

Contents

ΒΙΟ-ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ - ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ.	1
ΕΙΔΗ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΩΦΕΛΙΜΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥΣ.....	3
Βιολογικά λιπάσματα ρύθμισης αζώτου	4
Ελεύθεροι ρυθμιστές αζώτου (μύκητες, Βακτήρια).....	7
Συνεργατικοί, συμβιωτικοί ρυθμιστές αζώτου.	9
Συμβιωτικοί ρυθμιστές αζώτου.	9
Βιολιπάσματα φωσφόρου	11
Βιολογικά λιπάσματα διαλυτοποίησης φωσφόρου.	13
Βιολιπάσματα κινητοποίησης φωσφόρου - Μυκόρριζα.	14
Βιολιπάσματα διαλυτοποίησης καλίου	15
Βιολογικά λιπάσματα για δευτερεύοντα μικροστοιχεία - διαλυτοποιητές ψευδαργύρου και σιδήρου	16
Ριζοβακτήρια που προωθούν την ανάπτυξη των φυτών(PGPR)	16
Κομπόστ ως λίπασμα	18
Τι είναι το κομπόστ.	18
Κομπόστ - οφέλη και χρήση.	19
Μικροβιακή κοινότητα σε λίπασμα κομπόστ.....	20
Προετοιμασία κομπόστ.	21
Κομπόστ ως φυτοπροστασία	21
ΤΥΠΟΙ ΒΙΟ-ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΩΣ ΦΟΡΕΙΣ.....	23
Βιολιπάσματα φορείς	24
Υγρά Βιολιπάσματα	25
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	28

ΒΙΟ-ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ - ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ.

Η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για ασφαλή και υγιεινά τρόφιμα και οι ανησυχίες για την περιβαλλοντική μόλυνση οδήγησαν στη δημιουργία και την ανάπτυξη της βιολογικής γεωργίας. Είναι παγκοσμίως σημαντική προτεραιότητα στον τομέα της φυτικής και κτηνοτροφικής παραγωγής, η οποία προάγει και ενισχύει την υγεία του αγροτικού οικοσυστήματος, συμπεριλαμβανομένης της βιοποικιλότητας, τους βιολογικούς κύκλους και τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους. Η βιολογική γεωργία βασίζεται στην ανάπτυξη και την εφαρμογή των Βιο-λιπασμάτων και των φυτικών δυναμοτικών. Η χρήση των χημικών λιπασμάτων σε μεγάλη ποσότητα έχει

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

οδηγήσει σε πολλαπλή αύξηση της παραγωγικότητας των γεωργικών προϊόντων, αλλά έχουν επίσης αρνητικές επιπτώσεις στο έδαφος. Συνεχής και υπερβολική χρήση χημικών λιπασμάτων και άλλων αγροχημικών προϊόντων για την αύξηση της απόδοσης μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη νερού στο έδαφος και στην εξάντληση των θρεπτικών συστατικών του εδάφους, που τελικά οδηγεί σε μείωση της παραγωγής. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να ξεπεραστεί με τη χρήση μιας διαφορετικής τεχνολογίας για την παραγωγή με ποικίλα βιο-λιπάσματα. Τα βιο-λιπάσματα από μικροοργανισμούς που μπορούν να αντικαταστήσουν τα χημικά λιπάσματα, είναι λιγότερο δαπανηρά και είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα χημικά λιπάσματα. Η παγκόσμια αγορά για βιολογικά αγροτικά προϊόντα σήμερα αποτιμάται σε περίπου US \$ 30 δις. με ρυθμό ανάπτυξης περίπου 8 τοις εκατό. Σχεδόν 22 εκατομμύρια εκτάρια γης καλλιεργούνται με βιολογικά. Η βιολογική καλλιέργεια αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 1 τοις εκατό των συμβατικών καλλιεργειών στον κόσμο και περίπου το 9 τοις εκατό του συνόλου των γεωργικών εκτάσεων. Βιο-λιπάσματα ή πιο σωστά «Μικροβιακοί εμβολιασμοί» στην κυριολεξία, δεν είναι τα λιπάσματα, τα οποία δίνουν άμεσα στα φυτά θρεπτικά. Αντιπροσωπεύουν φυσικές και οργανικές συνθέσεις οι οποίες περιέχει ζωντανά ή λανθάνοντα κύτταρα ωφέλιμων μικροοργανισμών του εδάφους τα οποία μετά την προσθήκη στο σπόρο, στην επιφάνεια του φυτού ή στο έδαφος, αποικίζουν το ριζόστρωμα ή το εσωτερικό του φυτού και προωθούν την ανάπτυξη, με την αύξηση της προσφοράς ή της διαθεσιμότητας των βασικών θρεπτικών συστατικών για το φυτό ξενιστή. Ο εμβολιασμός με ωφέλιμους μικροοργανισμούς του εδάφους είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για την αύξηση της γονιμότητας του εδάφους, επειδή με αυτόν τον τρόπο διευκολύνουν την προσβασιμότητα των φυτών σε μια σειρά από σημαντικά στοιχεία όπως άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Αποτέλεσμα είναι η χρήση των συνθετικών λιπασμάτων να μειωθεί σημαντικά. Στην παγκόσμια βιβλιογραφία υπάρχουν αποδείξεις ότι οι αποδόσεις των φυτών που έχουν εμβολιαστεί με μικροοργανισμούς, έχουν αυξηθεί. Μικροοργανισμοί (βακτήρια, μύκητες μυκορριζα και φύκια) είναι τα ζωντανά συστατικά του εδάφους. Οι δραστηριότητές τους που σχετίζονται με τη γονιμότητα του εδάφους και την θρέψη των φυτών ποικίλουν. Επηρεάζουν τη δομή του εδάφους, τη δυναμική των θρεπτικών συστατικών σε αυτό, συμμετέχουν στην θρέψη των φυτών και να αυξάνουν την αντοχή τους σε παθογόνα εδάφους.

Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι υπεύθυνοι για τη διαδικασία της σταθεροποίησης του αζώτου, τη διαλυτοποίηση αδιάλυτων φωσφορικών εδάφους, τη μετατροπή της σύνθετης οργανικής βιομάζας σε διαλυτές ενώσεις που χρησιμοποιούνται από τα φυτά για τη σύνθεση συστατικών απαραίτητων για την ανάπτυξη, όπως αμινοξέα, βιταμίνες, κλπ Υπάρχουν 17 μη βασικά -μεταλλικά και ανόργανα στοιχεία που απαιτούνται για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών. Η απουσία οποιουδήποτε αυτών των θρεπτικών ουσιών, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του φυτού και ίσως μόνιμη βλάβη. Τα τρία βασικά θρεπτικά είναι άνθρακας (C), υδρογόνο (H) και το οξυγόνο που παραλαμβάνεται από την ατμοσφαιρική διοξειδίου του άνθρακα και νερό. Τα ανόργανα στοιχεία (μακροστοιχεία), πρωτογενή συστατικά (άζωτο, φώσφορο και κάλιο) που απαιτούνται στις μεγαλύτερες ποσότητες είναι πιθανότερο να υπάρχουν σε μικρό ποσοστό σε

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

γεωργικά εδάφη. Τα δευτερογενή συστατικά (ιχνοστοιχεία), όπως Mg, S, Zn, Mn, Fe και Cu χρειάζονται σε μικρότερες ποσότητες, και συνήθως βρίσκονται σε επάρκεια, και ως εκ τούτου δεν περιορίζουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Τα ιχνοστοιχεία (B, Mo, Cl, Ni) που απαιτούνται σε πολύ μικρές ποσότητες μπορεί να είναι τοξικά για τα φυτά εάν βρεθούν σε περίσσεια. Το Πυρίτιο (Si) και το νάτριο (Na) μερικές φορές θεωρούνται απαραίτητα θρεπτικά συστατικά των φυτών, αλλά λόγω συνεχούς παρουσίας τους στο έδαφος, ποτέ δεν είναι στο αρχικό ανεφοδιασμό με λιπάσματα. Οι μικροοργανισμοί βοηθούν τα φυτά να απορροφούν από μόνα τους μια μεγαλύτερη ποσότητα των θρεπτικών ουσιών τα οποία, ακόμη και αν υπάρχουν στο έδαφος, σε ορισμένες περιπτώσεις δεν μπορεί να αφομοιωθεί από τα φυτά, επειδή είναι σε αδιάλυτη μορφή.

Επί του παρόντος, τα βιο-λιπάσματα παρέχονται στους γεωργούς σαν εμβόλια φορέως ή σαν ένα υγρό σκεύασμα ως εναλλακτική τεχνολογία, η οποία έχει περισσότερα πλεονεκτήματα από τα εμβόλια φορείς.

ΕΪΔΗ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΩΦΕΛΙΜΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥΣ.

Τα Βιολιπάσματα περιέχουν μικροοργανισμούς που είναι σε θέση να ενεργοποιήσουν μια βιολογική διαδικασία, η οποία προωθεί την ανάπτυξη και εξασφαλίζει την υγιή ανάπτυξη των φυτών. Αυτοί οι μικροοργανισμοί δεν λειτουργούν μόνο ως λίπασμα. Μετατρέπουν δυσπρόσιτες μορφές στοιχείων του εδάφους σε προσβάσιμες για τα φυτά. Παρόλο που ονομάζονται λιπάσματα, αυτοί δεν περιέχουν όλα τα θρεπτικά συστατικά που μπορούν να προστεθούν απ'ευθείας μέσα στο έδαφος για την αύξηση της γονιμότητας του. Αντιθέτως, οι μικροοργανισμοί αργά και αξιόπιστα βελτιώνουν την σταθερότητα του εδάφους και την φυτουγεία. Η διαφορά μεταξύ βιο-λιπασμάτων και κομπόστ είναι στη ποσότητα των μικροοργανισμών που περιέχονται σε αυτά. Τα βιο-λιπάσματα μπορούν να περιέχουν μόνο ένα συγκεκριμένο στέλεχος του μικροοργανισμού, το οποίο προορίζεται για μια ειδική δραστηριότητα στο έδαφος. Αυτοί οι μικροοργανισμοί κατατάσσονται σε τρεις κύριες ομάδες: ρυθμιστές αζώτου, μετασηματισμού του φωσφόρου και μικροοργανισμοί που αποικοδομούν την κυτταρίνη. Βοηθούν στην δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου, και στην μετατροπή του φωσφόρου σε μορφή που είναι προσβάσιμη από τα φυτά.

Οι μικροοργανισμοί βοηθούν επίσης φυτά να παράγουν ορμόνες, βιταμίνες και αμινοξέα που είναι ουσιαστικά σημασίας για την ανάπτυξη τους και την αντίσταση έναντι των παθογόνων. Σχεδόν όλες οι καλλιέργειες χρειάζονται διαφορετικούς τύπους Βιο-λιπασμάτων ανάλογα με τις ανάγκες τους. Οι διάφοροι τύποι Βιο-λιπασμάτων που βοηθούν το φυτό να αναπτυχθεί σε διαφορετικά επίπεδα της ζωής του μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

- Βιο-λιπάσματα ρύθμισης N - Αυτά περιλαμβάνουν τα βακτήρια *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Clostridium* και *Acetobacter*, και μεταξύ άλλων, μπλε -πράσινη άλγη (BGA) ή κυανοβακτήρια και η φτέρη *Azolla* (η οποία λειτουργεί σε συμβίωση με BGA).
- Βιο-λιπάσματα διαλυτοποίησης / κινητοποίησης P: Αυτά περιλαμβάνουν βακτήρια διαλυτοποίησης P (PSB) και άλλους μικροοργανισμούς διαλυτοποίησης P (PSMs), όπως *Bacillus*, *Pseudomonas* και *Aspergillus*. Μυκόριζες είναι μύκητες κινητοποίησης θρεπτικών συστατικών, γνωστές και ως φυσαλιδώδη με υφές μυκόριζας ή VA-μυκόριζες ή VAM.
- Ριζοβακτηρίδια προώθησης της ανάπτυξης των φυτών (PGPR): Κυρίως αντιπροσωπεύεται από είδη *Pseudomonas*. Αυτά τα βακτήρια δεν παρέχουν θρεπτικά συστατικά στα φυτά, αλλά ενισχύουν την ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών.
- Επιταχυντές κομποστοποίησης: κυτταρινολυτικής (*Trichoderma*) και λιγνολυτικής (*Humicola*) είδη μυκήτων και διάφορα Gram θετικά και Gram αρνητικά βακτήρια.

Βιολογικά λιπάσματα ρύθμισης αζώτου

Το άζωτο είναι ο πιο περιοριστικός θρεπτικός παράγοντας για την ανάπτυξη φυτών. Η κατάλληλη εφαρμογή αζώτου στα αναπτυσσόμενα φυτά έχει ευνοϊκή και ενισχυτική δράση στην ανάπτυξη, την απόδοση και την ποιότητα. Δεδομένου ότι το άζωτο είναι το κύριο στοιχείο σε αμινοξέα, τα οποία απαιτούνται για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και άλλων συναφών ενώσεων, και παίζει ρόλο σε όλες τις μεταβολικές διεργασίες των φυτών. Το άζωτο είναι επίσης αναπόσπαστο μέρος του μορίου χλωροφύλλης υπεύθυνο για φωτοσύνθεση των φυτών. Σύμπτωμα ανεπάρκειας αζώτου γενικά εμφανίζονται στο κάτω μέρος πρώτα, τα χαμηλότερα φύλλα στις άκρες μαυρίζουν, συνήθως αποσυντίθενται, και πέφτουν. Ωστόσο, η υπερβολική χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων αυξάνει το συνολικό κόστος της παραγωγής των καλλιεργειών, δημιουργεί ρύπανση του αγρο-οικοσυστήματος και την αυξάνει την επιδείνωση της γονιμότητας του εδάφους. Ως εκ τούτου, κατέστη απαραίτητο για τους ερευνητές να εξελιχθεί και να υιοθετηθεί μια νέα στρατηγική για τη συμπλήρωση ή υποκατάσταση του ανόργανου αζώτου με οργανικές πηγές, ιδιαίτερα εκείνων της μικροβιακής προέλευσης. Βιο-λιπάσματα ρύθμισης αζώτου παράχθηκαν κυρίως στη βιομηχανία το 2012, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 78% της παγκόσμιας ζήτησης. Αυτά τα Βιολογικά λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως για τη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών και εμπεριέχουν πολλά πιθανά οφέλη στην περιβαλλοντική εφαρμογή, εκτός από τη γεωργική χρησιμότητά τους. Επιπλέον, η αύξηση της κατανάλωσης ψυχανθών και μη, φυτικών προϊόντων αναμένεται επίσης να αυξήσει τη ζήτηση για βιο-λιπάσματα ρύθμισης του αζώτου κατά τη διάρκεια της περιόδου πρόβλεψης.

