

Bodemleven: Bekend maakt bemind

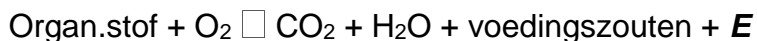
Het onbekende bodemleven

"Onbekend maakt onbemind" zegt men en dat geldt zeker voor het **bodemleven**. Je kent het beeld van meeuwen achter de ploeg vast wel. Wat hebben ze daar te zoeken: bodemdiertjes en vooral wormen. Op sommige perceeltjes is echter "dode" grond. Daar zie je maar heel weinig of geen meeuwen.

We hebben meer met het bodemleven te maken dan we ons vaak realiseren. Hoewel grotendeels onzichtbaar is het bodemleven van bijzonder belang voor onze landbouw.

Elk jaar weer worden op elke hectare duizenden kilo's organische stof geproduceerd. Na afsterving verdwijnt dit alles weer praktisch spoorloos, maar in werkelijkheid is hier een leger bodemorganismen aan het werk geweest.

Het bodemleven voorkomt zo de opstapeling van afvalproducten en breekt ze af tot kleine bouwstenen die opnieuw ingezet kunnen worden bij de opbouw van plant of dier. Dank zij deze omzettingen - dit **mineralisatieproces** - kunnen bijna alle voedingsstoffen een kringloop doormaken en kan een beperkte hoeveelheid voedingsstoffen eindeloos dienst doen als dragers van het leven.



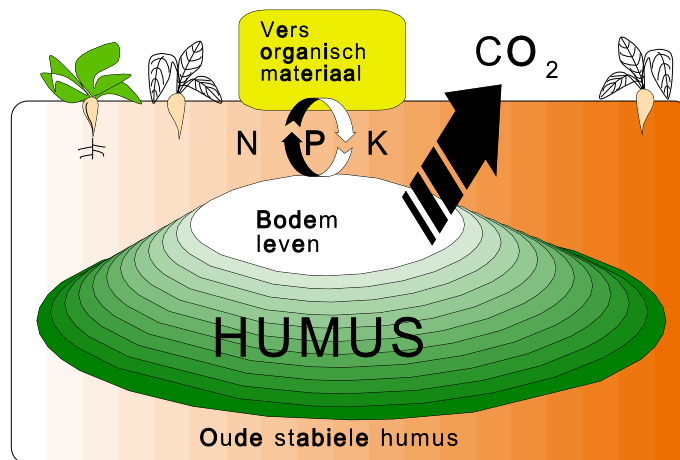
Van processen zoals mineralisatieproces bodemleven maken weer dankbaar het inwerken van groenbemesters, mest, stoppelresten

Vaak kennen we problemen die bodemleven naar komen, zoals de

met parasitaire aaltjes of problemen met bepaalde ziekten zoals de aantasting van aardappelen met aardappelschurft. Maar weet je dat er in de bodem allerlei natuurlijke vijanden van deze ziekteveroorzakers leven? Beregenen tegen aardappelschurft bijvoorbeeld helpt vooral zo goed, omdat je daarmee een hele horde micro-organismen rond de aardappel activeert, die de schurftaantasting tegenwerkt.

Of denk eens aan de aantasting van aardappelen door de schimmel Rhizoctonia (lakschurft). Ook deze schimmel wordt in toom gehouden door mede-bodembewoners, waarvan de schimmel *Verticillium biguttatum* het bekendst is geworden. Deze wordt nu toegepast om Rhizoctonia te bestrijden.

Het bodemleven biedt een schat aan waardevolle mogelijkheden om ons in het plegen van landbouw te ondersteunen.

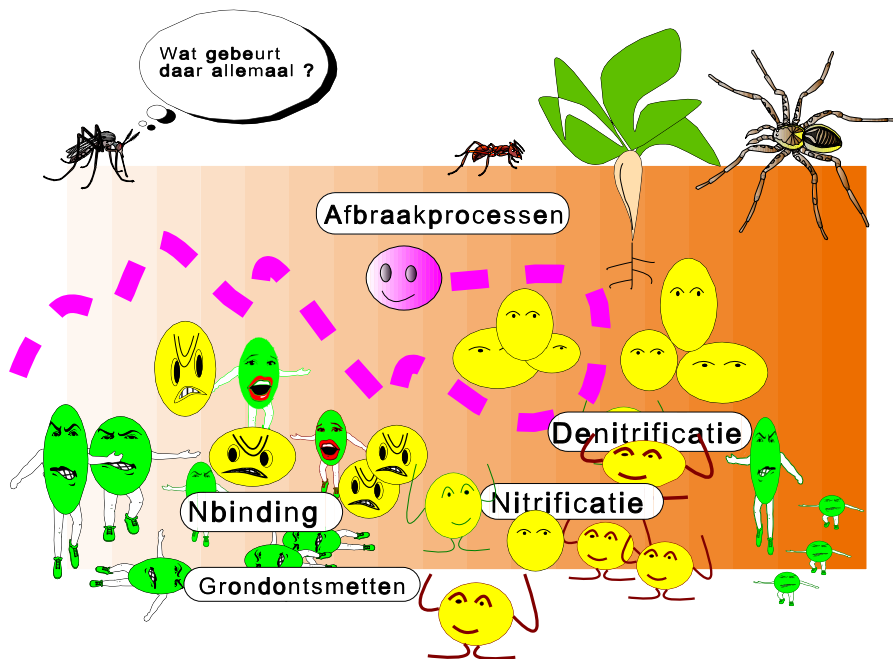


dit door het we steeds gebruik bij dierlijke enz.

slechts de vanuit het voren problemen

Het speelt een grote rol bij

- afbraak van stoffen
- de vorming van humus
- allerlei kringlopen
- de voeding van de gewassen door beschikbaar maken van stikstof, fosfaat enz.
- het beperken van ziekten en plagen
- de opbouw van de structuur van de grond
- een goede groei van de gewassen
- enz.



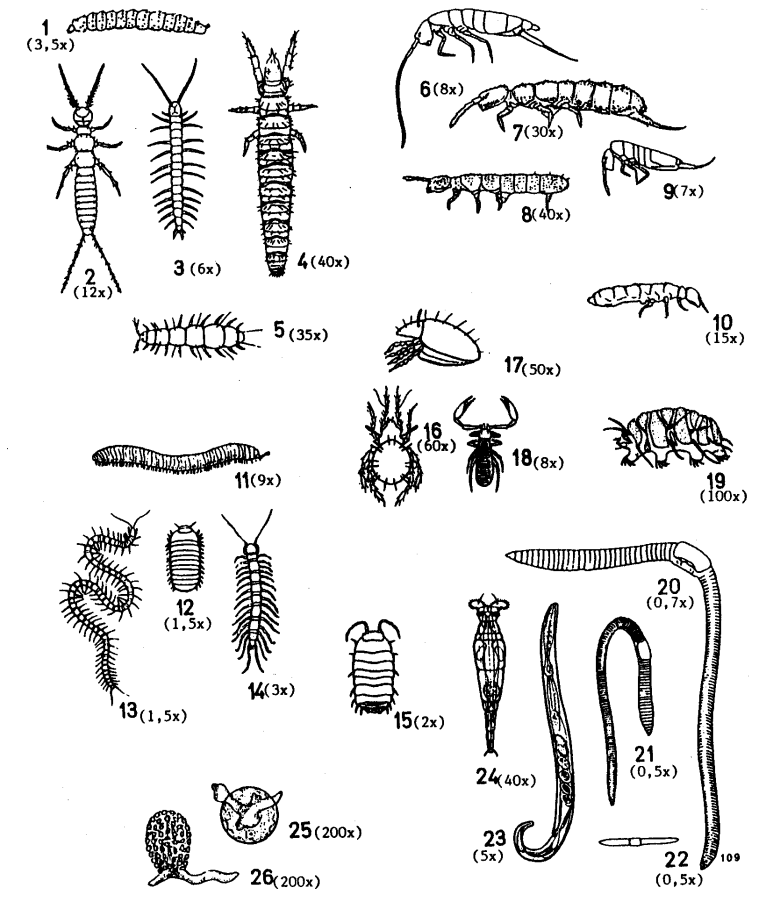
Niet alleen de landbouw, maar ook andere terreinen van ons leven profiteren van bodemorganismen. De medische wetenschap heeft bodemorganismen benut om tot de synthese van antibiotica te komen, zoals streptomycine. Andere groepen van bodemorganismen worden

speciaal geïsoleerd en ingezet om bepaalde chemische verontreinigingen of moeilijk afbreekbare stoffen toch af te breken.

