

# Voedingsstoffen en structuur



Veel eigenschappen van een bodem zijn al te zien aan de wei, de akker of het gewas. En hoe een akker of wei erbij ligt, zegt ook iets over de structuur, de doorluchting en de omstandigheden voor de groei van het gewas. Structuur en chemie in een bodem zijn maatgevend voor de groeiomstandigheden.

▲ Een graangewas heeft een intensieve wortelmasse die bodemopbouwend werkt en gunstig is voor voedingsstoffen en structuur in de volgende jaren.

Alvorens in te gaan op de chemie van de bodem eerst wat basisinformatie over de textuur van grondsoorten. De grondsoort zelf is een bepalende factor in de bodemchemie, als medium en als leverancier van voedingsstoffen.

Wanneer je verschillende grondsoorten in de hand neemt, zullen ze heel verschillend aanvoelen. Dit is het gevolg van de

deeltjes waaruit een bodem bestaat: zand, leem of silt, en klei (lutum). Deze zogenoemde textuur is cruciaal voor de eigenschappen van de bodem en zal niet zomaar veranderen. Bij de beoordeling van bodems in het veld kijk je ook naar de textuur van de verschillende lagen in de bodem. Die is bepalend voor de eigenschappen van die bodem.

Controleer percelen op structuursignalen. Waterstagnatie zegt iets over de bodemstructuur. Zelfs bij hevige regenbuien mag water niet langer dan enkele uren blijven staan. ▼



## Zand

In zand zijn de korrels met het blote oog goed te zien (korrelgrootte 50–2000  $\mu\text{m}$ ). Zand houdt relatief weinig vocht vast, doordat het oppervlak gering is ten opzichte van het volume. De grote korrels veroorzaken poriën die nuttig zijn voor de waterafvoer. Zand geeft de bodem wel stevigheid, maar bevat geen voedingsstoffen voor de plant.

## Silt en leem

Op kleigronden spreek je van silt (korrelgrootte 2–50  $\mu\text{m}$ ), op zand- en lössgronden van leem (korrelgrootte < 50  $\mu\text{m}$ ). De deeltjes zijn onzichtbaar voor het blote oog. Door de kleine poriën wordt veel water vastgehouden, maar voedingsstoffen nauwelijks. Silt plakt niet tussen de vingers, maar leem vaak wel, omdat deze ook klei bevat. De fijne deeltjes kunnen aan elkaar kitten. Dit

leidt gemakkelijk tot verdichting in de bodem en aan het oppervlak (slemp).

## Zavel en klei

Droge klei bestaat vaak uit harde brokstukken. De kleideeltjes (lutum) zijn kleiner dan 2  $\mu\text{m}$ . De deeltjes kunnen heel veel water en ook voedingsstoffen vasthouden maar niet al dat water kan door de plant opgenomen worden. Een zavelgrond bevat 8 tot 25 procent klei. Bevat de grond meer klei dan spreken we van een kleigrond. Doordat water en lucht zich slechts langzaam door deze grondsoort kunnen verplaatsen, kan makkelijk luchtgebrek optreden. Door de trage veranderingen kunnen gewassen op kleigronden ook zuiniger met water omgaan wanneer het droger wordt en komen hierdoor niet zo snel in de problemen. Sommige klei kan sterk zwellen en krimpen.

*Het verschil tussen zand, klei en zavel kun je goed voelen. Wrijf natte grond tussen duim en wijsvinger. Zand voelt korrelig en valt uiteen, klei is glad en glimt, en zavel voelt glad met wat korrels.*



## Praktische beoordeling van grondsoorten

	Zand	Leem (löss)	Zavel	Klei
<b>Korrels zichtbaar</b>	Ja	Enkele	Ja	Nee
<b>Stabiliteit droge kluiten</b>	Geen kluitvorming	Makkelijk te breken	Groot	Groot, hard en compact
<b>Stabiliteit natte kluiten</b>	Onstabiel	Matig stabiel	Stabiel	Heel stabiel
<b>Vorming tussen vingers</b>	Vormt niet	Vormt niet	Dun en breekbaar	Heel lang lint en flexibel

*Naar Brady and Weil, 1996*

## Chemie in de bodem: hoofdelementen

Optimale benutting van voedingsstoffen uit bronnen als meststoffen en nalevering van de bodem is belangrijk. Beperk hiernaast de verliezen, vooral van voedingsstoffen als stikstof en fosfor. De mestwetgeving legt het gebruik van meststoffen steeds meer aan banden.

