

ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο του προγράμματος:
«Ευφυής Γεωργία και Κυκλική Βιοοικονομία - SmartBIC»

Πακέτο Εργασίας 3: Ανάπτυξη ολοκληρωμένων παρεμβάσεων κυκλικής οικονομίας και αξιοποίησης των υποπροϊόντων του γεωργικού και αγροβιομηχανικού τομέα



Επιμορφωτές:

Δρ. Ιορδάνης Χατζηπαυλίδης¹, Δρ. Κωνσταντίνος Οικαλιώτης², Δρ. Ηώ Κεφαλογιάννη¹, Δρ. Βασιλική Τσαγκού¹,
Δρ. Μυρτώ Τσικνιά², Δημήτρης Τσιγανάκης¹, Γιάννης Ζαφειρίου²

¹Εργαστήριο Γενικής & Γεωργικής Μικροβιολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

²Εργαστήριο Εδαφολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

2

- ❖ Ως βιολιπάσματα ορίζονται ουσίες που περιέχουν ζωντανούς μικροοργανισμούς οι οποίοι αποικίζουν τη ριζόσφαιρα ή το εσωτερικό των φυτών και προωθούν την ανάπτυξη των φυτών και την απόδοση των καλλιεργειών με την αύξηση της προσφοράς ή της διαθεσιμότητας βασικών θρεπτικών συστατικών.
- ❖ Πρόκειται για προϊόντα δηλαδή που περιέχουν ένα υπόστρωμα (στερεό ή υγρό) και μικροοργανισμούς που βοηθούν στη δέσμευση του μοριακού αζώτου, τη διαλυτοποίηση του φωσφόρου ή την κινητοποίηση θρεπτικών συστατικών, οδηγώντας σε εμπλουτισμό του εδάφους και αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών.
- ❖ Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως βακτήρια, κυανοβακτήρια (μπλε-πράσινα φύκη) και μύκητες (ξεχωριστά ή σε συνδυασμό).

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

3

Οι μικροοργανισμοί που περιέχουν:

- ✓ Απελευθερώνουν φυτικές ορμόνες όπως αυξίνες
- ✓ Διεγείρουν τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων και την ανάπτυξη των ριζών
- ✓ Αυξάνουν τη διαθεσιμότητα πολύτιμων θρεπτικών ουσιών στο έδαφος (φωσφόρου, αζώτου και ιχνοστοιχείων όπως σίδηρος, μαγγάνιο, ψευδάργυρος κλπ.) μετατρέποντάς τα από μη αφομοιώσιμα σε αφομοιώσιμα (διαλυτοποίηση αδιάλυτου φωσφόρου, βιολογική δέσμευση αζώτου, παραγωγή σιδηροφόρων κλπ).
- ✓ Δημιουργούν βέλτιστες συνθήκες στη ριζόσφαιρα για τη γρηγορότερη απορρόφηση

Οδηγούν συνεπώς σε καλύτερη ανάπτυξη των φυτών, αποκατάσταση του φυσικού κύκλου των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος και εμπλουτισμό του σε οργανική ύλη.

ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

4

- Αύξηση της μέσης ετήσιας απόδοσης των καλλιεργειών (20-37%)
- Βελτίωση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας
- Βελτίωση της δομής του εδάφους
- Προστασία κατά της ξηρασίας και παθογόνων του εδάφους
- Μειωμένες εισροές χημικών (διαλύματα λίπανσης/φυτοφάρμακα)
- Παραγωγή γεωργικών προϊόντων με μικρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μικρότερο κόστος

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

- Συμβιωτικά αζωτοδεσμευτικά βακτήρια (π.χ. *Rhizobium*, *Frankia*)
- Συμβιωτικοί μυκορριζικοί μύκητες (ενδο- ή εκτομυκόρριζες)
- PGPR



Plant Growth Promoting
Rhizobacteria
(PGPR)



ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΩΣ ΦΟΡΕΙΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

6

- Συμβατικά Βιολιπάσματα: Τα βιολιπάσματα αυτά χρησιμοποιούν κάποιο μέσο (μικροβιακό φορέα) για τη μεταφορά των μικροοργανισμών σε επαρκείς ποσότητες και την ενίσχυση της βιωσιμότητάς τους κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Ένας καλός υλικός φορέας θα πρέπει:
 - Να είναι μη τοξικός
 - Να είναι εύκολος στην αποτελεσματική αποστείρωση
 - Να είναι εξαιρετικά απορροφητικός (με μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού)
 - Να έχει καλή ρυθμιστική ικανότητα
 - Να έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη
 - Να διατίθεται σε επαρκή ποσότητα και χαμηλό κόστος

ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΩΣ ΦΟΡΕΙΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ (2)

