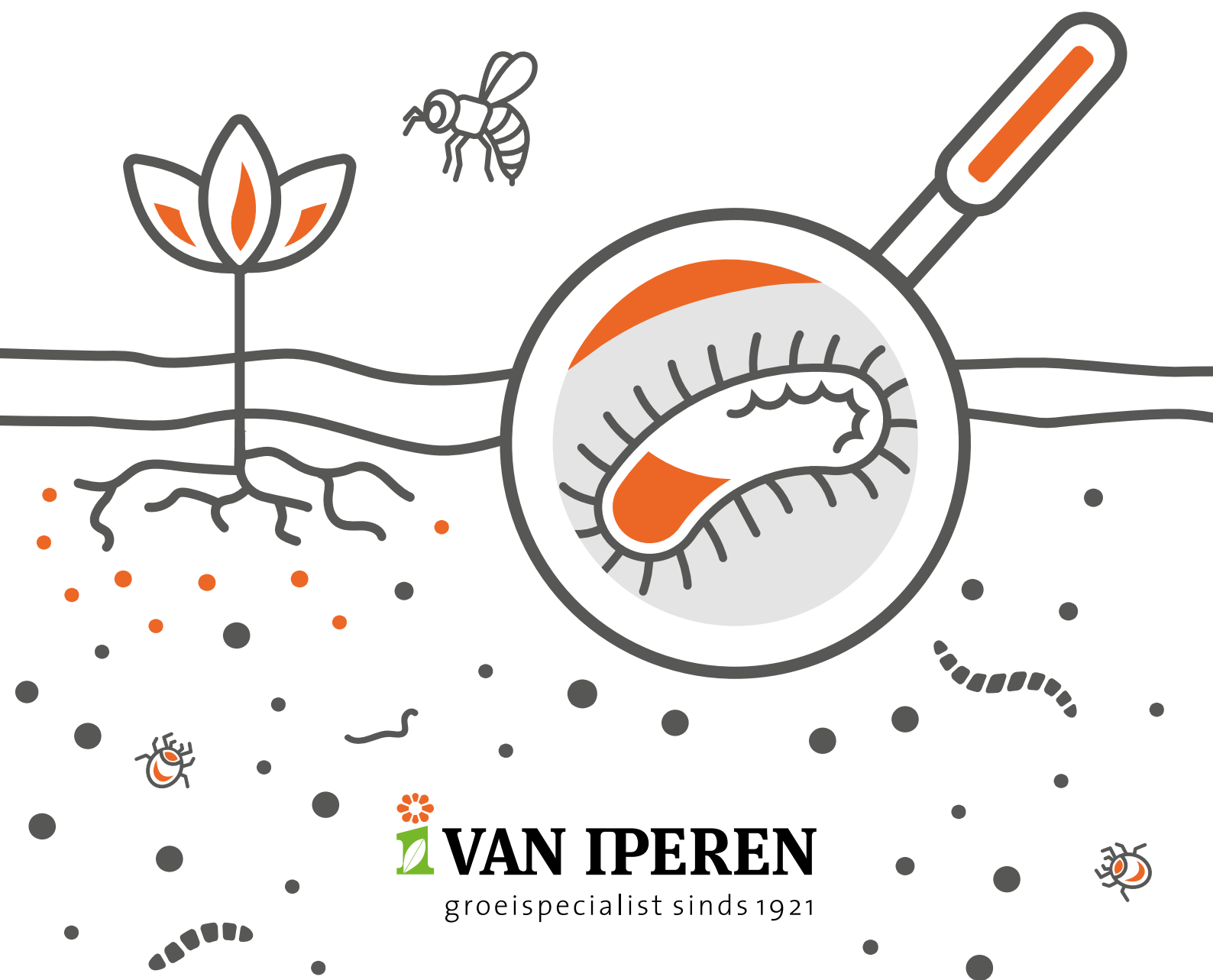


# Bodemleven: **Houd(t) uw bodem in leven!**

Beschrijving bodemleven plus tips  
voor bodemlevendvriendelijke landbouw



 **VAN IPEREN**  
groeispecialist sinds 1921

# Een praktische handleiding voor het bodemleven

## Deel I

Wat leeft er in de bodem?

## Deel II

Wat zijn de functies van het bodemleven?

## Deel III

Hoe kunnen we bodemlevensvriendelijk landbouw bedrijven?

# Inhoud

Voorwoord 5

---

Samenvatting 6

---

1. Doel van deze gids 8

## DEEL I

2. Macro en meso-organismen 10

- 2.1 Regenwormen 11
  - 2.2 Kevers 12
  - 2.3 Springstaarten 13
  - 2.4 Mijten 14
  - 2.5 Aaltjes 15
  - 2.6 Nog veel en veel meer 16
- 

3. Micro-organismen 18

- 3.1 Bacteriën 18
  - 3.2 Schimmels 20
  - 3.3 Protozoa 21
  - 3.4 Archaea 21
  - 3.5 Leefgebied van de micro-organismen: de rhizosfeer 26
- 

4. Bodem gebonden ziektes en plagen 27

---

5. Bodembiodiversiteit 30

- 5.1 Bodemvoedselweb 31
- 5.2 Populaties wel of niet in evenwicht 34

## DEEL II

6. Bodemstructuur maken 36

- 6.1 Rol van bodemleven bij kluitjesvorming 36
  - 6.2 Rol van macro-organismen bij porievorming 37
- 

7. De bodem ziekteverend maken 41

- 7.1 Regulatie van populatiegroottes 42
  - 7.2 Andere redenen waardoor bodemziektes meer of minder kans krijgen 44
- 

8. Organische stof afbreken en nutriënten vrij maken 46

- 8.1 Stikstof plantbeschikbaar maken 47
  - 8.2 Fosfaat beschikbaar maken 49
  - 8.3 Tijdelijk stikstof vastleggen 49
  - 8.4 Ziektes voorkomen door snelle afbraak van organische stof 50
  - 8.5 Humus maken 50
  - 8.6 Tijdelijk nutriënten opslaan 51
- 

9. Planten helpen en versterken 54

- 9.1 Mycorrhiza's 54
  - 9.2 Stikstofbindende bacteriën 55
  - 9.3 Rhizosfeerbacteriën 55
- 

## DEEL III

10. Grond bewerken 58

- 10.1 Minimaliseer grondbewerking 59
- 10.2 Voorkom verdichting van de grond 61

11. Bouwplan 64

- 11.1 Kies een slimme gewasrotatie 64
  - 11.2 Voed gunstig bodemleven via het gewas 68
  - 11.3 Maak gebruik van groenbemesters 69
  - 11.4 Maak gebruik van mengteelten 70
- 

12. Bemesting 71

- 12.1 Zet kunstmest gepast in 71
  - 12.2 Voer ook organische mest aan 72
- 

13. Gewasbescherming 75

- 13.1 Pas geïntegreerde bestrijding toe: Voorkomen is beter dan genezen 76
  - 13.2 Gebruik gewasbeschermingsmiddelen als laatste optie 80
- 

14. Biostimulanten en nuttige insecten 82

- 14.1 Bodemleven toevoegen 82
  - 14.2 Landschapselementen toevoegen om biodiversiteit te verhogen 84
- 

15. Inzicht in bodemleven krijgen 86

- 15.1 Wormen 86
  - 15.2 Kevers en andere lopende organismen 87
  - 15.3 Micro-organismen 89
  - 15.4 Analyse van pathogene organismen 89
- 

16. Slotwoord 90

---

17. Bijlage 92

- 17.1 Verdere informatie 92
- 17.2 Begrippenlijst 93
- 17.3 Illustratieverantwoording 95

# Voorwoord

*Het jaar 2015 werd met enig uiterlijk vertoon uitgeroepen tot het jaar van de bodem. Dat heeft in ieder geval geholpen om de bodem beter op de kaart te zetten. Vier jaar daarna kwam bij Van Iperen de Organische Stofgids 'Organische stof: Breng leven in de bodem!' tot stand.*



## Deze gids is tot stand gekomen met dank aan:

Marianne Hoogmoed (auteur),  
Louis Bolk Instituut. Voorheen wetenschappelijk  
medewerker bodem bij Van Iperen.

### Onze partners van de PPS Beter Bodembeheer:

Bas Allema, WUR  
Janjo De Haan, WUR  
Joeke Postma, WUR  
Klaas van Rozen, WUR  
Leendert Molendijk, WUR

### Onze partners van het Kennisconsortium Bodem:

Anja Kombrink, HLBBV  
Hilde Coolman, HLBBV  
Marcel van Vulpen, Provincie Drenthe

*Deze bodemlevengids is een uitgave van Van Iperen. Adviezen in deze gids zijn gebaseerd op praktijksituaties en de ons ter beschikking staande kennis. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgaven mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt in enige vorm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Van Iperen.*

Iperen.com  
2020

**D**eze gids heeft in diverse geledingen een warm onthaal gekregen en we zijn blij dat zoveel bodemgebruikers (boeren en tuinders) de gids gebruiken tot verdieping en verrijking van hun kennis en daarmee de waarde van de bodem beter tot zijn recht laten komen. Het zou een mooi idee zijn om vervolgens 2021 uit te roepen tot het jaar van de worm of in ieder geval het jaar van het bodemleven. En om niet pas 4 jaar daarna met een gids te komen over bodemleven, hebben we bedacht dat deze gids als vervolg op de Organische Stofgids er direct moet komen. En deze heeft u nu onder ogen.

Je zou de worm een centraal organisme in de bodem kunnen noemen, een belangrijke factor in de bodemweerbaarheid. Het is de tastbare icoon van het bodemleven en in brede lagen van de samenleving, zowel boven- als ondergronds, bekend. De waardering van dit bijzondere beest kan, even als die van de veel kleinere en onbekendere organismen in de bodem, wel een ruggensteuntje gebruiken. Ik denk bijvoorbeeld aan één van onze zoons, hij zal een jaar of zes geweest zijn, die onder het eten ineens een kluwen wormen plus een groene kikker uit zijn broekzak haalde en bij zijn bord deponeerde. Hij keek hoopvol rond en verwachtte een blijk van waardering of op zijn minst erkenning. Het leidde toen helaas tot niets van dit alles. Maar ja, hij was ook nog twintig jaar te vroeg.

Toch is ook in voorgaande eeuwen de worm nooit weggeweest. Weliswaar genoot hij een sterk wisselende waardering, maar sinds we in de worm ook onszelf herkennen, komt deze ineens veel dichterbij ons staan.

Was het niet Maarten Luther, de bekende Duitse hervormer in de 16e eeuw van wie in het Württembergse gezangboek een lied is opgenomen met daarin de volgende strofe? "Warum willst du so zornig sein, über uns arme Würmelein?" Annie M.G. Schmidt gooide het eeuwen later over een andere boeg toen zij "De regenworm en zijn moeder" beschreef. Of Leo Vroman, die het in zijn "126 gedichten" (1964) zó verwoordde:

*Maagd Worm, want potenloos, beminde  
Een rups, tot afschuw van zijn vrienden  
Haar pa schaterde ondergronds,  
Hoewel van aarde binnensmonds (enz.)*

Marianne Hoogmoed was een gewaardeerde Van Iperen collega en werkt tegenwoordig bij het Louis Bolk Instituut. Zij heeft de taak op zich genomen om in zo begrijpelijk mogelijk proza deze Bodemlevengids te schrijven. Het is een interessante rondleiding onder de grond, die wij meestal alleen vanaf de bovenkant kunnen zien. Het ligt voor de hand dat deze gids wat dieper 'de bodem in' gaat dan de Organische Stofgids. De geïnteresseerde lezer zal er vast en zeker door geboeid worden. Want het ontdekken van de wondere ondergrondse wereld is en blijft een uitdagende bezigheid.

**Moraal:** *Een boekenworm, geboeid door dit geschrift en 't microfenomeen, Zakt in het onderaards gebied zo door zijn eigen bodem heen.*

### Dirk Bakker

Technisch Directeur Van Iperen  
29 september 2020

# Samenvatting

## Aan de slag met het bodemleven

*Er leven vele duizenden verschillende soorten bodemorganismen in of op de grond. Een deel kunnen we met het blote oog zien. Echter, het overgrote deel van het bodemleven is nagenoeg onzichtbaar.*

De relaties tussen verschillende bodemorganismen in de voedselketen worden vaak schematisch weergegeven in een bodemvoedselweb.

Het bodemleven is essentieel voor het goed functioneren van de bodem. Het is de drijvende kracht achter allerlei processen in de bodem. Bijvoorbeeld het maken van bodemstructuur. En de bodem ziekteverend maken en zo gewassen beschermen en versterken. Het bodemleven zorgt er ook voor dat nutriënten weer vrijkomen uit organische stof waarna deze nutriënten door gewassen kunnen worden opgenomen.

Als agrariërs maken we intensief gebruik van de bodem. We bewerken

de bodem met ploegen, rijden er overheen met zware machines, bepalen welke gewassen er in groeien, hoeveel gewasresten we laten liggen of hoeveel andere organische stoffen we aanvoeren en we voegen allerlei middelen toe van meststoffen, groeiregulatoren en gewasbeschermingsmiddelen tot biostimulanten. Dit alles heeft een enorme impact op het bodemleven. Soms positief, soms negatief. Door te snappen hoe ons handelen het bodemleven beïnvloedt, kunnen we keuzes maken die minder grote impact op het bodemleven hebben of die het bodemleven zelfs stimuleren. Dit zodat het bodemleven zijn belangrijke functies kan blijven uitvoeren die essentieel zijn voor het telen van weerbare gewassen.



# 1. Doel van deze gids

*Als grondgebruikers in de landbouw hebben we een enorme invloed op wat er in onze bodems leeft. Om te weten hoe ons handelen het bodemleven beïnvloedt, moeten we eerst weten wat er in onze bodem leeft en welke functies ze uitvoeren. Met die kennis kunnen we dan ook beter inschatten wat voor impact onze handelingen hebben op het bodemleven en hoe we er nog beter voor kunnen zorgen. Want met een gezond bodemleven blijven ook onze bodems en gewassen weerbaar en gezond.*

## Deel I

In hoofdstuk 2-5 beschrijven we een aantal veel voorkomende groepen bodemorganismen. Hoe ze eruit zien, wat ze eten en hoe ze in de bodem leven.

## Deel II

Hoofdstuk 6-9 beschrijven de belangrijke functies die het bodemleven heeft in de bodem. We leggen uit hoe het bodemleven de verschillende bodemprocessen aanstuurt.

## Deel III

In hoofdstuk 10-15 bekijken we wat voor effect landbouwkundige handelingen op het bodemleven hebben. Soms is dit ook niet helemaal bekend, dan geven we dat ook aan. We geven tips en handvatten om zo goed mogelijk bodemlevenvriendelijke landbouw te kunnen bedrijven.

## Bijlagen

In bijlage 17.1 verwijzen we naar nog meer bronnen voor verdere informatie en in bijlage 17.2 vindt u de begrippenlijst waar de in deze gids onderstreepte woorden worden uitgelegd. Tenslotte vindt u in bijlage 17.3 de illustratieverantwoording.

De gids die hier voor u ligt is een vervolg op en verdieping van de publicatie “Organische stof: breng leven in de bodem! Een praktische handleiding voor organische stofbeheer.” Bodemleven en bodemorganische stof zijn sterk aan elkaar verbonden, zoals in deze gids ook te lezen is. In de organische stofhandleiding worden de bodemprocessen rond organische stof en het belang van organische stof voor de bodem in meer detail uitgelegd. Tevens geeft het een praktische handleiding hoe u organische stof in uw bouwplan kunt beheren en verhogen.

Als u deze organische stofhandleiding nog niet heeft, kan deze worden aangevraagd op [iperen.com/organischestof](http://iperen.com/organischestof), of vraag ernaar bij uw Van Iperen adviseur.

# Deel I Wat leeft er in de bodem?



*Er leven vele duizenden soorten organismen in de bodem. Een fractie van het bodemleven kunnen we zien met het blote oog (als we op onze knieën gaan zitten en eens goed tussen de gewassen in de grond kijken). Het overgrote deel van het aanwezige bodemleven is voor ons echter onzichtbaar.*

Bodemorganismen worden vaak ingedeeld in drie groepen op basis van hun lichaamsgrootte. De macro-organismen zijn het grootst, groter dan 2 mm. Hier behoren bijvoorbeeld de wormen en kevers toe. De meso-organismen zijn iets kleiner, ongeveer tussen de 0,2 en 2 mm, zoals aaltjes en mijten. Deze zijn al nauwelijks meer met het blote oog te zien.

Er is op zijn minst een vergrootglas voor nodig. De micro-organismen zijn het allerkleinst, kleiner dan 0,2 mm. Hier is een microscoop voor nodig om ze te kunnen zien. In de volgende hoofdstukken geven we een kort overzicht van een aantal veel voorkomende groepen bodemorganismen.

## 2. Macro en meso-organismen

**D**e macro en meso organismen worden hier tegelijk besproken omdat binnen groepen bodemleven verschillende soorten bestaan die sterk kunnen verschillen

in formaat. Neem bijvoorbeeld de springstaarten, die kunnen variëren van 0,1 mm tot bijna 20 mm. Daarmee behoren ze zowel tot de macro- als de meso-organismen.

## 2.1 Regenwormen

De regenworm is dé vertegenwoordiger van het bodemleven en symbool van een vruchtbare grond. In Nederland komen ongeveer 25 soorten regenwormen voor. Deze zijn te verdelen over drie groepen met specifieke leefwijzen: de strooiselelers, de bodemeters en de pendelaars. De namen zeggen het eigenlijk al: de strooiselelers leven heel ondiep en deels óp de bodem, in de strooisellaag. Zij voeden zich met plantenresten en ander organisch materiaal dat nog op de bodem ligt. Zo werken deze strooiselelers dit organisch materiaal oppervlakkig de bodem in. De bodemeters wonen wat dieper in de grond, in pakweg de bovenste 30 cm. Zij voeden zich door grond te eten dat al is gemixt met deels verteerd organisch materiaal uit plantenresten, dode plantenwortels, maar ook met mest, of (dode) micro-organismen zoals schimmels en bacteriën. Ze woelen zich al etend door de bodem heen en maken verticale gangen. Tot slot de pendelaars. Zij maken permanente, verticale gangen in de bodem, die wel een paar meter diep kunnen gaan. Ze gebruiken deze gangen om zich naar het oppervlak te verplaatsen en daar organisch materiaal op te halen wat ze mee hun gang in trekken om het daar op te eten.



**Figuur 1 - Van boven naar onder:**  
1) Een strooiseleler, rood van het pigment omdat deze boven de grond woont en zich moet beschermen tegen de zon.  
2) Een bodemeter, wit, zonder pigment omdat deze niet boven de grond komt.  
3) Een pendelaar, zijn 'kop' is donker van de pigmenten, omdat dit deel boven de grond komt om organisch materiaal op te halen en de grond in te trekken.

## 2.2 Kevers

De kevers vormen een grote, diverse groep, met zo'n 4100 verschillende soorten die in Nederland voorkomen. Niet al deze soorten behoren per se tot de 'bodemorganismen'. Sommige soorten voeden zich bijvoorbeeld exclusief met (dood) hout en wonen in bomen en onder schors. Bijna de helft van de keversoorten heeft wel degelijk een relatie tot de bodem. Ze wonen in de strooisellaag of in holletjes in de bodem. Ze vinden hun voedsel in de bodem of jagen er op andere

(bodem)organismen. Veel keversoorten leggen hun eitjes in of op de bodem en hun larven ontwikkelen zich daar. Keversoorten variëren in lichaamsgrootte van mm's tot enkele cm's. Vooral de grotere soorten zijn belangrijke vijanden van landbouwkundige plaagorganismen zoals ritnaalden, emelten en slakken. Er zijn ook vele soorten kevers die organisch materiaal eten, zoals plantenresten maar ook (onkruid)zaden. Veel keversoorten zijn nachtdieren. Ze houden zich overdag schuil en gaan 's nachts op jacht.



**Figuur 2** - Kortschildkever (links) en een loopkever (rechts).



**Figuur 3** - Twee verschillende soorten springstaarten.

## 2.3 Springstaarten

Springstaarten zijn erg algemeen voorkomende bodemorganismen. Ze eten vooral micro-organismen zoals bacteriën, schimmels en organisch materiaal. Er is een klein aantal soorten dat jaagt op bijvoorbeeld nematoden of andere springstaarten. In Nederland zijn er op dit moment ongeveer 300 soorten springstaarten bekend. In de wereld komen duizenden verschillende soorten voor. Ze variëren in formaat tussen de 0.1 en 17 mm. De grotere soorten leven

vooral in de strooisel- en bovenste bodemlaag. Deze zijn met het blote oog te zien en ze zijn donker gekleurd. Sommige soorten hebben een duidelijke 'staart' waarmee ze zich kunnen afzetten en wegspringen voor gevaar. Ze kunnen met zo'n sprong wel 70-90 keer hun eigen lichaamslengte overbruggen! De kleinere soorten leven dieper in bodem. Deze zijn een stuk moeilijker te zien. Ze hebben kortere pootjes en zijn vaak wit. Springstaarten zijn erg gevoelig voor uitdroging.



## 2.4 Mijten



**Figuur 4** - Twee soorten mijten.  
Boven: mijt naast een slak.  
Onder: mijt met een springstaart als prooi.

Mijten zijn geen onbekende organismen in de landbouw. Ze zijn bekend als plaagorganismen in de akkerbouw (bijvoorbeeld bonenspintmijt in aardappelen) en fruitteelt (bijvoorbeeld spintmijt). Maar roofmijten zijn juist gunstig en worden als natuurlijke vijand ingezet in de tuinbouw, bijvoorbeeld tegen schadelijke trips. Mijten zijn kleine organismen, tussen de 0,05 mm - 2 mm groot. Ze komen op veel plekken voor.

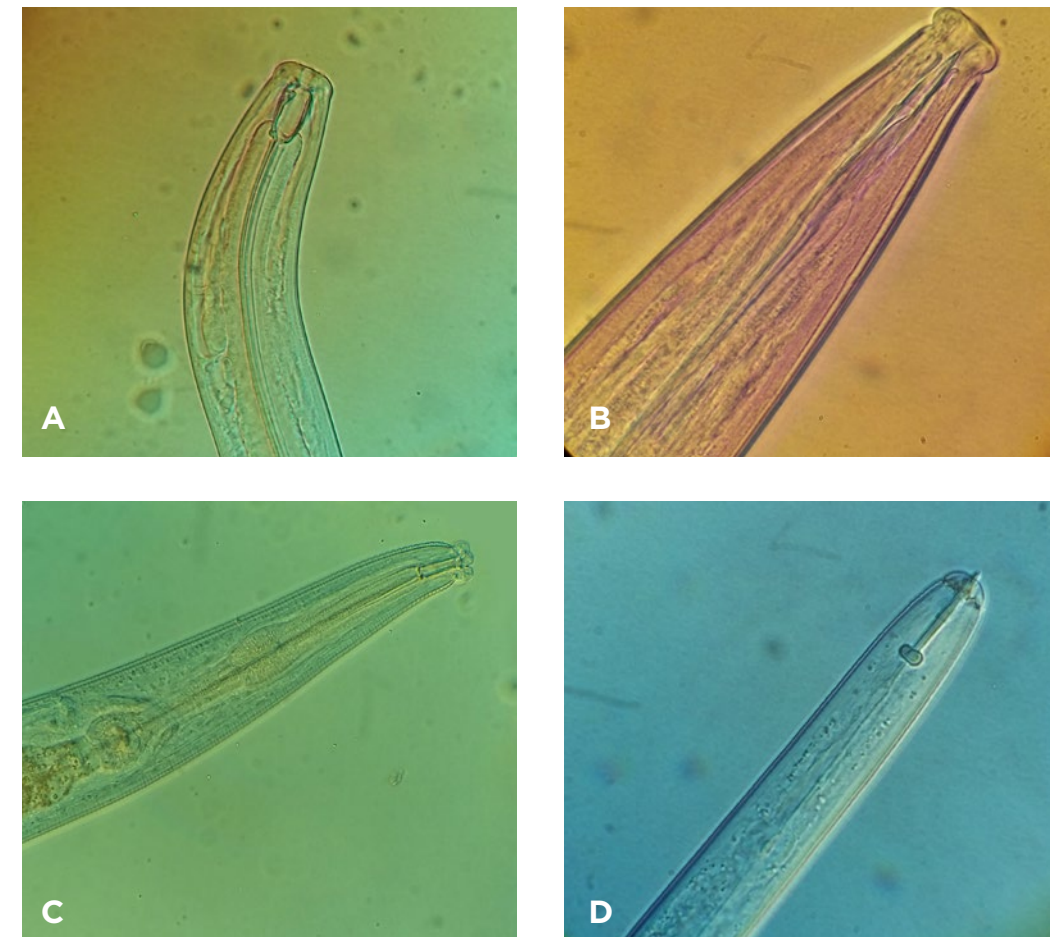
Op planten, op dieren, in het water of in de bodem. In Nederland kennen we iets meer dan 1000 soorten mijten (wereldwijd zijn er tegen de 50.000 soorten bekend). In de bodem zijn ze erg algemeen voorkomend. Binnen een vierkante meter kunnen honderden tot vele duizenden individuen aanwezig zijn. De mijten die in de bodem leven voeden zich, afhankelijk van het soort met organische stof of micro-organismen. Of ze parasiteren of jagen op andere bodemorganismen.



## 2.5 Aaltjes

Nematoden, of in de spreektaal ook wel aaltjes genoemd, zijn heel kleine en transparante wormpjes. Ze leven in de bodem maar ook in water, of als parasieten in dieren. De bodembewoners zijn zo'n 0,1 tot 5 mm groot. In Nederland zijn ongeveer 1.200 soorten bekend. Wereldwijd rond de 30.000 soorten. Aaltjes worden vaak gegroepeerd op basis van hun dieet: de bacterie-etters, schimmel-etters, allesetters, roofaaltjes, insect-parasieten en plant-parasieten. De groepen zijn

te herkennen aan hun gespecialiseerde monden (zie Figuur 5). Aaltjes hebben een slechte reputatie omdat een aantal soorten veel schade aan gewassen kan veroorzaken. In de landbouw zijn slechts ca. 25 van de 1.200 soorten schadelijk. Deze soorten zijn plant-parasitaire aaltjes. De overige aaltjes zijn juist belangrijke organismen in de bodem. Voor het in balans houden van het overige bodemleven en voor het vrijmaken (plant-beschikbaar maken) van nutriënten door andere organismen op te eten.



**Figuur 5**  
A) Roofaaltje met een 'tand' in de mondholte om prooien naar binnen te werken.  
B) Een alles-eter met een holle 'speer' in zijn mond.  
C) Een bacterie-eter zuigt bacteriën naar binnen.  
D) Plant-parasitair aaltje met een stekel waarmee hij de plant aanboort.