*Tekort aan stikstof. Een foutje in de mestgift kan de oorzaak zijn, of de beschikbaarheid in de bodem laat te wensen over. Andere oorzaken zijn verlies via uitspoeling of vervluchtiging. Gelukkig zijn er ook veel mogelijkheden om tekorten aan te vullen. ▼*



### Stikstof

Stikstof is een belangrijke voedingsstof voor de plant: het is een onderdeel van eiwit en is hierdoor essentieel voor de groei. Continu aanvullen is noodzaak op landbouwpercelen. Stikstof komt beschikbaar voor de plant bij afbraak van organische stof in de grond (mineralisatie). En ook bij de afbraak van vlinderbloemigen, uit organisch mest of compost en uit meststoffen. De stikstof uit meststoffen is snel beschikbaar. De stikstof uit de andere bronnen is meestal gekoppeld aan koolstof en moet eerst vrijkomen. Hoe snel dit gebeurt, is vooral afhankelijk van de temperatuur en het vochtgehalte van de grond. Stikstofgebrek uit zich in een lagere gewasopbrengst en in het algemeen een lichte kleur van het blad. Een overmaat aan stikstof maakt de plant gevoeliger voor ziekten, vooral voor schimmelziekten en vroegtijdige legering bij granen.

*Fosforgebrek in maïs. De groei blijft achter en planten kleuren donker. Bij ernstig gebrek worden ze rood of paars. Dit kan duiden op een lage fosforvoorziening of een slechte beschikbaarheid door een slechte bodemstructuur of kou. In dit geval is het met name te wijten aan kou, bij warmer weer verdwijnt de kleur. ►*

### Fosfor

Fosfor is essentieel voor een goede groei. Het maakt onderdeel uit van de zogenoemde kerneiwitten en speelt een rol bij de ademhaling van de plant. Fosfor komt beschikbaar voor de plant door afbraak van organische stof, uit organische mest en uit meststoffen. Bij het vrijkomen van fosfaat spelen temperatuur en vochtgehalte een rol, net als bij stikstof. Stikstof komt met het opgenomen water in de plant. Fosfaat lost daarentegen slecht op in water en is hierdoor immobiel. Fosfaat wordt ook sterk gebonden aan ijzer en calcium. De wortels creëren een licht zuur milieu om zich heen, waarin fosforverbindingen worden afgebroken. De wortels moeten naar de vrijgekomen fosfaat toegroeien. Dat maakt de bodemstructuur voor deze voedingsstof nog belangrijker dan bij stikstof.





## Gebreksverschijnselen van enkele voedingsstoffen

Gebrek	Verschuifing
Stikstof	Egale lichte kleur in oude blad, bij koude soms met rode tint
Fosfor	Donker blad, ook rood of paars
Kalium	Bruine randen
Magnesium	Lichte kleur tussen nerven, vooral ouder blad
Zwavel	Egale lichte kleur in jonge blad
Mangaan	Lichte kleur tussen nerven, vooral jonger blad
Borium	Voet jongste blad verkleurt
Zink	Klein blad dat deels afsterft
Molybdeen	Bruine randen
Koper	Lichte kleur
Calcium	Top jongste blad sterft af
Silicium	Slap gewas, gevoelig voor ziekten

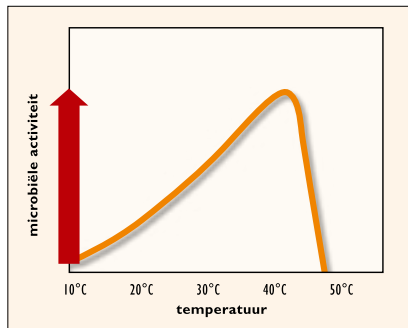


◀ Kaliumgebrek in tarwe. Bij veel gewassen uit ernstig kaliumgebrek zich in bruine punten aan de bladeren. Ook voordat dit gebeurt, kan er al sprake zijn van kaliumgebrek.

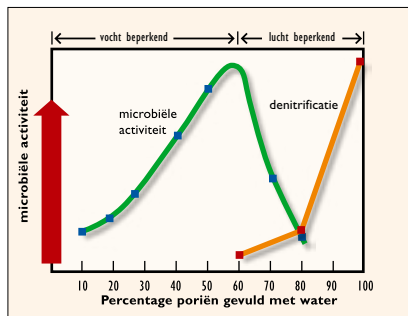
## Kalium

Voor het gewas speelt kalium een belangrijke rol bij de vochtthuishouding, weerstand van het gewas tegen plantenziekten en producteigenschappen, zoals smaak en houdbaarheid. Kalium is in opgeloste vorm aanwezig in de grond en kan uitspoelen, vooral op zandgronden.

Ook komt het gebonden aan klei en humus voor. Vooral jonge kleigronden bevatten mineralen waaruit kalium kan vrijkomen. Door de verminderde mestgiften van de laatste jaren zijn vaker kaliumtekorten te verwachten, vooral bij veel maaien en in de maaiestelt.



