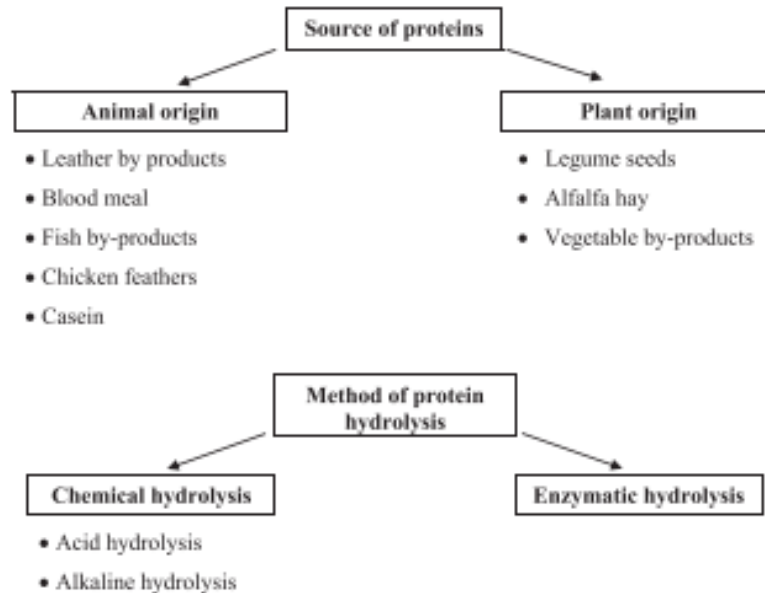
Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και τα ελεύθερα αμινοξέα έχουν εφαρμοστεί σε λωτό, παπάγια, μπανάνα, πιπεριά, τομάτα, καλαμπόκι, μπιζέλι, φράουλα, κόκκινο σταφύλι, μαρούλι και άλλα φυλλώδη λαχανικά (Διάγραμμα 1, Πίνακας 6) (Colla et al., 2014, Colla et al., 2015, Marfa et al., 2009). Εφαρμογή βιοδιεγερτικών σε παπάγια αύξησε τη απόδοση των φυτών κατά 22% ενώ στην μπανάνα αύξησε την απόδοση και προΐμισε τη συγκομιδή κατά 28 ημέρες (Colla et al., 2015). Χρήση προϊόντων υδρόλυσης πρωτεϊνών μείωσε τη συσσώρευση νιτρικών σε φυλλώδη λαχανικά των οικογενειών *Brassicaceae* (ραπανάκι, πύραυλος), *Asteraceae* (μαρούλι), *Apiaceae* (σέλινο, μαϊντανός), *Chenopodiaceae* (σπανάκι) και *Amaranthaceae* (Colla et al., 2015). Επίσης, οι

βιοδιεγέρτες έχουν την ικανότητα να αυξάνουν τη δραστηριότητα ενζύμων, όπως κνιτρική συνθάση, μηλεϊνική αφυδρογονάση, συνθετάση γλουταμίνης και ισοκυτταρική δεϋδρογενάση στον αραβόσιτο (Calvo et al., 2014). Τέλος, προσθήκη βιοδιεγερτικού προϊόντος σε δενδρώδη καλλιέργεια λωτού αύξησε την ανοχή των φυτών στο NaCl με μείωση της αφομοίωσης ιόντων Cl<sup>-</sup> (Colla et al., 2015).

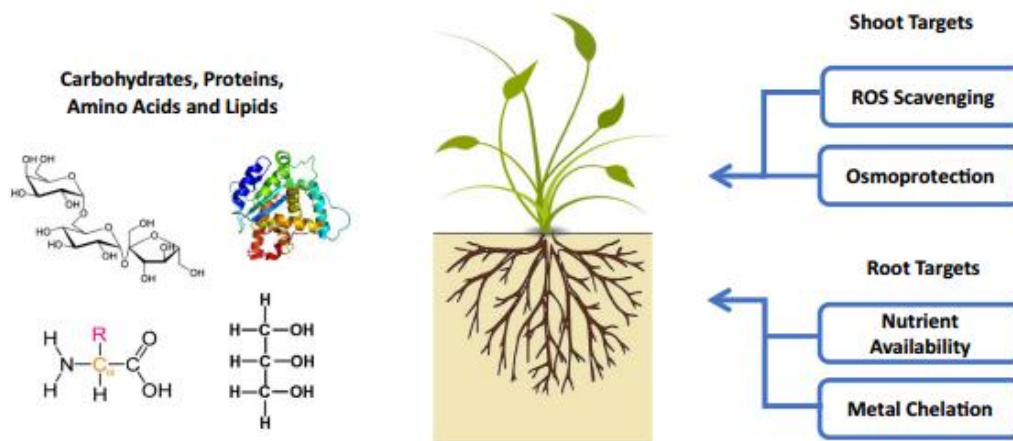
Υπάρχουν πολλά εμπορικά βιοδιεγερτικά προϊόντα που βασίζονται σε προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα. Η εφαρμογή τέτοιων προϊόντων σε φυτά έχει θετικό αντίκτυπο στην αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Παρόλα αυτά υπάρχουν και αναφορές φυτοτοξικότητας (Colla et al., 2014, Nardi et al., 2015). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο ψεκασμός φυλλώματος φυτών τομάτας με αμινοξύ φυτικής προέλευσης. Η εφαρμογή αυτή προκάλεσε αναστολή της ανάπτυξης των φυτών αυτών (Colla et al., 2014). Σε ότι αφορά τους βιοδιεγέρτες ζωικής προέλευσης, έχουν εκφραστεί ανησυχίες σχετικά με την ασφάλειά τους. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για θέματα γονοτοξικότητας, οικοτοξικότητας και φυτοτοξικότητας σε ζύμες και φυτά δεν ανέφεραν ανησυχητικά αποτελέσματα (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Η Ευρωπαϊκή Ένωση με το νόμο αρ.354/2014 απαγόρευσε τη χρήση πρωτεϊνών και αμινοξέων ζωικών υποπροϊόντων σε εδάδιμα μέρη βιολογικών καλλιεργειών (Colla et al., 2014, Colla et al., 2015, Du Jarbin, 2015). Τα επόμενα χρόνια στον παραπάνω νόμο ίσως προστεθούν περιορισμοί, οι οποίοι θα αφορούν την απαγόρευση χρήσης τέτοιων προϊόντων σε φρούτα και λαχανικά που προορίζονται για χορτοφάγους και ανθρώπους με θρησκευτικούς περιορισμούς που δεν επιθυμούν την προσθήκη ζωικών εισροών στα τρόφιμά τους (Colla et al., 2014).

Οι βιοδιεγέρτες που βασίζονται σε υδρολυόμενες πρωτεΐνες και αμινοξέα αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη πρακτική στη σύγχρονη γεωργία. Επηρεάζουν την αναπτυξιακή κατάσταση των φυτών, αυξάνουν τη γονιμότητα και τη μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους και προστατεύουν τα φυτά σε περιπτώσεις αβιοτικού και βιοτικού στρες. Ωστόσο, απαιτείται παραπάνω πειραματισμός και έρευνα ώστε να αποκτηθούν ολοκληρωμένες γνώσεις σχετικά με ζητήματα επίδρασης και τοξικότητας. Σε ότι αφορά τη νομική πτυχή της

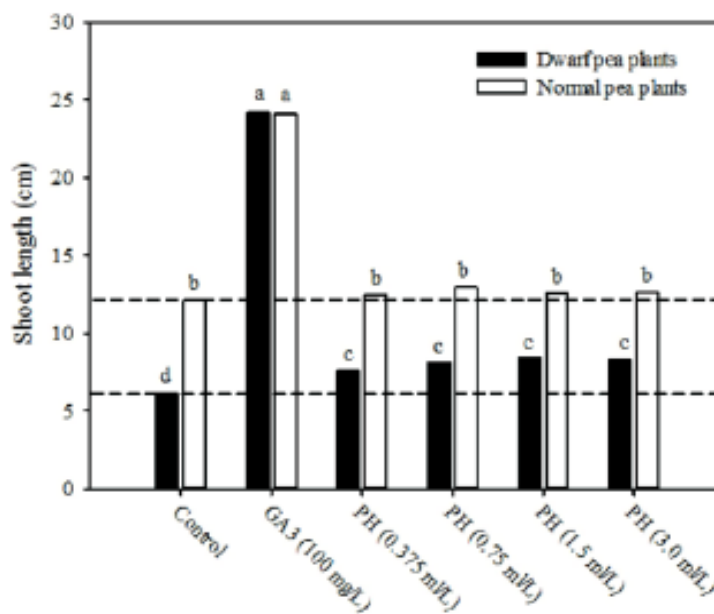
χρήσης τέτοιων προϊόντων είναι ελλιπής τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, αφού πολλές φορές το ίδιο σκεύασμα εμπίπτει σε διαφορετική κατηγορία γεωργικών προϊόντων σε κάθε χώρα. Τέλος, περισσότερη δοκιμή και έρευνα αλλά και καθορισμός σαφούς νομικού πλαισίου θα μπορούσαν να αποτελέσουν αφετηρία για τη χρήση τέτοιων προϊόντων χωρίς δισταγμούς.



**Εικόνα 4:** Ταξινομικά κριτήρια των υδρολυμάτων πρωτεϊνών ανάλογα με την πηγή προέλευσης και τη μέθοδο υδρόλυσης (Colla et al., 2015).



**Εικόνα 5:** Επιδράσεις των προϊόντων υδρόλυσης πρωτεϊνών και των αμινοξέων στην αύξηση και στην ανάπτυξη των φυτών (Van Oosten et al., 2017).



**Διάγραμμα 1:** Επιδράσεις στα μήκη βλαστών κανονικών και νάνων φυτών μιτζελιού που έχουν υποστεί επεξεργασία με γιββερελικό οξύ (GA<sub>3</sub>), τέσσερις αυξανόμενες συγκεντρώσεις (0,375, 0,75, 1,5, και 3,0 ml / L) προϊόντος υδρόλυσης πρωτεϊνών "Trainer" (PH) και φυτά ελέγχου επεξεργασμένα με απιονισμένο νερό (Control). Θεραπείες με τα ίδια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά (Colla et al., 2014).

**Πίνακας 6:** Επιδράσεις της εφαρμογής υδρολυόμενων πρωτεϊνών στο ξηρό βάρος βλαστών, ριζών και συνολικής βιομάζας, στο δείκτη SPAD και στην περιεκτικότητα των φύλλων σε άζωτο σε φυτά τομάτας (Colla et al., 2014).

Protein hydrolysate (ml L <sup>-1</sup> )	Dry biomass (g/plant)			SPAD	Leaf N content (g/kg)
	Shoot	Root	Total		
0	4.85 b	0.71 b	5.56 b	39.0 b	25.4 b
5	5.52 a	0.92 a	6.44 a	44.3 a	30.1 a
10	6.07 a	0.89 a	6.96 a	45.2 a	31.6 a

### 3.2.3 Μικροβιακά εμβόλια

Η προστασία του περιβάλλοντος, η διασφάλιση της δημόσιας υγείας και η παραγωγή ποιοτικών και επαρκών τροφίμων αποτελούν στόχους της σημερινής βιώσιμης γεωργικής παραγωγής. Για να υλοποιηθούν οι παραπάνω στόχοι αλλά και για να μειωθούν οι χημικές εισροές (λιπάσματα, φυτοφάρμακα, φυτορμόνες κ.ά.) και τα λειτουργικά έξοδα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, εφαρμόζονται καινοτόμες πρακτικές, όπως η χρήση μικροβιακών εμβολίων, ώστε να παραχθούν ασφαλή και ποιοτικά τρόφιμα. Η εφαρμογή μικροβιακών εμβολίων γίνεται σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα να έχουν αυξηθεί και οι δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς που ασχολούνται με τον πολλαπλασιασμό, την διακίνηση και την εμπορία των μικροοργανισμών (Calvo et al., 2014).

Οι μύκητες και τα βακτήρια που χρησιμοποιούνται στα βιοδιεγερτικά προϊόντα λαμβάνονται από το έδαφος, το νερό, τους φυτικούς ιστούς, τα ζωικά απόβλητα (π.χ. κοπριά) και τα φυτικά υπολείμματα (Calvo et al., 2014, Sofu et al., 2014). Η αποτελεσματικότητα της χρήσης τους εξαρτάται από το φυτικό είδος καθώς και

από τις κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες (Calvo et al., 2014). Η εφαρμογή μικροβιακών εμβολίων έχει θετικά αποτελέσματα στην αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών μέσα από την πραγματοποίηση και τη διευκόλυνση διαδικασιών όπως η διαλυτοποίηση θρεπτικών συστατικών και η παραγωγή οργανικών οξέων και άλλων πτητικών ενώσεων (Εικόνα 6) (Calvo et al., 2014). Τέλος, η παραγωγή σιδερόφορων αλλά και η επαγωγή μηχανισμών που σχετίζονται με την διαλυτοποίηση και την αφομοίωση του αζώτου καθιστούν τους μικροοργανισμούς χρήσιμους και ευρέως εφαρμοζόμενους στον αγροτικό τομέα (Calvo et al., 2014).

Η χρήση βιοδιεγερτών με μικροοργανισμούς αποτελεί οικολογική και ασφαλή γεωργική πρακτική. Οι μικροοργανισμοί έχουν την ικανότητα να παράγουν ουσίες και να μεταφέρουν στη ριζόσφαιρα των φυτών θρεπτικά συστατικά (Sofa et al., 2014, Wong et al., 2016). Τα μικρόβια απελευθερώνουν διάφορα οργανικά οξέα αλλά παράγουν και φυτορμόνες, τα οποία αυξάνουν τη γονιμότητα του εδάφους και έχουν θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών (Calvo et al., 2014, Wong et al., 2016). Παραδείγματος χάρη, τα βακτήρια *Bacillus licheniformis* και *Bacillus amyloliquefaciens* παράγουν διάφορα οξέα όπως το γαλακτικό, το οξικό και το ισοβουτυρικό οξύ (Calvo et al., 2014). Το μικροβιακό στέλεχος που θα επιλεγεί εξαρτάται από το είδος του φυτού, τον τύπο και τη γονιμότητα του εδάφους ενώ ο τρόπος που δρα κάθε μικροβιακό στέλεχος εξαρτάται από το είδος του μικροοργανισμού (Rouphael et al., 2015, Wong et al., 2016).

Οι μικροοργανισμοί διακρίνονται σε αυτότροφους και ετερότροφους, ανάλογα με την ικανότητά τους να κατασκευάζουν τις οργανικές ενώσεις που χρειάζονται μόνοι τους, και σε αερόβιους και αναερόβιους, ανάλογα με τη χρήση ή όχι του εδαφικού οξυγόνου (Παναγιωτόπουλος, 2010). Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι, προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί, με ποικίλο σχήμα και διάμετρο 0,5-5μm. Συναντώνται σε υδάτινα και χερσαία οικοσυστήματα και η ταχύτητα πολλαπλασιασμού τους εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες του οικοσυστήματος και την ύπαρξη κατάλληλου υποστρώματος (Παναγιωτόπουλος, 2010). Οι μύκητες είναι ετερότροφοι, ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί που η

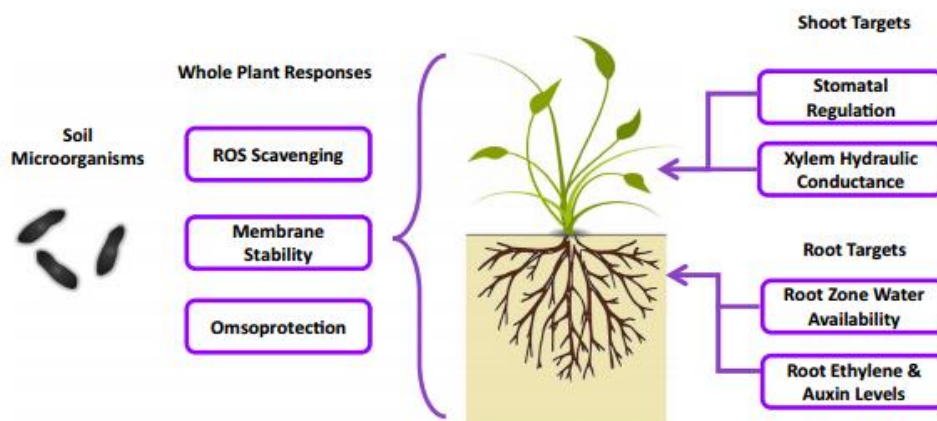
ανάπτυξη και η αναπαραγωγή τους εξαρτάται από την ύπαρξη νεκρού ιστού. Είναι αερόβιοι και έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται σε συνθήκες έντονης υγρασίας ανεξάρτητα από την οξύτητα ή την αλκαλικότητα του εδάφους (Παναγιωτόπουλος, 2010).

Τα βακτήρια που χρησιμοποιούνται στους βιοδιεγέρτες φυτών ανήκουν σε πολλά και διαφορετικά γένη και εφαρμόζονται για ποικίλους σκοπούς. Βακτήρια που ανήκουν στα γένη *Azoarcus spp.*, *Azotobacter spp.*, *Bacillus spp.*, *Pantoea spp.*, *Burkholderia spp.*, *Beijerinckia spp.*, *Herbaspirillum spp.* και *Glyconoacebacter spp.* έχουν την ικανότητα να σταθεροποιούν το ατμοσφαιρικό άζωτο ( $N_2$ ) και να το καθιστούν άμεσα διαθέσιμο στα φυτά (Calvo et al., 2014, Van Oosten et al., 2017). Πειραματική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε σε σιτάρι με *Azospirillum brasilense* αύξησε την παρουσία αζώτου 7-12% (Calvo et al., 2014). Ακόμη, τα γένη *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Enterbacter*, *Citrobacter* και *Serratia* έχουν την ικανότητα μέσα από διαδικασίες παραγωγής ουσιών να καθιστούν θρεπτικά στοιχεία όπως τα K, Cu, Mn, Ca, Mg και S καλύτερα διαθέσιμα στους φυτικούς οργανισμούς. Τέλος, η παραγωγή φυτομονών (όπως το IAA) από βακτήρια όπως το *Azospirillum brasilense* και το *Bacillus licheniformis* καθιστούν τους μικροοργανισμούς ιδιαίτερα ευεργετικούς για την ανάπτυξη και την αύξηση των φυτών (Calvo et al., 2014, Wong et al., 2016).