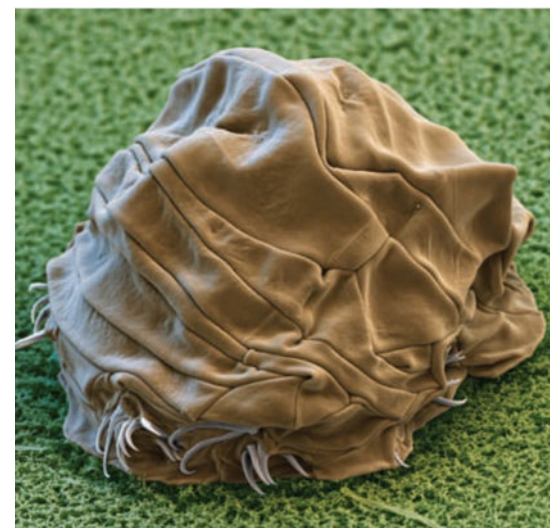


## 2.6 Nog veel en veel meer

Er zijn nog veel meer groepen macro- en meso-organismen die in de bodem leven. Er zijn bijvoorbeeld ook nog de duizendpotigen (Figuur 7), de diplura (diplura betekent letterlijk 'twee staarten'), of de potwormen (kleine wormpjes -1 tot 20 mm- die hun naam te danken hebben aan het feit dat ze als eerst ontdekt zijn in een bloempot). De beerdiertjes (Figuur 6) zijn beroemd omdat ze overal voorkomen en zelfs in de meest extreme omgevingen kunnen overleven. Ze kunnen een soort hele diepe winterslaap ingaan waarbij ze zichzelf leeg laten lopen en alle

processen in hun lichaam stoppen. In deze staat kunnen ze temperaturen van -270 °C tot +150 °C overleven, hoge druk, vacuüm en kosmische straling (er is een aantal experimenten met beerdiertjes in de ruimte gedaan)! Ze jagen op andere bodemorganismen, onder andere nematoden.

Al met al zijn er zo veel soorten organismen dat ze in deze gids niet allemaal te benoemen zijn. Maar al deze organismen samen spelen een rol in het functioneren van de bodem.



**Figuur 6** - Links: Een beerdiertje, beroemd vanwege hun grappige uiterlijk en omdat ze onder extreme omstandigheden kunnen overleven. Rechts: Een beerdiertje in de ruststaat. In deze staat kunnen de beerdiertjes extreme omstandigheden overleven.



**Figuur 7** - Een pissebed (links) en een duizendpoot (rechts).

Verdieping

## Organismen met een deel van hun levenscyclus in de bodem.

Bij het zien van een vlieg, bij of kever denken we niet zo snel aan bodemdieren. Toch zijn ook deze organismen en nog veel meer insectensoorten afhankelijk van de bodem. Ze leggen er bijvoorbeeld hun eieren en de larven blijven een of meerdere ontwikkelingsstadia in de bodem. Of ze maken een holletje in de bodem om te overwinteren. Van de 350 bijensoorten die we in Nederland hebben, maken er 250 soorten hun nesten in de bodem. Sommige insectenlarven leven meerdere jaren in de bodem, voordat ze als volwassenen uit de bodem tevoorschijn komen en vaak maar relatief kort leven. Engerlingen, de larven van de meikever bijvoorbeeld, leven een aantal jaar lang in de bodem. Daarna verpoppen ze en komen de meikevers uit de bodem tevoorschijn. Bovengronds probeert de meikever zich binnen een paar weken voort te planten en gaat vervolgens dood.

# 3. Micro-organismen

**M**icro-organismen leven overal. In de bodem zijn vele duizenden soorten aanwezig in enorme aantallen. De naam zegt het natuurlijk al: de micro-organismen zijn ontzettend klein. Ze zijn (individueel) niet met het blote oog waarneembaar. Ze worden pas zichtbaar voor het blote oog als ze zich zo veel hebben vermenigvuldigd dat er miljoenen cellen op een klein plekje aanwezig zijn. Denk bijvoorbeeld aan het witte pluis op bijvoorbeeld tomaten (Figuur 8).



Figuur 8 - Witte schimmelinfectie op tomaten.

Ondanks hun minuscule formaat, maar dankzij hun enorme aantallen, spelen de micro-organismen een enorm belangrijke rol bij vele processen in de bodem. In deel II van deze gids gaan we hier nog dieper op in. De meest bekende groepen micro-organismen zijn de bacteriën en schimmels. Maar er zijn ook nog andere groepen zoals de protozoa en de archaea, die minder bekend zijn.

## 3.1 Bacteriën

Bacteriën zijn eencellige organismen. Ze zijn heel erg klein. Afhankelijk van de bacteriesoort grofweg tussen de 1-10  $\mu\text{m}$ <sup>1</sup>. Ter vergelijking: een menselijke haar is ongeveer 60  $\mu\text{m}$  (= 0,06 mm<sup>1</sup>) breed. Bacteriën zijn dicht betrokken bij de afbraak van organisch materiaal. Hierbij

verzorgen ze de laatste stappen in het afbraakproces, de stappen waarbij nutriënten weer in plant-beschikbare vorm vrijgemaakt worden (Zie hoofdstuk 8 waar de afbraak van organische stof door bodemleven verder wordt uitgelegd).

Bacteriën vermenigvuldigen zich door celdeling (door zichzelf in tweeën te splitsen). Onder ongunstige omstandigheden (bijvoorbeeld droogte of gebrek aan nutriënten) kunnen sommige bacteriën in een soort rusttoestand gaan waarbij een celwand om hun cel heen wordt gevormd om zichzelf te beschermen. Dit wordt sporenvorming genoemd. Alle stofwisselingsprocessen<sup>2</sup> stoppen dan of nemen sterk af. In deze toestand kunnen bacteriën lange tijd overleven. Als de omstandigheden weer gunstiger worden, worden de bacteriën weer actief. Overigens kunnen bacteriën niet alles overleven. Onder zeer ongunstige omstandigheden, bijvoorbeeld langdurige ernstige droogte, gaat een deel van de bacteriën wel dood.

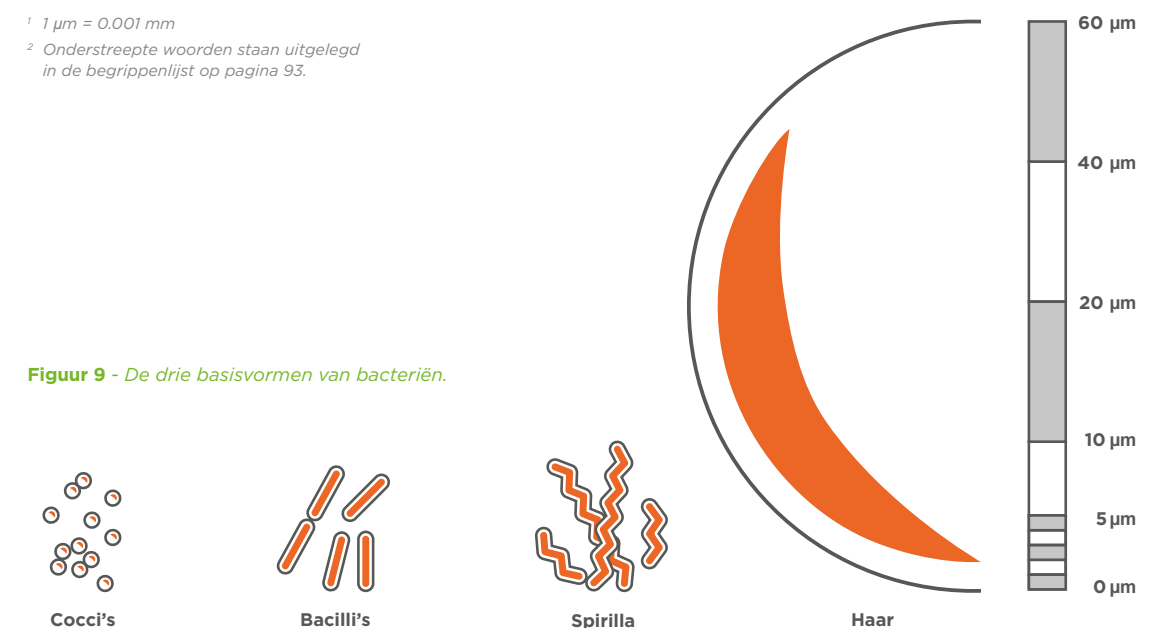
De meeste bacteriën komen voor in één van de drie basis vormen (Figuur 9): rond (de cocci's), staafvormig (de bacilli's) en spiraalvormig (spirilla). Sommige bacteriesoorten uit de bacilli groep hebben een of meer zweepstaartjes ('flagellen') waarmee ze kunnen zwemmen. De spirilla kunnen om hun as draaien waardoor ze zichzelf in een soort kurkentrekker beweging kunnen verplaatsen. De cocci's zijn nagenoeg niet mobiel. Ze kunnen zich

wel verplaatsen door mee te liften op andere bodemorganismen, of via waterstromen.

Veel bacteriën hebben zuurstof nodig om te overleven. Bacteriën leven in de organische stof en waterfilms rond de bodemdeeltjes leven (Figuur 10). Deze waterfilms zijn zo dun dat er genoeg zuurstof - dat zich ook in de poriën in de bodem bevindt - in het water kan oplossen om de bacteriën van zuurstof te voorzien. Bacteriën die zuurstof nodig hebben worden ook wel aangeduid als 'aerobe bacteriën'. 'Aero' komt uit het latijn en betekent: "te maken hebbend met lucht". Er zijn ook bacteriën die zonder zuurstof kunnen overleven. Deze noemen we 'anaerobe bacteriën'. Anaerobe bacteriën produceren bij hun stofwisseling geen CO<sub>2</sub> en water, maar zuren. Deze zuren kunnen het milieu voor het bodemleven beïnvloeden. Een aantal ziekteverwekkende bodemmicro-organismen zijn anaeroob en kunnen onder zuurstofloze omstandigheden overleven. Ook zijn planten op natte plekken vaak wat verzwakt door slechte groeiomstandigheden. Hierdoor ziet u vaak ziektes ontstaan op natte plekken in het veld of op erg verdichte grond waar niet genoeg zuurstof in kan komen.

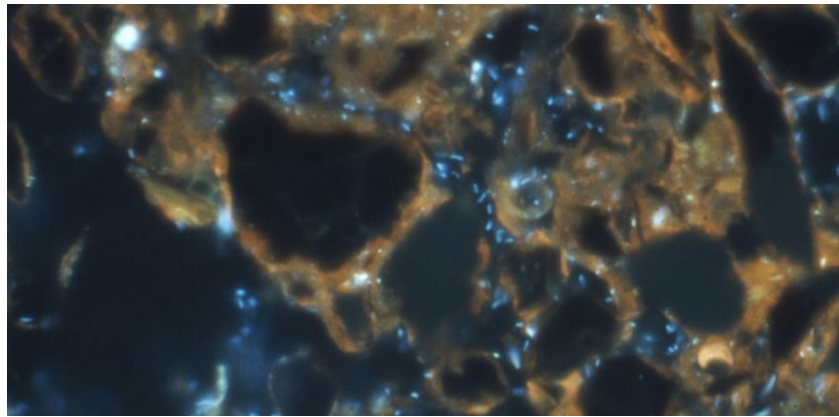
<sup>1</sup> 1  $\mu\text{m}$  = 0,001 mm

<sup>2</sup> Onderstreepte woorden staan uitgelegd in de begrippenlijst op pagina 93.



Figuur 9 - De drie basisvormen van bacteriën.





**Figuur 10** - Bacteriën in de bodem leven in de poriën, in een dunne waterfilm rond de minerale gronddeeltjes of om organische stofdeeltjes. De bacteriën zijn blauw gekleurd, het bruine is organische materiaal wat rond de zwarte zandkorrels ligt.

## 3.2 Schimmels

Schimmels komen in twee vormen voor. De eencellige gisten en de meercellige schimmels, die draden (hyfen) vormen. Er zijn zo'n 150.000 schimmelsoorten bekend, maar er wordt geschat dat er vele miljoenen verschillende soorten bestaan. Schimmeldraden zijn ongeveer 2-10  $\mu\text{m}$  breed, kunnen zeer lang worden en een groot uitgebreid netwerk van draden vormen.

Schimmels vermeerderen en verspreiden zichzelf vaak door het vormen van sporen. Dit zijn heel kleine cellen die

via wind, water of andere organismen verspreid worden. Sommige soorten schimmels maken paddenstoelen om hun sporen te verspreiden. Sporen kunnen ongunstige omstandigheden (bijvoorbeeld droogte) overleven en weer uitgroeien tot nieuwe schimmeldraden. Schimmeldraden zijn erg dun en kunnen op plekken komen waar zelfs haarwortels van planten niet bij kunnen. Hierdoor kunnen ze organische stof (nutriënten) en water in de bodem maximaal benutten.


 Wist-je-datje

### Actinomyceten

Een speciale groep bacteriën wordt gevormd door de Actinomyceten of in het Nederlands, straalzwammen. Ze zijn speciaal omdat ze eruitzien en zich gedragen als schimmels, maar toch tot de bacteriën behoren. Ze zijn meercellig en vormen draden (hyfen) en sporen. Ze spelen een belangrijke rol in de bodem bij de afbraak van organisch materiaal.

## 3.3 Protozoa

Protozoa zijn eencellige organismen. Echter, ze zijn groter dan bacteriën, 5-500  $\mu\text{m}$ . De protozoa worden vaak in vier groepen opgedeeld op basis van de manier waarop ze zichzelf voortbewegen (Figuur 11).

-  Amoeben kunnen de vorm van hun cel veranderen en op die manier een soort uitsteeksels maken waarmee ze zich langs een oppervlak voortrekken of kunnen zwemmen.
-  Flagellaten hebben - net als sommige bacteriën - één of meerdere zweepstaartjes, waarmee ze kunnen zwemmen.
-  De ciliaten hebben kleine korte haartjes over hun hele cel, waarmee ze zich voort kunnen bewegen.
-  Tot slot de sporozoa. Deze groep protozoa is niet mobiel en leeft uitsluitend als parasiet in dieren.

Protozoa eten zowel organisch materiaal als (levende) micro-organismen zoals bacteriën. Dit eten van bacteriën wordt ook wel 'grazen' genoemd en is een belangrijk proces in de bodem.

En wel om twee redenen:

1. Op deze manier wordt de populatiegrootte van bacteriën in de hand gehouden.
2. Tijdens het grazen komen er minerale - plantopneembare - nutriënten zoals stikstof vrij.

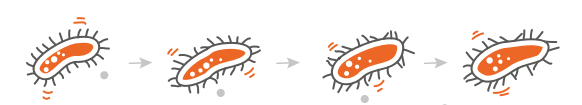
**Amoeben**



**Flagellaten**



**Ciliaten**



**Sporozoa**



**Figuur 11** - Groepering van de protozoa op basis van hoe ze zich voortbewegen

## 3.4 Archaea

De archaea zijn ook eencellige organismen, zo'n 0,1 - 15  $\mu\text{m}$  in formaat. Er is relatief weinig bekend over deze groep micro-organismen in de bodem en hun rol in bodemprocessen. Lange tijd werd gedacht dat de archaea alleen in extreme omgevingen voorkwamen. Bijvoorbeeld in vulkanen

bij temperaturen rond de 100 °C of in bodems met extreem hoge of lage pH. Nu is bekend dat de archaea overal voorkomen, ook in de niet-extreme omgevingen. Tevens is bekend dat ze betrokken zijn bij o.a. het verteren van organisch materiaal en het vrijmaken van nutriënten.



# Micro-organismen

Wat zijn bacteriën, schimmels, protozoa en archaea eigenlijk? Het zijn geen dieren en ook geen planten.

**A**lle organismen op aarde zijn gegroepeerd volgens een bepaalde systematiek op basis van hun verwantschap. Er zijn acht niveaus in deze indeling (zie tabel 1 hiernaast). Het hoogste niveau is het 'domein' en het laagste niveau is de 'soort'.

Op het hoogste indelingsniveau zijn er drie domeinen:

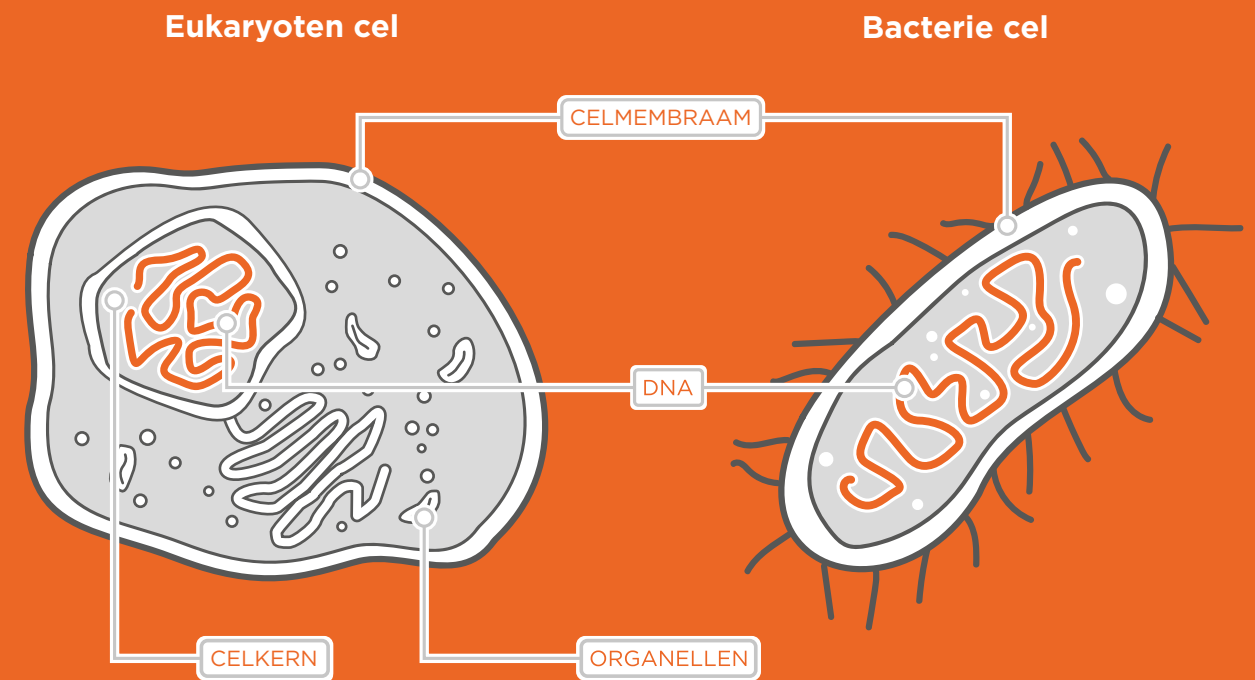
- ✿ Bacteriën
- ✿ Archaea
- ✿ Eukaryoten

Het verschil tussen deze domeinen zit hem in hoe de cellen van de organismen eruit zien of gebouwd zijn.

Bij de eukaryoten zit het erfelijk materiaal (het DNA) in een celkern, een 'zakje' binnen in de cel. Bij de bacteriën en archaea zwemt het genetisch materiaal door de hele cel heen, ze hebben geen celkern. Hoewel archaea net als bacteriën geen celkern hebben, lijken ze wat betreft andere celcomponenten<sup>3</sup> weer meer op de cellen van de eukaryoten, daarom zijn ze een apart domein geworden.

De bacteriën en archaea behoren dus elk tot hun eigen domein. De schimmels behoren tot het derde domein, de eukaryoten, hetzelfde domein waar mensen dieren en planten toe behoren.

<sup>3</sup> Net zoals mensen en dieren organen hebben (een hart, longen, een lever etc) met elk hun eigen functie, zo zitten er in individuele cellen ook een soort organen die specifieke functies uitvoeren. Deze organen op celniveau noemen we "organellen". Bijvoorbeeld in de ribosomen worden eiwitten gemaakt en het mitochondrium maakt energie beschikbaar. Bacteriën bestaan uit simpele cellen en hebben maar een paar kleine organellen. De organismen in de domeinen Eukaryoten en Archaea hebben meer en grotere organellen.



Figuur 12 - Het verschil tussen een eukaryoten cel en een bacterie cel.

	Aardappel	Tomaat	Champignon (een schimmel)	Stikstofbindende bacterie
<b>Domein</b>	Eukaryota	Eukaryota	Eukaryota	Bacteria
<b>Rijk</b>	Planten	Planten	Fungi	Bacteria
<b>Stam</b>	Embryophyta	Embryophyta	Basidiomycota	Proteobacteria
<b>Klasse</b>	Spermatopsida	Spermatopsida	Agaricomycetes	Alphaproteobacteria
<b>Orde</b>	Solanales	Solanales	Agaricales	Rhizobiales
<b>Familie</b>	Solanaceae	Solanaceae	Agaricaceae	Rhizobiaceae
<b>Geslacht</b>	Solanum	Solanum	Agaricus	Rhizobium
<b>Soort</b>	Solanum tuberosum	Solanum lycopersicum	Agaricus bisporus	Rhizobium leguminosarum
<b>Nederlandse naam</b>	aardappel	tomaat	champignon	Stikstofbindende bacterie

Tabel 1 - De indeling van soorten op aarde, op basis van verwantschap.

# Ras, strain, stam, f.sp.....??

Wanneer u leest over microbiologie, komt u vaak afkortingen of termen tegen die niet altijd helemaal duidelijk zijn. Hieronder leggen we een aantal van die afkortingen en termen uit.

**SP** **De afkortingen sp en spp, die u soms na een geslachtsnaam ziet staan, staan voor 'species' en 'species plural'. Dit is Engels voor: 'soort' en 'soort meervoud' (meerdere soorten).** Bijvoorbeeld op een analyse voor ziekteverwekkers (bodempathogenen) staat dat er *Fusarium spp* zijn aangetroffen. Dit betekent dus dat er meerdere *Fusarium* soorten aangetroffen zijn. Als er *Fusarium sp* staat, is er maar één *Fusarium*soort aangetroffen, maar is die niet geïdentificeerd. Men weet dan dus niet de soortnaam.

Hierboven hebben we het gehad over de groepering van organismen tot soort niveau. Binnen een soort komen er nog steeds wezenlijke verschillen voor. In de landbouw hebben we bijvoorbeeld verschillende aardappelrassen met elk hun eigen eigenschappen. Bij micro-organismen komen ook binnen eenzelfde soort groepen voor met verschillende eigenschappen. Bij micro-organismen noemen we dit niet ras, maar er worden termen en afkortingen gebruikt zoals : strain, stam, f.sp, biovar of var.

**STRAIN** **Strain en stam betekenen hetzelfde: strain is Engels en stam is Nederlands. Een stam is een populatie organismen, die uitgroeit uit hetzelfde 'moeder'organisme.** Bijvoorbeeld, een microbioloog vindt een Bacteriesoort A op zijn computermuis en vindt eenzelfde Bacteriesoort A in het kippenhok. De bioloog laat beide bacteriën apart vermenigvuldigen en gaat dan experimenten doen. De populatie die is uitgroeit uit de 'moeder' uit het kippenhok blijkt beter in staat om kippenmest af te breken dan de populatie met de moeder van de computermuis. Ook al waren het beide dezelfde bacteriesoort. Omdat de 'moeders' op verschillende plekken leefden, hebben ze zich toch net iets aangepast aan die omgevingen. De microbioloog heeft nu dus twee verschillende stammen gekarakteriseerd. Deze worden vaak met een nummer of code benoemd.

Een voorbeeld uit de praktijk: De bacteriesoort *Bacillus amyloliquefaciens* is een veel voorkomende soort die in verschillende commerciële producten verwerkt zit. Maar, in elk product zit een andere stam, met (sterk) verschillende eigenschappen! Bijvoorbeeld, het product Serenade bevat *Bacillus amyloliquefaciens* stam QST 713. Deze stam heeft een toelating als fungicide tegen verschillende ziekteverwekkende schimmels. Maar, een andere stam van dezelfde bacteriesoort *Bacillus amyloliquefaciens* zit in het product Stimusoil Amylis. Deze stam kan volgens de producent stikstof uit de lucht binden en daarmee extra stikstof in de bodem brengen maar heeft voor zover bekend geen werking tegen ziekteverwekkende schimmels.

**F.SP** Bij de namen van ziekteverwekkende schimmels staat soms de afkorting f.sp. Bijvoorbeeld *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. **F.sp staat voor het Latijnse formae specialis. Het geeft aan voor welke gewassoort de schimmel ziekteverwekkend is.** Bijvoorbeeld *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici* is ziekteverwekkend voor tomaat. *Fusarium oxysporum* f.sp *dianthi* is ziekteverwekkend voor anjer.

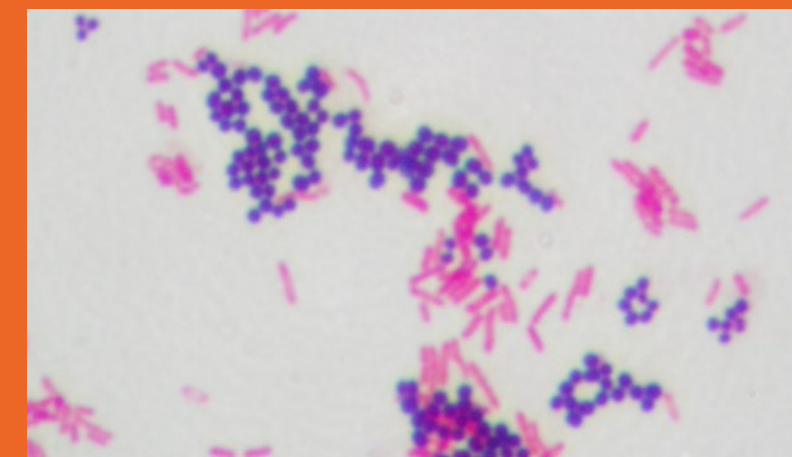
**BIOVAR** **De term biovar komt vooral voor in relatie tot stikstofbindende bacteriën om aan te geven in welke stikstofbindende plant de bacteriestam voorkomt.** Bijvoorbeeld *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* leeft in de wortelknolletjes van verschillende soorten klaver. *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* leeft in de wortelknolletjes van o.a. erwten en linzen.

**VAR.** Tot slot zien we soms de term var. nog voorbij komen. **Dit staat voor variety. Of in het Nederlands: variant. Het betekent zoiets als 'onder soort'.** Deze term wordt tegenwoordig niet meer officieel erkend.