◀ De temperatuur heeft een sterke invloed op vrijmaking van stikstof. Stikstofgebrek in het voorjaar is vaak te wijten aan een te lage bodemtemperatuur. De bodemtemperatuur in de bouwvoor loopt bij benadering vijf dagen achter bij de gemiddelde etmaaltemperatuur.



◀ Droogte leidt tot tragere groei. De plant heeft echter niet alleen gebrek aan vocht, maar ook aan stikstof. Stikstof komt niet vrij bij droogte en stroomt maar mondjesmaat met het bodemwater mee naar de plant. Wacht daarom eerst tot het gaat regenen, dan komt de stikstof in veel gevallen vanzelf vrij. Bij te natte omstandigheden komt door luchtgebrek niet alleen weinig stikstof vrij, maar gaat het ook door bacteriële omzettingen verloren als stikstofgas (denitrificatie).

## Zwavel, magnesium en sporenelementen

### Zwavel

Door de afgenomen luchtverontreiniging in de laatste jaren is de neerslag van zwavel op landbouwgronden ook afgenomen en is zwavelgebrek van gewassen een nieuw fenomeen. Zwavel is een essentieel onderdeel voor de eiwitvorming en daarmee voor de groei. Zwavelgebrek uit zich in een egaal lichte kleur van de plant, zoals bij stikstofgebrek. Bij zwavelgebrek kan het jonge blad wat lichter zijn en bij stikstofgebrek het oudere blad. Zwavelgebrek komt vooral voor bij zwavelbehoefte gewassen, zoals koolsoorten. Ook gewassen zoals wintertarwe en gras die vroeg in het voorjaar al gaan groeien kunnen zwavelgebrek vertonen. Dit komt omdat de mineralisatie vroeg in

*Zwavelgebrek in koolzaad. Vooral koolsoorten, maar ook tarwe en gras kunnen zwavelgebrek vertonen. Een lichte kleur is het kenmerk. Het onderscheid met stikstofgebrek is dat bij zwavelgebrek het jonge blad verkleurt en bij stikstof het oude blad. ▼*



het voorjaar nog onvoldoende op gang is. Bij de meeste andere gewassen kan de zwavel die vrijkomt uit mineralisatie wel in de behoefte voorzien. Zwavel komt vrij bij de afbraak van organische stof, uit organische en minerale meststoffen en uit de lucht. De opname vindt vooral plaats in sulfaatvorm. Het grootste risico op tekorten vinden we op de lichtere, uitspoelingsgevoelige gronden.

### Magnesium

Magnesium is in de plant een onderdeel van het bladgroen en bij gebrek wordt de plant dan ook bleek. Magnesium bindt zich goed aan humus en klei in de grond, maar bij veel neerslag spoelt het toch uit. Op zandgronden meer dan op kleigronden.



den. Organische en minerale mest zijn de bron van magnesium. Zorg bij magnesium voor een goede pH-waarde en een niet te hoge beschikbaarheid van kalium.

### Sporenelementen

Sporenelementen zijn in geringe hoeveelheden nodig, maar daarom niet minder belangrijk. Bij gebruik van organische mest en een goede zuurgraad komen gebreken weinig voor. Door het afnemende gebruik van minerale meststoffen, is ook de aanvoer van sporenelementen afgenomen. Er kunnen gebreksverschijnselen optreden als minerale mest de hoofdmeststof is. Maar ook wanneer er gedurende lange tijd te veel organische mest werd gebruikt en het fosfaatgehalte tot grote hoogte gestegen is, kan de opname en verwerking van koper, zink en mangaan een probleem worden. Gebreksverschijnselen van sporenelementen zijn vaak niet goed te herkennen. Een bodemanalyse kan helpen om een gebrek op het spoor te komen. Zorg steeds voor voldoende aanvoer via meststoffen en een goede pH-waarde.

◀ *Magnesiumgebrek in aardappel, te herkennen aan de lichte kleur tussen de nerven van oudere bladeren en bij ernstig gebrek bruine bladpunten. Magnesiumgebrek lijkt op mangaangebrek, maar daarbij treden de verschijnselen juist bij het jonge blad op.*

## Koper

Kopergebrek treedt vooral op bij granen. Haver heeft te lijden van kopergebrek en de veenkoloniale haverziekte is hiernaar vernoemd. Naast een lichte kleur van het blad zijn ook de dode bladpunten kenmerkend. Kopergebrek is typisch voor zandgronden. Door koperrijke varkensmest kwamen in het verleden op deze gronden nogal eens hoge kopergehalten voor. De daaruit voortvloeiende kopervergiftiging van schapen zie je echter weinig meer.

## Borium

Boriumgebrek komt vooral voor bij bieten (hartrot), maïs en luzerne. Ook komt

boriumgebrek relatief veel voor bij vlinderbloemigen (net als molybdeengebrek). Groentegewassen hebben in het algemeen heel weinig borium nodig. Tekorten worden hier veel minder aangetroffen. Ook boriumgebrek is vooral op zandgronden te vinden.