Οι μύκητες που χρησιμοποιούνται στη γεωργική πράξη ως βιοδιεγέρτες προσφέρουν πληθώρα ευεργετικών αποτελεσμάτων στα φυτά. Οι μύκητες που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι οι *Trichoderma spp.* και *Glomus spp.* και πιο συγκεκριμένα τα είδη *T.harzianum*, *T.viride* και *G.innaradices* (Sofa et al., 2014). Τα παραπάνω είδη εφαρμόζονται κυρίως για την καταπολέμηση ασθενειών των φυτικών οργανισμών και σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία το 60% των βιοδιεγερτών περιλαμβάνει τα είδη αυτά (Sofa et al., 2014). Άλλα γένη μυκήτων που χρησιμοποιούνται στα ενισχυτικά φυτών είναι τα *Neotyphodium spp.*, *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.*, *Cucularia spp.* και *Colletotrichum spp.* (Calvo et al., 2014). Τα γένη αυτά εφαρμόζονται σε τομάτα (*Solanum lycopersicum*), πιπεριά (*Capsicum annuum*), σιτάρι και κριθάρι αύξησαν την ανοχή των φυτών σε συνθήκες αβιοτικής καταπόνηση και πιο συγκεκριμένα ξηρασίας (Πίνακας 7,

Πίνακας 8) (Calvo et al., 2014).

Το γένος *Trichoderma* είναι ευρέως διαδεδομένο, περιλαμβάνει περισσότερα από 200 μυκορριζικά είδη και εμφανίζεται τόσο σε χερσαία όσο και σε υδάτινα περιβάλλοντα (Du Jarbin, 2015, Lopez-Bucio et al., 2015, Roupael et al., 2015). Τα κυριότερα είδη είναι τα *T.reesei*, *T.subeffusum*, *T.luteffusum*, *T.atrovide*, *T.harzianum*, *T.virens*, *T.viride*, *T.polysporum*, *T.sulphurea* και *T.phellinicola* και έχει αποδειχθεί ότι προστατεύουν τα φυτά σε συνθήκες αβιοτικού στρες (ξηρασία, θερμοκρασία, κρύο, αλατότητα), επηρεάζουν θετικά την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος αλλά και ότι αυξάνουν τη φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα (Εικόνα 7) (Lopez-Bucio et al., 2015). Εφαρμογή του *Trichoderma* έχει πραγματοποιηθεί σε πολλές καλλιέργειες, ανάμεσα στις οποίες ανήκουν το αγγούρι, το χρυσάνθεμο, το φραγκοστάφυλο και το μαρούλι (Lopez-Bucio et al., 2015). Χρήση τριών ειδών *Trichoderma* (*T.harzianum*, *T.viride*, *T.virens*) σε φυτά ρεβιθίου επέφερε αύξηση της φυτικής βιομάζας και βελτίωσε την πρόσληψη στοιχείων όπως ο P και το N ενώ εφαρμογή *T.hamatum* σε *Ochradenus baccatus* επέφερε βελτιωμένη ανάπτυξη των φυτών (Lopez-Bucio et al., 2015).



**Εικόνα 6:** Επιδράσεις των μικροοργανισμών στην αύξηση και στην ανάπτυξη των φυτών (Van Oosten et al., 2017).

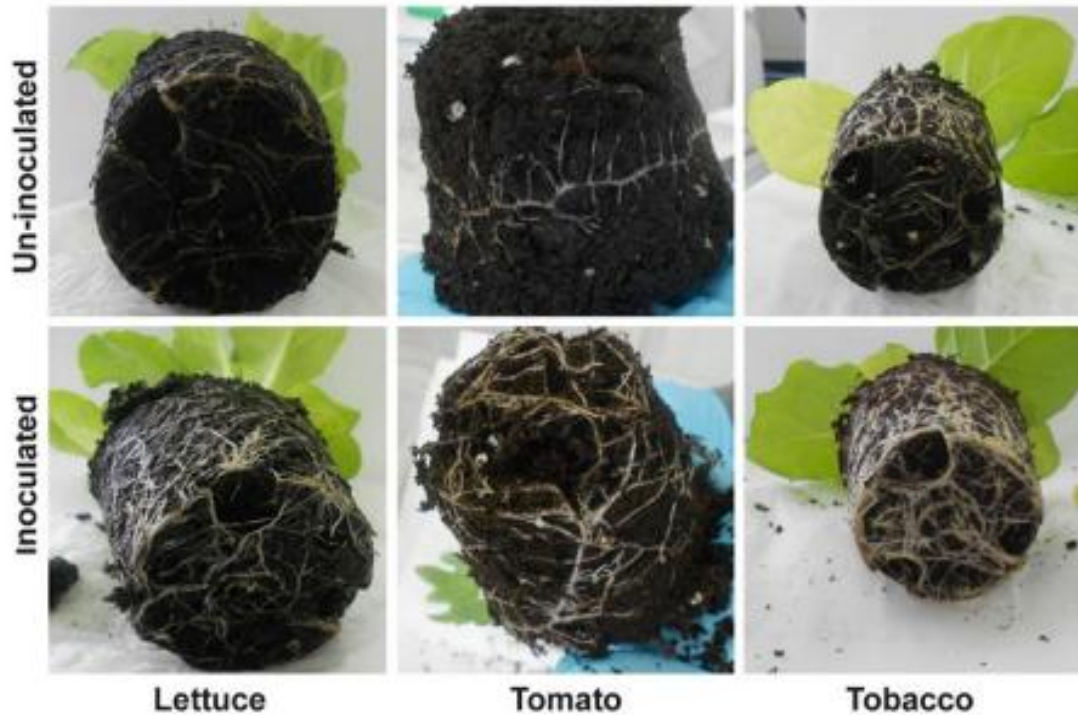


**Πίνακας 7:** Επιδράσεις εμβολιασμού με μυκορριζικά είδη στην αποδοτικότητα κηπευτικών καλλιεργειών υπό ξηροθερμικές συνθήκες (Rouphael et al., 2015).

Καλλιεργούμενο Είδος	Μυκορριζικό Είδος	Χώρος Ανάπτυξης	Αποτελέσματα και επιδράσεις
<i>Poncirus trifoliata</i>	<i>G. versiforme</i>	Θερμοκήπιο	Ο εμβολιασμός αύξησε το νωπό, ξηρό βάρος και την επιφάνεια των φύλλων σε σπορόφυτα κάτω από στρες ξηρασίας λόγω της βελτίωσης πρόσληψης P, K και Ca.
<i>Pistachia vera</i>	<i>F. mosseae</i> , <i>R. intraradices</i>	Θερμοκήπιο	Τα εμβολιασμένα φυτά φιστικιάς είχαν υψηλότερο ποσοστό σε P, K, Zn και Mn στα φύλλα από τα μη εμβολιασμένα φυτά.
<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>R. intraradices</i>	Αγρός	Η εμπορεύσιμη νωπή απόδοση εμβολιασμένων φυτών ήταν υψηλότερη κατά 12-25%, ανάλογα με τις συνθήκες τις ξηρασίας από τα μη εμβολιασμένα φυτά λόγω υψηλότερης πρόσληψης N και P.
<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>F. mosseae</i> , <i>G. versiforme</i>	Θερμοκήπιο	Η αποικιοποίηση των φυτών τομάτας από την μυκορριζικούς μύκητες βελτιώθηκε. Αυξήθηκε η απόδοση κατά 19-32% σε σύγκριση με μη ενοφθαλμισμένα φυτά υπό διάφορες υδατικές καταστάσεις.
<i>Cucumis melo</i>	<i>F. mosseae</i> , <i>G. versiforme</i> , <i>R. intraradices</i>	Θερμοκήπιο	Τα φυτά που εμβολιάστηκαν με <i>F. mosseae</i> έδειξαν μεγαλύτερη ανεκτικότητα στην ξηρασία, όπως αποδεικνύεται από τις αυξημένες αντιοξειδωτικές δραστηριότητες, τα διαλυτά σάκχαρα και τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα.
<i>Capsicum annuum</i>	<i>Glomus mix</i> ( <i>G. albidum</i> , <i>G. claroides</i> and <i>G. diaphanum</i> )	Θερμοκήπιο	Φυτά πιπεριάς εμβολιασμένα με το μείγμα <i>Glomus</i> ZAC-19 παρουσίασαν αυξημένη ανοχή στην ξηρασία.
<i>Lactuca sativa</i>	<i>R. Intraradices</i>	Θάλαμος ανάπτυξης	Στα εμβολιαζόμενα φυτά, αυξήθηκε η ανοχή τους στην ξηρασία λόγω μείωσης της διαπνοής και, ταχύτερης και καλύτερης ρύθμιση του αμιζινικού οξέος σε σύγκριση με τα μη εμβολιασμένα φυτά.
<i>Fragaria × ananassa</i>	<i>F. mosseae</i> , <i>F. geosporus</i> και <i>mixed inoculation</i>	Θερμοκήπιο	Ο εμβολιασμός με ένα ή δύο είδη μυκήτων προκάλεσε αύξηση των αποδόσεων και αύξηση του δείκτη SPAD υπό συνθήκες υδάτινου στρες.
<i>Anthrithinum majus</i>	<i>G. deserticola</i>	Θερμοκήπιο	Τα εμβολιαζόμενα φυτά παρουσίασαν μεγαλύτερη απόδοση και αυξημένη ξηρή μάζα σε βλαστό και ρίζες. Η ανοχή στην ξηρασία αποδόθηκε στην αύξηση της χλωροφύλλης και της περιεκτικότητας σε μακροθρεπτικά συστατικά (N, P, K, Ca και Mg).

**Πίνακας 8:** Επιδράσεις εμβολιασμού με μυκορριζικά είδη στην απόδοση οπωροκηπευτικών καλλιεργειών υπό φυσιολογικές συνθήκες (Rouphael et al., 2015).

Καλλιεργούμενο Είδος	Μυκορριζικό Είδος	Χώρος Ανάπτυξης	Αποτελέσματα και επιδράσεις
<i>Vitis spp. rootstocks</i>	<i>R. intraradices</i>	Αγρός	Τα ενοφθαλμισμένα φυτά μπόρεσαν να διατηρήσουν υψηλότερες συγκεντρώσεις P και K στα ανώτερα φύλλα και Na και Cl στα κατώτερα φύλλα που οδηγεί σε υψηλότερες παραμέτρους ανάπτυξης.
<i>Citrus tangerine</i>	<i>F. mosseae, Paraglomus occultum</i>	Θερμοκήπιο	Η ανεκτικότητα σε άλατα των φυτωρίων εσπεριδοειδών ενισχύθηκε από την παρουσία μυκορριζών και έδωσε καλύτερη ανάπτυξη φυτών, μορφολογία ριζών, φωτοσύνθεση και διατροφική κατάσταση (υψηλότερος λόγος K, Mg και K / Na και κατώτερο Na).
<i>Olea europea</i>	<i>F. mosseae, R. intraradices, Claroideoglomus claroideum</i>	Αγρός/ Θερμοκήπιο	Τα μυκορριζικά φυτά έδειξαν τη χαμηλότερη βιομάζα με μείωση της παραγωγής (-34%) με αλατότητα σε σύγκριση με τα φυτά ελέγχου (-78%), με το <i>F. mosseae</i> να είναι το πιο αποτελεσματικό. Η ανοχή στο στρες οφειλόταν στην αυξημένη πρόσληψη K.
<i>Fragaria × ananassa</i>	<i>F. caledoniensis, F. mosseae, R. irregularis, F. mosseae + R. irregularis</i>	Θερμοκήπιο	Το μείγμα των δύο μυκορριζικών μυκήτων αύξησε τις παραμέτρους ανάπτυξης σε υψηλότερο βαθμό από ό, τι το μεμονωμένο είδος σε χαμηλά επίπεδα (0-50 mM), ενώ σε υψηλότερη αλατότητα (100-200 mM) αμβλύνεται στρες άλατος καλύτερα από τα υπόλοιπα είδη.
<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>F. mosseae</i>	Θερμοκήπιο	Υψηλότερη ενίσχυση της δραστηριότητας των δισμουτάση του υπεροξειδίου και καταλάση.
<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>R. intraradices</i>	Θάλαμος ανάπτυξης	Τα εμβολιαζόμενα φυτά παρήγαγαν περισσότερη βιομάζα υπό στρες άλατος.
<i>Capsicum annuum</i>	<i>R. clarum</i>	Θερμοκήπιο	Ο εμβολιασμός βελτίωσε τις παράμετροι ανάπτυξης της πιπεριάς κάτω από στρες άλατος.
<i>Cucurbita pepo</i>	<i>R. intraradices</i>	Θερμοκήπιο	Ο εμβολιασμός των καλλιεργειών μείωσε την επιβλαβή επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα λόγω βελτίωσης πρόσληψης θρεπτικών, όπως το K.
<i>Lactuca sativa</i>	<i>R. intraradices</i>	Εργαστήριο /Θερμοκήπιο	Ο εμβολιασμός ενίσχυσε την έκφραση του γονιδίου LsPIP1, υπεύθυνο για τη διαπερατότητα του νερού στις ρίζες προστατεύοντας τα φυτά σε συνθήκες ωσμωτικού στρες.
<i>Lactuca sativa</i>	<i>R. irregularis</i>	Θερμοκήπιο	Τα εμβολιαζόμενα φυτά ήταν ικανά να ανακουφίσουν τα αρνητικά αποτελέσματα της αλατότητας μέσω της αυξημένης παραγωγής στριγκολακτόνης.
<i>Dianthus caryophyllus</i>	<i>R. intraradices</i>	Θερμοκήπιο	Ο εμβολιασμός με μυκορριζές μπορεί να βελτιώσει το μέγεθος και το χρώμα του άνθους λόγω της αύξησης των N, P, και Ca και της μείωσης των τοξικών ιόντων (Na και Cl)
<i>Euonymus japonica</i>	<i>Glomus iranicum var. tenuihypharum</i>	Θερμοκήπιο	Ο εμβολιασμός αύξησε τις συγκεντρώσεις τα P, Ca και K στα φύλλα.



**Εικόνα 7:** Επίδραση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος σε φυτά μαρουλιού, τομάτας και καπνού μετά από εμβολιασμό με το στέλεχος *Trichoderma harzianum* T-22 (κάτω) και χωρίς εμβολιασμό (πάνω) μετά από 25, 21 και 20 ημέρες αντίστοιχα (Sofa et al., 2014).

### 3.2.4 Χουμικά και φουλβικά οξέα

Μέχρι το 2030 αναμένεται να αυξηθεί 2-5 φορές η παγκόσμια ζήτηση σε φαγητό ενώ η παραγωγή τροφίμων θα αυξηθεί 60% ώστε να μπορέσουν να καλυφθούν οι ανάγκες ταχέως αναπτυσσόμενου πληθυσμού (Canellas et al., 2015). Η προστασία του περιβάλλοντος, η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών και η κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών σε ότι αφορά διατροφικά θέματα, αποτελούν μείζονα ζητήματα (Baldotto et al., 2016). Η χρήση

ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων και ο σεβασμός στους φυσικούς πόρους (έδαφος, νερό, βιοποικιλότητα) θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια καλή αρχή για την παραγωγή τροφίμων χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία (Canellas et al., 2015). Οι χουμικές ουσίες αποτελούν ανανεώσιμη πρώτη ύλη και χρησιμοποιούνται ως βιοδιεγέρτες σε πληθώρα καλλιεργούμενων ειδών (Baldotto et al., 2016).

Οι χουμικές ουσίες είναι από τα πιο άφθονα οργανικά μόρια στη γη (Calvo et al., 2014, Nardi et al., 2015). Είναι συστατικά του εδάφους που προκύπτουν από την αποικοδόμηση φυτών, ζώων, μικροβιακών υπολειμμάτων καθώς και από τη μεταβολική δραστηριότητα του εδάφους (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Πηγές χουμικών ουσιών αποτελούν η τύρφη, η κοπριά, ο λιγνίτης και τα ηφαιστειογενή εδάφη (Du Jarbin, 2015, Van Oosten et al., 2017). Η χημική δομή των ουσιών αυτών περιέχει ποσότητες άνθρακα(C), οξυγόνου(O), υδρογόνου(H), αζώτου(N) και θείου(S) (Αναλογίδης, 2007). Ο διαχωρισμός των χουμικών ουσιών γίνεται με τη μέθοδο της κλασμάτωσης. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη διαλυτότητα που παρουσιάζουν τα διάφορα συστατικά του χούμου και μετά την επεξεργασία που υφίσταται ο χούμος προκύπτουν χουμικά οξέα, φουλβικά οξέα, χουμίνες και διάφορες άλλες ουσίες (Αναλογίδης, 2007, Canellas et al., 2015).

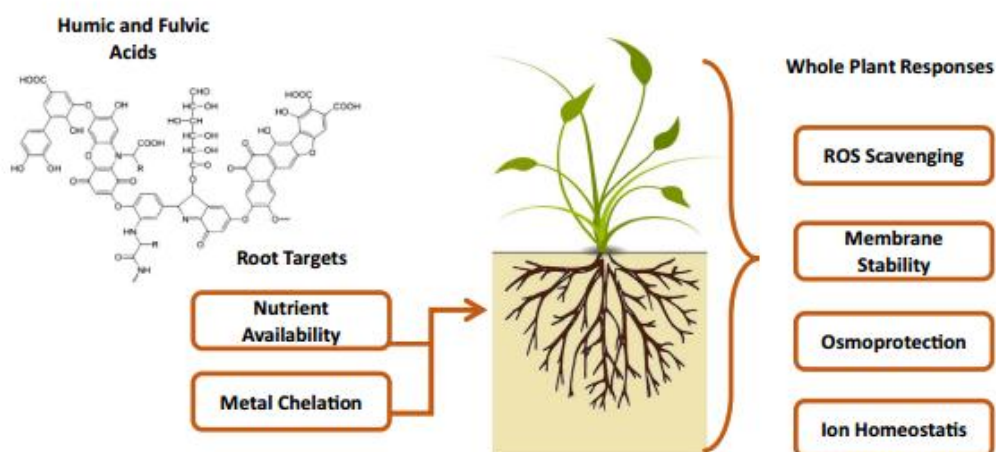
Οι χουμικές ουσίες περιλαμβάνουν τα χουμικά οξέα, που είναι διαλυτά σε φυσικά μέσα, τα φουλβικά οξέα, που είναι διαλυτά σε όξινα και βασικά μέσα, και τις χουμίνες, οι οποίες δεν εξάγονται από το έδαφος (Calvo et al., 2014). Ο διαχωρισμός χουμικών και φουλβικών οξέων γίνεται ανάλογα με τα μοριακά τους βάρη, τη διαλυτότητά τους, την οξύτητά τους και τη χημική τους δομή (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Πιο συγκεκριμένα, οι διαφορές που παρουσιάζουν είναι οι εξής: **1)** τα φουλβικά οξέα έχουν χαμηλότερο μοριακό βάρος σε σχέση με τα χουμικά, **2)** τα φουλβικά οξέα έχουν μεγαλύτερη συνολική οξύτητα, **3)** τα φουλβικά οξέα έχουν μεγαλύτερους αριθμούς καρβοξυλικών ομάδων, **4)** τα φουλβικά οξέα έχουν υψηλότερη προσρόφηση και ανταλλαγή κατιόντων από τα χουμικά οξέα, **5)** τα φουλβικά οξέα έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο και μικρότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα και **6)** τα φουλβικά οξέα αποτελούνται

από φαινολικά και βενζενοκαρβοξυλικά οξέα ενώ τα χουμικά αποτελούνται από αρωματικούς δακτύλιους του τύπου δι- ή τρι- υδροξυφαινόλης (Αναλογίδης, 2007, Calvo et al., 2014).

