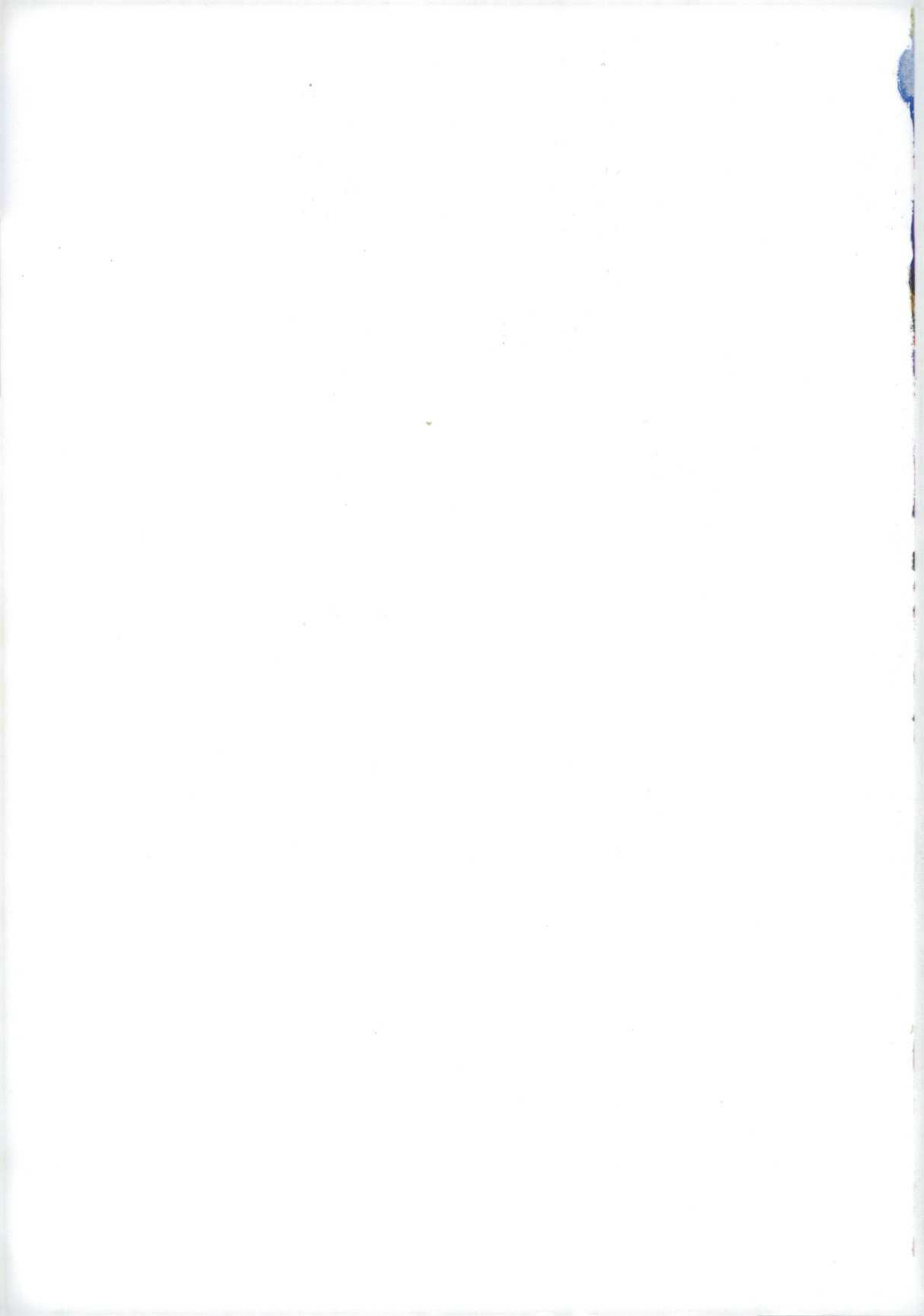


Koopmans

TESTKIT BODEM KWALITEIT

Ondersteuning
van duurzaam
bodembeheer

duurzaam
bodem
beheer



TESTKIT BODEM KWALITEIT

Ondersteuning van duurzaam bodembeheer

C.J. Koopmans en L. Brands (eds.)

Met bijdragen en medewerking van:

J. G. Bokhorst, E. Heeres, G.J. van den Burgt (LBI)
M. Boer, R. Joldersma, H. Kloen, (CLM)
M. C. Hanegraaf, M. J.G. De Haas (NMI)
G. J. M. Oomen

duurzaam
bodem
beheer

© Louis Bolk Instituut

Hoofdstraat 24
NL-3972 LA Driebergen
Telefoon (0343) 52 38 60
Fax (0343) 51 56 11
E-mail: info@louisbolk.nl
www.louisbolk.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in het project 'Duurzaam Bodembeheer, ontwikkeling van instrumenten voor duurzaam bodembeheer in relatie tot Minas' en mogelijk gemaakt door financiële ondersteuning van het Ministerie van LNV en het ministerie van VROM.