- Υγρά Βιολιπάσματα: Πρόκειται για υγρά σκευάσματα που περιέχουν τους επιθυμητούς μικροοργανισμούς σε αδρανοποιημένη μορφή, οι οποίοι σε επαφή με το έδαφος αρχίζουν να πολλαπλασιάζονται χρησιμοποιώντας οργανική ύλη του εδάφους ή του περιβάλλοντος της ριζόσφαιρας. Τα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με τα συμβατικά βιολιπάσματα είναι τα εξής:
- Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (12-24 μήνες)
 - Έχουν μηδαμινό κίνδυνο επιμόλυνσης
 - Εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης στους σπόρους και στο έδαφος
 - Παρατηρείται έντονη μικροβιακή ενζυμική δραστηριότητα μετά την εφαρμογή τους
 - Έχουν αμηνότερο κόστος σε υλικό - φορέα, κονιορτοποίηση, εξουδετέρωση, αποστείρωση, συσκευασία και μεταφορά
 - Εύκολα και γρήγορα πρωτόκολλα ελέγχου της ποιότητάς τους
 - Είναι εύκολα στη χρήση από αγρότες

ΕΙΔΗ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΩΦΕΛΙΜΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥΣ

8

- Βιολιπάσματα ρύθμισης N: Αυτή η κατηγορία βιολιπασμάτων βοηθά στη διόρθωση των επιπέδων του αζώτου στο έδαφος. Διαφορετικά βιολιπάσματα έχουν βέλτιστο αποτέλεσμα για διαφορετικά εδάφη και καλλιέργειες. Βιολιπάσματα με , *Rhizobium* εφαρμόζονται σε καλλιέργειες ψυχανθών, με *Azotobacter*, ή *Azospirillum* σε μη ψυχανθή, με *Acetobacter* στο ζαχαροκάλαμο και με κυανοβακτήρια και φτέρη *Azolla* σε χαμηλές καλλιέργειες, όπως ρυζιού.

ΕΙΔΗ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΩΦΕΛΙΜΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥΣ (2)

➤ Βιολιπάσματα διαλυτοποίησης/κινητοποίησης P:

Περιέχουν βακτήρια που διαλυτοποιούν τον φωσφόρο (PSB), όπως *Bacillus*, *Pseudomonas* αλλά και άλλους μικροοργανισμούς με αυτή την ιδιότητα (PSMs), όπως μύκητες που ανήκουν στα γένη *Aspergillus* και *Penicillium*. Μπορεί επίσης να περιέχουν μυκόρριζες που εμπλέκονται στην κινητοποίηση εκτός του φωσφόρου και διάφορων ιχνοστοιχείων (Fe, Zn, B κλπ.)

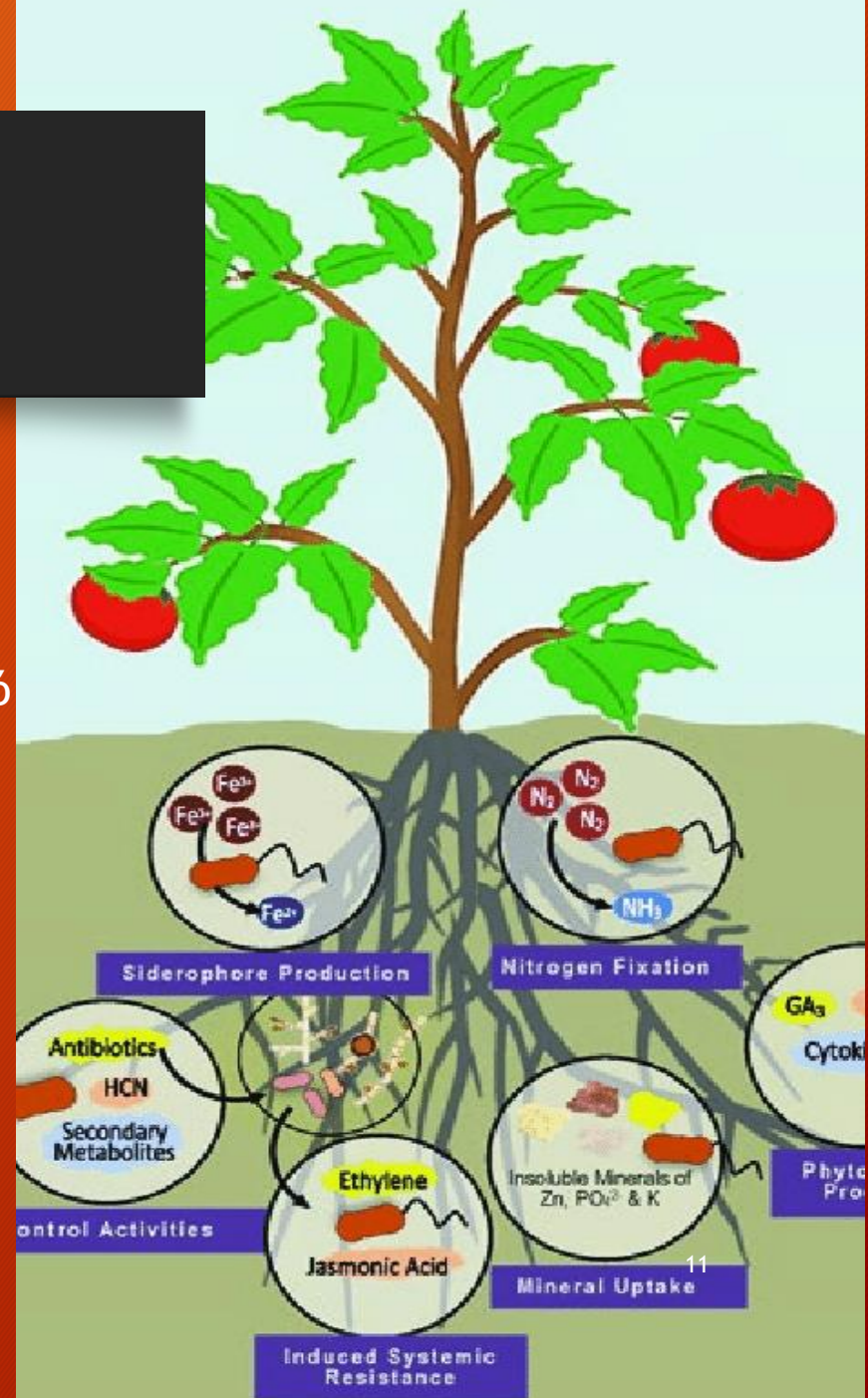
ΕΙΔΗ ΒΙΟΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΩΦΕΛΙΜΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥΣ (3)

