

Βιοποικιλότητα Εδάφους & Διαχείρισή της



Ειρήνη Κατσαλήρου
Γεωπόνος – Εδαφολόγος
eirini.katsalirou@gmail.com

Μέρος 1^ο

Βιοποικιλότητα στο εδαφικό οικοσύστημα

Διάρθρωση

Μέρος I

- ▣ Ορισμοί
- ▣ Σύσταση βιοκοινότητας εδάφους
- ▣ Διεργασίες

Μέρος II

- ▣ Διαχείριση βιοποικιλότητας
- ▣ Μέτρα διατήρησης
- ▣ Οικονομική & Κοινωνική διάσταση

Βιοποικιλότητα

- Νοείται η ποικιλία των ζώντων οργανισμών πάσης προελεύσεως περιλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, χερσαίων, θαλασσίων και άλλων υδατικών οικοσυστημάτων και οικολογικών συμπλεγμάτων, των οποίων αποτελούν μέρος
- Περιλαμβάνει, επίσης, την ποικιλότητα εντός των ειδών, μεταξύ ειδών και οικοσυστημάτων

(Άρθρο 2 «Ορισμοί» της Σύμβασης για τη Βιολογική Ποικιλότητα,
<http://www.biodiversity-info.gr/index.php/el/what-is-biodiversity>).

Βιοποικιλότητα

Διακρίνεται σε:

- **Γενετική ποικιλότητα:** Εκφράζει το εύρος των κληρονομικών καταβολών ενός συγκεκριμένου είδους

Πληθυσμός>Άτομο>Χρωμοσώματα>Γονίδια>Νουκλεοτίδια

- **Ποικιλότητα οργανισμών:** Εκφράζει τον αριθμό (πλήθος) των ειδών (φυτών, ζώων, μυκήτων κ.λπ.) που απαντούν σε μία συγκεκριμένη περιοχή ή σε ένα οικοσύστημα

Βασίλειο>Φύλο>Οικογένεια>Γένος>Είδος>Υποείδος>Πληθυσμός>Άτομο)

- **Οικολογική ποικιλότητα:** Εκφράζει τον αριθμό (πλήθος) των οικοσυστημάτων που απαντούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή

Μεγακοινότητα>Τοπίο>Οικοσύστημα>Ενδιαίτημα>Οικοθέση>Πληθυσμός

Οικοσύστημα

- Ένα οικοσύστημα συνιστά ένα δυναμικό σύμπλεγμα κοινοτήτων φυτών, ζώων και μικροοργανισμών, καθώς και στοιχείων του αβιοτικού περιβάλλοντός τους τα οποία αλληλεπιδρούν ως μια λειτουργική μονάδα.
- Ένα οικοσύστημα διαθέτει τέσσερα βασικά γνωρίσματα:
 - βιοτικά (έμβια) συστατικά
 - αβιοτικά συστατικά (π.χ. νερό, κλίμα)
 - αλληλεπιδράσεις εντός και μεταξύ των ανωτέρω δύο συστατικών του μέσω ρών ενέργειας
 - φυσικό χώρο στον οποίο υπάρχει και λειτουργεί
- Επιπλέον, αναγνωρίζοντας τα οφέλη που παρέχονται από τον φυσικό κόσμο στον άνθρωπο, περικλείει και την έννοια των «υπηρεσιών» του οικοσυστήματος.

Βιοποικιλότητα

- Η γεωργία χρησιμοποιεί έναν πολύ σημαντικό φυσικό πόρο, τον οποίο και πρέπει να διαχειρίζεται με αειφορικό τρόπο. Ωστόσο ακόμα δεν τον γνωρίζουμε πλήρως. Πρόκειται για

Το οικοσύστημα του εδάφους

- Η βιοποικιλότητα είναι ένας σχετικά γνώριμος όρος, ο οποίος συνήθως αναφέρεται στα φυτά και τα ζώα.
 - Η βιοποικιλότητα των εδαφών είναι επίσης τέτοιος όρος;

Το εδαφικό οικοσύστημα

- Το έδαφος είναι ένα από τα πιο σύνθετα οικοσυστήματα της φύσης και ένα από τα πιο ποικίλα οικοσυστήματα στη γη
- Περιέχει μυριάδες διαφορετικούς οργανισμούς, οι οποίοι αλληλεπιδρούν και συμβάλλουν στους παγκόσμιους κύκλους που καθιστούν δυνατή όλη τη ζωή
- Πουθενά στη φύση τα είδη δεν είναι τόσο πυκνά «συσκευασμένα» όπως στις κοινότητες του εδάφους
- Το 80% των χερσαίων ειδών περνούν μέρος ή ολόκληρο το βιολογικό τους κύκλο στο έδαφος
- Ωστόσο, αυτή η βιοποικιλότητα είναι ελάχιστα γνωστή καθώς είναι υπόγεια και σε μεγάλο βαθμό αόρατη στο ανθρώπινο μάτι.

Βιοποικιλότητα

- Η βιοποικιλότητα των εδαφών είναι απαραίτητη για την «υγεία» και τη γονιμότητά τους
- Η υγεία του εδάφους αντικατοπτρίζεται μέσα από την ζωή που φιλοξενεί
- Τα υγιή εδάφη υποστηρίζουν πολυάριθμους και ποικίλους οργανισμούς συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που θεωρούνται επιζήμιοι για τις καλλιέργειες
- Υγείη και γόνιμα εδάφη ⇒ Υψηλές και ποιοτικές αποδόσεις + αειφόρο διαχείριση των πόρων

Βιοποικιλότητα εδάφους

- Το έδαφος είναι η βάση των χερσαίων οικοσυστημάτων και
- Αποτελεί οικοθέση για όλους τους οργανισμούς που φιλοξενεί
 - Τα εδάφη φιλοξενούν το 25% της βιοποικιλότητας του πλανήτη
 - Οι μυριάδες οργανισμοί που ζουν στο έδαφος αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και συμβάλλουν στους κύκλους των θρεπτικών καθιστώντας δυνατή την ζωή

Βιοποικιλότητα εδάφους

Η βιοποικιλότητα του εδάφους αντικατοπτρίζει την ποικιλομορφία μεταξύ των ζωντανών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι.

- Μικροοργανισμοί (π.χ. βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, νηματώδεις)
- Μεσο-πανίδα (π.χ. ακάρεα, αραχνίδια)
- Μακρο-πανίδα (π.χ. γαιοσκώληκες, τερμίτες, μικρά θηλαστικά, πουλιά, ερπετά)
- Οι ρίζες των φυτών μπορούν επίσης να θεωρηθούν οργανισμοί του εδάφους λόγω των συμβιωτικών τους σχέσεων και των αλληλεπιδράσεων με άλλα συστατικά του εδάφους

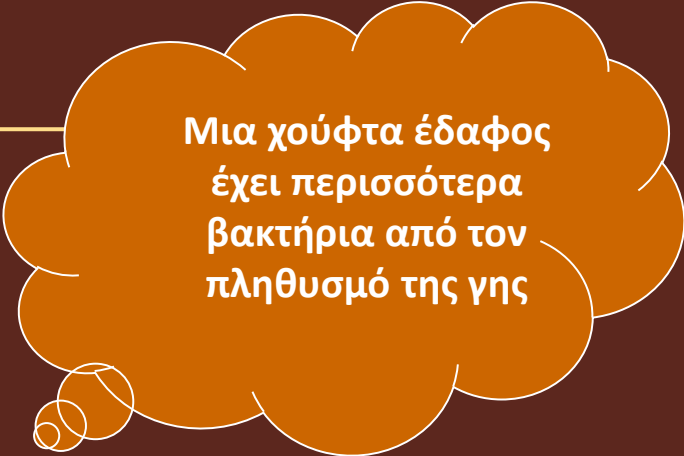
Οι οργανισμοί του εδάφους

Ένα υγιές έδαφος μπορεί να περιέχει:

- Θηλαστικά
- Γεωσκώληκες
- Νηματώδεις
- 20-30 είδη ακάρεων
- 50-100 είδη εντόμων
- Εκατοντάδες είδη μυκήτων
- Χιλιάδες είδη βακτηρίων και ακτινομυκήτων
- > 1000 είδη ασπόνδυλων μπορεί να βρεθούν σε 1 m² δασικού εδάφους

σε αριθμούς...

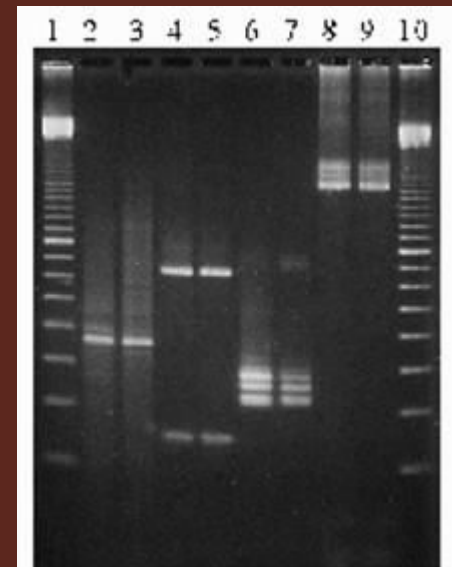
- Πληθυσμός πλανήτη 7,2 δις
- Πληθυσμός βακτηρίων σε 1 g εδάφους >1 δις
- Ποικιλότητα βακτηρίων 10^4 είδη/g εδάφους
- ΜΟΝΟ το 5% έχει περιγραφεί και μόνο το 3% μπορεί να καλλιεργηθεί (απομονωθεί στο εργαστήριο)



Μια χούφτα έδαφος
έχει περισσότερα
βακτήρια από τον
πληθυσμό της γης

Μελέτη της εδαφικής βιοκοινότητας

- Απομόνωση από το έδαφος για μελέτη με καλλιεργητικές τεχνικές όταν πρόκειται για είδη
- Μελέτη συνολικά της μικροβιακής κοινότητας πραγματοποιείται με μη καλλιεργητικές τεχνικές (απομόνωση και μελέτη DNA, RNA, φωσφολιπιδίων, δραστηριότητας ενζύμων κλπ.)



