

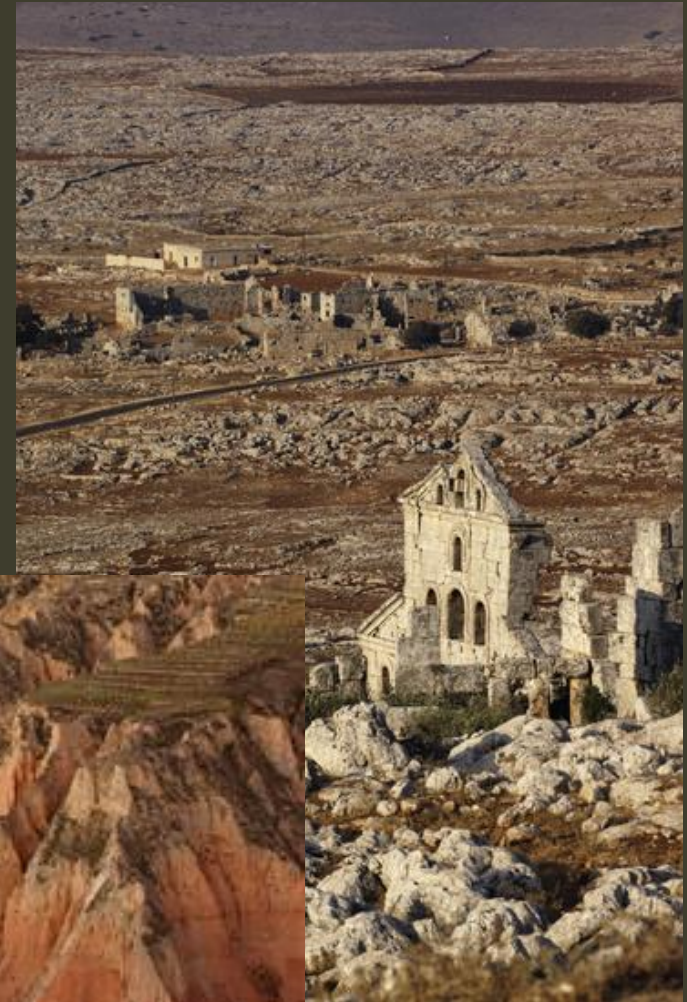
BODEMGEZONDHEID

David Buchan



Bodem degradatie

- Niks nieuws..
- 30-40% van bodem in wereld serieus gedegradeerd
- Erosie = grootste risico



Bodembewerking - ploegen

- Ooit goed geweest??



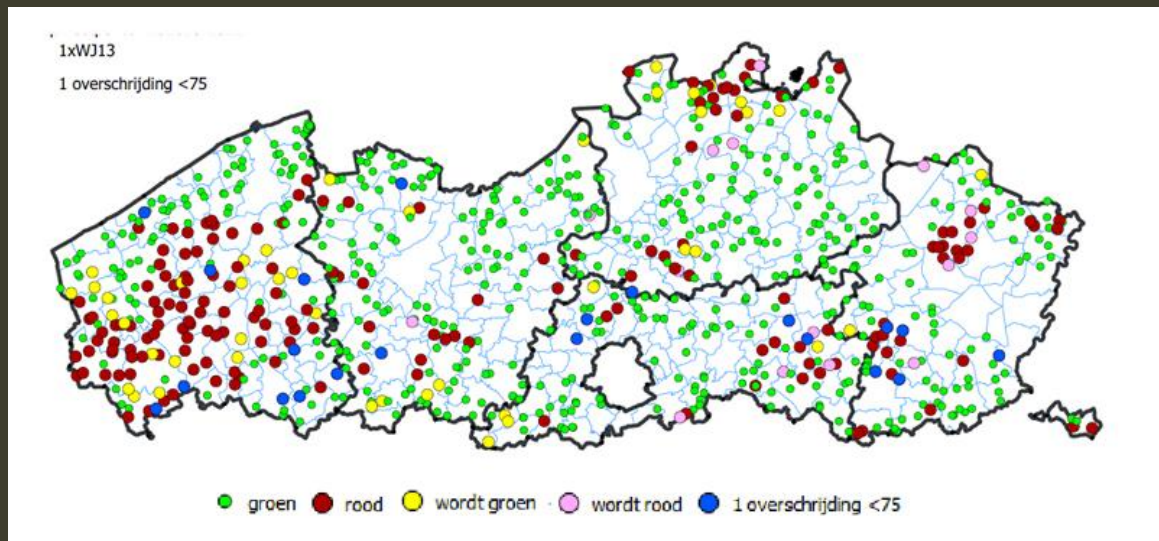
Compactie

- Steeds zwaardere landbouw machines..
- Viciousse cirkel



Overbemesting

- Eutrofiering van waterlopen
- Fosfaat verzadiging
- Achteruitgang van (mycorrhiza) schimmels
- Boze boeren?



Verlies van mineralen: 1992 Earth Summit Report

Mineral Depletion From Soil During The Past 100 Years

North America	85%
South America	76%
Asia	76%
Africa	74%
Europe	72%
Australia	55%

Van de 45-60 mineralen die we nodig hebben, alleen maar 8 in voldoende hoeveelheden terug te vinden in ons eten (?)

Dr. William A. Albrecht (1888-1974):

“The soil is the ‘creative material’ of most of the basic needs of life. Creation starts with a handful of dust”

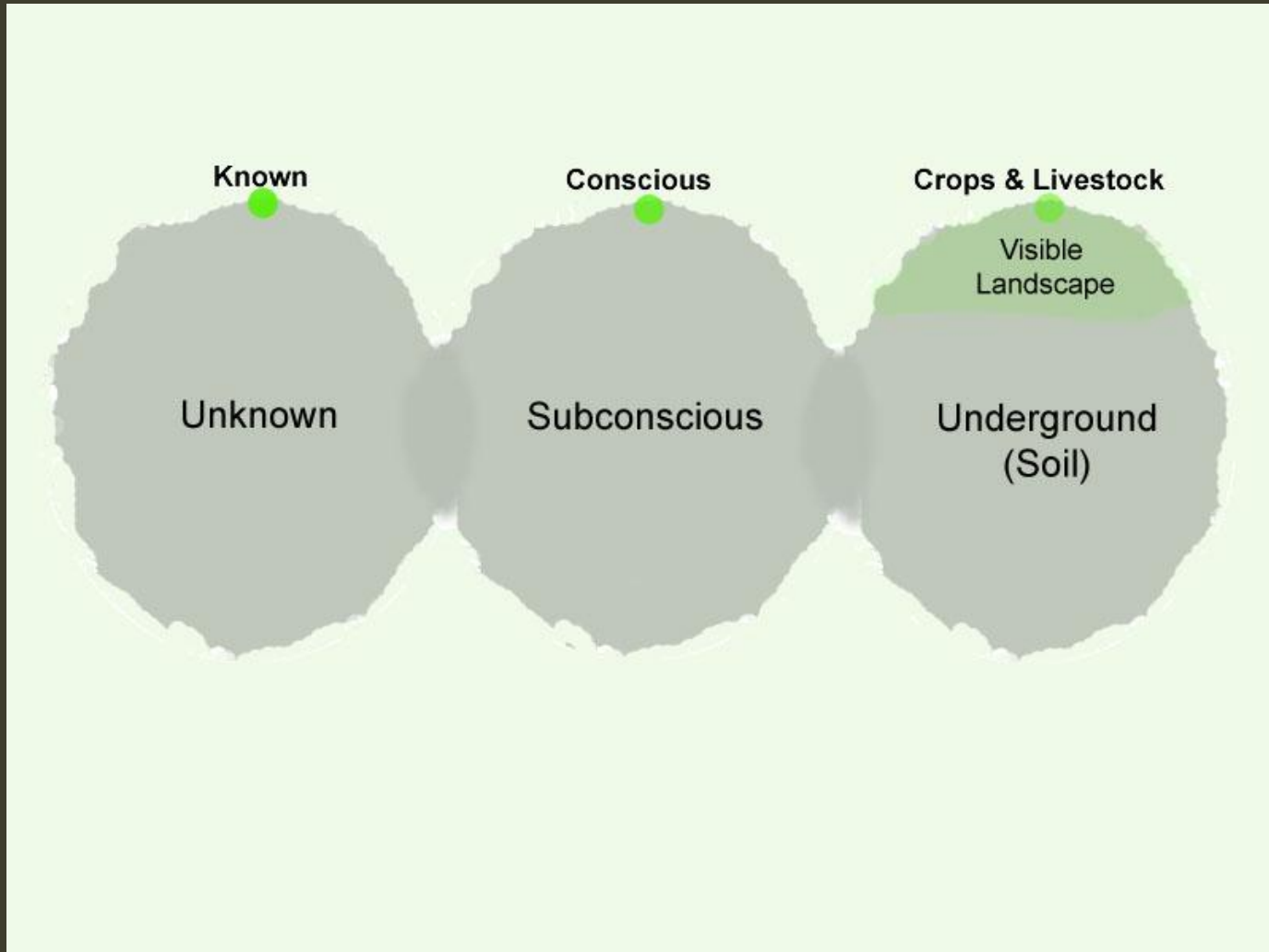
“Food is fabricated soil fertility.”

““NPK formulas mean malnutrition, attack by insects, bacteria and fungi, weed takeover, crop loss in dry weather, and general loss of mental acuity in the population, leading to degenerative metabolic disease and early death.”

Mineralen in bio vs. gangbare groenten & fruit:

- Grote literatuur studie (VS): bio gewassen significant meer vitamine C, ijzer, magnesium en fosfor maar minder nitraten dan gangbare gewassen
- Trend van minder eiwitten (van betere kwaliteit) in bio gewassen, hogere gehalten van spoorelementen maar minder zware metalen.
- Australie tarwe: hoger Zn en Cu gehalten in bio maar hoger P en Mn in gangbaar graan (door P in kunstmest, minder mycorrhize als gevolg)
- Italië gele pruimen: meer antioxidant vitaminen en minder polyphenols in bio fruit..
- Spanje: bio clementines meer mineralen en gunstige vluchtige organische stoffen

Terra incognita...



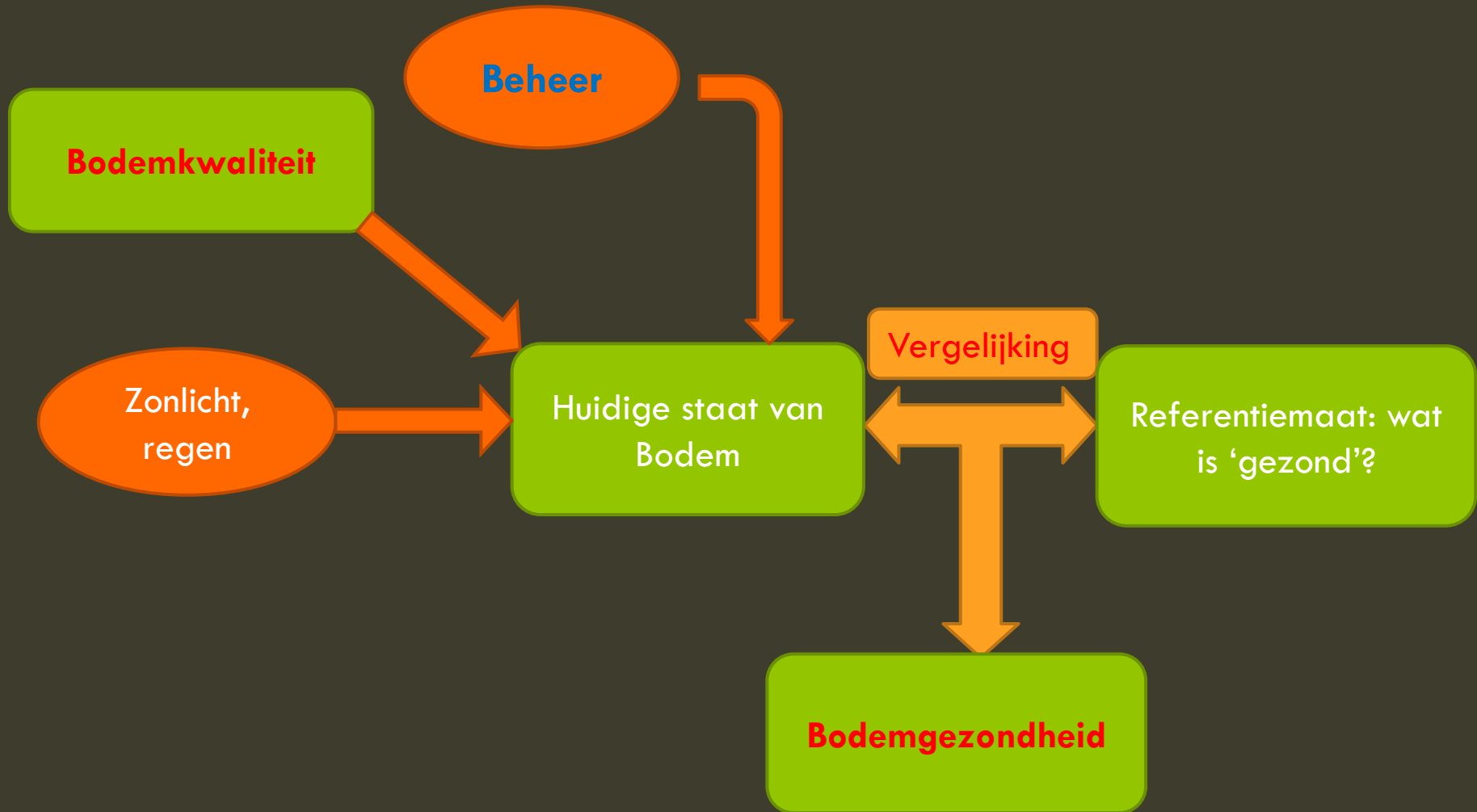
Bodemkwaliteit vs. Bodemgezondheid

- Bodemkwaliteit: “het vermogen van een bodem om te functioneren binnen natuurlijke of beheerde ecosysteemgrenzen” (Karlen et al., 1997, 2001)
- Hoofdfuncties van bodem:
 1. Plantaardige & dierlijke productie ondersteunen
 2. Water- en luchtkwaliteit in stand houden/verbeteren
 3. Menselijke gezondheid & bewoning ondersteunen

Bodemkwaliteit – combinatie van factoren

- *Inherente* bodemkwaliteit: gevolg van verschillen in moedermateriaal, klimaat, tijd etc..
- *Dynamische* bodemkwaliteit: gevolg van beslissing die de mens neemt over het gebruik & beheer van bodem
 - Interactie tussen chemische, fysische & biologische eigenschappen

Conceptueel model...