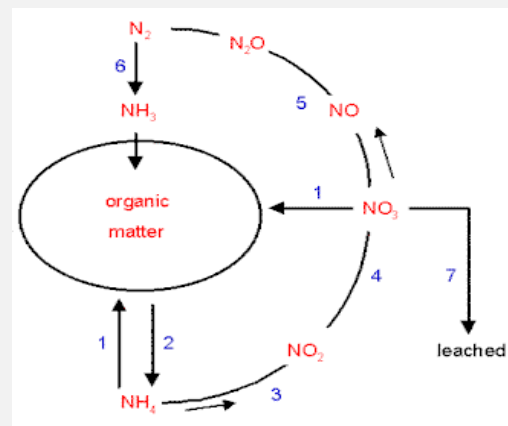
Βιολογικά λιπάσματα αζώτου βοηθούν τους γεωπόνους να προσδιορίσουν το επίπεδο του αζώτου στο έδαφος. Το είδος των καλλιεργειών καθορίζουν επίσης το

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

επίπεδο του αζώτου. Μερικά φυτά χρειάζονται περισσότερο άζωτο για την ανάπτυξη τους, ενώ άλλα χρειάζονται λιγότερη ποσότητα. Ο τύπος του εδάφους είναι ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει τον τύπο βιο-λιπάσματος που απαιτείται για την καλλιέργεια.

Αν και ατμόσφαιρα περιέχει 79% N_2 , τα ευκαρυωτικά κύτταρα δεν μπορούν να το χρησιμοποιήσουν άμεσα. Ατμοσφαιρικό N_2 πρέπει να μετατραπεί πρώτα σε αζωτούχες ενώσεις που μπορούν να αφομοιωθούν από τα φυτά (είτε NH_4^+ είτε NO_3^-), η διαδικασία ονομάζεται βιολογική καθήλωση του αζώτου (BNF) και διενεργείται αποκλειστικά και μόνο από προκαρυωτικούς οργανισμούς (βακτήρια και κυανοβακτήρια) (Σχήμα 1).

1. Απορρόφηση NH_4 ή NO_3 από μικροοργανισμούς
 2. Απελευθέρωση του NH_4 με αποσύνθεση
 - 3, 4. Μικροβιακή οξείδωση του NH_4 (λήψη αερόβιας ενέργειας)
 5. Denitrification (NO_3 αναπνοή) από αναερόβιους μικροοργανισμούς
- (NO_3 χρησιμοποιούνται ως ο τελικός αποδέκτης των electrons κατά την αποσύνθεση της οργανικής ύλης)



Σχήμα 1. Κύκλος του αζώτου στην φύση.

Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει μια επισκόπηση του κύκλου του αζώτου στο έδαφος ή σε υδάτινα περιβάλλοντα. Ανά πάσα στιγμή ένα μεγάλο ποσοστό του συνολικού σταθερού αζώτου θα κλειδωθεί στη βιομάζα ή στα εναπομείναντα στοιχεία των νεκρών οργανισμών (φαίνεται συλλογικά ως "οργανική ύλη»). Έτσι, το μόνο άζωτο που διατίθεται για την υποστήριξη και ανάπτυξη νέων οργανισμών θα είναι αυτό που παρέχεται από την δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου (οδός 6 στο διάγραμμα) ή από την απελευθέρωση του αμμωνίου ή από απλές οργανικές ενώσεις του αζώτου μετά από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης (οδός 2).

Η βιολογική δέσμευση του αζώτου ανακαλύφθηκε από τον Ολλανδό μικροβιολόγο Martinus Beijerinck. It ότι συνεισφέρει το 60% του συνόλου της αζωτοδέσμευσης. Οι μικροοργανισμοί που ρυθμίζουν το άζωτο ονομάζονται diazotrophs.

Με τον τρόπο αυτό αυξάνουν το επίπεδο του εδαφικού αζώτου και, αντίστοιχα, τη γονιμότητα του εδάφους. Η βιολογική δέσμευση αζώτου καταλύεται από ένα μικροβιακό πολυμερικό ενζυμικό σύμπλοκο, την νιτρογενάση(nitrogenase). Το

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

συγκρότημα nitrogenase υπάρχει σε όλες τις diazotrophs. Αποτελείται από δύο συντηρημένες πρωτεΐνες: μία που περιέχει σίδηρο (Fe) δινιτρογενάση αναγωγάση (πρωτεΐνη Fe) που κωδικοποιείται από το γονίδιο *nifH* και μολυβδαίνιο σιδήρου (MoFe) δινιτρογενάση (ή πρωτεΐνη MoFe) που κωδικοποιείται από τα γονίδια *nifDK* (Matthew et al, 2008). Οι αντιδράσεις συμβαίνουν ενώ το N_2 είναι συνδεδεμένο με το σύμπλοκο ενζύμου νιτρογενάση. Η πρωτεΐνη Fe ανάγεται από τα ηλεκτρόνια που έδωσε η φερρεδοξίνη. Στη συνέχεια, η αναγόμενη πρωτεΐνη Fe δεσμεύει ATP και ανάγει την πρωτεΐνη μολυβδαινίου-σιδήρου, η οποία δίνει ηλεκτρόνια σε N_2 , παράγοντας $HN = NH$. Σε δύο περαιτέρω κύκλους αυτής της διαδικασίας (που ο καθένας απαιτεί ηλεκτρόνια από την φερρεδοξίνη) $HN = NH$ ανάγεται σε H_2N-NH_2 , και αυτό με τη σειρά ανάγεται σε $2NH_3$. Ανάλογα με το είδος του μικροοργανισμού, η αναγόμενη φερρεδοξίνη η οποία τροφοδοτεί με τα ηλεκτρόνια τη διαδικασία αυτή, παράγεται από τη φωτοσύνθεση, την αναπνοή ή τη ζύμωση. Υπάρχει ένας αξιοσημείωτος βαθμός λειτουργικής διατήρησης μεταξύ των πρωτεϊνών νιτρογενάσης όλων των βακτηρίων ρύθμισης του αζώτου. Η πρωτεΐνη Fe και η πρωτεΐνη Mo-Fe έχουν απομονωθεί από πολλά από αυτά τα βακτήρια, και η δέσμευση του αζώτου εμφανίζεται σε συστήματα άνευ κυττάρων σε ένα εργαστήριο όταν η πρωτεΐνη Fe ενός είδους αναμιγνύεται με την πρωτεΐνη Mo-Fe του ένα άλλο βακτήριο, έστω και αν τα είδη έχουν πολύ μακρινή συγγένεια. Η νιτρογενάση ανεπίστρεπτα αναστέλλεται από το μοριακό οξυγόνο και αντιδραστικά είδη οξυγόνου, διότι το οξυγόνο αντιδρά με το συστατικό σιδήρου των πρωτεϊνών. Αν και αυτό δεν είναι ένα πρόβλημα για αναερόβια βακτήρια, θα μπορούσε να είναι ένα σημαντικό πρόβλημα για τα αερόβια είδη όπως τα κυανοβακτήρια (που παράγουν οξυγόνο κατά τη φωτοσύνθεση) και τα αερόβια βακτήρια του εδάφους, όπως Αζωτοβακτήρια και *Beijerinckia*. Αυτοί οι μικροοργανισμοί έχουν διάφορους μηχανισμούς άμυνας για να ξεπεραστεί το πρόβλημα. Για παράδειγμα, τα είδη των αζωτοβακτηρίων έχουν το υψηλότερο γνωστό ρυθμό του αναπνευστικού μεταβολισμού από οποιονδήποτε άλλο οργανισμό, έτσι ώστε να μπορούν να προστατεύουν το ένζυμο με τη διατήρηση ενός πολύ χαμηλού επιπέδου οξυγόνου στα κύτταρα τους. Τα είδη αυτά παράγουν επίσης εξωκυτταρικούς πολυσακχαρίτες, που συγκρατούν το νερό και με τον τρόπο αυτό περιορίζει το ρυθμό διάχυσης του οξυγόνου στα κύτταρα.

Τα βακτήρια που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών (PGPB) έχουν χρησιμοποιηθεί σε όλο τον κόσμο ως Βιο-λιπάσματα, λόγω της ικανότητάς τους να προωθήσουν την ανάπτυξη των φυτών και, συνεπώς, την απόδοση των καλλιεργειών στο χωράφι, την γονιμότητα του εδάφους και ως εκ τούτου, με τη δυνατότητα να συμβάλει στην αειφόρο γεωργία και δασοσκομία. Σε γενικές γραμμές, τα βακτήρια που προωθούν την ανάπτυξη των φυτών διευκολύνουν την ανάπτυξη είτε άμεσα βοηθώντας στην απόκτηση των πόρων (άζωτο, φώσφορο και βασικά μέταλλα) ή με ρύθμιση των επιπέδων ορμονών των φυτών, είτε έμμεσα με τη μείωση των ανασταλτικών αποτελεσμάτων των διαφόρων παθογόνων στην ανάπτυξη και εξέλιξη των φυτών με την μορφή βιο-παραγόντων ελέγχου. Καταστέλλουν τη δραστηριότητα των παθογόνων με την παραγωγή πολυάριθμων μεταβολιτών όπως σιδεροφόρα, υδρολυτικά ένζυμα, και αντιβιοτικά. Τα PGPB ζουν ελεύθερα στο έδαφος, αποικίζουν τις ρίζες των φυτών

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

επιθετικά και δημιουργούν συμβιωτική σχέση με τα φυτά. Η συνύπαρξη PGPB με τις ρίζες των φυτών γενικά ταξινομείται με δύο περιβάλλοντα: την ριζόσφαιρα και την ενδόσφαιρα. Η ριζόσφαιρα αντιπροσωπεύει τον όγκο του εδάφους κάτω από την άμεση επιρροή της ρίζας, ενώ η ενδόσφαιρα αντιπροσωπεύει τον εσωτερικό ιστό της ρίζας. Τα στελέχη που κατοικούν την ριζόσφαιρα και την ενδόσφαιρα ονομάζονται ριζοβακτηρίδια και ενδόφυτα αντίστοιχα.

Μόνο μικροοργανισμοί ρύθμισης N προμηθεύουν με επιπλέον ποσότητες αζώτου στο σύστημα των φυτών στο έδαφος. Όλα τα άλλα Βιο-λιπάσματα απλά διαλυτοποιούν ή κινητοποιούν τα θρεπτικά συστατικά που υπάρχουν ήδη στο έδαφος. Οι μικροοργανισμοί που έχουν την ικανότητα να δεσμεύσουν το ατμοσφαιρικό N₂ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποτελεσματικά Βιο-λιπάσματα. Η εφαρμογή τους στο έδαφος βελτιώνει βιόκοσμο του εδάφους και μειώνει την ανάγκη για χημικά λιπάσματα. Μεταξύ όλων των PGPB, τα diazotrophic βακτήρια (ρυθμιστής N₂), τα οποία εμπλέκονται στη μετατροπή ή στη ρύθμιση του N₂ από τη διαθέσιμη αέρια μορφή στην ατμόσφαιρα διαιρούνται σε:

- Ελεύθερα ετερότροφα ή αυτότροφα βακτήρια.
- Βακτήρια με συνεργατικές, συμβιωτικές σχέσεις.
- Βακτήρια με συμβιωτικές σχέσεις με τα φυτά.

Ελεύθεροι ρυθμιστές αζώτου (μύκητες, βακτήρια)

Τα ελεύθερα ή μη συμβιωτικά βακτήρια ρύθμισης αζώτου ζουν εκτός των φυτικών κυττάρων και συνδέονται με τη ριζόσφαιρα, το τμήμα του εδάφους κάτω από την επίδραση των φυτικών ριζών και των εκκριμάτων τους. Έχουν τέσσερις τύπους:

- Ελεύθερα μη φωτοσυνθετικά αερόβια βακτήρια ρύθμισης αζώτου όπως *Azotobacter*, *Beijerinckia* και *Derxia*.
- Ελεύθερα μη φωτοσυνθετικά αναερόβια βακτήρια ρύθμισης αζώτου όπως *Clostridium*.
- Ελεύθερα φωτοσυνθετικά βακτήρια ρύθμισης αζώτου όπως *Chromatium*, *Rhodospseudomonas*, *Rhodospirillum*, κυανοβακτήρια.
- Ελεύθερα χημοσυνθετικά βακτήρια ρύθμισης αζώτου όπως *Desulfovibrio*.

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Ελεύθερα, μη φωτοσυνθετικά βακτήρια ρύθμισης αζώτου

Παρά το γεγονός ότι πολλά γένη και είδη βακτηρίων ρύθμισης N που απομονώθηκαν από τη ριζόσφαιρα των διαφόρων δημητριακών, κυρίως μέλη των γενών *Azotobacter* και *Azospirillum* έχουν δοκιμαστεί ευρέως για την αύξηση της απόδοσης των δημητριακών και οσπρίων υπό συνθήκες αγρού. Τα *Azotobacter* είναι υποχρεωτικά αερόβιοι, αν και μπορούν να αναπτυχθούν κάτω από περιορισμένες συγκέντρωσης O₂, τα έξι είδη είναι: *Azotobacter armeniacus*, *A. beijerinckii*, *A. chroococcum*, *A. nigricans*, *A. paspali* και *A. vinelandi*. Τα είδη αυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στη δέσμευση του αζώτου στις καλλιέργειες ρυζιού και χρησιμοποιούνται ως βιο-λιπάσματα για το σιτάρι, το κριθάρι, τη βρώμη, το ρύζι, τον ηλιάνθο, τον αραβόσιτο, το παντζάρι, τον καπνό, το τσάι, τον καφέ και τις καρύδες. Είναι διαφορετικά από άποψη μορφολογικών φυσιολογικών χαρακτηριστικών. Ορισμένα από αυτά έχουν μεγαλύτερη ικανότητα ρύθμισης αζώτου από τους άλλους. Εμβολιασμός του εδάφους με είδη *Azotobacter* μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών λόγω της αύξησης συγκέντρωσης όχι μόνο άζωτου, αλλά και άλλων ουσιών όπως βιταμίνες, γιββερελλίνες, ναφθαλίνη, οξικό οξύ οι οποίες βελτιώνουν την ανάπτυξη των φυτών. Τα *Azotobacter* συνθέτουν επίσης ουσίες που προάγουν την ανάπτυξη, παράγουν βιταμίνες Ομάδας Β όπως νικοτινικό οξύ και παντοθενικό οξύ, βιοτίνη και ετεροαυξίνες, γιββερελλίνες και κυτοκίνη, και βελτιώνουν την βλάστηση των σπόρων σε αρκετές καλλιέργειες. Τα βιο-λιπάσματα *Azotobacter* είναι διαθέσιμα και ως φορείς αλλά και ως υγρά.