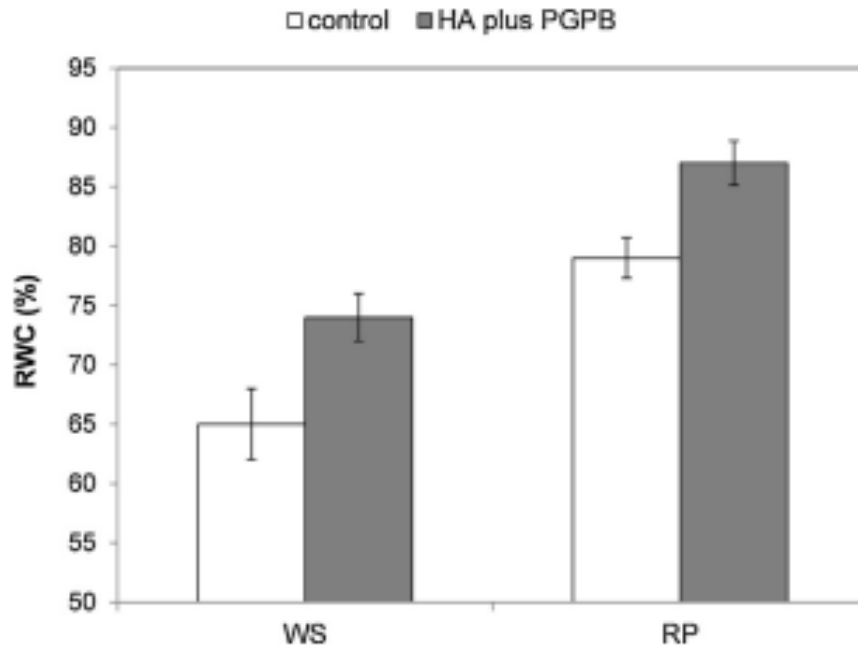
Οι επιδράσεις που ασκεί η εφαρμογή χουμικών και φουλβικών οξέων στο έδαφος εξαρτώνται από την πηγή προέλευσής τους, τη συγκέντρωση και το μοριακό τους βάρος, τις συνθήκες του περιβάλλοντος, το φυτικό είδος και τον τρόπο εφαρμογής των ουσιών αυτών (Calvo et al., 2014, Du Jarbin, 2015). Τα παραπάνω οξέα έχουν την ικανότητα να προκαλούν ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, να βελτιώνουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών και να ανακουφίζουν τα φυτά σε συνθήκες αβιοτικού στρες (αλατότητα) (Εικόνα 8) (Baldotto et al., 2016, Calvo et al., 2014, Canellas et al., 2015). Επιπλέον, η προσθήκη τέτοιων ουσιών στο έδαφος ή στο φύλλωμα των φυτών αυξάνει τη φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα και βελτιώνει τη δομή και κάποιες φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους (Calvo et al., 2014, Canellas et al., 2015). Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών και τη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των παραγόμενων προϊόντων (Baldotto et al., 2016, Calvo et al., 2014).

Τα χουμικά και τα φουλβικά οξέα έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε γεωργικές καλλιέργειες, όπως το ρύζι, το σιτάρι και ο αραβόσιτος, σε λαχανοκομικά είδη, όπως η ντομάτα, η πιπεριά, το φασόλι και η πατάτα, σε διακοσμητικά φυτά όπως η λαντάνα, το χρυσάνθεμο και ο βασιλικός και σε διάφορα άλλα καλλιεργούμενα είδη όπως τα λεμόνια, τα φιστίκια και τα σταφύλια (Διάγραμμα 2) (Calvo et al., 2014, Canellas et al., 2015). Εφαρμογή χουμικού οξέος σε οينوποιήσιμα σταφύλια βελτίωσε ποιοτικά χαρακτηριστικά τους ενώ προσθήκη του σε φυτά βασιλικού (*Ocimum basilicum*) επέφερε αύξηση της απόδοσης σε αιθέριο έλαιο ανά εκτάριο (Calvo et al., 2014). Τέλος, σε μελέτες που έγιναν σε χρυσάνθεμο (*Chrysanthemum indicum*) και φιστίκι (*Pistacia vera*) κάτω από συνθήκες αλατότητας, διαπιστώθηκε ότι τα φυτά δεν παρουσίασαν τόσο έντονα στοιχεία μάρανσης σε σχέση με τους δείκτες, οι οποίοι δεν είχαν υποστεί ριζοπότισμα με χουμικές ουσίες (Calvo et al., 2014).

Η χρήση χουμικών και φουλβικών οξέων ως βιοδιεγέρτες αποτελούν μια καινοτόμα γεωργική πρακτική. Η εφαρμογή αυτών των ουσιών αυξάνει την ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων ειδών μέσα από τη βελτιωμένη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, την αύξηση της ανοχής των φυτών σε αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις και τη βελτίωση των φυσιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους. Συμπερασματικά, γίνεται φανερό ότι οι χουμικές ουσίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν καινοτόμα, οικονομική, βιώσιμη και αποτελεσματική λύση για τη χρήση τους σε καλλιέργειες.



**Εικόνα 8:** Επιδράσεις των χουμικών και των φουλβικών οξέων στην αύξηση και στην ανάπτυξη των φυτών (Van Oosten et al., 2017).



**Διάγραμμα 2:** Επίδραση στη σχετική περιεκτικότητα σε νερό [RWC (%)] φύλλων κοινού φασολιού με και χωρίς εμβολιασμό με χουμικά οξέα και βακτήρια προαγωγής ανάπτυξης φυτών (HA plus PGPB), κατά τη διάρκεια υδατικής πίεσης (WS) και μετά την περίοδο αποκατάστασης (RP) (Canellas et al., 2015).

### 3.2.5 Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή

Η αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών, λόγω υπερθέρμανσης του πλανήτη, και η επιδιωκόμενη αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών, κατέστησαν τη χρήση των βιοδιεγερτικών ουσιών μια ευρέως αναπτυσσόμενη γεωργική πρακτική (Goni et al., 2016). Η χιτοζάνη αποτελεί υλικό που χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, ανάμεσα στους οποίους ανήκουν η ιατρική, η βιομηχανία και η γεωργία (Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Στον αγροτικό τομέα γίνεται εφαρμογή της χιτοζάνης εδώ και δεκαετίες, πράγμα που την καθιστά

αξιοποιήσιμη στις καλλιέργειες και την κατατάσσει στους βιοδιεγέρτες φυτών (Pichyangkura & Chadchawan, 2015).

Η χιτοζάνη είναι οργανικός πολυσακχαρίτης, αποτελεί αποακετυλιωμένη μορφή της χιτίνης και περιέχει β-1,4-δ-γλυκοζαμίνη και N-ακετυλογλυκοζαμίνη (Du Jarbin, 2015, Pichyangkura & Chadchawan, 2015, Χατζηλάρη, 2012). Η χιτοζάνη παράγεται από την αποκαρβοξυλίωση της χιτίνης με τη βοήθεια NaOH (Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Η χιτίνη συναντάται στον εξωσκελετό των εντόμων, στα κελύφη των θαλάσσιων καρκινοειδών (καβούρια, αστακοί, γαρίδες) και στα κυτταρικά τοιχώματα ορισμένων μυκήτων (Pichyangkura & Chadchawan, 2015, Χατζηλάρη, 2012). Οι βασικές διαφορές της χιτίνης από τη χιτοζάνη είναι οι εξής: **1)** η χιτίνη διαθέτει υψηλότερη αναλογία N-ακετυλογλυκοζαμίνη (>95%) και μικρότερη αναλογία β-1,4-δ-γλυκοζαμίνη (<5%) από τη χιτοζάνη και **2)** η χιτοζάνη είναι εύκολα διαλυτή με χρήση οξικού ή γαλακτικού οξέος σε αντίθεση με τη χιτίνη, που είναι αδιάλυτη στους περισσότερους διαλύτες (Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Η χιτοζάνη βρίσκει εφαρμογή σε είδη διατροφής, καλλυντικά, ιατρικά είδη και βιοδιεγέρτες φυτών (Du Jarbin, 2015, Χατζηλάρη, 2012).

Η επεξεργασία της χιτίνης για την παραλαβή χιτοζάνης γίνεται με τη βοήθεια NaOH (40-50% β/ο), παρόλα αυτά υπάρχουν και μικροοργανισμοί που είναι σε θέση να αποικοδομήσουν τους ολιγοσακχαρίτες της χιτίνης και να ληφθεί χιτοζάνη (El Hadrami, 2010, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Η αποικοδόμηση γίνεται με τη βοήθεια μυκήτων και βακτηρίων. Οι μύκητες ανήκουν στην ομάδα Mucorales και τα κυριότερα γένη είναι τα *Mortierella spp.*, *Aspergillus spp.*, *Trichoderma spp.*, *Verticillium spp.*, *Thielavia spp.*, *Penicillium spp.* και *Humicola spp.* (El Hadrami, 2010). Οι μικροοργανισμοί υδρολύουν τους γλυκοσιτικούς δεσμούς της χιτίνης και μέσα από μία σειρά διεργασιών λαμβάνεται η παραχθείσα χιτοζάνη (El Hadrami, 2010).

Η εφαρμογή χιτοζάνης επηρεάζει την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Το μέγεθος της επίδρασης εξαρτάται από τη δομή και τη συγκέντρωση της χιτοζάνης, το αναπτυξιακό στάδιο του φυτού, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και



pH του εδάφους (El Hadrami, 2010, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Μερικές από τις επιδράσεις της χιτοζάνης στους φυτικούς οργανισμούς είναι η ενίσχυση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και η αύξηση της ανοχής των φυτών σε αβιοτικές καταπονήσεις (Du Jarbin, 2015, Goni et al., 2016, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Ακόμη, έχει την ικανότητα να ενεργοποιεί γονίδια άμυνας έναντι βακτηρίων και μυκήτων, και να καθιστά τα φυτά περισσότερο ανθεκτικά σε μικροβιακές εισβολές (Du Jarbin, 2015, El Hadrami, 2010). Μερικοί μικροοργανισμοί στους οποίους αναστέλλει την ανάπτυξη είναι οι *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Staphylococcus aureus* και *Phytophthora capsici* (El Hadrami, 2010, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Τέλος, έχουν αναφερθεί εντομοκτόνες ιδιότητες της χιτοζάνης καθώς και ιδιότητες κατά των ιών και των ιοειδών (El Hadrami, 2010).

Η χρήση της χιτοζάνης ως βιοδιεγερτικό προϊόν χρησιμοποιείται σε πολλές καλλιέργειες, όπως η ντομάτα (*Solanum lycopersicum* L.), ο βασιλικός (*Ocimum basilicum* L.), ο αραβόσιτος (*Zea mays* L.), η παπάγια (*Carica papaya* L.), το λίτσι (*Litchi chinensis*), το βερίκοκο (*Prunus armeniaca*), η μουσμουλιά (*Eriobotrya japonica*), ο ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.) και ο καπνός (*Nicotiana tabacum* L.) (Πίνακας 9) (El Hadrami, 2010, Goni et al., 2016, Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Πειραματικός ψεκασμός που πραγματοποιήθηκε σε τομάτες ποικιλίας «Moneymaker» για την προστασία τους έναντι του παθογόνου *Fusarium oxysporum*, οδήγησε σε μείωση της προσβολής των φυτών κατά 25-30% σε σχέση με τα φυτά δείκτες (Goni et al., 2016). Ακόμη, εμφάνιση στελεχών αμπέλου (*Vitis vinifera* L.) σε διάλυμα χιτοζάνης 0,5% (β/ο) έδειξε αυξημένα ποσοστά χλωροφύλλης στα φυτά (Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Τέλος, εφαρμογή χιτοζάνης σε ροδάκινα, μήλα, λίτσι, φράουλα και παπάγια μείωσε την εμφάνιση καστανής σήψης στους καρπούς (Pichyangkura & Chadchawan, 2015).

**Πίνακας 9:** Επιπτώσεις της χιτοζάνης σε ενζυματικά και μη-ενζυματικά αντιοξειδωτικά αμυντικά συστήματα σε καλλιέργειες κηπευτικών (Pichyangkura & Chadchawan, 2015).

Καλλιεργούμενο Είδος	Τύπος χιτοζάνης και Συγκέντρωση	Μέθοδος Εφαρμογής	Επιδράσεις
Βερίκοκο	Χιτοζάνη χαμηλού μοριακού βάρους 0,5% (β / ο) σε 0,5% (ο / ο) άνυδρο οξικό οξύ	Επικάλυψη καρπών	Αυξημένη αντιοξειδωτική δράση.
Λίτσι	Κίτρινο κέλυφος χιτοζάνης 1-2% (β / ο) σε 2% (β / ο) 1 γλουταμικό οξύ.  Η χιτοζάνη (90-95% DD και 690-100 mPa ιξώδες) 1%, 2% ή 3% (β / ο) σε 12,5% (ο / ο) οξικό οξύ.  Χιτοζάνη από κελύφη καβουριού σε 20 g / L.	Εμβάπτιση καρπών  Επικάλυψη καρπών (αποφλοιωμένοι)  Εμβάπτιση καρπών	Αυξημένη δραστηριότητα υπεροξειδάσης.
Φραγκοστάφυλο	Η χιτοζάνη σε 0,75% (β / ο) σε 0,5% (ο / ο) οξικό οξύ.	Επικάλυψη καρπών	Αυξημένη περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ και αντιοξειδωτική ικανότητα.
Ομφαλοφόρα πορτοκάλια	Χιτοζάνη (90% DD) σε 2% (β / ο) σε οξικό οξύ	Εμβάπτιση καρπών	Αύξηση υπεροξειδάσης, δισμουτάσης υπεροξειδίου, και επίπεδα γλουταθειόνης. Αναστολή δραστηριότητας καταλάσης και μειωμένη περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ.
Ροδάκινο	Χιτοζάνη από κελύφη καβουριού 5-10 mg / mL	Επικάλυψη καρπών	Αυξημένη δραστηριότητα δισμουτάσης υπεροξειδίου.
Επιτραπέζια σταφύλια	Η χιτοζάνη (90-95% DD και 15 cp ιξώδες) σε 0,5% (v / v) οξικό οξύ.  Η χιτοζάνη (90-95% αποκετυλιωμένη, 15 cp ιξώδες) σε 1 g / L σε 0,5% (v / v) οξικό οξύ.	Πριν τη συγκομιδή: ψεκάσμος σταφυλιών  Μετά την συγκομιδή: επικάλυψη ραγών  Ψεκάσμος πριν από τη συγκομιδή	Ανασταλμένη δραστηριότητα δισμουτάσης υπεροξειδίου.  Αυξημένη δραστηριότητα δισμουτάσης υπεροξειδίου  Αυξημένες δραστηριότητες δισμουτάσης υπεροξειδίου και λυάσης αμμωνίας φαινυλαλανίνης.  Μειωμένη δραστηριότητα δισμουτάσης υπεροξειδίου.
Τομάτα	Η χιτοζάνη (90% αποακετυλίωση, 15 cP ιξώδες) σε 0,5% και 1% (β / ο) σε 1% HCl.	Προσθήκη σε κάθε πληγή	Αυξημένη δραστηριότητα υπεροξειδάσης.

### **3.2.6 Ανόργανες ενώσεις**

Οι ανόργανες ενώσεις που ακολουθούν κατατάσσονται στα λιπάσματα και όχι στους βιοδιεγέρτες, όμως πολλά βιοδιεγερτικά σκευάσματα, συχνά αλλά όχι αποκλειστικά περιέχουν ιχνοστοιχεία οργανικής ή μη προέλευσης.

Τα ανόργανα στοιχεία διακρίνονται σε μακροστοιχεία και ή ιχνοστοιχεία, ανάλογα με την ποσότητα στην οποία είναι αναγκαία στους φυτικούς οργανισμούς. Στα μακροστοιχεία περιλαμβάνονται τα άζωτο(N), φώσφορο(P), κάλιο(K), άνθρακας(C), υδρογόνο(H), οξυγόνο(O), ασβέστιο(Ca), μαγνήσιο(Mg) και θείο(S) ενώ στα ιχνοστοιχεία τα σίδηρος(Fe), μαγγάνιο(Mn), ψευδάργυρος(Zn), βόριο(B), χαλκός(Cu), χλώριο(Cl) και μολυβδαίνιο(Mo) (Θεριός, 2005). Η αφομοιωσιμότητα αυτών των στοιχείων εξαρτάται από πέντε παράγοντες: **1)** το μητρικό υλικό, **2)** το pH του εδάφους, **3)** τις οξειδωτικές και αναγωγικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα, **4)** το ποσοστό οργανικής ουσίας και αργίλου στο έδαφος και **5)** τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διάφορων στοιχείων (Παναγιωτόπουλος, 2010). Κάθε φυτό δεν έχει τις ίδιες ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά. Έτσι, υπάρχουν στοιχεία τα οποία δεν αξιοποιούνται από όλα τα φυτά, όπως υπάρχουν και στοιχεία που χρησιμοποιούνται από ορισμένα είδη φυτών. Τέτοια στοιχεία είναι το νάτριο(Na), το σελήνιο(Se), το αλουμίνιο ή αργίλιο(Al), το πυρίτιο(Si) και το κοβάλτιο(Co), όμως συχνά περιλαμβάνονται σε βιοδιεγερτικά σκευάσματα.