Eigenschappen van een gezonde bodem (NCRS, VS):

1. Goede structuur ('tilth')
2. Diep genoeg
3. Voldoende maar niet te veel nutrimenten
4. Kleine populaties plaagen of pesten
5. Goede drainage
6. Grote populatie gunstige organismen
7. Weing onkruiddruk
8. Afwezigheid van toxische chemische producten
9. Weerbaar tegen degradatie (bvb. erosie)
10. Veerkracht

Indicatoren van bodemgezondheid:

Physical

1. Bulk density
2. Macro-porosity
3. Meso-porosity
4. Micro-porosity
5. Available water capacity
6. Residual porosity
7. Penetration resistance at 10 kPa
8. Saturated hydraulic conductivity
9. Dry aggregate size (<0.25 mm)
10. Dry aggregate size (0.25 - 2 mm)
11. Dry aggregate size (2 - 8 mm)
12. Wet aggregate stability (0.25 - 2 mm)
13. Wet aggregate stability (2 - 8 mm)
14. Surface hardness with penetrometer
15. Subsurface hardness with penetrometer
16. Field infiltrability

Biological

17. Root health assessment
18. Beneficial nematode population
19. Parasitic nematode population
20. Potential mineralizable nitrogen
21. Decomposition rate
22. Particulate organic matter
23. Active carbon
24. Weed seed bank
25. Microbial respiration rate
26. Glomalin
27. Organic matter content

Chemical

28. Phosphorus
29. Nitrate nitrogen
30. Potassium
31. pH
32. Magnesium
33. Calcium
34. Iron
35. Aluminum
36. Manganese
37. Zinc
38. Copper
39. Exchangeable acidity

'Cornell Soil Health Assessment'

	Indicators	Value	Rating	Constraint
PHYSICAL	Aggregate Stability (%)	22	25	aeration, infiltration, rooting
	Available Water Capacity (m/m)	0.18	63	
	Surface Hardness (psi)	107	78	
	Subsurface Hardness (psi)	400	13	Subsurface Pan/Deep Compaction
BIOLOGICAL	Organic Matter (%)	2.1	14	energy storage, C sequestration, water retention
	Active Carbon (ppm) [Permanganate Oxidizable]	462	21	Soil Biological Activity
	Potentially Mineralizable Nitrogen (µgN/ gdwsoil/week)	2.0	0	N Supply Capacity
	Root Health Rating (1-9)	2.3	88	
CHEMICAL	*pH	8.3	0	Toxicity, Nutrient Availability (for crop specific guide, see CNAL report)
	*Extractable Phosphorus (ppm) [Value <3.5 or >21.5 are downscored]	9.5	100	
	*Extractable Potassium (ppm)	20	11	Plant K Availability
	*Minor Elements		56	
OVERALL QUALITY SCORE (OUT OF 100):			39.1	Very Low
<i>Measured Soil Textural Class: => silt loam</i>				
<i>SAND (%): 17.0 SILT (%): 77.0 CLAY (%): 6.0</i>				

‘Ecosysteemdiensten’

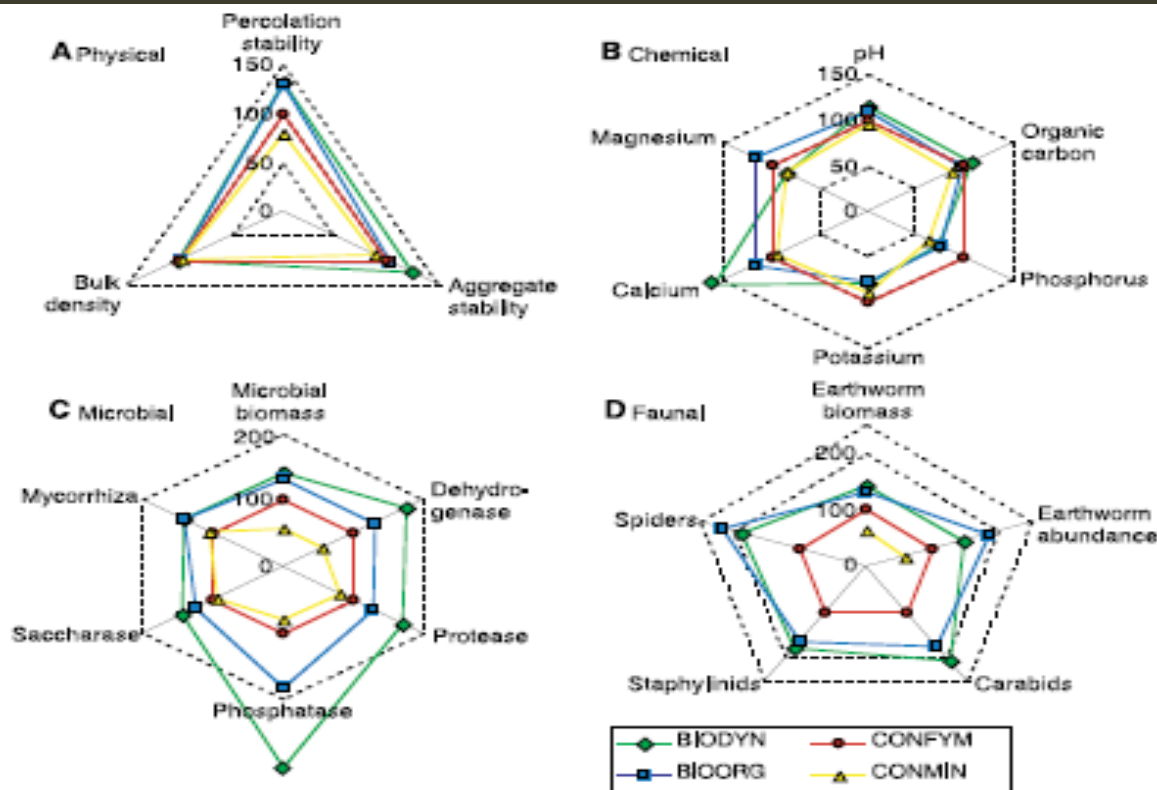
- Bodem als **productiefactor** – nutriëntenkringlopen, opbouw & afbraak van organisch materiaal, behoud & opbouw van bodemstructuur, weerbaarheid tegen ziekten
- Bodem als een robust, resistent maar doch flexibel systeem.. vs veranderingen in landgebruik & klimaat
- Buffer die **milieudiensten** levert bvb. Water: infiltratie, retentie & transport
- Bodem als **habitat** voor ontelbare organismen – biodiversiteit als een waarde op zich

Bodemgezondheid – een stap verder?

- Plaantaardige of dierlijke productie mag andere ecosysteemdiensten niet belemmeren!
- “Een gezonde (landbouw)bodem = in staat voldoende kwalitatief voedsel (vezel) te produceren, en tegelijkertijd andere ecosysteemdiensten ondersteunt (levenskwaliteit, biodiversiteit..)” (Kibblewhite et al., 2008)
- Holistisch concept – geen maatstaf van!
- → Indicatoren van gezonde bodem...?

DOK proef (FiBL, Zwitserland)

Akkerbouw proef sinds 1978, bio-dynamisch, biologisch en gangbare vergelijken



- 25% meer micro-organismen in bio & biodyn
- Hogere lang-termijn vruchtbaarheid
- Sterker colonsiatie van mycorrhiza & meer soorten
- Meer soorten spinnen en andere roofinsecten aan oppervlakte
- Hogere microbiële activiteit in biodynamisch!

Interregproject Bodembreed (2010-2011):

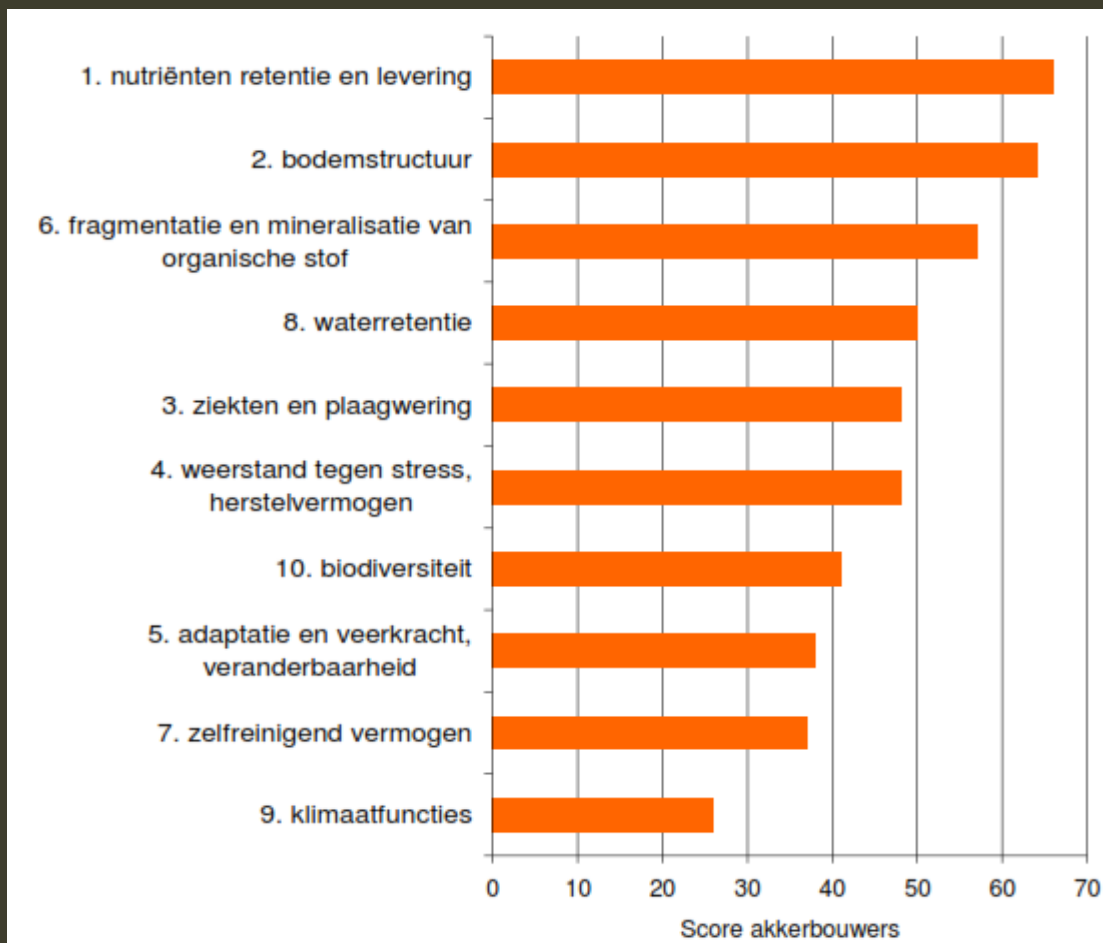
- ‘Duurzaam bodembeheer en Functionele Agro-biodiversiteit’ – Louis de Bolk Instituut