Voor ons is het van belang te weten wat het bodemleven voorstelt, hoe we het kunnen stimuleren en hoe we onze teelttaktiek moeten aanpassen om maximaal profijt van het bodemleven te hebben in een gezonde landbouw.

De meest voorkomende bodemorganismen

Opm.: De niet in het schema opgenomen mikro-organismen (bacteriën, schimmels en stralschimmels) zijn alle oplossers, terwijl de grotere bodemdieren (bijv. de mol) roofdieren zijn.



Nr.	bodemdier	omzetting strooisel
1	Muggelarve (o.a. emelt)	kauwer
2, 3, 4	Dwergduizendpoot	kauwer
5	Miljoenpoot	kauwer
6, 7, 8, 9, 10	Springstaart	kauwer
11, 12, 13, 14	Duizendpoot	kauwer
15	Pissebed	kauwer
16, 17	Mijt	kauwer
18	Bastaardscorpioen	kauwer
19	Beerdiertjes	kauwer
20, 21, 22	Gordelwormen (o.a. regenwormen)	slikker
23	Draadworm (aaltjes)	slikker
24	Raderdiertjes	?
25, 26	Amoeben	Oplosser

Multifunctionaliteit en zorgplicht

In 1986 is de Wet Bodembescherming van kracht geworden. Onder bodem wordt daarin verstaan

" het vaste deel van de aarde met de zich daarin bevindende vloeibare en gasvormige bestanddelen **en organismen** "

Uitgangspunt van deze wet is het handhaven en herstellen van de "**multifunctionaliteit**" van de bodem. Dit houdt in dat de wijze waarop de bodem nu wordt gebruikt geen belemmering mag vormen voor een anderssoortig gebruik in de toekomst.

Effecten van het huidige gebruik, die een overgang naar een andere vorm van bodemgebruik zouden kunnen belemmeren, moeten binnen een redelijke termijn kunnen verdwijnen. Men houdt hiervoor de termijn van 2 jaar aan.

Daarnaast is er in de Wet Bodembescherming sprake van de "**zorgplicht**".

"Ieder die op of in de bodem handelingen verricht (...) en die weet of redelijkerwijs had kunnen vermoeden dat door die handelingen de bodem kan worden verontreinigd of aangetast, is verplicht alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van hem kunnen worden gevergd, teneinde die verontreiniging of aantasting te voorkomen, dan wel indien die verontreiniging of aantasting zich voordoet, deze zoveel mogelijk te beperken en de gevolgen daarvan zoveel mogelijk te beperken en ongedaan te maken."

Dit betekent, dat iedere bodemgebruiker de zorg heeft om de aantasting van de bodem, met inbegrip van het grondwater en de daarin voorkomende organismen, zoveel mogelijk te beperken.

Voor ons agrarisch handelen hebben de uitgangspunten in deze wet belangrijke gevolgen:

- De overgang van landbouwgebied naar andere vormen van gebruik (bijvoorbeeld natuurgebied) moet binnen een redelijke termijn mogelijk blijven
- Van degenen die de bodem landbouwkundig gebruiken mag een zekere, uiteraard binnen de grens van het mogelijke, **zorg voor het bodemleven** worden verwacht.

Voor de realisatie van deze uitgangspunten moet een antwoord worden gegeven op vragen als

"welke bestrijdingsmiddelen kunnen worden gebruikt?.... in welke hoeveelheid?
.... en hoe vaak?"

Dezelfde vragen kan je stellen bij de grondbewerkingen en de bemesting.

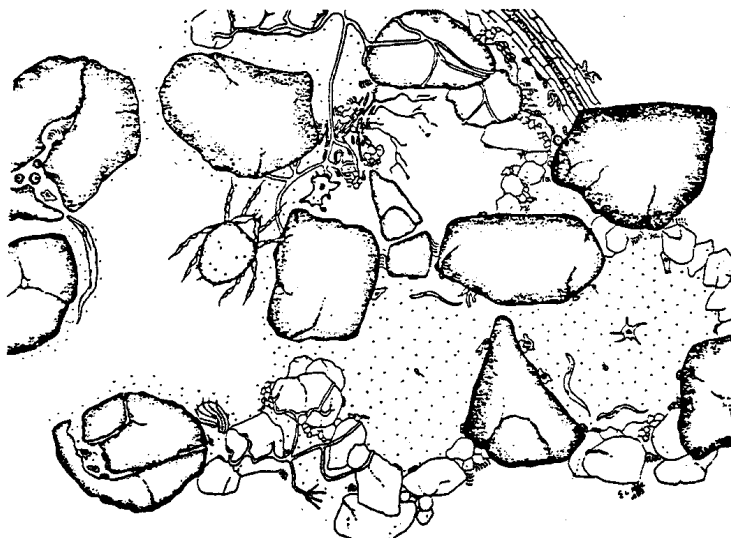
Bodembewoners

Het bodemleven wordt grofweg ingedeeld:

- in de bodemflora en de bodemfauna (resp. het plantenrijk en het dierenrijk).
- van klein naar groot in micro-, meso-, macro- en mega-organismen

Bodem organismen	Voorbeelden:	
	Bodem flora	<p>Bacteriën Rhizobium bij wortelknolletjes</p> <p>Actinomyceten Schurft op aardappelen</p> <p>Schimmels Rhizoctonia</p> <p>Algen Blauwwieren aan het grondoppervlak</p>
	Bodem fauna	<p>Micro-fauna Protozoën, eencellige diertjes</p> <p>Meso -fauna Aaltjes, mijten, springstaarten</p> <p>Macro-fauna Wormen, slakken, kevers ...</p> <p>Mega -fauna Mollen, muizen ...</p>

De aantallen organismen in de grond lijken omgekeerd evenredig met hun grootte. In een gram grond kun je wel 600.000.000 bacteriën aantreffen, maar slechts 1.500.000 eencellige diertjes (protozoën) en niet veel meer dan 30 aaltjes (nematoden).



De micro-organismen zitten daar waar hun levensomstandigheden goed zijn...

- In de bouwvoor vanwege de organische stof (gewasresten)
- In grond met een goede structuur (vocht en lucht) en voldoende voedsel
- In de **rhizosfeer** (letterlijk wortel-sfeer, dus tegen de wortel aan) omdat de plant hier veel stoffen afgeeft, die het bodemleven kan gebruiken. In de rhizosfeer zitten wel 100x tot 1000x meer bacteriën dan erbuiten.

Laagdiepte in cm	Bacteriën		Actinomyceten	Schimmels
	aeroob	anaeroob		
A1 3-8	7800	1950	2080	119
A2 20-25	1800	379	245	50
A/B 35-40	472	98	49	14

Duidelijk is de overweldigende aanwezigheid (boven)in de bouwvoor. Hier vinden de biologische processen zoals humificatie en mineralisatie op grote schaal plaats. Bij het opstellen van een organische stof balans rekenen we daarom alleen met humus in de bouwvoor.