Το νάτριο(Na) προσλαμβάνεται από τα φυτά υπό τη μορφή ιόντων νατρίου( $\text{Na}^+$ ) και το ποσοστό στους φυτικούς ιστούς κυμαίνεται από 0,01-10% ενώ στο έδαφος είναι καλό να μην υπερβαίνει τα 0,2me/100gr εδάφους (Ταμουτσίδης, 2008, Τσαπικούνης, 2004). Πηγές νατρίου αποτελούν το χλωριούχο νάτριο ( $\text{NaCl}$ ) που βρίσκεται στο θαλασσίνο νερό ή σαν ορυκτό άλας, το νίτρο της Χιλής ( $\text{NaNO}_3$ ), ο κρυόλυθος ( $\text{Na}_3\text{AlFe}_6$ ) και ο βόρακας ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) (Ταμουτσίδης, 2008). Το νάτριο είναι απαραίτητο σε φυτά που αναπτύσσονται σε αλατούχα εδάφη (αλόφυτα), καθώς τα προστατεύουν από το οσμωτικό στρες (Du Jarbin, 2015, Καράταγλης, 1994, Ταμουτσίδης, 2008). Άλλοι φυτικοί οργανισμοί στους οποίους χρειάζεται το νάτριο είναι το σπανάκι, το σακχαρότευτλο, το σέλινο, το λάχανο, το ραπάνι και η μουστάρδα (Πασπάτης,

1998). Το νάτριο είναι σημαντικό και για τους αζωτοδεσμευτικούς μικροοργανισμούς (*Anabaena* και *Plectonema*), οι οποίοι το χρησιμοποιούν κατά τη φάση της νιτρογένεσης (Πασπάτης, 1998). Πειραματική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε σε πιπεριά (*Capsicum annuum L.cv. Demre*) με χουμικό οξύ και φώσφορο υπό συνθήκες αλατότητας, μείωσε την περιεκτικότητα των βλαστών σε Na και αύξησε τις συγκεντρώσεις N,P,K,Ca,Fe,Mg,S,Mn και Cu (Van Oosten et al., 2017).

Το σεληνικό ανιόν( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) αποτελεί τη μορφή η οποία απορροφάται από τα φυτά (Πασπάτης, 1998). Πηγή σεληνίου αποτελούν τα ορυκτά θείου και πιο συγκεκριμένα το υδροσελήνιο ( $\text{H}_2\text{Se}$ ) και το σεληνικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ) (Ταμουτσίδης, 2008). Το σελήνιο χρειάζεται σε φυτά όπως τα σταυρανθή (*Cruciferae*), το λάχανο, τα σινάπια, το κρεμμύδι και ορισμένα είδη του γένους *Astragalus* (Πασπάτης, 1998). Σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο και η Νότια Αφρική το σιτάρι αποτελεί σημαντική πηγή σεληνίου (Hawkesford & Barraclough, 2014). Στην Κίνα, τα εδάφη περιέχουν σημαντικά ποσοστά σεληνίου καθιστώντας τα ακατάλληλα για την ανάπτυξη φυτικών οργανισμών και την παραγωγή εδώδιμων προϊόντων (Calvo et al., 2014). Επεξεργασία σιταριού με φουλβικά οξέα σε εδάφη με μεγάλα ποσοστά σε Se μείωσαν τα συμπτώματα της τοξικότητας στα φυτά σίτου (Calvo et al., 2014). Φυτά μαρουλιού και σόγιας που έχουν υποστεί επεξεργασία με σελήνιο, καθυστέρησε η γήρανση των φυτικών τους ιστών (Manaf, 2016).

Το αλουμίνιο ή αργίλιο(Al) προσλαμβάνεται από τα φυτά υπό τη μορφή ιόντων  $\text{Al}^{3+}$ . Η αντίδραση (pH) του εδάφους, η οργανική ουσία, τα άλατα και η περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο επηρεάζουν το ποσοστό της αργιλίου στο εδαφικό διάλυμα (Τσαπικούνης, 2004). Η παρουσία του αργιλίου στο έδαφος διαπιστώνεται όταν αυτό ξεπεράσει το 60% οπότε και περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών (Calvo et al., 2014, Τσαπικούνης, 2004). Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι εμποδίζει την κυτταροδιαίρεση στις ρίζες, επηρεάζοντας αρνητικά την αύξηση και την ανάπτυξή τους. Η ανικανότητα των ριζών για πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και νερού προκαλούν νέκρωση του φυτού (Τσαπικούνης, 2004). Οι μορφές  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  και  $\text{Al}(\text{OH})^+$  είναι οι κύριες υπεύθυνες για την για την

όξυνση των εδαφών, παρόλα αυτά η ασβέστωση, η οργανική λίπανση και η προσθήκη φωσφόρου είναι ικανές να επαναφέρουν το pH του εδαφικού διαλύματος σε κανονικά επίπεδα (Τσαπικούνης, 2004).

Το πυρίτιο(Si) υπάρχει στο έδαφος με τη μορφή πυριτικού οξέος  $[\text{Si}(\text{OH})_4]$  και μονομερούς ή μονοπυριτικού οξέος ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) σε ποσότητα μεταξύ 0,1-0,2 Mm. Το πυρίτιο χρησιμοποιείται σε πολλές καλλιέργειες, μεταξύ αυτών μονοκοτυλήδονα και δικοτυλήδονα φυτά, φρούτα και λαχανικά (Etesami & Jeong, 2018). Οι επιδράσεις του πυριτίου στους φυτικούς οργανισμούς αφορούν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, την ανοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις (ξηρασία, αλατότητα), τη ρύθμιση της δραστηριότητας διάφορων αντιοξειδωτικών ενζύμων, τη βιοσύνθεση της λιγνίνης και τη ρύθμιση του ποσοστού των ορμονών ανάπτυξης εσωτερικά του φυτού (Etesami & Jeong, 2018). Πείραμα με εφαρμογή πυριτίου σε φυτικό οργανισμό υπό συνθήκες αβιοτικών πιέσεων (αλατότητα, ξηρασία) επέφερε αυξημένη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών μεταξύ των οποίων τα N,P,K,Mg,Fe,Zn και Cu (Etesami & Jeong, 2018).

Το κοβάλτιο(Co) απορροφάται από τα φυτά υπό μορφή ιόντων κοβαλτίου( $\text{Co}^{2+}$ ). Πρώτες ύλες για τη λήψη κοβαλτίου αποτελούν τα ορυκτά κοβαλτίτης ( $\text{CoAsS}$ ) και σμαλτίτης ( $\text{CoAs}_2$ ) και οι μετεωρίτες (Πασπάτης, 1998, Ταμουτσίδης, 2008). Απαραίτητη για τα φυτά και τους μικροοργανισμούς είναι η συγκέντρωση του κοβαλτίου σε ίχνη (Καράταγλης, 1994). Μερικοί φυτικοί οργανισμοί από τους οποίους αξιοποιείται το κοβάλτιο είναι η μηδική, το βαμβάκι, τα φασόλια και η μουστάρδα (Πασπάτης, 1998). Επίσης, το κοβάλτιο είναι απαραίτητο και για τα ζώα και τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*, τα οποία το χρησιμοποιούν για τη σύνθεση της βιταμίνης  $\text{B}_{12}$  (Καράταγλης, 1994).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

### 4.1 Εφαρμογές βιοδιεγερτών σε καλλιέργειες σήμερα

Οι βιοδιεγερτικές ουσίες εφαρμόζονται σε πληθώρα καλλιεργειών σήμερα. Ανάμεσα σε αυτές τις καλλιέργειες συγκαταλέγονται δενδρώδεις καλλιέργειες όπως εσπεριδοειδή, μηλοειδή, ελιές και αμπέλια (οινοποιήσιμα και επιτραπέζια) καθώς και γεωργικές καλλιέργειες όπως σιτηρά, ρύζι, ελαιοκράμβη και ζαχαρότευτλο (Du Jarbin, 2015, Shekhar Sharma et al., 2014). Επίσης, έχουν αναφερθεί εφαρμογές σε σολανώδη και σταυρανθή λαχανικά, σε αρωματικά και ανθοκομικά είδη καθώς και σε πολλές άλλες καλλιέργειες (Du Jarbin, 2015, Shekhar Sharma et al., 2014) (Πίνακας 10). Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χρήσης βιοδιεγερτών σε διάφορα φυτικά είδη.

**Πίνακας 10:** Καλλιέργειες στις οποίες εφαρμόζονται σήμερα βιοδιεγέρτες στην Ευρώπη (Du Jarbin, 2015).

<i>Δένδρα και Αμπελοκαλλιέργειες</i>	<i>Γεωργικές Καλλιέργειες</i>	<i>Λαχανοκομικές Καλλιέργειες και Όσπρια</i>		<i>Άλλα φυτά</i>
<b>Εσπεριδοειδή</b>	Κριθάρι	Μπρόκολο	Κρεμμύδι	Διακοσμητικά
<b>Πυρηνόκαρπα</b>	Αραβόσιτος	Λάχανο	Πιπεριά	Φυτόρια
<b>Σταφύλια</b>	Ρύζι	Καρότο	Τομάτα	Χλοοτάπητας
<b>(οινοποιήσιμα, επιτραπέζια)</b>	Σιτάρι	Κουνουπίδι	Μαρούλι	
	Ελαιοκράμβη	Αγγούρι	Φράουλα	
	Ζαχαρότευτλο	Μελιτζάνα	Τομάτα	
		Σκόρδο	Καρπούζι	
		Πεπόνι		

#### 4.1.1 Εφαρμογές σε ανθοκομικά είδη

Οι βιοδιεγερτικές ουσίες έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλά ανθοκομικά είδη, μεταξύ των οποίων το δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis* L.), η Καλέντουλα (*Calendula officinalis* L.) και ο Ανανάς του Φθινοπώρου [*Eucomis autumnalis* (Mill) Chitt] (Foroutan Nia et al., 2016, Masondoa et al., 2016, Pupo de Oliveira Machado et al., 2014).

Πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία σε φυτά δενδρολίβανου η οποία αφορούσε την ποιότητα και την ποσότητα του αιθέριου ελαίου αλλά και την ενδεχόμενη μείωση της χρήσης λιπασμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα βιοδιεγερτικά σκευάσματα με βάση αμινοξέα (Aminolforte, Kadostim, Humiforte και Fosnutren) και στον μάρτυρα εφαρμόστηκε λίπασμα με N:P:K σε αναλογία 15:8:15. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική επιρροή τόσο στην ποσότητα όσο και στην ποιότητα του αιθέριου ελαίου (Foroutan Nia et al., 2016). Τα σκευάσματα Humiforte και Aminolforte έδωσαν τις μεγαλύτερες ποσότητες αιθέριου ελαίου, η εφαρμογή Fosnutren αύξησε την περιεκτικότητα των συστατικών β-πινένιο, 1,8-κινεόλη και καμφορά στο αιθέριο έλαιο, το σκεύασμα Aminolforte αύξησε την περιεκτικότητα των συστατικών β-πινένιο, α-τερπινεόλη και βορνεόλη ενώ στη επέμβαση με το λίπασμα εμφανίστηκε υψηλή περιεκτικότητα σε μυρσενικά και βερβενόνη. Οι βιοδιεγερτικές ουσίες που βασίζονται σε αμινοξέα έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν την ποσότητα και την ποιότητα του αιθέριου ελαίου αλλά και να μειώνουν τη χρήση χημικών λιπασμάτων (Foroutan Nia et al., 2016).

Εφαρμογή βιοδιεγερτικού προϊόντος σε φυτά Καλέντουλας έγινε με σκοπό να εξεταστεί η επιρροή του στην ανάπτυξη, στον αριθμό των ταξιανθιών και στην περιεκτικότητά τους σε φλαβονοειδή. Οι δόσεις που εφαρμόστηκαν ήταν 0,3,6,9,12 και 15mL\*L<sup>-1</sup> βιοδιεγερτικού προϊόντος, που περιείχε κυτοκίνη (90 mg/L), αυξίνη (50 mg/L) και γιββερελλικό οξύ (50 mg/L) (Pupo de Oliveira Machado et al., 2014). Έγινε ψεκασμός στα φύλλα σε δέκα διαδοχικές εφαρμογές. Τα αποτελέσματα που πάρθηκαν έδειξαν αύξηση του αριθμού των φύλλων κατά 20%, των ανθέων κατά 36,97% και της ξηράς ουσίας των ριζών κατά 97,28% σε

σύγκριση με τον έλεγχο (Puro de Oliveira Machado et al., 2014). Η συγκέντρωση  $6\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$  βιοδιεγερτικού προϊόντος έδωσε το μεγαλύτερο ύψος φυτών αλλά και τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα των φυτών σε φλαβονοειδή. Η χρήση βιοδιεγέρτη επηρεάζει την ανάπτυξη αλλά και την περιεκτικότητα των ανθέων σε φλαβονοειδή (Puro de Oliveira Machado et al., 2014).

Πραγματοποιήθηκε εφαρμογή δύο φαινολικών βιοδιεγερτών (Φλορογλουκινόλη και Eckol) με βάση τα φύκη σε φυτά Ανανά του Φθινοπώρου (*Eucomis autumnalis*), τα οποία αξιοποιούνται στην παραδοσιακή ιατρική και στην κηποτεχνία. Η εφαρμογή των βιοδιεγερτών έγινε με διαβροχή και αξιολογήθηκαν παράμετροι ανάπτυξης και το φυτοχημικό περιεχόμενο των φυτών τέσσερις μήνες μετά την εφαρμογή (Masondoa et al., 2016). Τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε βιοδιεγερτικό προϊόν, σε σχέση με τους μάρτυρες, παρουσίασαν παραγωγή περισσότερων βολβών, μεγαλύτερο μέγεθος βολβών, αύξηση του αριθμού ριζοβολίας των βολβών και αύξηση φυτοχημικών συστατικών όπως το  $\rho$ -υδροξυβενζοϊκό και το φερουλικό οξύ (Masondoa et al., 2016). Οι βιοδιεγέρτες φυτών επηρέασαν διάφορους παράγοντες ανάπτυξης, όπως αριθμός και μέγεθος βολβών και βαθμό ριζοβολίας αλλά και φυτοχημικά συστατικά των φυτών (Masondoa et al., 2016).

#### **4.1.2 Εφαρμογές σε λαχανοκομικά είδη**

Οι βιοδιεγέρτες εφαρμόζονται σε πληθώρα λαχανοκομικών ειδών, όπως η πατάτα (*Solanum tuberosum L.*), η ντομάτα (*Solanum lycopersicum L.*) και το καρότο (*Daucus carota*) (Hernandez-Herrera et al., 2013, Szczepanek et al., 2015, Wasim Haider et al., 2012, Zarzecka et al., 2017).

Σε πείραμα των Wasim Haider et al., (2012) έγινε χρήση του βιοδιεγέρτη «Primo» από εκχυλίσματα φυκών σε φυτά πατάτας ποικιλίας 'Sante' ώστε να αξιολογηθεί η ανάπτυξη, η ποιότητα και η απόδοση των κονδύλων. Πραγματοποιήθηκαν φυλλικές εφαρμογές σε τρία στάδια ανάπτυξης (30 ημέρες, 45 ημέρες και 60 ημέρες μετά τη σπορά) ενώ στα φυτά μάρτυρες έγιναν



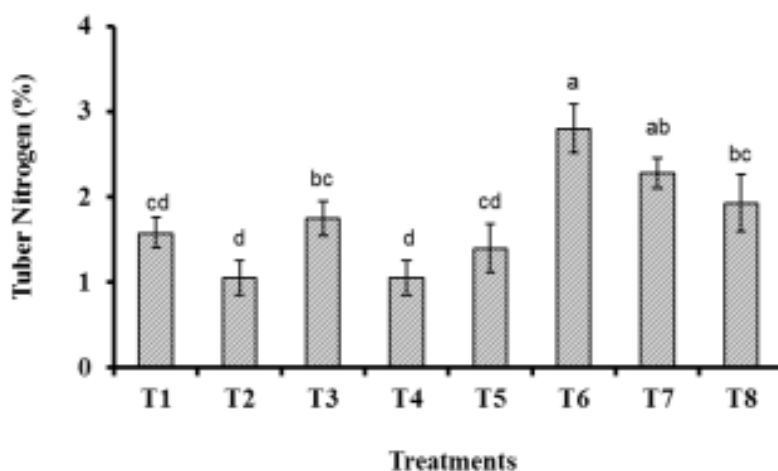
εφαρμογές με νερό (Wasim Haider et al., 2012) . Τα αποτελέσματα που πάρθηκαν έδειξαν βελτιωμένη ανάπτυξη, απόδοση και ποιότητα κονδύλων στα φυτά που είχαν υποστεί ψεκάσμο με βιοδιεγερτικό προϊόν ενώ οι κόνδυλοι παρουσίασαν αυξημένο περιεχόμενο σε άζωτο, διαλυτά στερεά και πρωτεΐνες (Διάγραμμα 3, Διάγραμμα 4, Διάγραμμα 5) (Wasim Haider et al., 2012) . Το προϊόν «Primo» που βασίζεται σε εκχυλίσματα φυκών επηρέασε σημαντικά την ανάπτυξη, την ποιότητα και την ποσότητα των κονδύλων πατάτας (Διάγραμμα 6) (Wasim Haider et al., 2012).

Σε άλλο πείραμα, έγιναν επεμβάσεις σε τρεις ποικιλίες πατάτας (Bartek, Gawin και Honorama) με τα παρακάτω ζιζανιοκτόνα και βιοδιεγερτικά προϊόντα: Harrier 295 ZC, Sencor 70 WG, ρυθμιστή ανάπτυξης Kelpak SL (εκχυλίσματα φυκών που περιέχουν φυτορμόνες) και Asahi SL (μείγμα φαινολικών ενώσεων), έλεγχος των ζιζανίων μηχανικά, ώστε να προσδιοριστεί το περιεχόμενο των κονδύλων σε πολυφαινόλες με φασματομετρική μέθοδο (Zarzecka et al., 2017). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ζιζανιοκτόνα και οι βιοδιεγέρτες αύξησαν την περιεκτικότητα των κονδύλων σε πολυφαινόλες (Zarzecka et al., 2017). Το ποσοστό αύξησης εξαρτάται από την ποικιλία, με την ποικιλία Honorata να παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό πολυφαινολών και την ποικιλία Gawin το μικρότερο (Zarzecka et al., 2017).