## Zink

Zinkgebrek komt in de landbouw weinig voor. Maïs, tuinbonen en andijvie zijn er het meest gevoelig voor en laten dan lichtgekleurde brede banen over het blad zien. In de fruitteelt is zinkgebrek vaker aan de orde, vooral op gronden met hoge fosfaatgehalten. De nieuw gevormde twijgen groeien niet door.

## Mangaan

Mangaangebrek is meestal te herkennen aan een lichtere kleur tussen de nerven van het blad. Juist bij het jonge blad is dit zichtbaar en niet bij het oudere, zoals bij magnesiumgebrek. In de tuinbouw zie je het veel bij bladgroenten in het voorjaar. Ook aardappelen zijn gevoelig voor mangaangebrek. Regelmatig bespuiten met bladmeststof geeft een beter effect dan een bodembemesting: bij hogere pH's in de bodem is mangaan zeer slecht beschikbaar voor opname door de plant.

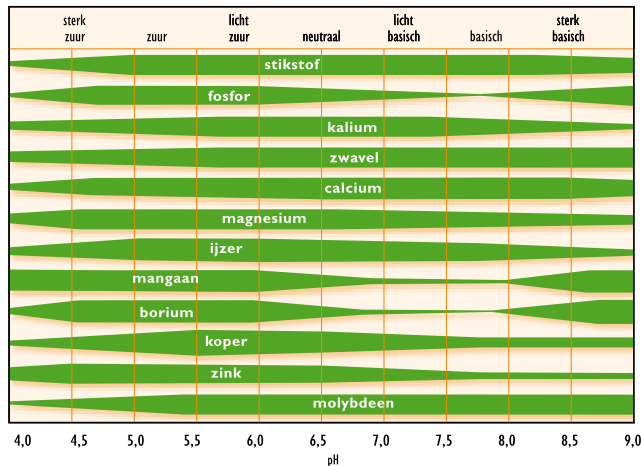
## Silicium

Gebrek aan silicium geeft een slap gewas. Dit speelt vooral bij granen en grassen. Ook de aantasting door schimmelziekten wordt sterker bij te weinig silicium. Hoewel een zandgrond bijna puur uit siliciumhoudende kiezel bestaat, bevatten kleigronden toch de meeste mineralen waar silicium ook uit kan vrijkomen. Bij deze vrijmaking speelt het bodemleven een essentiële rol.

## Ook voor mens en dier

Sommige sporenelementen zijn niet alleen belangrijk voor de plant, maar ook voor mensen en dieren. Zo kan kopergebrek ook bij vee optreden. Een symptoom is de zogenaamde koperbril of een lichtere haarkleur. Kobalt is bij koeien belangrijk voor de pensvertering. Zink onder meer voor stofwisseling en voortplanting. Een gebrek kan ook huidafwijkingen veroorzaken.

## Relatie beschikbaarheid voedingsstoffen en pH



▲ Boriumgebrek komt vooral voor op lichte zandgronden en in zeer droge perioden. Het uit zich vooral door verkleuring van het jongste blad.



◀ Mangaangebrek in tarwe. De lichte kleur tussen de nerven treedt het eerste op bij het jongere blad.

## Organische stof

De meeste gronden bevatten voor 2 tot 5 procent organische stof. Dit bestaat grotendeels uit afgestorven materiaal en voor gemiddeld 15 procent levende organismen. Afbraak van organische stof is een continu proces. Een deel ervan wordt omgezet in kooldioxide, water en voedingsstoffen. Een ander deel in meer stabiele, moeilijker afbreekbare verbindingen.

Het afbraakproduct is afhankelijk van de koolstofverbindingen en de koolstof-stikstofverhouding in de organische stof. De eigenschappen van het afbraakproduct zijn afhankelijk van de koolstofverbindingen en de koolstof-stikstofverhouding (C/N) in de organische stof. Grofweg is organische stof in

*Een graangewas laat veel resten na. Deze resten vormen een koolstofrijke bron van organische stof voor de bodem. ▼*



drie groepen te onderscheiden: makkelijk afbreekbare, matig stabiele en zeer stabiele organische stof. Ze hebben alle drie een eigen functie voor een vruchtbare bodem.

### Aanvoer en afbraak

Stel, een organischestofgehalte in de bodem op bouwland is 3 procent. Jaarlijks wordt 2 tot 4 procent van de aanwezige organische stof afgebroken. Dit moet je dus weer aanvullen. Organische stof uit aangevoerde mest en gewasresten die binnen een jaar verteert, levert voedingsstoffen en voedt het bodemleven. Deze stof draagt echter niet bij aan de opbouw van organische stof in de bodem.