Tabel 1: De 10 bodemfuncties als vertrekpunt voor beleid

Bodemvruchtbaarheid	1. Nutriënten retentie & levering
	2. Bodemstructuur, stabiele aggregaten en profielontsluiting
	3. Ziekten- en plaagwering
Adaptatie, veerkracht, weerstand, herstelvermogen	4. Weerstand tegen stress, herstelvermogen
	5. Adaptatie en veerkracht, veranderbaarheid
Buffer en reactorfunctie	6. Fragmentatie en mineralisatie van organische stof
	7. Zelfreinigend vermogen, schoon grondwater
	8. Waterretentie, opnemen, vasthouden, doorlaten
	9. Klimaatfuncties (luchtfILTER, broeikasgassen, temperatuur, vocht)
10. Biodiversiteit (buitenfunctie, geen gebruiksfunctie <i>sensu stricto</i>)	

Bodembreed – prioritering van bodemfuncties

□ Referenties Biologische Indicatoren (RBB)



Bodembreed - referentiewaarden

Tabel 4: Referentiewaarden en bandbreedtes voor bacteriële biomassa op een aantal grondsoorten voor veehouderij en akkerbouw

Parameter	Landgebruik	Referentie	Gemiddelde	Laagste 5%	Hoogste 5%
Bacteriële biomassa	Veehouderij op löss/leem	620	476	410	593
(µg C/g droge grond)	Akkerbouw op klei	51	66	7,5	162
	Akkerbouw op zand	81	88	25	145

Tabel 5: Referentiewaarden en bandbreedtes voor aantallen en diversiteit van nematoden op een aantal grondsoorten voor veehouderij en akkerbouw

Parameter	Landgebruik	Referentie	Gemiddelde	Laagste 5%	Hoogste 5%
Dichtheid	Veehouderij op löss/leem	4817	4045	2242	5800
(aantal/100g verse grond)	Akkerbouw op klei	1290	1270	660	2190
	Akkerbouw op zand	4240	3605	1475	6331
Diversiteit	Veehouderij op löss/leem	27	29	26	32
(aantal taxa/100g verse grond)	Akkerbouw op klei	33	32	25	44
	Akkerbouw op zand	29	26	19	32

Bodembreed - referentiewaarden

Tabel 7: Referentiewaarden en bandbreedtes voor aantallen en diversiteit van regenwormen op een aantal grondsoorten voor veehouderij en akkerbouw

Parameter	Landgebruik	Referentie	Gemiddelde	Laagste 5%	Hoogste 5%
Dichtheid (aantal/m ²)	Veehouderij op löss/leem	336	283	148	502
	Akkerbouw op klei	200	212	12	440
	Akkerbouw op zand	77	30	0	118
Diversiteit (aantal taxa/m ²)	Veehouderij op löss/leem	7	5,5	3,4	7,3
	Akkerbouw op klei	4,2	4,4	1,3	7,9
	Akkerbouw op zand	2,8	1,8	0	4,7

Analogie met menselijke gezondheid

Mens	Bodem
Fysisch, geestelijk & emotioneel gezond	Vruchtbaar op fysisch, chemisch en biologisch vlak
Geen verwondingen of uitwendige schade	Niet fysisch verstoord of gedegradeerd
Geen (besmettelijke) ziektes, gezonde darmflora	Geen plagen en ziektes, rijk & diverse microbiel leven
Weerbaarheid tegen ziekte, stress etc..	Volledige potentieel voor productie & weerstand tegen degradatie
Gezond oud worden	Lang-termijn productief potentieel
Genezing & herstel	Herstel na storing (nauurramp, landbouw)

Een gezonde bodem:

Brede 'productie' opties

Grote diversiteit van leven

Hoge vermogen van absorptie, stockage, recycling t.o.v. klimaat limieten

Hoog kwal. water uitloop

Geen schade aan fundamentele delen

....

Goeie bedekking van planten

Koolstof gehalte zo dichtbij mogelijk het maximum (functie van bodemtype en klimaat)

Weinig nutriënten uitspoeling

Maximale biologische productie

Geen verhoogde erosie

Geen accumulatie van gifstoffen of contaminanten

Ecosysteem niet afhankelijk van fossiel brandstof inputs

Organisch Stof

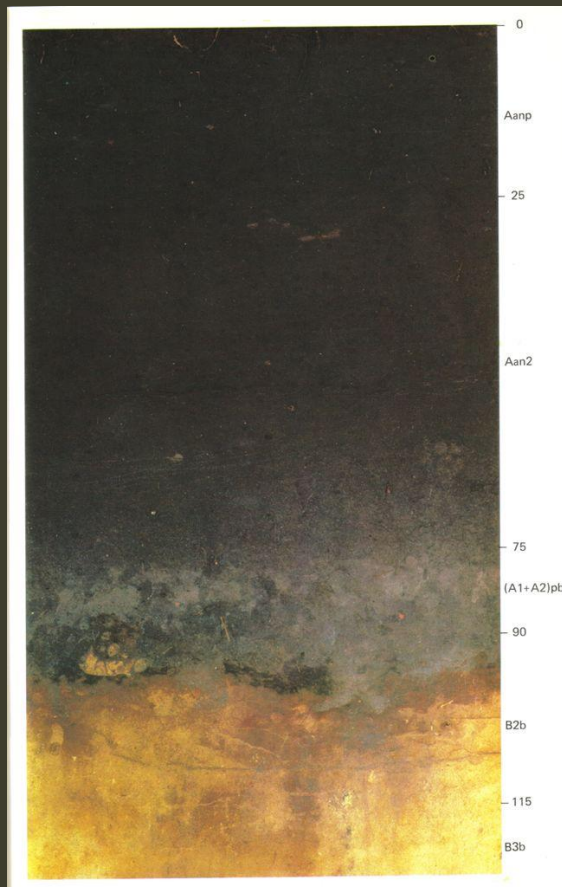
- Organische koolstof (C) in bodem = Alle planten biomass + atmosferisch C!! (fotosynthese \approx respiratie van planten & bodem..)
- **Organisch stof (OS)** = totaal, dood en levend
- **Biomassa** = levend organisch stof \approx 10% van totaal OS
 - Meestal microbiel (bacterien, schimmels) 80%
 - Regenwormen 15%
 - Al de rest 5%!!
- **Humus** = (niet-levend) OS waarvan origine niet meer herkenbaar is, sterk afgebroken & stabiel, structuur is complex & nog steeds niet goed begrepen..
- Slechts een deel van het OS kunnen we humus noemen!

Voordelen van OS



Historisch bodemverbetering

- Zwarte eenkeerdgrond (boven podzol):

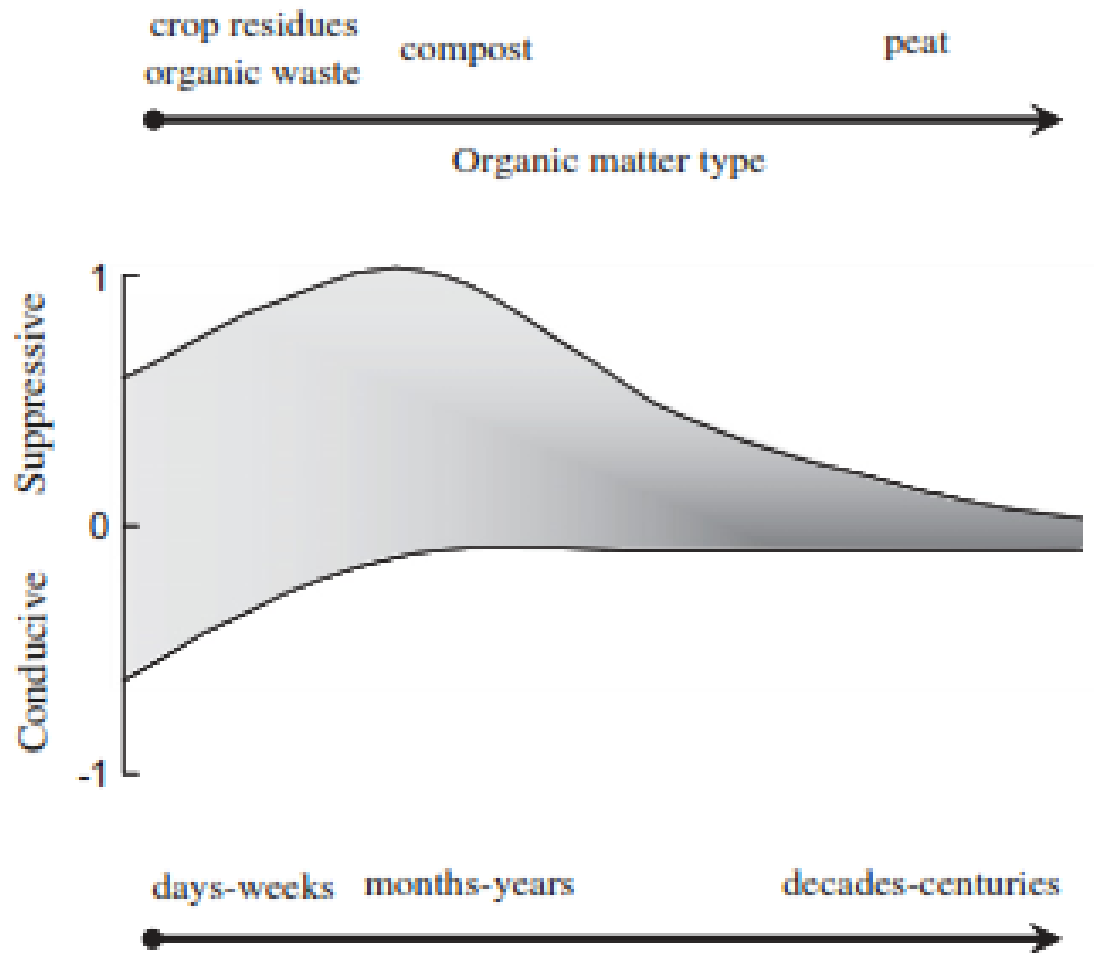


En in de tropen:

□ Terra Preta:



Ziekte onderdrukking door organische bemesting:

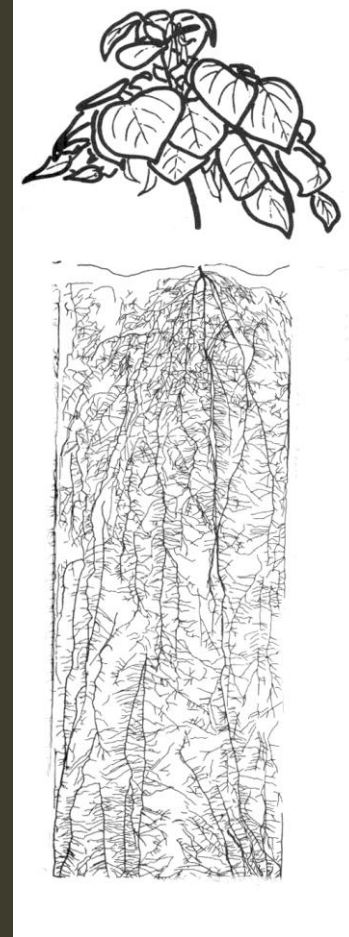
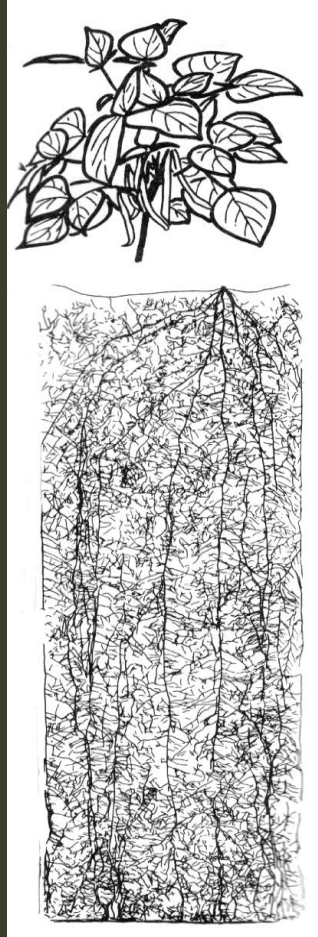
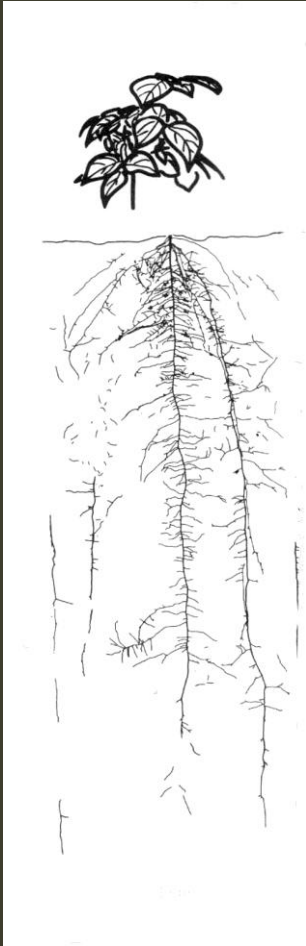


Compost & ziekteweerbaarheid

- Organische bemestingsproef in Melle:
 - GFT compost positieve effect vs. *Rhizoctonia solani* (ook hoogste microbiele biomassa en OS gehalte)
 - Maar hoge C/N compost (groencompost) bleek *R. solani* te stimuleren..