Deze publicatie is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid samengesteld. Het Louis Bolk Instituut stelt zich echter niet aansprakelijk voor schade als gevolg van het gebruik van informatie uit deze publicatie.

Samenstelling en teksten:

Louis Bolk Instituut (LBI) in samenwerking met Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) en Nutriënten Management Instituut (NMI)

Foto's: Anna de Weerd (LBI), Martijn Stam, GAW (cover)

Vormgeving: Fingerprint, Driebergen

Opmaak: Stip Grafische Productie, Driebergen

Financier: Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV)

Voorwoord

De invoering van het Mineralenaangiftesysteem (MINAS), het gewasbeschermingsbeleid en de mestafzetcontracten maken dat agrariërs steeds zorgvuldiger om moeten gaan met het gebruik van externe inputs. Voor een duurzame agrarische productie komt de bodem daardoor meer in zicht als belangrijke productiefactor. Dit roept vragen op: Wat gebeurt er in de bodem en hoe kunnen we dat beïnvloeden? Hoe kunnen we duurzaam produceren en onze grond goed beheren? Kennis over bodem- en bodemkwaliteit is helaas versnipperd en moeilijk toegankelijk voor agrariërs.

Deze testkit is één van de instrumenten die ontwikkeld zijn in het kader van het project 'Instrumenten voor Duurzaam Bodembeheer'. Het project is gefinancierd door het Ministerie van LNV en uitgevoerd door een consortium bestaande uit het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM), het Louis Bolk Instituut (LBI), het Nutriënten Management Instituut (NMI) en Opticrop. De verantwoordelijkheid voor de ontwikkeling van dit instrument lag in handen van het Louis Bolk Instituut.

Het project ging in het najaar van 2001 van start met een bijeenkomst van een eenmalige klankbordgroep, waarin de actuele vragen bij agrariërs en de vorm en inhoud van de eerste prototypen van de instrumenten met elkaar zijn vergeleken. Op grond van deze bijeenkomst is de ontwikkeling in gang gezet van 5 instrumenten:

1. Cursus "Bodem in zicht"

Deelnemers aan de cursus leren aan de hand van waarnemingen aan een profielkuil op een perceel verschillende aspecten van de bodem kennen: structuur, beworteling en bodemleven. Op basis van de waarnemingen wordt gekeken welke maatregelen genomen kunnen worden voor een beter bodembeheer.

2. Testkit Bodemkwaliteit

Om de belangrijkste aspecten van bodemkwaliteit te kunnen bepalen ontwikkelt het project de testkit. M.b.v. eenvoudige, praktijkgerichte analysemethoden kunnen adviseur, agrariër en onderzoeker de belangrijkste fysische, chemische en biologische indicatoren van bodemkwaliteit meten en beoordelen.

3. Vuistregels voor bemesting

Dit zijn eenvoudige hulpmiddelen die agrariërs dienen te ondersteunen bij het nemen van beslissingen t.a.v. bemesting. Zij zijn gebaseerd op vuistregels. Het betreft een klaverkaart, groenbemesteraai, ureumwaaier, organische stofschiif en een kaart bodemleven.

4. Cd-rom Stikstofplanner (NDICEA)

Hiermee kunnen agrariër en voorlichter eenvoudig de gewasrotatie analyseren op stikstofbeschikbaarheid voor het gewas, organische stof op langere termijn en alternatieven voor wat betreft bemesting (MINAS), gewasrotatie en invloed van management maatregelen zoals de inzet van groenbemesters doorrekenen.

5. Cd-rom Optisoil

Voor het management programma CROP is een organische stof module ontwikkeld. Hiermee krijgt de gebruiker op perceelsniveau inzicht in de stikstof bemesting en organische stof aanvoer.

Deze testkit biedt u de mogelijkheid om in de praktijk enkele belangrijke fysische, chemische en biologische indicatoren van de bodem, die samen de bodemkwaliteit karakteriseren, te meten en te beoordelen.

Wij willen alle boeren, tuinders en andere deskundigen die hebben bijgedragen aan de ontwikkeling van dit instrument, hartelijk danken voor hun bijdragen. Zonder hun medewerking zou dit instrument er niet zijn geweest.