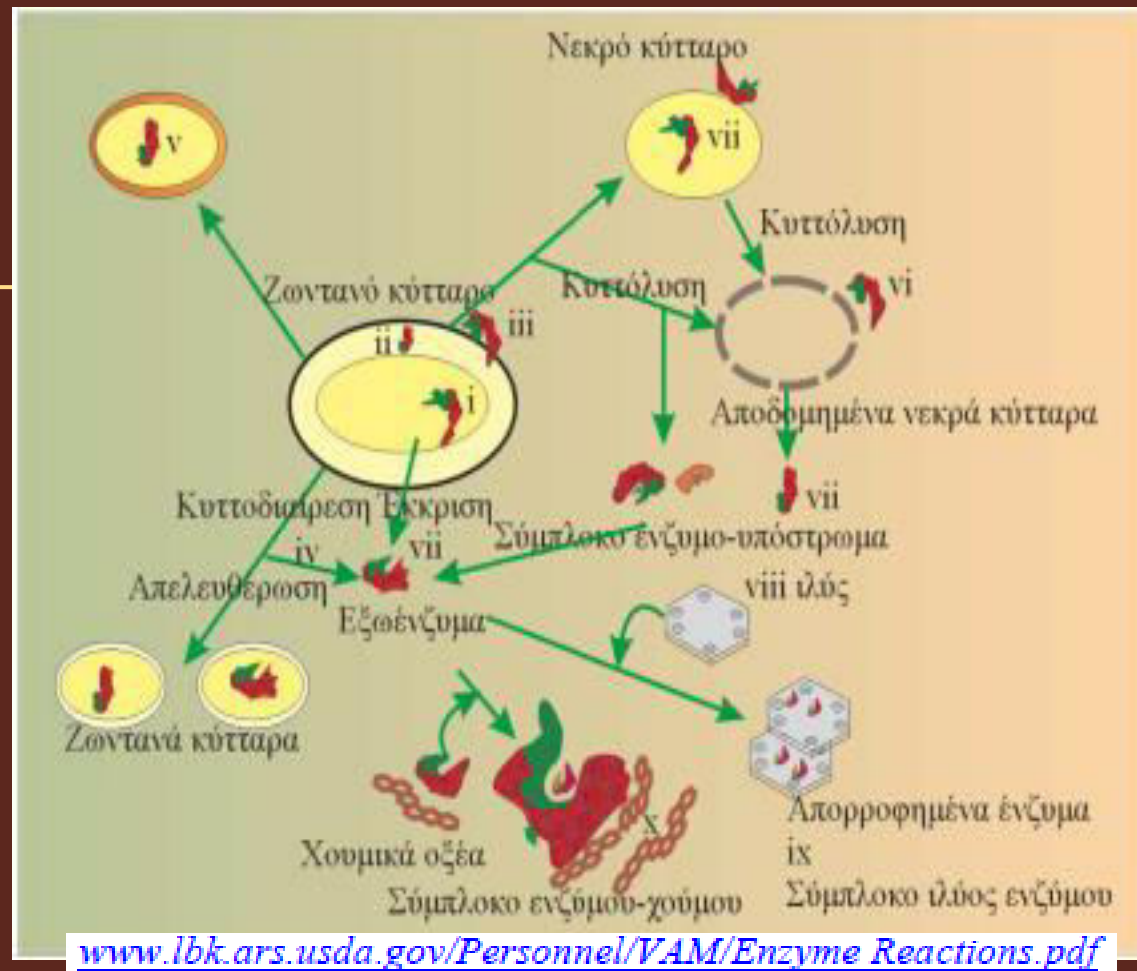
Ένζυμα: Έμμεσοι δείκτες βιοποικιλότητας

Ενώ τα μικρόβια επιτελούν σημαντικές λειτουργίες για το οικοσύστημα του εδάφους, τα ένζυμα που παράγουν υποδεικνύουν κυρίως την ποικίλη βιοχημική τους δραστηριότητα:

- Η ολική δραστικότητα μικροοργανισμών μπορεί να εκτιμηθεί με μέτρηση της δραστικότητας του ενζύμου αφυδρογονάση που συνδέεται με τα ζωντανά κύτταρα
- Κύριες διεργασίες στις οποίες συμμετέχουν οι μικροοργανισμοί υποδεικνύονται από το μέγεθος της δραστηριότητας συγκεκριμένων ενζύμων στο έδαφος
 - ▣ Οι **πρωτεάσες** διασπούν πρωτεϊνικές ενώσεις, που αποτελούν μεγαλύτερο μέρος του οργανικού N είναι πρωτεΐνη – κύκλος – διαθεσιμότητα N.
 - ▣ Οι **φωσφατάσες** διασπούν οργανικές ενώσεις φωσφόρου και έτσι παρέχουν μια σύνδεση μεταξύ του φυτού, μικροβιακής κοινότητας και αποθέματος οργανικού φωσφόρου στο έδαφος – κύκλος P, κλπ.

Ένζυμα

- Η δραστηριότητα των ενζύμων στα οργανικά εδάφη είναι σημαντικά υψηλότερη από ό,τι στα συμβατικά εδάφη.
- Οι δραστηριότητες μικροβιακής βιομάζας και ενζύμων σχετίζονται στενά με την οξύτητα του εδάφους και την περιεκτικότητα σε οργανικά υλικά στο έδαφος



Ένζυμα = καταλύτες για την έναρξη των βιοχημικών διεργασιών ανακύκλωσης των οργανικών υπολλειμμάτων

- δεσμευμένα στα νεκρά κύτταρα και την οργανική ύλη
- σχηματίζουν σύμπλοκα με το χούμο (χουμικά οξέα)
- ένζυμα προσροφημένα στα εδαφικά κολλοειδή,
- απελευθερώνονται από τα ζωντανά κύτταρα

Μελέτη της εδαφικής βιοκοινότητας

- ❑ Οι κοινότητες των εδαφών είναι τόσο διαφορετικές
- ❑ Είναι δύσκολο να βρούμε μια μέθοδο για να περιγράψουμε όλα όσα βρίσκουμε σε αυτά.

Για τους μεγαλύτερους οργανισμούς:

- ❑ Σε ένα πολύ βασικό επίπεδο, το μέγεθος μπορεί να είναι μια χρήσιμη μέτρηση
- ❑ Περισσότερες πληροφορίες μπορούν να αποκτηθούν συγκρίνοντας τη μορφολογία με τα τυπικά είδη.

Μελέτη της εδαφικής βιοκοινότητας

- Αυτό μπορεί να ξεκινήσει από ένα αρχικό επίπεδο για να περιγράψει τις οικογένειες και αργότερα να περιγράψει τα γένη και τελικά τα είδη καθώς αποκτώνται περισσότερες πληροφορίες.
- Αυτό το επίπεδο πληροφόρησης απαιτεί μεγάλες εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις και εξοικείωση με τους οργανισμούς.
- Πολλές από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται δεν μεταβιβάζονται σε άλλες ομάδες (π.χ. η περιγραφή των μικροβιακών ειδών βασίζεται κυρίως σε βιοχημικές και φυσιολογικές πληροφορίες και δευτερευόντως σε ανατομικά ή μορφολογικά χαρακτηριστικά.

Πόσα είδη υπάρχουν στο έδαφος;

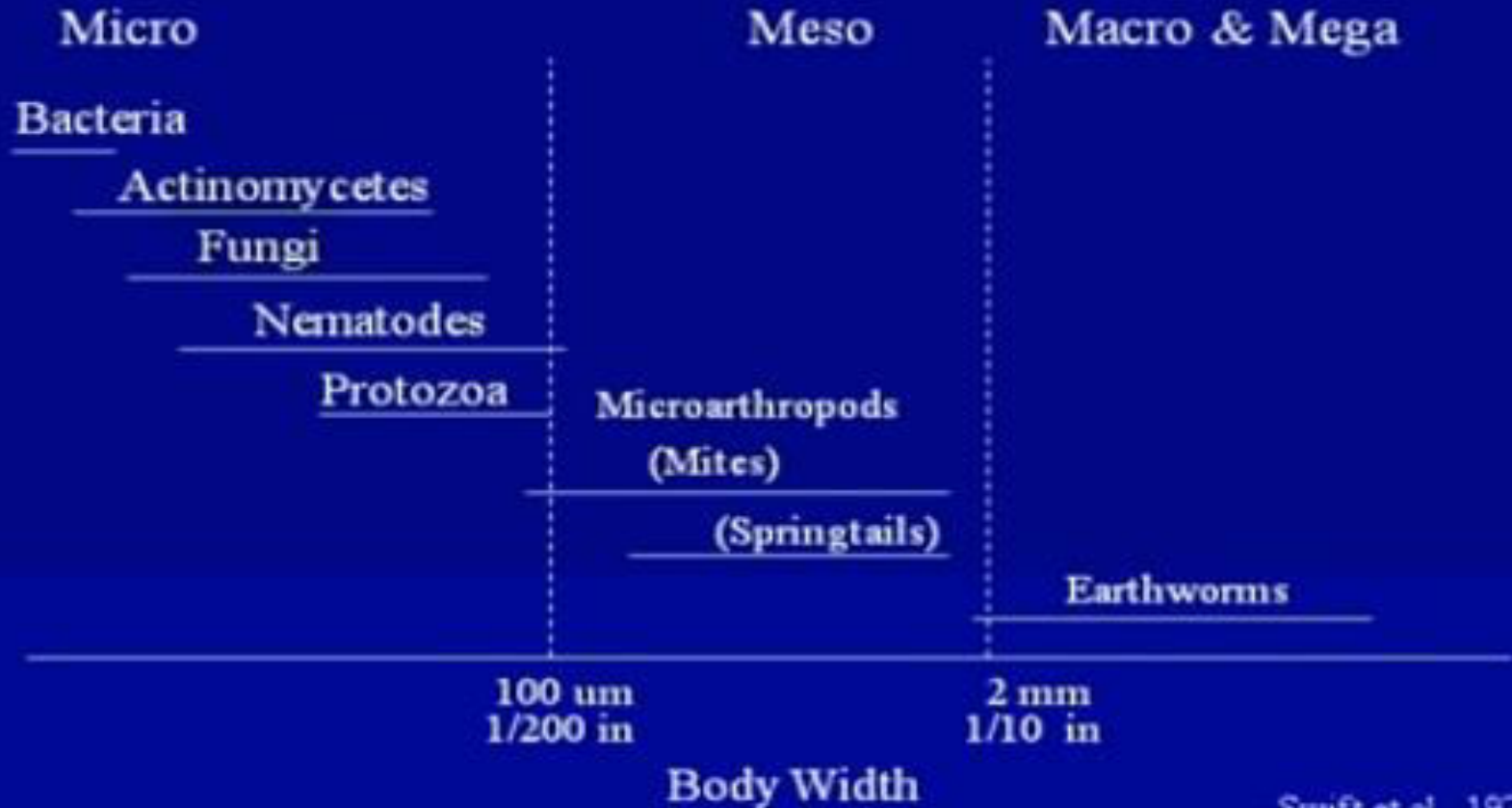


(Spiegelman et al., 2005)

Οι εκτιμήσεις αυτές είναι ακόμη προκαταρκτικές και πολύ χαμηλότερες από τον εκτιμώμενο συνολικό αριθμό ειδών κάθε ομάδας.