## Grampositieve en gramnegatieve bacteriën

Naast op basis van de vorm van de cellen worden bacteriën ook vaak gegroepeerd op basis van de zogenaamde gramtest, of gramkleuring. Op (microbiële) bodemanalyses of producten die micro-organismen bevatten ziet u vaak staan: "grampositieve" of "gramnegatieve bacteriën". De gramtest was ontwikkeld in de jaren 1880 door de Deense onderzoeker Dr. Hans Gram. Hij vond een manier om bacteriën te kleuren zodat ze beter zichtbaar werden onder een microscoop. Afhankelijk van eigenschappen van de celwand van de bacteriën worden bepaalde kleurstoffen goed vastgehouden door de celwand en kleuren sommige bacteriën donker paars (grampositieve bacteriën). Bij de gramnegatieve bacteriën die een ander soort celwand hebben kan de donker paarse kleur worden weggewassen en worden ze roze (Figuur 13). Deze test op zichzelf zegt dus niets over de functies van de bacteriën in de bodem. Als u over bacteriën leest dan wordt vaak aangegeven of de bacterie gramnegatief of grampositief is. Echt informatief is het eigenlijk niet. Zeker niet wat functies of eigenschappen

van die bacterie betreft. In een aantal onderzoeken is overigens wel uitgewezen dat sommige grampositieve bacteriën beter bestandig lijken tegen droogte-stress vergeleken met gramnegatieve bacteriën. Maar het is niet juist om te zeggen dat bodems met meer grampositieve bacteriën daadwerkelijk droogte-bestendiger zijn dan bodems met minder grampositieve bacteriën.



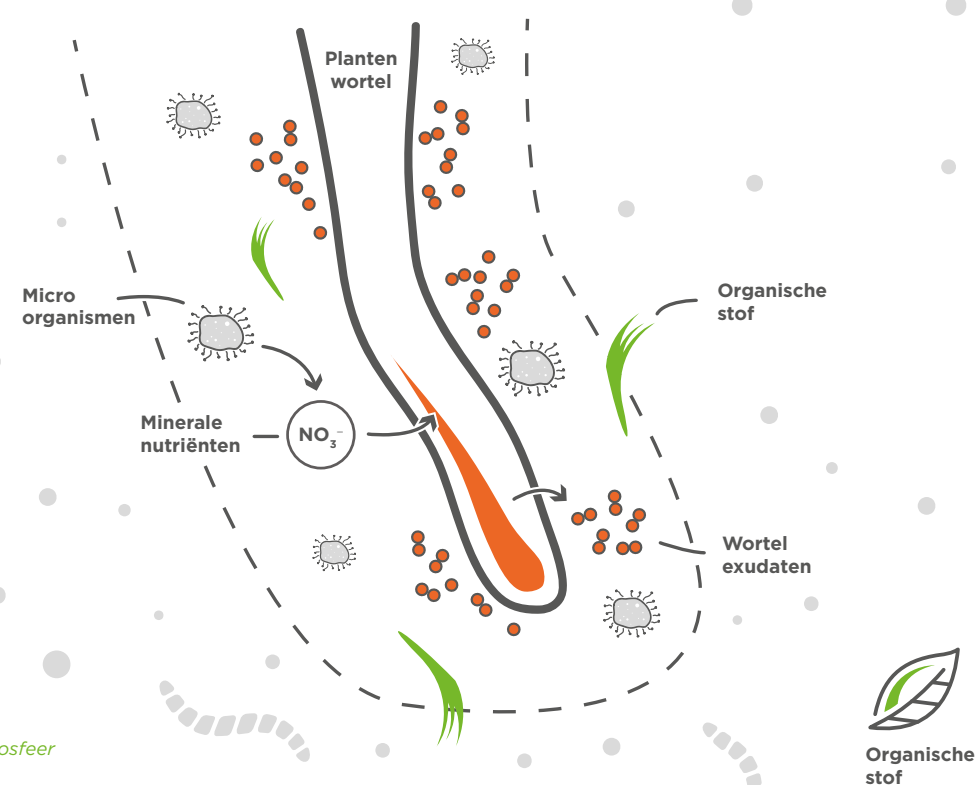
Figuur 13 - Grampositieve (paars) en gramnegatieve (roze) bacteriën.

## 3.5 Leefgebied van de micro-organismen: de rhizosfeer

De rhizosfeer (zie figuur 14) is de naam voor het gebied in de bodem rond de wortels dat onder directe invloed staat van de wortels. In dit gebied is het een drukte van belang en leven veel micro-organismen. Planten hebben micro-organismen nodig om te overleven. Onder andere omdat de micro-organismen nutriënten vrij maken uit organische stof, zodat de plant ze kan opnemen. Daarom doet de plant er van alles aan om de grond rond de wortels aantrekkelijk te maken voor micro-organismen. Planten scheiden makkelijk verteerbare stoffen uit via de wortels, o.a. suikers en aminozuren. Deze stoffen worden ook wel wortel exudaten genoemd. De micro-organismen kunnen deze voedingsstoffen gemakkelijk

opnemen en gebruiken. Vandaar dat er veel micro-organismen aanwezig zijn in de rhizosfeer. Eenmaal gevestigd in de rhizosfeer breken ze het aanwezige organische materiaal af. Hieruit komen minerale nutriënten vrij die de plant kan opnemen. Verschillende plantensoorten scheiden wortel exudaten van verschillende samenstelling uit. Deze trekken verschillende soorten micro-organismen aan. Zo krijgt elke plantensoort een unieke populatie aan micro-organismen om zijn wortelstelsel heen. Ook buiten de rhizosfeer leven micro-organismen.

Overall waar (vers) organisch materiaal te vinden is, kunnen micro-organismen zich voeden en vermenigvuldigen.



Figuur 14 - De rhizosfeer

## 4. Bodemgebonden ziektes en plagen

**H**elaas is er ook een aantal bodemorganismen dat schadelijk is voor gewassen en ziektes kan veroorzaken.

Bodemziektes en -plagen worden veroorzaakt door bepaalde soorten bacteriën, schimmels, aaltjes en in de bodem levende insecten(larven). Dit noemen we ook wel schadelijke of pathogene organismen. In Tabel 2 staat een overzicht van veel voorkomende

bodemziektes en -plagen. Hoewel deze schadelijke organismen maar een erg klein gedeelte van al het bodemleven uitmaken, hebben ze in sommige landbouwgronden de kans gekregen om zich sterk te vermenigvuldigen en schade te veroorzaken. Dit kan verschillende redenen hebben. Vaak is het een combinatie van factoren. Hier komen we later in de gids nog uitgebreid op terug (Deel III).



## Bodemziektes en -plagen

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Soort patho-geen	Vatbare gewassen	Symptomen
Bruinrot	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Bacterie	Aardappel	Verwelking van blad, bacterieslijm, zwarte kiemen. Quarantaine ziekte.
Droogrot	<i>Fusarium sulphureum</i> en <i>F.coeruleum</i>	Schimmel	Aardappel	Bruine vlekjes op knol, verdrogen van de knol, mummificeren, rimpelige ringen
Bolrot	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepea</i>	Schimmel	Ui en uiachtige soorten	Schimmelpluis, verwelking, verrotting van de wortels en bruinverkleuring van de vaatbundels
Knolvoet	<i>Plasmodiophora brassicae</i>	Protozoa	Kool, koolzaad	Onregelmatige opzwellingen aan de wortels
Lakschurft	<i>Rhizoctonia solani</i> AG 3	Schimmel	Aardappel	<u>Sclerotiën</u> op de knol, slechte/onregelmatige opkomst, vouwen topblaadjes door slechte vochtvoorziening, nieuwe stolonvorming, groeischeuren
Phoma	<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveata</i>	Schimmel	Aardappel	Donkergekleurd droogrot
Pinkroot	<i>Pyrenochaeta terrestris</i>	Schimmel	Ui	Roze tot paars gekleurde wortels. Tast de bol niet aan.
Voet- of wortelrot	<i>Pythium</i> spp	Schimmel	Divers	Wortels verslijmen
Rattenkeutelziekte	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en <i>S. minor</i>	Schimmel	Divers	Schimmelpluis, sclerotiën op bovengrondse en ondergrondse plantdelen.
Aardappelschurft	<i>Streptomyces</i> spp.	Bacterie	Aardappel	Verkurkte oppervlakkige plekjes op de knol > alleen invloed op kwaliteit
Verticilium-verwelkingsziekte	<i>Verticilium dahliae</i>	Schimmel	Aardappel, peulvruchten	Verwelking van blad, vervroegde afsterving
Verticilium	<i>Verticilium longisporum</i>	Schimmel	Kool	Verwelking van blad, vervroegde afsterving
Vuur	<i>Botrytis elliptica</i> (lelie) en <i>Botrytis tulipae</i> (tulp)	Schimmel	Lelie en tulp	Grijsbruine stipjes op het blad die uitgroeien tot vlekken, blad verschrompeld en wordt papierachtig
Witrot	<i>Sclerotium cepivorum</i>	Schimmel	Ui	Geelverkleuring blad, ondergrondse stengeldeel verslijmt, bol verteert
Zuur	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>tulipae</i>	Schimmel	Tulp	Bol wordt lichter van gewicht, buitenkant van de bol wordt harder, zure lucht
Zwartbenigheid	<i>Sclerotium wakkeri</i> Boerema & Posthumus	Schimmel	Tulp	Paars/roodverkleuring blad, ondergrondse stengeldeel wordt dofzwart en verschrompelt, grauwwarte plekken op bol

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Soort patho-geen	Vatbare gewassen	Symptomen
Aardvlo	<i>Chaetocnema concinna</i> en <i>C. tibialis</i>	Insect	Divers	Gaatjes in blad
Bonenvlieg	<i>Delia platura</i>	Insect	Divers	Verminderde opkomst door schade van de larve aan kiemplanten.
Emelten (langpootmug larve)	<i>Tipulidae</i>	Insect	Divers	Vraat aan boven- en ondergrondse plantdelen, dierlijke schade door zoekgedrag naar emelten.
Engerlingen (larve van meikevers, junikevers, rozenkevers en andere bladspruitkevers)	<i>Melolontha melolontha</i> (Meikever), <i>Amphimallon solstitiale</i> (Junikever) en <i>Phyllopertha horticola</i> (Rozenkever),	Insect	Divers	Vraat aan wortels en oogstproducten, planten komen los te liggen en verdrogen, dierlijke schade door zoekgedrag naar engertingen
Ritnaalden (kniptor larve)	<i>Agriotes</i> spp, waaronder de Gestreepte kniptor <i>A. lineatus</i> en de Donkere akkerkniptor. <i>A. obscurus</i>	Insect	Divers	Aangevreten wortels, bladverkleuring en afsterving, schade aan diverse oogstproducten
Uienvlieg	<i>Delia antiqua</i>	Insect	Allium soorten (ui en prei)	De uienvlieg legt eitjes op de plant, waarna de larve vraatschade aanricht aan de voet van de plant. Bladeren worden geel en sterven af. Daarna verpoppen de larven zich in de bodem.
Aardappel-cysteaaltje	<i>Globodera rostochiensis</i> en <i>Globodera pallida</i>	Aaltje	Aardappel	Gewas blijft achter in groei, cysten zichtbaar op de wortels.
Bietencysteaaltje	<i>Heterodera schachtii</i>	Aaltje	Bieten, spinazie, koolsoorten en vlinder bloemigen	Gewas blijft achter in groei, cysten zichtbaar op de wortels.
Graswortel-knobbelaaltje	<i>Meloidogyne naasi</i>	Aaltje	Gras, graan	Bossig wortelstelsel met knobels aan het uiteinde van de wortels.
Maiswortel-knobbelaaltje	<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	Aaltje	Aardappel, wortelen, suikerbieten	Vooral kwaliteitsschade aan de knol of wortel, bobbeltjes onder de schil en zwarte plekken in het merg.
Wortellesieaaltjes	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Aaltje	Divers	Beschadigde plekken op het wortelstelsel, achteruitgang van gewasgroei

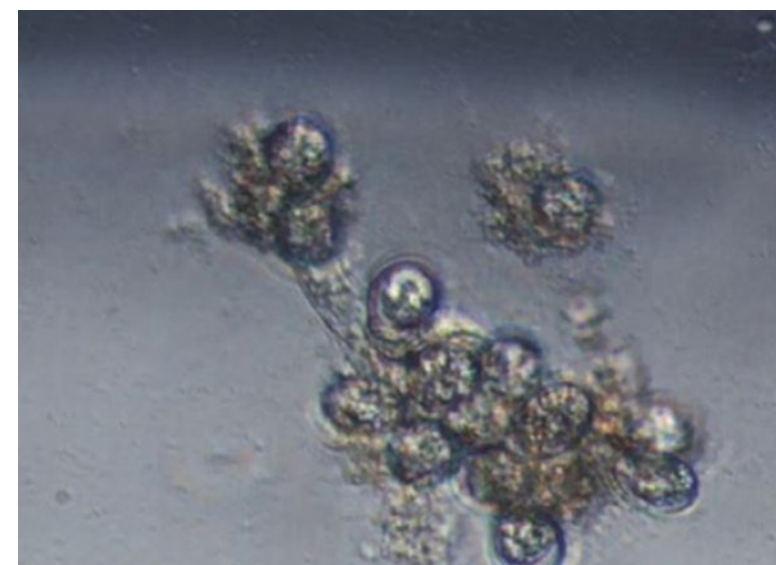
Tabel 2 - Een aantal bodemziektes en plagen.

# 5. Bodem- biodiversiteit

*Zoals in de hoofdstukken hiervoor te lezen was, komt het bodemleven voor in allerlei soorten en maten.*

**S**ommige soorten zijn generalisten, ze kunnen op meerdere plekken leven en meerdere voedselbronnen gebruiken. Andere soorten zijn juist sterk specialistisch en hebben zich aangepast aan specifieke omstandigheden, leefgebied of voedingsbronnen. Alle organismen die zich in de bodem bevinden zijn afhankelijk van elkaar of hebben invloed op elkaar.

De bodem zit vol met organismen, die met elkaar samenwerken of juist met elkaar in competitie zijn. Ze concurreren met elkaar voor voedsel en leefgebied. Sommige organismen jagen op elkaar (Figuur 15) of parasiteren op andere organismen of ze scheiden (giftige) stoffen uit om vijanden of concurrenten op afstand te houden. In een gezonde, stabiele bodem worden verschillende populaties van bodemorganismen door elkaar in balans gehouden en wordt voorkomen dat een bepaalde soort organismen de overhand krijgt.



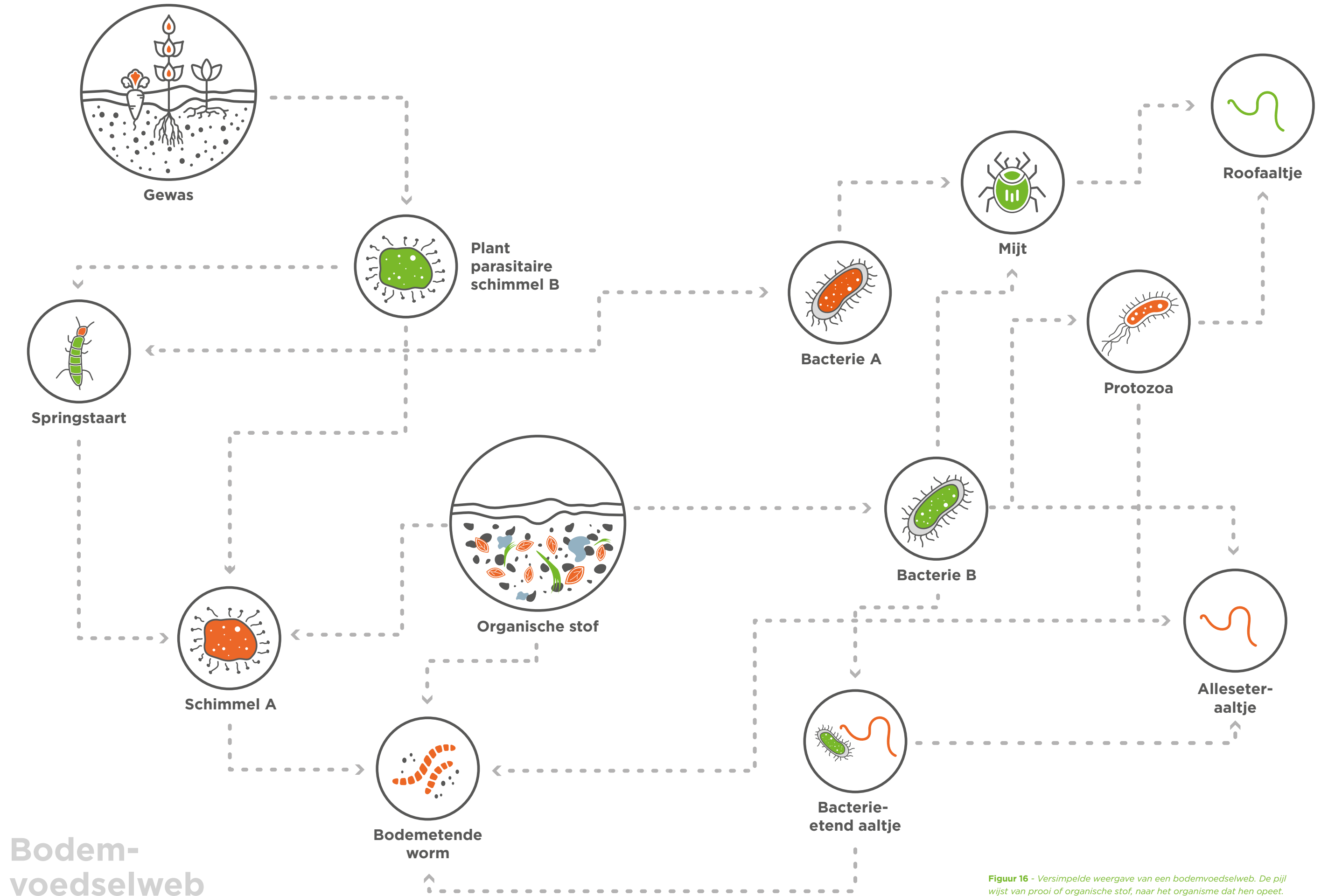
**Figuur 15** - Een aaltje wordt opgegeten door protozoa.

## 5.1 Bodem- voedselweb

De relaties tussen verschillende bodemorganismen in de voedselketen worden vaak schematisch weergegeven in een bodemvoedselweb (Figuur 16 op de volgende pagina).

In het midden van het web staat het organisch materiaal en de soorten die organisch materiaal eten: plantenresten, mest, compost, maar ook wortellexudaten of dode (bodem) organismen.

Op het daarop volgende niveau van het web bevinden zich de soorten die de organische stof-etende soorten opeten. Op het volgende niveau bevinden zich de organismen die de organismen van het vorige niveau opeten, enzovoort. Al zijn er ook organismen die niet alleen van het niveau onder hen eten, maar ook van het niveau daar weer onder. Het is dus een beetje een rommelig web.



# Bodem-voedselweb

**Figuur 16** - Versimpelde weergave van een bodemvoedselweb. De pijl wijst van prooi of organische stof, naar het organisme dat hen opeet.



## 5.2 Populaties wel of niet in evenwicht

Door het bodemleven via een bodemvoedselweb te bekijken, wordt het snel duidelijk dat, wanneer een verandering plaatsvindt in de bodem (bijvoorbeeld door een landbouwkundige handeling) er een kettingreactie kan ontstaan. Bijvoorbeeld als u kijkt naar Figuur 16 op de vorige pagina, als er niet genoeg (diverse) organische stof wordt aangevoerd, zullen de populaties van bacterie A, bacterie B en schimmel A kleiner worden, omdat er niet genoeg voedsel voor ze is. Hierdoor hebben de mijt en protozo ook minder te eten. Hun populaties zullen ook afnemen. Het roofaaltje en alles-eter-aaltje hebben daardoor ook minder te eten. Ook hun populaties zullen daardoor afnemen.

Of een ander voorbeeld: als er door het gebruik van een breedwerkend nematicide alle aaltjes (in Figuur 15 het bacterie-etend aaltje, alleseter aaltje en roofaaltje) doodgaan, dan vallen opeens een groot aantal predatoren<sup>4</sup> weg. De populatiegroottes van bacterie B, protozo en de mijt kunnen sterk groeien omdat ze geen vijanden meer hebben. Daardoor kan bacterie B meer concurrentie geven aan bacterie A, waardoor de populatie van bacterie A juist afneemt.

De springstaart verliest een voedingsbron waardoor die populatie ook weer afneemt. Dit geeft de plant-parasitaire schimmel B weer meer kans om te groeien en gewasschade te veroorzaken. In de praktijk zien we soms dat bij het gebruik van sommige granulaire nematiciden de rhizoctonia-aantasting in aardappel en bieten toeneemt.

Populatiegroottes van verschillende soorten bodemleven veranderen continu en dit is normaal. In een gezonde, goed functionerende bodem zullen na een tijdje de populatiegroottes weer naar het oude niveau terugkeren. Zo schommelen de populatiegroottes binnen bepaalde grenzen. Als een verstoring te groot is, kan het zijn dat de populaties niet terugkeren naar hun oude niveaus en dat het bodemleven uit balans raakt. Zulke verstoringen van het evenwicht van het bodemvoedselweb kunnen (grote) gevolgen hebben voor het functioneren van de bodem. Dit zal in deel II en deel III van deze gids nog verder worden uitgelegd.

# Deel II

## Wat zijn de functies van het bodemleven?

<sup>4</sup> Predatoren zijn organismen die actief op andere organismen jagen voor voedsel.

# 6. Bodem-structuur **maken**

*Het bodemleven stuurt onbewust een groot aantal essentiële processen in de bodem aan. De bodemorganismen zijn vooral bezig met eten zoeken en overleven. Door hun gezamenlijke activiteit zorgen ze voor het functioneren van de bodem. In deel I van deze gids hebben we een overzicht gegeven van de verschillende, veel voorkomende soorten bodemleven. In dit deel van deze gids beschrijven we de functies van het bodemleven in een landbouwcontext. Welke processen in de bodem ze beïnvloeden en hoe ze de bodem vormgeven en productief houden.*

**E**en van de meest zichtbare en fundamentele functies van bodemleven is het maken van (biologisch gevormde) bodemstructuur.

Gek genoeg wordt deze functie vaak over het hoofd gezien, en zeker niet als eerste genoemd bij het opnoemen van de functies van het bodemleven! Bodemleven maakt letterlijk de structuur - het raamwerk - van de bodem, waarin

alle bodemprocessen zich afspelen. Zonder deze structuur zouden de andere processen ook niet plaats kunnen vinden.

Om de rol van het bodemleven bij het maken van bodemstructuur te kunnen waarderen, is het belangrijk om ook goed te snappen hoe een biologisch gevormde bodemstructuur eruit ziet en waarom dit zo belangrijk is. In de verdieping op de volgende pagina leggen we het uit.

hun celmembranen heen op (een beetje zoals een plantenwortel ook nutriënten opneemt). Deze enzymen zijn plakkerig en hiermee kunnen minerale bodemdeeltjes, maar ook (hele kleine) stukjes organische stof, aan elkaar gaan plakken. Schimmels (die ook plakkerige enzymen uitscheiden) vormen een soort netstructuren met hun schimmeldraden, waardoor er nog betere en grotere stabiele kluitjes gevormd kunnen worden. Ook haarwortels van planten vervullen zo'n soort functie. Plakkerige wortellexudaten lokken de micro-

organismen en plakken tegelijkertijd bodemdeeltjes aan elkaar. Groter bodemleven, zoals wormen, kunnen het proces van stabiele kluitjesvorming substantieel versnellen. Door hun eetgedrag worden grond en organisch materiaal goed gemengd in de maag van de worm. Ook hier worden plakkerige enzymen toegevoegd. Bacteriën uit de maag/darm van de worm worden goed gemixt met de grond en organisch materiaal. Wormenuitwerpselen zijn de ideale startsituatie voor de vorming van stabiele bodemkluitjes.



**Figuur 17** - Een bodem met weinig biologisch gevormde bodemstructuur. Een slechte - niet biologisch gevormde - bodemstructuur is te herkennen aan scherp blokkige elementen. De wortels van het gewas groeien niet kronkelend door de bodem heen, maar plat over de zijanten van de blokkige elementen (zoals in de rechter foto).

**Figuur 18** - Een biologisch gevormde bodemstructuur. Te herkennen aan de afgeronde kleine kluitjes en het rulle uiterlijk.

## 6.1 Rol van bodemleven bij kluitjesvorming

De vorming van stabiele bodemkluitjes (bodemkluitjes die niet uit elkaar vallen als ze nat worden en weer opdrogen) is een best ingewikkeld proces<sup>5</sup>, en kan op verschillende manieren gebeuren. Heel erg versimpeld is het een kwestie van minerale bodemdeeltjes die aan elkaar plakken. Hier is 'plaksel' voor nodig.

Het plaksel is afkomstig van micro-organismen. Micro-organismen hebben geen mond en tanden om organische stof mee op te eten. Ze scheiden stofjes uit (enzymen) die de organische stof afbreken zodat er voedingsstoffen uit vrij komen. De micro-organismen nemen deze voedingsstoffen door

<sup>5</sup> In de "Organische stofhandleiding" wordt dit proces ook uitgelegd op pagina 16. Hier wordt in meer detail uitgelegd hoe bodemkluitjes een rol spelen bij het beschermen en stabiliseren van organische stof.

## 6.2 Rol van macro-organismen bij porievorming

Grotere organismen zoals wormen, kevers of insectenlarven hebben verder een belangrijke rol bij het maken van bodemstructuur, doordat ze gangen graven om zich te verplaatsen en om eten te zoeken. Zij kunnen met deze activiteit enorme hoeveelheden grond verzetten! Ze woelen de grond om

en brengen organische stof - wat ze onderweg opeten en voor een groot deel weer uitpoepen - dieper in de bodem. Ze creëren zo ook ((semi-) permanente) gangen<sup>6</sup> en grote poriën waardoor lucht en water efficiënt dieper de bodem in kunnen.

<sup>6</sup> Op deze website staat een mooi filmpje waarop de semipermanente wormengangen en de rol van wormen bij het verteren en inwerken van organische stof duidelijk te zien is: [vimeo.com/110880643](https://vimeo.com/110880643).

# Biologisch gevormde bodemstructuur

## De opbouw van de bodem

Als u een intact blok grond zou uitgraven -uit een gezonde, goed functionerende bodem-, dan bestaat dat volume gemiddeld voor 45% uit minerale bodemdeeltjes (klei, leem of zand deeltjes), ruwweg 5% bestaat uit organische stof, 25% van het bodemvolume is lucht, en 25% van het volume bestaat uit water. Deze percentages zijn dynamisch en kunnen sterk verschillen per bodem en omstandigheden. Het percentage organische stof ligt in sommige bodems een stuk lager, maar soms ook een stuk hoger. Na een grote regenbui zal tijdelijk misschien 40% van het bodemvolume uit water bestaan en nog maar 10% uit lucht. Of een erg verdichte bodem heeft maar 30% water en lucht, en dus een groter aandeel minerale deeltjes. Maar als vuistregel voor een goed functionerende bodem gaan we uit van de verdeling in Figuur 19.