Namens het projectteam 'Duurzaam Bodembeheer'

Chris Koopmans

Inhoud

1 Inleiding 7

2 Gebruik van de testkit 11

3 Instructiekaarten testprocedures 15

- 3.1 Bodemfysische bepalingen
 - 3.1.1 Instructiekaart 1 Indringingsweerstand
 - 3.1.2 Instructiekaart 2 Bodemdichtheidstest
 - 3.1.3 Instructiekaart 3 Stabiliteit van de aggregaten
 - 3.1.4 Instructiekaart 4 Waterinfiltratie (waterdoorlatendheid)
- 3.2 Bodembiologische bepalingen
 - 3.2.1 Instructiekaart 5 Koolzuurproductie
 - 3.2.2 Instructiekaart 6 Regenwormen
- 3.3 Bodemchemische bepalingen
 - 3.3.1 Instructiekaart 7 Nitraatgehalte
 - 3.3.2 Instructiekaart 8 Zuurgraad (pH-meting)
 - 3.3.3 Instructiekaart 9 Zoutgehalte (EC-meting)
- 3.4 Perceelwaarnemingen
 - 3.4.1 Instructiekaart 10 Spade test
 - 3.4.2 Instructiekaart 11 Profielkuil

4 Beoordeling van de resultaten 45

- 4.1 Bodemfysische bepalingen 45
 - 4.1.1 Indringingsweerstand 45
 - 4.1.2 Bodemdichtheidstest 46
 - 4.1.3 Stabiliteit van de aggregaten 50
 - 4.1.4 Waterinfiltratie (waterdoorlatendheid) 53
- 4.2 Bodembiologische bepalingen 56
 - 4.2.1 Koolzuurproductie 56
 - 4.2.2 Regenwormen 58
- 4.3 Bodemchemische bepalingen 62
 - 4.3.1 Nitraatgehalte 62
 - 4.3.2 Zuurgraad (pH) 67
 - 4.3.3 Zoutgehalte (EC) 70
- 4.4 Perceelwaarnemingen 71
 - 4.4.1 Spade test 71
 - 4.4.2 Profielkuil 73

Bijlagen 77

- Bijlage 1. Invulformulieren 78
- Bijlage 2. Resultaten van enkele bedrijven 90
- Bijlage 3. Inhoud van de testkit 92



1. Inleiding

Achtergrond

Voor een optimale groei van de gewassen moet de grond in een goede conditie zijn. Binnen de akkerbouw, tuinbouw en veehouderij werken bodemproblemen door in het bedrijfsresultaat. Meer zicht op de bodemkwaliteit maakt het mogelijk percelen en bedrijven rendabel, milieuvriendelijk en duurzaam te beheren.

Bodemkwaliteit heeft zowel fysische, chemische als biologische aspecten. In gangbaar bodemonderzoek ligt de nadruk op chemische aspecten als stikstof-, fosfaat-, kalium- en organische stof gehalte. In veel gevallen spelen echter fysische aspecten als bijvoorbeeld de waterinfiltratie en bodemdichtheid een doorslaggevende rol bij de groei van gewassen. De laatste jaren wordt steeds duidelijker dat ook biologische aspecten van de bodem van groot belang zijn.

In de praktijk worden vaak de volgende vragen gesteld:

- Is het mogelijk het gebruik van bestrijdingsmiddelen verder terug te dringen door het bodemleven diverser te maken?
- In hoeverre heeft een verbetering van de bodemstructuur een betere benutting van mineralen tot gevolg?
- Draagt een goede ontwatering bij aan een verbetering van de productkwaliteit?

In de biologische landbouw is al veel ervaring opgedaan en kennis ontwikkelt met betrekking tot de samenhang tussen chemische, fysische en biologische eigenschappen van de bodem. Ook in de gangbare landbouw komt er steeds meer aandacht voor het beheer van alle aspecten van de bodem, als gevolg van strengere eisen m.b.t. het gebruik van mest (Minas) en bestrijdingsmiddelen.

Door informatie over de bodemkwaliteit te betrekken bij het nemen van bedrijfs- en teeltmaatregelen kan beter worden geprofiteerd van de voedingsstoffen die al in de bodem aanwezig zijn. Zo wordt door een verbetering van de bodemstructuur de ontwikkeling van het wortelstelsel minder geremd en dat komt de groei en de weerbaarheid van het gewas ten goede.