Ελεύθερα φωτοσυνθετικά βακτήρια ρύθμισης αζώτου

Τα ελεύθερης διαβίωσης φωτοσυνθετικά κυανοβακτήρια ρύθμισης αζώτου (μπλε-πράσινα φύκια) ανήκουν σε 15 γένη, τα οποία βρίσκονται ελεύθερα στο έδαφος όπου μετατρέπουν ελεύθερο N₂ σε αζωτούχες ενώσεις και ενώσεις αμμωνίου. Κυρίως είναι ετερόκυστα π.χ., *Nostoc*, *Anabaena*, *Aulosira*, *Cylindrospermum*, *Calothrix*, *Totyrothrix*, *Stigonema*. Τα κυανοβακτήρια είναι φωτοσυνθετικά και επομένως προσθέτουν οργανική ύλη και επιπλέον άζωτο στο έδαφος. Μεταξύ αυτών, το *Aulosira* είναι ο πιο ενεργός σταθεροποιητής αζώτου στους ορυζώνες της Ινδίας. Η δέσμευση του αζώτου εμφανίζεται σε ειδικά παχιά τοιχώματα των κυττάρων σαν ετεροκύστες ή ανεξαρτητά κύτταρα (H) που εμφανίζονται κατά διαστήματα κατά μήκος των νημάτων κυανοβακτηρίων. Αυτός ο διαχωρισμός των κυτταρικών λειτουργιών είναι απαραίτητος, διότι τα κυανοβακτήρια έχουν φωτοσύνθεση εξελισσόμενου οξυγόνου αλλά το ένζυμο νιτρογενάση, είναι ασταθές με την παρουσία οξυγόνου. Αυτό το πρόβλημα έχει ξεπεραστεί, επειδή οι ετεροκύστες περιέχουν μόνο μέρος του φωτοσυνθετικού μηχανισμού, που ονομάζεται φωτοσύστημα I, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει ενέργεια (όπως ATP). Αλλά οι ετεροκύστες δεν περιέχουν το φωτοσύστημα II, το οποίο χρησιμοποιείται για να χωρίσει το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο (για συνδυασμό με CO₂ για την παραγωγή βιολογικών προϊόντων). Μη ετερόκυστοι ρυθμιστές αζώτου μπλε-πράσινα φύκια είναι λιγότερα σε αριθμό, π.χ., *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Gleocapsa*.

Συνεργατικοί, συμβιωτικοί ρυθμιστές αζώτου.

Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει τα βακτήρια από την οικογένεια *Spirillaceae* με δύο κύρια γένη - *Azospirillum* και *Herbaspirillum*. Τα βακτήρια του γένους *Azospirillum* είναι διαδεδομένα σε τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές και εδάφη όπου ζουν συμβιωτικά αλληλοβοηθητικά γύρω από τη ρίζα των διαφόρων άγριων και καλλιεργούμενων φυτών, που είναι επίσης γνωστή ως συνεργασία ριζόσφαιρας. Πρόκειται για ένα καλό παράδειγμα των λεγόμενων συνεργατικών ρυθμιστών αζώτου. Τα *Azospirillum* ανήκουν στις προαιρετικά ενδοφυτικές diazotrophs ομάδες, οι οποίες αποικίζουν την επιφάνεια και το εσωτερικό των μη ψυχανθών φυτών. Είναι σε θέση να επεξεργαστούν σημαντική ποσότητα αζώτου 20-40 kg N / ha στην ριζόσφαιρα σε μη ψυχανθή φυτά, όπως δημητριακά, κεχρί, ελαιούχους σπόρους, βαμβάκι, ρύζι, ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο, κλπ. Μετατροπείς αζώτου, όπως *Azospirillum* ωφελούν τα φυτά μέσω της βελτίωσης των βλαστών, της ανάπτυξης της ρίζας και της αύξησης του ποσοστού του νερού και της πρόσληψης ορυκτών από τις ρίζες (Gonzales et al., 2005). Οι αυξήσεις στην απόδοση μπορεί να είναι σημαντικές, μέχρι 30 τοις εκατό, αλλά γενικά κυμαίνονται από 5 έως 30 τοις εκατό. Αυτές οι αυξήσεις αποδόσεων από το *Azospirillum* είναι πιθανώς ένα αποτέλεσμα της παραγωγής των ουσιών που προάγουν την ανάπτυξη και όχι της καθήλωσης N₂ (Okon, 1985). Το κύριο πρόβλημα που περιορίζει τη χρήση των *Azospirillum* σε μεγάλη κλίμακα είναι η μεγάλη αβεβαιότητα και η αστάθεια των αποτελεσμάτων. Ανεξάρτητα από αυτές τις αμφιβολίες το *Azospirillum* φέρει μεγάλη υπόσχεση ως αυξητικό βιο-λίπασμα ρύθμισης N₂. Τα είδη *A. lipoferum*, *A. brasilense* και *A. amazonense* έχουν εμπορικά χρησιμοποιηθεί ως βιο-λιπάσματα παροχής αζώτου.

Συμβιωτικοί ρυθμιστές αζώτου.

Οι πιο γνωστοί και πιο αξιοποιήσιμοι συμβιωτικοί ρυθμιστές αζώτου περιλαμβάνουν αμοιαία(συμβιωτικά) βακτήρια τα οποία ανήκουν στην ομάδα των Α-Πρωτεοβακτηρίων, οικογένεια *Rhizobiaceae*, η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα γένη *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* και *Mesorhizobium* and *Allorhizobium*, συλλογικά ονομάζονται ως rhizobia. Τα *Rhizobia* συμμετέχουν σε αμοιβαίες ωφέλιμες ενώσεις με ρίζες ψυχανθών όπου σχηματίζουν μαστίγια για τη διεξαγωγή της διαδικασίας δέσμευσης του αζώτου. Εντός των φυματίων τα βακτήρια μετατρέπουν το ελεύθερο άζωτο σε αμμωνία, την οποία χρησιμοποιεί το φυτό ξενιστής για την ανάπτυξή του. Για να εξασφαλιστεί επαρκής σχηματισμός φυματίων και η βέλτιστη ανάπτυξη των ψυχανθών (π.χ., αλφάλφα, φασόλια, τριφύλλια, μπιζέλια, σόγια), οι σπόροι συνήθως εμβολιάζονται με εμπορικές καλλιέργειες των κατάλληλων ειδών *Rhizobium*, ιδιαίτερα σε φτωχά εδάφη ή όταν απουσιάζει το απαιτούμενο βακτήριο. Το *Rhizobium* μπορεί να δεσμεύσει 15-20 kgN/ha και να αυξήσει την απόδοση των καλλιεργειών, μέχρι 20% ώθηση. Έχει εκτιμηθεί ότι 40-250 kgN/ha/έτος δεσμεύονται από διαφορετικές καλλιέργειες ψυχανθών από τις μικροβιακές

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

δραστηριότητες του *Rhizobium*. Η ικανότητα δέσμευσης N_2 των μικροβίων ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των ειδών φυτών ξενιστών και των βακτηριακών στελεχών.

Ως εκ τούτου, για την παραγωγή των Βιο-λιπασμάτων πρέπει να ληφθεί υπόψη όχι μόνο το βακτηριακό στέλεχος, αλλά επίσης και η συμβατότητα *rhizobia*-ξενιστή.

Οι ρυθμιστές N_2 από το γένος *Frankia* συμμετέχουν επίσης σε συμβιωτικές σχέσεις με ορισμένα δικοτυλήδονα είδη (φυτά ακτινόριζα). Τα *Frankia* είναι ελεύθερα συμβιωτικά θετικά-gram νηματοειδή ακτινοβακτήρια που βρίσκονται στα φυμάτια της ρίζας ή στο έδαφος. Ο εμβολιασμός των ακτινόριζων φυτών με *Frankia* βελτιώνει σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών, τη βιομάζα, την περιεκτικότητα των βλαστών και των ριζών σε N, και το ποσοστό επιβίωσης μετά από μεταφύτευση στο έδαφος. Ωστόσο, η επιτυχία της εγκατάστασης ακτινόριζων φυτών σε υποβαθμισμένα εδάφη εξαρτάται από την επιλογή των αποτελεσματικών στελεχών *Frankia*. Τα είδη αυτού του γένους είναι ικανά να μολύνουν και να δημιουργήσουν φυμάτια σε οκτώ οικογένειες ακτινόριζων φυτών (κυρίως ξυλώδη φυτά), τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ξυλείας, για εκχερσώσεις, για την ξυλεία και για την παραγωγή καύσιμης ύλης, σε μικτές φυτείες, για ανεμοφράκτες, καθώς και για κατασκευή ανεμοφρακτών κατά μήκος των ερήμων και των ακτογραμμών. Ο εμβολιασμός με *Frankia* μπορεί να είναι επωφελής σε άνυδρα περιβάλλοντα, διαταραγμένες περιοχές και περιοχές όπου μητρικά ακτινόριζα φυτά απουσιάζουν. Η συμβίωση μεταξύ ακτινόριζων φυτών και *Frankia* προκαλεί το σχηματισμό ενός μόνιμου οργάνου της ρίζας που ονομάζεται φυμάτιο, όπου τα βακτήρια φιλοξενούνται και το άζωτο δεσμεύεται. Στον αγρό, τα φυμάτια των ακτινόριζων μπορεί να έχουν μεταβλητές μορφές και χρώματα. Σύγκριση των φυματίων ακτινόριζων και ψυχανθών δείχνει ότι η μορφολογία, ανατομία, η προέλευση και η λειτουργία των φυματίων είναι διαφορετικά για τις δύο αυτές κατηγορίες φυτών που δεσμεύουν το άζωτο. Δύο τύποι σχηματισμού φυματίων πραγματοποιούνται σε ακτινόριζα, συμβιωτικά: η διακυτταρική και η εξωκυτταρική μόλυνση.

Τα κυανοβακτήρια είναι οικολογικά σημαντικά διότι συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην παγκόσμια στερέωση N_2 . Η ικανότητά τους να δεσμεύουν το μοριακό άζωτο είναι απαραίτητη στην καλλιέργεια του ρυζιού και την αποκατάσταση άνυδρων εδαφών. Παρ' όλα αυτά, η παραγωγή και η εφαρμογή των κυανοβακτηρίων είναι ακόμα ανεπαρκώς αναπτυγμένη. Ωστόσο, τα κυανοβακτήρια πρέπει να εξεταστούν σοβαρά ως βιο-λίπασμα για υποστήριξη των βιώσιμων γεωργικών πρακτικών σε διάφορα περιβάλλοντα.

Εκτός από τα κυανοβακτήρια (μπλε πράσινη άλγη), τα οποία αποτελούν σημαντικό βιολογικό παράγοντα για την καλλιέργεια ρυζιού, το *Azolla* σχηματίζει ένα άλλο φθινό, οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον βιο-λίπασμα. Σημαντικός παράγοντας στη χρήση *Azolla* ως βιο-λίπασμα για την καλλιέργεια ρυζιού είναι η γρήγορη αποσύνθεση του στο έδαφος, η αποτελεσματική διάθεση του αζώτου του για τα φυτά του ρυζιού, η απαίτηση των ρηχών περιβαλλόντων γλυκού νερού, η ταχεία ανάπτυξη, και η ανάπτυξη μαζί με το ρύζι χωρίς ανταγωνισμό για το φως και το χώρο. Έχει αναφερθεί αύξηση των αποδόσεων κόκκου ρυζιού από 14% έως 40% με χρήση

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Azolla ως διπλή καλλιέργεια. Βελτιώνει το ύψος των φυτών ρυζιού, τον αριθμό των βλαστών, των σπόρων και την απόδοση σε άχυρο. Συμπληρώνεται με 8-20 kg φωσφορικών ανά εκτάριο.

Εκτός από δέσμευση N, αυτά τα βιολογικά λιπάσματα ή βιολιπάσματα(κοπριά) συμβάλλουν επίσης με σημαντικές ποσότητες P, K, S, Zn, Fe, Mb και άλλα μικροθρεπτικά στοιχεία. Ευρέως καλλιεργείται στις ασιατικές περιοχές, η Azolla είτε ενσωματώνεται στο έδαφος πριν από τη φύτευση ρυζιού ή καλλιεργείται ως διπλή καλλιέργεια μαζί με το ρύζι. Οι Ασιάτες έχουν αναγνωρίσει τα αυξανόμενα οφέλη της Azolla ως βιο-λίπασμα, ανθρώπινα τρόφιμα και φάρμακα. Επίσης βελτίωσε την ποιότητα των υδάτων με την απομάκρυνση περίσσειας ποσοτήτων νιτρικών και φωσφόρου και επίσης χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή, τροφή για τα ψάρια, πάπιες και κουνέλια. Η Azolla είναι ένα μικρό πλωτό Πτεριδόφυτο που σχηματίζει συμβιωτικές ενώσεις με κυανοβακτήρια και ευβακτήρια που παραμένουν ενωμένα καθ' όλη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Είναι μοναδικό με την έννοια ότι δρα ως ξενιστής για τα κυανοβακτήρια ρύθμισης N, και μετά χρησιμοποιείται ουσιαστικά ως χλωρή λίπανση. Κατά τη διαδικασία, προστίθεται όχι μόνο βιολογικά σταθερό N, αλλά και θρεπτικά που απορροφούνται από το έδαφος και εμφανίζονται στην βιομάζα. Υπάρχουν επτά είδη της οικογένειας Azzolaceae- *Azolla caroliniana*, *A filiculoides*, *A maxicana*, *A microphylla*, *A pinnata*, *A rubra* και *A nilotica*. Στην Ινδία, παρατηρείται συνήθως η *A pinnata* παρατη. Τα συμβιωτικά φύκι ανήκουν στην οικογένεια Nostocaceae και γενικά αναφέρονται ως *Anabaena azollae*. Στη συνεργασία μεταξύ *Azolla* και κυανοβακτηρίων *Anabaena azollae*, ο ευκαρυωτικός συνεργάτης *Azolla* φιλοξενεί το προκαρυωτικό ενδοπαράσιτο *Anabaena azollae* σε κοιλότητες των φύλλων της και παρέχει πηγές άνθρακα και με την σειρά συγκρατούν το άζωτο που απαιτείται. Το ατμοσφαιρικό άζωτο συλλέγεται από τους συμβιώτες των φυκιών. Ετεροκύστες είναι οι περιοχές της δέσμευσης του αζώτου. Η συχνότητα ετεροκύστων αυξάνεται κατά μήκος του στελέχους από την κορυφή έως τη βάση στα διαδοχικά φύλλα. Αυτή η συμβίωση βοηθά στην γρήγορη ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό της φτέρης και στη δημιουργία ενός τεράστιου ποσού βιομάζας στην επιφάνεια του νερού. Στη συνέχεια συλλέγονται, ξηραίνονται και χρησιμοποιούνται ως βιο-λίπασμα για να συμπληρώσουν τις ανάγκες σε άζωτο και σε φυτείες καφεόδεντρων.

Βιολιπάσματα φωσφόρου.