Deze verdeling van micro-organismen in de bodem verklaart ook de aarzeling bij veel biologische akkerbouwers om dieper te ploegen dan strikt nodig is. Dieper ploegen betekent immers dat actief bodemleven, betrokken bij structuuropbouw en het in evenwicht houden van bepaalde bodemgebonden ziekten, in de diepere lagen jaarlijks wordt gesmoord!

Bodemflora

De flora wordt vertegenwoordigd door de bacteriën, actinomyceten, schimmels (fungi) en algen.

De levende bodemmassa (biomassa) bestaat uit ...

40 % bacteriën en actinomyceten

40 % schimmels en algen

12 % regenwormen

5 % grote bodemdieren (mieren, pissebedden, slakken, enz.)

3 % kleine bodemdieren (protozoën, aaltjes, mijten, enz)

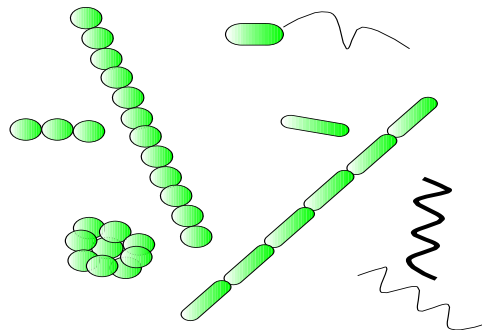
Door de enorme aantallen en verscheidenheid in de grond vervullen de micro-organismen een grote rol in vele belangrijke processen, in samenwerking met hogere planten en dieren in de grond.

Je weet al dat zij verantwoordelijk zijn voor de afbraak van organische stoffen, mineralisatie genoemd. De grotere bodemdieren verkleinen het materiaal en maken zo het aangrijpingsoppervlak voor de bacteriën, actinomyceten en schimmels veel groter. Deze zetten de organische stof met zuurstof om in koolzuur en zouten.

Bacteriën

De bacteriën zijn ééncellig en zo klein als kleiplaatjes (circa 1 μm). Zij komen voor in vele soorten en vormen. De vorm kan variëren van bolletjes (coccen), staafjes (bacillen), boogjes (vibrio's of komma-bacteriën) tot spiraalvormige bacteriën (spirillen).

Sommige bacteriën vormen ongunstige omstandigheden. Een gewone bacterie sterft af (pasteuriseren), maar een pas bij verhitten tot 120 $^{\circ}\text{C}$



sporen, die overleven. bij 75 $^{\circ}\text{C}$ spore sterft (steriliseren).

Bacteriën vermeerderen zich simpelweg te delen, waardoor onder de microscoop kunt

trio's of soms hele snoeren bacteriën. Als je ze kweekt op een voedingsbodem ontstaan zichtbare hoopjes bacteriën. Onder gunstige omstandigheden deelt een bacterie zich elk half uur, waardoor uit 1 bacterie na 2 uur 16 bacteriën, maar na 15 uur reeds 1 miljard bacteriën kunnen ontstaan.

Een gram goede grond bevat miljoenen bacteriën. Door deze enorme aantallen kunnen zij belangrijke processen doen plaatsvinden, die in de paragraaf "processen" worden toegelicht.

door zich je bacteriën zien als duo's,

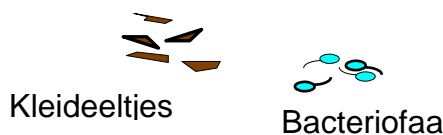
- Een bekend verschijnsel is de **nitrificatie**. Hierbij wordt ammonium (NH_4^+) omgezet in nitraat (NO_3^-). Dit is een sterk verzurend proces.
- Bij de **denitrificatie** onttrekken o.a. Pseudomonasbacteriën zuurstof aan nitraat. Hierbij ontstaat uit nitraat (NO_3^-) eerst nitriet (NO_2^-), dan lachgas (N_2O) en uiteindelijk gewone luchtstikstof N_2 . Dit gebeurt onder natte, zuurstofarme omstandigheden (anaerobe bacteriën kunnen zonder lucht-zuurstof; aerobe bacteriën hebben lucht-zuurstof nodig).
- In de wortelknolletjes bij vlinderbloemige gewassen zoals erwten zien Rhizobium-bacteriën kans om in samenwerking met de plant **luchtstikstof te binden**. Zo'n samenwerkingsverband waar beide partners van profiteren noemen we symbiose. De plant geeft de bacterie suikers e.d. en de Rhizobium-bacterie geeft de plant gebruiksklare stikstofverbindingen. De aldus gebonden luchtstikstof kan wel oplopen tot meer dan 300 kg N/ha per jaar.
- Andere bacteriën zoals de soort Azotobacter binden de luchtstikstof in hun eentje. Dit noemen we vrije stikstofbinding. Azotobacter moet hiervoor wel geholpen worden aan "licht verteerbaar voedsel" door andere micro-organismen.
- Helaas zijn er ook problemen met bacteriën, zoals bij het **rotten** van aardappelen in een natte grond. Bacteriën van het geslacht Erwinia lossen de celwanden van de aardappelknol op, waardoor een schil met een stinkende natte slijmerige inhoud overblijft.

Actinomyceten

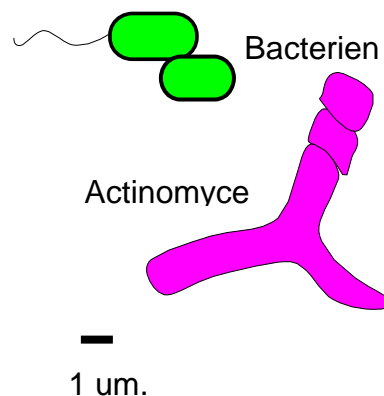
Dit is een groep organismen die bacteriën en schimmels in staat. Zij een dun mycelium (\varnothing hyfen $\frac{1}{2}$ -2 maar zijn nog in principe ééncellig. meerderen zich doordat de uiteinden hyfen in stukjes breken (fragmentatie). Ook kunnen zij sporen

Actinomyceten betrekken hun hoofdvoedingsstof C aan tal van mogelijk cellulose, suiker, vetten, rubber enz. zoveel stoffen kunnen ontleden, zelfs (houtsstof) en humusachtige stoffen), in de natuur een zeer belangrijke rol. Een bijzonderheid bij deze ontleding voor zichzelf vrij weinig N nodig Hierdoor kunnen zij bij de mineralisatie van N een belangrijkere spelen dan schimmels, die voor hun myceliumopbouw zelf veel meer N nodig hebben.

Vergroting 12.500 x



tussen vormen μm .) Zij vervan de vormen.



stoffen: Omdat zij lignine spelen zij is dat zij hebben. rol

Bekende geslachten van actinomyceten zijn: Streptomyces en Frankia.

- De actinomyceet Frankia is bekend van de luchtstikstofbinding in symbiose met Duindoorn en Els.

- In de landbouw is *Streptomyces scabies* bekend als de veroorzaker van de aardappelschurft. Opmerkelijk is dat deze soort in zijn groei sterk belemmerd wordt door de aanwezigheid van andere micro-organismen. Op deze tegenwerking (antagonisme) berust het beregenen van aardappelen tegen schurft.
- In de medische sfeer zijn vele actinomyceten bekend als antibioticaproducten zoals Streptomycine. Dit wordt gebruikt tegen ziekten bij mens en dier. Aan de andere kant kunnen deze actinomyceten ook bij de mens ernstige ziekten veroorzaken zoals tuberculose door *Mycobacterium tuberculosis* of de melaatsheid door *Mycobacterium leprae*.