Er bestaat veel onduidelijkheid over hoe bodemkwaliteit het beste omschreven kan worden en met welke parameters bodemkwaliteit, op een in de praktijk uitvoerbare manier, objectief gekarakteriseerd kan worden. Bestaande methoden zijn vaak arbeidsintensief, ingewikkeld en duur voor de gebruiker. Door onderzoekers gebruikte methoden staan vaak ver van de belevingswereld van de agrariër. Ook zijn voor het beoordelen van bodemkwaliteit vooralsnog nauwelijks direct inzetbare, praktische instrumenten voorhanden. Bodemkwaliteit is voor agrariërs en adviseurs daardoor nog vaak een leeg begrip en aangrijpingspunten voor verbetering ontbreken.

Kenmerken van de testkit

Een tastbaar instrument waarmee een aspect van de bodemkwaliteit gemeten wordt, geeft de agrariër houvast bij de beoordeling van de bodemkwaliteit. De testen uit de Testkit Bodemkwaliteit zijn relatief eenvoudig uit te voeren in het veld, met aanvullende werkzaamheden in de keuken of in een eenvoudig laboratorium. De eenvoud van de test en het demonstratie effect staan voorop. Getest wordt op eigenschappen van de bodem die een relevante betekenis hebben voor de boerenpraktijk: géén karakterisering van individuele bodemorganismen maar van de activiteit van het bodemleven als geheel. Betrouwbaarheid, nauwkeurigheid en interpretatie van de test dienen niet uit het oog verloren te worden. Per test loopt dit echter vooralsnog uiteen, en wordt dit toegelicht.

Doel van de testkit

Doel van de testkit is om middels verschillende testen bij te dragen aan de bewustwording van boeren op het vlak van bodemkwaliteit. De testkit is gericht op het in de praktijk meten en beoordelen van enkele belangrijke fysische, chemische en biologische indicatoren van de bodem die samen de bodem-

kwaliteit karakteriseren. De testkit vormt hiermee een aanvulling op de chemische analyses van regulier grondonderzoek. De testkit biedt agrariërs en adviseurs geen pasklaar advies, maar wel handvatten hoe zij met maatregelen in de bedrijfsvoering de bodemkwaliteit kunnen verbeteren, met andere woorden: een duurzaam bodembeheer kunnen ontwikkelen.

Doelgroep

De testkit is ontwikkeld voor gebruik in studiegroepen rond bodembeheer, bepaalde teelten of bedrijfsvergelijking. Ook is de testkit geschikt voor onderwijs, praktijkonderzoek en gebruik door adviseurs in één-op-één relatie met een agrariër.

De resultaten leiden niet tot een absoluut oordeel wat goed of slecht is, maar ondersteunen vergelijkingen en afwegingen met andere indicatoren (over bijvoorbeeld productie). Het is belangrijk dat de cursusleider of adviseur over voldoende kennis en ervaring met duurzaam bodembeheer beschikt om de resultaten van de testkit mee te nemen in (groeps)discussies over duurzaam bodembeheer.

Wanneer is het zinvol om de testkit in te zetten?

De testkit kan in verschillende situaties worden ingezet:

- (1) De testkit is inzetbaar om een indruk te krijgen van de verschillen tussen percelen op een individueel bedrijf en zicht te krijgen op wat aan deze verschillen ten grondslag zou kunnen liggen. Korte termijneffecten van bijvoorbeeld verschillende gewassen of verschillen in grondbewerkingen in het afgelopen jaar zullen echter moeilijker met behulp van de testkit opgepikt worden.
- (2) Een tweede situatie waarin de testkit zinvol kan zijn is bij aanwezigheid van slechte plekken in een perceel. Met behulp van de testkit en de ervaringskennis van de boer kan inzicht worden verkregen welke bodemeigenschappen de slechte gewasproductie mogelijk veroorzaken.
- (3) Ten derde kan de testkit vergelijking van percelen van verschillende bedrijven in het kader van gewasstudiegroepen ondersteunen. Verschillen in gewaswaarnemingen kunnen in verband worden gebracht met verschillen in bodemkwaliteit.
- (4) Een vierde mogelijkheid is om verschillen in bodemkwaliteit als gevolg van verschillen in landgebruik over meerdere jaren vast te kunnen stellen. Door de testkit over meerdere jaren in te zetten, kan gekeken worden naar het effect van bepaalde maatregelen (rotatie, bemesting) op de bodemkwaliteit en of deze in stand blijft, en waar eventuele veranderingen plaatsvinden. Voor de agrariër zal de vraag naar de respons van het gewas en de snelheid van verandering voorop staan.

De testkit is nadrukkelijk niet bedoeld en niet geschikt voor het volgende:

- Het vervangen van het grondonderzoek door een erkend laboratorium;
- Aan de hand van één type test een sluitende uitspraak te doen over de bodemkwaliteit van een perceel.