Size Class Organism	Number of Species
<u>Microorganisms</u>	
Virus	100 million
Bacteria	3,200
Archaea	?
Fungi ca.	35,000
Protozoa	30,000
<u>Microfauna</u>	
Nematodes	28,000
Mites (Acari)	48,200
Collembola (Springtails)	6,500?
Diplura	800
Symphyla ("garden centipedes")	200
Pauropoda	500
Enchytraeids	>600
<u>Macrofauna</u>	
Root herbivorous insects	ca. 40,000
Millipedes (Diplopoda)	10,000
Isopods	2,500
Termites (Isoptera)	2,600
Ants (Formicidae)	8,800
Earthworms (Oligochaeta)	3,627

Size Classification (by body width)

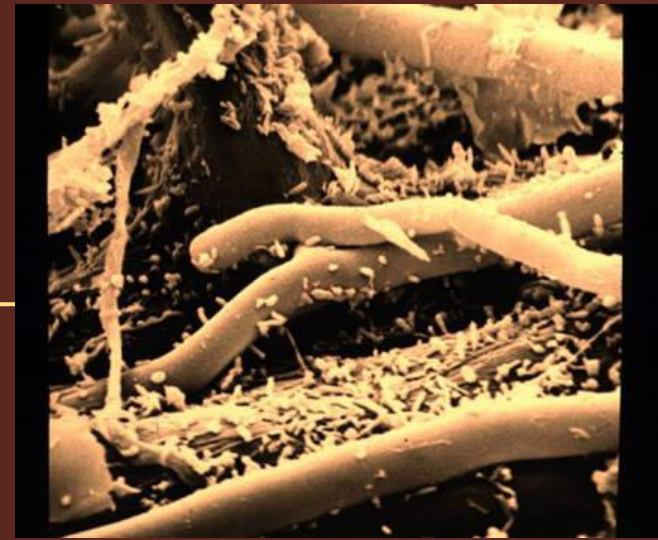


- Swift et al., 1979

Στο εδαφικό οικοσύστημα το μέγεθος και οι αριθμοί των οργανισμών είναι σημαντικοί. Οι μικρότεροι σε μέγεθος οργανισμοί είναι πολυπληθέστεροι ώστε να καταφέρνουν να επιβιώνουν καθώς βρίσκονται στα κατώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας.

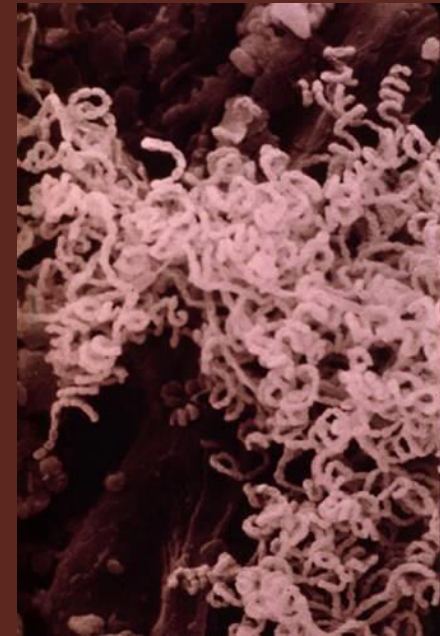
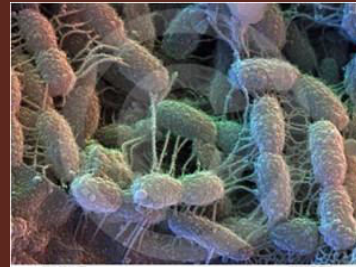
Βακτήρια

- Περισσότερα από 10^9 - 10^{11} / g εδάφους
- 6000 - 50,000 είδη (Curtis et al., 2002)
- ~30% της μικροβιακής βιομάζας του εδάφους
- Βρίσκονται συνδεδεμένα στα εδαφικά τεμαχίδια ή στα υμένια υγρασίας που περιβάλλουν τα εδαφικά τεμαχίδια
- Τρέφονται με εύκολα αποικοδομήσιμα οργανικά υλικά (labile organic matter) και συμβάλλουν στη δημιουργία χούμου
- Ανακυκλώνουν θρεπτικά συστατικά και συμβάλλουν στην διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους
- Αποικοδομούν αγροχημικά (π.χ. φυτοφάρμακα)
- Αποθηκεύουν και ανακυκλώνουν N (μη συμβιωτικά και συμβιωτικά συστήματα υπολογίζεται ότι δεσμεύουν ~100-175 εκ. τόννους N)



Βακτήρια

- Επικρατούν τα Gram(+) βακτήρια
 - Κορυνοειδή, *Arthrobacter spp.*,
 - *Bacillus spp.*, *Micrococcus spp.*: ~70%
- Μεταξύ των Gram(-)
 - *Pseudomonas spp.*, *Flavobacterium spp.*, *Alcaligenes spp.*
- Αναερόβια βακτήρια:
 - *Clostridium spp.*
- Ειδικές κατηγορίες
 - Ακτινομύκητες (*Streptomyces spp.*)
 - Αζωτοδεσμευτικά, νιτροποιά, θειο-οξειδωτικά
 - Κυανοβακτήρια
 - οι πρώτοι αποικιστές σε αλκαλικές συνθήκες



Μύκητες



- Ως και 3.000 είδη στα καλλιεργούμενα εδάφη
- Ανέχονται πιο όξινα και πιο ξηρά εδάφη σε σχέση με τα βακτήρια
- Ακακυκλώνουν και πιο δύσκολα υλικά (π.χ. λινγίνη, κυτταρίνη)
- Δύο κύριοι τύποι:
 - Σαπροφυτικοί- τρέφονται με σχετικά δύσκολα αποσυντιθέμενα οργανικά υλικά (ξύλο)
 - Μυκορριζες – ανταλλάσσουν θρεπτικά για να πάρουν C από τα φυτά (ενδομυκορριζες)
- Ανακυκλώνουν θρεπτικά, αποθηκεύουν C & συμβάλλουν στη διατήρηση της γονιμότητας
- Συμβάλλουν στη δημιουργία και τη σταθερότητα της δομής του εδάφους (συσσωματώματα)
- **Ευαίσθητοι σε:** κατεργασία του εδάφους (δίκτυο υφών όργανο, φρεζάρισμα, κλπ.), μονοκαλλιέργεια, χέρσο έδαφος χωρίς βλάστηση, προσθήκη θρεπτικών στην αρχή της καλλιέργειας



Μυκόρριζες

- Είναι η συμβίωση μεταξύ ρίζας ενός φυτικού οργανισμού και ενός μη παθογόνου μύκητα
 - Χρονολογείται εδώ και 450 εκ. χρόνια
- Ο μύκητας αποικίζει το ριζικό σύστημα των φυτικών οργανισμών και παρέχει στο φυτό:
 - Νερό
 - Θρεπτικά στοιχεία
- Το φυτό παρέχει στον μύκητα ενώσεις άνθρακα
 - Υδατάνθρακες
- Περισσότερα από το 90% των φυτών στα χερσαία οικοσυστήματα αποικίζονται με μυκόρριζες