10

- Compost ως Βιολιπάσματα : Περιέχουν κυτταρινολυτικά (Trichoderma) και λιγνινολυτικά (Humicola) είδη μυκήτων καθώς και διάφορα θετικά και αρνητικά κατά Gram βακτήρια, αλλά και γαιοσκώληκες.
- Βιολιπάσματα εμπλουτισμένα με PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)

Πρόκειται για ριζοβακτήρια, δηλαδή μικροοργανισμούς που διαβιούν στη ριζόσφαιρα των φυτών, διεγείρουν με φυσικό τρόπο την ανάπτυξη τους και βελτιώνουν τη φυσική αντοχή τους. Συνδέονται με διάφορα είδη φυτών και ευημερούν σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες.



PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA

12

Τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των βακτηριακών γενών που εντάσσονται στην κατηγορία των PGPR αυξάνει διαρκώς, καθώς εξελίσσεται η συστηματική ταξινόμηση των βακτηρίων αυτών και κατανοούνται καλύτερα οι διαφορετικοί μηχανισμοί δράσης τους.

Ενδεικτικά, στελέχη PGPR μπορούμε να συναντήσουμε στα παρακάτω γένη: *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Gordonia*, *Klebsiella*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas* και *Serratia*.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ PGPR

13

Τα PGPR χρησιμοποιούν έναν ή περισσότερους μηχανισμούς δράσης για να προάγουν την αύξηση των φυτών. Οι μηχανισμοί αυτοί είτε επιδρούν άμεσα στην ανάπτυξη των φυτών, είτε την προάγουν έμμεσα προστατεύοντας τα φυτά από παθογόνους μικροοργανισμούς.

- Στους άμεσους τρόπους δράσης περιλαμβάνονται η έκκριση φυτοορμονών, η διαλυτοποίηση ανόργανων ουσιών που βρίσκονται σε αδιάλυτη μορφή (διαλυτοποίηση φωσφόρου, αζωτοδέσμευση, παραγωγή σιδηροφόρων) και η διάθεση απαραίτητων για τα φυτά θρεπτικών στοιχείων.
- Ως έμμεσοι μηχανισμοί προαγωγής της ανάπτυξης έχουν αναφερθεί η παραγωγή αντιβιοτικών ουσιών, η επαγόμενη διασυστηματική αντοχή στα φυτά (Induced Systemic Resistance, ISR) και ο ανταγωνισμός με παθογόνα των φυτών ως προς τα θρεπτικά συστατικά ή τις θέσεις αποικισμού.

ΤΙ ΕΊΝΑΙ Η ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

14

Με τον όρο κομποστοποίηση, γίνεται αναφορά σε μία βιολογική οξειδωτική διαδικασία αποικοδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών υπό συνθήκες που οδηγούν στην ανάπτυξη θερμοκρασιών της θερμόφιλης περιοχής (45-65 °C).