Schimmels

Als je hout of andere organische stof in een vochtige omgeving laat staan, dan komt er schimmel op, doorgaans met een muffe lucht. Na enige tijd valt het hout uit elkaar: kennelijk heeft de schimmel de cellulose en de andere bouwstoffen grotendeels afgebroken om in zijn eigen C-behoefte te voorzien.

Hun N-behoefte kunnen zij dekken met anorganische zouten (dus met nitraat en ammoniumverbindingen) maar ook wel met eiwitten of bouwstenen daarvan (aminozuren).

Hierdoor spelen schimmels een grote rol bij de afbraak van organische stoffen in de natuur, zoals bij de vertering van gewasresten, stro en groenbemesters.

Schimmels of fungi vormen een vertakt stelsel van draden (hyfen) wat tesamen het mycelium wordt genoemd. De hyfen zijn tamelijk dik met een \emptyset van 3-50 μm .

Zij kunnen zich vermeerderen door afbreken of afsplitsen van stukjes hyfe. Schimmels die zich uitsluitend op deze ongeslachtelijke wijze vermeerderen noemen we tesamen de Fungi imperfecti.

Vele andere schimmels kunnen zich ook geslachtelijk voortplanten. Hiervan zijn de opvallendste de basidiomyceten, die paddestoelen vormen.

Een belangrijk verschil met de bacteriën of met de actinomyceten is dat de schimmels het vooral goed doen onder zure omstandigheden. Op zure gronden spelen schimmels zeker de hoofdrol bij omzettingen van organische stof en de bijbehorende kringlopen. Op neutrale gronden tot basische gronden ($\text{pH} > 7$) zijn de bacteriën en de actinomyceten juist belangrijk.

We kennen schimmels vooral van....

- **Afbraak** van organische verbindingen... cellulose, lignine enz. in strooisellagen in bossen.
- Symbiose met plantewortels door **Mycorrhiza-schimmels**. Deze schimmels leven in symbiose (samen-leven) met de plantewortel. Zij helpt de plant met het opnemen van voedingsstoffen (vooral fosfaat) in ruil voor voedsel.
- **Roofschimmels** levend van aaltjes en amoeben. Een belangrijke vertegenwoordiger is *Verticillium chlamidosporum* die aaltjes vangt (bietecyste-aaltje en wortelknobbel-aaltje). De schimmel *Arthrobotrys conoides* maakt lussen van schimmeldraden waarmee zij aaltjes vangt.
- Vorming van **antibiotica** zoals peniciline door *Penicillium* soorten
- **Plantenziekten** als *Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Fusarium*, Gele roest of Bruine roest in graan, Steenbrand en Stuifbrand

Gisten

Gisten zijn eencellige organismen, die vooral bekend zijn uit de broodbereiding om maar te zwijgen over de bierbrouwerij.

Zoals de naam al aangeeft vergisten zij bij verminderde luchttoevoer (anaeroob) suikers tot alcohol en koolzuurgas.

Andere gisten hebben juist lucht nodig (aeroob) verbranden allerlei koolstofverbindingen tot en water.

Gisten vermeerderen zich vooral vegetatief: de vertoont op een of meer plaatsen een klein dat uitgroeit tot het de grootte van de moedercel

Het aandeel dat gisten hebben in voor de landbouw belangrijke bodemprocessen lijkt tot nu toe beperkt.



Algen

Algen bezitten chlorophyl en zijn vrij groot met \varnothing van 3-50 μm .

Zij komen voor als afzonderlijke cellen of als ketens van cellen. Soms als draadvormige structuur.

Hun bijzonderheid is het vermogen tot fotosynthese. Deze afhankelijkheid van het licht maakt, dat zij hoofdzakelijk aan het grondoppervlak voorkomen.

In symbiose met schimmels vormen algen de korstmossen. De algen leveren hierbij de (zonne-)energie en de schimmel maakt de meest hardnekkige voedingsstoffen opneembaar via exo-enzymen (enzymen die worden uitgescheiden om stoffen op te lossen; exo=buiten).

Sommige algen hebben het vermogen om luchtstikstof vast te leggen. Vooral in de natte rijstverbouw maar ook elders leveren de blauwgroene algen een belangrijk aandeel in de N-levering aan de rijst, nl. circa 40 kg N/ha/jaar.

Virussen

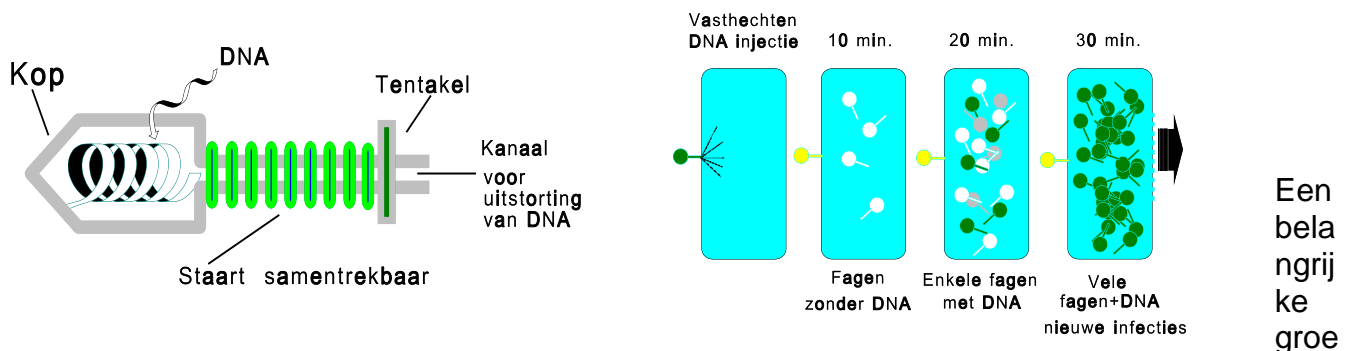
Dit zijn de kleinste (bodem)bewoners ter grootte van een eiwitmolecuul \varnothing 0,05-0,3 μm . Zij zijn voor gewone lichtmicroscopen onzichtbaar.

Voor hun activiteit zijn zij afhankelijk van levende cellen. Hierin verstoren zij de eiwitvorming door hun specifieke virus-DNA wat in de cel komt, waardoor de processen in de plant in de war gaan lopen.

Het virus dat de bladrolziekte in aardappelen veroorzaakt, zorgt ervoor dat de bladgroenkorrels zo vol zetmeel komen, dat ze barsten en dat het Phloem (zeefvaten voor transport van suikers en aminozuren/eiwitten) afsterft.

We kennen virussen die uitsluitend gevaarlijk zijn voor planten (bijv. bladrol), anderen zijn gevaarlijk voor mensen (bijv. griep) en weer anderen zijn uitsluitend gevaarlijk voor micro-organismen zoals actinomyceten en bacteriën.

Deze laatste groep virussen wordt daarom ook wel **bacteriofagen** genoemd.



p bacteriofagen voor de akkerbouw is die welke de wortelknolbacteriën (Rhizobium) van vlinderbloemige gewassen aantast. Doordat de Rhizobium afsterft wordt er onvoldoende luchtstikstof gebonden en er treden belangrijke opbrengstverliezen op. Men denkt dat de moeheidsverschijnselen door continueelt van luzerne of klavers voor een belangrijk deel aan de opbouw van deze bacteriofagen is te wijten. Toch zijn er in de grond kennelijk een aantal remmen op de agressiviteit van deze bacteriofagen, waardoor hun schade op Rhizobium beperkt blijft. Een van die remmen is dat virusdeeltjes zoals bacteriofagen gewoon geadsorbeerd worden aan klei en humus en daarmee inactief worden.