Het is daarom zaak om steeds meerdere testen uit de testkit in te zetten om zo een volledig beeld van de bodem te krijgen. Zo kunnen verrassende aspecten van de bodemkwaliteit boven komen die mogelijk over het hoofd gezien worden wanneer vanuit een bepaald probleem gedacht, slechts voor één test wordt gekozen.



2. Gebruik van de testkit

Het gebruik van de testkit bestaat uit de volgende stappen:

- Selectie van te bemonsteren percelen / plekken;
- Uitvoeren van de afzonderlijke testen volgens de instructiekaarten (zie Hoofdstuk 3);
- Invullen van de afzonderlijke formulieren en de samenvattende tabel (zie Bijlage 1);
- Beoordeling en interpretatie van de resultaten (zie Hoofdstuk 4).

Deze stappen worden hieronder toegelicht

Selectie van te bemonsteren percelen / plekken

Afhankelijk van het doel van de test wordt bepaald waar bemonstering zal plaatsvinden. Het kan gaan om een vergelijking tussen jaren, tussen percelen, binnen een perceel, of tussen percelen van deelnemers van een studiegroep. Op grond van ervaring of andere kennis kan worden vastgesteld aan welk perceel een 'goede' respectievelijk 'slechte' bodemkwaliteit wordt toegedicht. Als duidelijk is om welk perceel en/of plek het gaat, kan de bemonstering plaatsvinden.

De bemonsteringen

Voor een perceelsbeoordeling is het bij een aantal testen (bijvoorbeeld nitraat, pH, EC) gewenst om diagonaal volgens een Z beweging over een perceel te lopen en hierbij regelmatig steken te nemen (40 steken per perceel). Ook voor een locale bemonstering is een mengmonster zinvol, uiteraard van slechts enkele steken (3-5). Grondmonsters voor aggregaatstabiliteit, bodemdichtheid, nitraat, pH en EC testen kunnen in één keer worden genomen zodat de tijd voor het verzamelen van monsters beperkt blijft.

Uitvoeren van de afzonderlijke testen

De testkit bestaat uit materiaal waarmee de tests uitgevoerd kunnen worden met bijbehorende instructiekaarten voor gebruik in het veld (zie Hoofdstuk 3). Middels invulformulieren kunnen de verkregen resultaten per perceel worden vastgelegd (zie ook Bijlage 1). In Hoofdstuk 4 wordt achtergrondinformatie gegeven per test.

Invullen van de samenvattende tabel 1

Voordat het veld wordt ingegaan kan worden stilgestaan bij wat men verwacht te vinden in verschillen tussen de twee te onderzoeken plekken (Tabel 1). De resultaten van de testen kunnen voor twee percelen of plekken in één overzichtstabel worden gezet. In de kolom 'verwachte bodemkwaliteit' kan men voorafgaande aan de test door middel van een '+' of '-' aangegeven, op basis van eigen ervaringen en kennis, hoe men de resultaten inschat. Hierbij is het van belang om na te gaan wat men goed of slecht vindt. Zo kan een lage bodemdichtheid goed zijn voor de wortelgroei maar zal dit sneller problemen opleveren bij de berijdbaarheid van een perceel. Gaat men uit van wortelgroei dan kan bij het perceel waar een lage bodemdichtheid wordt verwacht een '+' worden ingevuld. Wordt er echter uitgegaan van de berijdbaarheid dan kan er '-' worden ingevuld.

Na deze 'zelftest' kan men dan de test in het veld uitvoeren. De resultaten van de metingen kunnen in dezelfde tabel in de kolom 'gemeten bodemkwaliteit' worden ingevuld. Door de gemeten resultaten per test onderling te vergelijken kan ook in deze kolom per test een '+' en een '-' worden gegeven. Optellen van + en - geeft een totaalscore (zie invulformulier 12).

Bodemkwaliteit is een verzamelbegrip waarin verschillende aspecten worden samengevoegd tot een geheel. Afhankelijk van welke bodemeigenschappen men belangrijk vindt zullen bepaalde tests uit de testkit meer relevante informatie opleveren dan andere. Bijvoorbeeld, hecht men veel waarde aan de berijdbaarheid van een perceel dan zullen testen op het gebied van bodemdichtheid en bodemweerstand belangrijker zijn dan een pH-meting. Het is aan de gebruiker van de testkit om goed na te gaan welke waarde men aan de individuele testen wil geven. Als het nog onduidelijk is of er aspecten belangrijker zijn dan andere kan men in eerste instantie alle testen even zwaar laten meetellen in de totaalscore.

Tabel 1. Overzichtstabel resultaten bodemkwaliteit.