### Bewerking versnelt afbraak

Bodembewerking heeft een ongunstige invloed op het organischestofgehalte. Blootstellen van organische stof aan zuurstof versnelt de afbraak. Het organischestofgehalte neemt dus af. Ondiep ploegen zorgt bijvoorbeeld voor relatief hoge concentraties organische stof in de bouwvoor. Deze organische stof wordt minder verdund met grond uit diepere lagen. Een hoger organischestofgehalte in de bouwvoor is het gevolg.



*▲ Gewasresten van groenten bevatten vaak weinig drage stof. Ze dragen slechts in geringe mate bij aan de organische stof, ondanks de grote hoeveelheden die op het land kunnen achterblijven.*

*Meng organisch materiaal goed met de grond nadat je het hebt toegediend. Dan kunnen bodemorganismen het materiaal snel omzetten en kunnen de plantenwortels goed bij de vrijkomende mineralen komen. Breng geen grote plakken mest op, maar zorg voor een fijne verdeling tot een diepte van 20 cm. ▼*





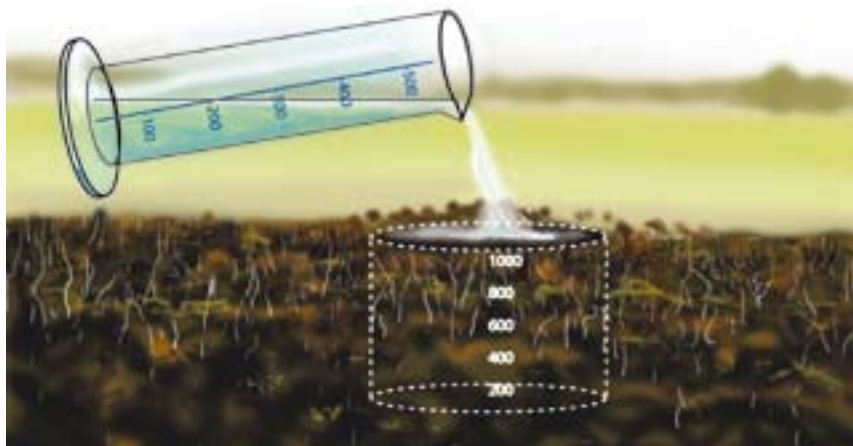
## Hoge C/N-verhouding

Verse materialen met een hoge C/N-verhouding (> 30 dus veel koolstof en weinig stikstof) kunnen stikstof tijdelijk vastleggen na aanwending op een perceel. Vooral stro heeft een hoge C/N-verhouding. Het uitrijden van stikstofrijke drijfmest in combinatie met koolstofrijk stro zorgt voor het vastleggen van N uit het stro in de organische stof. Organisch materiaal met een relatief hoge C/N-verhouding blijft lang in de bodem aanwezig. Denk aan wortelresten van graan en gras. Organisch materiaal met een lage C/N-verhouding verteert makkelijk, zoals kippenmest, groenbesters en drijfmest. Composteren verlaagt de C/N-verhouding doordat koolstof bij dit proces vervluchtigt. Het materiaal wordt

door het composteren wel stabiel - de makkelijk verteerbare delen zijn reeds verteerd - en is daarom ondanks de lage C/N-verhouding toch sterk organische-stofopbouwend.

## Betere bodemstructuur

Sterk structuurverbeterende organische materialen zijn: wortels van planten, groenbesters, vaste mest en compost. Wortels van planten worden in de bodem omgezet in onder meer organische stof. Ook zorgen de achterblijvende wortelgangen voor een betere vocht- en luchthuishouding. Zo dragen intensief wortelende gewassen sterk bij aan de structuuropbouw van een grond. Dit zijn vooral granen en grassen.



## Eigenschappen van organische stof

### Makkelijk afbreekbaar

- Levert snel plantenvoedingsstoffen.
- Draagt bij aan de ontwikkeling van het bodemleven.
- Verbetert de bodemstructuur door bijvoorbeeld slijmstoffen van bacteriën en gangen van wormen.
- Bij veel gemakkelijk verteerbaar organisch materiaal in een dichte grond kans op luchtgebrek.

### Matig stabiel

- Geleidelijke voeding voor bodemleven en plant door het hele groeiseizoen.
- Veroorzaakt vaak een gevarieerd bodemleven.
- Weinig kans op anaërobe plekken (luchtgebrek).
- Verbetert de bodemstructuur door samenhang van organische stof met minerale delen.

### Zeer stabiel

- Houdt vocht vast.
- Houdt voedingsstoffen vast, vooral kalium en sporenelementen.
- Verbetert de bodemstructuur door een stabiele samenhang van organische stof en minerale delen.

◀ Het waterbergend vermogen van een bodem kan toenemen door de organische stof in deze bodem. Bodemdeeltjes zijn als kiezelstenen, de organische stof werkt als een spons. Eén liter humus kan 500 ml water opnemen. Een deel van dit water is echter niet opneembaar voor planten.