Το τελικό προϊόν της κομποστοποίησης (compost), θα πρέπει να είναι πολύ σταθερό προκειμένου να μπορεί να αποθηκευθεί και να εφαρμοσθεί στο έδαφος χωρίς δυσάρεστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



ΒΑΣΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟ COMPOST

15

- ❑ Βακτήρια: Πάνω από 10^9 / γραμμάριο εδάφους, με μεγαλύτερο το ποσοστό των Gram αρνητικών βακτηρίων (όπως *Pseudomonas*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* κλπ), αλλά και θετικά κατά Gram (κυρίως *Bacillus* spp.) . Ο ρόλος που διαδραματίζουν στην κομποστοποίηση εξαρτάται από τον τύπο, τον χρόνο και τη θερμοκρασία της κομποστοποίησης.
- ❑ Ακτινομύκητες: Επιλέγουν ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό pH προκειμένου να αποσυνθέσουν πολύπλοκα υποστρώματα (π.χ. πρωτεΐνες).
- ❑ Μύκητες: Έχουν την ικανότητα να αποσυνθέτουν υποστρώματα τα οποία είναι όξινα και περιέχουν λιγότερο άζωτο σε σχέση με τα βακτήρια. Εμφανίζουν λιγνολυτικές και κυτταρινολυτικές ιδιότητες. Παίρνουν θρεπτικά στοιχεία από νεκρά φυτά ή γεωργικά απόβλητα και διασπούν τα υπολείμματα στο compost δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στα βακτήρια να συνεχίσουν την αποσύνθεση χωρίς κυτταρίνη.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

16

Τα κύρια πλεονεκτήματα της κομποστοποίησης είναι τα παρακάτω:

- ✓ Εξοικονόμηση ενέργειας: Το compost μειώνει ή και υποκαθιστά τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων των οποίων η παραγωγή απαιτεί κατανάλωση ενέργειας.
- ✓ Ταχεία μείωση του όγκου και του βάρους του αρχικού υλικού λόγω της εξάτμισης του νερού και της αποικοδόμησης των οργανικών υλικών.
- ✓ Απομάκρυνση της δυσάρεστης οσμής που συνοδεύει τα απορρίμματα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (2)

17

- ✓ Εξυγίανση του υλικού: Στις παρατεταμένες υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, θανατώνονται τα ζιζάνια και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που μπορεί να υπάρχουν.
- ✓ Βελτίωση της σταθερότητας και της γονιμότητας του εδάφους με τη χρήση του ώριμου compost.
- ✓ Αύξηση της χωρητικότητας των χώρων υγειονομικής ταφής, διότι τα οργανικά υλικά καταλαμβάνουν ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (3)

18

- ✓ Προστασία και βελτίωση της μικροβιακής ποικιλότητας στα καλλιεργούμενα είδη.
- ✓ Ανακύκλωση χούμου και θρεπτικών του εδάφους.
- ✓ Μείωση της εξάρτησης από την εισαγωγή τύρφης και άλλων οργανικών υποστρωμάτων με τη χρήση compost σε καλλιέργειες θερμοκηπίου.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΩΡΙΜΟΥ COMPOST

19

Οι βασικές ιδιότητες που θα πρέπει να έχει το ώριμο compost είναι οι ακόλουθες:

- Η θερμοκρασία του compost θα πρέπει να είναι κοντά στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας
- Υψηλή περιεκτικότητα σε O_2 και χαμηλή σε CO_2
- Βραδεία μείωση του λόγου C/N με την πάροδο του χρόνου
- Αύξηση των νιτρικών αλάτων με την πάροδο του χρόνου Χαμηλή περιεκτικότητα σε αμμώνιο
- Σχεδόν μηδαμινή αύξηση του βαθμού αποσύνθεσης
- ATP <10.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ξηρού βάρους compost
- Εξαφάνιση πτητικών λιπαρών οξέων

ΒΑΣΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ COMPOST

20

- Λίπανση - Βελτίωση του εδάφους
- Συστατικό υποστρωμάτων για την ανάπτυξη κηπευτικών
- Υπόστρωμα σε καλλιέργειες μανιταριών
- Αναδασώσεις
- Υλικό κάλυψης σε χώρους υγειονομικής ταφής
- Βελτίωση της επιφάνειας του εδάφους σε παλιά λατομεία
- Σε κοινόχρηστους χώρους πρασίνου
- Σε γήπεδα ποδοσφαίρου

«Παρά τα πολλά επιτεύγματα
της ανθρωπότητας οφείλουμε
την ύπαρξή μας στις έξι ίντσες
του επιφανειακού εδάφους
και στο γεγονός ότι βρέχει»

Κομφούκιος