Test	Verwachte bodemkwaliteit		Gemeten bodemkwaliteit	
	Goed	Slecht	Goed	Slecht
Bodemfysisch				
Indringingsweerstand				
Bodemdichtheid				
Stabiliteit van de aggregaten				
Waterinfiltratie				
Bodembologisch				
Koolzuurproductie				
Regenwormen				
Bodemchemisch				
Nitraatgehalte				
Zuurgraad (pH)				
Zoutgehalte (EC)				
Perceelwaarnemingen				
Spade test				
Profielkuil				
Totaalscore				

Interpretatie van de resultaten

De overzichtstabel kan een vertrekpunt vormen voor een discussie over bodembeheer of teeltmaatregelen die tot verbetering of handhaving van de bodemkwaliteit kunnen leiden. Suggesties hiervoor zijn te vinden in Hoofdstuk 4. Gezien het demonstratieve karakter van de testkit is het aan te raden de resultaten van de chemische bepalingen te laten bevestigen door een professioneel laboratorium of een advies van een bodemkundig adviseur, voordat concrete maatregelen ter verbetering van de bodemkwaliteit worden genomen.



3. Instructiekaarten testprocedures

In dit hoofdstuk treft u de volgende instructiekaarten aan:

3.1 Bodemfysische bepalingen

- 3.1.1 Instructiekaart 1 Indringingsweerstand
- 3.1.2 Instructiekaart 2 Bodemdichtheidstest
- 3.1.3 Instructiekaart 3 Stabiliteit van de aggregaten
- 3.1.4 Instructiekaart 4 Waterinfiltratie (waterdoorlatendheid)

3.2 Bodembiologische bepalingen

- 3.2.1 Instructiekaart 5 Koolzuurproductie
- 3.2.2 Instructiekaart 6 Regenwormen

3.3 Bodemchemische bepalingen

- 3.3.1 Instructiekaart 7 Nitraatgehalte
- 3.3.2 Instructiekaart 8 Zuurgraad (pH-meting)
- 3.3.3 Instructiekaart 9 Zoutgehalte (EC-meting)

3.4 Perceelwaarnemingen

- 3.4.1 Instructiekaart 10 Spade test
- 3.4.2 Instructiekaart 11 Profielkuil

1 Indringingsweerstand

Doel: Opsporen van een storende laag of verhoogde weerstand in de bodem.

Duur: ca. 15 minuten



Benodigde materialen:

- bodemprikstok
- meetlat

Methode:

1. Druk de prikstok gelijkmatig de bodem in op minimaal 15 plaatsen verspreid over het perceel;
2. Probeer bij het prikken onderscheid te maken tussen rijpaden en delen waar niet is gereden, het komt de nauwkeurigheid ten goede;
3. Wanneer er weerstand wordt gevoeld, haal de prikstok uit de bodem en meet op de prikstok de diepte tot de weerstand;
4. Noteer deze diepte op het invulformulier; >>



5. Prik door naar eventuele andere storende lagen in de bodem;
6. Noteer ook de andere diepten tot eventuele weerstanden op het invulformulier;
7. Veeg na elke meting de prikstok schoon, m.n. de punt van de prikstok;
8. Herhaal dit voor de overige 14 plaatsen;
9. Bekijk of de genoteerde diepten met elkaar overeenkomen en ga, met behulp van de spade-test en aan de hand van informatie uit Hoofdstuk 4, na waardoor een storende laag zou kunnen zijn ontstaan. Ook kan een preciezere meting worden gedaan met de bodemdichtheidstest.
10. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



2 Bodemdichtheidstest

Doel: De dichtheid van de grond te bepalen.

Duur: ca. 15 minuten (excl. droogtijd)



Benodigde materialen:

- (gras)schaar
- ring van 10 cm hoog en 6,8 cm doorsnede
- rubberen hamer
- blok hout
- plantenscheepje of spa
- afstrijkmes



- 3 plastic zakjes
- watervaste stift
- weegschaal (0,1 gram nauwkeurig)
- drie ovenvaste schaaltes
- oven of magnetron

Methode:

Vooraf thuis:

1. Drie plastic zakjes wegen en gewichten op de zakjes schrijven (gewicht A); >>

In het veld:

2. Kies drie plekken uit in het te bemonsteren perceel of gedeelte van het perceel;
3. Houd daarbij rekening met het effect van rijpaden op de bodemdichtheid;
4. Knip de eventuele begroeiing weg;
5. Druk of sla voorzichtig de ring met behulp van het blok hout en de rubberen hamer met de schuine kant recht de grond in, tot tot deze gelijk is met het veldoppervlak;
6. Graaf de ring rondom uit met schepje of spa;
7. Snij aan de onder- en bovenzijde van de ring de grond voorzichtig glad af met het mes, geen grond uit de ring verliezen!
8. Alle grond uit de ring in een zakje doen en afsluiten; ring goed schoon maken;
9. Herhaal dit op de twee andere plekken.