▲ Pak eens een loepje om de invloed van het bodemleven op de bodemstructuur te beoordelen. Zo worden poriën en ook schimmeldraden zichtbaar.

De ronde aggregaten van deze grond vormen een gunstige structuur. Het indringen van lucht en warmte verloopt makkelijk, evenals het vasthouden en afvoeren van overtollig water. ►

## Doorluchting

Planten eisen bereikbare voedingsstoffen en voldoende vocht en lucht in de bodem. Bij een verdichte grond blijft de groei van gewassen daarom snel achter. Is dit alleen plaatselijk het geval, bijvoorbeeld in een trekkerspoor of op een kopakker, dan valt dat op. Dat een heel perceel geen optimale structuur heeft, is lastiger waar te nemen. Blijf dus alert, ook op het grotere geheel.

Op grond met stabiele bodemstructuur kun je veel meer doen dan op grond met een wankale structuur. In het laatste geval zakt een bewerkte bodem na een flinke regenbui in. Aan het oppervlak

leidt dit tot verslemping: de bodem zit dicht, de luchtverversing in de grond stopt, de wortels krijgen onvoldoende zuurstof en kunnen daardoor minder voedingsstoffen opnemen.

## Aggregaten

Samenhangende bodemdeeltjes die met organisch materiaal een stabiele structuur vormen, worden ook wel aggregaten genoemd. De ontwikkeling van aggregaten hangt af van kitstoffen van bodemorganismen, zoals bacteriën die allerlei stoffen uitscheiden. Die laten bodemdeeltjes samenklonteren. Regenwormen mengen en eten grond en organisch

materiaal. Dit scheiden ze weer uit met kitstoffen. Schimmels kunnen met name na toediening van organisch materiaal lange draden (hyphen) vormen, die als bundels door de bodem lopen en zo een verkittende werking hebben.

Nog niet verteerde wortelresten kunnen de bodemstructuur tijdelijk verstevigen. Klei en humus geven stabiliteit aan de structuur door zogenoemde klei-humuscomplexen. De stabiliteit is hoger wanneer de grond meer calcium en minder magnesium, kalium en natrium bevat.

*Deze scherpblokkige aggregaten zijn niet doorworteld. Dit duidt op een slechte, compacte bodemstructuur. In een stabiele structuur zijn minerale en organische deeltjes sterk aan elkaar verbonden met ertussen poriën. ▼*





▲ Een woelpoot heeft de grond losgemaakt en zuurstof in de grond gebracht. De beworteling eromheen is aanzienlijk toegenomen.

### Zuurstof

Zuurstof in de grond is nodig voor de levensprocessen in wortels. De kooldioxide die hierbij vrijkomt, moet weer worden afgevoerd. Niet alleen het zuurstofgehalte van de grond is belangrijk, maar vooral de snelheid waarmee dit wordt aangevoerd. Dit kan alleen als de poriën in de bodem in verbinding staan met de buitenlucht. Werk dus aan grond met een kruimelige structuur en een voldoende hoog organischestofgehalte. Schoffel slempgevoelige gronden regelmatig open. Grond met minder water en meer lucht warmt in het voorjaar sneller op. Dat helpt om de mineralisatie op gang te krijgen.

Geconserveerde groenbemester na één jaar. In dit geval is de groenbemester te diep weggelegd en in een anaërobe omgeving terechtgekomen. Rotting is het gevolg. ▼



### Wat is hier aan de hand?



De blauwkleuring rond de mestresten geeft aan dat hier zuurstofgebrek heerst. De mestresten liggen te rotten zonder dat het gewas ervan profiteert.



De Imants-schudbeluchter wordt gewoonlijk ingezet op sportvelden. In proeven blijkt het apparaat ook goede resultaten te geven op grasland. De schudbeluchter breekt de verdichte grond en brengt lucht in de grond. De worteldiepte neemt toe en de verdichting verdwijnt. Ook de graslandwoeler van Agro-Evers geeft goede resultaten.



## Beworteling



▲ De dikke wortels van ui blijven ondiep en vragen grote poriën.

Wortels moeten water en voedingsstoffen kunnen opnemen. Vooral voor het laatste hebben ze energie nodig. De wortel krijgt deze energie uit de bovengrondse delen van de plant, in de vorm van koolhydraten. De zuurstof die nodig is voor de verbranding, moet juist weer uit de bodem komen.

Wortels scheiden wortelsappen af (exudaten). Deze sappen bestaan uit koolhydraten, eiwitten en suikers en vormen een laagje rond de wortels waar zich het bodemleven en met name vele soorten micro-organismen kunnen voeden.

