



ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ
ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

«Το έδαφος ως ζωντανό σύστημα: δομή, οργανική ουσία και λύσεις βασισμένες στη φύση»

Επιμορφωτικό σεμινάριο εκπαιδευτικών κλάδου ΠΕ 88

Σταμάτης Καβασίλης, Γεωπόνος – Εδαφολόγος

Εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Εδαφικών Πόρων και Γεωπληροφορικής

Πέμπτη, 19-02-2026





ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ
ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

«2015» Παγκόσμιο Έτος Εδάφους



*Διεθνής Ένωση
Επιστημών Εδάφους*



*Παγκόσμιος Οργανισμός
Τροφίμων και Γεωργίας
του Ο.Η.Ε.*





Ας μιλήσουμε για το έδαφος...



Let's talk about soil (youtube):

<https://www.youtube.com/watch?v=mvsc8dYw8q4>





Γιατί είναι σημαντικό το έδαφος ως φυσικός πόρος;

- Τρόφιμα
- Ρούχα
- Καταφύγιο ζωντανών οργανισμών
- Οικοδομικά υλικά
- Πηγή ενέργειας
- Αποθήκευση και διύλιση νερού
- Ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών
- Προστασία από πλημμυρικά φαινόμενα
- Δέσμευση του άνθρακα (μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου)
- Φιλοξενεί το ¼ της βιοποικιλότητας του πλανη





Ποιες είναι οι μεγαλύτερες αιτίες υποβάθμισης των εδαφών; (1/5)

- Εξαφάνιση (κάλυψη) εδαφών λόγω της επέκτασης των πόλεων και των υποδομών (2 εκτάρια εδάφους / λεπτό).
- Στην Ευρώπη κάθε χρόνο εξαφανίζονται 892 km² εδάφους.





Ποιες είναι οι μεγαλύτερες αιτίες υποβάθμισης των εδαφών; (2/5)

- Καταστροφή των δασών





Ποιες είναι οι μεγαλύτερες αιτίες υποβάθμισης των εδαφών; (3/5)

- Κακές καλλιεργητικές πρακτικές





Ποιες είναι οι μεγαλύτερες αιτίες υποβάθμισης των εδαφών; (4/5)

- Ρύπανση





Ποιες είναι οι μεγαλύτερες αιτίες υποβάθμισης των εδαφών; (5/5)