Achteraf thuis

10. De zakjes met grond wegen, gewichten noteren op het invulformulier (gewicht B);
11. Per zakje de grond verkrummelen en uitspreiden in het schaaltje;
12. In de oven laten drogen (elektrische oven 12 uur op 100 °C; in de magnetron, 1300 Watt, 15 minuten);
13. Af laten koelen, grond *zonder* bakje wegen, gewicht noteren op het formulier (gewicht C);
14. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.

Deze test is ook inzetbaar voor diepere bodemlagen door de ring vanuit een kuil horizontaal voorzichtig in de bodem te slaan.



duurzaam
bodem
beheer

3 Stabiliteit van de aggregaten

Doel: De stabiliteit van de aggregaten geeft weer hoe goed de bodem bestand is tegen verstoring door invloeden van buitenaf zoals regenval. Bodemleven en wortels dragen bij aan de vorming van de aggregaten. Door aggregaten verbetert de waterhuishouding in de bodem en treedt doorluchting op die wortelgroei mogelijk maakt. In de aggregaten wordt organisch materiaal beschermd tegen een te snelle afbraak en worden voedingsstoffen behoud voor uitspoeling.

Duur: ongeveer 30 minuten per meting



Benodigde materialen:

- 2 mm zeef
- 0,25 mm zeef
- 30 ml maatschepje
- weegschaal (0,1 g nauwkeurig)
- plantenspuit
- water
- fosfaat wasmiddel (1 blokje per 200 ml water)
- diepe schaal of teil
- oven of magnetron

Methode:

1. Neem 1 schep droge grond (van de bodemdichtheidstest of zie de monstername bij o.a. de nitraat, pH en EC test);
2. Weeg ca 20 gram droge grond af, en zeef deze met de 2 mm zeef;
3. Breng de uitgezeefde grond die door de 2 mm zeef is gegaan op de 0,25 mm zeef;
4. Weeg de zeef met de grond (A); noteer het gewicht op de invullijst;
5. Nevel met de plantenspuit de grond vochtig, laat het vocht er even (5 minuten) intrekken;
6. Vul een diepe schaal met water, zodat de grond in de zeef net onder water staat;
7. Beweeg de zeef 30 keer per minuut 1 tot 1,5 cm op en neer, gedurende 3 minuten;
8. Zet de zeef met aggregaten in de oven en laat de grond drogen (2,5 uur in een elektrische oven op 100 °C; in de magnetron op een isolator, 1300 Watt, 5 minuten);
9. Na het drogen de zeef laten afkoelen, grond en zeef wegen en gewicht noteren op de invullijst (B);
10. Fosfaat oplossing klaarmaken (1 blokje in 200 ml water oplossen);
11. Zet de zeef in de oplossing zodat de aggregaten in de oplossing staan;
12. 5 minuten laten staan, af en toe (4 keer per minuut) de zeef op en neer bewegen;
13. Na 10 minuten de zeef uit de oplossing halen en goed uitspoelen zonder dat er grond boven uit de zeef spat;
14. Zet de zeef weer in de oven en laat de grond weer drogen in de oven of magnetron;
15. Na het drogen laten afkoelen en grond met zeef wegen. Het gewicht noteren op de invullijst (C);
16. Voor verdere informatie en teelmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



duurzaam
bodem
beheer

4 Waterinfiltratie (waterdoorlatendheid)

Doel: Bepalen hoe snel water wordt opgenomen door de bovengrond.

Duur: ca. 10 minuten

Benodigde materialen:



- ring van 15 cm hoog en 15 cm doorsnede
- rubberen hamer
- blok hout
- plastic folie
- maatbeker van minimaal 500 ml.
- 500 ml water per meting
- stopwatch

Methode:

Het is het beste om de test uit te voeren in een 'normaal' vochtige grond, bijvoorbeeld 24 uur na regenval. Vanwege te grote afwijkingen is het niet verstandig de test uit te voeren als de grond aan de droge kant is. Als de bovengrond droog is op het moment van testen: de procedure twee keer toepassen met ten minste vijftien minuten pauze tussen de bepalingen. De eerste keer is om de grond vochtig te maken. De tweede keer geeft dan een meer betrouwbare meting.