## Het belang van poriën in de bodem

Een goede bodemstructuur bestaat uit stabiele bodemkluitjes met daartussen een netwerk van poriën van verschillende maten. Dit poriënnetwerk is essentieel voor het functioneren van de bodem. Plantenwortels hebben ruimte nodig om door de bodem heen te kunnen groeien. Zeker de haarwortels, waarmee het merendeel van het water en nutriënten wordt opgenomen, zijn zo fijn en kwetsbaar dat ze niet in staat zijn

om gronddeeltjes weg te duwen. Ze hebben een goed netwerk van poriën nodig om doorheen te kunnen groeien.

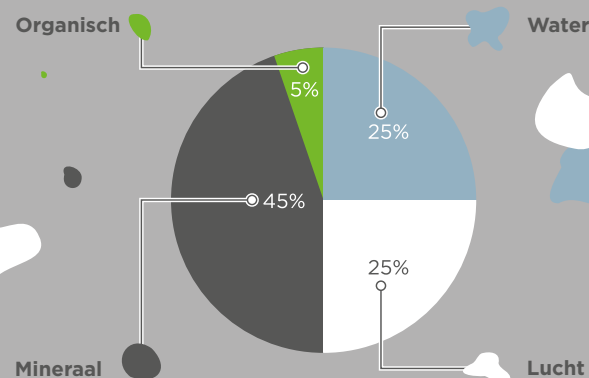
De bodemstructuur, bestaande uit stabiele kluitjes en poriën, is ook belangrijk voor de waterhuishouding van de bodem. Bodemvocht met daarin opgeloste nutriënten heeft ook ruimte (dus poriën) nodig om zich in de bodem te kunnen bevinden. Bij regen is een aaneengesloten netwerk van macroporiën (poriën groter dan ongeveer 50 µm) belangrijk, zodat het regenwater snel kan infiltreren en er geen plasvorming of afspoeling plaatsvindt. Onder droge omstandigheden zijn er micro- (<2 µm) en mesoporiën (2- 50 µm) nodig om de capillaire werking van de grond te laten plaatsvinden. Hierdoor kan de bodem, zelfs als het droog is het gewas van water voorzien. Deze twee functies - water infiltratie en water leveren - van een goede bodemstructuur worden steeds belangrijker in het veranderende klimaat. De weersomstandigheden worden steeds extremer, met hevige regenbuien en langdurige periodes van droogte.

De micro-poriën in de bodem zijn volledig gevuld met water. In de meso-en macroporiën bevindt zich (mits de bodem niet verzadigd is) ook lucht. Lucht (met zuurstof) is nodig voor de ademhaling van zowel het bodemleven als plantenwortels. Tot slot is de porieruimte nodig voor het bodemleven om zich te huisvesten en zich te verplaatsten. Alleen de macro-organismen (>2 mm) zijn in staat om bodemdeeltjes te verplaatsen en zelf door de bodem te graven en gangen te maken. Alle kleinere organismen zijn afhankelijk van een goed aansluitend netwerk van poriën.

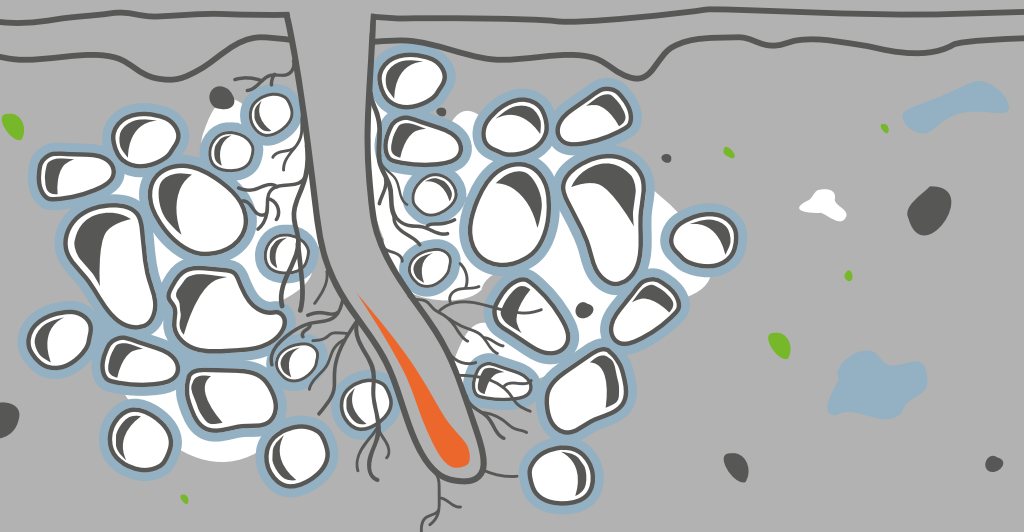
## Stabiele bodemkluitjes

Poriën ontstaan wanneer er stabiele bodemkluitjes<sup>7</sup> gevormd worden. Stabiele bodemkluitjes hebben een grootte variërend van 0,05 mm tot zo'n 2 cm. U kunt het voorstellen als een bak vol knikkers. Tussen de knikkers zit nog genoeg ruimte voor lucht en water. Met 'stabiele bodemkluitjes' wordt bedoeld dat de kluitjes niet uit elkaar vallen als ze nat worden en weer opdrogen. Bijvoorbeeld bij verslemping van de bodem is er niet genoeg samenhang tussen de bodemdeeltjes (te weinig of niet-stabiele kluitjes). De fijnere bodemdeeltjes (silt en klei) suspenderen dan in (regen)water en smeren de bodem dicht.

<sup>7</sup> Grotere brokken grond die men kan oppakken op het land noemt men in de spreektaal ook kluiten. Dat zijn echter niet de kluiten waar we het hier over hebben.



**Figuur 19** - Bij een goed functionerende bodem bestaat het bodemvolume voor ongeveer 45% uit minerale deeltjes, 5% organische stof, 25% water en 25% lucht. Het water en lucht in de bodem bevinden zich in de poriën die ontstaan tussen de (stabiele) bodemkluitjes. De kleinste poriën zijn gevuld met water, in de grotere poriën zit water als een soort film om de kluitjes heen en zijn de poriën verder gevuld met lucht. Het kleinere bodemleven en fijne plantenwortels hebben een goed netwerk van poriën nodig om zich doorheen te verplaatsen en te groeien.





## Rooiproblemen door wormen?

In Flevoland werden sinds de jaren '90 op sommige percelen ernstige problemen ondervonden bij de oogst van vooral aardappelen. Maar ook uien en andere rooigewassen ondervonden problemen. Er werden harde kleikluiten aangetroffen, die anders waren dan 'gewone' structuurkluiten (sterk verdichtte kluiten die onder andere door grondbewerking onder natte omstandigheden ontstaan). Deze bemoeilijkten het oogsten en beschadigden de aardappelen. Op de plekken waar dit voorkwam, werd ook een groot aantal wormen in de bodem aangetroffen. Dit is verder onderzocht en door telers en studiegroepen is geëxperimenteerd met mogelijke oplossingen.

Het blijkt dat het groot aantal wormen tot een klein aantal soorten behoort. Met name *Aporrectodea caliginosa* en *Aporrectodea rosea*. Deze wormensoorten behoren tot de bodemeters. Ze graven geen permanente gangen, maar bewegen zich al grond-etend een weg door de bodem. Hierbij scheiden ze slijmstoffen uit om zichzelf tegen het schuren van de bodemdeeltjes te beschermen. Deze slijmstoffen dragen mogelijk bij aan het verkitten van de grond. Bij droog weer kan de klei hard worden, wat leidt tot meer tarra en rooioproblemen.

Hoewel de grote hoeveelheden bodem-etende wormen het directe probleem lijken te veroorzaken, ligt volgens de huidige kennis de achterliggende oorzaak op twee vlakken. Ten eerste een onbalans in het bodemleven en ten tweede een slechte bodemstructuur, wat de verkitting van de grond erger maakt. De staat waarin de bodem op de probleemplekken verkeert, lijkt gunstig voor een klein aantal soorten wormen en juist ongunstig voor de meeste andere soorten. Op de probleemplekken ontbreken bijvoorbeeld de strooisel-etende wormen en de pendelaar wormen. Ook ontbreken mogelijk andere organismen, die de structuur van de bodem in goede conditie houden. Uit proeven en ervaringen van telers blijkt dat het toedienen van gips de structuur in de bodem beter maakt en de rooioproblemen vermindert. Ook wordt er geadviseerd de structuur en omstandigheden in de bodem beter te maken en de balans in bodemleven te herstellen, door bijvoorbeeld het gebruik van organische meststoffen en gehakseld stro. In de publicatie "Rooien zonder problemen; wormen de baas blijven" van de stichting Veldleeuwerik staan meer gedetailleerde tips.

In andere delen van het land worden harde kluiten soms ook aan deze wormenproblematiek toegeschreven. Echter blijken dit bijna altijd 'gewone' structuurkluiten te zijn, waar meer wormen juist bij zouden kunnen helpen om deze te voorkomen. Kluiten die veroorzaakt worden door wormen zijn te herkennen aan veel wormengangen in de kluiten en ze zijn minder compact dan structuurkluiten. Angst om teveel wormen in het perceel te krijgen is dus zeker niet nodig!

## 7. De bodem ziektevererend maken

*Ziekteverwekkende bodemorganismen kunnen grote schade veroorzaken aan een gewas en lange tijd in een bodem aanwezig blijven. Sommige bodems hebben echter minder last van bodemziektes dan andere. Zelfs als de ziekteverwekkende organismen wel aanwezig zijn, wordt er in sommige bodems weinig tot geen schade aan het gewas aangericht. Zo'n bodem noemen we ziektewerend. Een hoge biodiversiteit en een actief bodemleven worden verondersteld de voornaamste redenen te zijn dat een bodem ziektevererend is.*

**I**n hoofdstuk 5 (pagina 30) hebben we het gehad over het bodemvoedselweb en is uitgelegd dat alle bodemorganismen direct of indirect invloed op elkaar uitoefenen. Een aspect daarvan is dat bodemorganismen elkaars populatiegrootte sterk beïnvloeden. Als er voldoende concurrenten en natuurlijke vijanden van een ziekteverwekker

aanwezig zijn, wordt de populatiegrootte van de ziekteverwekker klein gehouden. De ziekteverwekkers hebben dan minder kans om uit te groeien tot een echte plaag met (economische) schade. In deel III van deze gids leggen we nog verder uit hoe landbouwkundige maatregelen schadelijke bodemorganismen meer of minder kans geven om uit te groeien tot een plaag.

# 7.1 Regulatie van populatiegroottes

Bodemorganismen reguleren elkaars populatiegrootte op verschillende manieren:

**Competitie:** Het bodemleven is constant met elkaar in competitie. Er is competitie om ruimte, namelijk om de meest gunstige leefomgeving. Bijvoorbeeld in de rhizosfeer (zie pagina 26) of in de meest optimale poriën in de bodem waar voldoende organische stof, vocht en zuurstof aanwezig zijn. Er is ook competitie om voedsel. Dit kan organisch materiaal zijn, bijvoorbeeld wortellexudaten of prooiorganismen. Door competitie kunnen populaties niet eindeloos groeien. Als het voedsel of de gunstige leefomgeving op is, wordt de groei van populaties afgeremd.

**Predatie:** Predatoren zijn organismen die actief op andere (bodem) organismen jagen voor voedsel. Sommige predatoren zijn alleseters en eten verschillende soorten organismen. Anderen zijn juist heel gespecialiseerd en hebben zich aangepast om op één bepaalde groep of soort organismen te jagen en ze te eten. Bijvoorbeeld door aangepaste monddelen of structuren om andere organismen te vangen.

**Parasitisme:** Bij parasitisme heeft een organisme (de parasiet) een ander organisme (gastheer) nodig om te overleven of zich voort te planten. Bijvoorbeeld een sluipwesp die eitjes legt in een rups. De gastheer heeft hier last van en wordt belemmerd in zijn groei, voortplanting of gaat er vaak uiteindelijk

dood aan. In de bodem zijn er bijvoorbeeld schimmels die nematoden of de eieren van nematoden parasiteren.

**Antagonisme:** Een antagonist<sup>8</sup> betekent zoiets als 'een tegenhanger'. In de bodembioïlogie praten we over een antagonist als een organisme de groei of verspreiding van een ander organisme belemmert. Competitie, predatie en parasitisme zijn dus eigenlijk ook een soort van antagonisme. Maar een andere vorm van antagonisme, die we nog niet besproken hebben, is belangrijk onder de micro-organismen: micro-organismen kunnen stoffen uitscheiden waar andere micro-organismen dood door gaan of door op afstand blijven. Dit is een soort zelfverdediging. Niet alle uitgescheiden stoffen zijn hetzelfde en niet alle micro-organismen zijn even gevoelig. Sommige bacteriën kunnen bijvoorbeeld chitine afbrekende enzymen uitscheiden. Chitine is een bestanddeel van de celwand van schimmels. Dit enzym is schadelijk voor schimmels, maar niet voor bacteriën die geen chitine in hun celwand hebben. In de verdieping op de volgende pagina wordt dit soort microbiele antagonisme zichtbaar gemaakt.



**Figuur 20** - Roofaaltjes eten kleine bodemorganismen en andere kleinere nematodensoorten. In de mondholt van het roofaaltje bevindt zich een grote 'tand' om de prooi mee vast te grijpen.

<sup>8</sup> Bij bemesting en opname van nutriënten door planten wordt ook wel eens gesproken over antagonisten. In die context zijn het nutriënten die elkaars opname door de plant in de weg zitten, bijvoorbeeld calcium en magnesium.

## Microbieel antagonisme zichtbaar maken

In het plaatje hieronder is een voedingsbodem te zien. Een voedingsbodem is een soort gelachtige substantie vol met voedingsstoffen voor micro-organismen. Op dit soort voedingsbodems kunnen populaties van micro-organismen zo groot worden dat ze met het blote oog zichtbaar worden. De witte rondjes zijn schijfjes papier waar verschillende soorten bacteriën op geënt zijn. De bruine was is een andere bacteriesoort die door de hele

voedingsbodem gemixt is. Rond de meeste witte schijfjes is de gel helder, dit betekent dat er geen bruine bacterie op groeit, omdat de groei tegengehouden wordt door de antibacteriële stoffen die de bacteriën van de witte schijfjes uitscheiden. Ook is te zien dat rond sommige schijfjes geen heldere kring is, deze bacteriën scheiden of geen antibacteriële stoffen uit, of de bruine bacterie is niet gevoelig voor deze specifieke stoffen.



**Figuur 21** - Microbieel antagonisme zichtbaar gemaakt op een voedingsbodem.

## 7.2 Andere redenen waardoor bodemziektes meer of minder kans krijgen

Een aantal ziekteverwekkende bodemorganismen kan uitgroeien tot een plaag, omdat ze onder minder gunstige omstandigheden goed kunnen leven. Onder deze minder gunstige omstandigheden kunnen ze dus de competitie winnen van de andere bodemorganismen. Ook speelt mee dat planten op dit soort slechtere plekken vaak al wat meer verzwakt zijn, waardoor hun eigen afweersysteem minder goed werkt. Natte plekken op de akker zijn vaak plekken waar ziekteverwekkers veel schade aanrichten. Bijvoorbeeld de schimmel *Pythium ultimum* (wortelrot) is sterk afhankelijk van water.

De sporen van deze schimmel hebben zweepstaartjes, waarmee ze actief kunnen zwemmen en hebben veel water nodig om te verspreiden en actief te zijn. Natte plekken zijn vaak het gevolg van slechte bodemstructuur: slechte afwatering en verdichte grond, waardoor het water niet weg kan.

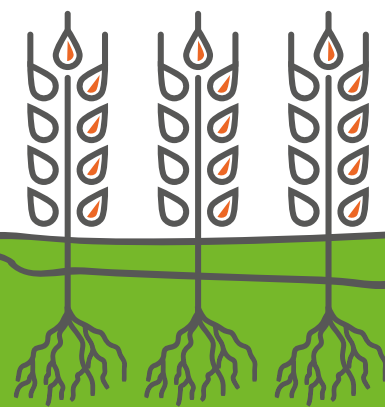
Een reden waarom sommige pathogenen geen schade aanrichten is een gebrek aan waardplanten. Sommige pathogenen hebben een waardplant nodig om in te overleven. Wanneer er geen waardplanten zijn sterft het pathogeen langzaam af.

Verdieping

## Plantweerbaarheid en bodemweerbaarheid

Naast het begrip 'ziektewerende bodem' komen we ook de termen bodemweerbaarheid en plantweerbaarheid vaak tegen. In wezen draait het om hetzelfde principe, namelijk een teeltsysteem dat weerbaar is tegen stress en minder of niet afhankelijk is van hulpmiddelen (bijvoorbeeld gewasbeschermingsmiddelen of bemesting) om te helpen de stress te overkomen.

Als we het hebben over bodemweerbaarheid, ligt de nadruk op de bodem. Denk aan goede bodemstructuur en waterhuishouding of voldoende levering van plantbeschikbare nutriënten. Bij plantweerbaarheid ligt de nadruk op de plant zelf, dus bijvoorbeeld ziekteresistente rassen. Of er voor zorgen dat de plant niet meer stikstof opneemt dan het nodig heeft, want dit maakt de plant juist zwakker en vatbaar voor ziektes. Bodemleven speelt overigens ook een rol bij plantweerbaarheid. Sommige micro-organismen kunnen het afweersysteem van de plant activeren, waardoor de plant zichzelf beter kan beschermen. Dit wordt verder uitgelegd in hoofdstuk 9.



Wist-je-datje

### Medicijnen uit de bodem

Een groot deel van onze medicijnen wordt gemaakt door micro-organismen uit de bodem. Micro-organismen produceren allerlei stoffen om zichzelf te beschermen tegen vijanden of om concurrenten op afstand te houden. Sommige van die stoffen kunnen ons ook beschermen tegen ziekmakende micro-organismen. Deze stoffen noemen we antibiotica. In 1928 ontdekte de Schotse wetenschapper Alexander Fleming het eerste antibioticum,

penicilline. Deze stof wordt geproduceerd door een bodemschimmel (*Penicillium chrysogenum*) en zorgt ervoor dat bacteriecellen openbarsten en doodgaan. Na deze ontdekking zijn er nog honderden andere medicinale antibiotica gevonden in de bodem. Nu nog steeds is de bodem een bron voor nieuwe medicatie.





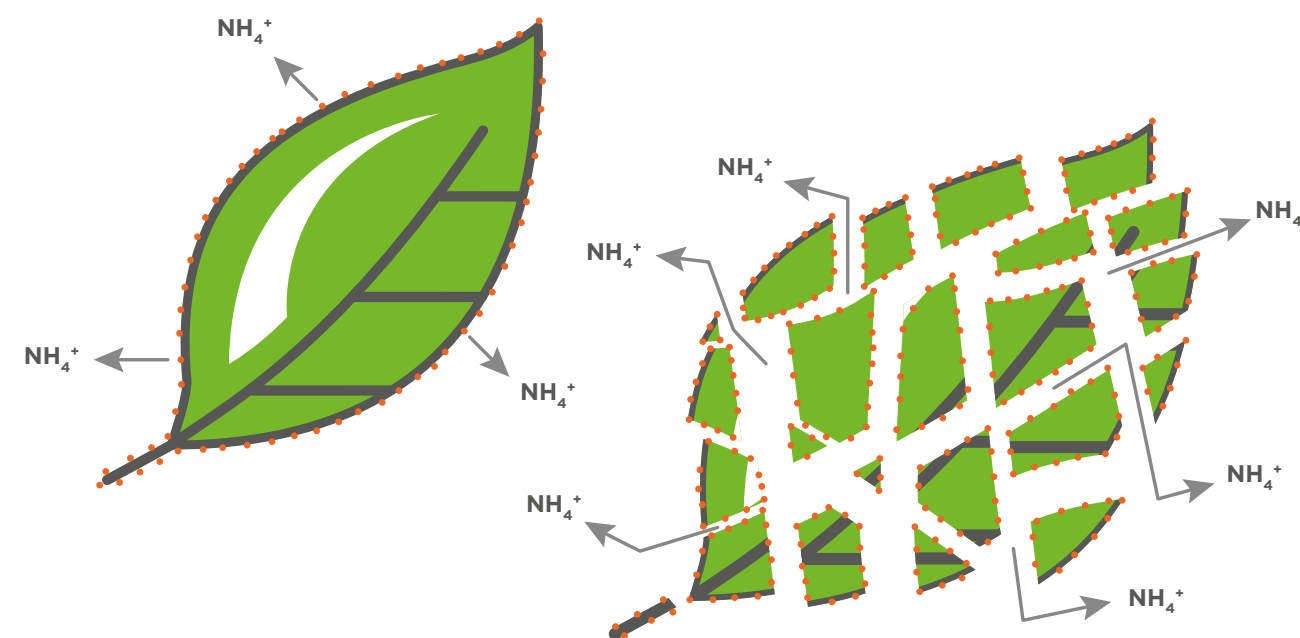
# 8. Organische stof afbreken en nutriënten vrij maken

Het afbreken van organische stof wordt vrijwel<sup>9</sup> volledig gedaan door het bodemleven. Bij het afbreken van organische stof (zoals gewasresten of mest) komen veel verschillende organismen kijken. Het begint met het grotere bodemleven, zoals de strooisel-etende wormen, springstaarten en kevers.

**D**eze organismen eten van het organisch materiaal aan het oppervlak van de bodem en maken er kleinere stukjes van. Ze mengen het in de bodem door hun graafgedrag en via hun uitwerpselen, waarin deels verteerd organisch materiaal is overgebleven.

Dit is een belangrijk proces om het verteren van organische stof te versnellen. Zonder deze grotere organismen zou de organische stof vele jaren lang op het oppervlak blijven liggen. Dieper in de bodem leven andere organismen, die de volgende fase van de afbraak verzorgen. Zij maken de organische stof nog kleiner en mengen

het nog verder met gronddeeltjes. Ondertussen hebben ook vele micro-organismen de kans gekregen zich op het organisch materiaal te vestigen. De micro-organismen zorgen voor de laatste stappen in het afbraakproces. Hier vindt de mineralisatie van nutriënten plaats. Dit betekent: het vrijmaken van nutriënten uit de organische structuren in een vorm die planten weer kunnen opnemen. Doordat het organische materiaal steeds kleiner is gemaakt, hebben de micro-organismen nu een groot oppervlak om op in te werken (Figuur 22). Zo kunnen er meer micro-organismen bij en verloopt de mineralisatie vele malen sneller.



**Figuur 22** - Mineralisatie van stikstof uit organische stof. Links) niet versnipperd organisch materiaal. Rechts) organisch materiaal versnipperd door het grotere bodemleven (wormen, pissebedden, enzovoort). De oranje stipjes rond het blad stellen micro-organismen voor. Organisch materiaal dat is versnipperd door het grotere bodemleven heeft een groter aanhechtingsoppervlak voor de micro-organismen. Hierdoor kunnen ze het organisch materiaal beter afbreken en nutriënten vrijmaken.

## 8.1 Stikstof plantbeschikbaar maken

Stikstof is een van de belangrijkste nutriënten in de landbouw. Dit omdat stikstof vaak de beperkende factor is voor opbrengst. De stikstofkringloop wordt grotendeels gestuurd door micro-organismen. Met de stikstofkringloop doelen we op alle verschillende vormen van stikstof, die in de bodem kunnen voorkomen en hoe deze in elkaar worden omgezet (zie de verdieping op pagina 52 waar de stikstofkringloop in meer detail wordt uitgelegd).

Sommige omzettingen kunnen worden gedaan door veel verschillende soorten micro-organismen. Andere omzettingen kunnen alleen worden gedaan door heel gespecialiseerde micro-organismen. De drie hoofdvormen<sup>10</sup> van stikstof in de bodem zijn:

- Organisch gebonden stikstof
- Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )
- Nitraat ( $\text{NO}_3^-$ )

Het grootste deel van de stikstof in de bodem bevindt zich in de organische

<sup>9</sup> Zonlicht kan ook een rol spelen bij de afbraak van organische stof. Dit proces heet fotodegradatie, hetzelfde proces wat ervoor zorgt dat bijvoorbeeld gordijnen die de hele dag in de zon hangen kunnen verkleuren. In hoeverre dit proces een rol speelt in de afbraak van organische stof in landbouwgronden in Nederland is onduidelijk, maar waarschijnlijk maar een relatief klein deel.

<sup>10</sup> Er zijn nog vele (tijdelijke) tussenvormen die we hier niet allemaal zullen benoemen.

## 8.1 Stikstof plantbeschikbaar maken

gebonden vorm (ongeveer 98% van de totale hoeveelheid stikstof). Planten nemen het makkelijkst stikstof op in de vorm van nitraat maar kunnen ook ammonium opnemen. Soms kunnen planten ook stikstof opnemen in de vorm van kleine, simpele organische structuren. Micro-organismen gebruiken de koolstof uit de organische stof als energiebron en nemen ook de stikstof uit de organische stof op als voedingsstof. Vaak is er voldoende stikstof aanwezig in de organische stof om aan de behoefte van de micro-organismen te voldoen. De overige stikstof die de micro-organismen niet opnemen, komt vrij in het bodemvocht in de vorm van ammonium. Dit proces, waarbij ammonium vrijkomt, heet mineralisatie. Vrijwel direct wordt ammonium door andere micro-

organismen omgezet in nitraat. Dit proces heet nitrificatie. Er is dus relatief weinig ammonium in de bodem aanwezig vergeleken met de hoeveelheid nitraat. De snelheid van deze omzettingen wordt grotendeels bepaald door de aanwezige soorten micro-organismen en de omstandigheden in de bodem (o.a. vocht en temperatuur). Bijvoorbeeld bij bodemtemperaturen lager dan 10°C zijn er nauwelijks omzettingen gaande in de stikstofkringloop, omdat de micro-organismen dan weinig actief zijn. Micro-organismen hebben ook vocht nodig. Daarom zullen in extreem droge grond weinig omzettingen plaatsvinden. In de verdieping op pagina 52 wordt de stikstofkringloop in meer detail uitgelegd.



Figuur 23 - Wormenpoep.

## 8.2 Fosfaat beschikbaar maken

Terwijl bacteriën een grote rol spelen in de stikstofkringloop en in het beschikbaar maken van stikstof voor opname door planten, wordt de beschikbaarheid van fosfaat meer chemisch gestuurd. Nadat fosfaat vrijkomt uit organische stof, wordt het snel via een chemische reactie vastgelegd in de bodem. Het vormt complexen met bijvoorbeeld ijzer of calcium (bij respectievelijk een lage en hoge pH), waardoor het immobiel en niet plantopneembaar wordt. Wormen blijken het voor de plant beschikbaar komen van fosfaat te versnellen.