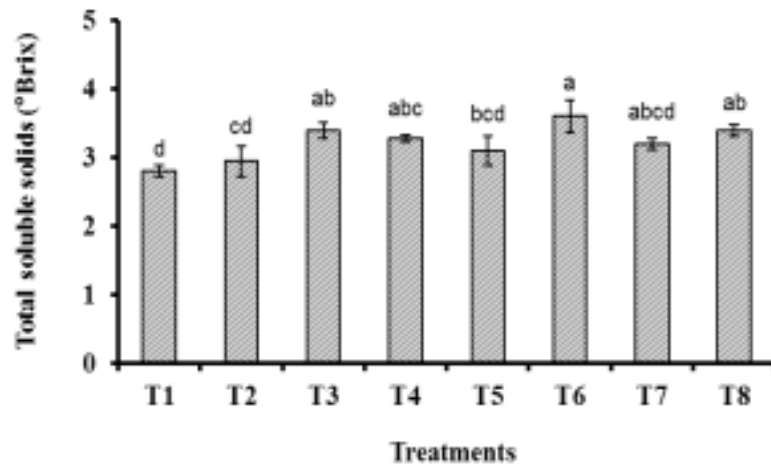
Εφαρμογή υγρών εκχυλισμάτων φυκών από *Ulva lactuca*, *Caulerpa sertularioides*, *Padina gymnospora* και *Sargassum liebmannii* έγινε σε ντομάτες ώστε να αξιολογηθεί η ανάπτυξη και η βλάστηση (Hernandez-Herrera et al., 2013). Τα αποτελέσματα που πάρθηκαν έδειξαν αυξημένη βλαστική ικανότητα των σπόρων που έχουν υποστεί επεξεργασία με *Ulva lactuca* και *Padina gymnospora* ενώ σε ότι αφορά τα φυτά μετέπειτα, παρουσίασαν αυξημένο μήκος βλαστών, μήκος ρίζας και βάρος (Διάγραμμα 7, Διάγραμμα 8). Η χρήση βιοδιεγερτικών προϊόντων που βασίζονται σε φύκη επηρεάζει τόσο τη βλάστηση των σπόρων όσο και την ανάπτυξη των φυτών (Hernandez-Herrera et al., 2013).

Σε άλλο πείραμα οι Szczepanek et al., το 2015 πραγματοποίησαν εφαρμογές Kelpak SL (εκχυλίσματα φυκών που περιέχουν φυτορμόνες) και Asahi SL

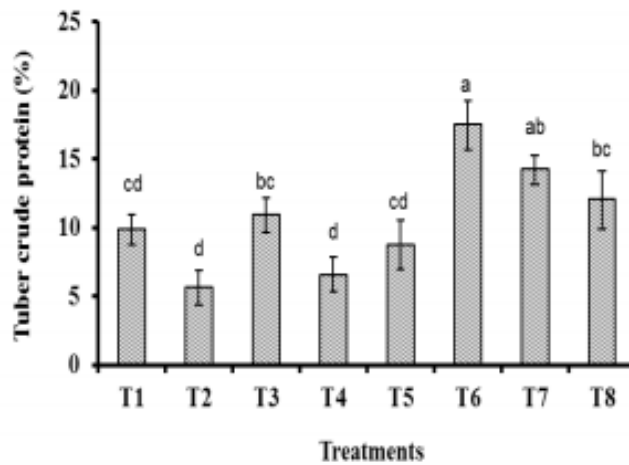
(μείγμα φαινολικών ενώσεων) σε καρότα ώστε να αξιολογηθεί το περιεχόμενο των ριζών σε Mg,P,Ca,N,Na και K μετά τη συγκομιδή και μετά από έξι μήνες αποθήκευσής τους (Szczepanek et al., 2015). Η εφαρμογή Kelpak SL αύξησε το περιεχόμενο των ριζών σε Mg,P,Na,K και Ca ενώ το Asahi SL επηρέασε τα στοιχεία Mg,P,Ca,Na και Ca. Μετά την αποθήκευσή τους, οι συγκεντρώσεις Mg,Na και K μειώθηκαν, ενώ οι συγκεντρώσεις P,Ca και N παρέμειναν σταθερές (Szczepanek et al., 2015). Η χρήση των δύο παραπάνω βιοδιεγερτικών σκευασμάτων επηρέασε το περιεχόμενο των κονδύλων σε κάποια θρεπτικά συστατικά, ανεξάρτητα από τη δόση στην οποία εφαρμόστηκαν τα προϊόντα αυτά (Szczepanek et al., 2015).



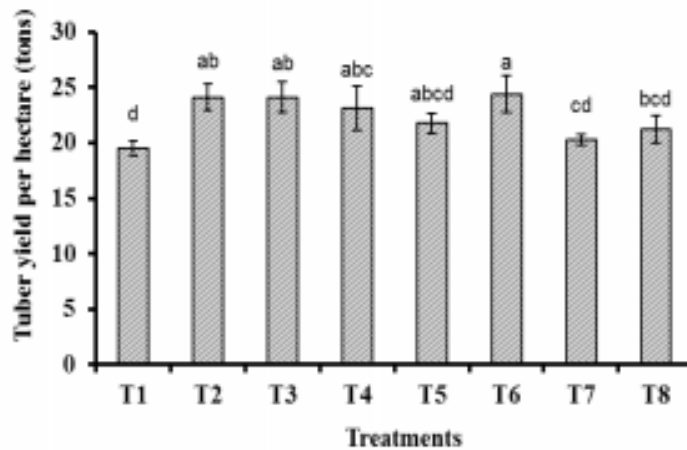
**Διάγραμμα 3:** Επίδραση της εφαρμογής εκχυλίσματος φύκους *Ascophyllum nodosum* στην περιεκτικότητα σε άζωτο (%) των κονδύλων πατάτας ποικιλίας Sante. Θεραπείες με τα ίδια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά (Wasim Haider et al., 2012).



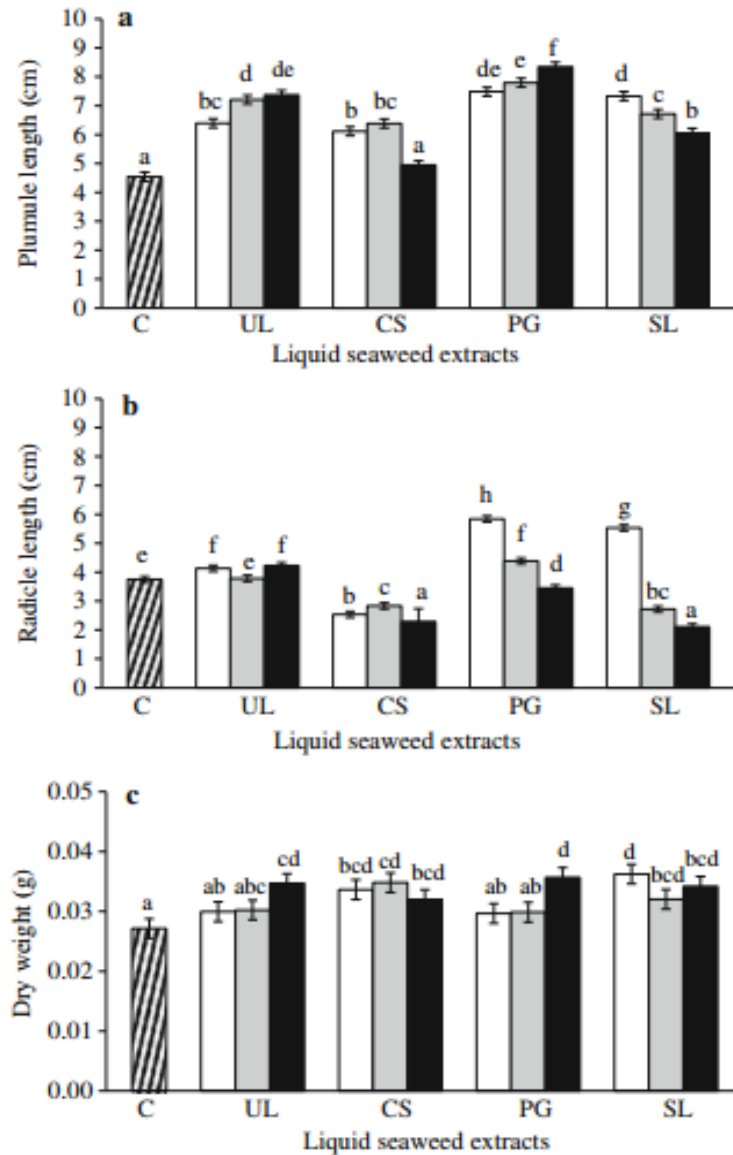
**Διάγραμμα 4:** Επίδραση της εφαρμογής εκχυλίσματος φύκους *Ascophyllum nodosum* στα συνολικά διαλυτά στερεά σε καλλιέργεια πατάτας ποικιλίας Sante. Θεραπείες με τα ίδια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά (Wasim Haider et al., 2012).



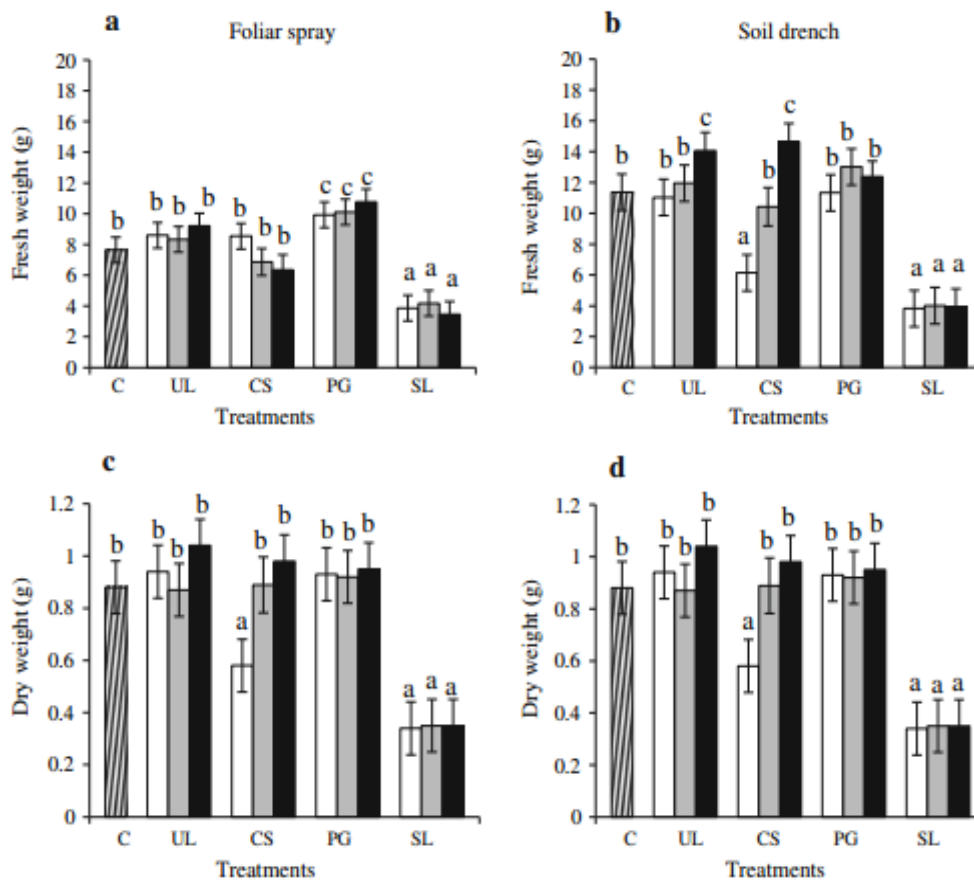
**Διάγραμμα 5:** Επίδραση της εφαρμογής εκχυλίσματος φύκους *Ascophyllum nodosum* στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (%) των κονδύλων πατάτας ποικιλίας Sante. Θεραπείες με τα ίδια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά (Wasim Haider et al., 2012).



**Διάγραμμα 6:** Επίδραση της εφαρμογής εκχυλίσματος φύκους *Ascophyllum nodosum* στην απόδοση κονδύλων πατάτας ποικιλίας Sante ανά εκτάριο. Θεραπείες με τα ίδια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά (Wasim Haider et al., 2012).



**Διάγραμμα 7:** Επίδραση της εφαρμογής διαφορετικών συγκεντρώσεων [0,2% (λευκές στήλες), 0,4% (γκρίζες στήλες) και 1,0% (μαύρες στήλες)] υγρών εκχυλισμάτων φυκών στο μήκος βλαστηδίου (Διάγραμμα a), στο μήκος ριζιδίου (Διάγραμμα b) και στο ξηρό βάρος (Διάγραμμα c) σπόρων τομάτας. Πραγματοποιήθηκαν θεραπείες με τα παρακάτω φύκια: Μάρτυρες (C), *Ulva lactuca* (UL), *Caulerpa sertularioides* (CS), *Padina gymnospora* (PG) και *Sargassum liebmannii* (SL). Θεραπείες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (Hernandez-Herrera et al., 2013).



**Διάγραμμα 8:** Επίδραση της φυλλικής εφαρμογής και του ριζοποτίσματος διαφορετικών συγκεντρώσεων [0,2% (λευκές στήλες), 0,4% (γκρίζες στήλες) και 1,0% (μαύρες στήλες)] υγρών εκχυλισμάτων φυκών στο νερό (Διαγράμματα a και b) και στο ξηρό βάρος (Διαγράμματα c και d) φυτών τομάτας. Πραγματοποιήθηκαν θεραπείες με τα παρακάτω φύκη: Μάρτυρες (C), *Ulva lactuca* (UL), *Caulerpa sertularioides* (CS), *Padina gymnospora* (PG) και *Sargassum liebmanni* (SL). Θεραπείες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (Hernandez-Herrera et al., 2013).

#### 4.1.3 Εφαρμογές σε φρούτα

Η εφαρμογή βιοδιεγερτών έχει ερευνηθεί σε πολλά φρούτα, όπως το αχλάδι (*Pyrus communis*), η φράουλα (*Fragaria x ananassa*) και το κεράσι (*Prunus avium L.*) (Colavita et al., 2011, Correia et al., 2015, Marfa et al., 2009).

Σε αχλάδια ποικιλίας ‘William’ εφαρμόστηκε εκχύλισμα φυκών σε διαφορετικά φαινοτυπικά στάδια ώστε να αξιολογηθεί ποιοτικά και ποσοτικά η ποικιλία. Τα σκευάσματα (BM<sup>®</sup>, Goemar, βασικό *Ascophyllum nodosum*) εφαρμόστηκαν τρεις φορές στα στάδια BM1 (λευκό μπουμπούκι, πλήρης άνθηση, πτώση πετάλων) και BM2 (πλήρης άνθηση, πτώση πετάλων, μέγεθος καρπού 3-4mm) (Colavita et al., 2011). Τα αποτελέσματα σε σύγκριση με τους μάρτυρες έδειξαν ότι τα φυτά που είχαν υποστεί επεξεργασία με βιοδιεγέρτες παρουσίασαν αυξημένη διάμετρο καρπών, βάρος και αριθμό σπόρων ανά καρπό (Colavita et al., 2011). Τα φυτά αυτά επίσης καταγράφηκαν να διαθέτουν αυξημένο αριθμό καρπών. Η χρήση βιοδιεγερτών με βάση εκχυλίσματα φυκών ενδείκνυται για την ποιοτική και ποσοτική καλυτέρευση αχλαδιών ποικιλίας ‘William’ (Colavita et al., 2011).

Εφαρμογή βιοδιεγερτικού προϊόντος με βάση τη ζωική αιμοσφαιρίνη, έγινε σε φυτά φράουλας ώστε να αξιολογηθεί η επίδρασή του στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και η επιρροή του στην πρωιμότητα της παραγωγής (Marfa et al., 2009). Τα αποτελέσματα που πάρθηκαν καθιστούν το προϊόν αυτό κατάλληλο για την προώθηση της παραγωγής και για τον σχηματισμό επίκτητων ριζών (Marfa et al., 2009).

Οι Correia et al., 2015, χρησιμοποίησαν βιοδιεγέρτη με βάση τα εκχυλίσματα φυκών (*Ascophyllum nodosum*) σε κερασιές ποικιλίας Sweetheart και Skeena, εμβολιασμένες σε Gisela 6, ώστε να εκτιμηθούν οι αλλαγές στην παραγωγή, το μέγεθος, το δείκτη πυρόλυσης, το περιεχόμενο των καρπών σε κηρούς, το pH, την τιτλοδοτούμενη οξύτητα, τα διαλυτά στερεά συστατικά και διάφορα διατροφικά χαρακτηριστικά (Correia et al., 2015). Τα αποτελέσματα και για τις δύο ποικιλίες ήταν ενθαρρυντικά αφού παρουσίασαν αύξηση των δεικτη πυρόλυσης, του βάρους, του πλάτους, τη διάμετρο, του pH και του περιεχόμενου

των φρούτων σε κηρούς (Correia et al., 2015). Τα διατροφικά χαρακτηριστικά, η ποιότητα και η παραγωγή δεν επηρεάστηκαν από τη χρήση βιοδιεγερτών. Οι βιοδιεγέρτες επηρέασαν αρκετά χαρακτηριστικά των κερασιών (βάρος, πλάτος, pH, περιεχόμενο σε κήρους, διάμετρο) όμως δεν άσκησαν καμία ουσιαστική επίδραση στην απόδοση των καλλιεργειών (Correia et al., 2015).

#### 4.1.4 Εφαρμογή σε μεγάλες καλλιέργειες

Οι βιοδιεγερτικές ουσίες έχουν εφαρμοστεί και σε γεωργικές καλλιέργειες όπως ο αραβόσιτος (*Zea mays L.*) και τα μαυρομάτικα φασόλια (*Vigna unguiculata L.*) (Ertani et al., 2009, Manaf, 2016).

Πειραματική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε στον αραβόσιτο έγινε με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση δύο προϊόντων υδρόλυσης πρωτεϊνών στην ανάπτυξη των ριζών και των φύλλων αλλά και στην αφομοίωση των νιτρικών αλάτων. Η εφαρμογή των βιοδιεγερτικών ουσιών επηρέασε θετικά την αύξηση των ριζών και των φύλλων ενώ συνέβαλε και στην μετατροπή του νιτρικού άλατος σε οργανικό άζωτο (Ertani et al., 2009). Η χρήση τέτοιων προϊόντων στον αραβόσιτο επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών (φύλλα και ρίζες) και ασκεί επιρροή σε μεταβολικά μονοπάτια, όπως η υδρόλυση και η αφομοίωση νιτρικών αλάτων (Ertani et al., 2009).