- Υπερβόσκηση



Εδάφη απογυμνωμένα, υποβαθμίζονται και διαβρώνονται



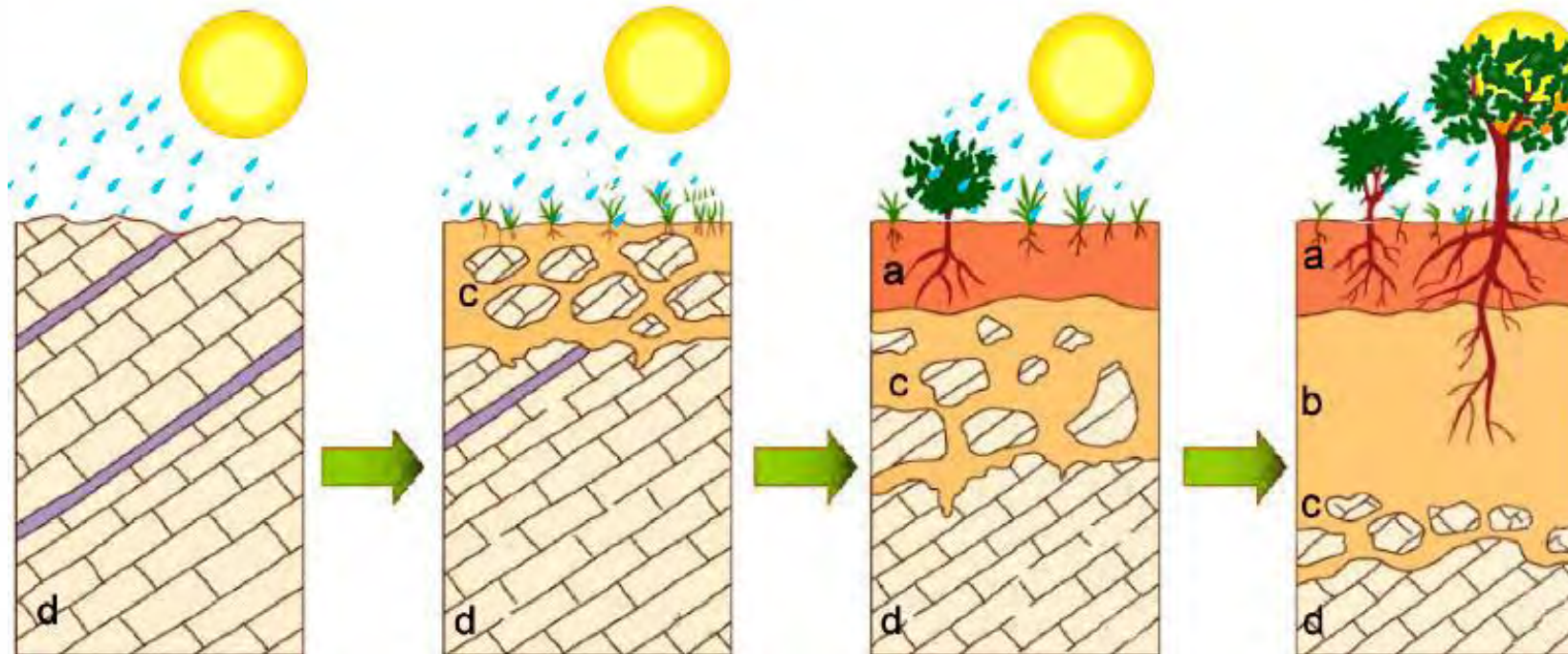
Phlomis fruticosa





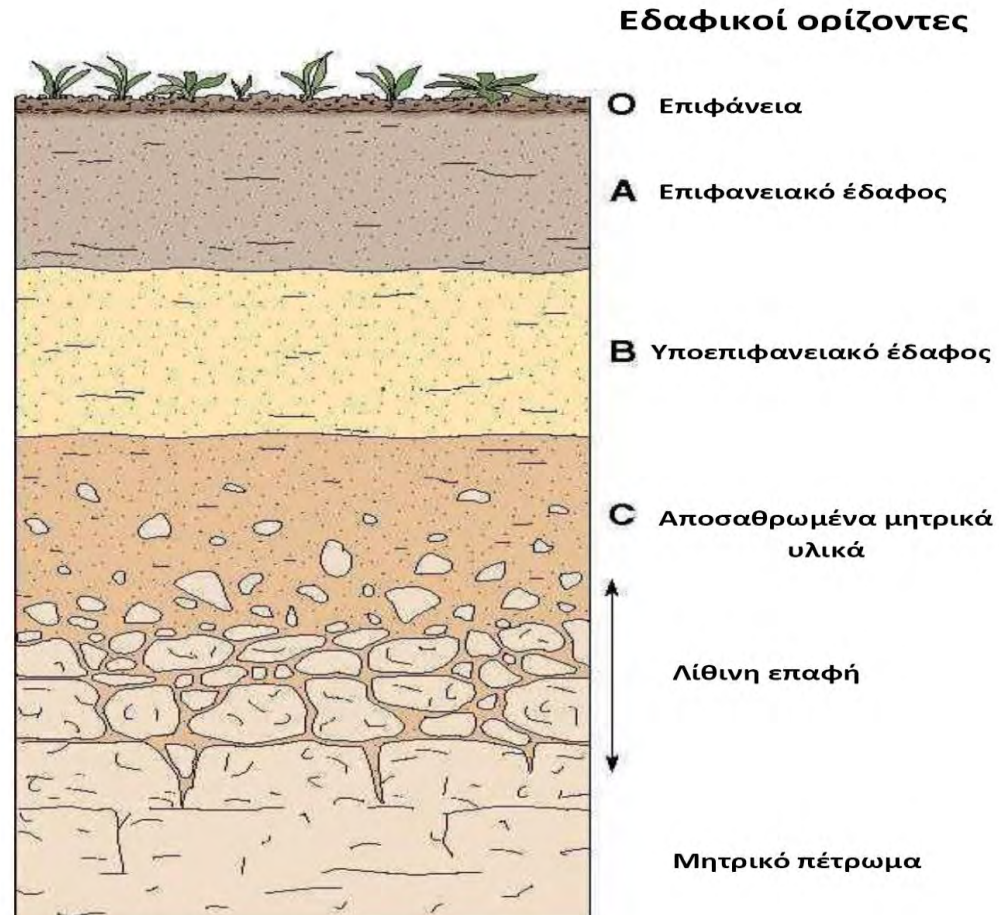
Εδαφογένεση – Εξέλιξη εδαφών

- Σημαντικότερος παράγοντας: H_2O





Σχηματική αναπαράσταση εδαφτομής





Εδαφοτομή σε δασικό οικοσύστημα



Επιφάνεια

Επιφανειακό έδαφος

Υποεπιφανειακό έδαφος

Αποσαθρωμένο μητρικό υλικό

Λίθινη επαφή

Μητρικό πέτρωμα





Μηχανική σύσταση εδαφών

- Έδαφος: ανόργανα τεμαχίδια με διάμετρο $< 2 \text{ mm}$
 1. Άμμος \rightarrow Διάμετρος: $2,00-0,05 \text{ mm}$.
 - Μικρή ειδική επιφάνεια
 - Δεν αποτελούν πηγή θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά.
 - Επιτρέπουν την άριστη κίνηση του αέρα και του νερού.
 - Ευνοούν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών.
 2. Ιλύς \rightarrow Διάμετρος: $0,05-0,002 \text{ mm}$.
 - Εμφανίζουν κάποια πλαστικότητα και συνοχή
 3. Άργιλος \rightarrow Διάμετρος: $<0,002 \text{ mm}$.
 - Υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων.
 - Δυσμενείς συνθήκες αερισμού και στράγγισης
 - Δυσμενείς συνθήκες ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών.





Εδαφοβελτιωτικά υλικά – Άμμος

- Βελτίωση φυσικών ιδιοτήτων υποστρωμάτων
- Σημαντικό η προέλευσή της
- Ορυκτολογική σύσταση