Onderzoek heeft laten zien dat de uitwerpselen van wormen hogere concentraties plant opneembaar fosfaat (en stikstof) bevatten, vergeleken met de omliggende grond. Het fosfaat wordt in de maag van de worm versneld losgemaakt van de ijzer of calcium complexen. Ook de pH in de uitwerpselen van wormen is hoger dan in de omliggende grond. Dit zou een effect kunnen hebben op de beschikbaarheid van andere nutriënten. Maar dat is vooralsnog niet aangetoond.

## 8.3 Tijdelijk stikstof vastleggen

Bij het afbreken van sommige soorten organische stof kan tijdelijk stikstofvastlegging voorkomen. Dit is het geval wanneer organische stof een relatief hoge C:N verhouding heeft (bijvoorbeeld stro). De micro-organismen die de organische stof afbreken en mineraliseren kunnen dan niet genoeg stikstof uit de organische stof zelf halen als voedingsstof. Ze moeten minerale stikstof opnemen uit de bodem en deze is dan niet beschikbaar voor planten.

Dit is echter een tijdelijk proces. Bacteriën leven relatief kort en ook door het grazen<sup>11</sup> van andere bodemorganismen op bacteriën, komt de minerale stikstof weer vrij. Dus hoe sneller organische stof met een hoge C:N verhouding wordt afgebroken en kleiner gemaakt, des te sneller de micro-organismen het verder kunnen afbreken en des te sneller de in de micro-organismen vastgelegde stikstof weer vrij zal komen. Dit gebeurt grotendeels al in het eerstvolgende teeltseizoen.

<sup>11</sup> Het eten van bacteriën door andere bodemorganismen wordt 'grazen' genoemd. Bijvoorbeeld protozoa en nematoden grazen op bacteriën.



## 8.4 Ziektes voorkomen door snelle afbraak van organische stof

Het snel afbreken en door de bodem mengen van gewasresten door actief bodemleven is ook belangrijk voor het voorkomen van ziektes. Sommige ziekteverwekkende schimmels kunnen in gewasresten van hun waardplant overleven tot er weer een nieuw vatbaar gewas aanwezig is, bijvoorbeeld sommige *Verticillium* soorten.

Als de gewasresten snel worden afgebroken en verteerd door het overige bodemleven, hebben deze schimmels minder kans om te overleven.

## 8.5 Humus maken

Hoe verder de organische stof afgebroken wordt, des te kleiner (maar ook complexer) de structuren zijn die overblijven. De makkelijkste verbindingen kunnen door de meeste organismen afgebroken worden. Alleen heel gespecialiseerde organismen kunnen de meer complexe structuren afbreken. Vergelijk het met het repareren van een auto. De simpele reparaties kunnen de meeste mensen uitvoeren. Voor meer complexe reparaties moet er een specialist met speciaal gereedschap aan te pas komen. Deze gespecialiseerde organismen zijn vaak in kleinere aantallen aanwezig in de bodem en de afbraak duurt langer.

Uiteindelijk kan de organische stof niet verder afgebroken worden, omdat de overgebleven structuren te complex zijn. De overgebleven organische stof wordt humus genoemd. Humus is dus het eindproduct van de vertering van organisch materiaal. Het kan tientallen tot honderden jaren in de bodem blijven en is een onderdeel van het klei-humus-complex.



Figuur 24 - Humus geeft de bodem een donkere kleur.

## 8.6 Tijdelijk nutriënten opslaan

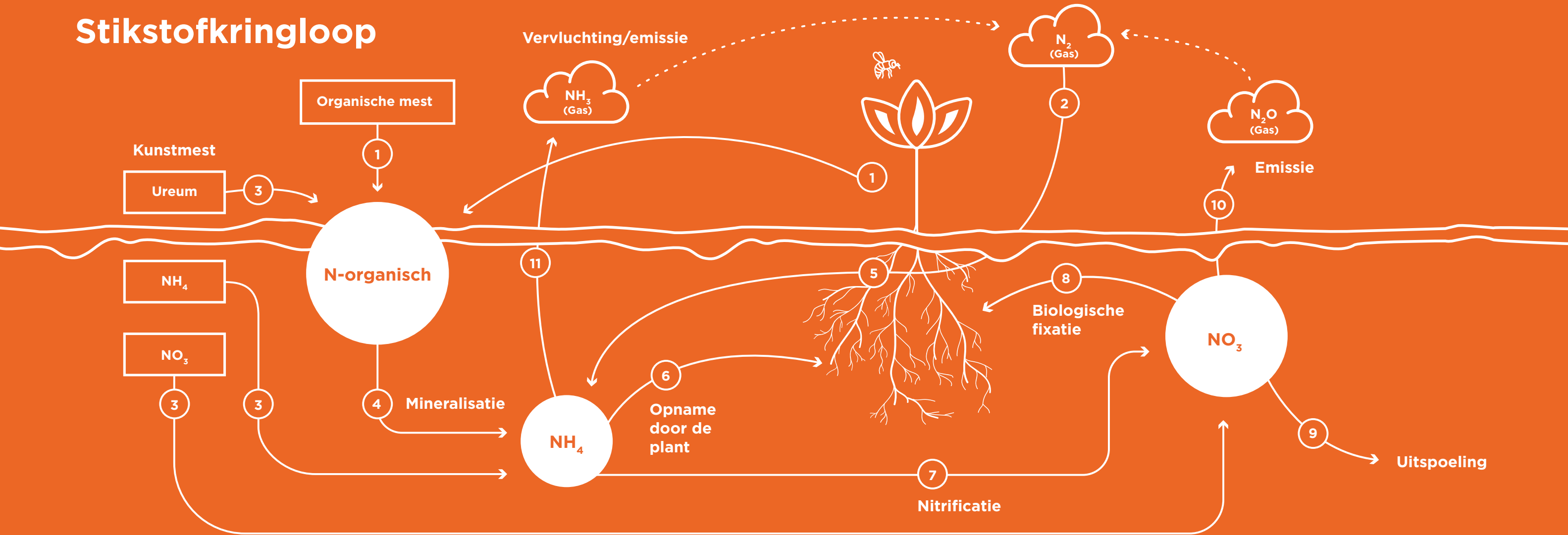
Een plant kan op een bepaald moment maar een beperkte hoeveelheid stikstof opnemen. Dus een overvloed aan minerale stikstof in de bodem, die niet direct door de plant opgenomen kan worden, is gevoelig voor uitspoeling en vervluchtiging.

Daarom is het gunstig als een deel van die stikstof opgenomen wordt in de biomassa van het bodemleven. Het bodemleven fungeert dan als een tijdelijke nutriëntenopslag. Vooral nutriënten opgeslagen in bacteriële biomassa worden beetje bij beetje weer vrijgemaakt door de op bacteriën grazende organismen, bijvoorbeeld de bacterie-etende protozoën en nematoden. Bij hun graasgedrag, waarbij ze bacteriën opeten, komen telkens kleine hoeveelheden (minerale)

nutriënten vrij in het bodemvocht die direct door het gewas kunnen worden opgenomen. Ook groter meso- en macrobodemleven dat doodgaat, wordt weer onderdeel van het organisch materiaal en de nutriënten komen op den duur weer vrij. Omdat bodemleven het meest actief is in tijden dat planten ook het meest groeien (warme en vochtige omstandigheden), vindt er synchronisatie plaats van wanneer stikstof beschikbaar komt uit organische stof en wanneer de plant het nodig heeft. Al is dit niet altijd 100% sluitend. Denk bijvoorbeeld aan de teelt van tulpen, die relatief vroeg in het jaar volgroeid zijn en geoogst worden. Zij kunnen minder gebruik maken van in het groeiseizoen vrijkomende stikstof.



# Stikstofkringloop



- 1 Stikstof kan op verschillende manieren de bodem in komen: Als stikstof gebonden in organische stof afkomstig van plantenresten, mest, compost of dode (bodem)dieren.
- 2 Uit de lucht, via stikstofbindende bacteriën.
- 3 Uit kunstmest, meestal in de vorm van ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ), ureum of een combinatie van deze vormen.
- 4 Organisch gebonden stikstof wordt vrijgemaakt door micro-organismen en omgezet in de vorm van ammonium.

- 5 Stikstof uit de lucht wordt ook omgezet in ammonium door de stikstofbindende bacteriën. Deze bacteriën kunnen vrijlevend zijn of een samenwerking aan zijn gegaan met een stikstofbindende plant. Vergeleken met de vrijlevende bacteriën kunnen symbiotische N-bindende bacteriën vele malen meer stikstof uit de lucht binden.
- 6 Ammonium kan worden opgenomen door planten en weer organisch gebonden worden.
- 7 Ammonium kan ook worden omgezet door micro-organismen in nitraat.

- 8 Nitraat kan worden opgenomen door planten en weer organisch gebonden worden.
- 9 Nitraat is gevoelig voor uitspoeling, omdat het niet kan binden aan het klei-humus-complex. Het is erg mobiel in de bodem.
- 10 Nitraat kan ook onder bepaalde omstandigheden worden omgezet in stikstofgasen zoals het broeikasgas lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ).
- 11 Onder bepaalde omstandigheden kan ammonium vervluchtigen in de vorm van ammonia ( $\text{NH}_3$ ) gas. Dit gebeurt

vooral onder droge omstandigheden dicht bij de oppervlakte van de grond, waar de ammonium in contact is met de lucht. Ook op gronden met een hoger pH is dit een groter risico. Dit is de reden dat drijfmest volgens de wet geïnjecteerd moet worden en mest moet worden ondergewerkt: om zo veel mogelijk te voorkomen dat de ammonium in contact staat met de lucht en vervliegt in de vorm van ammonia ( $\text{NH}_3$ ). De vervlogen stikstof is dan niet meer beschikbaar voor het gewas. Daarnaast kan de ammonia in andere gebieden weer neerslaan met soms negatieve gevolgen (biodiversiteitsverlies en/of watervervuiling).

# 9. Planten helpen en versterken

*Naast alle effecten van het bodemleven op de bodem - en daarmee indirect op de plant - zijn er ook directe gunstige effecten van het bodemleven op de planten. Ze kunnen planten direct helpen met de opname van nutriënten of beschermen tegen stress.*

## 9.1 Mycorrhiza's

**D**e mycorrhiza-schimmels vormen een vrij bekende groep schimmels die een samenwerking aangaat met veel soorten planten.

De schimmels vormen een soort verlengsnoer van de plantenwortels.

Er zijn verschillende soorten mycorrhiza-schimmels. Bij sommige soorten dringen de schimmeldraden door tot in de cellen van de plantenwortels. Andere mycorrhiza-schimmels groeien alleen aan de buitenkant, dicht om de wortel heen. De schimmeldraden zijn dunner dan plantenwortels en kunnen ook langer worden. De schimmeldraden hebben toegang tot kleinere poriën in

de grond en kunnen een groter gebied in de bodem afzoeken naar water en nutriënten. De schimmel helpt daarmee de plant om zich te beschermen tegen droogtestress en nutriëntengebrek.

Doordat de schimmel dicht om de wortel heen zit, is er ook minder plek voor pathogene micro-organismen. Zo kan de mycorrhiza de plant ook beschermen tegen ziektes. De plant geeft suikers en eiwitten terug aan de schimmel waardoor ook de schimmel kan groeien. Daardoor worden zowel de plant als de schimmel beter door hun samenwerking.

## 9.2 Stikstofbindende bacteriën

Stikstofbindende bacteriën kunnen stikstof dat zich in gasvorm ( $N_2$ ) in de poriën in de grond bevindt, omzetten in ammonium ( $NH_4^+$ ), een plantopneembare vorm. Sommige stikstofbindende bacteriën zoals rhizobium soorten, kunnen een samenwerking aangaan met planten uit de vlinderbloemigen familie. Dit zijn bijvoorbeeld klaver, bonen en erwten. Deze planten maken structuren (wortelknobbeltjes) aan op hun wortels waar de bacteriën in leven. Hier zitten ze veilig beschermd tegen andere organismen, en de plant heeft direct toegang tot de nieuw gebonden stikstof.

## 9.3 Rhizosfeerbacteriën

Er zijn ook bacteriën die ervoor zorgen dat planten minder stress ondervinden. Bijvoorbeeld droogtestress, zoutstress of stress door pathogenen. Deze bacteriën leven dicht tegen de plantenwortel aan, in de rhizosfeer, en worden daarom vaak rhizosfeerbacteriën genoemd. Er zijn bijvoorbeeld rhizosfeerbacteriën die de wortelgroei beïnvloeden. Ze zorgen ervoor dat de plant meer wortels maakt of de wortels juist dieper laat groeien waardoor ze meer water uit de bodem op kunnen nemen. Andere bacteriën stimuleren de groei van bovengrondse biomassa tijdens droogte. Bovengrondse biomassa in planten neemt vaak af onder droogte stress - ook onder matige droogte stress - waarbij het overleven van de plant niet op het spel staat. In landbouwgewassen resulteert dit vaak in een afname van opbrengst. Het is nog niet helemaal duidelijk hoe de bacteriën precies de plantengroei beïnvloeden. Er wordt

gedacht dat sommige bacteriën een soort hormoonachtige stoffen afgeven waar de plant op reageert en zijn groei aanpast.

Een ander mechanisme bleek uit een onderzoek in Amerika. Daar vonden onderzoekers dat een bepaalde stam van de bacteriesoort *Bacillus subtilis* de omgeving direct rond de wortels van een plant dusdanig kan veranderen, dat er meer water vastgehouden kan worden. Ze scheiden stoffen uit die een sponzige slijm laag vormen die wel 10 keer meer water kan vasthouden dan de gewone bodemdeeltjes/poriën. Er zijn ook rhizosfeerbacteriën die het immuunsysteem van de plant kunnen activeren zonder dat zij zelf pathogeen voor de plant zijn. Doordat het afweersysteem van de plant vroegtijdig aangezet wordt, is de plant minder gevoelig voor pathogenen en kan de plant zichzelf beter verdedigen.

# Deel III

## Hoe kunnen we bodemleven-vriendelijk landbouw bedrijven?

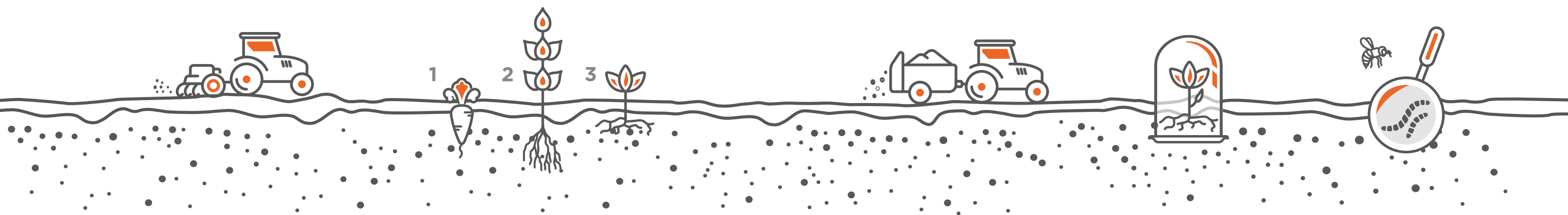
*Bij het telen van gewassen, maken we intensief gebruik van de bodem. We bewerken de bodem met ploegen, rijden er overheen met zware machines, bepalen welke gewassen er in groeien, hoeveel gewasresten we laten liggen of hoeveel andere organische stoffen we aanvoeren en we voegen allerlei middelen toe van meststoffen, groeiregulatoren, gewasbeschermingsmiddelen tot biostimulanten.*

**D**it alles heeft een enorme impact op het bodemleven. Soms positief, maar vaak ook negatief. Lees nog even terug hoe het bodemvoedselweb in elkaar zit op pagina 31. Als één onderdeel van het web verstoord wordt, kan dit een kettingreactie veroorzaken en effect hebben op het gehele bodemleven en daardoor op de vele bodemfuncties. Door goed na te denken hoe en waarom we bepaalde maatregelen uitvoeren, kunnen we de negatieve effecten op het bodemleven beperken en er juist voor zorgen dat het bodemleven voor ons werkt.

Van de meeste landbouwkundige maatregelen weten we op hoofdlijnen wat de gevolgen zijn voor het bodemleven. We zitten als telers en agrarisch adviseurs echter nog met veel specifieke vragen waar ook de wetenschap eigenlijk nog

geen goed antwoord op heeft (ook al wordt daar hard aan gewerkt). Onderzoek naar de effecten van landbouwkundige maatregelen op bodemleven is enorm ingewikkeld, kostbaar en duurt erg lang. Zoals eerder in deze gids uitgelegd, zijn er miljoenen organismen in de bodem. De meeste zijn zo klein dat ze niet met het blote oog zichtbaar zijn. En velen soorten hebben we nog niet eens ontdekt. In elke bodem ziet de populatie bodemleven er weer net wat anders uit en hun populatiegroottes variëren gedurende het jaar. Dit maakt het moeilijk om ze te bestuderen en te meten.

In de volgende hoofdstukken behandelen we de verschillende onderdelen van de teelt (Figuur 25) en leggen we uit hoe die het bodemleven beïnvloeden. We geven tips om het bodemleven zo veel mogelijk te sparen en zo goed mogelijk te verzorgen.



10.

Grondbewerking

11.

Bouwplan

*Figuur 25 - Verschillende teeltmaatregelen die het bodemleven kunnen beïnvloeden.*

12.

Bemesting

13.

Gewasbescherming

14.

Nuttige insecten





# 10. Grond bewerking

*Een van de meest ingrijpende landbouwmaatregelen voor het bodemleven is grondbewerking. Dit is niet moeilijk voor te stellen. Zeker niet als u beseft wat er met de leefomgeving van het bodemleven gebeurt. Bij het bewerken van de grond, zoals bij ploegen, frezen, maar ook rooien van gewassen of bijvoorbeeld het maken van aardappelruggen, wordt de grond verstoord. Het huisje en de leefomgeving van het bodemleven wordt letterlijk door elkaar gehutst. Ook wordt het eten begraven van de organismen, die van nature op het oppervlak van de bodem op zoek naar eten gaan.*

**D**e grotere organismen hebben de meeste last van grondbewerking. Organismen die in de bovenste laag van de bodem of op de bodem leven zoals strooiseletende wormen, pissebedden, spinnen en kevers worden begraven bij (kerende) grondbewerking. Dit heeft zowel directe als indirecte effecten. Direct effect is dat deze organismen dood gaan omdat ze begraven worden en zichzelf niet meer naar het oppervlak kunnen graven. Indirecte effecten zijn dat hun leefomgeving en voedingsbronnen weg zijn (afgebroken en begraven). Hierdoor kunnen ze minder goed voortplanten en nemen populatieaantallen af. Ook de pendelaar wormen zijn erg gevoelig voor grondbewerking, omdat zij in permanente gangen leven die door grondbewerking afgebroken worden. De kleinere bodemetende wormen lijken het minst gevoelig voor grondbewerking, vergeleken met de strooiseleters en pendelaars. Maar, ook voor deze groep nemen aantallen wel degelijk af bij grondbewerking.

Het kleinste bodemleven kan zich doorgaans het best herstellen na verstoring door grondbewerking. Hoe kleiner het organisme, des te beter ze tegen grondbewerking bestand zijn. Eéncellige organismen, zoals bacteriën bijvoorbeeld, hebben minder directe last van grondbewerking. Schimmels daarentegen zijn weer gevoeliger. Dit omdat deze als schimmeldraden door de bodem heen groeien en de draden afbreken bij

grondbewerking. Kleine organismen zoals nematoden of mijten kunnen in kleine poriën overleven. Zelfs als de grotere poriën worden afgebroken. Onderzoek toont echter aan dat ook deze organismen afnemen in aantal bij kerende grondbewerking vergeleken met gereduceerde grondbewerking.

Naast de momentele verstoring die plaatsvindt in de bodem bij grondbewerking, heeft het ook een lange termijn effect op de structuur van de bodem. Het ploegen van de

bodem maakt de bodem tijdelijk los. De biologisch gevormde stabiele bodemstructuur wordt afgebroken, waardoor de bodem juist sneller kan verdichten en verslempen.

Vergelijk het met het kloppen van slagroom: room kloppen geeft in eerste instantie veel luchtigheid en resulteert in een mooie toef slagroom. Klopt u echter teveel dan krijgt u boter zonder lucht. Zie nogmaals hoofdstuk 6 voor een uitleg over de vorming en het belang van biologisch gevormde bodemstructuur.

## 10.1 Minimaliseer grondbewerking

Hoe groot de gevolgen van grondbewerking zijn voor het bodemleven hangt af van het type grondbewerking. Als vuistregel kunnen we aannemen: hoe meer verstoring (bijvoorbeeld diep en volledig kerend), des te slechter voor het bodemleven. Allerlei innovaties zoals bovenover ploegen - waarbij u niet in de bouwvoor rijdt -, ecoploegen - een combinatie van bovenover ploegen en ondiep ploegen - of niet-kerende grondbewerking, zijn allemaal gebaseerd op het zoveel mogelijk in stand houden van de biologisch-gevormde bodemstructuur<sup>12</sup>

en een kleinere impact op het bodemleven. Het minimaliseren van grondbewerking kan ook gerealiseerd worden door niet bij elke teelt standaard te ploegen. Sommige gewassen zoals granen of koolzaad kunnen goed geteeld worden zonder of met minimale grondbewerking.

Vanuit ziektekundig oogpunt brengt het minder bewerken en niet-keren van de grond uiteraard ook uitdagingen mee. Onkruidzaden en (sporen van) ziekteverwekkende organismen blijven meer aan het oppervlak en krijgen

<sup>12</sup> Hier bedoelen we de bodemstructuur gevormd door het bodemleven bestaande uit stabiele kluitjes en poriën.



## 10.1 Minimaliseer grondbewerking

daarmee meer kans om problemen te veroorzaken. Hier moet een balans in worden gevonden en er dient gebruik te worden gemaakt van alternatieve mogelijkheden voor het voorkomen en bestrijden van onkruiden en ziektes. Het snel verteren van gewasresten is bijvoorbeeld belangrijk om het overbrengen van ziekten en plagen te voorkomen. Hier is een actief bodemleven voor nodig. Gewasresten met een hoge C:N verhouding (zoals bijvoorbeeld tarwestro) kunnen baat hebben bij het toevoegen van een kleine hoeveelheid stikstof om de vertering te versnellen. Door het wegvallen van herbicides zal er meer geschoffeld (moeten) gaan worden. Hoe groot het effect van schoffelen is op bodemleven is nog niet bekend.



**Figuur 26** - Diep-kerend ploegen (boven) heeft een grote impact op het bodemleven. Ondiep ploegen en bovenover rijden met de ecoploeg (onder) houdt de bodem meer intact en is beter voor het bodemleven.

## 10.2 Voorkom verdichting van de grond

Biologisch-gevormde bodemstructuur is ook gevoelig voor verdichting door het berijden met zware machines. Onder natte omstandigheden, of net na het ploegen, is de grond zwakker en kan berijden - zelfs met lichtere machines - voor verdichting zorgen. Bij verdichting van de grond zijn de poriën dicht gedrukt, waardoor er geen leefruimte meer is voor het bodemleven. Ook het gravende bodemleven kan zich moeilijker - of helemaal niet meer - door de bodem heen graven omdat deze te zwaar verdicht is. Naast negatieve effecten op het bodemleven wordt ook wortelgroei belemmerd, waardoor de plant minder goed op zoek kan naar nutriënten. Zowel de waterinfiltratie, het waterbergend vermogen en het waterleverend vermogen van de bodem worden slechter (zie verdieping over het belang van een biologisch gevormde bodemstructuur op pagina 38).

Bodemverdichting is moeilijk op te heffen en het vergt veel tijd en inzet. Daarom moet bodemverdichting zo veel mogelijk voorkomen worden. Houd zo mogelijk de volgende richtlijnen aan:

- ❁ De grond niet onder natte omstandigheden berijden
- ❁ Gebruik een lage bandenspanning op het perceel (liefst <0.8 bar)
- ❁ Gebruik geen zware machines (wiel last onder de 3 ton)
- ❁ Maak gebruik van vaste rijpaden, hiermee kunt u het grondoppervlak dat wordt verdicht beperken (zie verdieping)



# Vaste rijpaden-systemen

## Vaste rijpaden

Een teeltmaatregel die genomen kan worden om de bodemstructuur te sparen, is gebruik maken van vaste rijpaden. Vaste rijpaden maken het mogelijk om een min of meer permanente scheiding aan te brengen tussen bereden en onbereden grond binnen percelen. In de optimale vorm wordt ieder perceel voorzien van permanente rijpaden waarbij de machines uitsluitend nog over deze rijpaden rijden. In de (permanent) onbereden grond tussen de rijpaden komt het bodemleven tot wasdom en bouwt hier aan een optimale bodemstructuur voor de teelt van gewassen. Bijkomend voordeel is dat er tussen de rijpaden een zeer homogeen en vlak teeltbed ontstaat waarin de verschillen in verkruiemeling en waterhuishouding zeer gering zijn.



Figuur 27 - Teelt in vaste rijpaden.



Figuur 28 - Biologische teelt van verschillende groentegewassen volgens vaste rijpaden in Denemarken.

## Bodemkwaliteit

Met het toepassen van vaste rijpaden kan de bereden oppervlakte worden teruggebracht met 25-40%. De bereden grond behoudt een vaste positie binnen de percelen en wordt uitgesloten van bodembewerking. Doordat het beteelde gedeelte van het perceel niet meer wordt bereden, wordt deze grond niet meer verdicht en hoeft er ook geen bodembewerking meer op toegepast te worden om verdichting op te heffen. Het resultaat is een verbeterde bodemgezondheid met een rijker bodemleven met als gevolg een verbeterde bodemstructuur. De bouwvoor is luchtiger, losser en kent een groter waterbergend vermogen. Het resulterende zaai- en ontkiemen kent een optimalere vochthuishouding, waardoor gewassen sneller ontkiemen en een betere opkomst laten zien. Ook de doorwortelbaarheid voor gewassen stijgt waardoor een hogere gewasopbrengst kan worden bereikt. Bijkomende voordelen zijn tijd- en kostenbesparing door minder intensieve bodembewerking.

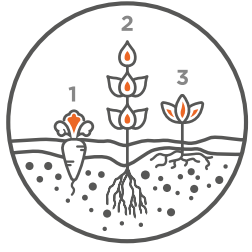
## Mechanisatie

Uiteraard zijn er ook nadelen of op z'n minst uitdagingen te benoemen. Met name op het vlak van benodigde aanpassingen aan het machinepark. Om de rijpaden zo smal mogelijk te kunnen houden (minimalisatie van de niet-beteelbare oppervlakte) en om de rijpaden op de juiste plek te houden, is het gebruik van RTK-GPS noodzakelijk. Alhoewel vandaag de dag op de meeste akkerbouwbedrijven wel aanwezig, vraagt de aanschaf van RTK-GPS besturing een redelijke investering voor diegenen die hierover nog niet beschikken. Tevens ligt er de uitdaging om het teeltsysteem zodanig te standaardiseren dat de spoor- en werkbreedtes van het machinepark overeenkomen met de vaste rijpaden in iedere teelt.