Compost & beworteling

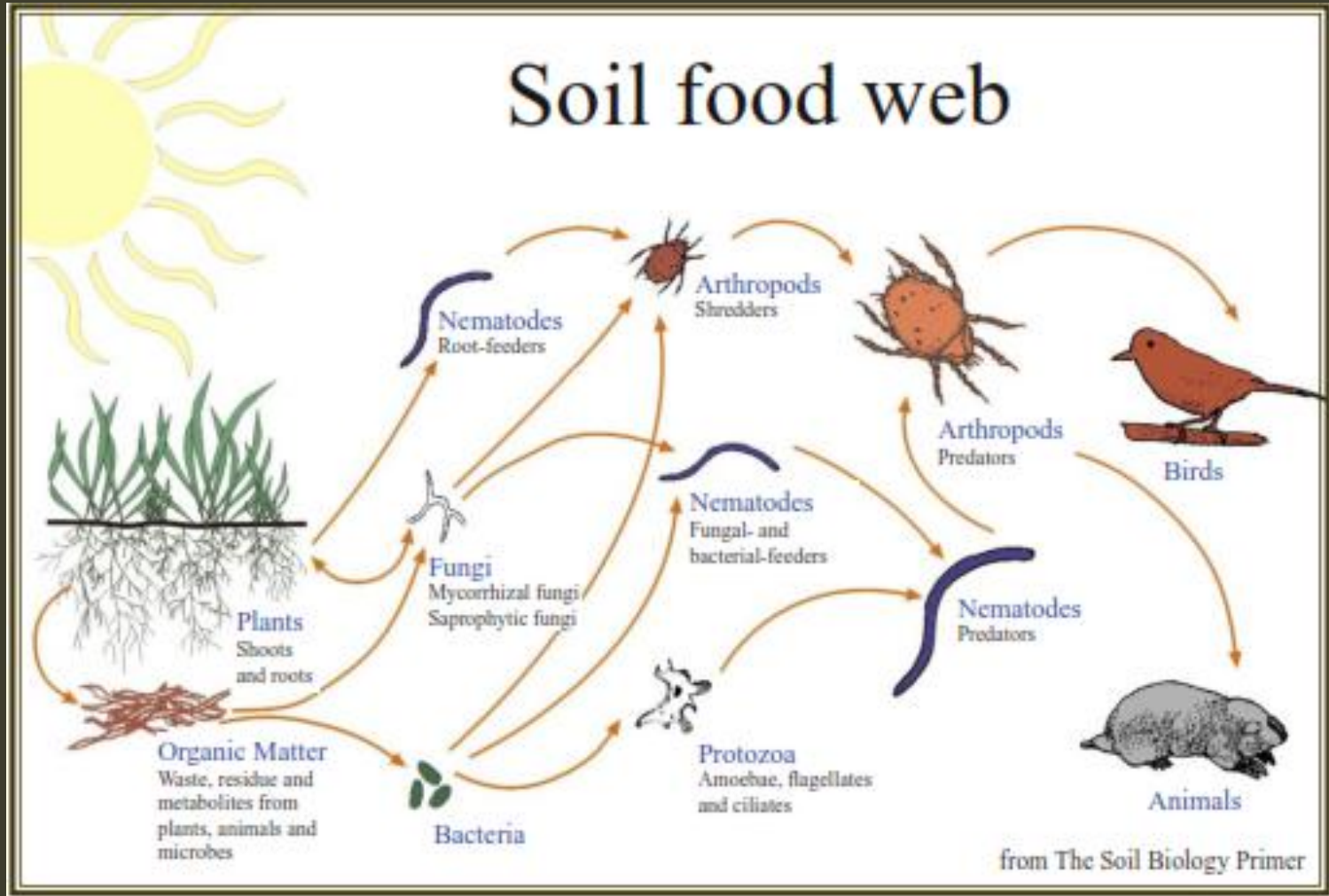
Prinsessebonen op kalkrijk kleigrond (Bockemuhl, 1981)



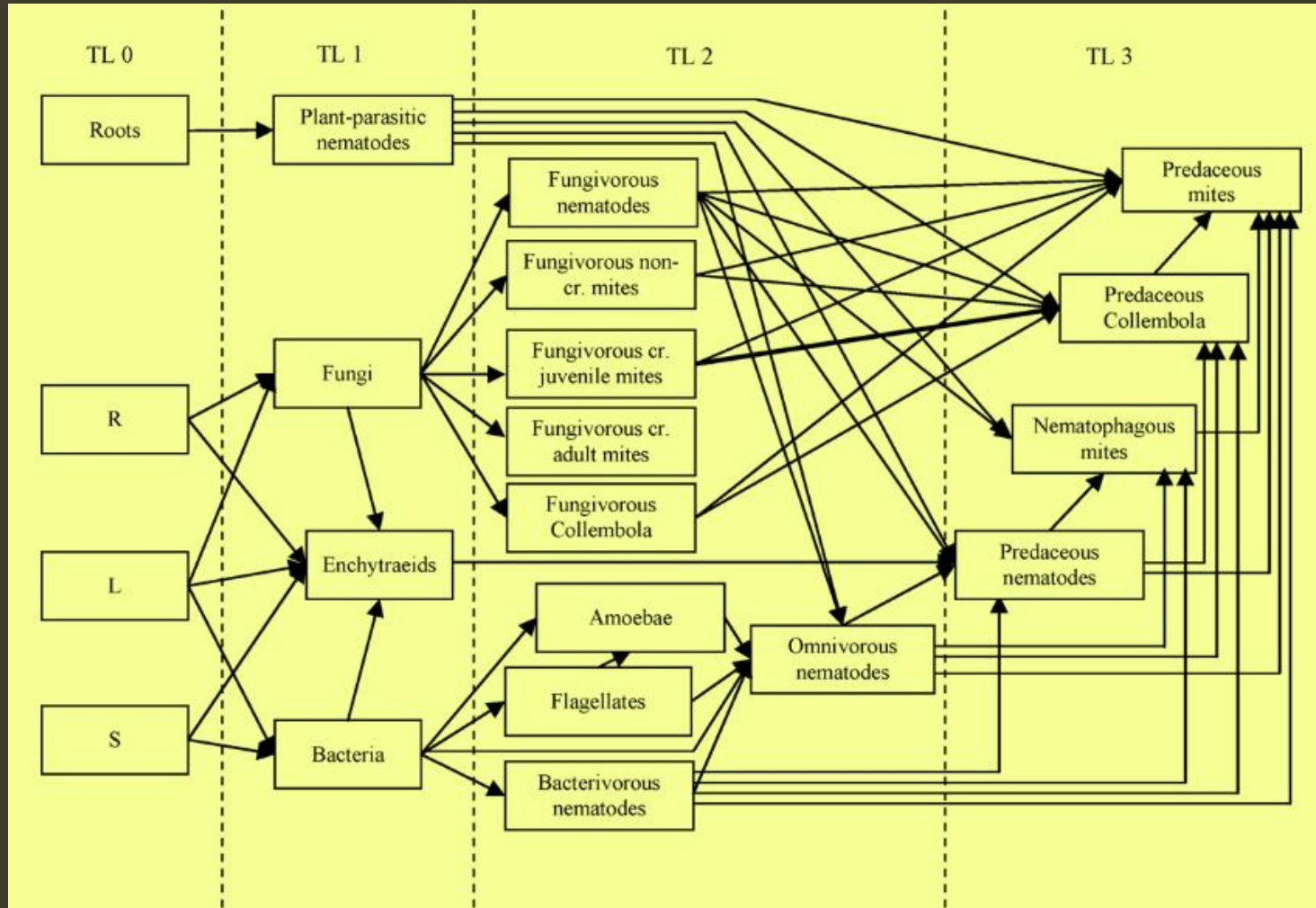
Bodemvoedselweb:



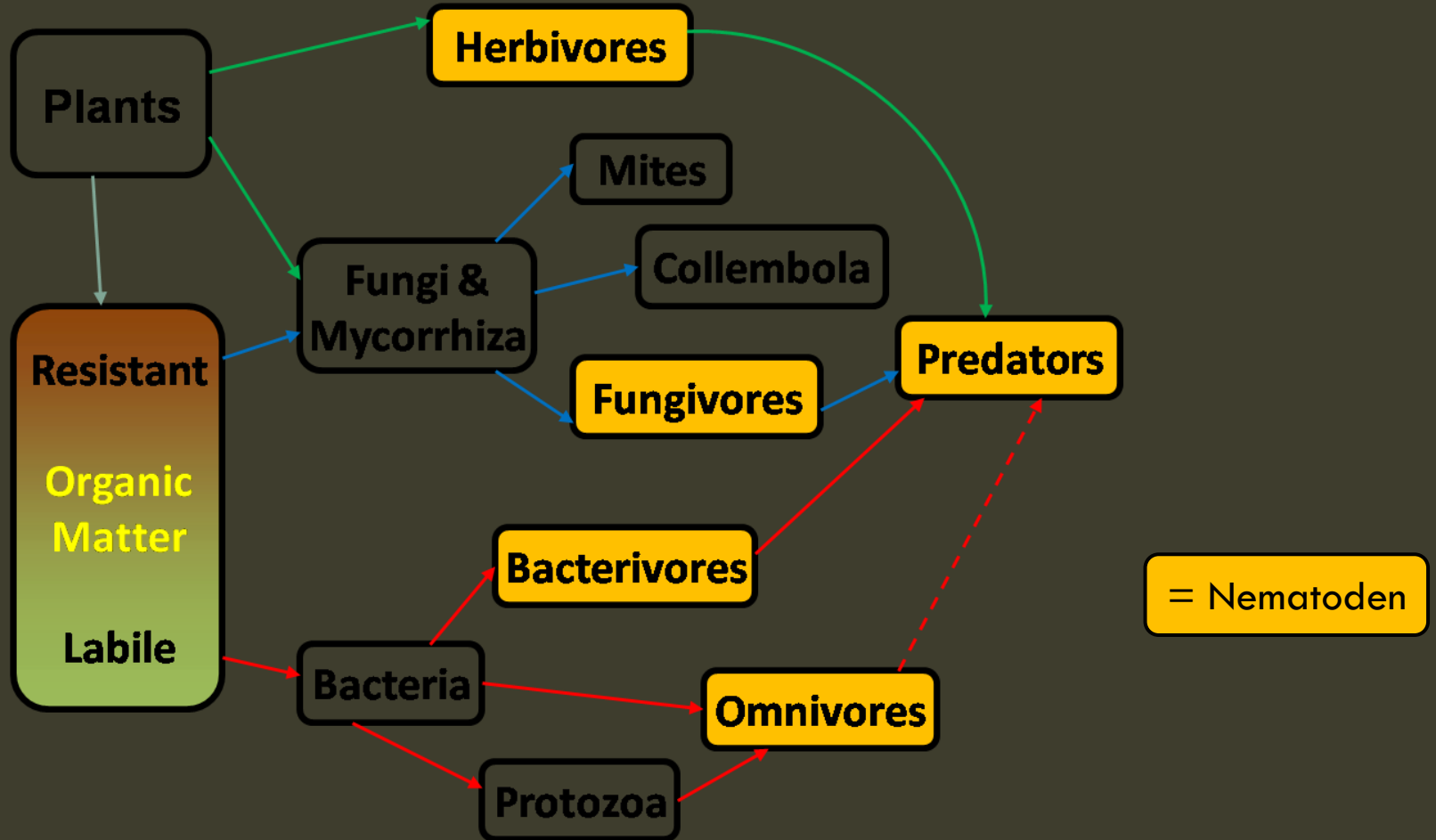
Bodemvoedselweb



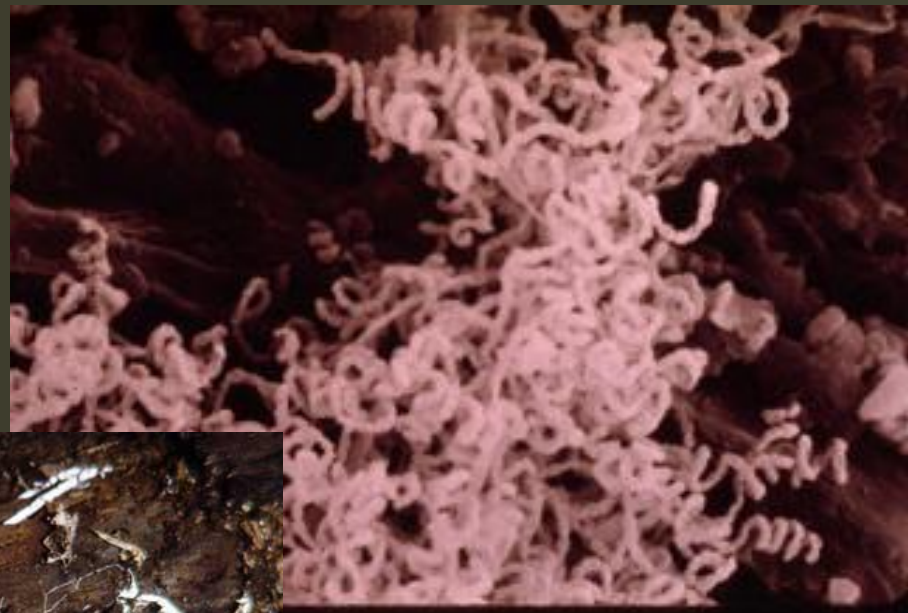
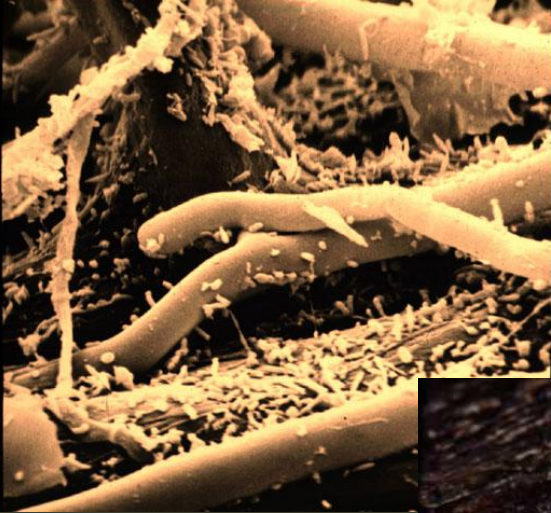
Bodemvoedselweb



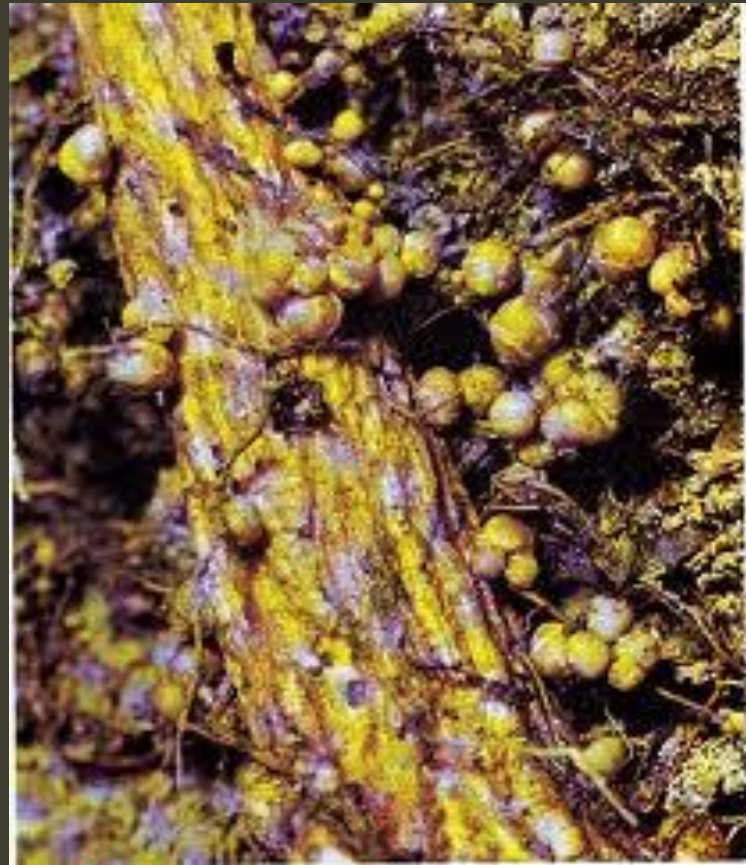
Bodemvoedselweb



Microflora: Bacterien, schimmels en actinomyceten



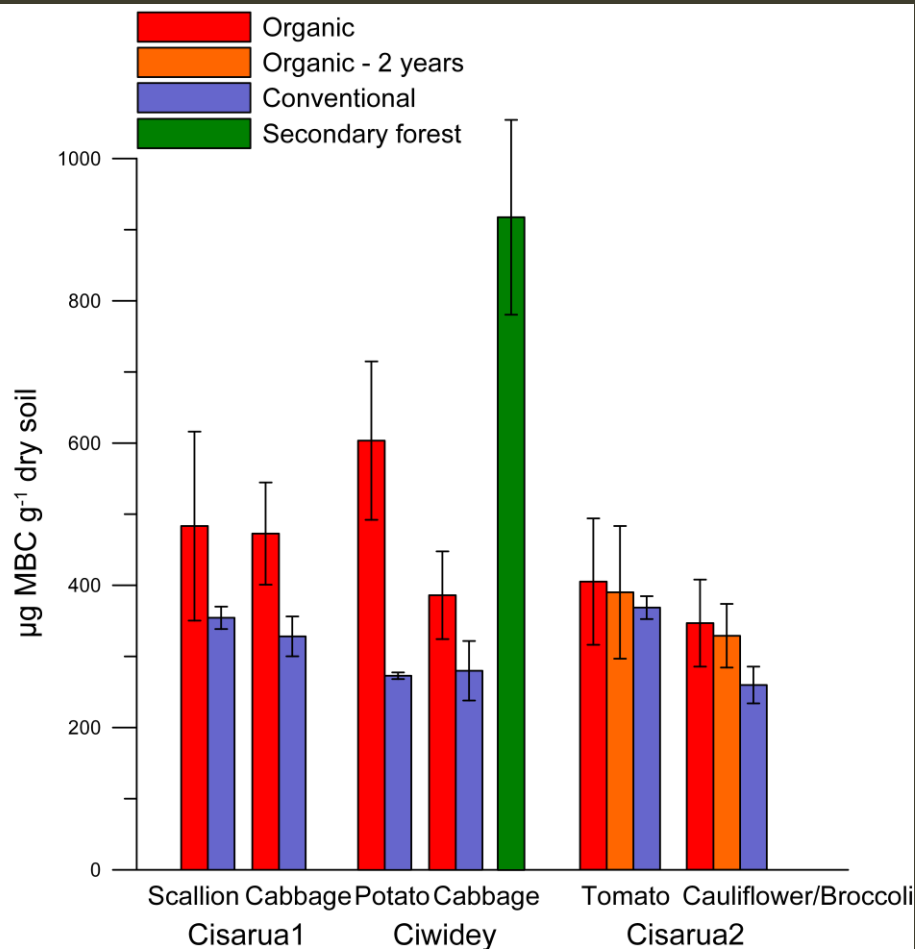
Rhizobia



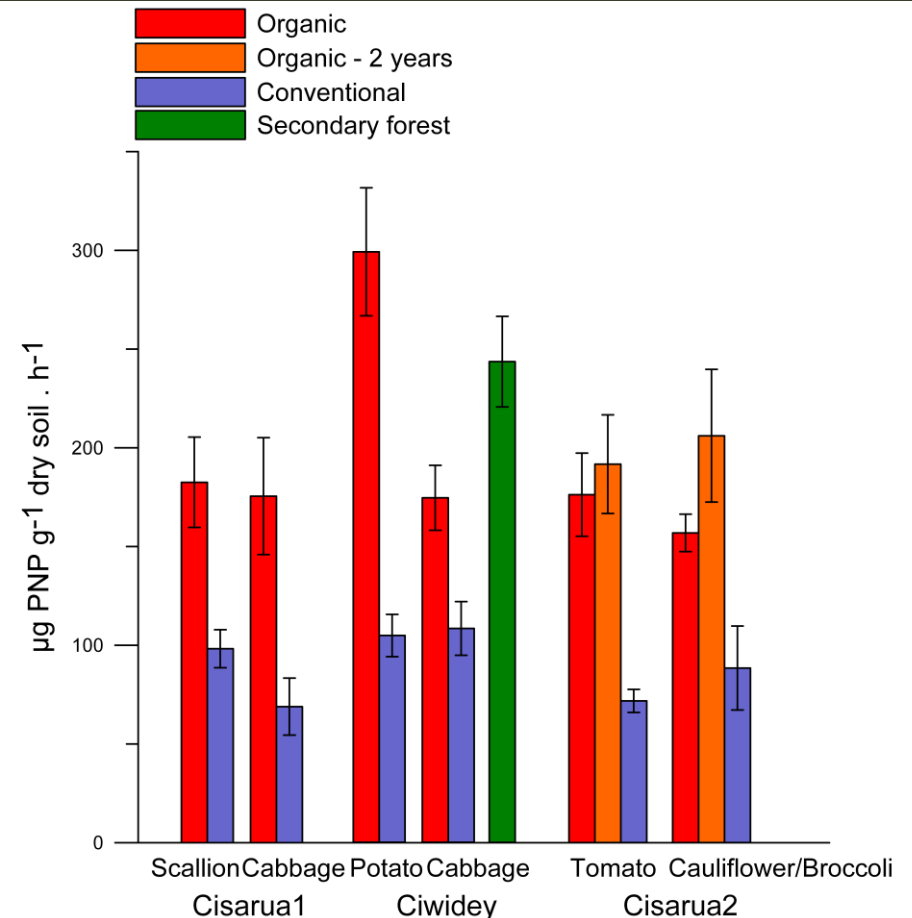
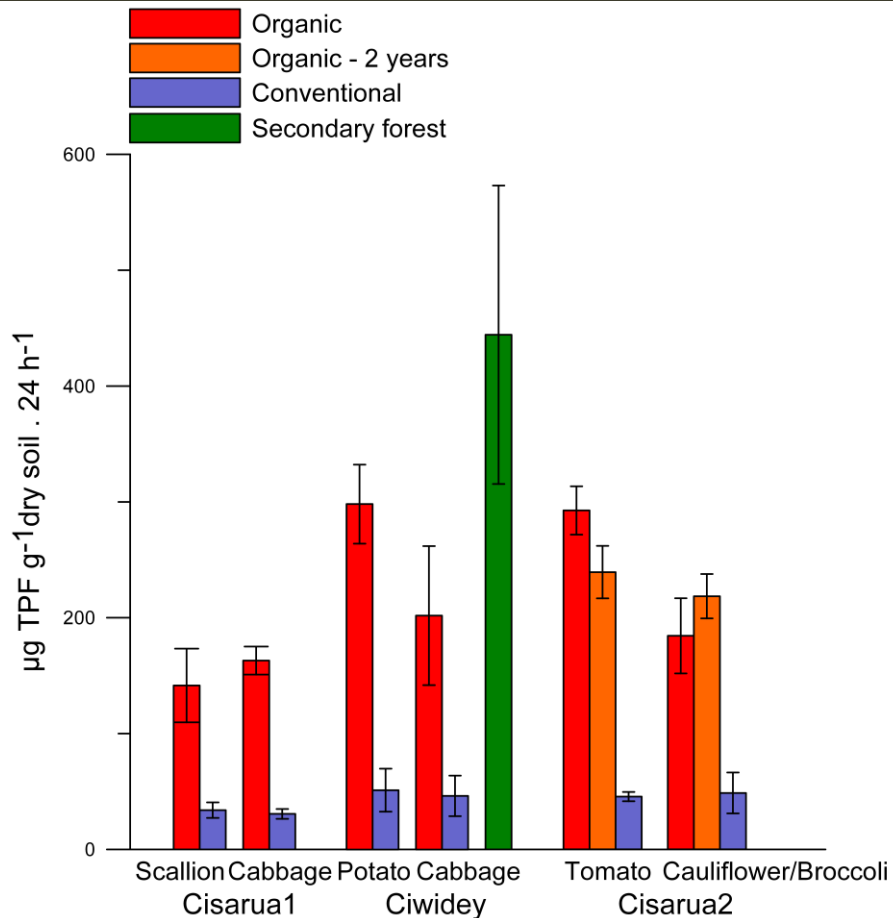
Microflora - eigenschappen

- Basis van het voedselweb: afbraak van.. alles!
- Vooral heterotrophen – verschillende voedingsmechanismen maar groot overlap
- Schimmels vooral betrokken bij afbraak van houtig materiaal (lignine & lignocellulose)
- Biomassa = 1-5 t/ha > rundvee op zelfde grond!!
- Bacterien: mineralisatie van 20-140 kg N/ha/jr
- Schimmels: 1-24 kg N/ha/jr (maar ook indirecte gunstige effecten van mycorrhiza op planten groei)
- Productie van groei-vorderend plant hormonen..