Σε φυτά μαυρομάτικου φασολιού πραγματοποιήθηκαν φυλλικές εφαρμογές βιοδιεγερτικών προϊόντων (5 και 10μM σεληνίου, 5 και 10μM γλυκίνη-βεταΐνη και 2 και 4% εκχυλίσματα φυκών) υπό συνθήκες αλατότητας (0 και 50mM NaCl) ώστε να αξιολογηθούν η ανάπτυξη, η απόδοση και διάφορα βιοχημικά συστατικά (Manaf, 2016). Τα αποτελέσματα που πάρθηκαν έδειξαν ότι όλες οι εφαρμογές επηρέασαν θετικά τις παρακάτω παραμέτρους, με κυριότερη την εφαρμογή 5μM σεληνίου με 0% NaCl η οποία παρουσίασε υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο, απόδοση και ανάπτυξη (Manaf, 2016). Η εφαρμογή 4% εκχυλίσματα φυκών με 50% NaCl έδωσε αυξημένο αριθμό φωτοσυνθετικών χρωστικών ενώ η εφαρμογή 10μM γλυκίνη-βεταΐνη με 50% NaCl παρουσίασε αυξημένο αριθμό συνολικών



διαλυτών σακχάρων. Η χρήση βιοδιεγερτικών προϊόντων, ανεξαρτήτως της αλατότητας, μπορούν να επηρεάσουν ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του μαυρομάτικου σταφυλιού (Manaf, 2016).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ**

### **5.1 Νομικό πλαίσιο για τους βιοδιεγέρτες σε διάφορες χώρες**

Η έλλειψη επίσημου ορισμού των βιοδιεγερτών είναι ένας από τους κύριους λόγους που καθιστούν τη ρυθμιστική κατάσταση ιδιαίτερα σύνθετη (Du Jarbin, 2015). Νομικό πλαίσιο που αφορά τις βιοδιεγερτικές ουσίες έχει εκδοθεί από ορισμένα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όμως και μεταξύ αυτών υπάρχουν αρκετές διαφοροποιήσεις (La Torre et al., 2013). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση εκχυλισμάτων φυκών, τα οποία στην Ιταλία θεωρούνται ως λιπάσματα, στην Γερμανία ως φυτοπροστατευτικό προϊόν και στην Ισπανία χρησιμοποιούνται ως βιοδιεγέρτες (La Torre et al., 2013).

Οι υπηρεσίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής συνέταξαν το 2001 ένα έγγραφο που αφορούσε βιοδιεγέρτες χαμηλού κινδύνου (SANCO/1003/2001, τρίτη έκδοση) ώστε να διευκολύνει τη διαδικασία έγκρισης των βιοδιεγερτών φυτών (La Torre et al., 2013). Παρόλα αυτά υπάρχουν κράτη-μέλη που ακόμα και σήμερα δεν έχουν εγκρίνει τη χρήση τέτοιων προϊόντων για λόγους κόστους, ασφάλειας και φύσης των ουσιών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή αυτών. Η επιτροπή με αυτό το έγγραφο θέλησε να ωθήσει και να παροτρύνει τη χρήση βιοδιεγερτικών προϊόντων (La Torre et al., 2013).

Η Επιτροπή Περιβάλλοντος, Δημόσιας Υγείας και Ασφάλειας Τροφίμων σε έγγραφο γνωμοδότησης που αφορούσε τη διαθεσιμότητα προϊόντων λίπανσης στην αγορά αναφέρει τους βιοδιεγέρτες ως προϊόντα λίπανσης, με ειδική σήμανση CE, αποτελούμενα από ουσίες, μικροοργανισμούς και άλλα υλικά. Οι βιοδιεγέρτες επηρεάζουν διάφορες διαδικασίες των φυτών, ώστε να διευκολύνεται η ανάπτυξή τους, η θρέψη τους και η ανοχή τους σε αβιοτικές καταπονήσεις, με στόχο την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση των παραγόμενων ειδών (Gardini, 2018).

Παρακάτω παρουσιάζονται τα Νομικά Πλαίσια διάφορων χωρών σχετικά με

τη χρήση ενισχυτικών φυτών στην γεωργική πρακτική (La Torre et al., 2013).

### **Κανονισμός για τους βιοδιεγέρτες στην Ιταλία**

Το 2001, εκδόθηκε ένας κανονισμός σχετικά με τη χρήση συγκεκριμένων φυσικών προϊόντων στη βιολογική γεωργία. Ήταν παρόμοιος με άλλους νόμους που είχαν εκδοθεί από ορισμένα κράτη-μέλη και έγινε με σκοπό να βοηθήσει τους Ιταλούς βιοκαλλιεργητές ώστε να μην θέτουν τους γεωργούς σε μειονεκτική θέση σε σύγκριση με αυτούς των άλλων κρατών-μελών. Στο άρθρο 38, που αφορά "Διατάξεις για τη χρήση φυσικών και συγκεκριμένων προϊόντων στη βιολογική γεωργία" του Νόμου Αριθ. 290/2001 "Κανονισμός σχετικά με την απλούστευση των διαδικασιών έγκρισης για την παραγωγή, την εμπορία και την πώληση φυτοπροστατευτικών προϊόντων και συναφών ανοσοενισχυτικών προϊόντων" προέβλεπε ότι θειικός χαλκός, ακατέργαστο ή ραφινάρισμένο θείο, θειικός σίδηρος, τα προϊόντα που απαριθμούνται στο παράρτημα II Β του κανονισμού της ΕΟΚ αριθ. 2092/91 (σχετικά με τη βιολογική γεωργία) και τα προϊόντα που απαριθμούνται στο Παράρτημα 2 του Νόμου Αριθ. 290/2001 (πρόπολη, πυριτικό νάτριο, όξινο ανθρακικό νάτριο, ζελατίνη, προϊόντα που βασίζονται σε φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά, βιοδυναμικά προϊόντα) δεν χρειάζονται καμία εξουσιοδότηση εάν διατίθενται την αγορά με ονόματα που συνδέονται στενά με τα στοιχεία. Αυτή η απορρύθμιση δεν έγινε δεκτή από τις αγρονομικές εταιρείες επειδή προκάλεσε αθέμιτο ανταγωνισμό με άλλα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που υποβλήθηκαν σε μακρά περίοδο με δαπανηρή διαδικασία χορήγησης αδειών και υπονόμισαν την εικόνα της βιολογικής γεωργίας, των οποίων τα ισχυρά σημεία είναι η παραγωγή και η ποιότητα. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε διαδικασίες επί παραβάσεως κατά της Ιταλίας διότι επέτρεπε τη διάθεση ορισμένων προϊόντων στην αγορά χωρίς άδεια όμως η Ιταλία δεν συμμορφώθηκε προς την οδηγία 91/414/ΕΟΚ. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αμφισβήτησε επίσης τις διακρίσεις μεταξύ της βιολογικής και της συμβατικής γεωργίας, επειδή τα προϊόντα αυτά δεν υπόκεινται σε έγκριση για χρήση σε καλλιέργειες βιολογικής γεωργίας ενώ υπόκειται σε έγκριση για χρήση στη

συμβατική γεωργία. Η Ιταλία κατάργησε τις παραγράφους 1 και 2 του άρθρου 38 για να αποφευχθεί η ποινή που επιβλήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το Ιταλικό Υπουργείο Γεωργίας, Τροφίμων και Δασών άρχισε μακρά και σχολαστική έρευνα για την αναδιατύπωση του άρθρου 38 σε συνεννόηση με τα άλλα διορισμένα υπουργεία και ενδιαφερόμενα μέρη. Τα υπουργεία προσπάθησαν να μεσολαβήσουν μεταξύ των διαφορετικών απόψεων, να πάρουν μια κοινή συμφωνία και να συμμορφωθούν με την ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα προϊόντα προστασίας των φυτών. Ο Νόμος Αριθ. 290/2001 τροποποιήθηκε στις 28 Φεβρουαρίου 2012. Η τροποποιημένη έκδοση του Νόμου Αριθ. 290/2001 αναφέρει το ακόλουθο:

- ✓ ορισμός των βιοδιεγερτών: τα φυσικά προϊόντα που απαριθμούνται στο παράρτημα 1 της υπουργικής απόφασης αριθ. 18354/2009. Τα βιοδιεγερτικά χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα των φυτών σε επιβλαβείς οργανισμούς και να προστατεύσουν τα φυτά από μη παρασιτικές βλάβες. Προϊόντα που έχουν φυσικές και μηχανικές δραστηριότητες θεωρούνται επίσης βιοδιεγέρτες. Αυτά τα προϊόντα μπορούν να ληφθούν υπόψη δεδομένου ότι δεν είναι ούτε τα λιπάσματα ούτε τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (άρθρο 2 "Ορισμοί");
- ✓ κριτήρια επιλεξιμότητας: βιοδιεγέρτες μπορούν να διατεθούν στο εμπόριο χωρίς άδεια, μόνον εάν: διατίθενται στην αγορά χρησιμοποιώντας ονόματα που σχετίζονται αυστηρά με το στοιχείο που περιέχουν και όχι με το μείγμα. Η σωστή χρήση δεν έχει επιβλαβείς επιδράσεις στον άνθρωπο και στην υγεία των ζώων, καθώς και για το περιβάλλον που περιλαμβάνονται στο παράρτημα I του Νόμου Αριθ. 18354/2009. Η ετικέτα αναφέρει πληροφορίες σχετικά με την ποιοτική και ποσοτική του σύνθεση, πεδίο εφαρμογής και προφυλάξεις κατά τη χρήση, όνομα και διεύθυνση του αιτούντα και το εργοστάσιο παραγωγής και τη συσκευασία και τη προβλεπόμενη χρήση (άρθρο 38 "Διατάξεις για ορισμένα προϊόντα που χρησιμοποιείται στη βιολογική, βιοδυναμική και συμβατική γεωργία").

- ✓ τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσετε για να συμπεριλάβετε νέα βιοδιεγερτικά στο παράρτημα I του Νόμου Αριθ. 18354/09: η αίτηση πρέπει να περιλαμβάνει αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων στην υγεία των ανθρώπων, των ζώων και στο περιβάλλον, όνομα και διεύθυνση του αιτούντος και του εργοστασίου παραγωγής και συσκευασίας, πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση, το πεδίο εφαρμογής και προφυλάξεις κατά τη χρήση του. Η αίτηση πρέπει να αποσταλεί στο Υπουργείο Γεωργίας, Τροφίμων και Δασοκομίας και θα αξιολογηθούν από την Τεχνική επιτροπή που διορίζεται από το Υπουργείο Γεωργίας, Τροφίμων και Δασών (άρθρο 38 "Διατάξεις για ορισμένα προϊόντα που χρησιμοποιούνται στη βιολογική, βιοδυναμική και συμβατική γεωργία") ·
- ✓ θα πρέπει να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων στις εξουσιοδοτημένες εταιρίες για τα βιοδιεγερτικά, ώστε να βοηθηθούν οι υπεύθυνοι πιστοποίησης, οι φορείς εκμετάλλευσης, οι επιθεωρητές και οι καταναλωτές (Άρθρο 40 "Βάσεις δεδομένων").

Ελπίζουμε ότι αυτός ο νέος κανονισμός θα διευκρινίσει και θα βοηθήσει να ξεπεραστεί η σύγχυση επειδή τα προϊόντα που επισημαίνονται στην Ιταλία ως βιοδιεγέρτες δεν πληρούν συχνά τα κριτήρια επιλεξιμότητας του βιοδιεγέρτη. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι το Νομοθετικό Διάταγμα αριθ. 75/2010 σχετικά με τη διάθεση στην αγορά λιπασμάτων ρυθμίζει βιοδιεγερτικά προϊόντα, χωρίς να ορίζει τον όρο. Τα προϊόντα βιοδιεγέρσεως απαριθμούνται στο παράρτημα 6, σημείο 4.1 του Νομοθετικού Διατάγματος αριθ. 75/2010. Τα προϊόντα αυτά βασίζονται σε βακτήρια της ριζόσφαιρας, μυκορριζικούς μύκητες, εκχυλίσματα φυκών, αμινοξέα και πεπτίδια. Απαιτείται ένα ευρωπαϊκό κοινό πλαίσιο που θα επιτρέψει τη χρήση βιοδιεγερτών φυτών και θα βοηθήσει οργανικά τους αγρότες. Οι κανόνες που περιγράφονται στο παρόν τμήμα με όσον αφορά τα ιταλικά σενάρια, θα πρέπει να θεωρηθεί ως προσωρινός κανονισμός μέχρι να έρθει η ώρα που θα υπάρξει ένα κοινό ευρωπαϊκό ρυθμιστικό πλαίσιο σχετικά με τους βιοδιεγέρτες.

### **Κανονισμός για τους βιοδιεγέρτες στην Γερμανία**

Το γερμανικό δίκαιο σχετικά με την προστασία των φυτών εκδόθηκε το 1998. Ο νόμος αυτός ρυθμίζει τη διάθεση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και τα βελτιωτικά της ανθεκτικότητας των φυτών στην αγορά. Το άρθρο 2 με την ονομασία "Ορισμοί" ορίζεται ως προϊόντα που προορίζονται να βελτιώσουν την αντίσταση των φυτών που:

A) προορίζονται αποκλειστικά για την ενίσχυση της αντοχής των φυτών σε επιβλαβείς οργανισμούς

B) προορίζονται να προστατεύσουν τα φυτά από μη παρασιτικές βλάβες

Γ) προορίζονται για χρήση σε κομμένα καλλωπιστικά φυτά (όχι σε φυτά που προορίζονται για φύτευση).

### **Τα βελτιωτικά ανθεκτικότητας στα φυτά μπορούν να διατεθούν στην αγορά μόνο εάν:**

1. με την προβλεπόμενη και σωστή χρήση δεν έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στην υγεία των ανθρώπων και στα ζώα, στα υπόγεια ύδατα ή τη φυσική ισορροπία.

2. περιλήφθηκαν σε κατάλογο βελτιωτικών της ανθεκτικότητας των φυτών που εκδόθηκε από την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Προστασίας των Καταναλωτών και Ασφάλεια των Τροφίμων

3. υπάρχει η διατύπωση "βελτιωτικά της ανθεκτικότητας των φυτών" και στη λίστα ο αριθμός των εμπορευματοκιβωτίων και της εξωτερικής συσκευασίας.

Στις 14 Φεβρουαρίου 2012, η ομάδα βιοδιεγερτικών προϊόντων επαναπροσδιορίστηκε κατά την αναδιάρθρωση της νομοθεσίας περί φυτοπροστασίας. Στο νέο Άρθρο 2 ορίζεται νέος ορισμός των βιοδιεγερτών, ο οποίος είναι ο νέος όρος που χρησιμοποιείται για την ένδειξη βελτίωσης της αντοχής των φυτών. Βιοδιεγέρτες φυτών είναι ουσίες και μείγματα συμπεριλαμβανομένων των μικροοργανισμών, τα οποία προορίζονται αποκλειστικά για τη διατήρηση της υγείας των φυτών γενικά, εφόσον δεν είναι σύμφωνα με τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα στο άρθρο 2 παράγραφος 1 του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1107/2009 ή αποσκοπούν στην προστασία των φυτών από

μη παρασιτικές βλάβες. Προϊόντα που παρέχουν στα φυτά θρεπτικά συστατικά και ιχνοστοιχεία και προωθούν την ανάπτυξή τους θα πρέπει μάλλον να ταξινομηθούν ως βελτιωτικά ανάπτυξης φυτών ή βελτιωτικά εδάφους και ως εκ τούτου υπόκεινται στον νόμο περί λιπασμάτων.

**Παρέγεται η διάθεση στην αγορά βιοδιεγερτών φυτών στο άρθρο 45 αρκεί να πληρούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις:**

- όταν χρησιμοποιούνται σωστά και για τον προορισμό τους, οι βιοδιεγέρτες φυτών δεν πρέπει να έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στον άνθρωπο και στην υγεία των ζώων ή των υπόγειων υδάτων ή άλλες αρνητικές επιπτώσεις, ιδίως στο περιβάλλον

- το Ομοσπονδιακό Γραφείο Προστασίας Καταναλωτών και Ασφάλειας Τροφίμων πρέπει να κοινοποιείται πριν από την τοποθέτηση ενός προϊόντος στην αγορά

- οι βιοδιεγέρτες των φυτών πρέπει να επισημαίνονται σύμφωνα με τις διατάξεις του νέου Νόμου. Νομοθεσία για τις επικίνδυνες ουσίες ενδέχεται να απαιτεί πρόσθετη επισήμανση. Το Ομοσπονδιακό Γραφείο Προστασίας Καταναλωτών και Ασφάλειας Τροφίμων διατηρεί το κατάλογο των βιοδιεγερτών φυτών που θα μπορούσαν να διατεθούν στην αγορά. Ο κατάλογος των βιοδιεγερτών φυτών σύμφωνα με το άρθρο 45 του νέου Νόμου ανανεώνεται σε μηνιαία βάση. Το γραφείο αυτό μπορεί να απαγορεύσει σε προϊόντα να διατίθενται στην αγορά εάν υπάρχουν ενδείξεις ότι αυτά δεν πληρούν τον ορισμό ενός βιοδιεγέρτη φυτών ή θα μπορούσαν να προκαλούν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και των ζώων, στα υπόγεια ύδατα ή το περιβάλλον. Εάν η ετικέτα ενός προϊόντος προκαλεί σύγχυση, π.χ. εάν προτείνει ιδιότητες ενός φυτοπροστατευτικού προϊόντος, το παραπάνω γραφείο μπορεί να καλέσει το μέρος που σκοπεύει να διατεθεί στην αγορά και να αλλάξει το κείμενο εντός τριών μηνών. Αν αυτό δεν συμβεί, μπορεί να απαγορευθεί η τοποθέτηση του προϊόντος στην αγορά.

Η εξέταση του γερμανικού δικαίου επικεντρώνεται στο γεγονός ότι οι

γερμανοί αγρότες μπορούν να χρησιμοποιούν ουσίες όπως το εκχύλισμα σκόρδου, υδρολυόμενες πρωτεΐνες και μικροοργανισμούς όπως τα *Aureobasidium pullulans* και *Bacillus subtilis* ως φυτικής αντίστασης βελτιωτικά, τα οποία εγκρίνονται ως φυτοπροστατευτικά προϊόντα σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες και απαριθμούνται στο παράρτημα I του κανονισμού της ΕΕ αριθ. 540/2011 (κατάλογος των εγκεκριμένων δραστικών ουσιών στην Ευρώπη για χρήση σε φυτοπροστατευτικά προϊόντα). Γερμανοί αγρότες μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν ουσίες όπως το φωσφορώδες κάλιο και το αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ ως βελτιωτικά της φυτικής αντοχής, που επιτρέπονται να χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Πρέπει να τονιστεί ότι χρησιμοποιούνται βιοδιεγερτικά φυτών τόσο στη βιολογική όσο και στη συμβατική γεωργία στη Γερμανία, αλλά είναι πολύ σημαντικά για τη βιολογική γεωργία.

#### **Κανονισμός για τους βιοδιεγέρτες στην Αυστρία**

Ο αυστριακός κανονισμός για τα λιπάσματα, ο οποίος ισχύει από το 2004, προβλέπει ότι όλοι οι βιοδιεγέρτες φυτών που αντιμετωπίζονται ως βελτιωτικά φυτών στην Γερμανία, επιτρέπονται για χρήση και στην Αυστρία χωρίς περαιτέρω αξιολογήσεις. Τα προϊόντα αυτά επιτρέπονται τόσο στη βιολογική όσο και στη συμβατική γεωργία.