## Seizoensrijpaden

De overschakeling naar vaste rijpaden vraagt een flinke aanpassing aan de mechanisatie op het akkerbouwbedrijf (zie verder onder het kopje 'Mechanisatie'). Een tussenvorm is gebruik maken van seizoensrijpaden, waarbij zaai en verzorgingswerkzaamheden over vaste rijpaden wordt uitgevoerd en de oogst- en grondbewerkingswerkzaamheden vervolgens worden toegepast. Deze vorm is economisch aantrekkelijk om aan te sluiten bij de huidige mechanisatie en daarbij ook te profiteren van meer opbrengsten, lagere ziekte- en plaagdruk en betere mogelijkheden voor mechanische onkruidbestrijding. Toch is dit systeem een compromis omdat met name tijdens de oogst alsnog structuurbederf optreedt. Het grootste effect wordt bereikt indien de seizoensrijpaden elk jaar op exact dezelfde locatie in het perceel blijven liggen.





# 11. Bouwplan

## 11.1 Kies een slimme gewasrotatie

De effecten van gewassoort en -ras op het bodemleven zijn goed zichtbaar wanneer het gaat om ziekmakende (bodem)organismen. Gewasrotatie is in Nederland al lang de standaard als manier om ziektes en plagen te

verminderen. Bodempathogenen zijn vaak min of meer gewasspecifiek. Ze maken bepaalde gewassen ziek. Na de teelt kunnen de ziekmakende organismen voor korte of langere tijd overleven in de bodem (afhankelijk

van het soort). Wanneer bekend is dat er een ziekteverwekker in de grond aanwezig is, moet worden gekozen voor een volggewas (en/of groenbemester) dat niet vatbaar is en dus niet ziek wordt. Er zijn ook gewassen waarop de ziekteverwekkers geen schade veroorzaken (tolerante gewassen), maar wel waardplanten zijn. Dat wil zeggen, de ziekmakende organismen kunnen wel op deze gewassen overleven of zelfs vermenigvuldigen, waardoor het probleem niet opgelost wordt. Het is dus van belang de gewasvolgorde slim te kiezen (Figuur 30 op de volgende pagina). De teelt van een schadegevoelig gewas moet worden vooraf gegaan aan de teelt van een gewas en eventueel groenbemester die niet-waardplant zijn voor de betreffende ziekteverwekker. De ziekteverwekker kan dan nog steeds aanwezig zijn, maar in (veel) minder grote getale

dan wanneer er waardplanten waren geteeld (Figuur 30, vergelijk situatie 1 en 2). Wanneer een tolerant gewas (dus niet-schadegevoelig) wordt geteeld maakt het niet uit hoe hoog de besmettingsgraad in de grond is. Deze kunnen hoge dichtheden van de ziekteverwekkers aan (Figuur 30, situatie 3). Al is het altijd aan te raden om ziekteverwekkende organismen te minimaliseren om ook in de rest van het bouwplan niet tegen problemen aan te lopen.

Voor aaltjes, schimmels en bodemplagen zijn zogenaamde gewasschema's beschikbaar (Zie het hoofdstuk 17.1 "Verdere informatie", pagina 92 ). In deze schema's kunt u opzoeken welke gewassen schade kunnen ondervinden van een bepaald pathogeen en op welke gewassen het pathogeen kan overleven/voorplanten (al dan niet met schade).



Figuur 29 - Graangewas zorgt voor rust in het bouwplan.

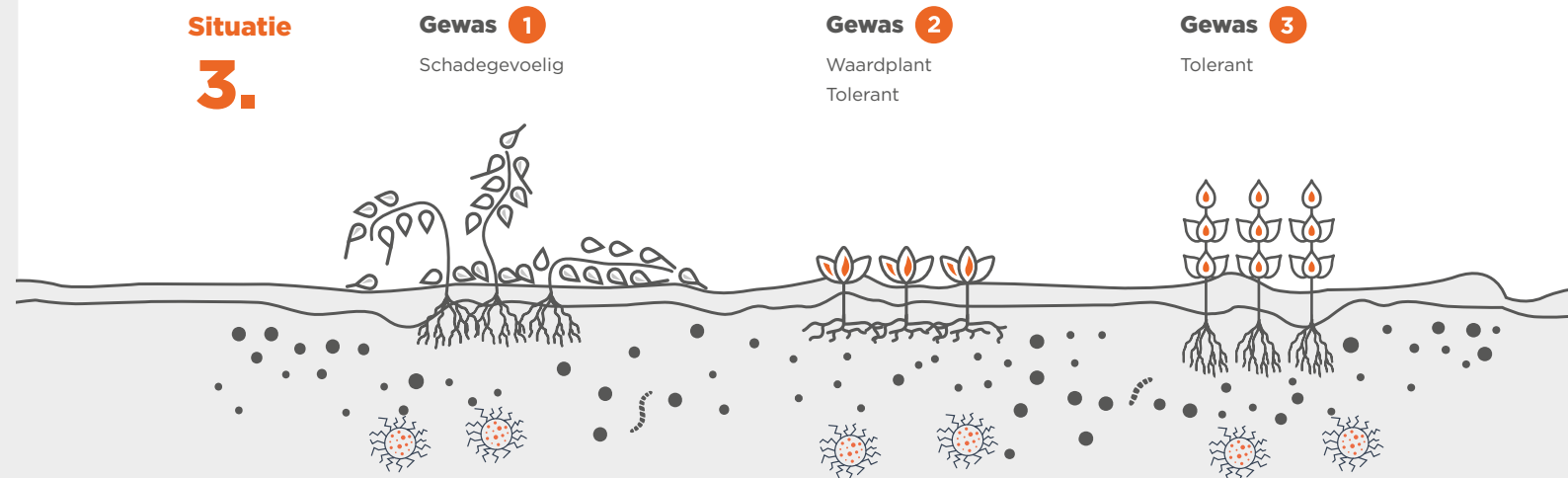
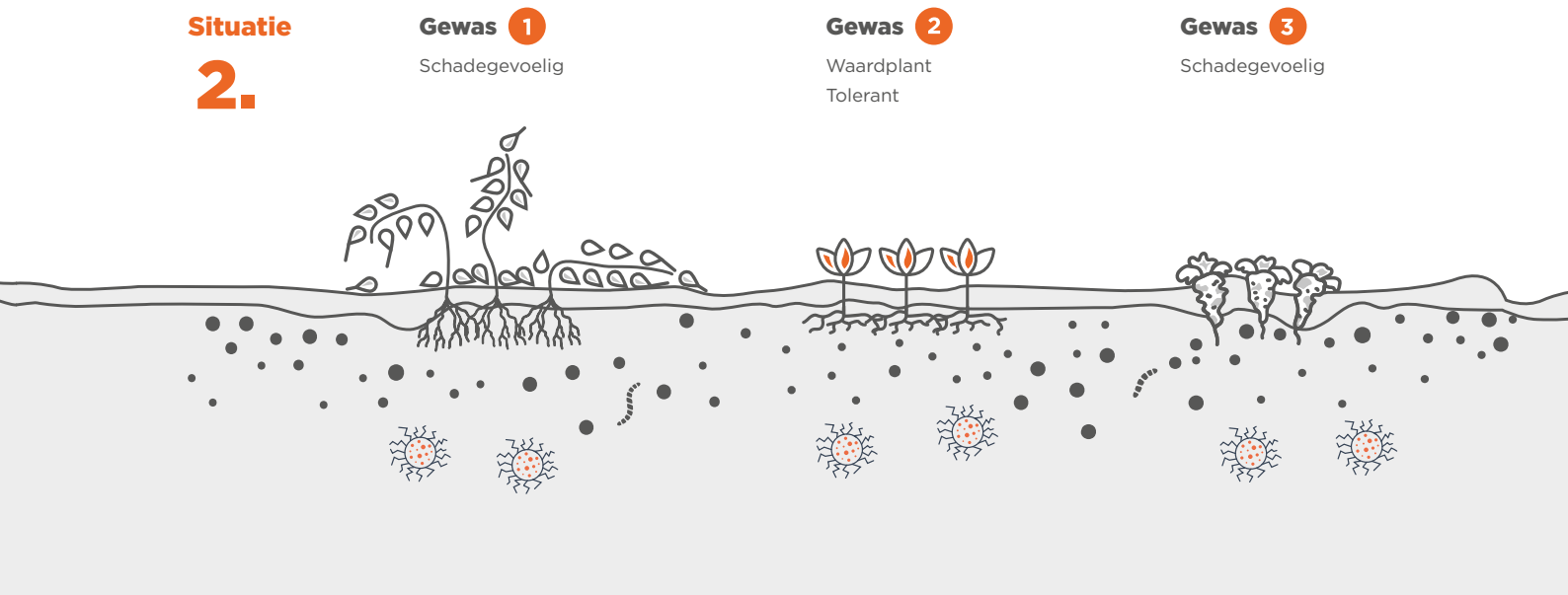
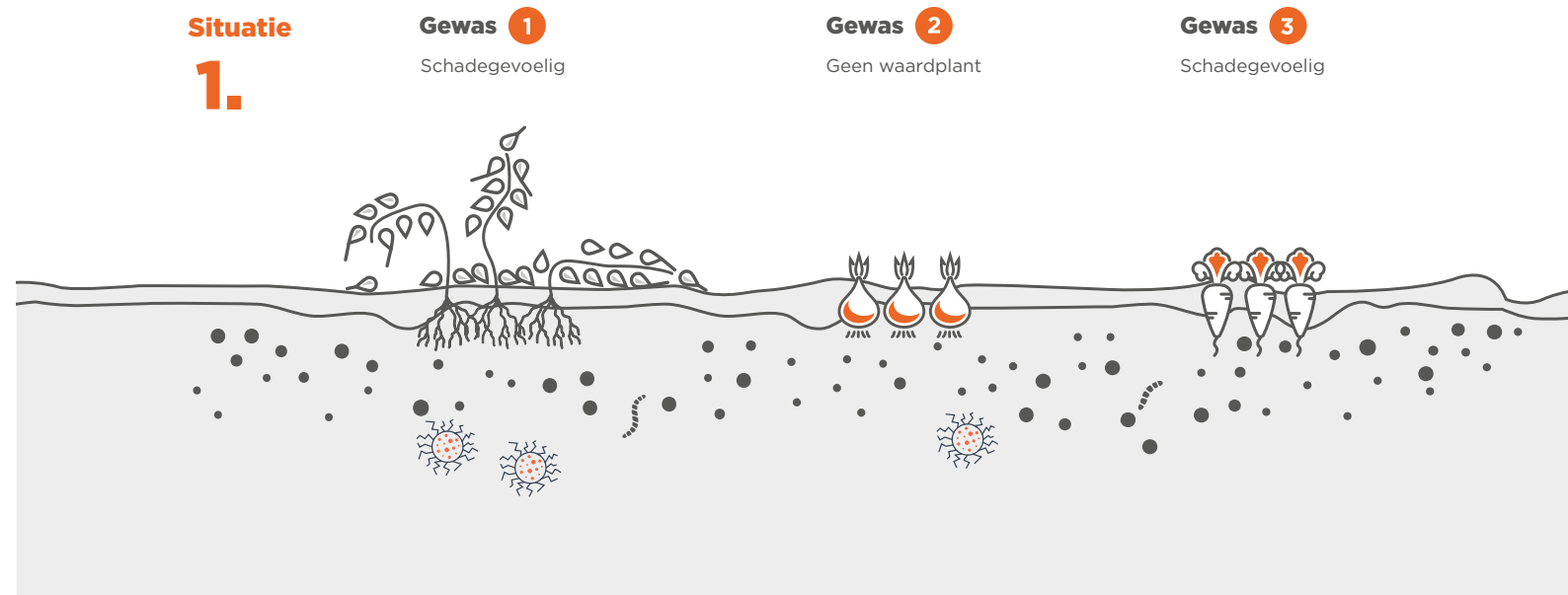


# 11.1 Kies een slimme gewasrotatie

Er bestaan ook gewassen die actief een pathogeen bestrijden, waarbij de afname van het pathogeen sneller gaat dan bij een natuurlijke afname (lees: onder braak omstandigheden). Een bekend voorbeeld is *Tagetes patula* (Afrikaantjes) wat actief het aaltje *Pratylenchus penetrans* (wortellessieaaltje) kan laten afnemen<sup>13</sup>. Wanneer de wortels van het gewas aangetast worden maken de Afrikaantjes een gifstof aan, dat het wortellessieaaltje actief doodt. Andere aaltjes die de

wortels aantasten worden niet gedood omdat deze minder diep in de wortels doordringen en de Afrikaantjes niet overgaan op het aanmaken van de gifstoffen. Om een goede gewaskeuze te maken nadat schade aan het gewas is aangetroffen, is het van groot belang om er zeker van te zijn welk pathogeen aanwezig is. Soms zijn symptomen aan het gewas niet genoeg om er zeker van te zijn. Laat daarom gewas en/of grondonderzoek uitvoeren. Uw Van Iperen adviseur kan u hierbij helpen.

<sup>13</sup> Raadpleeg eerst het handboek groenbemesters ([www.handboekgroenbemesters.nl](http://www.handboekgroenbemesters.nl)) en/of bekijk het aaltjesschema ([www.aaltjesschema.nl](http://www.aaltjesschema.nl)) voordat u *Tagetes* zaait. *Tagetes* is namelijk wel een waardplant voor sommige andere schadelijke aaltjesoorten. Uw Van Iperen adviseur kan u hierbij helpen.



Figuur 30 - Ziektes voorkomen door een slimme gewasrotatie.

## Situatie 1.

Gewas 1 is schadegevoelig voor de ziekteverwekker. Er is schade aan het gewas en de ziekteverwekker kan zich vermeerderen.

Gewas 2 is niet schadegevoelig en is ook geen waardplant. Er is een natuurlijke afname van de ziekteverwekkers in de grond. Gewas 3 is wel schadegevoelig. Echter de hoeveelheid ziekteverwekkers is zo klein dat er geen schade optreedt.

## Situatie 2.

Gewas 1 is schadegevoelig voor de ziekteverwekker. Er is schade aan het gewas en de ziekteverwekker kan zich vermeerderen.

Gewas 2 is niet schadegevoelig maar is wel een waardplant. De ziekteverwekker kan zijn populatie in stand houden. Echter er is geen schade aan het gewas. Gewas 3 is wel schadegevoelig en er is schade aan het gewas omdat de ziektedruk hoog is.

## Situatie 3.

Gewas 1 is schadegevoelig voor de ziekteverwekker. Er is schade aan het gewas en de ziekteverwekker kan zich vermeerderen.

Gewas 2 is niet schadegevoelig maar is wel een waardplant. De ziekteverwekker kan zijn populatie in stand houden. Echter er is geen schade aan het gewas. Gewas 3 is tolerant tegen de ziekteverwekker. De populatie blijft in stand maar er is geen schade aan het gewas.

## 11.2 Voed gunstig bodemleven via het gewas

De keuze van het gewas heeft niet alleen een effect op bodempathogenen. Ook de goede organismen worden beïnvloed door de keuze van het gewas. Planten (gewassen) en bodemleven zijn sterk met elkaar verbonden. Gewassen bepalen voor een groot deel de kwaliteit en hoeveelheid voedsel van het bodemleven. Dit gebeurt via wortellexudaten, zoals eerder in deze gids uitgelegd (pagina 26), en via gewasresten. Daarnaast beïnvloeden gewassen ook de fysieke leefomgeving van het bodemleven. Bijvoorbeeld door de manier waarop hun wortels groeien (diepe wortels, of juist oppervlakkig wortelend) en in hoeverre ze de bodem bedekken met hun bovengrondse biomassa hetgeen temperatuur kan reguleren. Al deze factoren hebben invloed op de activiteit en samenstelling van het bodemleven. Tot op heden is er weinig tot geen informatie beschikbaar over hoe precies de samenstelling of activiteit van het (gunstige) bodemleven verandert door verschillende gewassen. Hier wordt momenteel (medio 2020) wel onderzoek<sup>14</sup> naar gedaan, specifiek voor verschillende groenbemesters, maar er zijn nog geen resultaten van beschikbaar.

Door de kennis die we inmiddels via deze gids en de organische stofhandleiding<sup>15</sup> hebben opgedaan,

hebben we wel een aantal algemene aannames:

- ✿ Gewassen met veel wortelbiomassa zullen het bodemleven meer voeden dan gewassen met een kleine wortel biomassa.
- ✿ Gewassen met veel gewasresten zorgen voor meer organische stof, dus voedsel voor het bodemleven.
- ✿ Gewasresten met een lagere C:N verhouding zijn over het algemeen makkelijker afbreekbaar en zullen het bodemleven meer activeren op de korte termijn. Gewasresten met een hoge C:N verhouding, bijvoorbeeld gehakseld stro, zijn moeilijker verteerbaar en kunnen worden gezien als goed voor het bodemleven op de lange termijn, onder andere vanwege het verhogen van het organische stofgehalte en effect op de structuur van de bodem.

Daarnaast horen bij sommige gewassen specifieke teeltmaatregelen die ook een groot effect op bodemleven kunnen hebben. Bij het verbouwen van rooigewassen bijvoorbeeld, wordt de bodem veel meer verstoord dan bij het verbouwen van maaigewassen. Hier heeft het bodemleven dus meer last van.

Een aantal onderzoeken heeft aangetoond dat door meer rustgewassen<sup>16</sup> te telen de opbrengsten van de rooigewassen (voornamelijk aardappel) kunnen verbeteren. Bij sommige gewassen die erg ziekte of plaag(onkruid)

gevoelig zijn worden doorgaans meer gewasbeschermingsmiddelen gebruikt, hetgeen ook nadelig kan zijn voor het bodemleven (hier gaan we op pagina 80 verder op in). Dit zijn dus ook aspecten die overwogen zouden moeten worden bij het kiezen van een gewas.

<sup>16</sup> Met rustgewassen worden vooral granen en vlinderbloemige (de stikstofbindende planten) bedoeld. Deze gewassen hebben een diepe dan wel intensieve beworteling en putten de bodem minder uit dan andere intensievere teelten.

## 11.3 Maak gebruik van groenbemesters

Het telen van groenbemesters is gunstig voor het bodemleven. Dit zorgt er namelijk voor dat het bodemleven ook na de hoofdteelt nog voedsel beschikbaar heeft via wortellexudaten. Omdat groenbemesters niet geoogst worden, wordt er veel organische stof aan de bodem geleverd wat ook weer voedsel voor het bodemleven is. Daarnaast is de doorworteling van de bodem door groenbemesters goed voor de structuur van de bodem en daarmee voor het 'huisje' van het bodemleven. Een groenbemester zorgt er eveneens voor dat de bodem ook

buiten het hoofdteeltseizoen bedekt is. Hierdoor krijgen organismen die op het oppervlak van de bodem leven meer bescherming en voedsel. Het reguleert tevens de bodemtemperatuur en vangt de impact van regendruppels op, die de bodem kunnen doen dichtslaan. Groenbemestermengsels zorgen voor nog meer diversiteit in het gewas, wat ook zorgt voor meer diversiteit van het bodemleven. Houd bij de keuze van een groenbemester ook rekening met de aanwezigheid van ziekteverwekkers en kies een groenbemester uit die geen waardplant is.



Figuur 31 - Groenbemestermengsel.

<sup>14</sup> Bijvoorbeeld binnen het publiek-private samenwerkingsproject: Groenbemesters in de praktijk; een stap naar diversificatie van plantaardige productiesystemen.

<sup>15</sup> Als u deze gids nog niet heeft kunt u deze aanvragen bij uw Van Iperen adviseur of via [www.iperen.com/organischestof](http://www.iperen.com/organischestof).



## 11.4 Maak gebruik van mengteelten

Gewassen worden in Nederland bijna altijd in monocultuur verbouwd. Dat wil zeggen: in een seizoen één soort gewas per veld. De voordelen hiervan zijn duidelijk (praktisch en financieel). Maar er zitten ook nadelen aan. Vooral als het gaat om de gevoeligheid van het gewas voor ziektes en plagen. Minder gewasdiversiteit zorgt voor minder diversiteit aan bodemleven en andere natuurlijke vijanden. Plagen of ziektes kunnen floreeren omdat er minder natuurlijke vijanden zijn en minder concurrentie is. Tevens is er een groot oppervlak met vatbare gewassen, waardoor de ziekte of plaag zich snel kan vermenigvuldigen en door het perceel verspreiden. Door het gebruik van strokenteelt of menggewassen wordt de gewasdiversiteit in het perceel verhoogd. Hierdoor ook de diversiteit van het bodemleven en andere natuurlijke vijanden worden ook verhoogd.

Bij mengteelten kan naast het mengen van twee verschillende gewassen (bijvoorbeeld gras onder tarwe, Figuur 32)

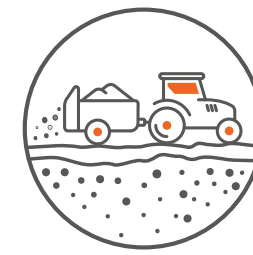


Figuur 32 - Een mengteelt van gras onder tarwe.

ook gedacht worden aan het gebruiken van twee verschillende rassen van hetzelfde gewas. Voor gewassen als granen en suikerbieten is dit in principe geen belemmering in de verdere verkoop. Naar strokenteelt (figuur 33) wordt momenteel veel onderzoek gedaan en dit wordt hier en daar in de praktijk ook al gebruikt. Bij strokenteelt worden verschillende gewassen in stroken geteeld. Over het algemeen geldt, hoe smaller de strook, hoe beter het effect op de opbrengst, weerbaarheid van het gewas en biodiversiteit. Omdat de verschillende gewassen in een strokenteelt op verschillende tijdstippen geoogst worden, heeft de naastgelegen strook een functie als toevluchtsoord voor de meer mobiele organismen die op het oppervlak van de bodem leven. Onderzoek moet uitwijzen of de effecten groot genoeg zijn om strokenteelt ook op grote schaal in de praktijk te gaan implementeren. Logistiek zal de introductie van strokenteelt de nodige uitdagingen met zich meebrengen.



Figuur 33 - Strokenteelt met gerst en suikerbiet.



# 12. Bemesting

## 12.1 Zet kunstmest gepast in

Het gebruik van kunstmest per se hoeft geen grote negatieve effecten op het bodemleven te hebben. Een van de grootste effecten die het gebruik van kunstmest op het bodemleven kan hebben is een indirect effect. Namelijk als de nutriënten behoefte van het gewas volledig met kunstmest ingevuld worden en er geen organische stof wordt aangevoerd om het bodemleven te voeden. Bodemleven heeft koolstof nodig om te groeien en energie uit te halen. Planten halen hun koolstof uit de lucht (in de vorm van  $CO_2$ ) doormiddel van fotosynthese. Bodemorganismen halen hun koolstof uit organische stof. Wanneer er naast kunstmest niet genoeg organische stof wordt aangevoerd, neemt het bodemleven af omdat er niet genoeg voeding gevonden kan worden. Onderzoeken tussen biologische en conventionele landbouwsystemen laten nagenoeg altijd meer en een actiever bodemleven zien in de biologische teeltsystemen. Dit komt grotendeels door de grote toevoer van organische (mest)stof in biologische teeltsystemen. Soms wordt het argument gegeven dat kunstmest plantengroei bevordert en

op die manier meer organische stof in de bodem brengt wat gunstig is voor het bodemleven. Hoewel dit aan de ene kant klopt, wordt ook een groot deel van die extra organische stof weer van het land weg gehaald als oogst. De extra gewasresten, door gebruik van kunstmest, zijn niet voldoende om de organische stofbalans<sup>17</sup> neutraal of positief te krijgen.

Een meer direct effect dat kunstmest op bodemleven kan hebben heeft te maken met plaatselijke verzuring en verzouting van de bodem. Sommige kunstmeststoffen hebben een sterker verzurend effect dan andere<sup>18</sup>. Bodemleven reageert sterk op pH veranderingen. Verzuring van de bodem is meestal slecht voor het bodemleven. Wel vinden de pH veranderingen door kunstmest vaak op erg lokale en tijdelijk schaal plaats in de bodem, namelijk op de plek waar de kunstmestkorrel belandt of op de plek waar de druppel vloeibare bemesting terecht komt. Een gezonde bodem heeft zelf ook een grote buffercapaciteit om pH verandering op te vangen en te neutraliseren.

<sup>17</sup> De organische stofbalans is niets anders dan een simpele vergelijking: is de hoeveelheid organische stof die de bodem in komt in balans met de hoeveelheid die de bodem uit gaat? Een positieve balans betekent dat er meer organische stof de bodem in komt, dan er uit gaat.

<sup>18</sup> In het handboek bodem en bemesting wordt de verzurende werking van kunstmeststoffen uitgelegd en vergeleken. Zie website: [handboekbodembemesting.nl/nl/handboekbodembemesting/Handeling/Bemesting/Verzurende-werking-van-kunstmeststoffen.html](http://handboekbodembemesting.nl/nl/handboekbodembemesting/Handeling/Bemesting/Verzurende-werking-van-kunstmeststoffen.html).



## 12.1 Zet kunstmest gepast in

Er is niet veel bekend over hoe groot het effect precies is van verzuring door kunstmest op het bodemleven. Vanwege de kleine en tijdelijk schaal is het waarschijnlijk verwaarloosbaar, mits de kunstmestgift nauwkeurig en efficiënt wordt gegeven. Ook een tijdelijke en plaatselijke verhoging van de EC (zout

concentratie) in de bodem, rond waar de kunstmestkorrel/druppel belandt zou op kleine schaal een negatief effect kunnen hebben. Maar ook hier zijn de effecten waarschijnlijk verwaarloosbaar en zal in een gezonde bodem de EC snel weer verlagen door verdunning en het bufferend vermogen van de bodem.

dat drijfmest relatief minder organische stof bevat dan vaste mest (gemengd met stro).

Het lijkt dan ook minder geschikt voor de meer lange termijn verbetering van de bodem vergeleken met vaste mest of compost. Organische stof is ontzettend belangrijk voor een goede bodemkwaliteit. In onze handleiding "Organische stof: breng leven in de bodem!" gaan we nog veel dieper in

op het belang van organische stof voor een goede bodemkwaliteit en het bodemleven. We geven een praktisch stappenplan om organische stof in uw bodem te beschermen en zo nodig te verhogen.

De gids kunt u aanvragen op [iperen.com/organischestof](http://iperen.com/organischestof) of uw van Iperen adviseur inschakelen voor het maken van een plan.