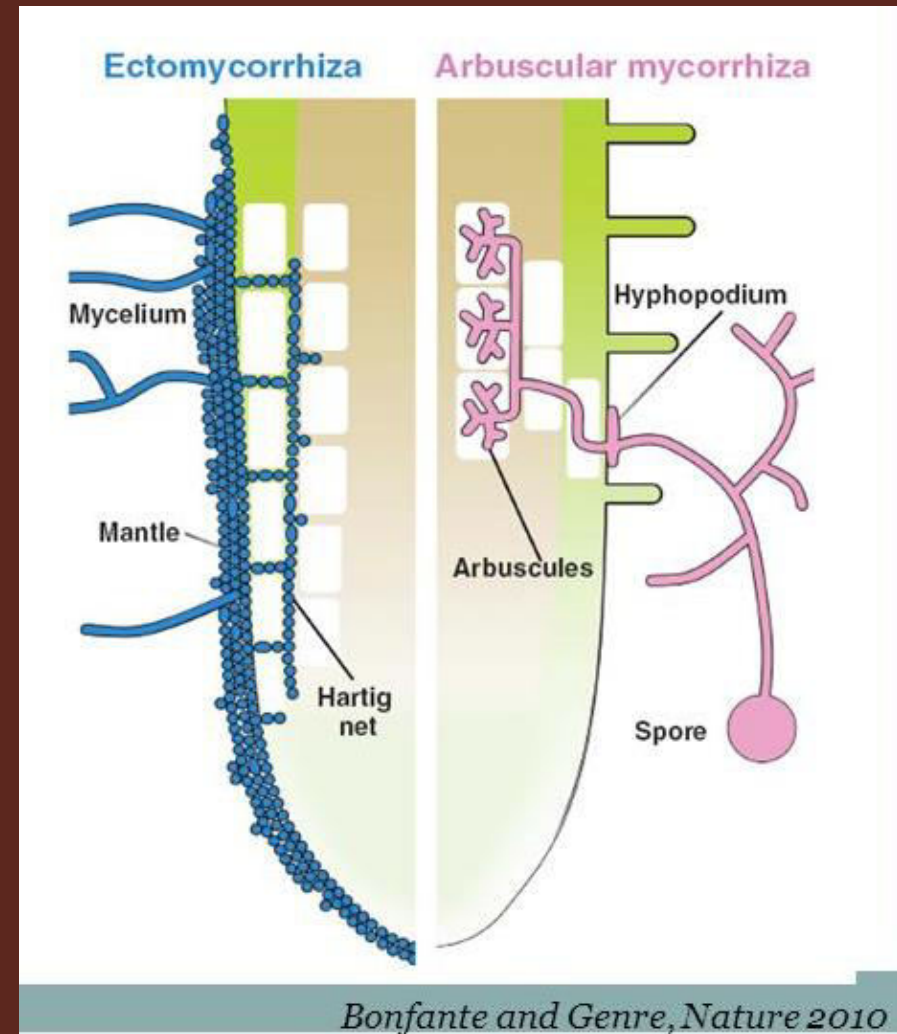
Μυκόρριζες

Εκτο-μυκόρριζες

Αποικίζουν εξωτερικά τη ρίζα αλλά και στους μεσοκυττάριους χώρους - Κυρίως δασικά είδη

Ενδο-μυκόρριζες

- Αποικίζουν τα κύτταρα του ξενιστή μεταβάλλοντας τη φυσιολογία και τη δομή τους
- Μεταφέρουν θρεπτικά –κυρίως P αλλά και Cu, Zn- από απομακρυσμένα σημεία του εδάφους κοντά στη ρίζα
 - Εκτείνονται σε απόσταση ~5 cm από τη ρίζα και μπορεί να αναπτύξουν ως και 100 m υφές ανά g εδάφους



Ενδο-μυκόρριζες



Hyphae extends out of these corn roots to efficiently acquire nutrients from outside of depletion zones and deliver these nutrients to the plant in exchange for carbon. Hyphae are easily disrupted by tillage.



High magnification (1000X) picture of arbuscules (tree- or shrub-like blue-stained structures) within root cell wall. Nutrients scavenged from the soil by mycorrhizal fungi are traded for carbon at the arbuscules.

Νηματώδεις

- ~10-20 άτομα/g εδάφους (10% της μικροβιακής μάζας του εδάφους)
- Παμφάγοι
 - Τρέφονται με μύκητες, βακτήρια (συμβάλλουν στον έλεγχο των πληθυσμών τους), ρίζες κλπ.
 - Χρειάζονται υμένα νερού για την κίνησή τους και δεν επιβιώνουν σε ξηρά ελαφρά εδάφη
- Θηρευτές και θηρευόμενοι (η βιοποικιλότητα συμβάλλει στο να ελεγχεται ο πληθυσμός τους)
- Συνήθως μη παθογόνοι
 - στα εντατικά γεωργικά οικοσυστήματα π.χ. μοποκαλλιέργεια, οι παθογόνοι κυριαρχούν γιατί υπάρχουν λίγοι θηρευτές στο εδαφικό σύστημα για έλεγχο του πληθυσμού του παθογόνου νηματώδους
- Σημαντικό ρόλο στον κύκλο του N
 - καταναλώνουν βακτήρια και ταυτόχρονα απελευθερώνουν μέρος του N που αυτά έχουν αφομοιώσει και μάλιστα σε αφομοιώσιμη για τα φυτά μορφή
- Επηρεάζονται από την διαχείριση εδάφους
 - Φυτοφάρμακα
 - Οργανική ουσία
 - Καλλιέργεια



Πρωτόζωα

- Περιλαμβάνουν: αμοιβάδες, μαστιγοφόρα, σπορόζωα, βλεφαριδοφόρα
- Καταναλώνουν βακτήρια και σπόρια μυκήτων και απελευθερώνουν N
- Παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ανακύκλωση του N
- Προτιμούν το επιφανειακό στρώμα υγρών καλά στραγγιζόμενων εδαφών



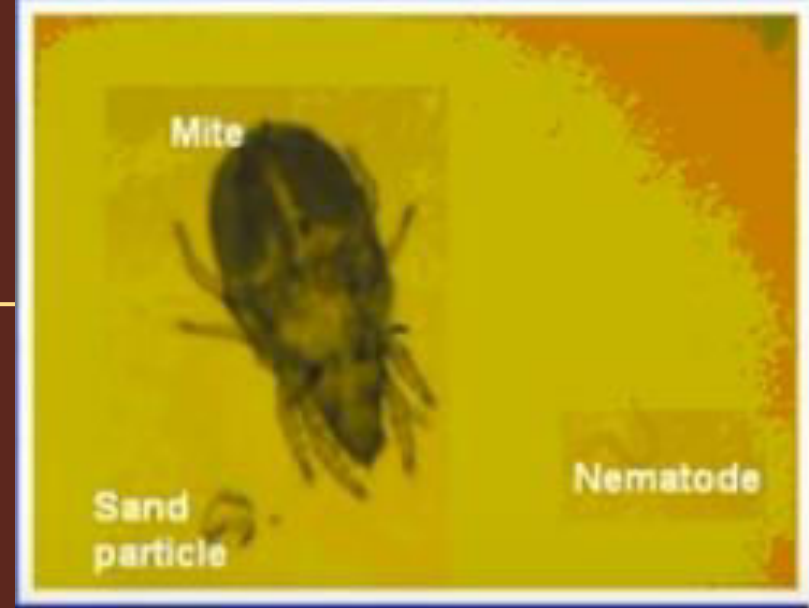
ciliate



amoeba

Μικροαρθρόποδα

- Αραχνίδια, ακάρεα, μυρμήγκια, μυριάποδα, πόδουροι, έντομα, κλπ.
- Λεπτοτεμαχίζουν και προετοιμάζουν τα οργανικά υλικά για αποσύνθεση από μικρότερους οργανισμούς (μύκητες, βακτήρια)
- Βλάπτονται σημαντικά από
 - Καλλιεργητικές εργασίες: αναμόχλευση – διατάραξη εδάφους
 - Φυτοφάρμακα – επιδρούν όχι μόνο στα επιβλαβή αλλά και στα ωφέλιμα που κατατεμαχίζουν οργανικά υπολείμματα



Γεωσκώληκες

- ~ 30-300 άτομα/m² εδάφους
- Βιομάζα ~ 110-1100 kg/ha
- Μεγαλώνουν αργά (1-2 yrs να ενηλικιωθούν) και ζουν ως 4 yrs.
- Δημιουργούν στοές (μακροπόρους) στο έδαφος μέσω των οποίων ευνοείται η κίνηση του αέρα και του νερού
- «Λιπαίνουν» τις στοές τους με πολυσακχαρίτες επί των οποίων τρέφονται πολλά βακτήρια, → διευκολύνουν και την μετακίνηση βακτηρίων αλλά και μυκηλιακών υφών (μυκήτων) σε μεγαλύτερα βάθη
- Μειώνουν τη συμπίεση



Γεωσκώληκες

- Στο πέρασμά τους αφήνουν πίσω τους casts τα οποία είναι πλούσια σε πολυσακχαρίτες
 - Υπολογίζεται ότι σε 24h περνά από τον πεπτικό σωλήνα του γεωσκώληκα ποσότητα εδάφους ίση προς το βάρος του – σε ένα χρόνο μπορεί να κυμαίνεται από 22 ως 450 tons/acre
 - Ευνοούν επιβίωση και ανάπτυξη βακτηριακών πληθυσμών
 - Ευνοούν την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών
 - Τα casts περιέχουν 11% του χούμου, x7 N, x11 P & x9 K σε σχέση με το υπόλοιπο έδαφος.



<https://naturesfootprint.com/community/articles/billions-of-microorganisms-in-the-worm-bin/>

Γεωσκώληκες

Προτιμούν:

- ▣ Πλούσια σε Ο.Ο. εδάφη (φυτικά υπολλείμματα)
- ▣ pH 4-7
- ▣ Επαρκώς στραγγιζόμενα
- ▣ Όχι βαριά – όχι ελαφρά
- ▣ Ελάχιστη καλλιέργεια - Ακαλλιέργεια

Βλάπτονται από:

- ▣ Παρουσία θηρευτών
- ▣ Απουσία φυτικών υπολλειμμάτων
- ▣ Προσθήκη λιπασμάτων (N-ούχων) & εντομοκτόνων
- ▣ Αναμόχλευση – διατάραξη εδάφους

The Soil Food Web

The diagram illustrates the flow of energy and nutrients through a soil food web. It begins with **Plants** (Shoots and roots) and **Organic Matter** (Waste, residue and metabolites from plants, animals and microbes). These are consumed by **Fungi** (Mycorrhizal fungi, Saprophytic fungi) and **Bacteria**. From there, energy flows to **Nematodes** (Root-feeders, Fungal- and bacterial-feeders) and **Protozoa** (Amoebae, flagellates, and ciliates). These organisms are then consumed by **Arthropods** (Shredders, Predators) and **Nematodes** (Predators). Finally, the energy flows to **Birds** and **Animals**, which return nutrients to the soil through waste and decomposition.

```
graph TD; Sun((Sun)) --> Plants[Plants<br/>Shoots and roots]; Sun --> OM[Organic Matter<br/>Waste, residue and metabolites from plants, animals and microbes.]; Plants --> Fungi[Fungi<br/>Mycorrhizal fungi<br/>Saprophytic fungi]; OM --> Fungi; OM --> Bacteria[Bacteria]; Fungi --> N1[Nematodes<br/>Root-feeders]; Fungi --> N2[Nematodes<br/>Fungal- and bacterial-feeders]; Fungi --> P1[Arthropods<br/>Shredders]; Fungi --> P2[Arthropods<br/>Predators]; Bacteria --> N1; Bacteria --> N2; Bacteria --> P1; Bacteria --> P2; Bacteria --> Protozoa[Protozoa<br/>Amoebae, flagellates, and ciliates]; Protozoa --> N2; Protozoa --> P2; N1 --> P1; N2 --> P1; N2 --> P2; N2 --> NP[Nematodes<br/>Predators]; P1 --> B[Predators]; P2 --> B; NP --> B; B --> Birds[Birds]; B --> Animals[Animals]; Birds --> OM; Animals --> OM;
```

Fifth and higher trophic levels:
Higher level predators

Η δραστηριότητα σε ένα επίπεδο μπορεί να επηρεάσει αυτή των άλλων επιπέδων (<http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/soil-biodiversity/soil-organisms/soil-food-webs/en/>)

Συνεπώς ...