Ο φώσφορος (P) είναι το επόμενο ουσιαστικό μακροστοιχείο μετά άζωτο, το οποίο απαιτείται σε διαλυτή μορφή για τη μεγιστοποίηση της ανάπτυξης των καλλιεργειών και της παραγωγής. Παίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των φυτών και είναι σημαντικός για τη λειτουργία βασικών ενζύμων που ρυθμίζουν τις μεταβολικές οδούς. Το διαθέσιμο φωσφορικό άλας στο έδαφος παρουσιάζεται σε τρεις μορφές: εδαφικό φωσφορικό διάλυμα, αδιάλυτο οργανικό φωσφορικό άλας και αδιάλυτος ανόργανος φώσφορος. Το μεγαλύτερο μέρος του φωσφόρου του εδάφους, περίπου 95-99%, είναι παρών με τη μορφή αδιάλυτων φωσφορικών. Αυτό σημαίνει ότι

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

το έδαφος περιέχει μεγάλη ποσότητα ολικού φωσφόρου, αλλά η διαθεσιμότητα του στο φυτό είναι πολύ χαμηλή και είναι συχνά ένας περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτών.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της βιοχημείας του εδαφικού P είναι ότι μόνο το 1% του συνολικού εδαφικού P (400-4,000 kgP/ha στα πρώτα 30 cm) ενσωματώνεται στη φυτική βιομάζα κατά τη διάρκεια κάθε καλλιεργητικής περιόδου (10-30 kgP/ha), αντανακλώντας τη χαμηλή διαθεσιμότητά του για την πρόσληψη από τα φυτά. Ανεπάρκεια φωσφόρου στα φυτά οδηγεί σε χλώρωση, αδύναμο στέλεχος και αργή ανάπτυξη. Ως εκ τούτου, θεωρείται ότι είναι ο πιο σημαντικός χημικός παράγοντας που περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών λόγω του ζωτικού ρόλου του σε φυσιολογικές και βιοχημικές λειτουργίες του φυτού. Η εφαρμογή των χημικών λιπασμάτων φωσφόρου για να παρακάμψουν την ανεπάρκεια P στο έδαφος δεν είναι πολύ αποτελεσματική μέθοδος λόγω της υψηλής αντιδραστικότητας των φωσφορικών ανιόντων μέσω κατακρήμνισης, με κατιόντα όπως Fe^{3+} και Al^{3+} σε όξινα εδάφη ή Ca^{2+} σε ασβεστούχα εδάφη. Η εφαρμογή μικροβιακών εμβολίων που διαθέτουν δραστηριότητα διαλυτοποίησης φωσφόρου θα είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την αύξηση της διαθεσιμότητας P σε γεωργικά εδάφη και είναι μια φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση στη χρήση χημικών λιπασμάτων. Η διαλυτοποίηση του οργανικού φωσφόρου καλείται επίσης ανοργανοποίηση του οργανικού φωσφόρου, και αυτό συμβαίνει στο έδαφος σε βάρος των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων, τα οποία περιέχουν μεγάλη ποσότητα οργανικών ενώσεων φωσφόρου. Η αποσύνθεση της οργανικής ύλης στο έδαφος πραγματοποιείται από τη δράση πολλών σαπρόφυτων, τα οποία απελευθερώνουν ένα ορθοφωσφορικό από την δομή του μορίου του άνθρακα. Διαφορετικά είδη βακτηρίων είναι σε θέση να διαλυτοποιήσουν τις ανόργανες ενώσεις φωσφορικού άλατος όπως το φωσφορικό ασβέστιο, όξινο φωσφορικό ασβέστιο, υδροξυαπατίτη, και τα φωσφορικά. Είναι σημαντικό να προσδιοριστεί ο πραγματικός μηχανισμός της διαλυτοποίησης P με PSM για την βέλτιστη αξιοποίηση αυτών των μικροοργανισμών σε ποικίλες συνθήκες αγρού. Οι μικροοργανισμοί πρέπει να αφομοιώσουν P μέσω της μεμβράνης μεταφοράς, έτσι ώστε η διάλυση του CaP σε P ($H_2PO_4^-$) θεωρείται απαραίτητη για τον παγκόσμιο κύκλο του P.

Η διαλυτοποίηση του φωσφόρου στη φύση οφείλεται στην δραστηριότητα των μικροοργανισμών διαλυτοποίησης P (PSM) τα οποία ανήκουν σε διάφορα γένη: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aereobacter*, *Flavobacterium* και *Erwinia*. Τα συμβιωτικά *rhizobia*, που μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε αμμωνία και την εξάγουν το σταθερό άζωτου στα φυτά ξενιστές, έχουν επίσης δείξει και δραστηριότητα PS. Για παράδειγμα, *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* και είδη *Rhizobium*, κονδυλοποιημένα είδη *Crotalaria* βελτίωσαν την θρέψη των φυτών με P με την κινητοποίηση ανόργανου και οργανικού P. Διάφορα PS βακτήρια έχουν επίσης απομονωθεί από περιβάλλοντα σε στρες, για παράδειγμα τα αλόφιλα βακτήρια *Kushneria sinocarni* έχουν απομονωθεί από το ίζημα του Daqiao, αλκική στην ανατολική ακτή της Κίνας, τα οποία μπορεί να είναι χρήσιμα σε αλατωμένα γεωργικά εδάφη. Δύο τύποι φωσφορικών βιολογικών

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

λιπασμάτων έχουν αναπτυχθεί με βάση την εφαρμογή διαλυτοποίησης του P από βακτήρια και μικροοργανισμούς κινητοποίησης φωσφορικών αλάτων.

Βιολογικά λιπάσματα διαλυτοποίησης φωσφόρου.

Τα μέλη της ομάδας αυτής είναι βακτηριακά και μυκητιακά είδη τα οποία διαλυτοποιούν αδιάλυτες ανόργανες φωσφορικές ενώσεις, όπως φωσφορικό ασβέστιο, φωσφορικό δι-ασβέστιο, υδροξυαπατίτη, και ορυκτό φώσφορο. Τα πιο αποτελεσματικά ανήκουν σε *Bacillus* και *Pseudomonas* μεταξύ των βακτηρίων και *Aspergillus* και *Penicillium* μεταξύ των μυκήτων. Θα μπορούσαν να απομονωθούν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από την ριζόσφαιρα του εδάφους παρά από την μη-ριζόσφαιρα. Η εφαρμογή τους σε βιο-λιπάσματα έχει ως στόχο να αυξήσει τις αποδόσεις καλλιέργειας των ψυχανθών, δημητριακών, λαχανικών και φρούτων. Οι μύκητες διαλυτοποίησης P παράγουν περισσότερα οξέα από τα βακτήρια και, κατά συνέπεια, εμφανίζουν μεγαλύτερη δραστηριότητα διαλυτοποίησης. Μεταξύ των νηματοειδών μυκήτων που διαλυτοποιούν τα φωσφορικά, τα γένη *Aspergillus* και *Penicillium* είναι τα πιο αντιπροσωπευτικά αν και στελέχη του *Rhizoctonia* *Trichoderma* and *solani* έχουν επίσης αναφερθεί ως διαλυτοποιητές P. Υπάρχουν θεωρίες που έχουν προταθεί για να εξηγήσουν τους μηχανισμούς διαλυτοποίησης P. Η πιο σημαντική μεταξύ αυτών είναι: η θεωρία παραγωγής οξέος και πρωτονίου και η θεωρία ενζύμου.

➤ Θεωρία παραγωγής οξέος.

Ο κύριος μηχανισμός που εμπλέκεται στην διαλυτοποίηση του φωσφόρου με μικροοργανισμούς διαλυτοποίησης P είναι η παραγωγή οργανικών οξέων τα οποία είτε απευθείας διαλυτοποιούν τον ορυκτό φώσφορο, ως αποτέλεσμα της ανταλλαγής ανιόντων του φωσφορικού με οξικά ανιόντα ή χηλικά ιόντα Fe, Al, Ca για να διαλύσουν το P. Λόγω της ικανότητας του PSM να εκκρίνει και να απελευθερώνει οργανικά οξέα (κιτρικό, οξαλικό, ηλεκτρικό, τρυγικό, μηλικό, αλφα-κετο-βουτυρικό, 2-κετο-γλυκολικό, γλυκονικό και φουμαρικό οξύ) στο περιβάλλον του εδάφους, αυτά τα βακτήρια μειώνουν το pH στην περιοχή τους, κάτι το οποίο αποτελεί προϋπόθεση για τη διαλυτοποίηση του δεσμευμένου φωσφόρου στο έδαφος και, κατά συνέπεια, αποσυνδέει δεσμούς φωσφορικών αλάτων, όπως $Ca_3(PO_4)_2$ σε ασβεστολιθικά εδάφη. Τα μικροβιακά οργανικά οξέα που παράγονται ως αποτέλεσμα της οξειδωτικής αναπνοής ή με ζύμωση των οργανικών πηγών άνθρακα. Τα γλυκονικά και φουμαρικά οξέα έχουν την υψηλότερη ικανότητα να διαλυτοποιούν P στην οργανική φωσφορική ένωση. Η ποσότητα διαλυτού φωσφόρου που απελευθερώνεται εξαρτάται από την ισχύ και τον τύπο του οξέος. Τα Αλειφατικά οξέα είναι πιο αποτελεσματικά στην διαλυτοποίηση P από ότι τα φαινολικά οξέα και το κιτρικό οξύ. Τα *Pseudomonas sp*, *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas cepacia* και *Burkholderia cepacia* είναι βακτήρια διαλυτοποίησης φωσφόρου, τα οποία παράγουν περισσότερη ποσότητα γλυκονικού οξέος. Εκτός από τα οργανικά οξέα, τα ανόργανα οξέα όπως νιτρικό και θειικό οξύ παράγονται επίσης από τα νιτροποιητικά *Nitrosomonas* και θείο-οξειδωτικά

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Thiobacillusbacteria κατά τη διάρκεια της οξείδωσης των αζωτούχων ενώσεων ή σε οργανικές ενώσεις του θείου οι οποίες αντιδρούν με το φωσφορικό ασβέστιο και το μετατρέπουν σε διαλυτές μορφές. Η εισαγωγή αποτελεσματικών διαλυτοποιητών φωσφόρου στη ριζόσφαιρα των καλλιεργειών αυξάνει τη διαθεσιμότητα του φωσφόρου και έτσι να αυξάνουν την απόδοση των καλλιεργειών έως και 200-500 kg/ha. Με αυτόν τον τρόπο, οι μικροοργανισμοί μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην διαλυτοποίηση και απορρόφηση του φυσικού και εφαρμοσμένου φωσφόρου.

➤ Ενζυμική και πρωτονική θεωρία

Οι μικροοργανισμοί διαλυτοποίησης φωσφόρου είναι επίσης γνωστό ότι παράγουν το ένζυμο φωσφατάση μαζί με οξέα τα οποία προκαλούν την διαλυτοποίηση του P στο υδάτινο περιβάλλον. Οι εστεράσες εμπλέκονται στην απελευθέρωση φωσφόρου από οργανικές ενώσεις. Η διαλυτοποίηση χωρίς παραγωγή οξέος οφείλεται στην απελευθέρωση των πρωτονίων που συνοδεύουν την αναπνοή ή στην αφομοίωση αμμωνίου. Εκτός από αυτούς τους μηχανισμούς ορισμένα βακτηριακά είδη συνθέτουν σιδεροφορές- ενώσεις χηλικοποίησης σιδήρου οι οποίες δεσμεύουν το σίδηρο που βρίσκεται διαθέσιμο στην περιοχή των ριζών και με αυτόν τον τρόπο καθιστούν το περιβάλλον ακατάλληλο για επιβλαβείς μικροοργανισμούς και τα φυτά των καλλιεργειών προστατεύονται από αυτούς. Η παραγωγή άλλων ουσιών χηλικοποίησης, ανόργανα οξέα, βιολογικά ενεργών ουσιών όπως ινδόλη, οξικά οξέα, γιβεριλλίνες και κυτοκινίνες επίσης συσχετίζονται με τη διαλυτοποίηση των φωσφορικών.

Βιολιπάσματα κινητοποίησης φωσφόρου - Μυκόρριζα.

Αυτό το είδος βιο-λιπασμάτων περιέχει μυκορριζικούς μύκητες επίσης γνωστούς ως απορροφητές φωσφορικών. Είναι ετερογενής ταξινομική ομάδα, που απαντάται στο ριζικό σύστημα των φυτών και σχηματίζει συμβιωτική σχέση με αυτούς. Μυκόρριζα ζουν σε συμβίωση με πάνω από το 90% όλων των ειδών αγγειακών φυτών συμπεριλαμβανομένων πολλών σημαντικών καλλιεργούμενων ειδών, όπως ο αραβόσιτος, το σιτάρι, το ρύζι και πατάτα. Οι μυκορριζικοί μύκητες αποτελούν μια γέφυρα μεταξύ των ριζών και του εδάφους, συγκεντρώνοντας τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος και δίνοντάς τα στις ρίζες. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μυκόρριζων: Εκτομυκόρριζοι μύκητες (EM) και Ενδομυκόρριζοι μύκητες (AM). Το *Endomycorrhizae* είναι το πιο κοινό, και βρίσκεται σε χόρτα, θάμνους, μερικά δέντρα, και πολλά άλλα φυτά. Οι εκτομυκόρριζοι μύκητες είναι συνήθως ειδικοί για κάθε είδος ξενιστή, αλλά τα περισσότερα είδη *endomycorrhizae* θα διαμορφώσουν σχέσεις με σχεδόν οποιοδήποτε φυτό ξενιστή ενδομυκόρριζων μυκήτων, και ως εκ τούτου πολύ πιο εύκολο να προσδιοριστούν. Η Arbuscule-Forming Μυκόρριζα (AMF) είναι ένας διαδεδομένος τύπος ενδομυκόρριζων που συνεργάζονται με καλλιέργειες και χορτοδοτικά φυτά, όπου μυκητιακές υφές των ειδών *Glomeromycota* διεισδύουν φλοιώδη κύτταρα της ρίζας και σχηματίζουν διακλαδισμένες δομές που ονομάζονται arbuscules. Το φυτό ξενιστής ωφελείται από την απόκτηση αναγκαίων θρεπτικών

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

ουσιών, ιδίως φωσφόρου, ασβεστίου, χαλκού, ψευδαργύρου κλπ, τα οποία είναι δυσπρόσιτα σε αυτό, με τη βοήθεια λεπτών απορροφητικών υφών του μύκητα. Ο φώσφορος είναι ένα εξαιρετικά ακίνητο στοιχείο επειδή απορροφάται εύκολα από σωματίδια χώματος και μία ελεύθερη φωσφόρου ζώνη δημιουργείται ταχέως γύρω από τις ρίζες των φυτών. Μερικές από τις εξωτερικές υφές μυκορριζικών μυκήτων μπορεί να εκτείνονται περισσότερο από 10 cm από την επιφάνεια της ρίζας που τους επιτρέπει να έχουν πρόσβαση σε μεγαλύτερο όγκο χώματος μη-αραιωμένη από τη ρίζα. Η μικρή διάμετρος των υφών (20 έως 50μm) επιτρέπει την πρόσβαση σε πόρους του εδάφους που δεν μπορούν να διερευνηθούν από τις ρίζες. Μπορούν επίσης να παράγουν εξωκυτταρικές αλκαλικές φωσφατάσες που μπορούν να κινητοποιήσουν P από οργανικές πηγές. Μέσω της απέκκρισης των πρωτονίων, υδροξυλίων και οργανικών οξέων, οι μυκόρριζες τροποποιούν το οξειδοαναγωγικό δυναμικό γύρω από τη ρίζα και το μικκύλιο, επιταχύνουν επίσης το μετασχηματισμό του αδιάλυτου φωσφόρου από το έδαφος σε διαλυτή μορφή στο εδαφικό διάλυμα. Ως εκ τούτου, ένα ριζικό σύστημα που σχηματίζει ένα δίκτυο μυκόρριζων θα έχει μεγαλύτερη ωφέλιμη επιφάνεια για την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών και την εξερεύνηση μεγαλύτερου όγκου εδάφους σε σύγκριση με τις ρίζες που δεν φέρουν μυκόρριζα. Οι υφές εκκρίνουν επίσης κολλώδη, ενώση με βάση τη ζάχαρη που ονομάζεται Glomalın, η οποία βοηθά να δεσμεύονται σωματίδια χώματος, και να δημιουργούν σταθερά συσσωματώματα εδάφους. Υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την χρήση των μυκόρριζων για την προώθηση της αειφόρου γεωργίας, λαμβάνοντας υπόψη τα ευρέως αποδεκτά οφέλη από την συμβίωση στην αποτελεσματική διατροφή (και για τα δύο μακροθρεπτικά συστατικά, ιδιαίτερα P και ιχνοστοιχεία), στο υδατικό ισοζύγιο, προστασία των φυτών από το στρες που προκαλείται από βιοτικούς ή αβιοτικούς παράγοντες. Το Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Root Inoculant (VAMRI) είναι ένα βιο-λίπασμα που βασίζεται σε κομμένες αποξηραμένες ρίζες αραβοσίτου, μολυσμένες με είδη *Glomus* (*G. Mosseaeor*, *G. fasciculatum*). Εκτός από μικροβιακό εμβόλιο αυτό το προϊόν χρησιμεύει επίσης σαν παράγοντας βιο-ελέγχου ασθενειών του εδάφους που μεταδίδονται μέσω των διαφόρων καλλιεργειών υπό διάφορες συνθήκες. Το VAMRI μπορεί να εφαρμοστεί για την πιπεριά, την τομάτα, την παπάγια, το κρεμμύδι, το καλαμπόκι, το φιστίκι, το σακχαροκάλαμο, την μελιτζάνα, την μπανάνα, καλλιέργειες φρούτων, το καρπούζι, κλπ.