## 12.2 Voer ook organische mest aan

Organische stof uit mest is voedsel voor het bodemleven, en dus een goede manier om bodemleven te activeren en te laten groeien. Maar, er bestaan vele verschillende soorten mest, zoals koeien-, varkens- en geitenmest. In vaste vorm met extra stro, of als drijfmest. Al deze soorten mest hebben elk iets andere eigenschappen, waardoor ook het effect op het bodemleven kan verschillen. Welke soort mest het 'beste' is voor het bodemleven is niet bekend. Een keuze<sup>19</sup> maken kan het beste door ook goed na te gaan wat de nutriënten leverende waarde van de organische meststof is en deze op het gewas af te stemmen. Afhankelijk van uw bodemkwaliteitsdoelen, bijvoorbeeld als de organische stof in de bodem laag is, is een hogere hoeveelheid effectieve organische stof misschien een goede keus.

Van drijfmest is in sommige onderzoeken gevonden dat het negatieve effecten kan hebben op sommige soorten bodemleven. Er zijn ook onderzoeken die juist een positief effect laten zien op bepaalde groepen. Bij het opslaan van drijfmest ontstaan vaak zuren en giftige stoffen die slecht kunnen zijn voor het bodemleven. Ook kan de concentratie aan mineralen zo hoog liggen dat het een sterk verzoutend effect heeft en bodemleven lokaal dood gaat. Het is niet duidelijk hoe langdurig en verspreid dit effect is. Bijvoorbeeld of het alleen nadelig is voor bodemleven in de directe omgeving van het toedienen (injecteren of gleufbemesting) van drijfmest, of dat het ook dieper en verder in de bodem schade aan het bodemleven kan veroorzaken. Over het algemeen geldt



Figuur 34 - Toedienen van compost.

<sup>19</sup> Zie de Van Iperen organische stofhandleiding voor meer gedetailleerde hulp bij het kiezen van organische meststoffen.

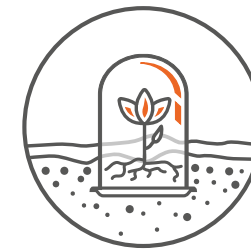
# Nitrificatie-remmers

Nitrificatieremmers vertragen de omzetting van ammonium naar nitraat. In de bodem wordt ammonium snel omgezet in nitraat, door de nitrificerende bodemorganismen (stap 7 in de stikstofkringloop op pagina 52). Nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) heeft een negatieve lading en wordt niet aangetrokken door het klei-humus-complex. Het is erg mobiel in de bodem en gevoelig voor uitspoeling. Na bemesting met kunstmest is er vaak te veel nitraat in de bodem wat de planten op dat moment nog niet allemaal nodig hebben en op kunnen nemen en dus veel kans op uitspoeling (stap 9 in de stikstofkringloop).

Ook is er verhoogde kans op lachgas emissie (stap 10 in de stikstofkringloop). Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) heeft een positieve lading en wordt wel aangetrokken door het klei-humus-complex. Het is daardoor minder mobiel en een stuk minder gevoelig

voor uitspoeling. Nitrificatieremmers zijn stoffen die binden aan de enzymen die worden uitgescheiden door de nitrificerende bacteriën. Deze enzymen verzorgen de omzetting van ammonium in nitraat. Doordat de nitrificatieremmers binden aan het enzym, kan het enzym zijn functie niet meer uitoefenen en wordt ammonium (tijdelijk, dagen tot weken) niet meer omgezet in nitraat.

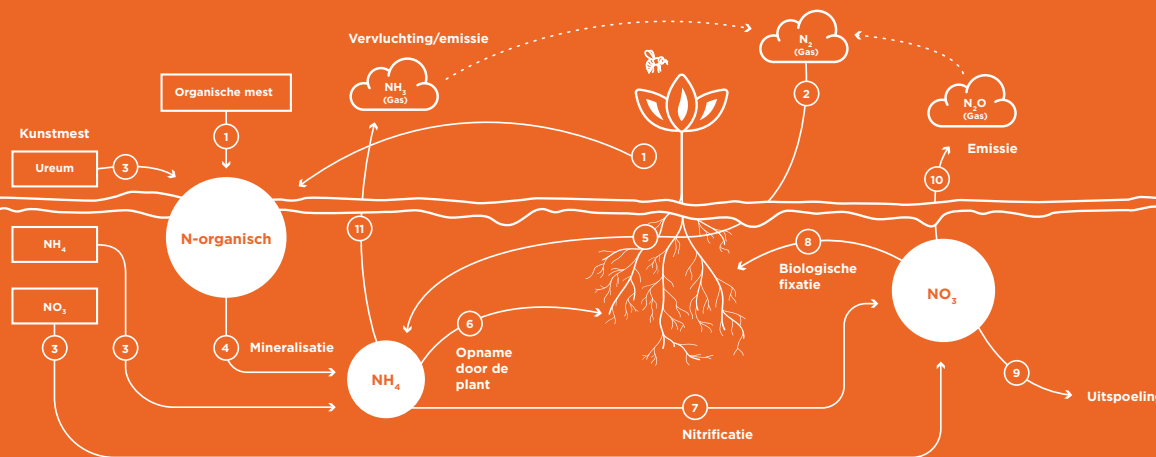
Het gebruik van externe inputs (of niet natuur-eigen stoffen) brengt altijd risico's met zich mee met betrekking tot onbedoelde effecten op bodem of gewas. Verschillende rapporten van o.a. Wageningen Universiteit (rapport: "nitrificatieremmers in de Nederlandse landbouw") vinden geen bewijs dat het gebruik van nitrificatieremmers grote (negatieve) gevolgen heeft voor het bodemleven.



## 13. Gewasbescherming

*Gewasbeschermingsmiddelen zijn stoffen die bepaalde organismen dood maken zodat ze geen schade kunnen veroorzaken aan het gewas. Dat deze middelen een effect kunnen hebben op het bodemleven is dan ook niet moeilijk voor te stellen.*

**V**oordat een gewasbeschermingsmiddel toegelaten wordt, worden er verschillende testen gedaan om de impact van de stof op het milieu te bepalen. Er zijn standaard testen op zoogdieren en vogels en op een aantal groepen bodemleven. Hierbij worden drempelwaarden gehanteerd: een middel mag een bepaalde hoeveelheid schade aanrichten of toxisch effect hebben op andere (niet-plaag) organismen.



Figuur 35 - Stikstof kringloop.



## 13.1 Pas geïntegreerde bestrijding toe: Voorkomen is beter dan genezen

Vanwege de mogelijk negatieve effecten van gewasbeschermingsmiddelen op niet-doel (bodem)organismen, moet geprobeerd worden om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te minimaliseren. Dit kan gedaan worden door een goed plan te maken voor het bouwplan als geheel. Dit wordt ook wel 'geïntegreerde plaag bestrijding' genoemd.

Een goed uitgangspunt is om telkens de volgende vraag te stellen: Waarom heb ik deze plaag in dit perceel? Wanneer er een geschiedenis van (bodemgebonden) ziekten of plagen in het perceel voorkomt, raadpleeg dan de beschikbare plagenschema's (bijvoorbeeld het aaltjes schema, of het bodemschimmelschema<sup>20</sup>) voor het maken van een juiste gewaskeuze welke niet vatbaar is voor de ziekte. Dit geldt ook voor de groenbemesterkeuze.

Laat, als het mogelijk is, de bodem testen op of de plaag of ziekte nog aanwezig is, voordat een nieuw vatbaar gewas gezaaid wordt. Tijdens de teelt moet worden gescout om te zien of een bepaalde ziekte of plaag aanwezig is. Vermijd 'kalenderspuiten' en pas alleen gewasbeschermingsmiddelen toe wanneer het echt nodig is. Werk met schade- of tolerantiedrempels. Beslissingsondersteunende systemen kunnen helpen met het voorspellen wanneer plaagdruk toeneemt en wanneer er extra gescout moet worden. (Zie verdieping op pagina 81).

<sup>20</sup> Zie Bijlage 1. Verdere informatie, waar u deze schema's kunt vinden.



Figuur 36 - Vingerweeder.



Figuur 37 - Mechanische onkruidbestrijding: schoffelen met wiedeg.

Ook aspecten zoals gebalanceerde bemesting zijn belangrijk voor het telen van een weerbaar gewas. Zo zien we bijvoorbeeld vaak een grotere plaagdruk van trips of bladluis wanneer er overmatig met stikstof bemest wordt. De publicatie: *"Beheersing van bodempathogenen via bodemgezondheidsmaatregelen; Een overzicht van beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemziekten"*<sup>21</sup> is een nuttige informatiebron voor een geïntegreerde aanpak van bodemziekten en plagen.

Om onkruiden zo veel mogelijk te voorkomen, is het belangrijk om te zorgen dat de onkruidzaadbank in de bodem niet groter wordt. Onkruiden mogen dus niet tot bloei en zaadzetting komen. Waar mogelijk kan mechanische onkruidbestrijding (Figuur 37) ingezet worden. Met precisielandbouw technieken kan ook het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen sterk gereduceerd worden. Bijvoorbeeld door plaatsspecifiek herbiciden te spuiten op basis van zwaarte van de grond. (Zie verdieping op pagina 78 en 79.)

Het is belangrijk om te onthouden dat het bij geïntegreerde bestrijding gaat om de optelsom van maatregelen. De aparte maatregelen op zichzelf zijn niet voldoende om een ziekte, plaag of onkruid volledig te bestrijden. Echter, met de combinatie van maatregelen kan dit wel of in ieder geval een heel eind. Geïntegreerde bestrijding vergt dus meer tijd en vakmanschap dan puur chemische bestrijding. Naast dat geïntegreerde bestrijding beter is voor het bodemleven, wordt het ook noodzakelijk omdat chemische middelen wegvallen en er geen alternatieve middelen op de markt komen.

<sup>21</sup> Deze publicatie is gratis te downloaden via [www.edepot.wur.nl/513197](http://www.edepot.wur.nl/513197).



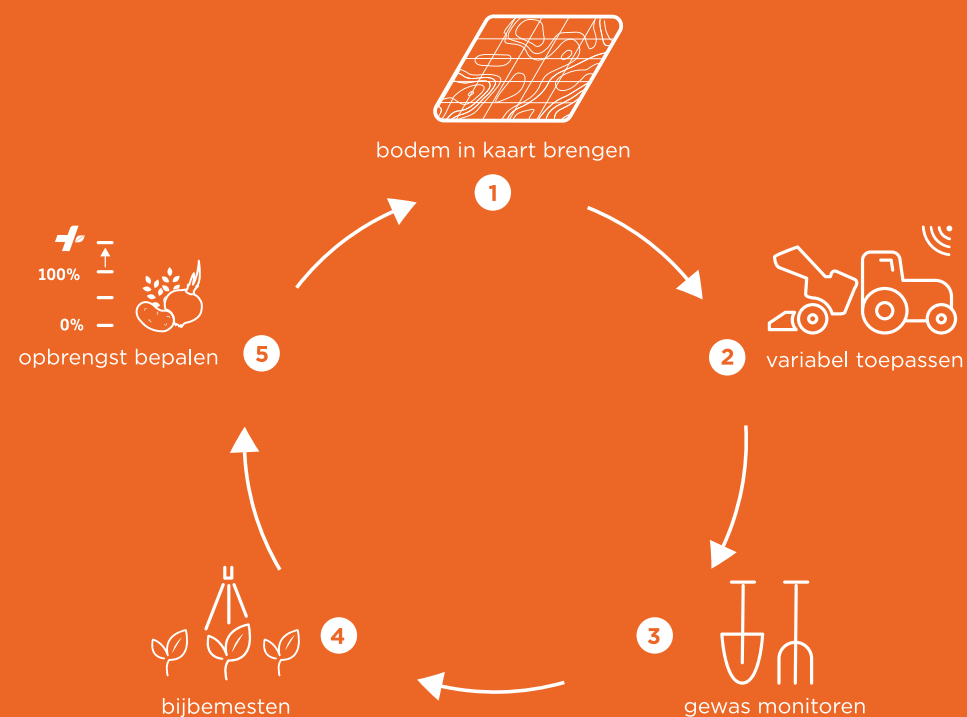


# Precisieteelt Plus

*Precisieteelt Plus: een innovatief concept voor precisieteelt. Een succesvolle teelt begint zonder twijfel bij een gezonde bodem. Wie aan de basis zorgt voor optimale omstandigheden voor plantengroei, legt het fundament om een gezond en weerbaar gewas te telen.*

Precisieteelt Plus gaat hierin nog een stap verder door teeltmaatregelen plaats specifiek aan te passen aan de groeipotentie van de bodem en de behoeften van het gewas. Door gericht te sturen richting het teeltdoel levert Precisieteelt Plus onder meer een optimale maatsortering en een uniforme kwaliteit eindproduct op. Precisieteelt Plus neemt de bodem als basis en stelt het optimaliseren

van uw teeltrendement als uitgangspunt. Vanuit die visie willen we de aanpak vooral transparant en op een eenvoudige manier inzichtelijk maken. Daarom gooien we u als deelnemer niet in het diepe maar wordt u stap-voor-stap begeleid en ontzorgd. Wie deelneemt aan Precisieteelt Plus ontmoet één aanspreekpunt voor teelt en techniek. We volgen samen uw teeltcyclus in vijf eenvoudige stappen:



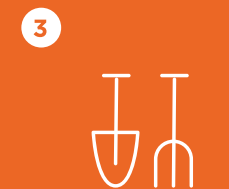
## Bodem in kaart brengen

De bodem in kaart brengen moet vaak gebeuren in een periode waarin de omstandigheden om een perceel te berijden verre van optimaal zijn. Behoud van een goede bodemstructuur is van vitaal belang en daarom zijn de experts van Precisieteelt Plus op zoek gegaan naar moderne alternatieven voor scantechnieken die intensief berijden van uw perceel vragen. De oplossing ligt in een grondige data-analyse van Open Data die reeds beschikbaar is op uw perceel. Door deze data over meerdere groeiseizoenen te analyseren worden de seizoens- en gewasinvloeden uitgefilterd en blijft puur de bodemvariatie over. De resulterende bodempotentiekaart legt de basis voor plaats specifiek werken met behulp van taakkaarten die uw machines aansturen.



## Variabel toepassen

Om de bodempotentie zo goed mogelijk te kunnen benutten wordt een taakkaart gemaakt. Op basis van de taakkaart kan variabel worden gepoot, gezaaid, bemest en gespoten. De taakkaart zorgt ervoor dat de machine op iedere plek binnen het perceel over de optimale toepassingsinstellingen beschikt zoals pootafstand, zaaihoeveelheid en dosering.



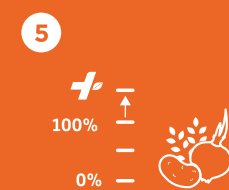
## Gewas monitoren

Alles draait om het behalen van een optimaal teeltresultaat. Door het gewas continue te monitoren en daarbij rekening te houden met de plaats specifieke variatie binnen het perceel kan er tijdig worden bijgestuurd met teeltmaatregelen.



## Bijbemesten

Afhankelijk van de groei van het gewas in combinatie met de plaats specifieke variatie binnen het perceel wordt naar behoefte bemest. Ook deze stap draagt consequent bij aan optimalisatie van het teeltrendement.



## Opbrengst bepalen

Met een opbrengstmeter of door hoog potentiële ('goede') en laag potentiële ('slechte') plekken via proefrooiingen te bemonsteren wordt het inzicht geleverd in de effecten van variatie en het variabel toepassen op de opbrengst. Hiermee kan de balans worden opgemaakt en wordt lering getrokken voor volgend seizoen.

Meer informatie is te vinden op [precisieteeltplus.nl](https://precisieteeltplus.nl)

## 13.2 Gebruik gewasbeschermingsmiddelen als laatste optie

Over het algemeen kunnen we stellen dat breed werkende middelen nadelig zijn voor het bodemleven omdat ze ook niet-schadelijke organismen dood maken. Hierdoor kunnen er gaten ontstaan in het bodemvoedselweb. Organismen die niet dood zijn gegaan maar zich wel voeden met de gedode organismen, verliezen hun voedingsbron waardoor hun populatieaantallen ook afnemen. Andere organismen verliezen misschien hun competitie of natuurlijke vijanden waardoor die populaties explosief kunnen groeien (en mogelijk in een nieuwe plaag uitmonden). Dit verstoort het evenwicht en benadeelt het functioneren van het bodemleven en de processen die zij aansturen.

Specifieke middelen doden een bepaald organisme of een kleine groep verwante organismen. De effecten van specifieke middelen op het totale bodemleven zijn dus kleiner vergeleken met breedwerkende middelen. De gaten in het bodemvoedselweb zijn kleiner en waarschijnlijk beter te compenseren door de rest van het bodemleven. Toch moet ook van specifieke middelen zo weinig mogelijk gebruik gemaakt worden. Dit omdat de effecten op het overige (bodem)leven lang niet altijd duidelijk zijn.

Naast de wettelijk verplichte testen, die nodig zijn voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen, worden er binnen de wetenschap ook vaak (onafhankelijke) studies gedaan naar de effecten van gewasbeschermingsmiddelen op het bodemleven. Omdat er veel verschillende gewasbeschermingsmiddelen bestaan, omvatten deze studies veel verschillende soorten actieve stoffen. Ook richten ze zich vaak op een of een bepaalde groep bodemorganismen, bijvoorbeeld alleen (bepaalde groepen) bacteriën, maar niet wormen of schimmels. Het is dus heel moeilijk om conclusies te trekken en uitspraken te doen over de effecten van gewasbeschermingsmiddelen in het algemeen.

Op de website [www.milieumeetlat.nl](http://www.milieumeetlat.nl) kan eenvoudig en overzichtelijk de milieubelasting van verschillende gewasbeschermingsmiddelen vergeleken worden. De middelen worden gescoord op hun effecten<sup>22</sup> op waterleven, bodemleven en grondwater, bestuivende insecten en natuurlijke vijanden.

<sup>22</sup> Dit zijn geen zelf uitgevoerde tests, maar gebeurt op basis van gegevens uit de toelatingsbesluiten. Voor uitgebreidere informatie over hoe de bodemleven punten berekend worden zie (vanaf pagina 17): [www.milieumeetlat.nl/nl/nieuws-item/items/achtergrondnotitie-over-de-methodiek-van-de-milieumeetlat-beschikbaar.html](http://www.milieumeetlat.nl/nl/nieuws-item/items/achtergrondnotitie-over-de-methodiek-van-de-milieumeetlat-beschikbaar.html).

# Beslissingsondersteunend systeem

*Een beslissingsondersteunend systeem, afgekort BOS systeem, is een digitaal toegankelijk systeem dat bestaat uit lokale waarneming, een model en een advies.*

**E**en BOS systeem kan gebruikt worden om inzicht te krijgen in de ontwikkelingsnelheid en infectiedruk van ziekten en plagen, maar ook dienen voor beregenings- of bemestingsadvies. In feite levert een BOS systeem op basis van de lokale omstandigheden op het perceel informatie om het optimale toepassingsmoment en vaak de optimale dosering te bepalen.

Het gebruik van een BOS systeem verhoogt de effectiviteit van de toepassing door bij te dragen aan een optimale bescherming, bemestingstoestand

of vochtvoorziening van het gewas. Daarnaast levert deze optimalisering een belangrijke bijdrage aan de duurzaamheid en verlaging van emissies. Ook hier geldt "Meten is Weten".

Voor Van Iperen klanten staat een basis BOS systeem met diverse modellen voor ziekten en plagen in hoofdgewassen ter beschikking binnen de digitale omgeving 'Mijn Iperen'. U vindt het BOS dashboard in het hoofdmenu binnen Mijn Iperen Web onder 'Advies'.





# 14. Bio-stimulanten en nuttige insecten

## 14.1 Bodemleven toevoegen

Er komen steeds meer producten op de markt, die bestaan uit micro-organismen (vooral bacteriën en schimmels). Deze producten vallen onder de productgroep biostimulanten<sup>23</sup>. De micro-organismen hebben (volgens het etiket) gunstige functies zoals stikstof of fosfaat plant-beschikbaar maken, of gewassen beschermen tegen droogtestress. De werking van dit soort producten in de praktijk, in de open teelten, is nog erg onzeker. Onderzoeken naar de

functies van de specifieke bacteriën of schimmels in deze producten worden nagenoeg altijd in een laboratorium uitgevoerd waarbij de omstandigheden zoals vochtgehalte en temperatuur gereguleerd worden. Het zijn veelal potproeven waar hoge concentraties bacteriën door de grond worden gemixt. Of in steriele grond waar dus geen competitie van andere micro-organismen aanwezig is.

<sup>23</sup> Biostimulanten zijn producten die a) de nutriënten efficiënt van het gewas verhogen maar zelf geen meststof zijn; b) tolerantie van planten voor abiotische stress (hitte, droogte, verzilting) verhogen; c) kwaliteitskenmerken van het gewas verhogen; of d) beschikbaarheid van in de bodem of rhizosfeer vastgehouden nutriënten bevorderen. Onder deze groep vallen ook niet-microbiële producten zoals zeewierextracten of humuszuren etc.



Figuur 38 - Van Iperen collega's beoordelen een gewas op een proefveld.

Proeven of demo's waarbij micro-organismen in het veld worden toegediend laten bijna nooit zichtbare of meetbare resultaten zien. In het veld is er enorm veel competitie van andere micro-organismen en dus is het erg moeilijk voor de nieuw geïntroduceerde bacteriën om zich te kunnen vestigen. Daarnaast zijn deze micro-organismen niet gewend aan de nieuwe omgeving waar ze in worden gebracht. Daardoor is het nog moeilijker om te kunnen concurreren met de al aanwezige micro-organismen. Het advies bij het gebruik van microbiële producten is om eerst op een klein stuk het product uit te proberen en zo mogelijk wat metingen te doen aan het gewas.

Het introduceren van wormen is niet gebruikelijk en er is niet veel onderzoek naar gedaan. Een inventarisatie van WUR<sup>24</sup> van de enkele keren dat wormen in de praktijk of op proeflocaties zijn uitgezet in de jaren '60 - '80 geeft aan dat introductie van wormen succesvol kan zijn. Echter, het duurt zeker een aantal jaar voordat populaties kunnen opbouwen en ook verspreiding door het perceel duurt lang. De wormen leggen maar enkele meters per jaar af. De introductie van wormen in deze voorbeelden gingen vaak ook gepaard met een overschakeling naar 'wormvriendelijke' teelt, zoals niet-kerende grondbewerking, of van akkerland naar permanent grasland.

<sup>24</sup> Faber, J.H. & A. van der Hout, 2009. Introductie van regenwormen ter verbetering van de bodem; literatuurstudie en veldinventarisatie. Dit rapport is te downloaden via [www.edepot.wur.nl/51803](http://www.edepot.wur.nl/51803).

## 14.2 Landschapselementen toevoegen om biodiversiteit te verhogen

Natuurlijke landschapselementen zoals bloemstroken, keverbanken of heggen worden om verschillende redenen aangelegd op en rond boerderijen. Bijvoorbeeld akkerranden langs watergangen als bufferstrook om afspoeling van nutriënten te voorkomen of om drift van gewasbeschermingsmiddelen te voorkomen. Tevens voor het bevorderen van natuurlijke vijanden van plagen. Deze akkerranden zijn tevens positief voor de natuurlijke vijanden van plagen. Hiermee wordt leefgebied gecreëerd om te overwinteren en voort te planten en een alternatieve voedingsbron geboden als er op de akker geen gewas groeit. Bloemen in akkerranden kunnen bijen en andere bestuivende insecten bevorderen. Daarnaast wordt het maatschappelijk

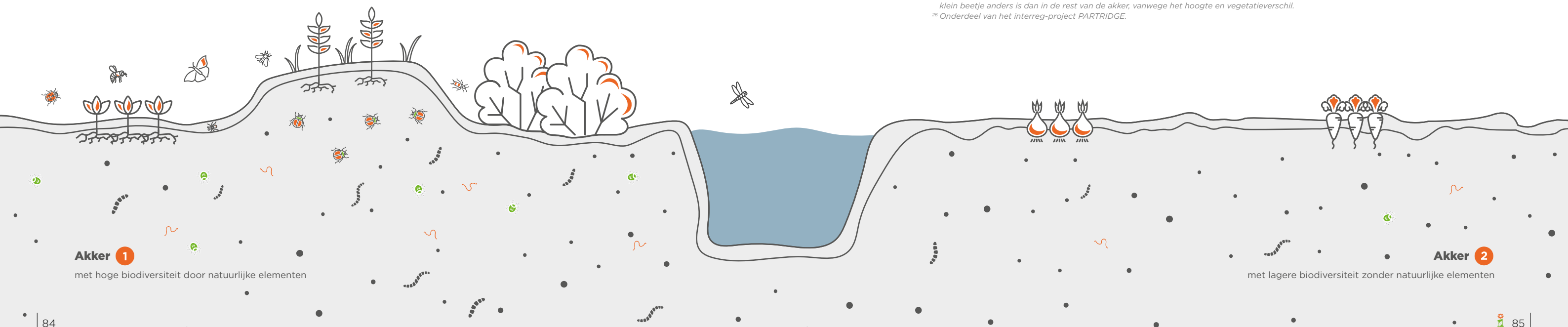
gewaardeerd omdat het landschap een stukje kleurrijker en gevarieerder wordt.

Ook voor bodemleven zijn dit soort (permanente) natuurlijke elementen gunstig. Vooral de meer mobiele organismen die op de bodem leven, hebben veel baat bij een alternatieve habitat als er in de akker zelf niet genoeg te eten is om populaties in stand te houden of gewas om in te verschuilen. Veel insecten leggen eitjes in de bodem. Ze hebben daarbij vaak de voorkeur voor een met vegetatie bedekte - iets vochtiger - bodem, die niet verstoord wordt. Larven van insecten kunnen wel maanden en soms jaren in de bodem blijven voor ze uit de bodem naar boven komen, dus hebben ze een plek nodig die niet verstoord wordt.

Om een echt verschil te maken met natuurlijke landschapselementen moet er wel aan een aantal voorwaarden worden voldaan. Eén akkerrand langs een perceel zal geen grote impact hebben. Hoewel de grotere insecten die op het oppervlak van de bodem leven redelijk mobiel zijn, zullen ze niet vanuit de akkerrand honderd meter de akker in gaan. Idealiter worden de natuurlijke elementen als stroken door de akkers heen aangelegd. Ook spelen de plantensoorten die in de natuurlijke elementen worden gezaaid een grote rol en moeten goed doordacht worden. De vegetatiekeuze is afhankelijk van het primaire doel van het natuurlijke element. Bijvoorbeeld, voor het bevorderen van bestuivende insecten zijn er andere plantensoorten dan voor

het bevorderen van kevers als natuurlijke vijand. Keverbanken bijvoorbeeld zijn brede ruggen van zo'n 40 tot 70 cm hoog die met grassen en eenjarige kruiden worden ingezaaid. Door de verhoging van de grond zorgt dit voor een gunstiger microklimaat<sup>25</sup> voor de natuurlijke vijanden. In keverbanken ligt dus minder accent op nectar leverende bloemen om bestuivende insecten aan te trekken. In een project in Brabant<sup>26</sup> vond men 50 insectensoorten in de akker waar verschillende soorten natuurlijke elementen waren aangelegd. Dit vergeleken met maar 20 insectensoorten in een nabijgelegen akker verder weg van de natuurlijke elementen.