- ❑ Το έδαφος αποτελεί ιδανικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη τεράστιας ποικιλίας οργανισμών εξαιτίας της μεγάλης ετερογένειας αβιοτικών (θερμοκρασία, υγρασία, O_2) και βιοτικών συνθηκών (διαθεσιμότητα τροφής, θηρευτική πίεση) που φιλοξενεί
- ❑ Οι οργανισμοί αλληλεπιδρούν και συχνά αλληλοεξαρτώνται για την επιβίωσή τους
- ❑ Οι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν χωρίς οργανικά υλικά
- ❑ Οι περισσότεροι οργανισμοί δεν επιβιώνουν χωρίς υγρασία και αέρα

Γιατί μας νοιάζει η βιοποικιλότητα;

- Τι πρέπει να κάνουμε για να την αυξήσουμε ή για να μην ανησυχούμε για τις απώλειές της;

Διεργασίες

- Οι οργανισμοί του εδάφους αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά και με τα φυτά και ζώα στο οικοσύστημα και σχηματίζουν ένα περίπλοκο ιστό βιολογικής δραστηριότητας.
- Οι οργανισμοί εδάφους συμβάλλουν σε ευρύ φάσμα βασικών υπηρεσιών για τη βιώσιμη λειτουργία όλων των οικοσυστημάτων:
 - Δρομολογούν τη δυναμική της οργανικής ύλης του εδάφους, την δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος και την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου,
 - Τροποποιούν τη φυσική δομή του εδάφους και τα υδατικά συστήματα, αυξάνοντας την ποσότητα και την αποτελεσματικότητα πρόσληψης θρεπτικών από τη βλάστηση και ενισχύοντας την υγεία των φυτών .
- Οι υπηρεσίες αυτές είναι απαραίτητες όχι μόνο για τη λειτουργία των φυσικών οικοσυστημάτων αλλά αποτελούν σημαντικό πόρο

Διεργασίες

Ειδικότερα οι οργανισμοί του εδάφους είναι υπεύθυνοι για την πραγματοποίηση ζωτικών διεργασιών στο εδαφικό οικοσύστημα όπως:

- Διατήρηση – βελτίωση της δομής του εδάφους
- Ρύθμιση των υδρολογικών διεργασιών
- Ανταλλαγή αερίων ($\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{O}_2$) και δέσμευση C
- Ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων
- Εξυγείανση εδάφους (detoxification)
- Αποικοδόμηση οργανικής ουσίας
- Καταστολή παρασίτων και ασθενειών
- Πηγή τροφής και φαρμακευτικών ουσιών
- Συμβιωτικές και μη συμβιωτικές σχέσεις με τα φυτά και τις ρίζες τους
- Ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών

Συμπεράσματα

- Το έδαφος και η βιοποικιλότητά του είναι στενά συνδεδεμένα και αλληλοεξαρτώμενα
- Δύσκολο να μελετήσεις ή να διαχειριστείς το ένα ανεξάρτητα από το άλλο (ιδιαίτερα όταν είσαι στο πεδίο)
- Οι «κάτοικοι» του εδάφους αδιάκοπα αλλάζουν το φυσικο-χημικό περιβάλλον του εδάφους δημιουργώντας ή καταστρέφοντας οικοθέσεις (βιότόπους), με ανάλογες συνέπειες για:
 - την ποικιλότητά τους,
 - την κατανομή τους και
 - τους ρυθμούς συνέχισης των διεργασιών που εξυπηρετούν

Μέρος 2^ο

Διαχείριση βιοποικιλότητας
στη
βιολογική γεωργία

Βιοποικιλότητα εδάφους & γεωργία

Η βιοποικιλότητα είναι απαραίτητη για την ασφάλεια τροφίμων (ποσότητα & ποιότητα) και για την διατροφή

Πρόκληση....

Να παράγουμε ικανοποιητικής ποσότητας και ποιότητας τρόφιμα με πρακτικές που σέβονται το περιβάλλον και την αειφορία των πόρων.

Παράλληλα με τη βελτίωση των καλλιεργειών πρέπει να κατανοήσουμε και να χρησιμοποιήσουμε τη μικροβιακή ποικιλότητα του εδάφους που επιτρέπει στα αγροτικά οικοσυστήματα να παρέχουν υπηρεσίες!!!

Σύγχρονη Γεωργία & Βιοποικιλότητα εδάφους

- Η αποψίλωση δασών και φυσικών λιβαδιών και η μετατροπή τους σε καλλιεργούμενες εκτάσεις επηρεάζει το εδαφικό περιβάλλον
 - σημαντική μείωση του αριθμού των ειδών
 - σημαντική μείωση των πληθυσμών του κάθε είδους
- Υπερβολική ή κακή χρήση των αγροχημικών (λιπασμάτων, φυτοπροστατευτικών, κλπ.) οδηγεί σε:
 - Υποβάθμιση υδάτινων πόρων
 - Υποβάθμιση εδαφικών πόρων
- Εντατικοποίηση γεωργίας

Εντατικοποίηση γεωργίας

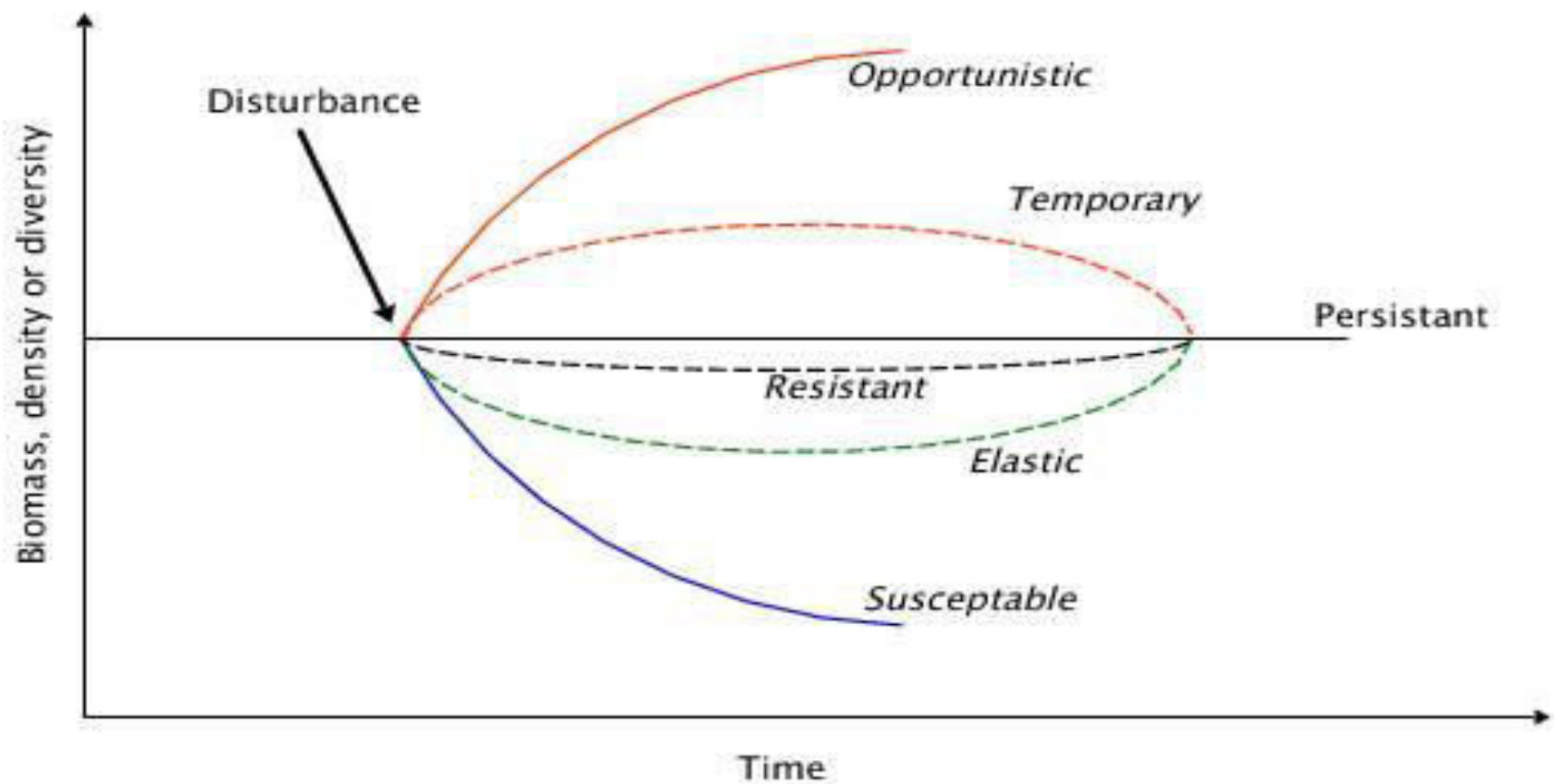
Διαδικασία κατά την οποία:

- Αυξάνεται η παραγωγικότητα και η πρόσοδος
- Υποκαθίσταται η ανθρώπινη εργασία (& κόπος) με εκμηχάνιση και κατανάλωση ορυκτών καυσίμων
- Χρήση μη ανανεώσιμων – εμπορεύσιμων εισροών (π.χ. ανόργανων λιπασμάτων, αγροχημικών φυτοπροστασίας κλπ.)
- > συχνότητα καλλιέργειας, ελαχιστοποίηση της αμειψισποράς, της αγρανάπαυσης, της χρήσης των καλλιεργειών εδαφοκάλυψης, και της εφαρμογής οργανικών εδαφοβελτιωτικών
- Μεγαλώνουν τα αγροκτήματα και τα χωράφια
- Επεκτείνονται οι καλλιεργούμενες εκτάσεις και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του τοπίου
- Ελαττώνεται η βιοποικιλότητα

Αγροκτήματα εντατικής καλλιέργειας

Έχουν:

- Σημαντικά χαμηλότερη βιοποικιλότητα σε φυτά, είδη μικροβίων και λοιπών οργανισμών του εδάφους
- Σημαντικά χαμηλότερη ποιότητα εδάφους
- Μικρότερη ετερογένεια
- Μικρότερη περιεκτικότητα σε οργανικό C
- Λιγότερες οικοθέσεις για φιλοξενία ωφέλιμων και αγριών ειδών πάνω και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους



Response dynamics of soil biota
to disturbance

Αντίδραση της βιοκοινότητας του εδάφους σε διαταραχές.