Βιολιπάσματα διαλυτοποίησης καλίου.

Το κάλιο (K) είναι το τρίτο απαραίτητο θρεπτικό αναγκαίο για την ανάπτυξη των φυτών. Μερικά ριζοβακτηρίδια είναι σε θέση να διαλυτοποιούν αδιάλυτες μορφές καλίου. Το *Bacillus edaphicus* έχει αναφερθεί ότι αυξάνει την πρόσληψη του καλίου σε σιτάρι και το *Paenibacillus glucanolyticus* βρέθηκε ότι μπορεί να αυξήσει το ξηρό βάρος του μαύρου πιπεριού. Το γρασίδι σουδάν εμβολιάστηκε με το βακτηρίδιο *Bacillus mucilaginosus* διαλυτοποίησης καλίου, είχαν υψηλότερες αποδόσεις βιομάζας. Επίσης, *Bacillus mucilaginosus* σε συν-εμβολιασμό με το *Bacillus megaterium* διαλυτοποίησης φωσφόρου, προώθησε την ανάπτυξη της μελιτζάνας, της πιπεριάς και του αγγουριού.

Βιολογικά λιπάσματα για δευτερεύοντα μικροστοιχεία - διαλυτοποιητές ψευδαργύρου και σιδήρου.

Ο ψευδάργυρος είναι στοιχείο υψίστης σημασίας. Βρίσκεται στο φλοιό της γης σε συγκέντρωση 0.008%, αλλά υπάρχουν εδάφη τα οποία εμφανίζουν ανεπαρκή περιεκτικότητα ψευδαργύρου πολύ κάτω από το κρίσιμο επίπεδο των 1.5 ppm του διαθέσιμου ψευδαργύρου. Η ανεπαρκής απορρόφηση του ψευδαργύρου από τα φυτά από το έδαφος μπορεί να ξεπεραστεί με εξωτερική εφαρμογή διαλυτού θεικού ψευδαργύρου ($ZnSO_4$). Μικροοργανισμοί που βρίσκονται στο έδαφος μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιο-λιπάσματα και να παρέχουν μικροθρεπτικά, όπως Zn, Fe, Cu, κ.λ.π. Ο ψευδάργυρος μπορεί να διαλυτοποιηθεί από τον *B subtilis*, *Thiobacillus thiooxidans* και *Saccharomyces sp.* Αυτά τα είδη είναι υπεύθυνα για την απορρόφηση Zn σε εδάφη όπου ο φυσικός ψευδαργύρος είναι σε υψηλότερη συγκέντρωση ή σε συνδυασμό με αδιάλυτες φθηνότερες ενώσεις ψευδαργύρου όπως το οξείδιο του ψευδαργύρου (ZnO), τον ανθρακικό ψευδάργυρο ($ZnCO_3$) και θειούχο ψευδάργυρο (ZnS) αντί του δαπανηρού θεικού ψευδαργύρου. Η δέσμευση ψευδαργύρου λαμβάνει χώρα μέσω δύο κύριων μηχανισμών: ο πρώτος λειτουργεί σε όξινα εδάφη και βασίζεται στην ανταλλαγή κατιόντων, ο δεύτερος μηχανισμός λειτουργεί σε αλκαλικά εδάφη όπου ρύθμιση λαμβάνει χώρα με απορρόφηση του Zn από $CaCO_3$ και ως αποτέλεσμα σχηματίζεται ένα στερεό-διάλυμα $ZnCaCO_3$.

Ριζοβακτήρια που προωθούν την ανάπτυξη των φυτών(PGPR).

Μια ομάδα βακτηρίων της ριζόσφαιρας (ριζοβακτηρίδια) που ασκούν μια ευεργετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών αναφέρονται ως ριζοβακτηρίδια υποβοηθήσεως αναπτύξεως των φυτών ή PGPR. Τα PGPR είναι ένα γενικό αρκτικόλεξο που υποδεικνύει βακτήρια, που με συχνά άγνωστο τρόπο, μπορούν να τονώσουν την ανάπτυξη των φυτών. Ανήκουν σε διάφορα γένη, π.χ. *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Actinoplanes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas sp.*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Erwinia*, *Enterobacter*, *Amorphosporangium*, *Cellulomonas*, *Flavobacterium*, *Streptomycesand*, *Xanthomonas*. Αυτά τα βακτηρίδια διαφέρουν ως προς τον μηχανισμό προαγωγής της ανάπτυξης των φυτών, αλλά γενικά επηρεάζουν την ανάπτυξη μέσω διαλυτοποίησης P, της ενίσχυσης πρόσληψης θρεπτικών, της παραγωγής αυξητικής ορμόνης φυτού ή παραγωγής μιας ποικιλίας αντιμικροβιακών ενώσεων που δρουν με διαφορετικούς τρόπους. Ο Bertrand et al. (2000) έδειξε ότι ένα ριζοβακτήριο που ανήκει στο γένος *Achromobacter* θα μπορούσε να ενισχύσει τον αριθμό των μαλλιών της ρίζας και το μήκος της στην ελαιοκράμβη (*Brassica napus*). Το *Achromobacter* αυξάνει την πρόσληψη NO_3 και K και, κατά συνέπεια, το βλαστό και το ξηρό βάρος της ρίζας από 22 έως 33 τοις εκατό και 6 έως 21 τοις εκατό, αντίστοιχα. Ένας από τους μηχανισμούς, υποβοηθήσεως αναπτύξεως των φυτών, των ριζοβακτηρίων είναι ο ανταγωνισμός έναντι των φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών λόγω της παραγωγής αντιμικροβιακών μεταβολιτών όπως τα σιδεροφόρα, τα αντιβιοτικά, τα κυανιούχα, ένζυμα

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

αποικοδόμησης μυκητιακών κυτταρικών τοιχωμάτων, άμμο, αεριώδη προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων αμμωνίας (Idris et al, 2007, Lugtenberg και Kamilova, 2009). Ο μηχανισμός των αντιμυκητικών επιδράσεων έγκειται στην παραγωγή μιας ποικιλίας αντιμικροβιακών ενώσεων που δρουν με διαφορετικούς τρόπους. Οι ανταγωνιστικές δράσεις προκαλούνται από κυτταρόλυση, διαρροή ιόντων καλίου, διαταραχή της δομικής ακεραιότητας των μεμβρανών, αναστολή της μυκηλιακής ανάπτυξης και της βιοσύνθεσης πρωτεΐνης. Τα περισσότερα από τα προσδιοριζόμενα στελέχη βιοελέγχου *Pseudomonas* παράγουν αντιμυκητώδεις μεταβολίτες όπως φαιναζίνες, πυρρολνιτρίνη, pyoluteorin and και κυκλικά λιποπεπτίδια όπως viscosinamide. Αποδείχθηκε ότι η viscosinamide αποτρέπει τη μόλυνση των ζαχαρότευτλων από *Pythium ultimum*. Αυτά τα βακτηριακά στελέχη εκτός από την ανταγωνιστική δράση επηρεάζουν επίσης το αμυντικό σύστημα των φυτών. Ο ανταγωνισμός του σιδηροφόρου για την πρόσληψη του σιδήρου είναι ένας μεταξύ των μηχανισμών που ευθύνονται για την ανταγωνιστική δραστηριότητα του *Pseudomonas spp.* Οι εκκρινόμενες ενώσεις χηλικοποίησης σιδήρου δεσμεύουν τα ιόντα τρισθενούς σιδήρου (Fe^{3+}), και προσλαμβάνονται από μικροβιακά κύτταρα μέσω αναγνώρισης από μεμβρανικές πρωτεΐνες (Srivastava και Shalini, 2008). Η παρουσία των ενώσεων χηλικού σιδήρου καθιστά τα βακτήρια καλύτερους ανταγωνιστές για το σίδηρο, αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο την ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών. Τα είδη *Pseudomonas* παράγουν δύο διαφορετικούς τύπους σιδηροφόρου: (. Oldal et al, 2002) *pseudobactin* και *pyoverdine*. Σιδηροφόρα που παράγονται από βακτήρια βιοελέγχου έχουν υψηλότερη προτίμηση για το σίδηρο από εκείνα που παράγονται από ορισμένους παθογόνους μύκητες, επιτρέποντας στα προηγούμενα μικρόβια να δεσμεύουν μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου σιδήρου, αποτρέποντας την διάδοση των παθογόνων μυκήτων (Hillel, 2005). Μερικοί συγγραφείς έχουν αναφέρει ότι *Pseudomonas fluorescens-e* που ανήκουν στην κατηγορία PGPR-e παράγουν σιδηροφόρα και να έχουν επίδραση βιοελέγχου εναντίον των *P. ultimum*, *R. bataticola*, *Fusarium oxysporum*. Άλλα είδη *Pseudomonas* όπως *Pythium stutzeri* παράγουν εξωκυτταρικά ένζυμα όπως χιτινάση και λαμινάση ικανά να διαλύσουν τα μυκήλια του *Fusarium solani*. Το *Pseudomonas aeruginosa* υπό συνθήκες περιορισμένου σιδήρου, παράγει τρεις τύπους σιδηροφόρων: pyoverdine, pyochelin και πρόδρομο σαλικυλικό οξύ, και επάγει την αντίσταση σε ασθένειες των φυτών που προκαλούνται από το *Botrytis cinerea* σε φασόλια και τομάτα, *Colletotrichum lindemuthianum* στα φασόλια. Το *F. oxysporum* προκαλεί μαρασμό του αγγειακού συστήματος και του αφθώδους, σήψη ρίζας και ασθένειες σήψης βολβού σε μια ευρεία ποικιλία των οικονομικά σημαντικών καλλιεργειών. *Alternaria spp.*, *Sclerotium spp.* προκαλούν κηλίδες φύλλων, σήψη των ριζών και βλαστική σήψη, η οποία οδηγεί επίσης σε σοβαρές απώλειες απόδοσης. Το αντιμυκητιακό αποτέλεσμα των PGPRs επηρεάζεται από πολλούς περιβαλλοντικούς και γενετικούς παράγοντες. Βιοτικά και αβιοτικά περιβαλλοντικά σήματα μπορεί να έχουν μία σημαντική συμβολή στη ρύθμιση των γονιδίων βιοελέγχου *Pseudomonas*, π.χ. για την καταστολή της βιοσύνθεσης σιδηροφόρων. Μαζί με χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου, οι διαθέσιμες πηγές άνθρακα και αζώτου που επηρεάζουν τους μοριακούς μηχανισμούς που εμπλέκονται στην βιοελεγκτική δραστηριότητα.

Κομπόστ ως λίπασμα.

Τι είναι το κομπόστ.

Η κομποστοποίηση είναι μία ελεγχόμενη μικροβιακή βιο-οξειδωτική διαδικασία στην οποία τα οργανικά βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα μετατρέπονται σε υγιεινό, πλούσιο προϊόν χούμο-κομπόστ, για χρήση ως βελτιωτικό εδάφους και ανόργανο λίπασμα. Πρόκειται για μια φθηνή, αποτελεσματική και βιώσιμη λύση για τα στερεά απόβλητα. Η διαδικασία εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων, της θερμοκρασίας, της υγρασίας (τυπικά 40-60% κατά βάρος), το επαρκές οξυγόνο για να υποστηρίξει ένα αερόβιο περιβάλλον (τυπικά 5% ή περισσότερο), το μέγεθος των σωματιδίων, την αναλογία C/N και τον αριθμό των κύκλων που λαμβάνουν μέρος. Η αποτελεσματική διαχείριση αυτών των παραγόντων θα επιταχύνει τη διαδικασία κομποστοποίησης. Το κόμποστ μπορεί να οριστεί ως οργανικό λίπασμα ή λίπασμα που παράγεται ως αποτέλεσμα της αερόβιας, αναερόβιας ή μερικώς αερόβιας αποσύνθεσης μιας ευρείας ποικιλίας φυτικών, ζωικών, ανθρώπινων και βιομηχανικών αποβλήτων. Η κομποστοποίηση έχει μακρά παράδοση σχεδόν παντού στον κόσμο. Ήταν μια κύρια πρακτική στην πρώιμη κινεζική γεωργία, αλλά έχει επίσης ασκηθεί στην Ινδία και την Ευρώπη για αιώνες. Το λίπασμα είναι ένα σκουρόχρωμο, εύθρυπτο, γήινο υλικό, το οποίο συνήθως περιέχει λιγότερο από 2% (w/w) αζώτου, φωσφόρου και καλίου (N: P: K). Έχει επίσης μικροσκοπικούς μύκητες, βακτήρια, γαιοσκώληκες και σκαθάρια κοπριάς. Το μίγμα αυτό δημιουργεί μια συμβιωτική τροφική αλυσίδα εντός του εδάφους. Η αποσύνθεση υλικών τροφοδοτεί τους οργανισμούς και βοηθά στον αερισμό του εδάφους, ενώ επίσης διατηρεί την υγρασία. Η θρεπτική αξία του κομπόστ ποικίλλει ευρέως, ανάλογα με τη φύση της πρώτης ύλης που αποικοδομείται και μετατρέπεται σε λίπασμα.