<sup>25</sup> Microklimaat betekent het klimaat op hele kleine schaal. Bijvoorbeeld wanneer de luchtvochtigheid of temperatuur op de keverbank net een klein beetje anders is dan in de rest van de akker, vanwege het hoogte en vegetatieverschil.  
<sup>26</sup> Onderdeel van het interreg-project PARTRIDGE.



# 15. Inzicht in bodemleven krijgen

*De hoeveelheid, activiteit en diversiteit van het bodemleven kunnen een maat zijn voor de algemene gezondheid van de bodem. Immers, een bodem vol leven is een weerbare, gezonde bodem.*

**O**ok is het handig om na het toepassen van bodemlevriendelijke maatregelen te kunnen meten of deze maatregelen ook succesvol zijn geweest in het beschermen of verbeteren van het bodemleven. Bodemleven omvat een enorme groep verschillende organismen die allemaal hun eigen afmetingen, manier van leven en plek in de bodem hebben. Ze kunnen dus niet allemaal op dezelfde manier worden gemeten en

bestudeerd. Hieronder staat een aantal manieren om verschillende soorten bodemleven in zicht te krijgen. Wel is het goed om te blijven beseffen dat veranderingen in de bodem langzaam gaan.

Bodemleven heeft tijd nodig (jaren) om zich aan te passen aan veranderingen voordat er een nieuwe balans is. Het effect van bodemverbeterende maatregelen op het bodemleven kan u dus soms pas na jaren echt meten.

## 15.1 Wormen

Wormen kunt u zelf makkelijk tellen. Wormen zijn een goede indicator voor goede bodemkwaliteit. Streefwaarden voor een goede kwaliteit bodem liggen rond de 80 (voor zandgronden) tot 200 (voor kleigronden) wormen per m<sup>2</sup>. Doe de telling het liefst in het voor- of najaar, als de grond wat vocht bevat.

Graaf op een stuk of drie plekken in het perceel een blok uit van 20x20x20 cm. Leg dit in het veld op een grote plastic zak, of neem het mee naar een schuur met tafel. Want het is nog best een flink werkje om alle wormen uit het grondmonster te pluizen. Kleine of jonge wormen worden snel over het hoofd gezien.

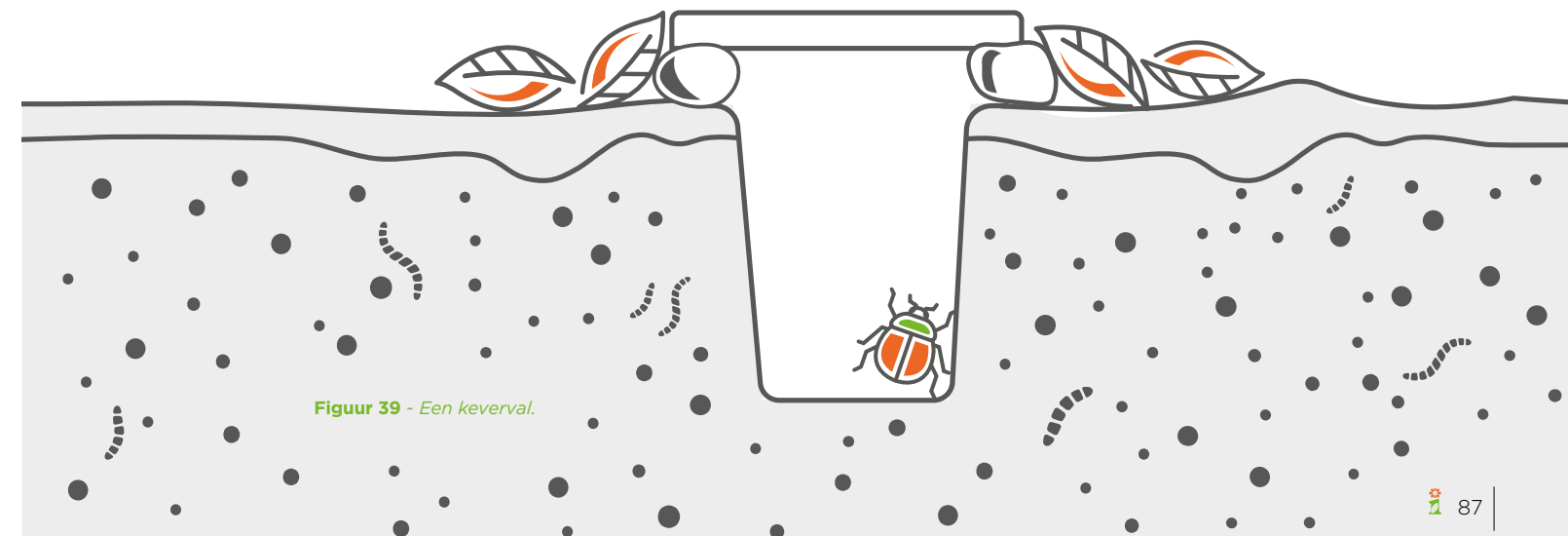
Zelfs kleine brokjes moeten opengemaakt worden om alle wormen te kunnen vinden. Leuk klusje om met een kind of kleinkind te ondernemen? Reken het aantal getelde wormen in het blok van 20x20x20 cm om naar aantal per m<sup>2</sup> (getelde aantal keer 25). De pendelaars die dieper in de bodem

leven zijn moeilijker te vinden. Als u de bodem van het gat dat ontstaat na het uitspitten van het bodemmonster voorzichtig glad schraapt, kunt u soms wormengangen naar de diepere ondergrond vinden. Dit is een teken dat er pendelaars aanwezig zijn.

## 15.2 Kevers en andere lopende organismen

Veel kevers, spinnen en andere grotere bodemorganismen zijn nachtdieren. Overdag verschuilen ze zich en zijn ze dus minder zichtbaar. Door ze te vangen in ingegraven potjes kunt u een beeld krijgen van aantallen en soorten in het perceel. Zorg er goed voor dat de randen niet boven het oppervlak uitsteken. Zelfs een millimeter kan voor sommige beestjes een reden zijn om een andere kant op te lopen; de kevers moeten er makkelijk in kunnen vallen. Als er regen voorspeld is, is het handig

om een dakje erboven te maken. Check ze elke ochtend, een paar dagen na elkaar, om te zien of er verschil is in aanwezigheid van de kevers. Plaats ze op verschillende plekken, bijvoorbeeld in of dichtbij een akkerrand en verder weg in het perceel of in verschillende percelen. Overigens zijn er ook schommelingen in aantallen per soort gedurende het seizoen. Het is ook aan te raden de vallen een aantal keer per seizoen te plaatsen.



Figuur 39 - Een keverval.





De inmiddels welbekende onderbroekentest *-soil your undies-* is een goede en grappige manier om de activiteit van micro-organismen te vergelijken op verschillende plekken. Begraaf aan de start van het groeiseizoen een witte, 100% katoenen onderbroek (of iets anders, als het maar katoen is) op verschillende plekken in het perceel of in verschillende percelen. Bijvoorbeeld op een plek waar de groei van gewassen vaak wat achter blijft en op de beste grond van het bedrijf. Laat de onderbroeken een klein stukje uit de bodem steken en zet er een paaltje naast zodat u ze niet kwijt raakt. Gedurende het groeiseizoen breken de micro-organismen de katoenen onderbroek af. Na een paar maanden kunt u de onderbroeken weer opgraven. Op de plek waar de micro-organismen het meest actief zijn, is de onderbroek het meest afgebroken en zijn er misschien alleen nog flarden en het elastiek aanwezig. Op plekken met een minder uitbundig en actief micro-leven zal de onderbroek nog grotendeels intact zijn.

Daarnaast is het goed om te blijven observeren hoe snel gewasresten afgebroken worden. Zijn er percelen of plekken in percelen waar de gewasresten langzamer verteren dan op andere plekken? Op die plekken heeft het bodemleven het waarschijnlijk moeilijker en kunt u verder kijken wat daar aan de hand kan zijn.

**Figuur 40** - Onderbroeken die in verschillende percelen even lange tijd begraven zijn geweest.

## 15.3 Micro-organismen

Een beeld krijgen van de micro-organismen in de bodem is lastiger, omdat we ze niet zomaar kunnen zien en tellen. Er zijn wel simpele testjes (zie een voorbeeld hiernaast)

die u zelf kunt doen om een idee te krijgen van hoe actief de microbiële populatie in uw bodem is. Daarnaast bieden verschillende bodemlaboratoria verschillende analyses aan.

### Microbiële analyses in het laboratorium

Bodemlaboratoria bieden verschillende testen aan om inzicht te krijgen in het bodemleven. Deze testen zijn voortdurend in ontwikkeling en worden steeds betaalbaarder. De resultaten van deze analyses interpreteren is niet eenvoudig. Er zijn verschillende bodemleven parameters die gemeten kunnen worden.

Bijvoorbeeld totale microbiële biomassa of opgesplitst in bacteriële en schimmelbiomassa. Soms zijn de analyses nog gedetailleerder en worden ook parameters gerapporteerd zoals grampositieve en gramnegatieve bacteriën, actinomycetenbiomassa en protozoa.

In deze gids hebben we beschreven wat voor soort organismen dit zijn en welke belangrijke functies ze in de bodem uitvoeren. Dat ze belangrijk zijn is dus duidelijk. Toch is het op dit moment niet mogelijk om te zeggen wat de 'juiste' hoeveelheid biomassa is of wat de 'juiste' verhoudingen tussen groepen zijn. De streefwaardes die op de analyses staan, zijn vaak gemiddeldes van alle monsters die het laboratorium ooit heeft geanalyseerd. Deze monsters zijn dus op verschillende tijdstippen en in verschillende situaties genomen en zeggen niets over wat nou werkelijk 'goede' aantallen of verhoudingen zijn.

## 15.4 Analyse van pathogene organismen

Om ziektes en plagen te bestrijden en verdere vermeerdering van de ziekteverwekkende organismen te voorkomen, is het erg belangrijk om er zeker van te zijn welke ziekteverwekker het probleem veroorzaakt. Verschillende laboratoria bieden analyses speciaal

voor ziekteverwekkende organismen aan. Afhankelijk van het soort organismen doen ze dit op basis van DNA analyse, microscopisch of via andere technieken.

# 16. Slotwoord

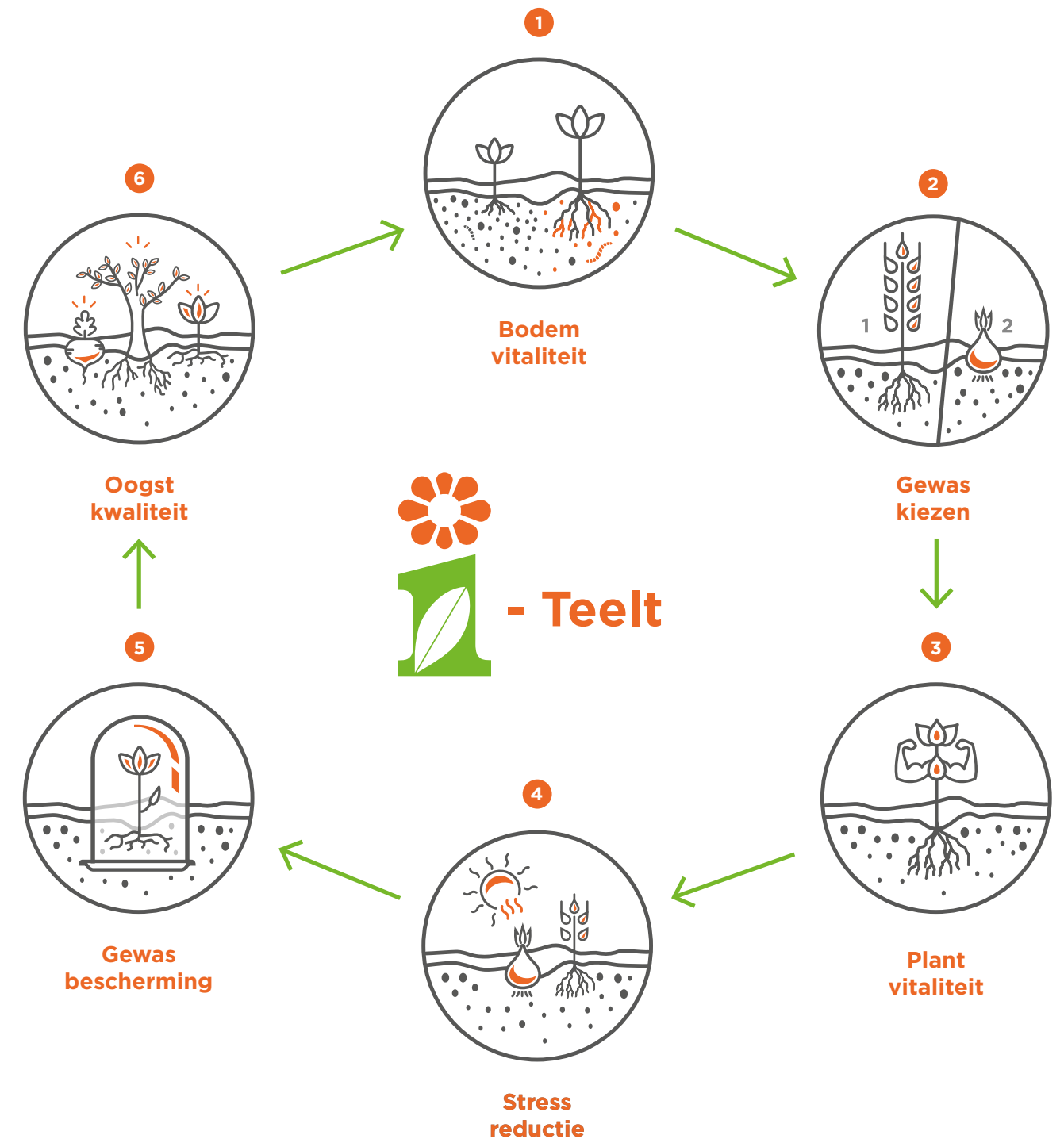
*De hoeveelheid, activiteit en diversiteit van het bodemleven kunnen een maat zijn voor de algemene gezondheid van de bodem. Immers, een bodem vol leven is een weerbare, gezonde bodem.*

Als we alle richtlijnen voor bodemlevensvriendelijke landbouw uit deze gids nog eens nagaan, dan kunnen we ons realiseren dat deze maatregelen ook wel gewoon 'duurzame landbouw' genoemd worden. Duurzame landbouw is in essentie bodemlevensvriendelijke landbouw en stimuleert een divers en actief bodemleven. De grote groep 'goed' bodemleven wordt gestimuleerd, terwijl de kleine groep 'slecht' bodemleven minder kans krijgt om schade te veroorzaken. Het bodemleven zorgt ervoor dat alle processen in de bodem kunnen plaatsvinden en er gewassen op kunnen groeien.

Voor een gezond bodemleven en een weerbaar gewas is het van belang dat de verschillende duurzame, oftewel bodemlevensvriendelijke maatregelen, samen doordacht worden ingezet. Dit noemen we 'een systeemaanpak'. Sommige maatregelen zijn vrij makkelijk in te passen, zoals het aanvoeren van meer organische stof.

Andere zijn uitdagender, zoals het omschakelen naar niet-kerende grondbewerking of het aanleggen van echt effectieve natuurlijke elementen rond het bedrijf. Deze onderwerpen zijn te groot om in deze gids in detail te behandelen. Maar, er zijn veel informatiebronnen beschikbaar, via internet, studieclubs of uw Van Iperen adviseur.

We hopen dat deze gids u een beter inzicht heeft gegeven in uw bodem en het belangrijke werk dat het bodemleven uitvoert. De bodem en het bodemleven zijn complex en er is maar een fractie van alle organismen die er in wonen geïdentificeerd. Aan de andere kant is er ook al veel bekend en weten we voor een groot deel wel hoe ons handelen de bodem en het bodemleven beïnvloedt. De bodem hoeft geen 'black box' te zijn. De bodem is misschien nog lang niet transparant maar we hebben voldoende kennis en handvatten om het bodemleven te stimuleren.



**Figuur 41** - In een vitale bodem (stap 1 in het Van Iperen I-Teelt model) bevindt zich een divers en actief bodemleven! Wij hopen dat deze gids u helpt hieraan te werken.

# 17. Bijlage

## 17.1 Verdere informatie

### Aaltjesschema

Het aaltjesschema geeft de potentiële schade en de vermeerdering van plant-parasitaire aaltjes in een gewas weer. Daarnaast bevat de website achtergrond informatie over de biologie van de aaltjes en een handleiding voor de beheersing van plant-parasitaire aaltjes. [www.aaltjesschema.nl](http://www.aaltjesschema.nl)

### Bodemschimmelschema

Het bodemschimmelschema geeft de potentiële schade en de vermeerdering van een bodemschimmel in een gewas weer. Het bevat tevens een naslagwerk vol nuttige informatie over de levenscyclus van de schimmels en symptomen in het gewas. [www.edepot.wur.nl/377663](http://www.edepot.wur.nl/377663)

### Beheersing van bodempathogenen

De publicatie: Beheersing van bodempathogenen via bodemgezondheidsmaatregelen; Een overzicht van beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemziekten, is een nuttig en informatief naslagwerk voor een geïntegreerde aanpak van ziektes en plagen. Geproduceerd door Wageningen Research, gratis te downloaden via: [www.edepot.wur.nl/513197](http://www.edepot.wur.nl/513197)

### Micropia

Leuk en leerzaam dagje uit in het micro-organismenmuseum Micropia in Amsterdam. Een aanrader! [www.micropia.nl/nl](http://www.micropia.nl/nl)

### Soil Biodiversity Atlas

Veel informatie uit deel I van deze handleiding komt uit de Global en European Soil Biodiversity Atlassen. Deze atlassen zijn gratis te downloaden. Deze atlassen zijn gratis te downloaden. Google op: "global soil biodiversity atlas download" en "European Soil Biodiversity Atlas download". De publicaties zijn wel in het Engels met soms wat moeilijke wetenschappelijke termen, maar bordenvol informatie, prachtige foto's en leuke feitjes.

### Organische Stof: breng leven in de bodem!

De Van Iperen organische stofgids is aan te vragen via uw Van Iperen adviseur of via de website: [www.iperen.com/organischestof](http://www.iperen.com/organischestof)

### Niet kerende grondbewerking

Voor wie de Duitse taal beheerst en geïnteresseerd is in niet kerende grondbewerking is er het Duitse tijdschrift Pfluglos. [www.pfluglos.de/home](http://www.pfluglos.de/home)

### Controlled Traffic Farming

Voor wie de Engelse taal beheerst en meer wil lezen over Controlled Traffic Farming kan terecht op de website van CTF Europe: <http://controlledtrafficfarming.com>.

Een (Australisch) youtube filmpje vat het leuk samen (in het Engels): [www.youtube.com/watch?v=UHbAZivTCLo](http://www.youtube.com/watch?v=UHbAZivTCLo)

## 17.2 Begrippenlijst

### Aerobe bacteriën

Bacteriën die zuurstof nodig hebben om te overleven.

### Aminozuren

Aminozuren zijn relatief kleine moleculen die de bouwstenen vormen van grotere, meer complexe organische structuren, zoals eiwitten. Aminozuren hebben allemaal dezelfde basisstructuur (een zogenaamde carboxygroep (-COOH) en een aminegroep (-NH<sub>2</sub>) en nog een unieke restgroep waarmee ze zich van elkaar onderscheiden.

### Anaerobe bacteriën

Bacteriën die geen zuurstof nodig hebben om te overleven.

### Antagonist

Een organisme die de groei of verspreiding van een ander organisme belemmert.

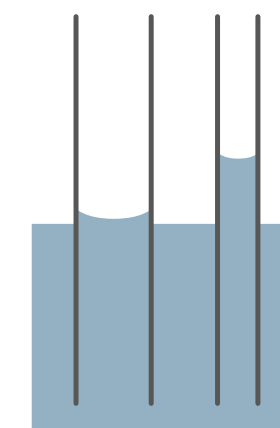
### Bodempathogenen

Ziekteverwekkende organismen in de bodem.

### Capillaire werking

De capillaire werking van de bodem betekent het optrekken van water vanuit dieper in de bodem via de kleinste poriën. Dit is een natuurkundig fenomeen. U kunt het poriënnetwerk voorstellen als nauwe buisjes. Water moleculen worden aangetrokken door de moleculen van de gronddeeltjes. Doordat de buisjes nauw zijn worden de watermoleculen als het ware omhoog getrokken. In grotere poriën (bredere buisjes) vindt deze optrekking niet of minder plaats omdat daar de zwaartekracht te hard trekt aan het water. Zie afbeelding, het water in het

grotere buisje komt minder ver omhoog, de wanden van het buisje staan te ver uit elkaar. In het nauwe buisje ziet u ook een kom vorm, waarbij in het midden van het buisje de zwaartekracht sterker trekt dan de bodemdeeltjes, maar de aantrekkingskracht van de wanden is sterk genoeg om het water omhoog te trekken, omdat de wanden dicht bij elkaar staan. Hetzelfde principe vindt plaats in een spons die zich volzuigt met water als u hem in een laagje water legt.



**Figuur 42** - Capillaire werking. De hoogte waar tot de vloeistof opgetrokken kan worden is afhankelijk van de breedte van de buisjes. Hoe nauwer het buisje, hoe hoger de vloeistof kan komen.

### Effectieve Organische Stof

De hoeveelheid organische stof die één jaar na toepassing van een organische (mest)stof nog overgebleven is in de bodem.

### Enzymen

Stoffen die ervoor zorgen dat chemische reacties kunnen plaatsvinden. Bijvoorbeeld ons speeksel en maagsap zit vol met enzymen. De enzymen binden aan het eten en zorgen ervoor dat ons eten wordt afgebroken (verteerd). Of nog een voorbeeld: bacteriën uit de stikstofkringloop scheiden enzymen uit die ervoor zorgen dat bijvoorbeeld ammonium wordt omgezet in nitraat.



## 17.2 Begrippenlijst

### Humus

Het 'eindproduct' van de vertering van organisch materiaal. Humus bestaat uit stabiele organische moleculen die nagenoeg niet meer verder afbreken, of heel erg langzaam.

### Klei-humus-complex

De oppervlaktes van klei- en humusdeeltjes hebben een negatieve lading. Hierdoor worden positief geladen elementen (bijvoorbeeld  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) aangetrokken en vastgehouden. Deze deeltjes zijn nu minder gevoelig voor uitspoeling en vormen als het ware de reservebank van de bodem. Het klei-humus-complex heeft een bepaalde capaciteit, op een bepaald moment zitten de oppervlaktes van de klei- en humusdeeltjes vol met positief geladen elementen. Elementen die er niet meer bij passen kunnen uitspoelen. Door de toevoer van organische stof, wat wordt afgebroken tot humus, wordt het humus-gedeelte van het klei-humus-complex vergroot.

### Rhizosfeer

De grond dicht rond de wortels, die onder invloed staat van wortellexudaten en micro-organismen geassocieerd met de wortels.

### Sclerotiën

Een structuur van verharde, aan elkaar vastgekitte schimmeldraden. Sclerotiën bevatten voedingsstoffen voor de schimmel waarmee de schimmel langere tijd kan overleven onder minder

gunstige omstandigheden. Kunnen verschillende vormen aannemen, bijvoorbeeld zwarte knobbeltjes (zoals bij rattenkeutelziekte) of meer plattere zwarte plekkjes zoals bij lakschurft op de aardappelknol.

### Stofwisselingsprocessen

Processen in organismen(cellen) waarbij stoffen worden afgebroken en worden opgebouwd. Bijvoorbeeld het omzetten van voedingsstoffen in energie en bouwstenen om te groeien.

### Strooisellaag

De bovenste laag van de grond waarin zich voornamelijk organisch materiaal bevindt, en relatief weinig minerale bodemdeeltjes. Bossen hebben bijvoorbeeld vaak een duidelijke permanente strooisellaag. In de akkerbouw is de strooisellaag tijdelijker, bestaande uit gewasresten.

### Suikers

Suikers zijn organische structuren, bestaande uit een reeks van koolstof (C), zuurstof (O) en waterstof (H) elementen, met daaraan vaak nog restgroepen met bijvoorbeeld stikstof (N) of andere elementen. Bij de afbraak van suikers door dieren of micro-organismen komt energie vrij voor het organisme.

### Wortellexudaten

Stoffen die plantenwortels uitscheiden. Het bodemleven kan zich hier mee voeden.

## 17.3 Illustratieverantwoording

<b>Figuur 1</b>	Anne Krediet
<b>Figuur 2</b>	Anne Krediet (links) en Dick Belgers (rechts)
<b>Figuur 3</b>	Anne Krediet (links) en Maries Elemans (rechts)
<b>Figuur 4</b>	Andy Murray (niet de tennisspeler)
<b>Figuur 5</b>	H. van Megen, H. Helder en J.G.Baldwin in de Global Soil Biodiversity Atlas (A) en Marian Buschman, HLB (B-D) Eye of Science, in de European Soil Biodiversity Atlas.
<b>Figuur 6</b>	Maries Elemans (links) en Anne Krediet (rechts)
<b>Figuur 7</b>	Joeke Postma
<b>Figuur 10</b>	Y. Tambe
<b>Figuur 13</b>	Stefan Geisen
<b>Figuur 15</b>	Pieter Struyk (links) Marianne Hoogmoed (rechts)
<b>Figuur 17</b>	Marianne Hoogmoed
<b>Figuur 18</b>	R. Neilson in de European Soil Biodiversity Atlas
<b>Figuur 20</b>	Maries Elemans
<b>Figuur 23</b>	USDA-NRCS
<b>Figuur 24</b>	Randy Wilbrink (boven) en Koeckhoven.net BV (onder)
<b>Figuur 26</b>	Ruud van de Munckhof
<b>Figuur 28</b>	Pieter Struyk
<b>Figuur 33</b>	Marleen Zanen
<b>Figuur 40</b>	

## Groeispecialist

Al generaties lang zorgt Van Iperen als Nederlands familiebedrijf samen met haar klanten voor de groei van gezonde én renderende gewassen.

Onze adviseurs hebben ruime kennis en ervaring. Zijn begeleiden onze klanten bij een geïntegreerde systeemaanpak voor het voeden, versterken en beschermen van hun gewassen. In deze aanpak is de bodem een belangrijke stap.

Voor meer informatie kunt u terecht bij één van onze bodemspecialisten:

**Jan Pieter Bijnagte, Rens de Bruijkere  
of Christiaan Maljaars**

+31 (0)186 57 88 88



Van Iperen BV

☎ +31 (0)186 57 88 88

✉ [info@iperen.com](mailto:info@iperen.com)

🌐 [www.iperen.com](http://www.iperen.com)