Άμμος



ιλύς

Άργιλος



100μm





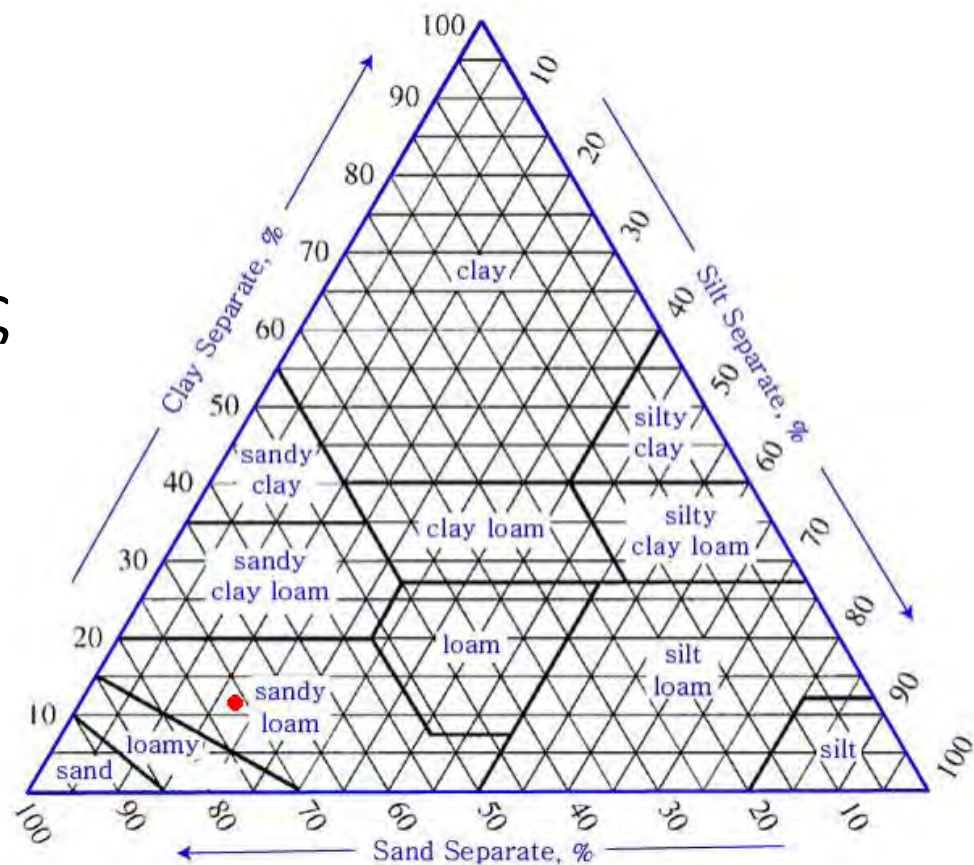
Κλάσεις μηχανική σύστασης εδαφών

	Κλάση Μηχανικής Σύστασης	Συμβολισμός	Χαρακτηρισμός	Ομάδα Μηχανικής Σύστασης
1.	Αμμώδης (Sand)	S	Χονδρόκοκκα	Αμμώδη (Ελαφρά Εδάφη)
2.	Πηλοαμμώδης (Loamy Sand)	LS		
3.	Αμμοπηλώδης (Sandy Loam)	SL	Μετρίως Χονδρόκοκκα	Πηλώδη (Μέσης Σύστασης)
4.	Πηλώδης (Loam)	L	Μέσα ή Μέσης Σύστασης	
5.	Ιλοσηλώδης (Silty Loam)	SiL		
6.	Ιλυώδης (Silt)	Si		
7.	Αμμοαργιλοπηλώδης (Sandy Clay Loam)	SCL	Μετρίως Λεπτόκοκκα	
8.	Αργιλοπηλώδης (Clay Loam)	CL		
9.	Ιλοαργιλοπηλώδης (Silty Clay Loam)	SiCL		
10.	Αμμοαργιλώδης (Sandy Clay)	SC	Λεπτόκοκκα	Αργιλώδη (Βαριά Εδάφη)
11.	Ιλοαργιλώδης (Silty Clay)	SiC		
12.	Αργιλώδης (Clay)	C		

Τρίγωνο κλάσεων κοκκομετρικής σύστασης εδάφους

- Άμμος: 72%
- Ιλύς: 16%
- Άργιλος: 12%

Αμμοπηλώδες έδαφος





Εδαφοβελτιωτικά και αδρανή υλικά

- Βελτίωση φυσικών και χημικών ιδιοτήτων υποστρωμάτων
- Περιβαλλοντικό αποτύπωμα
- Προέλευση υλικών
- Κόστος υλικών

Περλίτης

Λάβα

Τόφφοι

Ελαφρόπετρα

Διογκωμένη
άργιλος

Ζεόλιθος





pH

- Βασική χημική εδαφική ιδιότητα
- Επηρεάζει το σύνολο των φυσικοχημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του εδάφους
- Το pH του εδάφους ελέγχει και καθορίζει:
 1. Τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά
 2. Τη μικροβιακή δραστηριότητα
 3. Τις διεργασίες σχηματισμού και εξέλιξης των εδαφών
 4. Τη συμπεριφορά πολλών ρυπαντών (βαριά μέταλλα και ραδιονουκλίδια)
 5. Το είδος της βλάστησης σε μια περιοχή
 6. Τον τύπο και τον τρόπο εφαρμογής των λιπασμάτων





Χαρακτηρισμός των εδαφών βάσει της οξύτητας

<i>pH</i>	<i>Χαρακτηρισμός</i>	<i>pH</i>	<i>Χαρακτηρισμός</i>
< 4,5	Υπερβολικά όξινο	6,6 – 7,3	Ουδέτερο
4,6 – 5,0	Πολύ ισχυρά όξινο	7,4 – 7,8	Ελαφρά αλκαλικό
5,1 – 5,5	Ισχυρά όξινο	7,9 – 8,4	Μέτρια αλκαλικό
5,6 – 6,0	Μέτρια όξινο	8,5 – 9,0	Ισχυρά αλκαλικό
6,1 – 6,5	Ελαφρά όξινο	> 9,0	Πολύ ισχυρά αλκαλικό

- pH 6,0 - 7,5 → ευνοϊκό για τις συνθήκες θρέψης των περισσότερων καλλιεργούμενων ειδών





Μπορώ να αλλάξω τις βασικές ιδιότητες των εδαφών;

- Ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους: Το έδαφος πάντα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση μετά από μία επέμβαση.