Το κόμποστ γενικά κατηγοριοποιείται ως εξής:

➤ Γεωργικό κομπόστ: Αυτό παράγεται από υλικά που διατίθενται στο αγρόκτημα και σε άλλες αγροτικές περιοχές. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι το άχυρο, τα φύλλα, η κλίνη των βοοειδών, τα απορρίμματα φρούτων και λαχανικών, το βιοαέριο και ο πολτός των φυτών. Κατά μέσο όρο, περιέχει 0,5% N, 0,2% P₂O₅ και 0,5% K₂O. Το γεωργικό κομπόστ βρίσκεται κυρίως και χρησιμοποιείται σε αγροκτήματα ως ογκώδες οργανικό λίπασμα.

➤ Αστικό ή κομπόστ πόλης: Αυτό αναφέρεται σε κομπόστ παρασκευασμένα από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, σκουπίδια της πόλης, υλικά καθαρισμού λυμάτων, απόβλητα εργοστασίων κλπ. Η τυπική σύνθεση του είναι 1,5-2,0% N, 1,0% P₂O₅ και 1,5% K₂O. Εμπορικά παρασκευασμένο αστικό κομπόστ έχει αναφερθεί ότι περιέχει 1% Fe, περίπου 375 mg/kg Cu, 705 mg/kg Zn, 740 mg/kg Mn και μικρές ποσότητες άλλων μικροθρεπτικών συστατικών.

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

➤ Κομπόστ γαιοσκωλήκων: Είναι ένα σημαντικό είδος κομπόστ που περιέχει αυγά γαιοσκωλήκων, περιττώματα, ευεργετικούς μικροοργανισμούς, ακτινομύκητες, θρεπτικά συστατικά των φυτών, οργανική ύλη, ένζυμα, ορμόνες, κλπ είναι ένα οργανικό λίπασμα που παράγεται από γαιοσκώληκες και περιέχει κατά μέσο όρο 0.6% N, 1.5 % P₂O₅ και 0.4% K₂O. Εκτός από N P K, είναι επίσης μια πηγή μικροθρεπτικών, και περιέχει κατά μέσο όρο 22 mg/kg Fe, 13 mg/kg Zn, 19 mg/kg Mn και 6 mg/kg Cu. Βοηθά στην οικονομικά αποδοτική και αποτελεσματική ανακύκλωση των αποβλήτων των ζώων (πουλερικά, άλογο, περιττώματα χοιροστασίου και κοπριά βοοειδών), γεωργικά υπολείμματα και βιομηχανικά απόβλητα με χρήση χαμηλής ενέργειας.

Υπάρχουν διάφορες παράμετροι που χρησιμοποιούνται συνήθως για την αξιολόγηση της ποιότητας κομπόστ. Σε γενικές γραμμές, αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν το δείκτη βλαστήσεως (GI), τον υδατοδιαλυτό οργανικό άνθρακα (WSOC), το υδατοδιαλυτό οργανικό άζωτο (WSON), το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EK), την υγρασία, και το συνολικό περιεχόμενο οργανικής ύλης (TOM). Είναι αποδεκτό ότι οποιαδήποτε παράμετρος από μόνη της δεν μπορεί να προσδιορίσει την ωριμότητα του λιπάσματος, η οποία πρέπει να εκτιμηθεί από έναν συνδυασμό διαφορετικών φυσικών (οσμή, χρώμα, θερμοκρασία, μέγεθος των σωματιδίων), χημικών (C/N αναλογία, ανόργανο N, περιεκτικότητα ρύπων όπως βαρέα μέταλλα και οργανικά, το pH, η ποιότητα οργανικής ύλης, διυγράνσεως) και βιολογικών ιδιοτήτων (δείκτες μικροβιακής δράσης όπως η αναπνοή, το περιεχόμενο ATP, η ενζυμική δραστηριότητα, η μικροβιακή βιομάζα, το ανοργανοποιημένο άζωτο). Το pH του ώριμου κομπόστ είναι συνήθως περίπου 7,5 και έχει μια αναλογία C:N που κυμαίνεται από 10:1 έως 20:1. Η θερμοκρασία στο σωρό είναι ίση με εκείνη του περιβάλλοντος αέρα. Κομπόστ μυρίζει έντονα χόμα, και σταματάει να θερμαίνεται αφού γυριστεί και ποτιστεί, μοιάζει με σκούρο χόμα, και δεν έχει αναγνωρίσιμα είδη διατροφής, φύλλα ή χορτάρι. Η εφαρμογή ανώριμου κομπόστ έχει αποτέλεσμα στο έδαφος, την αναστολή βλάστησης των σπόρων, την καταστροφή της ρίζας, και μια μείωση στη συγκέντρωση O₂ και στο οξειδοαναγωγικό δυναμικό, τα οποία επιβάλλουν την ανάγκη για αξιολόγηση της ωριμότητας του κομπόστ.

Κομπόστ - οφέλη και χρήση.

Όταν εφαρμόζεται κομπόστ στο έδαφος (οργανική κοπριά) ή εκχυλίσματα κομπόστ, έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτών και η εφαρμογή του θεωρείται ως ένα πολύτιμο για την τροποποίηση του εδάφους. Είναι πολύ δημοφιλές ως μέσο βελτίωσης των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και τον εφοδιασμό των φυτών με θρεπτικά. Παρέχει επίσης θρεπτικά συστατικά πλούσια σε οργανικό άνθρακα για την μικροβιακή βιομάζα, η οποία μετατρέπει τα φυτικά υπολείμματα σε διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά τα οποία με τη σειρά τους γίνονται διαθέσιμα στις καλλιέργειες αυτό ενισχύει και τη βιοποικιλότητα των μικροοργανισμών του εδάφους. Οργανικά λιπάσματα (ζώων/ φυτών) ενεργοποιούν επίσης φυσική μικροχλωρίδα στο έδαφος και τη ριζόσφαιρα των φυτών και είναι εξαιρετικό μέσο για την ενίσχυση των φυσικών μικροβιακών πληθυσμών. Το λίπασμα περιέχει μακροθρεπτικά και

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

μικροθρεπτικά συστατικά, τα οποία συχνά απουσιάζουν από τα συνθετικά λιπάσματα και απελευθερώνουν θρεπτικά συστατικά σιγά-σιγά που διαρκούν πάνω από μήνες ή χρόνια, σε αντίθεση με τα συνθετικά λιπάσματα. Ενισχύει το χρώμα, εξουδετερώνει τόσο όξινα όσο και αλκαλικά εδάφη, φέρνοντας τα επίπεδα pH στη βέλτιστη περιοχή για τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών στα φυτά. Το κομπόστ βοηθά στη δέσμευση συστάδων σωματιδίων του εδάφους, που ονομάζεται συσσωματώματα, τα οποία παρέχουν την καλή δομή του εδάφους. Τέτοια εδάφη είναι γεμάτα από μικροσκοπικά κανάλια αέρα και πόρους που συγκρατούν τον αέρα, την υγρασία και τα θρεπτικά συστατικά. Κάνει ευκολότερη την κατεργασία του εδάφους και είναι επίσης χρήσιμο για τον έλεγχο της διάβρωσης. Η διάβρωση συχνά είναι το τελικό αποτέλεσμα της χαμηλής γονιμότητας του εδάφους. Το κομπόστ και ο χούμος που περιέχει μπορεί να ενσωματωθεί με το έδαφος, σχηματίζοντας μια καλή δομή που ενθαρρύνει τη βέλτιστη γονιμότητα και την αντίσταση στην διάβρωση. Συγκριτικά νέα εφαρμογή για το κομπόστ είναι αυτή της βιολογικής αποκατάστασης. Πολλά πράγματα μπορούν να μολύνουν τα επιφανειακά ύδατα, τα εδάφη και τους υπόγειους ταμιευτήρες. Οι μικροοργανισμοί στο κομπόστ αποικοδομούν μολυντές στο νερό ή στο έδαφος. Οι μολυντές χωνεύονται, μεταβολίζονται και μεταμορφώνονται σε χούμο και αδρανή παραπροϊόντα όπως διοξείδιο του άνθρακα, νερό και άλατα. Το κομπόστ βιοεπανάρθωσης είναι αποτελεσματική στην αποικοδόμηση ή τροποποίηση χλωριωμένων και μη-χλωριωμένων υδρογονανθράκων, χημικών διατήρησης ξύλου, διαλυτών, βαρέων μετάλλων, παρασιτοκτόνων, προϊόντων πετρελαίου και εκρηκτικών υλών.

Μικροβιακή κοινότητα σε λίπασμα κομπόστ

Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης διαφορετικών ζωικών-φυτικών αποβλήτων όπως νεκρά φυτά, γεωργικά απόβλητα και τα απόβλητα βοοειδών, αποδομούνται από διάφορους αποσυνθετικούς μικροοργανισμούς με κυτταρινολυτική-λιγνολυτική δραστηριότητα όπως *Trichoderma viridae*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Bacillus sp*, κ.λ.π. Τα κομπόστ υποστηρίζουν υψηλά επίπεδα πληθυσμών βακτηρίων με υψηλό το ποσοστό των Gram-αρνητικών. Μερικά από τα προϊόντα απομόνωσης εμφανίζουν πρωτεολυτική δραστηριότητα η οποία θεωρείται ως πιθανός μηχανισμός της καταστολής ή του ανταγωνισμού με άλλους μικροοργανισμούς. Τα κύρια γένη Gram-αρνητικών βακτηρίων που προσδιορίζονται στο ώριμο λίπασμα είναι *Pseudomonas*, *Serratia*, *Klebsiella* και *Enterobacter*. Όλα τα Gram-θετικά έχουν χαρακτηριστεί ως *Bacillus spp*. Τα ουσιώδη στοιχεία που απαιτούνται από τους μικροοργανισμούς κομποστοποίησης είναι άνθρακας, άζωτο, οξυγόνο και υγρασία. Εάν οποιαδήποτε από αυτά τα στοιχεία λείπει, ή αν δεν παρέχεται στην κατάλληλη αναλογία, οι μικροοργανισμοί δεν θα αναπτυχθούν και δεν θα παρέχουν την επαρκή θερμότητα. Μια διαδικασία κομποστοποίησης που λειτουργεί στη βέλτιστο βαθμό θα μετατρέψει οργανική ύλη σε σταθερό λίπασμα που είναι άοσμο και απαλλαγμένο από παθογόνα και είναι ένα φτωχό υπόστρωμα αναπαραγωγής για τις μύγες και άλλα έντομα. Επιπλέον, μειώνει σημαντικά τον όγκο και το βάρος των οργανικών

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

αποβλήτων, καθώς η διαδικασία κομποστοποίησης μετατρέπει μεγάλο μέρος του βιοαποικοδομήσιμου συστατικού προς αέριο διοξείδιο του άνθρακα.

Η περίοδος κομποστοποίησης διέπεται από έναν αριθμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων τη θερμοκρασία, την υγρασία, το οξυγόνο, το μέγεθος των σωματιδίων, την αναλογία άνθρακα-άζωτου και τον αριθμό των κύκλων που εμπλέκονται. Σε γενικές γραμμές, η αποτελεσματική διαχείριση αυτών των παραγόντων θα επιταχύνει τη διαδικασία κομποστοποίησης.

Προετοιμασία κομπόστ.

Η διαδικασία της κομποστοποίησης διεξάγεται με τρεις κατηγορίες μικροβίων:

- ψυχρόφιλα - μικρόβια χαμηλή θερμοκρασία.
- Μεσόφιλα-μέσο μικρόβια θερμοκρασία.
- θερμόφιλα - μικρόβια υψηλή θερμοκρασία.

Γενικά, η κομποστοποίηση αρχίζει στις μεσόφιλες θερμοκρασίες και προχωρεί στην θερμόφιλη περιοχή. Αυτό οφείλεται στον οξειδωτικό μεταβολισμό των μικροοργανισμών, η οποία είναι εξώθερμη και η θερμότητα που παράγεται είναι αρκετή για να αυξηθεί η θερμοκρασία της οργανικής ύλης στους 65-75 °C επί μία περίοδο μέχρι 10 ημέρες. Το θερμοφιλικό στάδιο της κομποστοποίησης εμφανίζεται ως μηχανισμός αυτοαποστείρωσης μέσω του οποίου τα παθογόνα, οι θερμοασταθής μικροβιακές και οι φυτικές τοξίνες καταστρέφονται. Η θερμοκρασία είναι ευθέως ανάλογη προς τη βιολογική δραστηριότητα εντός του συστήματος κομποστοποίησης. Καθώς ο μεταβολικός ρυθμός των μικροβίων επιταχύνει η θερμοκρασία μέσα στο σύστημα αυξάνει. Αντιστρόφως, καθώς ο μεταβολικός ρυθμός των μικροβίων μειώνεται, η θερμοκρασία του συστήματος μειώνεται. Δεν διασπάται πλήρως όλη η οργανική ύλη. Η λιγνίνη, τα λιγνό-κυτταρικά και άλλα φυτικά συστατικά τροποποιούνται αργά και γίνονται μέρος του τελικού σταθερού λιπάσματος. Διαλυτά φυτικά και εξοιδήματα βιο-αποικοδομούνται πιο γρήγορα. Μετά οι πιο εύκολα αποσυντιθέμενες οργανικές ύλες καταναλώνονται στο λίπασμα, η βιολογική δραστηριότητα μειώνεται σε ένταση, και οι θερμοκρασίες και η κατανάλωση οξυγόνου μειώνονται. Το κομπόστ στη συνέχεια εισέρχεται στην φάση σκλήρυνσης, κατά την οποία η αποσύνθεση προχωρά πιο αργά και οργανική ύλη μετατρέπεται σε σταθερές χουμικές τελικές ουσίες ή ώριμο λίπασμα. Τα υπολείμματα καλλιεργειών είναι λιπασματοποιήσιμη ύλη, αλλά αν και είναι υψηλή σε άνθρακα, είναι ανεπαρκής σε άζωτο. Αντιθέτως, τα ζωικά απόβλητα είναι πλούσια σε άζωτο και πολύ συχνά χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα.

Κομπόστ ως φυτοπροστασία

Το κόμποστ μπορεί να μετασχηματιστεί σε κατασταλτικό λίπασμα μετά τον εμβολιασμό παραγόντων βιοελέγχου ειδικά δραστικό έναντι μιας ασθένειας φυτού. Στην πράξη, το κόμποστ δεν αποικείται μόνιμα ή με φυσικό τρόπο από ένα ευρύ φάσμα παραγόντων βιοελέγχου επειδή καταστρέφονται από τις υψηλές θερμοκρασίες κατά τη

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

διάρκεια της ενεργού κομποστοποίησης. Για να είναι αποτελεσματικοί οι παράγοντες βιοελέγχου πρέπει να επαναποικίζουν το κομπόστ κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης και αυτό δεν συμβαίνει πάντα. Για παράδειγμα, κόμποστ που παράγεται κοντά σε δάσος είναι πολύ πιο πιθανό να αποικιστεί από πιο αποτελεσματικούς παράγοντες βιοελέγχου και πιο συνεπής στην καταστολή ασθενειών, όπως ριζοκτονία, από αυτά που παράγονται σε ένα κλειστό σύστημα. Οι μικροοργανισμοί που δείχνουν προτίμηση στην αποίκηση και αντιμετώπιση παθογόνων των φυτών θα μπορούσαν να ταξινομηθούν ως παράγοντες βιοελέγχου.