Το σχήμα απεικονίζει τις επιπτώσεις των γεωργικών πρακτικών στο έδαφος μετά από μια αρχική διαταραχή.

Οι αντιδράσεις εξαρτώνται από τις τοπικές εδαφοκλιματικές συνθήκες και μπορεί να διαφοροποιούνται μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών οργανισμών του εδάφους.

Άσκηση γεωργίας με βάση τις οικολογικές αρχές

Η καταγραφή των οφελειών της βιολογικής δραστηριότητας του εδάφους προϋποθέτει την τήρηση των ακόλουθων οικολογικών αρχών:

■ Προμήθεια οργανικής ύλης.

- Οι οργανισμοί του εδάφους τρέφονται με οργανική ύλη. Εφοδιασμός με αρκετή και ποικίλη οργανική ύλη θα υποστηρίξει μια ευρύτερη ποικιλία οργανισμών.

■ Ποικιλότητα φυτικών ειδών/ποικιλιών.

- Τα είδη των καλλιεργούμενων φυτών πρέπει να αναμειγνύονται και η χωροχρονική κατανομή τους να ποικίλλει:
 - Δημιουργία ποικιλίας ενδιαιτημάτων και πόρων
 - Ποικίλα ενδιαιτήματα διεγείρουν και υποστηρίζουν σύνθετες βιοκοινότητες στο έδαφος
 - Μέσω εναλλαγής καλλιεργειών διευρύνεται η βιοποικιλότητα, βελτιώνεται η ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών και οι φυσικές διεργασίες ελέγχου και αντιστάσεων σε παράσιτα και ασθένειες.

Άσκηση γεωργίας με βάση τις οικολογικές αρχές

■ Προστασία του οικοτόπου των οργανισμών του εδάφους:

- Η βιολογική δραστηριότητα και η βιοποικιλότητα του εδάφους μπορεί να διεγερθεί με τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στο εδάφος (αερισμού, θερμοκρασίας, υγρασίας, ποσότητας και ποιότητας θρεπτικών ουσιών).
 - Η μειωμένη καλλιέργεια, η ελαχιστοποίηση της συμπίεσης του εδάφους - και η αποφυγή της χρήσης χημικών έχουν ιδιαίτερη σημασία.

■ Βιοποικιλότητα και απαίτηση ενέργειας:

- Πληθυσμοί που χαρακτηρίζονται από βιοποικιλότητα χρειάζονται λιγότερη ενέργεια ανά μονάδα βιομάζας (μεταβολικό πηλίκιο).
- Ένας ποικίλος μικροβιακός πληθυσμός (όπως των βιολογικών αγροκτημάτων), μπορεί να αφομοιώσει περισσότερο από τον διαθέσιμο C για μικροβιακή ανάπτυξη παρά σε συντήρηση.
 - Αυξημένη ανακύκλωση οργανικής ύλης με ταχύτερη ανοργανοποίηση και διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά
 - Περισσότερη οργανική ύλη μετατρέπεται σε σταθερό χούμο .

Βιοποικιλότητα εδάφους & γεωργία

Εναλλακτικές γεωργικές πρακτικές που προάγουν την αειφορική διαχείριση και τη βιοποικιλότητα του εδάφους:

- Αγροοικολογία
- Αγροδασολογία
- Βιολογική γεωργία
- Μειωμένη κατεργασία (conservation agriculture)
- Ακαλλιέργεια



Biological tillage by soil fauna has to replace "iron tillage"!

– Rolf Derpsch



Καλλιέργεια χωρίς άροτρο

...καλλιέργεια οργανισμών

- Για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους οι οργανισμοί χρειάζονται:
 - Τροφή
 - Διαφοροποίηση- εναλλαγή των καλλιεργειών (διαφορετικά είδη τροφής)
 - Σταθερότητα στις εισροές τροφής με τη διατήρηση της εδαφοκάλυψης, καλλιέργεια μακράς περιόδου φυτά ή διατήρηση πολυετών φυτών
 - Ενδιαίτημα
 - Σταθερά συσσωματώματα που δεν καταστρέφονται από καλλιεργητικές εργασίες
 - Ελαχιστοποίηση των μεταβολών στις συνθήκες διαβίωσής τους
- Πλεονέκτημα από την διατήρηση και ανάπτυξή τους θα είναι:
 - Αύξηση οργανικής ουσίας
 - Αύξηση γονιμότητας
 - Αύξηση προσόδου (μείωση αναγκών για εισροές – αγροχημικά κλπ.)
 - Αειφορικότητα αγροκτήματος μακροπρόθεσμα

Καλλιέργεια χωρίς άροτρο

...καλλιέργεια οργανισμών

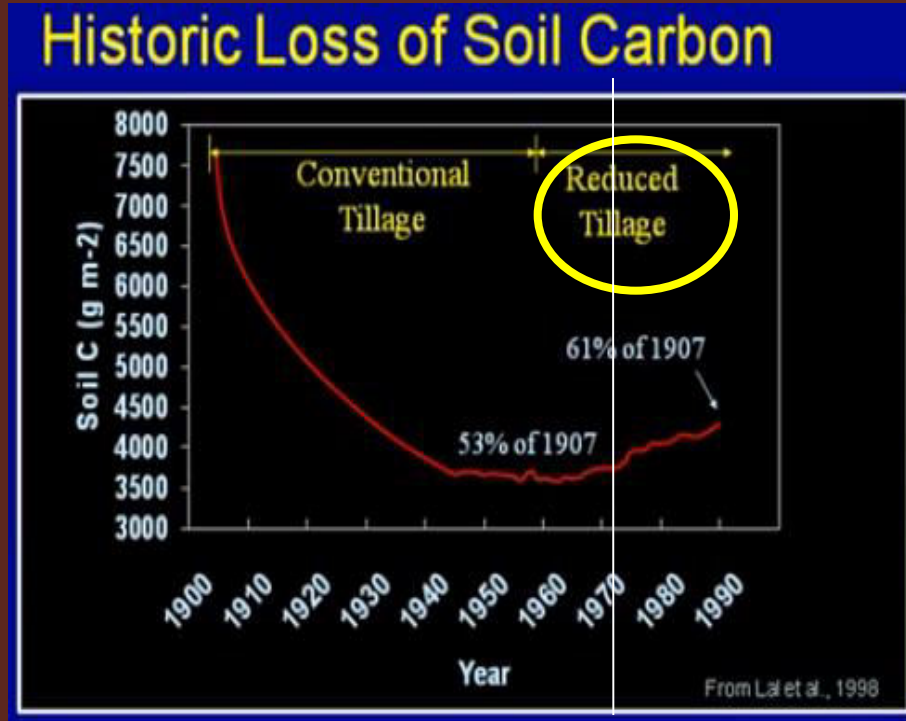
- Ουσιαστικά η όλη επιχείριση επικεντρώνεται στην αύξηση του οργανικού C στο ριζόστρωμα
- Η αύξηση αυτή προκαλεί:
 - Αύξηση της ικανότητας συγκράτησης υγρασίας και αποτελεσματικότητας στη χρήση του νερού από τα φυτά
 - Βελτίωση ποιότητας νερού
 - Βελτίωση διηθητικότητας, μείωση απορροής
 - Αύξηση CEC – αύξηση γονιμότητας
 - Μείωση κινδύνων διάβρωσης – απώλειας εδάφους
 - Αύξηση της ικανότητας ανακύκλωσης και αποθήκευσης θρεπτικών στο έδαφος
 - Αύξηση ικανότητας διαχείρισης εισροών οργανικών υλικών (π.χ. κοπριάς)
 - Βελτίωση της δομής και της ικανότητας κατεργασίας του εδάφους
 - Μείωση της συμπίεσης
 - Αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας και της βιοποικιλότητας στο έδαφος
 - Αύξηση ικανότητας δέσμευσης ρύπων

Πρακτικές διαχείρισης
βιοποικιλότητας εδάφους
σε
επίπεδο αγροκτήματος

Κάνε το σύστημα να δίνει περισσότερα από όσα παίρνει...