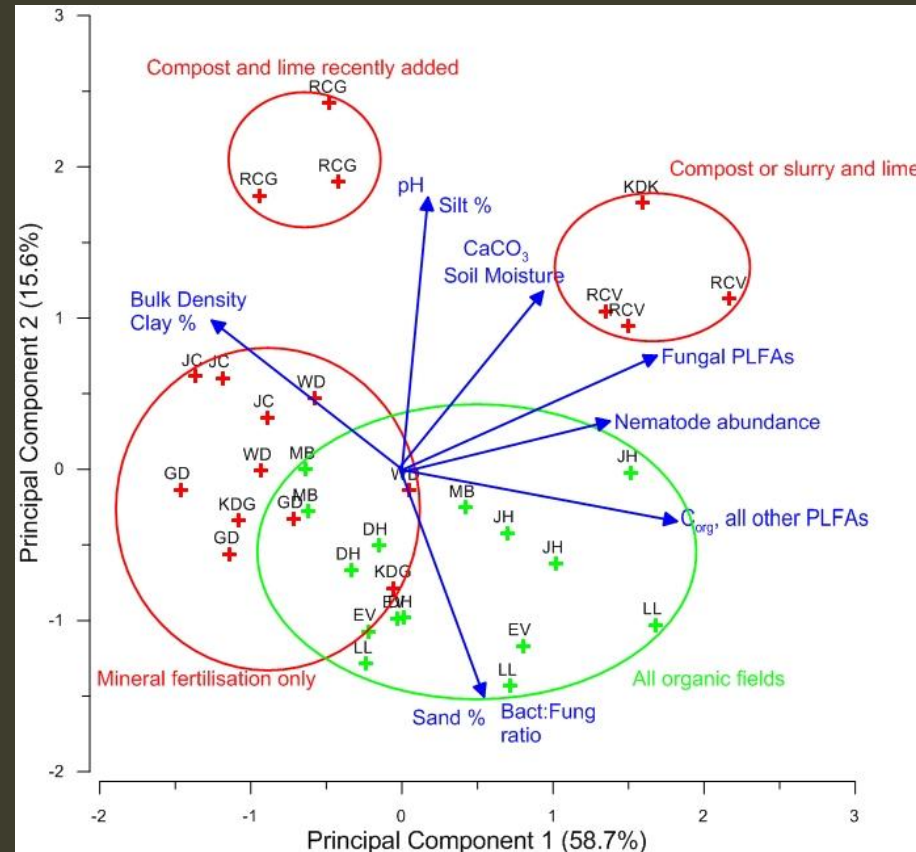
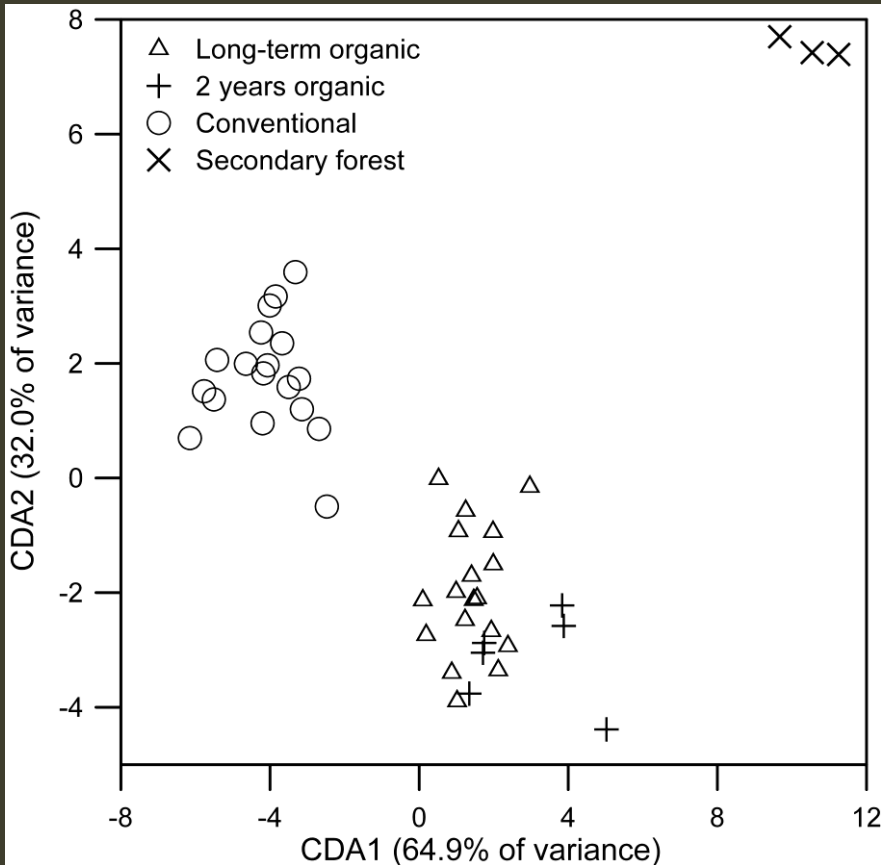
Microbiële biomassa



Microbiële activiteit (enzymen)



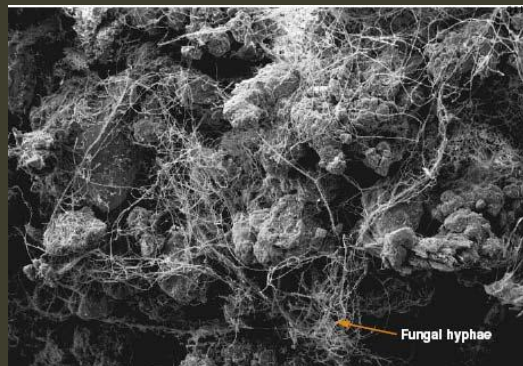
Microbiële gemeenschappen



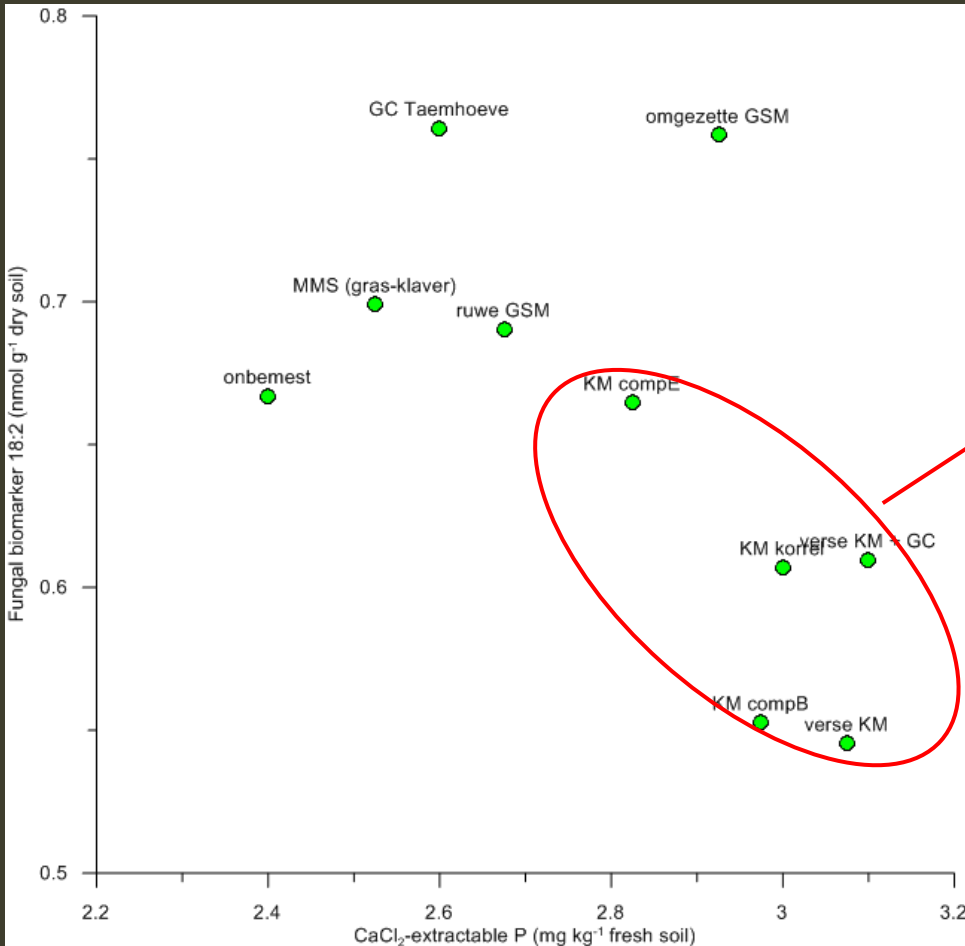
Moeilijk om te interpreteren..

Schimmels

- Altijd aanwezig maar toch gevoelig aan bemesting: minder schimmel biomassa met te veel N, maar vooral met meer P
- Schimmel biomassa gecorreleerd met organisch stof gehalte & weide ouderdom (koewieides)



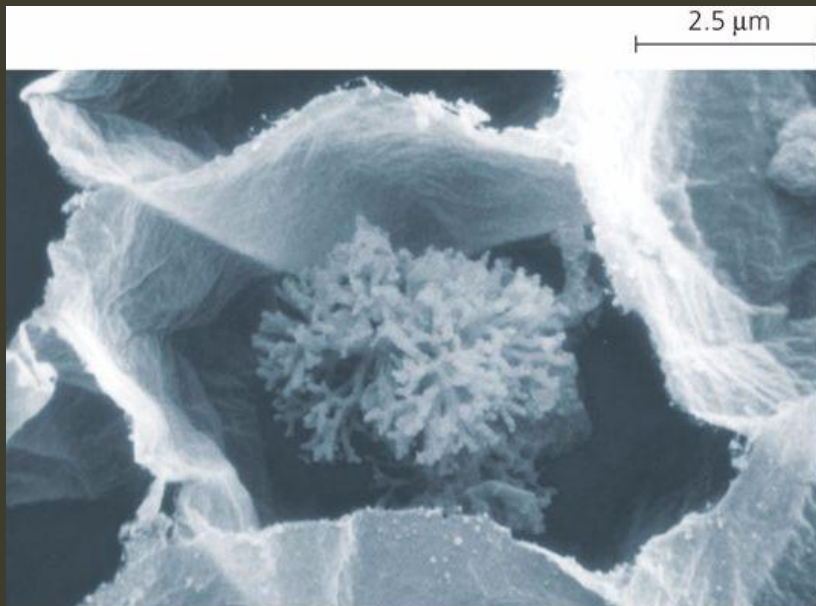
Schimmels in verschillende compost producten



Met kippenmest (KM) =
meer P = minder schimmels!

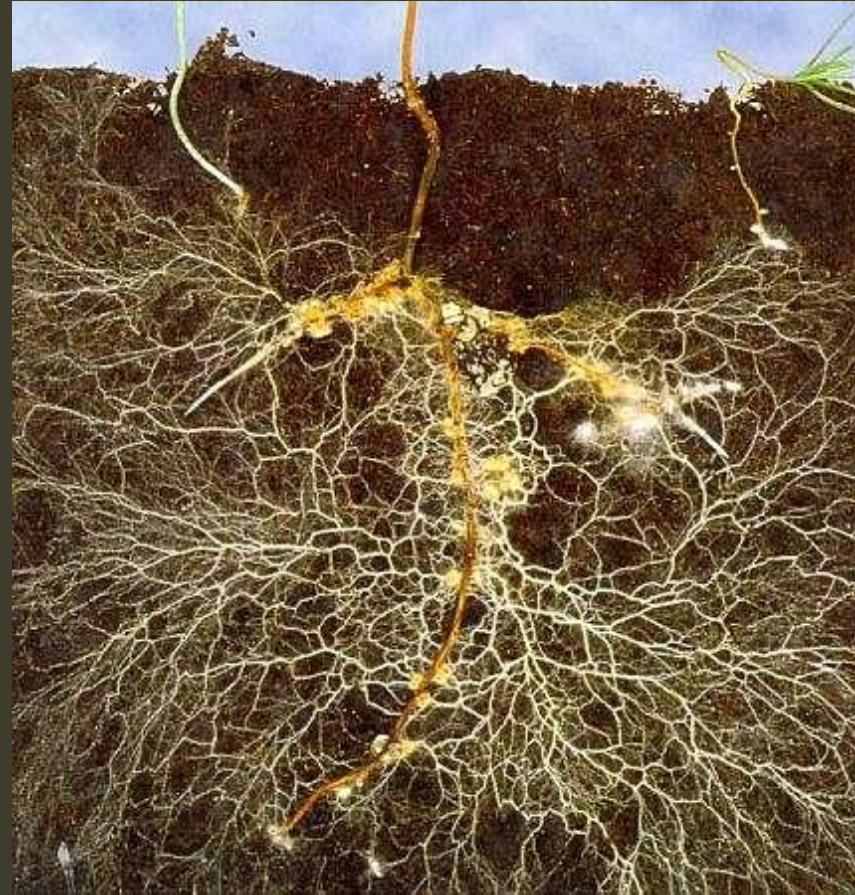
Mycorrhiza schimmels

- Moeilijk om in kaart te brengen & bestuderen
- Nog moeilijker om te beheeren
- Gevoelig voor bemesting (vooral P)
- Rol in landbouw?