De bodemfauna

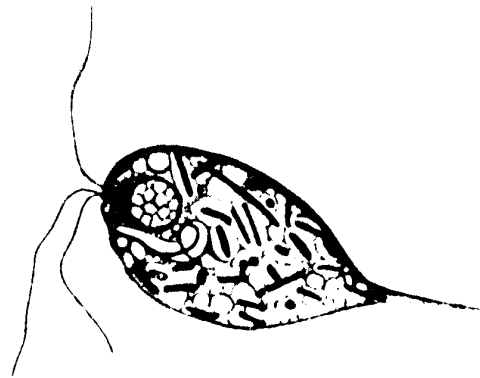
De ondergrondse fauna bestaat uit protozoën, aaltjes, springstaarten, mijten, aardwormen, slakken, kevers, mieren en vele anderen met tenslotte een verscheidenheid aan zoogdieren.

Protozoën

De eencellige Protozoën hebben in deze groep van bodemdieren getalsmatig de grootste plaats. Met een grootte van enkele μm 's tot mm 's horen zij grotendeels tot de micro-wereld. Zij voeden zich vooral met bacteriën en schimmels, maar enkele soorten (alg-achtige flagellaten) kunnen zelfs fotosynthese plegen.

Men weet nog niet veel meer van hun functie dan dat zij een noodzakelijke schakel in de voedselketen zijn.

Onder ongunstige omstandigheden trekt de cel van de protozo samen, waardoor een soort "cyste" ontstaat, in een stevige, bestendige huid.



De protozoën voeden zich overwegend met bacteriën en regelen zo de bacterie-populatie.

Hierdoor verjongt de bacteriepopulatie zich voortdurend en blijft goed actief.

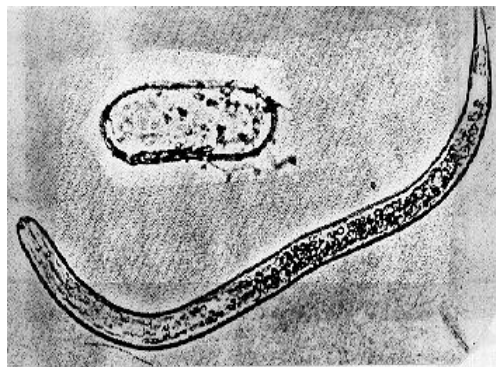
Aaltjes of nematoden

Nema = draad (Latijn), Nematoden = draadachtigen, draadwormen.

Als we alle meercellige wezens op aarde zouden tellen, zou méér dan 90 % uit aaltjes bestaan. Met andere woorden: 4 van de 5 dieren is een aaltje.

De grootte varieert van microscopisch klein (kleiner dan 1 mm.) tot enorm groot (

aaltjes van 9 m. in de nier van een In een gezonde bodem zitten 30 - 40 van allerlei soort per cm^3 grond. In handjevol grond zitten duizenden Aaltjes zijn eigenlijk waterdiertjes. ontwikkeling is afhankelijk van de van de grond, van het vochtgehalte de temperatuur. Ze bewegen zich in poriën door de waterfilm rondom de deeltjes.



walvis). aaltjes een aaltjes. Hun textuur en van de bodem-

In de bodem zijn de meeste aaltjes-soorten niét planteparasitair. Veel aaltjes leven van dood organisch materiaal. Deze noemen we dan saprofaag. Ook zijn er roofaaltjes, die interessant zijn ter reductie van schadelijke insectelarven in de grond. Het van nature in de grond voorkomende insectenparasitaire aaltje van de soort *Steinernema carpocapsae* is hier een voorbeeld van.

Bij de schadelijke plante-parasitaire aaltjes onderscheiden we in volgorde van toenemende specificiteit (parasiterend op een beperkt aantal waardplanten):

vrijlevende aaltjes (algemeen schadelijk)
stengelaaltjes
wortellaesieaaltjes
wortelknobbelaaltjes
cystenaaltjes (specifiek schadelijk zoals het aardappelcysteaaltje of het bietecyste-aaltje)

Schade treedt op bij hoge aaltjes-dichtheid en dan vooral bij slechte omstandigheden voor het gewas zoals bij droogte.

De directe schade bestaat uit zuigschade en uit verzwakking. Het aaltje vormt op de plaats van aantasting een complex van voedingscellen en verstoort de levensprocessen in de plant.

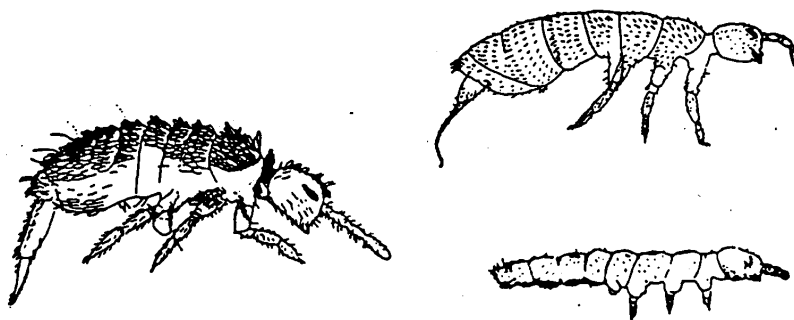
De indirecte schade wordt veroorzaakt doordat prikplekken een opening voor schimmel- en bacterie-infecties vormen. Bepaalde soorten vrijlevende aaltjes zoals *Trichodorus* kunnen op bolgewassen bovendien het ratelvirus overbrengen.

Springstaarten

Springstaarten (*Collembola*) zijn kleine insecten van circa 1 mm. Ze komen alleen onder vochtige omstandigheden voor. Ze voeden zich met bacteriën, hyfen van schimmels, sporen en ander organisch materiaal. Dit begrazen van schimmels regelt of stimuleert de schimmelgroei. Sommige schimmelsoorten reageren op deze begrazing met versterkte groei, anderen niet.

Springstaarten verkleinen organisch materiaal, waardoor afbraak ervan door micro-organismen sneller kan verlopen.

Zij leveren al met al een belangrijke bijdrage aan de mineralisatie, het verplaatsen van micro-organismen, aan de humusvorming en aan het in stand houden van de micro-poriën.



Mijten

Mijten (Acari) behoren tot de klasse van de bodem zijn honderden families vertegenwoordigd. Sommige soorten eten andere eten mijten of springstaarten of weer andere leven van dood voedsel (sapro-soorten **mijten** zou je de koeien in de grond noemen omdat zij de grond afgrazen naar organismen en daarbij ook protozoën en aaltjes



spinnen. In de aaltjes, schimmels, faag). Vele kunnen micro-verorberen.

Wormen

Wormen zijn ongelooflijk belangrijk voor de bodem. Zij dragen bij aan

- verkleinen van organisch materiaal
- de stikstofmineralisatie
- de humusvorming (humificatie)
- vorming van een kruimelstructuur
- vorming van een permanent poriënstelsel

Zij hebben een vochtige omgeving nodig, hoewel zij enige maanden droogte kunnen overleven. Een actieve worm laat dagelijks zijn eigen lichaamsgewicht aan grond door zijn maagdarmkanaal gaan, waarbij voedsel wordt opgenomen of intensief gemengd met gronddeeltjes. Zo wordt de grond door wormgangen "open" gemaakt en gehomogeniseerd tot een lust voor de plantewortel, want ...

- de bodemstructuur verbetert
- de zuurstofvoorziening verbetert
- de waterhuishouding verbetert

In Australië en Nw-Zeeland komen wormen van nature niet voor. Na introductie van wormen op extensief beheerd grasland kwamen daar opbrengstverhogingen van 30 - 70 % voor!