*Gras wortelt intensief en produceert veel organische stof. Voor de veehouder de basis van de bodemvruchtbaarheid. Voor akkerbouwer en tuinder is gras onmisbaar als bodemverbeteraar. ▼*



## Groeiruimte

De poriën in de bodem geven wortels de ruimte om te groeien. Sommige plantenwortels (zonnebloemen, vlas, klaver) hebben poriën van 0,3 tot 0,5 mm nodig. Andere gewassen (ui en prei) hebben dikkere wortels en hebben dus grotere poriën nodig.

Wortels kunnen kleine poriën (0,2 mm) ingroeien en deze vergroten. Hierbij kan een druk ontstaan van 5 tot 24 atmosfeer! Aan de verdikking van een wortel,

waar deze vaak ringen vertoont, kun je zien dat hij bodemweerstand heeft ondervonden.

Een bodem moet voldoende poriën hebben, anders groeien er geen wortels. Het bodemleven draagt bij aan de vorming van de poriën. Zo vind je in wormengangen vaak strengen van wortels. Wortels kunnen verdichte grond of storende lagen niet opheffen. Wel kunnen ze profiteren van ruimte die ontstaat wanneer de vaste laag bij droogte krimpt.

## Bodemstructuur bepaalt de wortelgroei

*Bodemstructuur met weinig poriën, dus weinig of geen wortelgroei. ▼*



*Bodemstructuur met veel poriën. Hier groeien de wortels ongestoord. ▼*





## Vocht en voedingsstoffen

Wanneer de grond droger wordt, verlopen de wateropname en de opname van voedingsstoffen moeilijker. Stikstof, fosfor en de zuurgraad hebben veel invloed op de wortelontwikkeling. Wanneer in diepere lagen van de bodem meer stikstof, fosfor of kalk aanwezig is, bijvoorbeeld stikstof in de veenlaag bij klei op veen, dan hebben de wortels van planten de neiging zich daar te ontwikkelen.

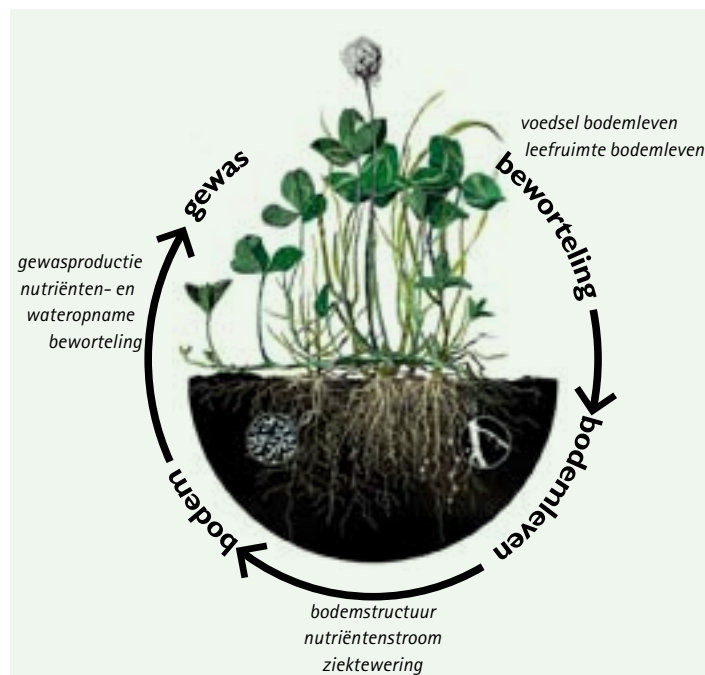
Dit verklaart ook waarom goede gronden gewoonlijk ook diep doorwortelbaar zijn en daarmee minder gevoelig voor uitspoeling. Planten kunnen bij tekorten in de bovengrond uitwijken naar de ondergrond.

Een storende laag belemmert de wortelontwikkeling. De bieten links staan op een oogstspoor van de aardappelen van het vorige jaar. De bieten rechts staan naast het spoor. ▼



▲ Tarwe heeft een intensief wortelstelsel dat direct aan de oppervlakte de breedte ingaat en vervolgens diepere lagen opzoekt.

Suikerbiet heeft twee groepen wortels: meer oppervlakkige uit de biet en meer naar de ondergrond gerichte uit de wortel. ▼



## Wortels maken de bodem

Gewas, beworteling, bodemleven en bodem vormen samen een cyclus. Wortels groeien en sterven weer af. Een continu proces, waarbij veel organisch materiaal wordt gevormd. Het bodemleven zet dit materiaal weer om tot voeding voor de plantengroei en maakt ruimte om wortels te laten groeien. In een goede graszode kan per hectare wel 4.500 kg per jaar aan wortelmassa groeien. Dat is echter niet allemaal stabiele organische stof.