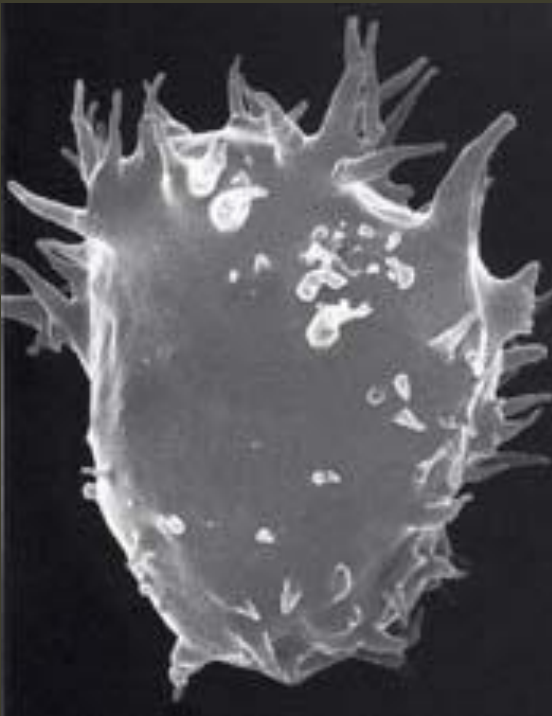
Gunsitge effecten van mycorrhiza:

- beschermen gewassen tegen ziektes (meeldauw, Fusarium, Phytophthora, Rhizoctonia)
- verhogen opname van P en spoorelementen (Zn, Cu..)
- verminderen nitraat uitspoeling
- Betere gewasgroei in periodes van droogte
- Betere resistentie tegen verzilting



Eencelligen of Protozoa

- Worden amper bestudeerd..
- Maar voeren het grootste deel van nutriënten cyclii uit!!



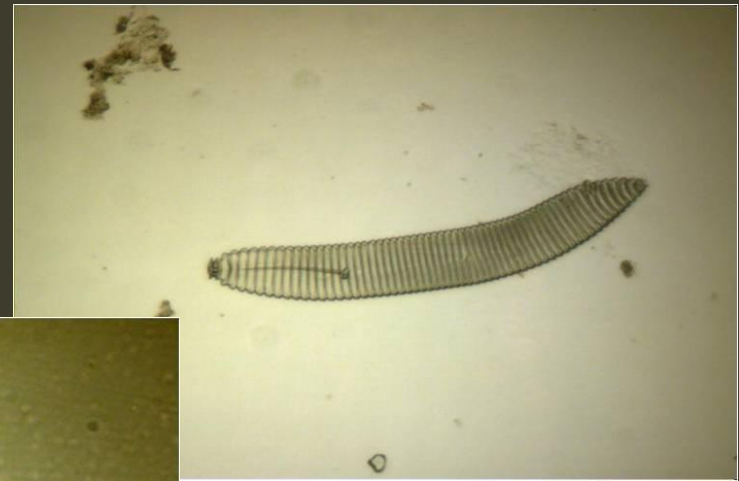
Nematoden

- Talrijk
- Zeer divers (morfologisch)
- Makkelijk te extraheren (in water)
- Makkelijk te determineren (doorzichtbaar)
- Verschillende voedingsmechanismen – centraal belang in voedselweb



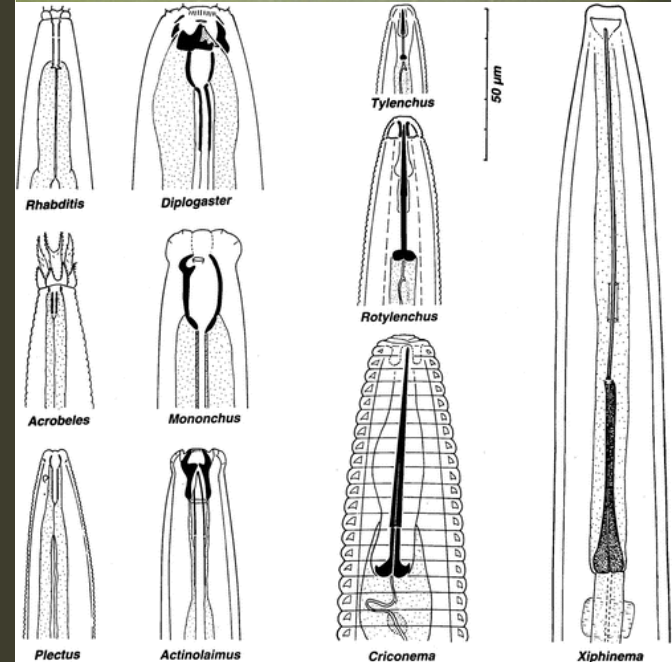
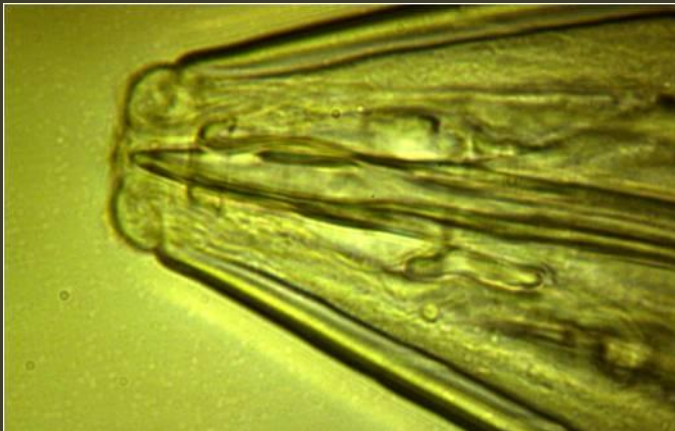
Nematoden

□ Determinatie - lichaamsvorm



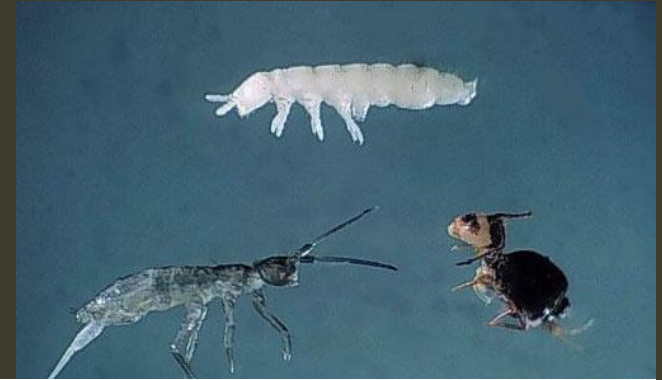
Nematoden

□ Determinatie – mondstuk → voedingsmechanisme



Microarthropoden

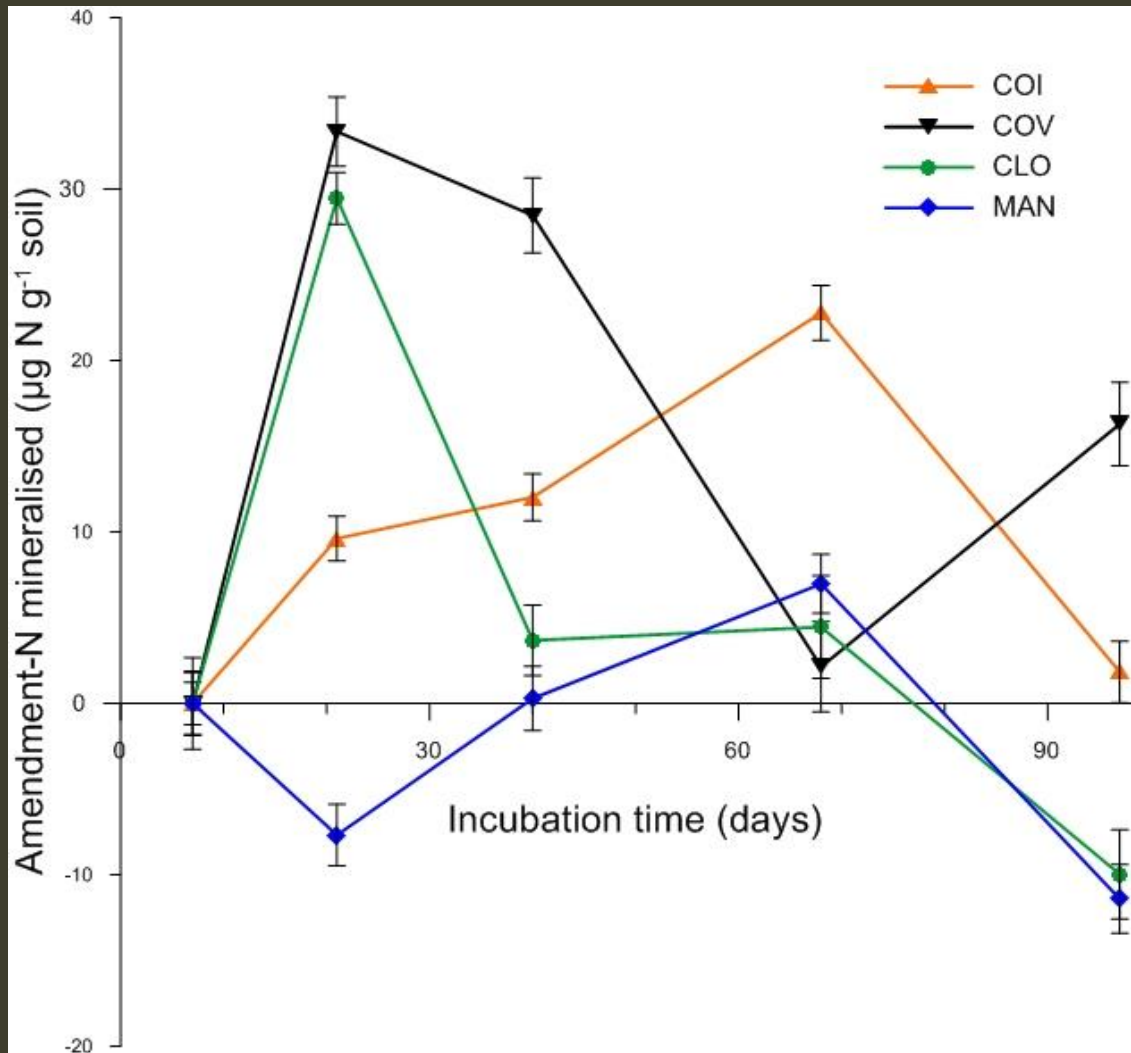
- Springstaarten – eten meestal schimmels
- Mijten – van bacteria tot nematoden
- Roofmijten: de top predatoren van de bodemvoedselweb