Οι μικροοργανισμοί που διεγείρονται από τις τροποποιήσεις στο λίπασμα, συμβάλλουν στην κατασταλτική δράση του τροποποιημένου εδάφους μέσω τεσσάρων μηχανισμών ελέγχου: αντιβίωση, ανταγωνισμός, παρασιτισμός, και πρόκληση συστηματική αντίστασης.

Η αντιβίωση είναι η αναστολή μίας αύξησης οργανισμού με ένα μεταβολικό προϊόν όπως ένα αντιβιοτικό που παράγεται από έναν άλλον οργανισμό. το *Agrobacterium radiobacterium* 84 παράγει βακτηριοσίνη, που ονομάζεται agrocipin, η οποία είναι ευρέως αποδεκτή ως εμπορικό προϊόν για τον έλεγχο του όγκου του λαιμού μια σοβαρή ασθένεια των πυρηνόκαρπων σε φυτώρια, και σε πολλά άλλα ξυλώδη φυτά. Τα *Lysobacter* και τα *Myxobacteria* είναι γνωστό ότι παράγουν άφθονες ποσότητες λυτικών ενζύμων, και μερικές απομονώσεις έχουν δείξει ότι είναι αποτελεσματικά στην καταστολή των παθογόνων μυκήτων των φυτών. Έκφραση και έκκριση αυτών των ενζύμων από διαφορετικούς μικροοργανισμούς μπορεί μερικές φορές να έχει ως αποτέλεσμα την καταστολή της δραστηριότητας των παθογόνων των φυτών άμεσα. Για παράδειγμα, ο έλεγχος του *Sclerotium rolfisii* από *Serratia marcescens* φαίνεται να αντιμετωπίζεται με την έκφραση της χιτινάσης. Ορισμένα προϊόντα της λυτικής δραστηριότητας του ενζύμου μπορούν να συμβάλουν στην έμμεση καταστολή της ασθένειας. Για παράδειγμα, οι ολιγοσακχαρίτες που προέρχονται από τα κυτταρικά τοιχώματα των μυκήτων είναι γνωστό ότι είναι ισχυροί επαγωγείς της άμυνας του φυτού ξενιστή. Το ένζυμο β-1,3-γλυκανάσης συμβάλλει σημαντικά στις δραστηριότητες βιοελέγχου του στελέχους *Lysobacter enzymogenes* C3.

Οι μικροοργανισμοί ανταγωνίζονται για τα θρεπτικά συστατικά, όπως υψηλής ενέργειας υδατάνθρακες, άζωτο και σίδηρο, καθώς και για θέσεις μόλυνσης, οξυγόνο και χώρο.

Ως παράδειγμα της παρασιτισμού είναι παρασιτικοί μύκητες που εισβάλουν στα παθογόνα των φυτών με αποτέλεσμα την αποδόμησή τους και το θάνατο. Ο αποτελεσματικός έλεγχος του *Rhizoctonia solanican* επιτυγχάνεται με την εφαρμογή απομόνωσης του *Trichoderma species* σε συνδυασμό με οποιονδήποτε από τους διάφορους βακτηριακούς παράγοντες βιοελέγχου. Οι εκπρόσωποι του γένους *Trichoderma* αποτελούν τους κύριους μικροοργανισμούς που απομονώθηκαν από κομπόστ που παρασκευάζεται από λιγνοκυτταρικά απόβλητα και είναι ικανά να παρασιτούν τον *Rhizoctonia solani*.

Ο μηχανισμός της επαγόμενης συστηματικής αντοχής βασίζεται στην ενεργοποίηση της παραγωγής φυτικών μεταβολιτών όπως σαλικυλικό οξύ, πρωτεΐνες

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

που σχετίζονται με την άμυνα ή άλλες ενώσεις οι οποίες οδηγούν σε μία συστηματική αντοχή του φυτού σε παθογόνα. Ορισμένα στελέχη βιοελέγχου του *Pseudomonas sp.* και *Trichoderma sp.* είναι γνωστό ότι προκαλούν έντονα τις άμυνες του ξενιστή φυτού. Σε αρκετές περιπτώσεις εμβολιασμού με ριζοβακτηρίδια υποβοηθήσεως ανάπτυξης των φυτών (PGPR) ήταν αποτελεσματικά στον έλεγχο πολλαπλών ασθενειών που προκαλούνται από διάφορα παθογόνα, συμπεριλαμβανομένης της ανθράκωσης (*Colletotrichum lagenarium*), γωνιακές κηλίδες φύλλου (*Pseudomonas syringae pv. lachrymans*) και της βακτηριακής μάρανσης (*Erwinia tracheiphila*).

Η ποσοτική συνεισφορά των βιολογικά δραστικών ενώσεων στην καταστολή της ασθένειας είναι πιθανό να εξαρτάται από τη σύνθεση και η αναλογία άνθρακα προς άζωτο της οργανικής ύλης του εδάφους που χρησιμεύει ως πηγή τροφής για τους μικροβιακούς πληθυσμούς στο έδαφος και τη ριζόσφαιρα. Ωστόσο, οι δραστηριότητες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη καταστολή της ασθένειας. Όταν οι κατάλληλοι ανταγωνιστές ήδη υπάρχουν στο χώμα ή το υπόστρωμα, αλλά δεν παρέχουν ικανοποιητικό επίπεδο ελέγχου της ασθένειας η δραστηριότητά τους πρέπει να εντατικοποιηθεί. Για παράδειγμα, μετά τη συγκομιδή στον έλεγχο ασθενειών, η προσθήκη χιτοζάνης μπορεί να διεγείρει τη μικροβιακή αποικοδόμηση των παθογόνων παρόμοια με εκείνη ενός εφαρμοσμένου υπερ-παράσιτου. Η χιτοζάνη είναι ένα μη τοξικό και βιοαποικοδομήσιμο πολυμερές της β-1,4-γλυκοζαμίνης που παράγεται από χιτίνη με αλκαλική αποακυλίωση.

Η τροποποίηση του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών με χιτοζάνη κατέστειλε την σήψη των ριζών που προκαλείται από το *Fusarium oxysporum* sp. *radicis-lycopersici* στην τομάτα. Αν και ο ακριβής μηχανισμός δράσης της χιτοζάνης δεν είναι πλήρως κατανοητός, έχει παρατηρηθεί ότι η αγωγή με χιτοζάνη έχει αυξήσει την αντίσταση απέναντι σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Η έκταση, στην οποία το κόμποστ καταστέλλει αυτή την ασθένεια, εξαρτάται από τη χημική-φυσική φύση των υλικών που λιπασματοποιούνται και αυξάνει με την ωριμότητα του κομποστ.

ΤΥΠΟΙ ΒΙΟ-ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΩΣ ΦΟΡΕΪΣ

Με βάση τις φυσικές ιδιότητες και τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως φορείς, οι διάφοροι τύποι βιο-λιπασμάτων κατασκευάζονται από διαφορετικούς παραγωγούς. Αυτά είναι εμβόλια που βασίζονται σε φορείς, εμβόλια με βάση το άγαρ, καλλιέργειες ζωμού και ξηρές καλλιέργειες. Νέες εξελίξεις σε παραγωγές βιολιπασμάτων όπως (i) ξηρού πάγου εμβόλια (π.χ. BAIF, IARI Ινδία) (ii) πάστα *Rhizobium* (π.χ. KALO Inc. USA), (iii) κοκκώδη εμβόλια (π.χ. εμφύτευμα εδάφους του Nitragin, USA) (iv) σύμπληξη (π.χ. Pelinoc της Nitragin), (v) παγιδευμένα rhizobia πολυακρυλαμιδίου (π.χ. Agrosoke) και (vi) προ-επικαλυμμένοι σπόροι (π.χ. Prillcote της Νέας Ζηλανδίας)

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

φαίνεται να είναι περισσότερο ελπιδοφόροι για την επιτυχία εμβολιασμού σε τροπικά ψυχανθή.

Βιολιπάσματα φορείς.

Επί του παρόντος τα βιο-λιπάσματα παρέχονται ως εμβόλια μικροβιακών φορέων τα οποία προστίθενται στο έδαφος για να εμπλουτίσουν τη γονιμότητα του εδάφους. Ο φορέας είναι ένα μέσο, το οποίο μπορεί να μεταφέρει τους μικροοργανισμούς σε επαρκείς ποσότητες και να τους κρατήσει βιώσιμους κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και να παρέχονται εύκολα στους αγρότες. Η χρήση του ιδανικού υλικού φορέα είναι απαραίτητη στην παραγωγή καλής ποιότητας βιολιπάσματος.

Ένας καλός φορέας θα πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Εξαιρετικά απορροφητικός (ικανότητα συγκράτησης νερού) και εύκολο να επεξεργαστεί.
- Μη-τοξικός για τους μικροοργανισμούς.
- Εύκολος στην αποτελεσματική αποστείρωση.
- Διατίθεται σε επαρκή ποσότητα και χαμηλό κόστος.
- Παρέχει καλή πρόσφυση στους σπόρους προς σπορά.
- Έχει καλή ρυθμιστική ικανότητα.
- Υψηλή περιεκτικότητα οργανικής ύλης και ικανότητα συγκράτησης νερού μεγαλύτερη από 50%.

Άλλα βασικά κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την επιλογή φορέα σχετικά με την επιβίωση των βακτηρίων του εμβολίου:

- Επιβίωση των βακτηρίων του εμβολίου σε σπόρους. Οι σπόροι δεν σπέρνονται πάντα αμέσως μετά την επικάλυψη των σπόρων με το εμβόλιο βακτηρίων. Τα βακτήρια πρέπει να επιβιώσουν στην επιφάνεια του σπόρου κατά τις συνθήκες ξηράνσεως έως ότου διατεθούν στο έδαφος.
- Η επιβίωση των εμβολίων βακτηρίων κατά τη διάρκεια της περιόδου αποθήκευσης.
- Η επιβίωση των εμβολίων βακτηρίων στο χώμα. Μετά την εισαγωγή στο έδαφος, τα εμβόλια βακτηρίων έχουν να ανταγωνιστούν τους μικροοργανισμούς που υπάρχουν φυσικά στο έδαφος για τα θρεπτικά συστατικά και την βιοθέση, και πρέπει να επιβιώσουν από επίθεση των πρωτόζωων. Τέτοια υλικά-φορείς που προσφέρουν τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά και/ή κατοικήσιμοι μικρο-πόροι στα εμβόλια βακτηρίων θα είναι επιθυμητοί. Υπό αυτή την έννοια, τα υλικά με μικρο-πορώδη δομή, όπως συσσωμάτωμα χώματος και κάρβουνου, θα είναι καλοί φορείς για εμβόλια εδάφους.

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Τα βιο-λιπάσματα παρέχονται στο έδαφος είτε με «εμβολιασμό των σπόρων» όπου το εμβόλιο (μίγμα βακτηρίων-φορέα) αναμιγνύεται με νερό για να πάρει την μορφή πολτού και στη συνέχεια αναμιγνύεται με σπόρους ή με «εμβολιασμό του εδάφους» όπου εξαπλώνεται το πάνω από τον αγρό κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Στην περίπτωση του εμβολιασμού σπόρου ο φορέας πρέπει να είναι σε μια μορφή λεπτής σκόνης. Για να επιτευχθεί η σφιχτή επικάλυψη εμβολίου στην επιφάνεια του σπόρου συνίσταται να γίνεται χρήση κόλλας, όπως αραβικό κόμμα, μεθυλαιθυλοκυτταρίνη, διαλύματα σακχαρόζης και φυτικά έλαια. Οι εμβολιασμοί σπόρων δεν μπορούν πάντα να είναι επιτυχημένοι λόγω της χαμηλής πληρότητας θρόμβων από τα εμβολιασμένα *rhizobia* ως αποτέλεσμα του εμβολιασμού ή λόγω χαμηλού αριθμού εγκατάστασης εμβολιασμένων rhizobacterial στελεχών.

Αυτό μπορεί να οφείλεται σε χαμηλό πληθυσμό ή/και χαμηλή επιβίωση του εμβολιασμένου βακτηριακού στελέχους στην επιφάνεια του σπόρου και εντός του εδάφους. Σε μία τέτοια περίπτωση, «εμβολιασμού του εδάφους» θα υιοθετηθεί, σύμφωνα με την οποία ένας μεγάλος πληθυσμός βακτηριακών στελεχών μπορεί να εισάγονται στο έδαφος. Για τον εμβολιασμό του εδάφους σε γενικές γραμμές, κοκκώδες εμβόλιο τοποθετείται στο αυλάκι κάτω ή δίπλα στο σπόρο. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα για το στέλεχος εμβολίου να έρθει σε επαφή με τις ρίζες των φυτών. Διάφοροι τύποι υλικών που χρησιμοποιούνται ως φορείς για τους σπόρους ή τον εμβολιασμό του εδάφους. Τύρφη, λιγνίτης, βερμικουλίτης, άνθρακας, πιεσμένη λάσπη, κοπριά και μίγμα χώματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικά-φορείς. Η ουδέτερη τύρφη χώμα / λιγνίτη είναι καλύτερα υλικά φορείς για την παραγωγή βιολιπασμάτων. Για την παρασκευή του εμβολίου σπόρων, το υλικό-φορέας αλέθεται σε λεπτή σκόνη με μέγεθος σωματιδίων 10-40 μm. Για τον εμβολιασμό του εδάφους, το υλικό-φορέας με κοκκώδη μορφή (0.5-1.5 mm) χρησιμοποιείται γενικά. Κοκκώδεις μορφές τύρφης, περλίτη, κάρβουνου ή συσσωματώματα εδάφους είναι κατάλληλα για τον εμβολιασμό του εδάφους.

Υγρά βιολιπάσματα.

Η ισχύς των βιο-λιπασμάτων καθορίζεται από δύο βασικές παραμέτρους: τον αριθμό των κυττάρων και την αποτελεσματικότητα των μικροοργανισμών να δεσμεύουν το άζωτο ή να διαλυτοποιούν τα φωσφορικά άλατα.

Τα υγρά βιο-λιπάσματα είναι υγρά σκευάσματα που περιέχουν την αδρανοποιημένη μορφή του επιθυμητού μικροοργανισμού και των θρεπτικών ουσιών τους, μαζί με τις ουσίες που προωθούν το σχηματισμό των κοιμώντων σπόρων ή κύστες για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και αντοχή σε δυσμενείς συνθήκες. Η αδρανής μορφή ερχόμενη σε επαφή με το έδαφος, βλασταίνει για να παράγει νέα παρτίδα ενεργών κυττάρων. Αυτά τα κύτταρα αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται με τη χρήση της πηγής άνθρακα από το έδαφος ή από τα εξιδρώματα των ριζών.