Γονιμότητα εδάφους

- Γονιμότητα → Η ικανότητα του εδάφους να παρέχει θρεπτικά στοιχεία στα φυτά.
- Δεκαέξι στοιχεία θεωρούνται απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών:

- Άνθρακας (C)
- Υδρογόνο (H)
- Οξυγόνο (O)
- Άζωτο (N)
- Φώσφορος (P)
- Κάλιο (K)
- Ασβέστιο (Ca)
- Μαγνήσιο (Mg)

- Θείο (S)
- Χλώριο (Cl)
- Σίδηρος (Fe)
- Βόριο (B)
- Μαγγάνιο (Mn)
- Ψευδάργυρος (Zn)
- Χαλκός (Cu)
- Μολυβδαίνιο (Mo)



Νόμος του Liebig ή Νόμος του Ελαχίστου

- Η ανάπτυξη ενός φυτού περιορίζεται από το θρεπτικό στοιχείο που βρίσκεται σε χαμηλότερη αναλογία σε σχέση με τις ανάγκες του φυτού, ακόμη κι αν όλα τα υπόλοιπα στοιχεία είναι σε επάρκεια
- Η ανάπτυξη «καθηλώνεται» από το στοιχείο που είναι σε έλλειψη → Περιοριστικός παράγοντας





Θρεπτικά συστατικά

- Άνθρακας (C) – Υδρογόνο (H) – Οξυγόνο (O)
 - Τα προσλαμβάνουν τα φυτά από το CO_2 της ατμόσφαιρας και το H_2O .
- Τα υπόλοιπα 13 απαραίτητα θρεπτικά προσλαμβάνουν τα φυτά από το έδαφος
- Κύρια πηγή Αζώτου (N): Έδαφος. Επίσης, προσλαμβάνεται και από την ατμόσφαιρα.





Μακροθρεπτικά – Μικροθρεπτικά στοιχεία

- Μακροθρεπτικά: Άζωτο (N), Φώσφορος (P), Κάλιο (K), Ασβέστιο (Ca), Μαγνήσιο (Mg), Θείο (S)
- Μικροθρεπτικά (ιχνοστοιχεία): Χλώριο (Cl), Σίδηρος (Fe), Βόριο (B), Μαγγάνιο (Mn), Ψευδάργυρος (Zn), Χαλκός (Cu), Μολυβδαίνιο (Mo)





Απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών από τις καλλιέργειες

Καλλιέργεια	Απόδοση	Άζωτο (N)	Φώσφορος (P ₂ O ₅)	Κάλιο (K ₂ O)	Ασβέστιο (Ca)	Μαγνήσιο (Mg)	Θείο (S)	Χαλκός (Cu)	Μαγγάνιο (Mn)	Ψευδάργυρος (Zn)
		kg/στρ.								
Αραβόσιτος (καρπός)	3.810 kg/στρ.	12,3	5,04	3,70	0,45	0,90	0,79	0,002	0,003	0,016
Αραβόσιτος (υπόλοιπο καλλιέργειας)	4,5 τόνοι	5,6	1,23	8,63	1,34	1,01	0,56	0,004	0,127	0,026
Σύνολο		17,9	6,27	12,33	1,79	1,91	1,35	0,006	0,130	0,042





Ε.Ε.: Από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο οικονομίας

- Γραμμικό μοντέλο οικονομίας: «παίρνω – φτιάχνω – καταναλώνω – απορρίπτω»
- Η αξία υλικών, προϊόντων και πόρων θα παραμένει στην οικονομία όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
- Περιορισμένη παραγωγή αποβλήτων
- Σκοπός:
 - Βιώσιμη, ανταγωνιστική και αποδοτική οικονομία
 - Ορθή αξιοποίηση φυσικών πόρων
 - Μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα
 - Τα κράτη – μέλη θα έχουν νέα, αειφόρα και ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα





Λιπάσματα και κυκλική οικονομία

- Το 2016, στο πλαίσιο ανάπτυξης δέσμης μέτρων για την κυκλική οικονομία των κρατών – μελών της Ε.Ε. (Κανονισμός (ΕΚ), 0084/2016), προτάθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η θέσπιση κανόνων σχετικά με τη διάθεση στην αγορά προϊόντων λίπανσης με σήμανση CE και τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 και (ΕΚ) αριθ. 1107/2009.
- Πολύ σημαντικό πρόβλημα της αγοράς: εισαγωγή πετρωμάτων για φωσφορικά λιπάσματα
- Φωσφορίτης: κρίσιμη πρώτη ύλη (περιορισμένος φυσικός πόρος)
- Βαρέα μέταλλα και κυρίως Cd





Οργανική ουσία

- Η οργανική ουσία περιλαμβάνει
 - Φυτικά υπολείμματα
 - Ζωικά υπολείμματα
 - Ζωντανούς μικροοργανισμούς του εδάφους
 - Ενώσεις οι οποίες είναι αποτέλεσμα συνθετικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών του εδάφους
- Η οργανική ουσία του εδάφους είναι μία πλούσια πηγή θρεπτικών
- Η παρουσία της επηρεάζει:
 - Την απορρόφηση και τη συγκράτηση υγρασίας
 - Τη δυνατότητα συγκράτησης και διάθεσης πολλών θρεπτικών συστατικών του εδάφους
 - Την δημιουργία και διατήρηση καλής δομής στο έδαφος.
- Η ύπαρξη οργανικής ουσίας προσδίδει στο έδαφος σκούρο χρώμα → επηρεάζει την θερμοκρασία του.