Κατεργασία εδάφους

- Σπάσιμο υφών μυκήτων (μείωση μικροοργανισμών)
- Έκθεση οργανικών υλικών στην επιφάνεια του εδάφους → ↑ διαθεσιμότητα C → ↑ ρυθμών αποικοδόμησης → γρήγορη κατανάλωση υπολλειμμάτων και οργανικής ουσίας → εκπομπή CO₂ και κατανάλωση του διαθέσιμου N → ↓ τροφής οργανισμών εδάφους → ↓ δυνατότητας υποστήριξης της βιοκοινότητας του εδάφους

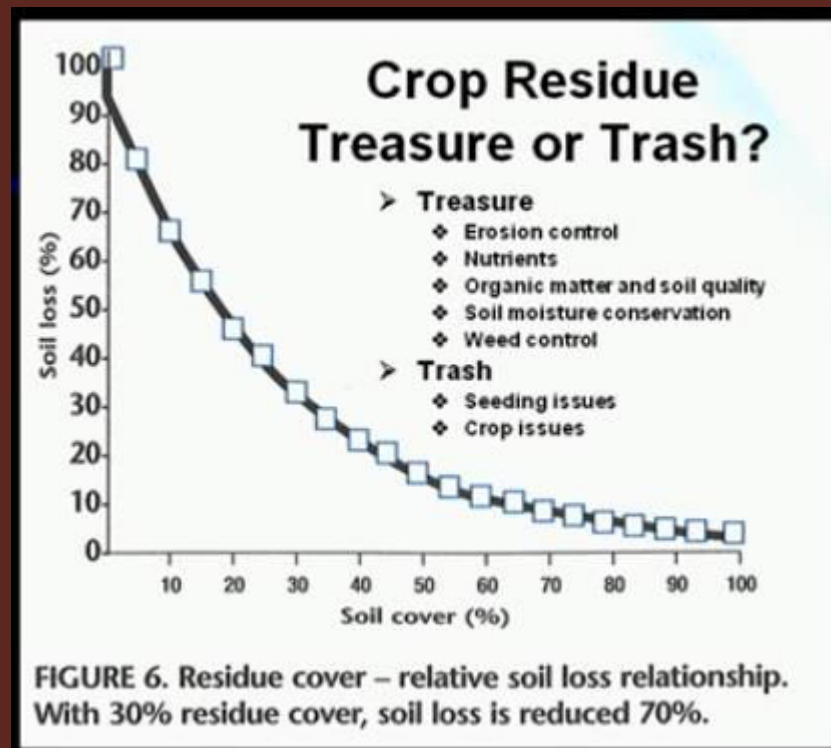


Πετρελαϊκή κρίση

Κάνε το σύστημα να δίνει περισσότερα από όσα παίρνει...

Φυτικά Υπολλείμματα

- Πρόληψη απώλειας εδάφους = διατήρηση βιοποικιλότητας
- Διαθέσιμη τροφή για οργανισμούς εδάφους
- Αύξηση της Ο.Ο. = αύξηση βιοποικιλότητας = υγεία εδαφικού οικοσυστήματος
- Διαθέσιμα θρεπτικά για τα φυτά
- Διατήρηση υγρασίας
- Έλεγχος ζιζανίων
- Ανησυχίες
 - Μετάδοση παθογόνων από προηγούμενες καλλιέργειες,
 - Οψίμιση



USDA NRCS East National Technology Support Center

Κάνε το σύστημα να δίνει περισσότερα από όσα παίρνει...

Είδος Φυτικών Υπολλειμμάτων

- Το είδος των υπολλειμμάτων σχετίζεται με τον C του συστήματος
- Υψηλός λόγος C/N (π.χ. υπολλείμματα σιτηρών) δεν σημαίνει ότι όσο πιο πολύ C έχω τόσο περισσότερη Ο.Ο.
- Αν προστεθούν υπολλείμματα με χαμηλότερο C/N για την αποικοδόμησή τους δεν θα καταναλωθούν τα θρεπτικά του εδάφους.

Plant Diversity and Soil Fertility

Crop	1 st Year (Nitrogen in residue)	C:N Ratio
Cereals	10-15%	80:1 – 100:1
Corn	20%	60:1
Peas	35%	25:1 – 30:1
Soil OM		10:1 – 12:1

- Hartman - 1999

Κάνε το σύστημα να δίνει περισσότερα από όσα παίρνει...

Φυτοκάλυψη

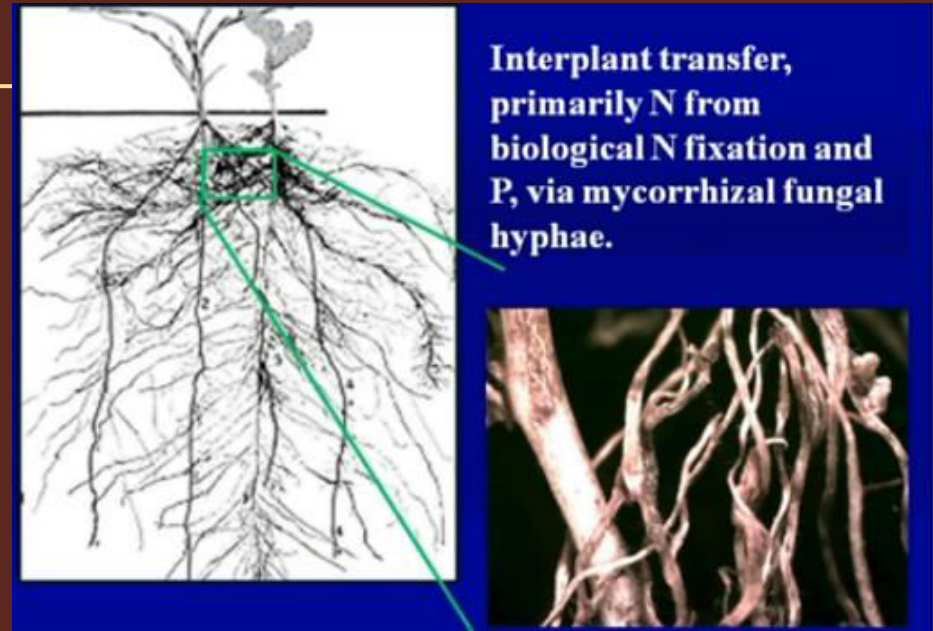
- Μηχανισμός βελτίωσης του συστήματος
- Συνέχεια της καλλιέργειας (χωρίς συγκομιδή ή απομάκρυνσή της) στο ίδιο περιβάλλον = συνέχιση έκκρισης οργανικών ουσιών από το ριζικό τους σύστημα = δημιουργία Ο.Ο. για το σύστημα = διαθέσιμο υπόστρωμα για μυκόρριζικής σχέσεις = διαθέσιμος C για τα βακτήρια και τροφή για άλλους μεγαλύτερους οργανισμούς (πρωτόζωα, νηματώδεις)
- Αποτελεσματικότερος τρόπος ανακύκλωσης και δέσμευσης C μέσω της διαθεσιμότητάς του ως τροφή για τους οργανισμούς του εδάφους.
- Δέσμευση N – συνεχής πηγή N για τα φυτά και το εδαφικό οικοσύστημα, αποτελεσματικότερη χρήση του N



Κάνε το σύστημα να δίνει περισσότερα από όσα παίρνει...

Φυτοκάλυψη

- Συνδυασμός φυτικών ειδών (π.χ. ψυχανθή και αγροστώδη, χειμερινά και εαρινά) για εδαφοκάλυψη
- Ευνοούν τη βιοποικιλότητα & ανταπεξέρχονται καλύτερα σε ξηρασία, ακραίες θερμοκρασίες, προσβολές κλπ.)
- Συχνά ο συνδυασμός ενθαρρύνει την αμοιβαία επωφελή σχέση μεταξύ φυτών, μυκορριζών και βακτηρίων



- Μπορούν αποτελεσματικότερα να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους μέσω της σκίασης

Κάνε το σύστημα να δίνει περισσότερα από όσα παίρνει...

Φυτοκάλυψη

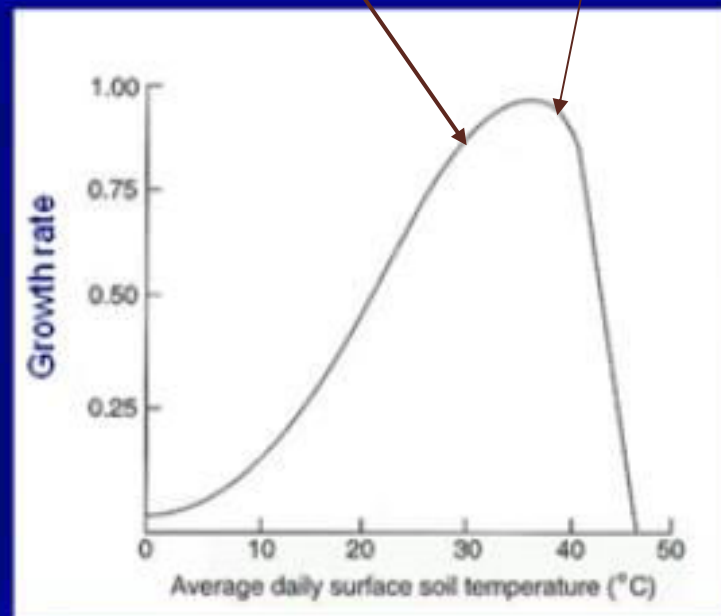
- Ρυθμίζει αποτελεσματικά τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους μέσω της σκίασης = καλύτερες συνθήκες για την βιοκοινότητα του εδάφους
- Optimum μικροβιακή δραστηριότητα 28-40 °C (80-104 °F). Σημαντική επιβράδυνση σε θερμοκρασίες >40 °C

Soil Cover Impacts Soil Temperature which Impacts Biological Growth

Living Plant (i.e. Cover Crop)



Some Crop Residue No Till System



Κάνε το σύστημα να δίνει περισσότερα από όσα παίρνει...