De wormactiviteit neemt sterk toe door een organische bemesting:

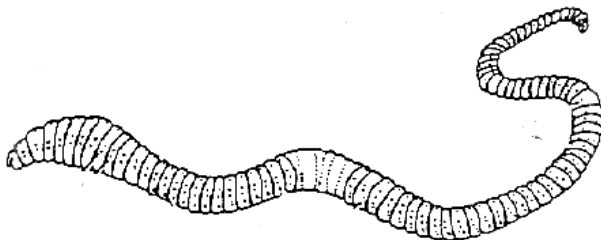
Behandeling	Wormen per acre x 1000	Wormgangen/m ²
Ploegen - geen stro	13	10
Subtillage - geen stro	56	60
2 ton stro-mulch	103	80
4 ton stro-mulch	169	180
8 ton stro-mulch	263	250

Wormen zijn vaak net als andere grotere bodemdieren de eerste afbrekers van organische stof in een voedselketen. Zij verkleinen de stof waarna micro-organismen het door de worm verkleinde en vermaalde materiaal verder afbreken.

Grondontsmetten heeft een funeste uitwerking op wormen. De verhoogde biologische activiteit die men meet na grondontsmetten is geen teken van een gezond bodemleven, maar een feestmaal van micro-organismen die zich tegoeddoen aan omgekomen soortgenoten en/of aan de afbraak van het ontsmettingsmiddel.

Wormuitwerpselen zijn rijk aan stikstof en gedeeltelijk verteerd organisch materiaal. Daarnaast bevatten ze enkele belangrijke enzymen, zoals cellulase - een cellulose splitsend enzym - en chitinase, een enzym dat het harde chitine pantser van schaaldieren en insecten kan afbreken. Chitine komt ook voor in de schimmelcelwanden.

Wormen kunnen zich op akkerland moeilijk in stand houden. Ze hebben het zwaar te verduren door de regelmatige grondbewerking en het rooien van gewassen. Op een 2 - 3 jarige kunstweide of graszaad of luzerneland worden de kansen voor wormen beter.



Gloobaalweg hebben we in de akkerbouw te maken met 4 groepen wormen.

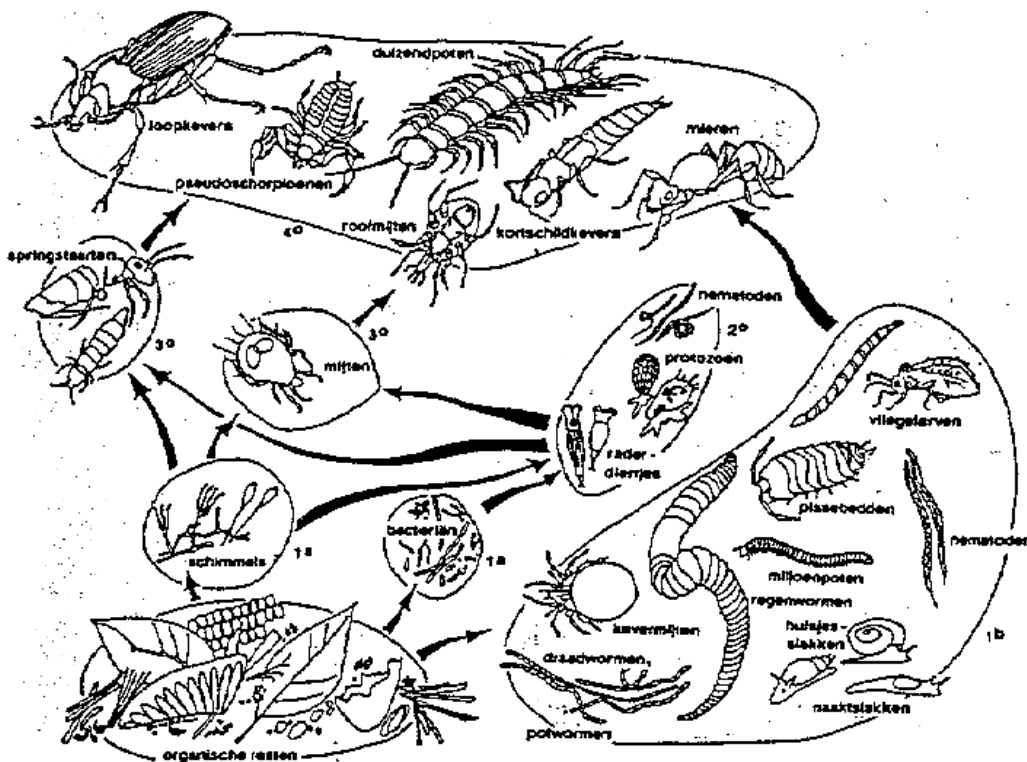
- Enkele soorten verblijven in de bovenste 10 cm. Hier graven zij een netwerk van gangen en voeden zich met verterend organisch materiaal. Door grondbewerkingen en rooien heeft deze groep het zeer zwaar te verduren.
- Andere soorten graven een U-vormige gang tot aan de grondwaterspiegel en trekken daarin allerlei gewasresten, die zij opeten. De slecht verteerbare delen zoals de nerven worden uitgescheiden, door micro-organismen verder verteerd, en het volgende voorjaar nogmaals genuttigd. Zij lijken wat dit betreft op herkauwers!
Deze soorten grote wormen kunnen zich op akkerland vrijwel niet handhaven omdat zij in de herfst bij het ploegen nog in de bouwvoor zitten en worden afgesneden van hun U-vormige gangen.
- Een derde groep wormen leeft vooral aan de oppervlakte en verplaatst zich in vochtige nachten ook wel aan de oppervlakte. Ze zijn klein (1-3 cm) beweeglijk en vermenigvuldigen zich snel. Zij voeden zich met niet verteerd materiaal als koe-flatsen, gewasresten e.d.
- De mestwormen hebben vaak een zebra-achtige afwisselin tussen donkere en lichte lichaamsringen. De bekendste soort is *Eisenia foetida* die alleen in mesthopen en composthopen

leeft, of in mesthopen op het land. Ze graven niet in de grond en spelen op de akker geen enkele rol.

- Tenslotte zijn er nog de aan regenwormen verwante potwormen. Ze zijn alleen veel kleiner (1-40 mm) en bleek-wit van kleur. Hun aantal kan oplopen tot wel 200.000 per m⁵ akkerbouwgrond bij een goede voorziening met organische stof en vocht. Ze dragen bij aan de vorming van het klei-humus-complex en zijn verantwoordelijk voor de vorming van een zeer fijne sponsstructuur (micro-sponsstructuur). Ze zijn relatief erg actief en leveren daarmee een belangrijke bijdrage aan de mineralisatie van organische stof.

Overigen

Overige bodemdieren kunnen zijn slakken, kevers, mollen, muizen enz. die maar al te vaak schade berokkenen aan de gewassen.