Ως εναλλακτική λύση στα συμβατικά βιο-λιπάσματα με βάση τον φορέα, έχει αναπτυχθεί τεχνολογία υγρού σκευάσματος στο Τμήμα Γεωργικής Μικροβιολογίας, TNAU, και Coimbatore η οποία έχει περισσότερα πλεονεκτήματα από τα εμβόλια

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

φορέως. Τα πλεονεκτήματα των υγρών βιο-λιπασμάτων σε σχέση με τα συμβατικά με βάση φορείς βιο-λιπάσματα αναφέρονται παρακάτω:

- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής -12 έως 24 μήνες.
- Δεν μολύνεται.
- Δεν υπάρχει απώλεια των ιδιοτήτων λόγω της αποθήκευσης έως 45° C.
- Μεγαλύτερη δυνατότητα να ανταγωνιστεί τον γηγενή πληθυσμό.
- Υψηλοί πληθυσμοί μπορούν να διατηρήσουν πάνω από 109 κύτταρα/ml από 12 έως 24 μήνες.
- Εύκολη αναγνώριση με χαρακτηριστική μυρωδιά ζύμωσης.
- Εξοικονόμηση κόστους σε υλικό-φορέα, κονιορτοποίηση, εξουδετέρωση, αποστείρωση, συσκευασία και μεταφορά.
- Πρωτόκολλα ελέγχου ποιότητας είναι εύκολα και γρήγορα.
- Καλύτερη επιβίωση στους σπόρους και στο έδαφος.
- Δεν χρειάζεται να δουλεύουν μονάδες παραγωγής βιο-λιπασμάτων όλο το χρόνο.
- Πάρα πολύ εύκολο στη χρήση από τον αγρότη.
- Οι δοσολογίες είναι 10 φορές μικρότερες από αυτά με βάση τον φορέα σε μορφή σκόνης βιο-λιπάσματα.
- Υψηλά εμπορικά έσοδα.
- Υψηλό εξαγωγικό δυναμικό.
- Πολύ υψηλή ενζυμική δραστηριότητα μετά τη μόλυνση.

Ανάμεσα σε διαφορετικές τεχνικές παραγωγής βιο-λιπασμάτων, η έννοια των αποτελεσματικών μικροοργανισμών (AM ή EM), η οποία είναι διαθέσιμη σε υγρή μορφή, έχει εισαχθεί το 1991 από τον Dr. Teruo Higa της Ιαπωνίας. Οι κύριες ομάδες των μικροοργανισμών που περιέχονται στο EM περιλαμβάνουν νηματοειδείς μύκητες, ζυμομύκητες, βακτήρια γαλακτικού οξέος, και άλλα βακτήρια εδάφους. Η εφαρμογή των EM έχει ως στόχο να λειτουργήσει ως εμβόλιο μικροοργανισμών στο έδαφος το οποίο θα συμβάλει στη δημιουργία ή στην αποκατάσταση των οικοσυστημάτων του εδάφους. Το EM είναι εμπορικά διαθέσιμο σε συμπυκνωμένη μορφή που πρέπει να υποβληθεί σε επεξεργασία πριν από την εφαρμογή. Σύμφωνα με την παρασκευή, προτείνεται από τον κατασκευαστή, το συμπυκνωμένο EM (EM Bokashi) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ'ευθείας με ανάμιξη με μελάσα και νερό. Ωστόσο, κοινή μέθοδος είναι η χρήση του EM Bokashi ως εκκινητής της ζύμωσης των πρώτων υλών και παράγουν είτε υγρά ή στερεά βιο-λιπάσματα. Οι κοινές πρώτες ύλες περιλαμβάνουν φυτικά ή ζωικά υπολείμματα που βρίσκονται στα αγροκτήματα. Η περίοδος ζύμωσης προτάθηκε να είναι τουλάχιστον επτά ημέρες και το προϊόν συνιστάται να χρησιμοποιείται εντός τριών μηνών. Σήμερα, η παραγωγή του έτοιμου προς χρήση υγρού βιο-λιπάσματος από EM υπάρχει διαθέσιμο στην αγορά, λόγω της

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

ευκολίας για γεωργία μικρής κλίμακας ή οικιακή εφαρμογή στην οποία οι χρήστες δεν έχουν χώρο και πρώτες ύλες που διατίθενται για τη ζύμωση.

Υπάρχουν τρεις τρόποι χρήσης των υγρών βιολιπασμάτων.

➤ Η επεξεργασία σπόρων.

Η επεξεργασία των σπόρων είναι η πιο κοινή μέθοδος που υιοθετήθηκε για όλους τους τύπους των εμβολίων. Η επεξεργασία των σπόρων είναι αποτελεσματική και οικονομική. Για μικρή ποσότητα σπόρων (έως 5 kg) η επικάλυψη μπορεί να γίνει σε μια πλαστική σακούλα. Για το σκοπό αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια πλαστική σακούλα που έχει μέγεθος (21" X 10") ή μεγαλύτερο μέγεθος. Ο σάκος πρέπει να γεμίσει με 2 kg σπόρο ή περισσότερο. Η σακούλα πρέπει να είναι κλειστή κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παγιδεύει όσο το δυνατόν περισσότερο αέρα. Η σακούλα πρέπει να συμπιεστεί για 2 λεπτά ή περισσότερο μέχρι το σύνολο των σπόρων να βρέχεται ομοιόμορφα. Έπειτα η σακούλα ανοίγεται, διογκώνεται και πάλι ανακινείται ήπια. Σταματά η ανακίνηση αφού ο κάθε σπόρος παίρνει ένα ομοιόμορφο στρώμα επικάλυψης με την καλλιέργεια. Ο σάκος ανοίγεται και οι σπόροι ξηραίνονται κάτω από τη σκιά για 20-30 λεπτά. Για μεγάλη ποσότητα σπόρων η επικάλυψη μπορεί να γίνει σε έναν κουβά και το εμβόλιο μπορεί να αναμιχθεί απ' ευθείας με το χέρι. Η επεξεργασία σπόρων με *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, μαζί με PSM μπορεί να γίνει. Η επεξεργασία σπόρων μπορεί να γίνει με οποιαδήποτε από τα δύο ή περισσότερα βακτήρια. Δεν υπάρχει από καμία πλευρά (ανταγωνιστικό) αποτέλεσμα. Τα σημαντικά πράγματα που πρέπει να έχουμε κατά νου είναι ότι οι σπόροι πρέπει να επικαλυφθούν πρώτα με *Rhizobium*, *Azotobacter* ή *Azospirillum*. Όταν κάθε σπόρος πάρει ένα στρώμα των παραπάνω βακτηρίων τότε πρέπει να αποκτήσει επίστρωση ως το εξωτερικό στρώμα με το PSM εμβόλιο. Αυτή η μέθοδος θα παρέχει το μέγιστο αριθμό βακτηρίων που απαιτείται για καλύτερα αποτελέσματα. Επεξεργασία των σπόρων με οποιοδήποτε από τα δύο βακτήρια δεν θα παρέχει μέγιστο αριθμό των βακτηρίων σε μεμονωμένο σπόρο.

➤ Εμβάπτιση ριζών.

Για την εφαρμογή του *Azospirillum*/PSM στη μεταφύτευση ορυζώνων/καλλιέργειες κηπευτικών χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος. Η απαιτούμενη ποσότητα *Azospirillum*/ PSM πρέπει να αναμιχθεί με 5-10 λίτρα νερού σε μια γωνία του αγρού και οι ρίζες των δενδρυλλίων πρέπει να εμβαπτίζονται το ελάχιστο για μισή ώρα πριν από τη μεταφύτευση.

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

➤ Εφαρμογή στο έδαφος.

Γίνεται χρήση 200ml του PSM ανά στρέμμα. Ανάμιξη PSM με 400 έως 600 κιλά κοπριά βοοειδών FYM μαζί με ½ του σάκου ορυκτό φώσφορο εάν είναι διαθέσιμο. Το μίγμα του PSM, της κοπριάς και των φωσφορικών πρέπει να παραμείνει κάτω από οποιοδήποτε δέντρο ή υπό σκιά για τη διάρκεια της νύχτας για να διατηρήσει το 50% της υγρασίας. Χρησιμοποιείται το μείγμα με εφαρμογή στο έδαφος σε σειρές ή κατά τη διάρκεια ισοπέδωσης του εδάφους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants (2nd ed). Academic Press, London
2. Matthew, C.J., Bjorkman, M.K., David, A.M., Saito and P.J. Zehr, (2008). Regional distributions of nitrogen-fixing bacteria in the Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr*, 53: 63-77.
3. Gonzalez, L.J., B. Rodelas, C. Pozo, V. Salmeron, M.V. Martinez and V. Salmeron, 2005. Liberation of amino acids by heterotrophic nitrogen fixing bacteria. *Amino Acids*, 28: 363-367.
4. Wani SA, Chand S, Ali T (2013). Potential Use of Azotobacter chroococcum in Crop Production: An Overview. *Curr Agri Res J*, 1: 35–38.
5. Handbook of microbial biofertilizers / M. K. Rai, editor (2006). Food Products Press, an imprint of The Haworth Press, Inc., 10, Alice Street, Binghamton, NY13904-1580.
6. Okon, Y. (1985). Azospirillum as a potential inoculant for agriculture. *Trends in a. Biotechnology*, 3: 223-228.
7. Schwencke, J. and Carù, M. (2001). Advances in actinorhizal symbiosis: Host a. plant-Frankia interactions, biology, and applications in arid land reclamation: b. A review. *Arid Land Research and Management*, 15: 285-327.
8. Diagne, N., Arumugam, K., Ngom, M., Nambiar-Veetil, M., Franche, C., Narayanan, K. Laplaze, L. (2013). Use of Frankia and Actinorhizal Plants for Degraded Lands Reclamation. *BioMed Research International*, vol 2013, 9 pages.
9. Hashem, M.A. (2001). Problems and prospects of cyanobacterial biofertilizer for a. rice cultivation. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 881-888.

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

10. Pabby, A., Prasanna, R., Singh, P. (2013). Azolla-Anabaena symbiosis –from traditional agriculture to biotechnology. *Ind Journ Biotechnol*, vol 2, pp. 26-37.
11. Mahato, A., Visva-Bharati, Bhavana, P., Sriniketan. Biofertilizers in organic agriculture.
(https://www.academia.edu/7273299/Biofertilizers_in_Organic_Agriculture).
12. Nisha, K., Padma Devi, S.N., Vasandha.S and Sunitha Kumari, K. (2014). Role of Phosphorous Solubilizing Microorganisms to Eradicate P- Deficiency in Plants: A Review. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 4, Issue 7.
13. Gaur, A. C. and Gaiind, S. (1999). Phosphate solubilizing microorganisms-An overview. *Agromicrobes. Current trends in life sciences, Today and tomorrows publishers, NewDelhi. India*, 23:151-164.
14. Ahmed, N., Shahab, S. (2009). Phosphate Solubilization: Their Mechanism Genetics and Application. *The Internet Journal of Microbiology*, vol. 9 (1).
15. Blake L, Mercik S, Koerschens, M, Moskal, S, Poulton, P.R, Goulding K.W.T, Weigel A, Powlson, D.S. (2000). Phosphorus content in soil, uptake by plants and balance in three European long-term field experiments. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 56:263–275.
16. Quiquampoix H, Mousain, D. (2005). Enzymatic hydrolysis of organic phosphorus. In: Turner BL, Frossardand E, Baldwin DS (eds). *Organic phosphorus in the environment*. CAB International, Wallingford, UK, pp 89–112
17. Lambers, H., Finnegan, P.M., Laliberte, E., Pearse, S.J., Ryan, M.H., Shane, M.W., Veneklaas, E.J. (2011). Phosphorus nutrition of proteaceae in severely phosphorus-impooverished soils: Are there lessons to be learned for future crops? *Plant. Physiol*, 156: 1058–1066.
18. Lambers H., Raven J.A., Shaver G.R., Smith S.E., 2008. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends Ecol. Evol.* 23: 95–103.
19. Jakobsen I., Leggett M.E., Richardson A.E. 2005. Rhizosphere microorganisms and plant Phosphorus Uptake. In: Sims J.T., Sharpley A.N. (eds). *Phosphorus, agriculture and the environment. American Society for Agronomy*, Madison, pp. 437–494.
20. Boulter, J.I., Trevors, J.T. & Boland, G.J. (2002). Microbial studies of compost: bacterial identification, and their potential for turfgrass pathogen suppression. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 18, pp. 661-671.
21. Guanghui Yu, Wei Ran and Qirong Shen. Compost Process and Organic Fertilizers Application in China. Chapter in Book "Organic Fertilizers - From Basic Concepts to Applied Outcomes". DOI: 10.5772/62324.<http://www.intechopen.com/books/organic-fertilizers-from-basic-concepts-to-applied-outcomes>

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

22. Parikh, S. J., James, B. R. (2012). Soil: The Foundation of Agriculture. *Nature Education Knowledge*, vol 3(10), pp. 2.
23. Timm C. M., Campbell A. G., Utturkar S. M., Jun S. R., Parales R. E., Tan W. A., et al. (2015). Metabolic functions of *Pseudomonas fluorescens* strains from *Populus deltoides* depend on rhizosphere or endosphere isolation compartment. *Front. Microbiol.* 6, pp. 1118.
24. Zinati, G. (2015). Compost in 20th century: A tool to control plant diseases in nursery and vegetable crops.
25. Pal, K. K. and B. McSpadden Gardener (2006). Biological Control of Plant Pathogens. *The Plant Health Instructor*, pp. 1-25.
26. Bashan, Y (1998). Inoculants of plant growth promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances*, vol. 16, No. 4, pp. 729.
27. Bertrand H., Plassard C., Pinochet X., Touraine B., Normand P., Cleyet-Marel J. C. (2000). Stimulation of the ionic transport system in *Brassica napus* by a plant growth-promoting rhizobacterium (*Achromobacter sp.*). *Can. J. Microbiol.* 46 229–236.
28. Anon. 2006. EM Application. [Internet]. EM Kyusei Co., Ltd. Available from: <http://www.emkyusei.com/index1.htm>. [cited June 2006].
29. Ngampimol, H., and Kunathigan, V. (2008). The Study of Shelf Life for Liquid Biofertilizer from Vegetable Waste. *AU J.T.* 11(4): 204-208.

Διαδίκτυο:

<http://www.biotecharticles.com/Agriculture-Article/Biofertilizers-Types-Benefits-and-Applications-172.html>

<http://www.peoi.org/Courses/Coursesen/bot/bot10.html>

<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/nitrogen.htm>

<http://www.mrrse.com/biofertilizers-market>

<https://www.britannica.com/science/nitrogen-fixing-bacteria>

<https://ecofriendlycoffee.org/azolla-as-a-biofertilizer-in-coffee-plantations/>

http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html