Τυρφώνες

- Χώρες της Βαλτικής θάλασσας: Λιθουανία, Λετονία, Εσθονία
- Χερσαίοι υδροβιότοποι όπου οι συνθήκες κορεσμού με νερό εμποδίζουν την πλήρη αποσύνθεση του φυτικού υλικού
- Ο ρυθμός παραγωγής οργανικής ουσίας υπερτερεί από τον ρυθμό αποσύνθεσής της → τύρφη
- Ψυχρά οικοσυστήματα → Sphagnum mosses, πόες, θάμνοι
- Σημαντικά οικοσυστήματα





Τυρφώνες – Άνθρακας

- Η μεγαλύτερη φυσική αποθήκη άνθρακα στη στεριά
- Καλύπτουν έκταση 3 εκατομμύρια km², απορροφούν 0,37 Gt CO₂ κάθε έτος
- Τα τυρφώδη εδάφη αποθηκεύουν >600 Gt C, περισσότερο από ότι ο C που αποθηκεύεται από κάθε τύπο βλάστησης, συμπεριλαμβανομένων και των δασών
- Αποθηκεύεται 165 kg C/m²
- Εξόρυξη → ο αποθηκευμένος άνθρακας απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα → συμβάλλοντας σημαντικά στην κλιματική αλλαγή και την απώλεια βιοποικιλότητας



Τυρφώνες – Άνθρακας

- ΕΕ: προωθεί τη μείωση και τη σταδιακή κατάργηση της χρήσης τύρφης
- Πράσινη Συμφωνία: στοχεύει στη διατήρηση και αποκατάσταση των φυσικών οικοσυστημάτων (συμπεριλαμβανομένων των τυρφώνων)
- Η στρατηγική προτείνει την αποκατάσταση τουλάχιστον του 25% της υποβαθμισμένης γης στην Ευρώπη έως το 2030
- Η αποκατάσταση των τυρφώνων θα συμβάλει στην αποθήκευση CO₂ και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας





Κοπριά



Σωρός κοπριάς / Ανάπτυξη ζιζανίων





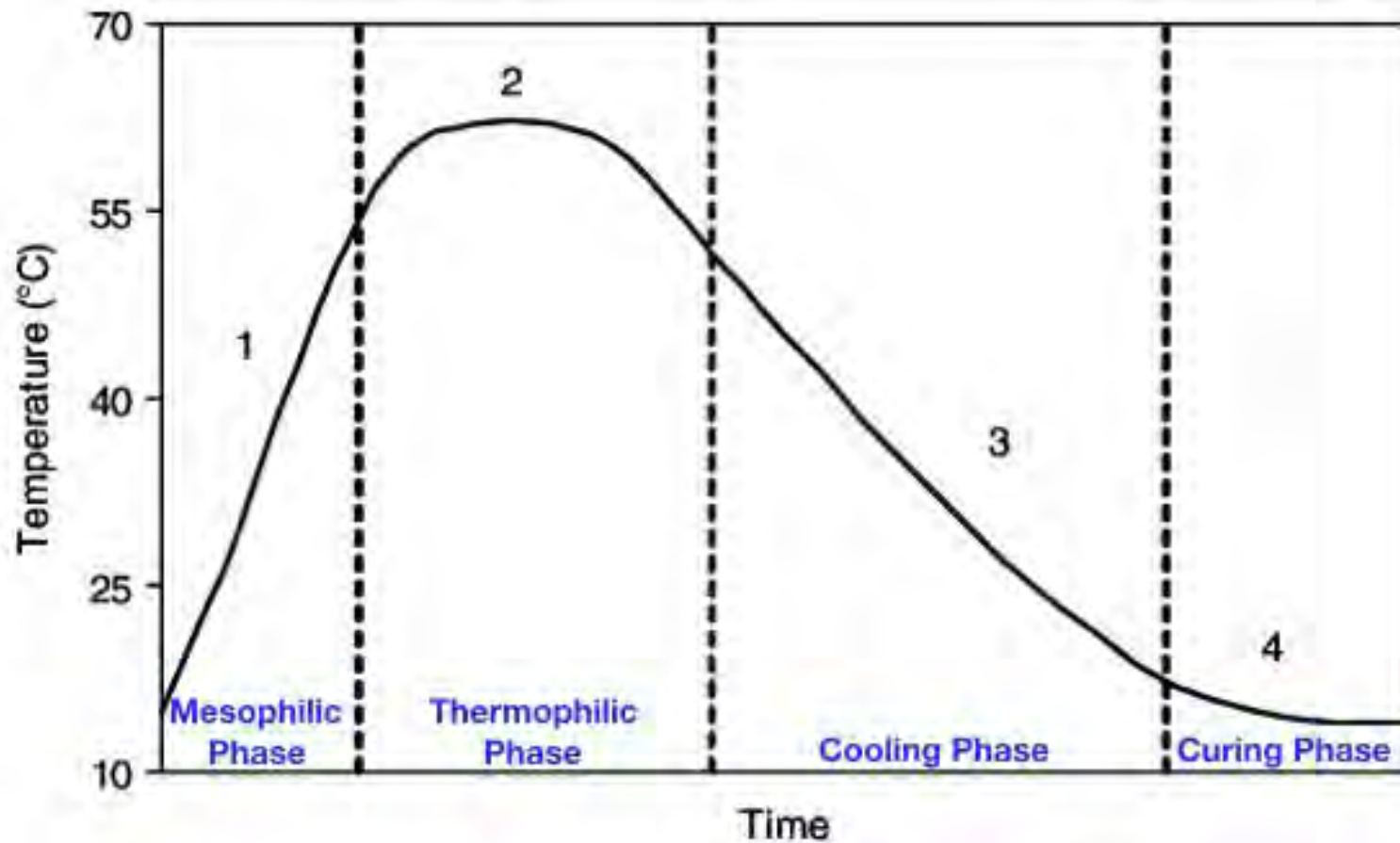
Κομποστοποίηση





Διάγραμμα θερμοκρασιών

Θερμόφιλη βιοαποικοδόμηση οργανικών υλικών





Κομποστοποίηση – Πρώιμοι πολιτισμοί – Αναγέννηση

- 6.000 π.Χ.: Σουμέριοι
- Πρώιμοι πολιτισμοί Νότιας Αμερικής, Ινδίας, Κίνας, Ιαπωνίας:
- 1800-1200 π.Χ.: Ελληνικές πόλεις
- Ρωμαϊκή περίοδος
- Αναγέννηση





Κομποστοποίηση – Τάγμα Ναϊτών Ιπποτών (13^{ος} αιώνας)

- Ισπανία και Νότια Γαλλία
- Ενασχόληση με γεωργία
- Περιγραφή πρώτων υλών
- Αναλογία φυτικών πρώτων υλών και κοπριάς
- Ποσότητες υγρασίας
- Διαστάσεις σειραδίων
- Τρόποι μείωσης της απώλειας νερού
- Ποσότητες παραγόμενου κομπόστ στις καλλιέργειες
- Περίοδο εφαρμογής σε κηπευτικά και οπωροφόρα δέντρα
- Κατανόηση γεωπονίας και γονιμότητας εδαφών





Κομποστοποίηση – 20^{ος} αιώνας

- Ινδία, 1933: Μέθοδος της «Ιντόρ»: Οργανικά υλικά σε στρώσεις, 2 αναστροφές, επαναχρησιμοποίηση υγρών
- Ινδία, Μέθοδος της «Μπανγκαλόρ»: Περισσότερες αναστροφές, επιτάχυνση των διαδικασιών
- Κίνα, Η.Π.Α., Ιταλία, Γαλλία, Ιαπωνία, χώρες της Ε.Ο.Κ.