Samenwerkingsverbanden

Algemeen

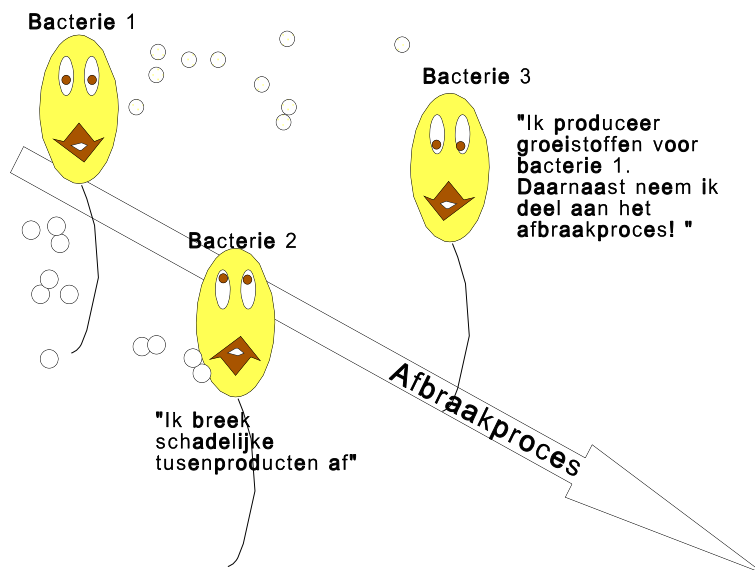
Op een bepaalde plaats in de bodem ontstaat door verschillende invloeden een karakteristieke leefgemeenschap van micro-organismen. Deze karakteristieke leefgemeenschap heeft een behoorlijk stabiliserend vermogen: verstoringen van buitenaf door bijvoorbeeld het enten van vreemde micro-organismen worden in het algemeen tegengewerkt.

Tijdelijk kunnen bepaalde delen van de gemeenschap extra geactiveerd worden door het aanbod van specifiek voedsel.

Licht verteerbaar voedsel zoals koolhydraten (suikers en zetmeel) en eiwitten activeert de afbrekers van eiwitten en koolhydraten.

Zwaarder verteerbaar voedsel zoals cellulose vraagt om de activiteit van de cellulose-afbrekers en moeilijk verteerbaar voedsel zoals de houtstof lignine in stro wordt hapklaar gemaakt voor de overige micro-organismen door de lignine-afbrekers.

Zo vindt men in de bodem vaak volgordes waarin groepen micro-organismen hun werk doen en elkaar helpen naar gelang zij in een bepaalde actie gespecialiseerd zijn.



Tussen micro-organismen spelen zich allerlei interacties af soms remmend, soms elkaar stimulerend.

Stimulering vinden we bij micro-organismen die elkaar nodig hebben, zoals de reeds genoemde celluloseafbrekers die zuren en suikers vrijmaken en de cellulose daarmee ontsluiten als voedingsbron voor andere organismen.

Remming kennen we bij sommige *Pseudomonas* bacteriën die de ijzeropname voor andere micro-organismen zo moeilijk maken dat ze duidelijk geremd worden. Stimulering vinden we ook bij de afbraak van organisch materiaal. Dit verloopt in het algemeen beter naarmate de microflora meer verscheidenheid vertoont.

De oorzaak hiervan ligt in...

- Er is voldoende verscheidenheid aan micro-organismen om elk stapje in de afbraakketen te bewerkstelligen
- Andere micro-organismen kunnen schadelijke (vergiftigende) tussenproducten afbreken
- Verscheidene micro-organismen produceren groeifactoren zoals vitamines voor anderen...

Stimulering

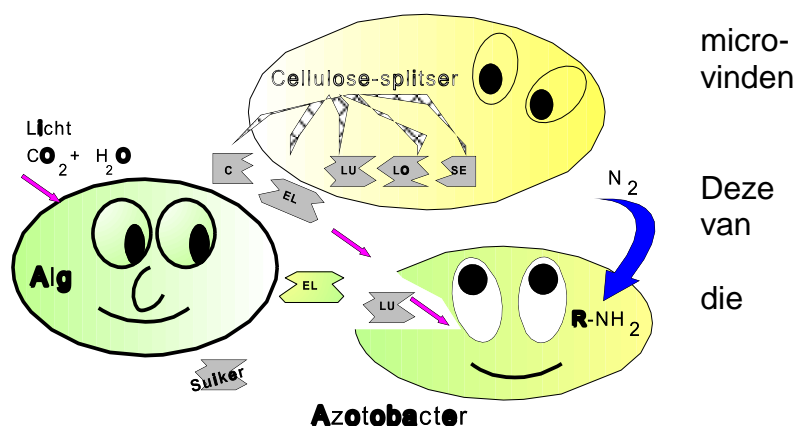
Een bepaalde Streptococcus bacterie en een Lactobacillus-soort groeien niet zonder resp. het vitamine folinezuur en het aminozuur phenylalanine. Wanneer er een derde bacterie bijkomt die deze beide stoffen voor hen aanmaakt gedijen ze beide uitstekend.

In de bodem heeft een groot deel van de aanwezige bacteriën bepaalde vitamines uit de B-groep en bepaalde aminozuren nodig. Andere bacteriën kunnen deze stoffen afscheiden zoals weergegeven in de tabel....

Groeifactor	Percentage van de bacteriën dat de groeifactor...	
	Nodig heeft	Uitscheidt
Thiamine	19,4	35,5
Biotine	16,4	19,6
Vitamine B12	7,2	29,9
Pantotheenzuur	4,6	-
Foliumzuur	3,0	-
Nicotinezuur	2,0	-
Riboflavine	0,6	39,2
Terregens factor	-	22,4
Een of meer vitaminen	27,1	50,5

De hieruit voortkomende interacties tussen micro-organismen bepalen mede de samenstelling van de microflora.

Een ander voorbeeld van samenwerking tussen organismen in de bodem we bij de bacterie Azotobacter, die luchtstikstof (N_2) bindt. bacterie kan alleen leven hele eenvoudige organische verbindingen, hem moeten worden aangeleverd door cellulose-splitsters of door bijvoorbeeld algen.



Remming

Remmende interacties zijn in de bodem ook continu aanwezig. Woorden die in dit verband regelmatig worden gebruikt zijn:

Competitie

Rivaliteit met het oog op een beperkt voedselaanbod

Een voorbeeld van **competitie** vinden we

- bij de schimmel *Fusarium oxisporum*, berucht in diverse intensieve teelten (tomaten e.d.) Een groot deel van de bodembacteriën remt deze schimmel vanwege hun concurrentie om stikstof. Een bemesting met stikstof heft deze remming weer op.
- De graanziekte (Take-all disease, veroorzaakt door de schimmel *Ophiobolus graminis*) wordt bevordert door een bemesting met stikstof.
- *Rhizoctonia solani* in aardappelen wordt geremd door een organische bemesting met een hoog C/N quotiënt zoals stro, maar stikstof werkt ook hier bevorderend voor *Rhizoctonia*.

Amensalisme

Het remmen van buur-organismen door het verspreiden van vergiftigende stof
Amensalisme kennen we het best vanuit de wereld van de antibiotica. Bij het kweken van een verscheidenheid aan bacteriën en schimmels in een petri-schaaltje zien we rondom sommige organismen een levenloze zone, veroorzaakt door de vorming van antibiotica!

Een veelheid aan bacteriën, schimmels en actinomyceten zijn in staat deze antibiotica te produceren. De volgende tabel geeft een beeld van het aandeel van vooral de actinomyceten.

Antibiotica producenten*	Gevoelige organismen
1,7 % actinomyceten	<i>Sclerotium rolfsii</i>
21 % <i>Streptomyces</i>	<i>Escherichia coli</i>
12,2 % actinomyceten	<i>Streptomyces scabies</i>
16,0 % fungi	<i>Pythium arrhenomanes</i>
3,5 % fungi	<i>Sclerotium rolfsii</i>
3,6 % bacteriën	<i>Pythium arrhenomanes</i>
0,2 % bacteriën	<i>Sclerotium rolfsii</i>

* Het percentage van de isolaten dat antibiotische effecten tegen de geteste soorten aan de dag legde.