Ieder gewas heeft een eigen type wortelstelsel en stelt eigen eisen aan de bodem. Granen en grassen hebben wortelstelsels met veel fijne wortels, die overal in doordringen. Deze gewassen leveren zo bij uitstek een bijdrage aan de bodemvruchtbaarheid. Andere gewassen als ui, aardappel en spinazie hebben een relatief klein wortelstelsel. Hun bijdrage aan de bodemopbouw is daarom geringer. Het wortelstelsel van speciale gewassen als luzerne is sterk naar beneden gericht. Door de verdikking van hun wortels kunnen ze de structuur en ontsluiting van de ondergrond sterk verbeteren.

## Draagkracht

De draagkracht of het draagvermogen van een bodem wordt vooral bepaald door de dichtheid van de grond, de vochttoestand en de aard van bijvoorbeeld een graszode. Bij een hoge grondwaterstand, veel water in de bodem dus, neemt de draagkracht af. Een oude, dichte zode heeft een grotere draagkracht dan een jong ingezaaide grasmat. Bij een groot klaveraandeel kan de draagkracht merkbaar afnemen. Als de top laag van een bodem na berijden of beweiding tekenen van insporing of vervorming laten zien, is er sprake van een geringe draagkracht.

*Door met vaste rijpaden te werken spaar je de bodemstructuur in het tussenliggende bed. Tegelijk krijg je in het spoor een betere draagkracht. Dit zorgt voor een betere trekkracht en minder energiegebruik. De gewasontwikkeling tussen de rijpaden verbetert aanzienlijk: vooral bij snelgroeiende gewassen als spinazie al snel 5% méér opbrengst. ►*



Een goede draagkracht wil nog wel eens in conflict zijn met een goede bodemstructuur: een bodem die veel organische stof en poriën bevat, kun je gemakkelijk dichtrijden. Door een goede structuur neemt het volumegewicht van de bodem af, wat de draagkracht vermindert.

### Grondbewerking slim plannen

Voorkom te vroeg berijden in het voorjaar en te laat berijden in het najaar. Dan is de bodem nat en is de draagkracht beperkt. In het voorjaar wordt vaak te vroeg gereden. In het najaar is de boven-

laag soms nat, maar kan de onderlaag nog veel hebben.

### Zware machines afstemmen op bodem

Doordat landbouwmachines steeds zwaarder worden, neemt de druk op de bodem toe. Dit vraagt om een goede draagkracht. De maximale bandendruk is normaal 0,8 bar gedurende het seizoen en in het voorjaar 0,4 bar. Een groot aantal voertuigen (met name de transportvoertuigen voor de oogst of mest) heeft een te hoge bodemdruk.

*Egaliseren voorkomt plasvorming in de laagten. Wanneer dit de bouwvoor te veel verschraalt, is oppervlaktedrainage (greppels frezen) een betere techniek. ▼*



## Verbeter de draagkracht

- Zorg voor een diepere ontwatering gedurende het groeiseizoen.
- Creëer een dichtere zode. Beweiding stimuleert het gras tot uitstoelen, waardoor een dichtere zode ontstaat. Standweiden heeft een groter effect dan omweiden.
- Verlaag het organischestofgehalte van een venige toplaag (vooral bij diepe ontwatering) door diepploegen, mengwoelen en bezanding.

Ondiepe veengronden en humeuze tot venige zandgronden krijgen een betere draagkracht bij verlaging van het organischestofgehalte tot minder dan 8 procent. Dit kan door kerend te diepploegen of te mengwoelen. De ploegdiepte bedraagt hierbij anderhalf keer de dikte van de humeuze of venige laag. Bereid bezanden en diepploegen echter per situatie zeer zorgvuldig voor, want er worden veel fouten mee gemaakt.



### Met de sloot zakt de grond

De draagkracht van veengronden laat vaak te wensen over. Verlaging van het slootpeil is geen oplossing. Door mineralisatie van het veen zakt de grond namelijk verder weg. Diepere veengronden kun je bezanden. Een zanddek van 7-10 cm kan de draagkracht aanzienlijk verbeteren.



▲ Rupsbanden vergroten het contactoppervlak met de bodem en verminderen zo de druk op de bodem.

Grond  
begrip

## Kun je oogsten na de regen?



Na regen is de bovengrond te nat om te oogsten, maar de ondergrond kan nog droog genoeg zijn. Wacht je, dan is de kans groot dat ook de ondergrond te vochtig wordt om de machines te dragen zonder bodemschade. En dan ben je dus verder van huis. Het is een dilemma. De bodemconditie tijdens en vlak na de oogst heeft gevolgen tot ver in het volgende jaar. Voorkom plasvorming na de oogst door de sporen van oogstwagens en rooimachine direct na de oogst goed los te maken met een woelpoot, zodat de bodem kan herstellen. Waar water is, is immers geen zuurstof en staan de bodemprocessen stil.