#### **Κανονισμός για τη ρύθμιση των βιοδιεγερτών στις Κάτω Χώρες**

Στις Κάτω Χώρες μέχρι το 2007 τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα με χαμηλό κίνδυνο για τον άνθρωπο και το περιβάλλον διατίθενται στην αγορά χωρίς να υπόκεινται στις συνήθεις διαδικασίες έγκρισης που καθορίζονται στο "Νόμο του 1962". Φυτοπροστατευτικά προϊόντα με χαμηλό κίνδυνο για τον άνθρωπο και το



περιβάλλον ρυθμίστηκαν από συγκεκριμένο νόμο (Εξαιρέσεις από τους κανονισμούς αποτελούν τα φυτοφάρμακα) και απαριθμούνται στο παράρτημα I του προαναφερθέντος κανονισμού. Μετά τις 17 Οκτωβρίου 2007, όπου και θεσπίστηκε νέος νόμος που αφορούσε την έγκριση, τη διάθεση στην αγορά και τη χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και των βιοκτόνων, δεν είναι πλέον δυνατή η υποβολή αίτησης για τη συμπερίληψη νέων δραστικών ουσιών στη λίστα του νόμου. Ωστόσο, εμπορικά προϊόντα που περιέχουν δραστικές ουσίες που βρίσκονται στη λίστα αυτή εξακολουθούν να επιτρέπονται σήμερα και μπορούν συνεπώς να χρησιμοποιηθούν για μια μεταβατική περίοδο. Για να αποφευχθεί η εξαφάνιση από την αγορά ουσιών που είναι χρήσιμες για τους αγρότες, στις 16 Μαρτίου 2012 αποφασίστηκε η ανάκληση της άδειας για τα προϊόντα που περιέχονται στη παραπάνω για περαιτέρω 18 μήνες. Με αυτόν τον τρόπο ήταν λογικό να χορηγηθεί σε εταιρείες ένα μεγάλο χρονικό διάστημα για να συμμορφωθούν με την άδεια βάση του Κανονισμού ΕΚ αριθ. 1107/2009. Η χρήση των προϊόντων αυτών στη βιολογική γεωργία γίνεται ωστόσο με την επιφύλαξη της εγγραφής τους στο παράρτημα II του κανονισμού ΕΚ αριθ. 889/08.

### **Κανονισμός σχετικά με άλλα μέσα άμυνας στην Ισπανία**

Χρήση βιοδιεγερτών επιτρέπεται στο πλαίσιο του ORDEN APA / 1470/2007 στην Ισπανία. Ο παρών κανονισμός θεσπίζει το νόμο σχετικά με την διάθεση στην αγορά ειδικών μέσων προστασίας. Το APA / 1470/2007 ψηφίστηκε προκειμένου να συμπληρωθεί το νομικό κενό που δημιουργήθηκε μετά την έναρξη ισχύος του βασιλικού διατάγματος αριθ. 824/2005 για τα λιπάσματα, με το οποίο ρητά αποκλείστηκαν από τη νομοθεσία οι βιοδιεγέρτες, αν και αυτοί είχαν προηγουμένως συμπεριληφθεί στα λιπάσματα. Το APA / 1470/2007 ρυθμίζει παράγοντες βιολογικού ελέγχου, παγίδες, άλλα μέσα ή συσκευές για τον έλεγχο παρασίτων και άλλα διαφορετικά προϊόντα που δεν ανήκουν στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Ενισχύουν την αντοχή των φυτών σε επιβλαβείς

οργανισμούς και την προστασία των φυτών από μη παρασιτικές δυσλειτουργίες. Το ORDEN APA / 1470/2007 δεν αφορά φυτοπροστατευτικά προϊόντα, λιπάσματα βιολογικού ελέγχου, εξωτερικούς παράγοντες και μηχανήματα για την εφαρμογή φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Η κοινοποίηση της χρήσης βιοδιεγερτών πρέπει να αναφέρει πληροφορίες σχετικά με την ταυτότητά της και τα χαρακτηριστικά, ετικέτα, πεδίο χρήσης, περαιτέρω πληροφορίες, τεχνικές για την τεκμηρίωση και την καταβολή της αμοιβής του Νόμου Αριθ. 43/2002. Η κοινοποίηση του παράγοντα βιολογικού ελέγχου πρέπει να αποστέλλεται στη Γενική Διεύθυνση Γεωργίας του Υπουργείου Γεωργίας, ενώ σε άλλες περιπτώσεις η κοινοποίηση πρέπει να αποστέλλεται στο αρμόδιο όργανο της Αυτόνομης Κοινότητας. Η αυτόνομη κοινότητα πρέπει να στείλει ένα σημείωμα σχετικά με τη χρήση των βιοδιεγερτών ώστε να επωφεληθούν από την προαναφερθείσα Γενική Διεύθυνση Γεωργίας εντός ενός μηνός. Η ίδια διαδικασία υιοθετείται ζητώντας τροποποιήσεις στους καταχωρημένους βιοδιεγέρτες.

**Η Γενική Διεύθυνση Γεωργίας μπορεί να επανεξετάσει τους εξουσιοδοτημένους βιοδιεγέρτες εάν:**

- 1) υπό το πρίσμα της επιστημονικής και τεχνολογικής ανάπτυξης το προϊόν δεν πληροί πλέον τα καθορισμένα κριτήρια.
- 2) υπάρχουν κίνδυνοι για τον άνθρωπο, τα ζώα και το περιβάλλον.
- 3) αναφέρονται ψευδείς και παραπλανητικές πληροφορίες.
- 4) η ποιότητα των προϊόντων που διατίθενται στο εμπόριο δεν αντιστοιχεί στα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στην κοινοποίηση για συμπερίληψη στο μητρώο. Πρέπει να κοινοποιηθεί η αναθεώρηση του εγκεκριμένου βιοδιεγέρτη στους αιτούντες και μπορεί να οδηγήσει στη διατήρηση, τροποποίηση, αναστολή ή κατάργηση προϊόντων από το φυσικοθεραπευτικό υλικό. Εκτός από τους επίσημους ελέγχους, σύμφωνα με τον νόμο αριθ. 43/2002, η Γενική Διεύθυνση μπορεί να εφαρμόσει πρόγραμμα παρακολούθησης των εγκεκριμένων βιοδιεγερτών, σε συντονισμό με τις Αρμόδιες αρχές των Υπουργείων Υγείας, Κατανάλωσης και το Περιβάλλοντος.

### **Κανονισμός σχετικά με τα πρόσθετα αγρονομικά στην Γαλλία**

Ο γαλλικός κανόνας NF U 44-204, που εκδόθηκε τον Σεπτέμβριο 2011, ορίζει τα πρόσθετα αγρονομικά ως ουσίες ικανές να δώσουν πρόσθετες ιδιότητες σε λιπάσματα, βελτιωτικά εδάφους ή μείγματα αυτών. Είναι ένα νέο είδος ουσιών ικανών για τη βελτίωση της αγρονομικής αποτελεσματικότητας των λιπασμάτων και του εδάφους ώστε να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στη γεωργία. Τα πρόσθετα αγρονομικά περιλαμβάνουν μικροβιακά παρασκευάσματα, χημικές ουσίες για την αύξηση και / ή ανάπτυξη των φυτών, διεγέρτες. Οι διεγέρτες αύξησης και ανάπτυξης φυτών είναι προϊόντα ικανά να προάγουν τη διατροφή, την αύξηση, την ανάπτυξη και την ενίσχυση της αντίστασης των φυτών κατά μη παρασιτικών βλαβών. Πρόσθετα πρέπει να επιτρέπεται η εμπορία αγρονομικών προϊόντων για εμπορικούς σκοπούς με το άρθρο L 255-2 του κώδικα αγροτικής και θαλάσσιας αλιείας. Ο γαλλικός κανόνας NF U 44-204 αφορά μόνο τα επιτρεπόμενα πρόσθετα αγρονομικά μείγματα λιπασμάτων, βελτιωτικά εδάφους ή και τα δύο. Ο κανόνας αυτός δεν αφορά φυτοπροστατευτικά προϊόντα.

Το Εθνικό Ρυθμιστικό Πλαίσιο κάθε κράτους-μέλους για τα βιοδιεγερτικά προϊόντα παρουσιάζει διαφοροποιήσεις με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ποια προϊόντα μπορούν να διατεθούν στην αγορά ως βιοδιεγέρτες φυτών. Είναι επιτακτική ανάγκη να συνταχτεί ενιαίο ρυθμιστικό πλαίσιο για αυτά αλλά και να διευκρινιστούν θέματα ασφάλειας των ανθρώπων, των ζώων και του περιβάλλοντος. Η Ευρωπαϊκή Ένωση οφείλει να διαλευκάνει αυτό το ζήτημα και να προχωρήσει στο συντονισμό εθνικής νομοθεσίας για τις βιοδιεγερτικές ουσίες (Yakhin et al., 2017). Με τη νομοθεσία αυτή θα αποσαφηνιστούν ζητήματα που αφορούν τη χρησιμότητα των ενισχυτικών φυτών, τους λόγους και τους τρόπους χρήσης τους αλλά και θέματα ασφάλειας που αφορούν τόσο ζωντανούς οργανισμούς όσο και το περιβάλλον.

## 5.2 Προβληματισμοί και προοπτικές εξέλιξης βιοδιεγερτών

Οι βιοδιεγέρτες που έχουν ως κύρια πηγή τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και τα αμινοξέα αυξάνουν την ποσότητα και βελτιώνουν ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων ειδών. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις τοξικότητας σε φυτά τα οποία έχουν υποστεί ψεκάσμο με φυτικής προέλευσης αμινοξέα ενώ έχουν γίνει και αναφορές σε θέματα που αφορούν την ασφάλεια των ζωικών υποπροϊόντων από τα οποία παραλαμβάνονται υδρολυμένες πρωτεΐνες και αμινοξέα (Nardi et al., 2015). Μελέτες και πειραματικές διαδικασίες που έχουν πραγματοποιηθεί δεν παρουσίασαν θέματα τοξικότητας στα φυτά, στο έδαφος ή στο περιβάλλον (Calvo et al., 2014). Η Ευρωπαϊκή Ένωση με τη θέσπιση του νόμου αρ.354/2014 απαγόρευσε τη χρήση τέτοιου είδους προϊόντων σε εδάδιμα μέρη φυτών (Colla et al., 2014). Ωστόσο, τα διαφορετικά νομικά πλαίσια των χωρών αλλά και η έλλειψη βασικών γνώσεων του τρόπου δράσης και των επιπτώσεών τους αποτελούν μια αμφιλεγόμενη γεωργική πρακτική (Yakhin et al., 2017).

Οι βιοδιεγέρτες φυτών αποτελούν μια κατηγορία προϊόντων που μπορεί να αποτελέσει τα επόμενα χρόνια βιώσιμη γεωργική πρακτική. Υπάρχουν ζητήματα τα οποία είναι σημαντικό να μελετηθούν παραπάνω, όπως σε ποιο στάδιο ανάπτυξης του φυτού πρέπει να εφαρμοστεί ο βιοδιεγέρτης, ποιος είναι ο χρόνος και η συχνότητα προσθήκης αυτού, ποιο είδος μικροοργανισμού ταιριάζει σε κάθε είδος καλλιέργειας και ποια ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων προϊόντων επηρεάζονται από την εφαρμογή βιοδιεγερτικών ουσιών και πως (Battacharyya et al., 2015, Rouphael et al., 2015). Τα παραπάνω ερωτήματα αποτελούν μόνο μερικούς από τους προβληματισμούς της χρήσης των ουσιών αυτών. Σημαντική είναι και η περαιτέρω εξέλιξη των βιοδιεγερτών σε λειτουργικά θέματα αλλά και σε θέματα που αφορούν γονίδια και πρωτεΐνες των φυτών (Nardi et al., 2015). Η μελέτη των παραπάνω θα μπορούσε να αποτελέσει ένα παραπάνω βήμα στις εξελίχτηκες προοπτικές των ενισχυτικών φυτών και να διαδώσει τη χρήση τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ: ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Επιτροπή Περιβάλλοντος, Δημόσιας Υγείας και Ασφάλειας Τροφίμων σε έγγραφο γνωμοδότησης για τη διάθεση προϊόντων λίπανσης στην αγορά, αναφέρει τους βιοδιεγέρτες ως προϊόντα λίπανσης που φέρουν σήμανση CE. Τα προϊόντα αυτά αποτελούνται από ουσίες, μικροοργανισμούς ή/ και υλικά και έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν την αύξηση και ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών μέσα από διαδικασίες θρέψης και ανοχής σε αβιοτικές καταπονήσεις (Gardini, 2018). Η εφαρμογή τους στα φυτά συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας και στην αύξηση της ποσότητας των παραγόμενων ειδών. Στο ίδιο έγγραφο παρουσιάζονται και οι μικροβιακοί βιοδιεγέρτες. Αναφέρονται ως προϊόντα που αποτελούνται από ένα ή περισσότερους μικροοργανισμούς, οι οποίοι ανήκουν σε μία από τις παρακάτω ομάδες: 1) *Azotobacter spp.*, 2) Μυκορριζικοί μύκητες, 3) Ριζόβια και 4) *Azospirillum spp.* (Gardini, 2018).

Οι βιοδιεγέρτες αποτελούν ένα καινοτόμο προϊόν για την γεωργική παραγωγή και η εφαρμογή τους στις καλλιέργειες φέρει θετικά ποσοτικά και ποιοτικά αποτελέσματα. Στην Ελλάδα έχει αρχίσει η χρήση τους εντατικά κυρίως την τελευταία 15ετία. Στην ελληνική αγορά διατίθενται αρκετά βιοδιεγερτικά προϊόντα, τα περισσότερα όμως από αυτά χρησιμοποιούνται και κατατάσσονται ως λιπάσματα-προϊόντα θρέψης ή/ και ως βοηθητικές ουσίες λιπασμάτων (Γεωπονική Α.Ε., 2017). Οι βιοδιεγέρτες που κυριαρχούν εμπίπτουν σε μία από τις τρεις παρακάτω κατηγορίες: 1) Εκχυλίσματα φυκών, 2) Μικρόβια και 3) Αμινοξέα (Γεωπονική Α.Ε., 2017, ΕΒΥΠ Ε.Ε., 2018). Τα περισσότερα βιοδιεγερτικά περιέχουν εκχυλίσματα φυκών *Ascophyllum nodosum* και *Ecklonia maxima* ενώ οι μικροβιακοί βιοδιεγέρτες αποτελούνται επί το πλείστον από μυκόρριζες και ευεργετικά βακτήρια (ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ, 2016, Το Growshop της Καλλιθέας, 2018).

Το Maxicrop είναι ένας από τους ευρέως χρησιμοποιούμενους βιοδιεγέρτες στην Ελλάδα, παρόλα αυτά σε πολλούς καταλόγους προϊόντων αναφέρεται ως λίπασμα-προϊόν θρέψης (ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ, 2016, Φυτοπροστασία ΕΛΛΑΓΡΕΤ, 2015). Παρασκευάζεται από εκχυλίσματα φυκών *Ascophyllum*

*nodosum* και περιέχει φυτορμόνες, φυσικούς βιοδιεγέρτες ανάπτυξης, μακροστοιχεία, ιχνοστοιχεία και ουσίες υψηλής βιολογικής αξίας για τα φυτά (ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ, 2016, Maxicrop, 2018). Οι επιδράσεις που έχει στους φυτικούς οργανισμούς αφορούν την φυτρωτικότητα, τη ριζοβολία και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, την ανοχή σε αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις καθώς και την βελτιωμένη ποιότητα και αυξημένη ποσότητα των παραγόμενων ειδών (ΕΛΛΑΓΡΕΤ ΑΒΕΕ, 2016, Maxicrop, 2018). Η εφαρμογή του γίνεται διαφυλλικά ή με προσθήκη στο έδαφος και ενδείκνυται για δενδρώδεις καλλιέργειες (πυρηνόκαρπα, μηλοειδή, εσπεριδοειδή, ελιά), καλλωπιστικά και ανθοκομικά φυτά, σιτηρά, όσπρια, μηδική, φυλλώδη λαχανικά, κηπευτικά και για το αμπέλι (Maxicrop, 2018, Φυτοπροστασία ΕΛΛΑΓΡΕΤ, 2015).

Το σκεύασμα Kelpak<sup>R</sup> αποτελεί βιοδιεγέρτη που παράγεται από εκχυλίσματα φυκών του είδους *Ecklonia maxima*. Περιέχει κυρίως αυξίνες και μικρές ποσότητες κυτοκινινών (BASF Φυτοπροστασία, 2018). Η χρήση του στους φυτικούς οργανισμούς επιφέρει βελτιωμένη καρπόδεση και αύξηση του μεγέθους των καρπών με αποτέλεσμα την ποσοτική και ποιοτική αύξηση της παραγωγής. Εφαρμόζεται σε πολλές καλλιέργειες εκ των οποίων, το κρεμμύδι, η πιπεριά, το σκόρδο, η σταφίδα, η τομάτα, η φράουλα και το πεπόνι (BASF Φυτοπροστασία, 2018).

Το MICOSAT-F LEN 100G είναι ενεργοποιητής ριζών αποτελούμενος από μικρόβια που διατίθεται σε μορφή υδατοδιαλυτής σκόνης (Το Growshop της Καλλιθέας, 2018). Περιέχει μυκόρριζες του γένους *Glomus* (*G.coronatum*, *G.caledonium*, *G.intraradices*, *G.mosseae*, *G.viscosum*) και διάφορους ευεργετικούς μικροοργανισμούς όπως *Bacillus subtilis*, *Streptomyces spp.*, *Beauveria basiana* και *Pochonia chlamydosporia* (Το Growshop της Καλλιθέας, 2018). Η χρήση του προτείνεται σε λαχανικά, βιομηχανικά φυτά, καπνό, δημητριακά, πατάτα, οπωροφόρα δένδρα, ελιές, ακτινίδια και στη φράουλα (Το Growshop της Καλλιθέας, 2018).

Τα Botamisol και Amino16 είναι δύο σκευάσματα αμινοξέων και διατίθενται

στην αγορά ως ενεργοποιητές-βοηθητικές ουσίες (Γεωπονική Α.Ε., 2017, ΕΒΥΠ Ε.Ε., 2018). Το Botamisol περιέχει 45,0% β/β ελεύθερα αμινοξέα και 8,0% οργανικό άζωτο και χρησιμοποιείται για να προστατεύσει τα φυτά σε συνθήκες αβιοτικών πιέσεων (Γεωπονική Α.Ε., 2017). Εφαρμόζεται είτε στο φύλλωμα είτε στο έδαφος σε φυτά όπως τα εσπεριδοειδή, το αμπέλι, η ελιά, η φράουλα, το σιτάρι, το γκαζόν, το βαμβάκι, η πατάτα και σε διάφορα κηπευτικά και καλλωπιστικά φυτά (Γεωπονική Α.Ε., 2017). Το προϊόν Amino16 περιέχει 11,3% ελεύθερα αμινοξέα, 3% ολικό άζωτο και 33% οργανική ουσία (ΕΒΥΠ Ε.Ε., 2018). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις καλλιέργειες διαφυλλικά ή με ριζοπότισμα και η εφαρμογή του εξασφαλίζει στα φυτά καλύτερη ανάπτυξη ριζικού συστήματος και προστασία σε συνθήκες αβιοτικής πιέσεων (ΕΒΥΠ Ε.Ε., 2018). Ακόμη, βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών, την καρπόδεση, την ποιότητα και επηρεάζει ποσοτικά την παραγωγή (ΕΒΥΠ Ε.Ε., 2018).