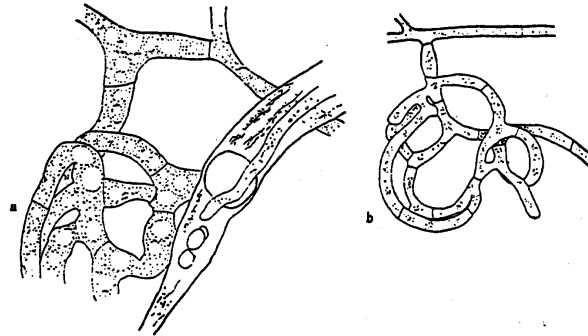
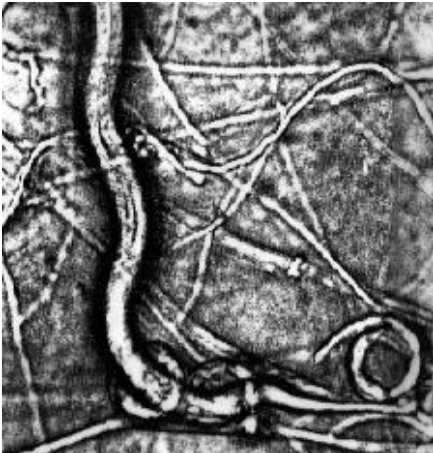
De vorming van deze antibiotica is vastgesteld in laboratoriumproeven. De rol van antibiotica in de bodem is nog steeds onzeker, hoewel duidelijk is dat antibiotica-producerende organismen voordeel hebben van hun chemische verdediging.

Parasitisme

Een organisme voedt zich ten koste van een ander... bijv. plantenparasitaire aaltjes.

Predatie

Een micro-organisme leeft door het doden en consumeren van andere organismen
Een aardig voorbeeld van **predatie** zien we bij schimmels die aaltjes vangen. De schimmelsoort *Arthrobotrys* vangt aaltjes met een soort lasso van schimmeldraden.



Een andere manier om aaltjes aan te pakken

zien we bij schimmel *Verticillium chlamidosporium*. Deze tast vooral de eieren van het wortelknobbelaaltje

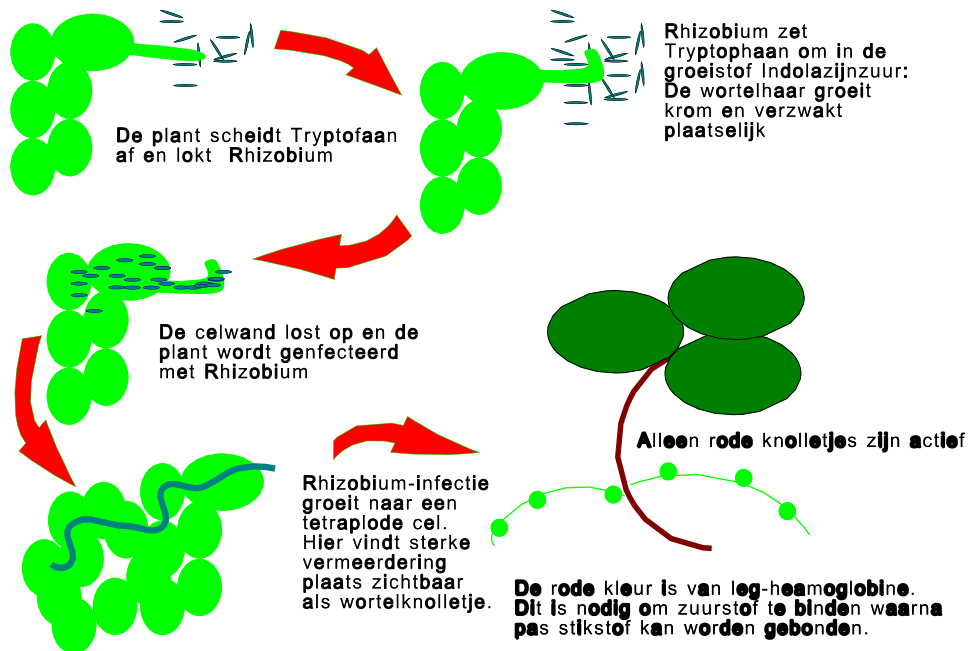
(Meloïdogyne) aan en kan zo'n aaltjespopulatie wel met 80% beperken. Het is mogelijk de bodem te enten met deze schimmel.

Bij sommige gewassen zoals aardappel, tomaat, mais en kool ontwikkelt de schimmel zich beter dan bij andere gewassen.

Deze schimmel wordt momenteel onderzocht op haar toepasbaarheid bij de aaltjesproblematiek.

Rhizobium

Een grote stille vriend van menig boer is de bacterie Rhizobium. Hier is sprake van samenwerking tussen een plant en een bacterie. Rhizobium is verantwoordelijk voor de vorming van de milimeter grote wortelknolletjes waar luchtstikstof wordt gebonden. Klavers en andere vlinderbloemigen leggen op deze wijze jaarlijks honderden kilo's stikstof vast.



Sinds 1886 is men van deze symbiose tussen Rhizobium en hogere planten op de hoogte. Men entte slechte erwten-percelen met deze bacterie, waardoor men veel hogere opbrengsten haalde.

Aanvankelijk werd grond als entmedium gebruikt, tot wel 2500 kg grond per ha. Vanaf 1896 werden de zaden met goed gevolg geënt met Rhizobiumbacteriën. Is een grond eenmaal voorzien met de juiste Rhizobiumstam dan is enten niet meer nodig.

Er zijn verschillende soorten Rhizobium-bacteriën, welke eveneens verschillende groepen vlinderbloemigen infecteren.

Zo worden Lucerne, Hopklaver en Honingklaver geïnfecteerd door Rhizobium meliloti. Erwten worden geïnfecteerd door Rhizobium leguminosarum. Klavers worden geïnfecteerd door Rhizobium trifolii.

Bonen worden geïnfecteerd door Rhizobium phaseoli.

Niet alle Rhizobiumstammen zijn even actief. Bonen moeten doorgaans met N bemest worden, terwijl erwten dit zeker niet behoeven.

Rhizosfeer

Een bijzondere leefgemeenschap is de rhizosfeer (wortelomgeving). De plant scheidt allerlei organische stoffen af (van dode cellen tot suikers) waarvan allerlei bacteriën, schimmels en andere organismen leven. Vooral bacteriën zijn in de rhizosfeer de trouwe lijfwacht van de plant met als loon de "kruimels" die van het bordje van de plant vallen. Het blijkt dat de micro-organismen in de rhizosfeer de plant enigszins afschermen tegen infecties vanuit de bodem. Anderzijds onttrekt de rhizosfeer-populatie duidelijk voedingsstoffen aan de plant.

Gemiddeld heeft deze rhizosfeer-populatie een positieve invloed op de plantegroei.

Opvallende schimmels in de Rhizosfeer vormen de Mycorrhiza's (rhiza=wortel), de wortelschimmels. Deze worden vaak kortweg aangeduid met VAM (Vesiculaire Arbusculaire Mycorrhiza).

Vrijwel alle hogere planten leven in symbiose met deze wortelschimmels. De schimmels zorgen met hun schimmeldraden (hyfen) voor een zeer effectieve uitbreiding van het wortelstelsel. Vooral bij de opname van niet-mobiele voedingsstoffen, zoals fosfaten zijn ze belangrijk.

Vermoedelijk zijn de mycorrhiza's vooral belangrijk voor de fosfaatopname op biologische bedrijven. Onderzoek in Flevoland toonden op de biologische bedrijven infectiepercentages met mycorrhiza's van 50-90%, op de gangbare bedrijven liggen deze infectiepercentages op of onder de 10% (wintertarwe).