Ιδιότητες κομπόστ

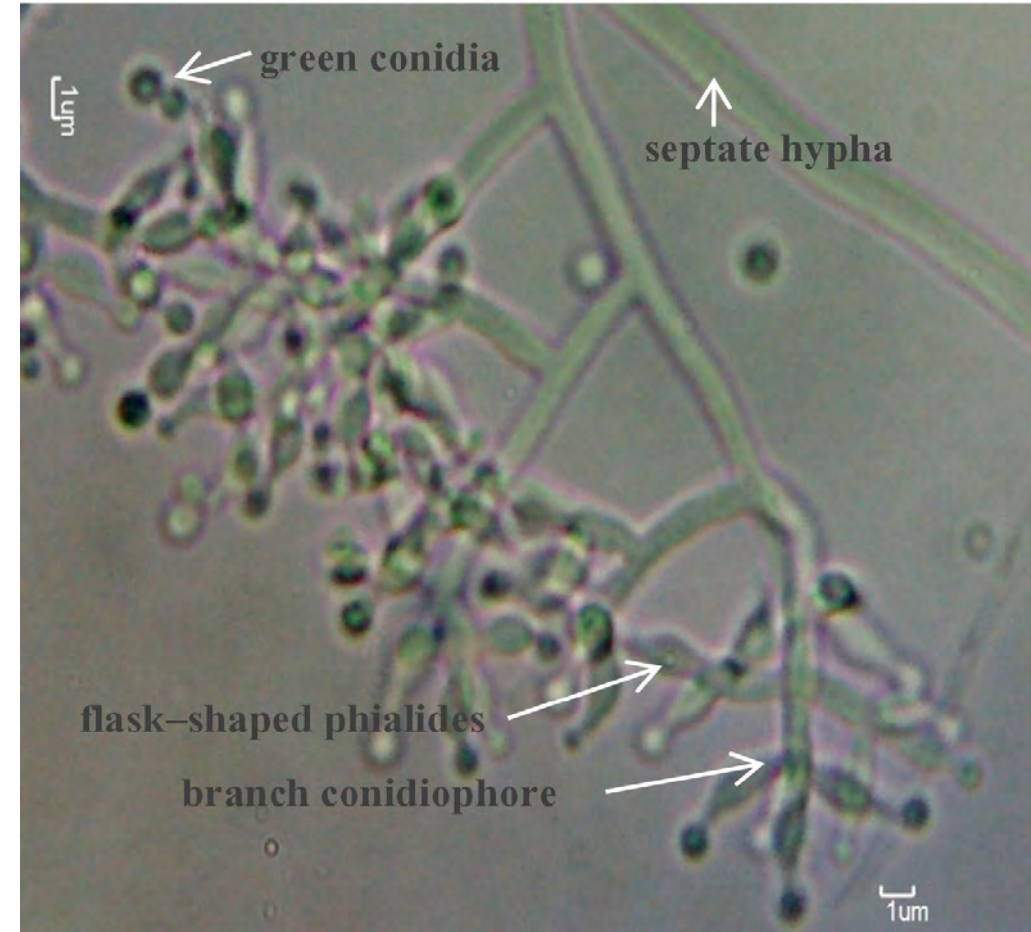
- Σταθερό υλικό
- Υψηλή συγκέντρωση οργανικής ουσίας
- Μεγάλα ποσά υγρασίας
- Μεγάλη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά
- Καλή δομή
- Απαλλαγμένο από παθογόνα και σπόρους ζιζανίων
- Αποθήκευση μεγάλων ποσοστών άνθρακα στα εδάφη κατά την εφαρμογή του
- Ιδανικό για τη βιολογική γεωργία (EU 889/2008)





Μικροχλωρίδα

- Trichoderma χρησιμοποιούνται ως βιολογικός παράγοντας ελέγχου.
- Τα Trichoderma λειτουργούν ευεργετικά και στην ανάπτυξη των φυτών, προστατεύοντας το ριζικό τους σύστημα.
- Siddiquee et al., 2017, Bohacz et al., 2020, Wan et al., 2020, He et al., 2022





Κομπόστ

- Το κομπόστ και τα παράγωγά του είναι η ιδανική περίπτωση προσθήκης οργανικής ουσίας στα εδάφη – Λύση βασισμένη στη φύση
- Αντικατάσταση τύρφης και κοπριάς.





ΜΠΕΝΑΚΕΙΟ
ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

«Το έδαφος ως ζωντανό σύστημα: δομή, οργανική ουσία και λύσεις βασισμένες στη φύση»

Επιμορφωτικό σεμινάριο εκπαιδευτικών κλάδου ΠΕ 88

Σταμάτης Καβασίλης, Γεωπόνος – Εδαφολόγος

Εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Εδαφικών Πόρων και Γεωπληροφορικής

Ευχαριστώ!

Πέμπτη, 19-02-2026