Στο εμπόριο διατίθενται και σκευάσματα τα οποία αναγράφουν ασαφείς πληροφορίες σχετικά με το περιεχόμενό τους, τον τρόπο δράσης τους και τις επιδράσεις τους στα φυτά. Δύο τέτοια προϊόντα είναι το Azospir και το Algit Super. Το πρώτο προϊόν αποτελεί ενεργοποιητή εδάφους και αποτελείται από βακτήρια του γένους *Azospirillum* και *Azotobacter* (Algit Super, 2014, Humofert, 2015). Οι επιδράσεις από τη χρήση του σκευάσματος στα φυτά, που αναγράφονται στις πληροφορίες, είναι πολύ γενικές και στα περιεχόμενα δεν αναφέρονται τα είδη των βακτηρίων που περιέχει το προϊόν (Humofert, 2015). Το δεύτερο σκεύασμα, το Algit Super, αναφέρεται ως λίπασμα από εκχυλίσματα φυκών *Ascophyllum nodosum* (Algit Super, 2014). Στα περιεχόμενα του σκευάσματος αναγράφεται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις καλλιέργειες όλο το χρόνο ενώ οι επιδράσεις του στα φυτά αναφέρονται ως μοναδικά χαρακτηριστικά (Algit Super, 2014).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι υπάρχει σύγχυση σε ότι αφορά τη διάκριση των βιοδιεγερτών από τα λιπάσματα και τις βοηθητικές ουσίες λιπασμάτων. Στην ελληνική αγορά κυκλοφορούν αρκετά σοβαρά βιοδιεγερτικά προϊόντα αλλά και πολλά σκευάσματα που ενώ θα μπορούσαν να

συγκαταλέγονται στους βιοδιεγέρτες κατατάσσονται σε άλλες κατηγορίες προϊόντων. Ακόμη, υπάρχουν προϊόντα με ελλείψεις στοιχεία σε ότι αφορά το περιεχόμενό τους και τον τρόπο δράσης τους αλλά και σκευάσματα που δεν αναφέρουν στοιχειώδεις πληροφορίες στα περιεχόμενά τους. Είναι απαραίτητο να γίνει διαχωρισμός μεταξύ βιοδιεγερτών και λιπασμάτων, έλεγχος των προϊόντων που κυκλοφορούν στο εμπόριο καθώς και σύνταξη νομοθετικού πλαισίου.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η ανάπτυξη συστημάτων καλλιέργειας τα οποία θα είναι βιώσιμα και θα μπορέσουν να καλύψουν τις ανάγκες του παγκόσμιου πληθυσμού για τροφή αλλά και η προστασία του περιβάλλοντος αποτελούν σημερινά μείζονα ζητήματα. Η δημιουργία βιοδιεγερτικών προϊόντων και η εφαρμογή τους σε καλλιεργούμενα είδη παρουσίασε μια σειρά από θετικές επιδράσεις και τα κατέστησε ένα σταθερά αναπτυσσόμενο προϊόν (Battacharyya et al., 2015, Shekhar Sharma et al., 2014). Παρόλα αυτά υπάρχουν ζητήματα που αφορούν φυτοτοξικότητες, θέματα ασφάλειας και δυσκολία προσδιορισμού του τρόπου δράσης, τα οποία χρειάζονται επίλυση με τη συνεργασία δημόσιων και ιδιωτικών φορέων (Yakhin et al., 2017). Στόχοι των μελετών και των εφαρμογών τους αποτελούν η αυξημένη αποδοτικότητα των καλλιεργειών, η παραγωγή ποιοτικότερων προϊόντων και η προστασία του περιβάλλοντος (Canellas et al., 2015). Η εύρεση επίσημου ορισμού και η νομική αποδοχή των ουσιών αυτών θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην ανάπτυξη και στη διάδοσή τους. Η πιστοποίησή τους και ο συντονισμός εθνικής νομοθεσίας για τη χρήση και το εμπόριό τους θα μπορούσαν να αποτελέσουν αφετηρία για τη χρήση τους (Yakhin et al., 2017).

Η Ιταλία, η Ισπανία και η Γαλλία αποτελούν πρωτοπόρες χώρες στην παραγωγή και τη χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα τελευταία χρόνια στην ελληνική αγορά έχει αρχίσει η διάθεση πάρα πολλών βιοδιεγερτικών προϊόντων. Σκοπός της χρήσης τους αποτελεί η παραγωγή ποιοτικότερων προϊόντων με όσο το δυνατόν λιγότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις. Το μεγαλύτερο ποσοστό των σκευασμάτων αυτών αναφέρονται ως λιπάσματα ή/ και ως βοηθητικές ουσίες λιπασμάτων και αναγράφουν ασαφείς πληροφορίες σχετικά με το τι περιέχουν καθώς και με ποιο τρόπο δρουν στους φυτικούς οργανισμούς. Ακόμη, οι ετικέτες τους παρουσιάζουν ελλείψεις σε θέματα που αφορούν το ποιες λειτουργίες επηρεάζουν και με ποιο τρόπο γίνεται αυτό. Οι βιοδιεγέρτες αποτελούν προϊόντα με προοπτικές ανάπτυξης και εξέλιξης. Για την αποδοχή και την εδραίωσή τους στην παγκόσμια και στην ελληνική αγροτική ελληνική αγορά είναι απαραίτητο να γίνει περαιτέρω έρευνα και

πειραματισμός ώστε να διευκρινιστούν και να αποσαφηνιστούν θέματα δράσης, λειτουργικότητας και ασφάλειας αλλά και να καθοριστεί σαφές νομικό πλαίσιο για τη χρήση τους. Η εμπειριστατωμένη έρευνα των προϊόντων αυτών σε συνδυασμό με την ενημέρωση των αρμόδιων (γεωπόνοι, αγρότες, γεωργικές υπηρεσίες κ.ά.) μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία για τη ορθολογική και εντατική χρήση των βιοδιεγερτών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Algit Super εκχύλισμα φυκιών | Gemma. (2014). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από <http://www.gemma.gr/gr/proionta/leptomereies/12454/>
- Αναλογίδης, Δ. (2007). *Τα μικροθρεπτικά στοιχεία στο αγροτικό οικοσύστημα*. Αθήνα: Αγροτύπος.
- Baldotto, M.A., Rocha, J., Andrade, F., Giudice, M. & Baldotto, L. (2016). The plant stimulant humic acid extracted from organic waste recycled by composting combined with liming and fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, pp. 3955-3964. doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n6p3955
- Basf Φυτοπροστασία. (2018). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από [https://www.agro.basf.gr/agroportal/gr/el/crop\\_protection/product\\_catalogue/product\\_details\\_56041.html](https://www.agro.basf.gr/agroportal/gr/el/crop_protection/product_catalogue/product_details_56041.html)
- Battacharyya, 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](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-s2.0-S0304423815301771-main.pdf?\\_tid=58f9b4b2-76dc-11e7-a5bc-00000aab0f6c&acdnat=1501607622\\_c75cdc15e6c2b234e8af981515388b4d](http://ac.els-cdn.com/S0304423815301771-s2.0-S0304423815301771-main.pdf?_tid=58f9b4b2-76dc-11e7-a5bc-00000aab0f6c&acdnat=1501607622_c75cdc15e6c2b234e8af981515388b4d)

Γεωπονική Α.Ε. (2017). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από <http://georoniki.com/products/%CE%BB%CE%B9%CF%80%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%B2%CE%BF%CE%B7%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B1-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CE%BE%CE%B7%CF%82-%CF%86/>

Colavita, G.M., Spera, N., Blackhall, V. & Sepulveda, G.M. (2011). Effect of Seaweed Extract on Pear Fruit Quality and Yield. *Acta horticulturae*, pp.601-607. doi: 10.17660/ActaHortic.2011.909.72

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](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-cdn.com/S1878029615003990/1-s2.0-S1878029615003990-main.pdf?\\_tid=a8b79854-b8e3-11e7-a074-00000aacb35e&acdnat=1508867538\\_1576f354cfa662d5087b460f06349a14](https://ac.els-cdn.com/S1878029615003990/1-s2.0-S1878029615003990-main.pdf?_tid=a8b79854-b8e3-11e7-a074-00000aacb35e&acdnat=1508867538_1576f354cfa662d5087b460f06349a14)

Δημόπουλος, Β. (1998). *Φυτοπροστατευτικά Προϊόντα*. Αθήνα: Έμβρυο.

- 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>
- 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\\_Proionton\\_2016\\_v.1.\\_April\\_16.pdf](http://www.ellagret.gr/images/files/Ellagret_ABEE_Techniko_Fylladio_Proionton_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
- Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C. & Nardi, S. (2009). Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, pp. 1-8. doi: 10.1002/jpln.200800174
- Ertani, A., Pizzeghello, D., Francioso, O., Tinti, A. & Nardi, S. (2016). Biological Activity of Vegetal Extracts Containing Phenols on Plant Metabolism. *Molecules*, 21, pp. 1-14. doi: 10.3390/molecules21020205
- Etesami, H. & Jeong, B.R. (2018). Silicon (Si): Review and future prospects on the action mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol 147, 881-896. Retrieved January 13, 2018, from [https://ac.els-cdn.com/S0147651317306619/1-s2.0-S0147651317306619-main.pdf?\\_tid=ec48460a-f89d-11e7-95cc-00000aab0f6c&acdnat=1515874470\\_a93c1a5ce698f431b8488953c238f558](https://ac.els-cdn.com/S0147651317306619/1-s2.0-S0147651317306619-main.pdf?_tid=ec48460a-f89d-11e7-95cc-00000aab0f6c&acdnat=1515874470_a93c1a5ce698f431b8488953c238f558)
- Foroutan Nia, A., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Bahman, S. & Seif Sahandi, M. (2016). *Acta agriculturae Slovenica*, 107, pp. 147-157. doi: 10.14720/aas.2016.107.1.15

- Φυτοπροστασία ΕΛΛΑΓΡΕΤ. (2015). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από <http://www.ellagret.gr/el/component/eshop/catalog/item/proionta-threpsis-lipansis/10-biodiegertes---ekhilismata-fikon/94-igro-dialima-lipasmatos---biodiegertis-apo-ekhilisma-thalassion-fikon%2C-emploitismeno-me-azoto-%28n%29.html>
- Gardini, E. (2018). *Σχέδιο Γνωμοδότησης της Επιτροπής Περιβάλλοντος, Δημόσιας Υγείας και Ασφάλειας Τροφίμων σχετικά με πρόταση κανονισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση κανόνων σχετικά με τη διάθεση προϊόντων λίπανσης με /σήμανση CE στην αγορά και την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ.1069/2009 και (ΕΚ) αριθ.1107/2009*. Ανακτήθηκε Απρίλιος 15, από [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu).
- Godlewska, K., Michalak, I., Tuhy, L. & Chojnacka, K. (2016). Plant Growth Biostimulants Based on Different Methods of Seaweed Extraction with Water. *BioMed Research International*, Vol 2016, 1-11. Retrieved July 31, 2017, from <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2016/5973760/>
- Goni, O., Quille, P. & O'Connell, S. (2016). Production of chitosan oligosaccharides for inclusion in a plant biostimulant. *Pure and Applied Chemistry*, 88, pp. 881-889. doi: 10.1515/pac-2016-0701
- Halpern, M., Bar-Tar, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T. & Yermiyahu. (2015). The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. *Advances in Agronomy*, 1, pp.141-174. doi: 10.1016/bs.agron.2014.10.001
- 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

- Humofert. (2015). Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2018, από <http://www.humofert.gr/el/component/eshop/catalog/item/proionta/1-epaggelmatika-pro ionta/186-azospir.html>
- Θεριός, Ι. (2005). *Ανόργανη Θρέψη & Λιπάσματα*. Θεσσαλονίκη: Γαρταγάνης.
- Καράταγλης, Σ. (1994). *Φυσιολογία Φυτών*. Θεσσαλονίκη: Art of text.
- 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=1501608429ac76ac64239d59861163b246468f1bfa](http://ac.els-cdn.com/S030442381530162X/1-s2.0-S030442381530162X-main.pdf?_tid=39c7503e76de-11e7-8c85-00000aacb35f&acdnat=1501608429ac76ac64239d59861163b246468f1bfa)
- 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=3464366cb8e6-11e7-80c00000aacb35d&acdnat=150886863292dd92b1b59df58e39168676ff651620>
- Marfa, O., Caceres, R., Polo, J. & Rodenas, J. (2009). Animal protein hydrolysate as a biostimulant for transplanted strawberry plants subjected to cold stress. *Acta horticulturae*, pp. 315-318. doi: 10.17660/ActaHortic.2009.842.57

- Masondoa, N.A., Aremua, A.O., Rengasamy, K.R.R., Amooa, S.O., Gruz, J., Subrtovab, Dolezalb, K. & Van Stadena, J. (2016). Growth and phytochemical response in *Eucomis autumnalis* (Mill.) Chitt. treated with phenolic biostimulants from brown alga, *Ecklonia maxima*. *Agricultural Research Council, Roodeplaas Vegetable and Ornamental Plant Institute*, pp. 211. doi: 10.1016/j.sajb.2015.03.158
- 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>
- Melo, L., Goncalves, E., Ralph, L., Viana, J. & Silva, S. (2015). Physiological and Physical Quality of Seeds from Peanut Seeds and Plants under the Influence of Fertilizer and Biostimulant. *American Journal of Plant Sciences*, Vol 6, 1594-1606. Retrieved July 30, 2017, from [http://file.scirp.org/pdf/AJPS\\_2015062915351921.pdf](http://file.scirp.org/pdf/AJPS_2015062915351921.pdf)
- Michalak, I., Chojnacka, K., Dmytryk, A., Wilk, R., Gramza, M. & Roj, E. (2016). Evaluation of Supercritical Extracts of Algae as Biostimulants of Plant Growth in Field Trials. *Frontiers in Plant Science*, 7, pp. 1-11. doi: 10.3389/fpls.2016.01591
- 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>
- Οδηγία του συμβουλίου της 15<sup>ης</sup> Ιουλίου 1991 σχετικά με τη διάθεση στην αγορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων (91/414/ΕΟΚ). (1991, Ιούλιος 15). Ανακτήθηκε από [http://www.bio.auth.gr/river/law/EI/93\\_91\\_414.pdf](http://www.bio.auth.gr/river/law/EI/93_91_414.pdf)
- 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.



- Pichyangkura, R. & Chadchawan, S. (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae*, Vol 196, 49-65. Retrieved August 1, 2017, from [http://ac.els-cdn.com/S0304423815301953/1-s2.0-S0304423815301953-main.pdf?\\_tid=f572a098-76db-11e7-9cf2-00000aacb35f&acdnat=1501607456\\_669ad3ad82054162ed5581c3518b7a11](http://ac.els-cdn.com/S0304423815301953/1-s2.0-S0304423815301953-main.pdf?_tid=f572a098-76db-11e7-9cf2-00000aacb35f&acdnat=1501607456_669ad3ad82054162ed5581c3518b7a11)
- 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-S0304423815301667-main.pdf?\\_tid=b233b2fe-76db-11e7-8c85-00000aacb35f&acdnat=1501607343\\_8b44f08713fe2be5de67bfdd7c7c673b](http://ac.els-cdn.com/S0304423815301667/1-s2.0-S0304423815301667-main.pdf?_tid=b233b2fe-76db-11e7-8c85-00000aacb35f&acdnat=1501607343_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

- Szczepanek, M., Wilczewski, E., Poberezny, J., Wszelaczynska, E., Keutgen, A. & Ochmian, I. (2015). Effect of biostimulants and storage on the content of macroelements in storage roots of carrot. *Journal of Elementology*, 20, pp. 1021-1031. doi: 10.5601/jelem.2015.20.1.768
- Ταμουτσίδης, Ε. (2008). *Γεωργική Χημεία: Με στοιχεία Γενικής Ανόργανης Χημείας, Οργανικής Χημείας και Βιοχημείας*. Φλώρινα: +γραμμα.
- 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/>
- Τσαπικούνης, Φ. (2004). *Θρέψη-Λίπανση των Φυτών*. Αθήνα: Αθ.Σταμούλης.
- Τσιτσίας, Κ. (1997). *Λιπασματολογία*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- 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
- Wasim Haider, M., Muhammad Ayyub, M., Aslam Pervez, M., Ullah Asad, H., Manan, A., Ali Raza, S. & Ashraf, I. (2012). Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Soil and Environment*, Vol 31 (No 2), 157-162. Retrieved August 2, 2017, from [https://www.researchgate.net/publication/262008924\\_Impact\\_of\\_foliar\\_application\\_of\\_seaweed\\_extract\\_on\\_growth\\_yield\\_and\\_quality\\_of\\_potato\\_Solanum\\_tuberosum\\_L](https://www.researchgate.net/publication/262008924_Impact_of_foliar_application_of_seaweed_extract_on_growth_yield_and_quality_of_potato_Solanum_tuberosum_L)
- 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

- Χατζηλάρη, Κ. (2012). *Επίδραση της χιτοζάνης στο χρόνο συντήρησης (shelf-life) αποκευρωμένων μυδιών *Mytilus galloprovincialis**. (Αδημοσίευτη Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Καρδίτσα.
- Yakhin, O., Lubyantseva, 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
- Zarzecka, K., Gugala, M., Sikorska, A., Mystkowska, I., Baranowska, A., Nieweglowski, M. & Dolega, H. (2017). The effect of herbicides and biostimulants on polyphenol content of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and leaves. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Vol 9, 1-5. Retrieved October 2, 2017, from [https://ac.els-cdn.com/S1658077X16302235/1-s2.0-S1658077X16302235-main.pdf?tid=434295d8-b8e2-11e7-89bd-00000aacb361&acdnat=1508866939\\_d0332872c57d5997\\_3c8dbbf65c0ee721](https://ac.els-cdn.com/S1658077X16302235/1-s2.0-S1658077X16302235-main.pdf?tid=434295d8-b8e2-11e7-89bd-00000aacb361&acdnat=1508866939_d0332872c57d5997_3c8dbbf65c0ee721)