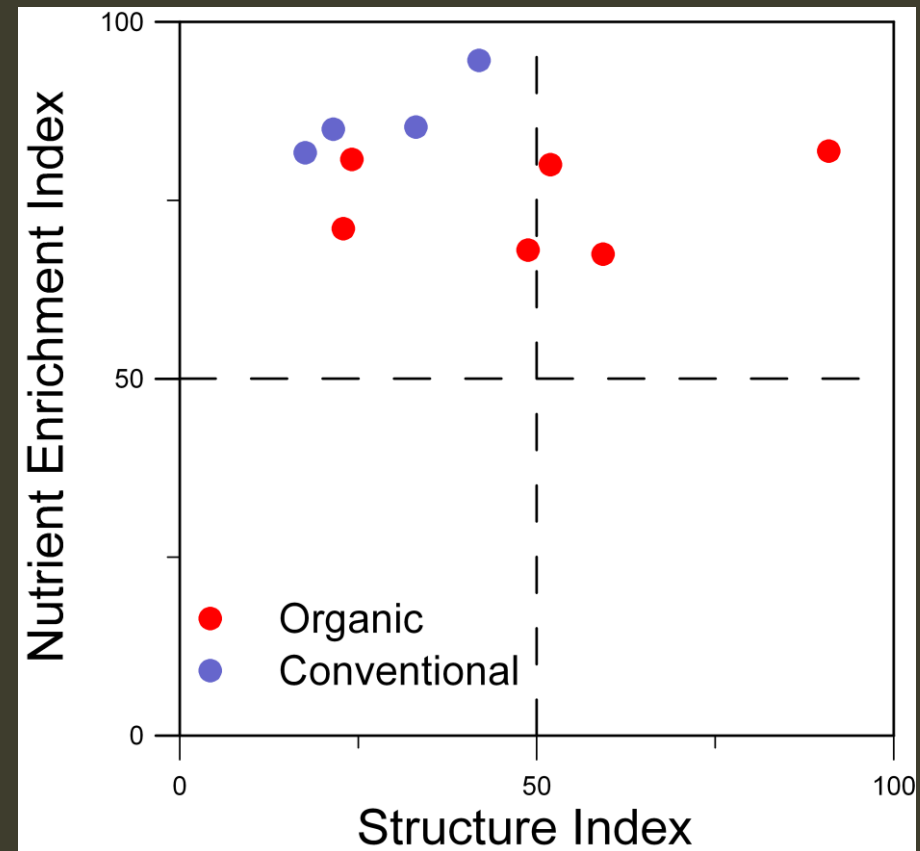
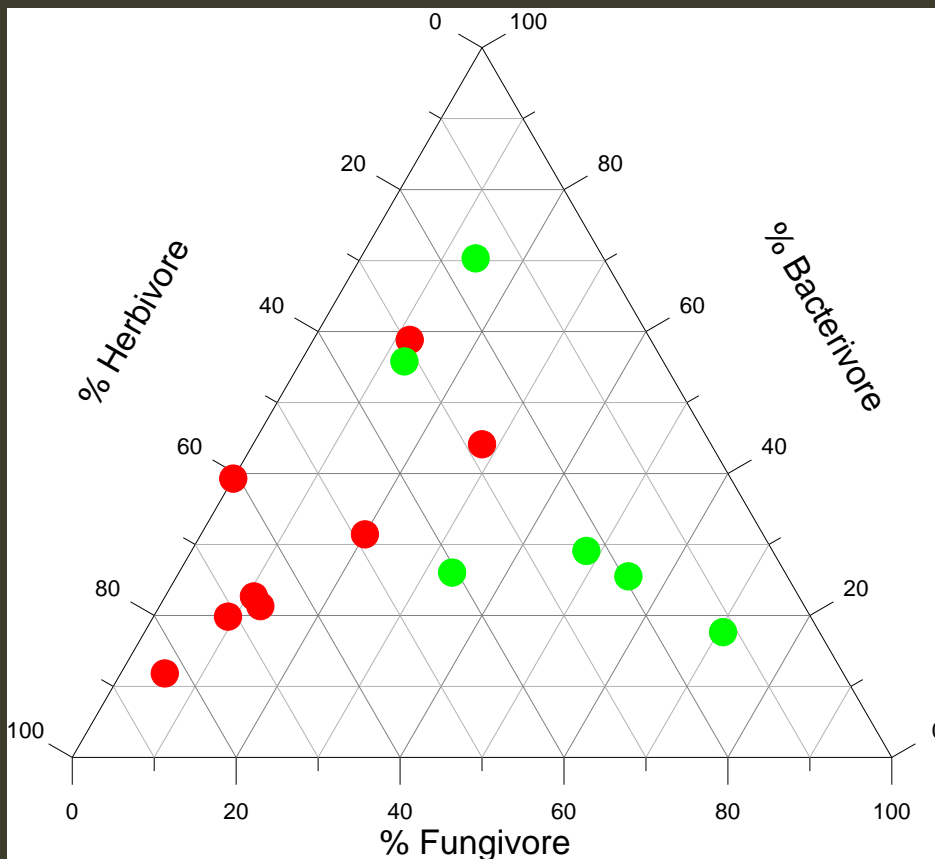
Bodemfauna & nutriëntenkringlopen:

- Manieren dat fauna N mineralisatie verhoogd:
 - Plant-beschikbaar NH_4 in excrementen
 - Stimulatie van microbiële gemeenschappen → meer mineralisatie
 - Verspreiding van microorganismen door bodem
- In het algemeen wordt ca. 80% van mineralisatie uitgevoerd door microbiële massa, ca. 10-15% door protozoa, en de rest door alle fauna samen..

N mineralisatie door nematoden:



Nematoden als Indikatoren



Regenwormen: 'keystone species' (sleutel soort)



Regenwormen: 'keystone species' (sleutel soort)

- Darwin experiment (1881): oplossing van ijzer oxide mineralen door enzymen in darm van regenwormen!
- Verschillende sorten wormen versnellen transformatie van klei mineralen!
- Goed grasland: >100 wormen/m² = 1 t/ha
- Bewerken 2-15 t/ha/jr grond, gelijk aan een flux van 10-74 kg N/ha/jr
- 2-15% van toegevoegde OS gaat door wormen heen, brengen gemiddeld 40 t/ha/jr excrementen naar oppervlakte = 0.4 cm extra bodem per jaar!
- Wormen excrementen leveren $<10\%$ van N van gewassen, maar tot 50% van opgenomen P (prairie grasland..)

Regenwormen -

- Verhoogde mineralisatie door wormen enkel duurzaam wanneer er regelmatig inputs van OS en vooral N (bvb door fixatie) gebeurd
- Helpen bij afbraak van organische vervuiling maar verhogen ook plant opname van zware metalen!
- Maar verhogen CO₂ emissies van grond, en ook stikstof gas (N₂O 37% hoger)...

Regenwormen (*L. terrestris*) – fysische effecten

- Enige fauna in bodem die effectief porositeit creert
- Verhogde infiltratie van water
- Productie van stabiele aggregaten
- → minder erosie
- Verhogde water retentie in bodem



Regenwormen – gezondheid effecten?

- Verhogde bescherming tegen plant-parasitaire nematoden
- Sommige studies vonden hogere N gehalte in granen met inoculatie van regenwormen
- *Lumbricus terrestris* positieve invloed op bacterien die vitamine B₁₂ maken → hogere opbrengst van gerst

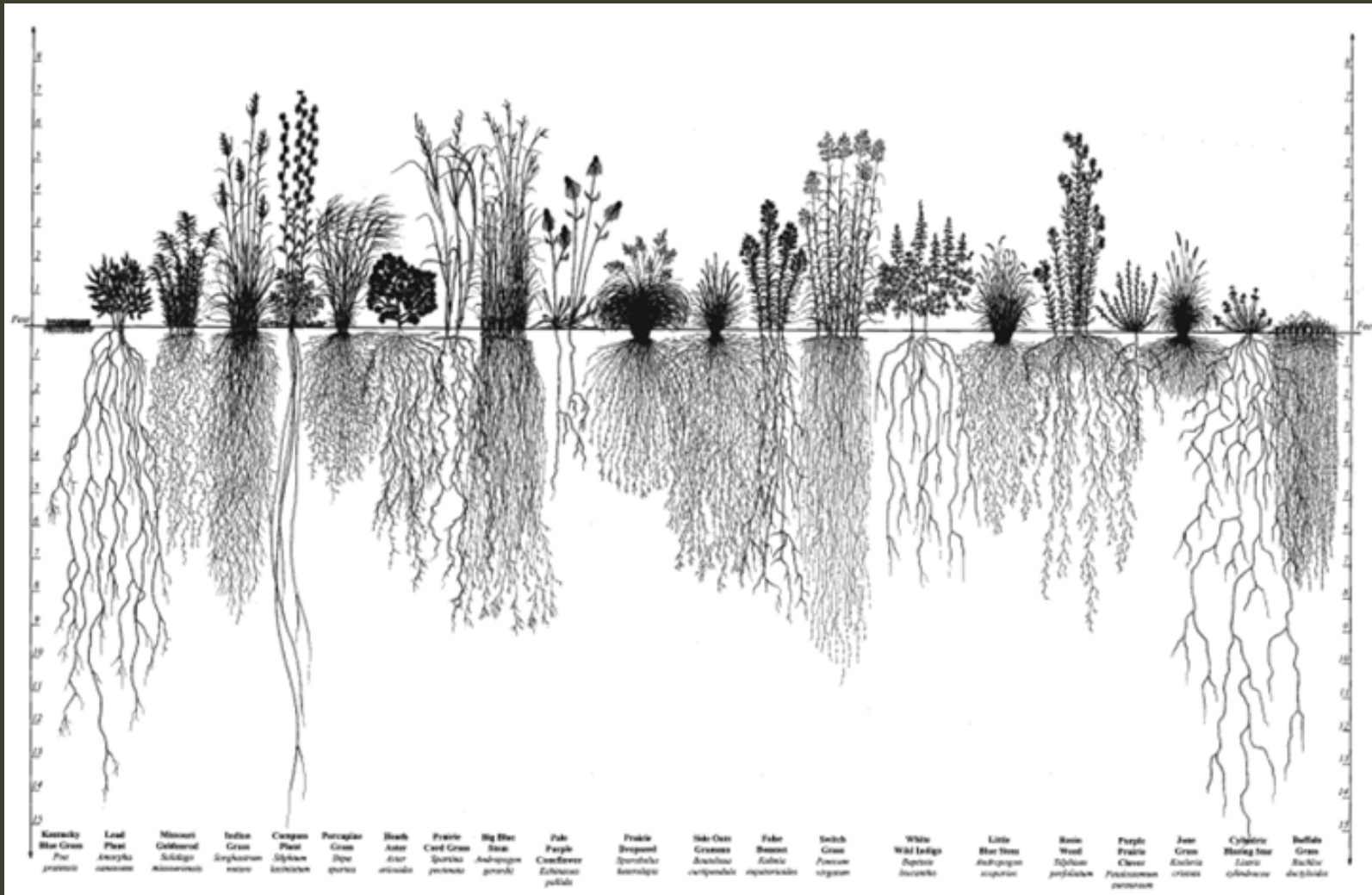
Permanent grasland: een ecologisch ideaal?



Photograph by Jim Richardson

Our Good Earth
National Geographic, September 2008
© 2008 National Geographic Society. All rights reserved.

Grassen: wortelwereld!



Akkers vs. grasland (NL meetcampagne)

- Bacteriele biomassa 50-100% hoger in grasland dan in akkerbouwgrond
- Meer nematoden, regenwormen
- Waarom??
 - Ander voedselweb: constante aanvoer van wortel exudaten in grasland = goed voedsel
 - Geen storing van bodem habitat
- Grasland omploegen = snelle achteruitgang van biota, vooral regenwormen
- Met inzaaien van gras(klaver) duurt herstel toch nog meerdere jaren (3-5 voor meeste groepen)

Positieve cyclus tussen plant (wortels), bodem & bodemleven:



Opbrengst (& oogstresten)
Opname van nutriënten
Beworteling



Bodemleven:
• Voedsel
• Habitat



Bodemstructuur
Nutriënten kringen
Water regulatie

Toekomst perspectieven

- Minder zware landbouwmachines?
- Minder grondbewerking
- Onderzaaien van groenbemesters?
- Permanente grond bedekking?
- Nog betere (organische) bemesting, ook voor bodem biota
- Microbiele (zaad)inoculanten?

➔ Experimenteren!!

A microscopic image of plant tissue, likely a stem or root, showing cellular structures and vascular bundles. The tissue is stained, highlighting various components. Overlaid on the image is red text. The background is a light, textured surface with numerous small, dark, circular spots, possibly representing individual cells or debris.

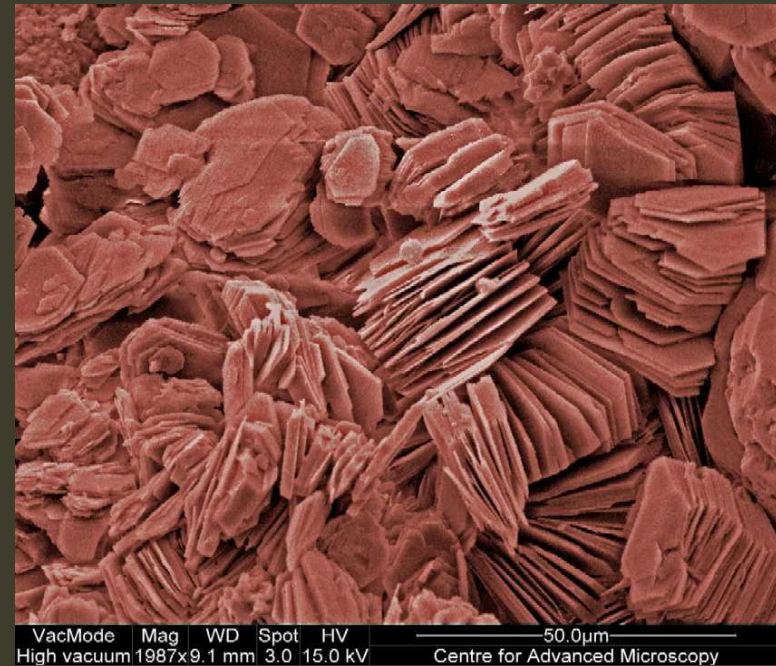
Dank U!!

David Buchan

ecolodave@hotmail.com

Minerale kwaliteit:

- Klei zeer bepalend



Bodemstructuur: aggregaten