Δημιουργία δομής – Συσσωματώματα

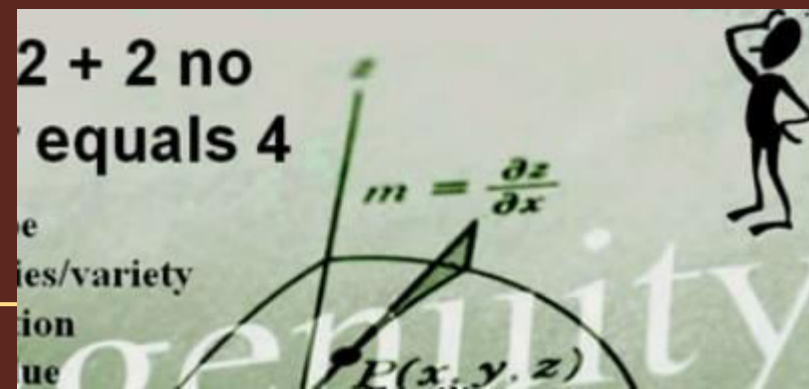
«Το έδαφος μου είναι πολύ αμμώδες – δεν μπορώ να καλλιεργήσω τίποτα»

«Δεν μπορώ να αυξήσω την ΟΟ στο έδαφός μου»

Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα:

- ❑ Η προσθήκη οργανικών υλικών, η διατήρηση των φυτικών υπολλειμμάτων και η παρουσία εδαφοκάλυψης
- ❑ Σε συνδυασμό με ελαχιστοποίηση της κατεργασίας οδηγούν σε:
 - Βελτίωση της δομής
 - ❑ Μείωση του κινδύνου συμπίεσης – καλύτερη εγκατάσταση των φυτών
 - ❑ Αύξηση του πορώδους και της αρχιτεκτονικής του (δαιδαλώδους)
 - ❑ Καλύτερος αερισμός, διηθητικότητα και αποθήκευση νερού
 - Βελτίωση της ανακύκλωσης των θρεπτικών
 - ❑ Αύξηση της ΟΟ – παροχή τροφής
 - ❑ Βελτίωση ενδιαιτήματος για την βιοκοινότητα του εδάφους
 - ❑ Προστασία ΟΟ από γρήγορη αποικοδόμηση

Έξυπνη επιλογή



- Συνδυασμός επιδράσεων διαφορετικών πρακτικών διαχείρισης
 - Τύπος καλλιέργειας (μειωμένη καλλιέργεια)
 - Είδος φυτών – ποικιλία (βιοποικιλότητα)
 - Αμειψισπορά
 - Υπολλείμματα καλλιέργειας – λόγος C/N
 - Βόσκηση
 - Πρόγραμμα βελτίωσης γονιμότητας
 - Φυτοκάλυψη
 - Προσθήκες (εδαφοβελτιωτικά – κοπριά)
 - Άρδευση
 - Χρόνος – συγχρονισμός (timing)
 -

Οι επιδράσεις δεν προσθέτονται αλλά πολ/λασιάζονται μεταξύ τους δίνοντας καλύτερο αποτέλεσμα

Έξυπνη επιλογή

- Επίκεντρο η διαχείριση ολόκληρου του συστήματος
 - όχι απλά «να γίνει η δουλειά»
- Αποτελεσματικότερη χρήση των φυσικών πόρων
 - Αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας
- Όχι περισσότερη δουλειά – **Πιο έξυπνες επιλογές**
- Σχεδιασμός – προγραμματισμός για όσα χρειάζεται να γίνουν:
 - Διαχείριση υπολλειμμάτων (C/N λόγοι)
 - Διαχείριση ασθενειών – εχθρών
 - Θωράκιση-προστασία εδάφους
 - (εδαφοκάλυψη, σκίαση, δομή)
 - Διαχείριση νερού
 - Διαχείριση θρεπτικών



The new green
revolution is the
brown (soil)
revolution

<http://earthuntouched.com/green-revolution-brown-revolution>

Πρακτικές διαχείρισης
βιοποικιλότητας εδάφους
σε
μεγαλύτερη κλίμακα

Αποκατάσταση του αγροτικού τοπίου

- Διατήρηση ή αποκατάσταση της φυσικής βλάστησης στα μη καλλιεργούμενα τμήματα στα όρια των αγρών
- Διατήρηση της βλάστησης (αγροστώδη, καλάμια, κλπ.) στα αρδευτικά κανάλια – σταραγγιστικές τάφρους
 - Προστασία από διάβρωση (παγίδευση ιζημάτων, περιορισμός απώλειας εδάφους)
 - Οικοθέση για πολλά ωφέλιμα έντομα κλπ., άγρια ζωή κλπ. οργανισμούς
 - Αύξηση της αποθήκευσης C – ζητούμενο για επιπρόσθετη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (αύξηση ως & 18% αποθήκευσης C για το σύνολο του αγρού σε βιολογική καλλιέργεια τομάτας στην Καλιφόρνια)
 - Μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκήπιου (CO_2 , N_2O)
 - Μείωση της έκπλυσης NO_3 και του διαλυμένου C, αύξηση της διηθητικότητας
- Αύξηση της βιοποικιλότητας των φυτών στα όρια των αγρών και αύξηση των ζιζανίων σε ολόκληρο τον αγρό

Αποκατάσταση του αγροτικού τοπίου

Η εμφανής επίγεια θετική επίδραση της βιοποικιλότητας της βλάστησης συνεχίζεται και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους που αποδεικνύεται με:

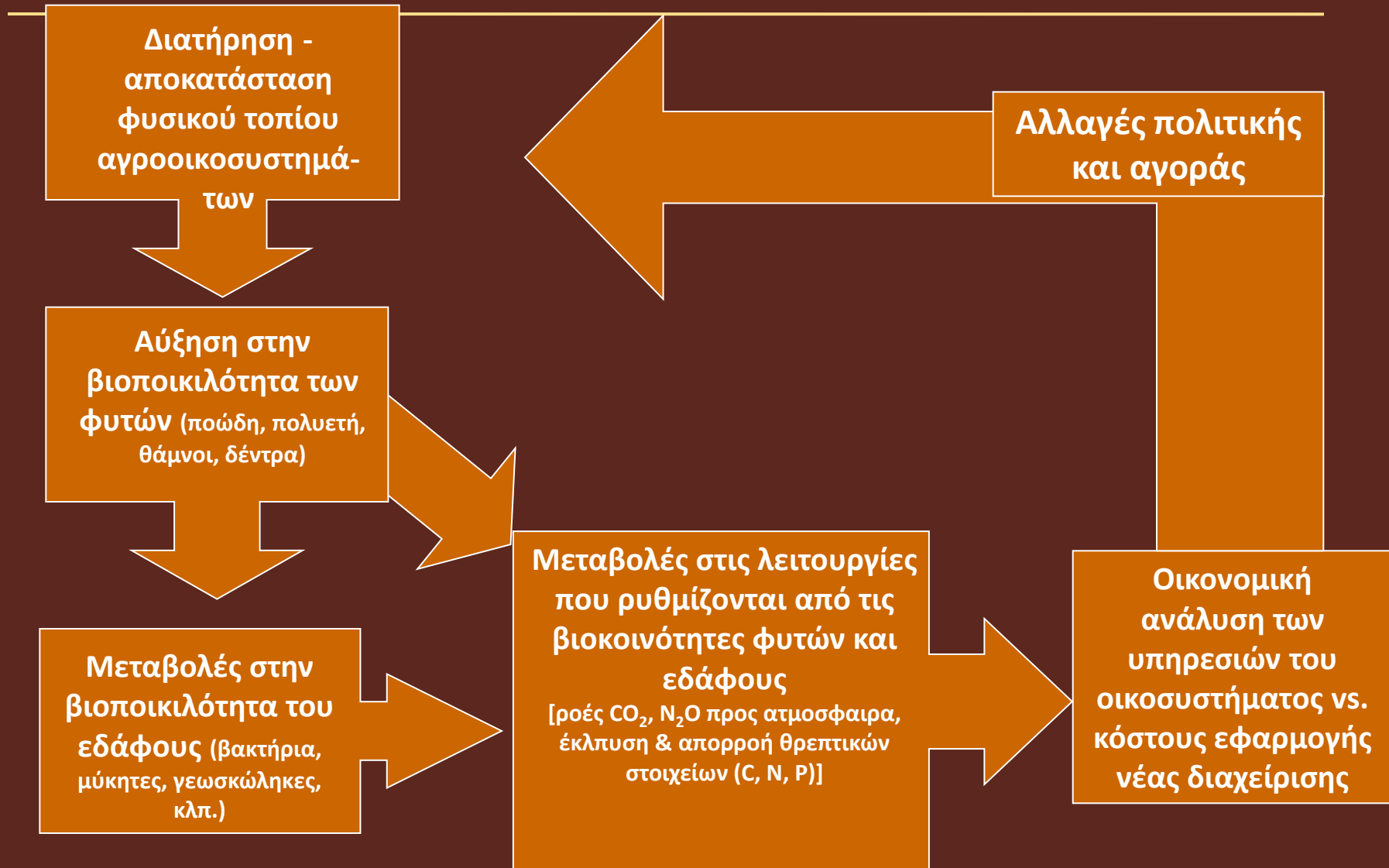
- Ομοιόμορφη κατανομή γαιωσκωλήκων και νηματωδών
- Ελαφρά αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας στα όρια του αγρού αλλά μείωση των πληθυσμών των μυκήτων στα καλλιεργημένα και αρδευόμενα τμήματα

- Οπότε:

Η αύξηση της βιοποικιλότητας των φυτών στα όρια αλλά και στο σύνολο του αγρού δεν συνοδεύεται από άμεση αύξηση της εδαφικής βιοποικιλότητας

Μακροπρόθεσμος στόχος:

Οικολογική προσέγγιση διαχείρισης αγροοικοσυστήματος



Οικονομική και κοινωνική αξία της βιοποικιλότητας του εδάφους

Η χαλάρωση της σχέσης μεταξύ εδάφους & ανθρωπότητας συνδέεται με:

- Μη αειφορικότητα στον γεωργικό τομέα
- Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις
 - Άμεσες (διάβρωση, υποβάθμιση εδαφών, ποιότητα νερών ...)
 - Εμμεσες (ανεπάρκεια τροφίμων, μη ποιοτικά προϊόντα, φτώχεια, πείνα ...)
- Κρίσιμη η αποκατάσταση της σχέσης του ανθρώπου με το έδαφος:
 - Η σύνδεση με τη ζωή του εδάφους είναι ζωτικής σημασίας είτε γίνεται μέσω της βιοποικιλότητας του εδάφους είτε επειδή το έδαφος είναι «ζωντανό»
 - Δημόσια υποστήριξη και αλλαγή πολιτικής για τα εδάφη δεν μπορεί να συμβεί μόνο μέσα από την επιστήμη
 - Απαιτείται και η σύνδεση/εμπλοκή με τις κοινωνικές/πολιτιστικές αξίες των ενδιαφερομένων

Σας ευχαριστώ!