In het veld:

1. Kies drie representatieve plekken uit in het te bemonsteren perceel of gedeelte van een perceel;
2. Vermijd rijpaden en dergelijke die een verstoring van de meting kunnen geven;
3. Knip de eventuele begroeiing weg zonder de grond te verstoren;
4. Druk of sla voorzichtig de ring met de schuine kant recht naar beneden met behulp van het blok hout en de rubberen hamer recht de grond in tot er nog 5 cm boven uit steekt;
5. Druk de grond aan de binnenzijde van de ring licht aan om lekkage langs de ring zelf te voorkomen; >>



6. Leg plastic folie over de grond in de ring met de randen ruim over de rand van de ring heen;
7. Schenk 500 ml water op het folie binnen de ring;
8. Trek het folie voorzichtig weg en neem direct de tijd op totdat al het water is weggezakt;
9. Noteer de tijd op het invulformulier;
10. Stop na 6 minuten als het water dan nog niet is weggezakt;
11. Herhaal dit op ten minste twee andere plekken (opmerking: de waterdoorlatendheid is zeer variabel waardoor waarden sterk uiteen kunnen lopen);
12. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



duurzaam
bodem
beheer

5 Koolzuurproductie

Doel: Bepaling van de biologische activiteit in de bodem middels het meten van het door het bodemleven uitgescheiden koolzuur (kooldioxide).

Duur: ca. 30 minuten

Benodigde materialen:



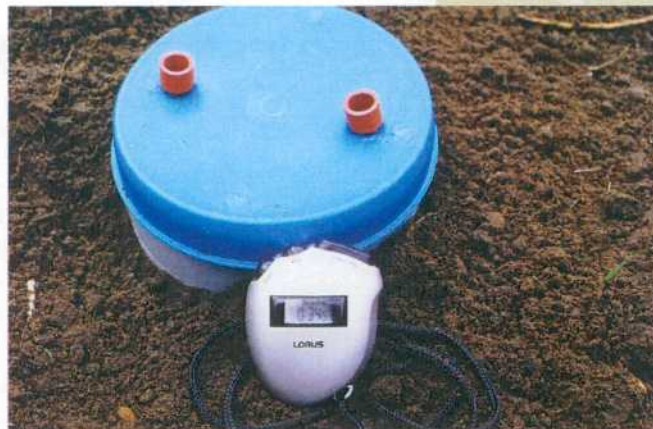
- (gras)schaar
- ring van 15 cm hoog en 15 cm doorsnede
- deksel met twee rubberen stoppen
- rubberen hamer en blok hout
- grondthermometer
- 2 plastic slangetjes
- 2 naalden
- 3 Dreagerbuisjes
- 140 cc spuit
- stopwatch

Methode:

1. Selecteer drie plekken in het te bemonsteren perceel;
2. Knip eventuele begroeiing weg met de schaar;
3. Druk of sla voorzichtig de ring met behulp van het blok hout en de rubberen hamer recht de grond in, tot de aangegeven lijn zodat deze 5 cm boven het bodemoppervlak uitsteekt; >>



4. Sluit de ring met het deksel;
5. Druk de twee rubberen stoppen in het deksel, steek de thermometer in de grond (minimaal 5 cm diep) naast de ring, en start de stopwatch;
6. De ring moet nu 30 minuten gesloten blijven;
7. 1 à 2 minuten voor de eindtijd (van die 30 minuten) beide zijden van een Dreagerbuisje afbreken;
8. Eén slangetje bevestigen aan de (ingeschoven) spuit;
9. Aan de andere zijde van het slangetje het Dreagerbuisje bevestigen (met de pijl richting de spuit);
10. Bevestig aan de andere kant van het Dreagerbuisje het tweede slangetje, koppel dit aan een naald;
11. Steek na de 30 minuten een losse naald in één van de rubberen stoppen;
12. Steek de naald met Dreagerbuisje en spuit in het andere stop;
13. Zuig met de spuit 100 cc lucht uit de ring (rustig: geen vacuüm trekken);
14. Haal de spuit van het slangetje, druk de spuit leeg, bevestig deze opnieuw aan het slangetje en zuig nogmaals 100 cc lucht uit de ring;
15. Herhaal dit totdat 5 x 100 cc lucht uit de ring is gezogen;
16. Lees het Dreagerbuisje af (linker kolom waar 5 N onder staat); de grens van de paarse kleur geeft de grenswaarde aan;
17. Vul de afgelezen waarde (A) en de gemeten bodemtemperatuur (B) in op het invulformulier en bereken de koolzuurproductie;
18. Herhaal dit op ten minste twee andere plekken;
19. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



duurzaam
bodem
beheer

6 Regenwormen

Doel: Een inschatting maken van de activiteit van het bodemleven met het aantal en de soorten wormen als indicator.

Duur: ca. 30 minuten



Benodigde materialen:

- meetlat
- spade
- stuk plastic

Methode:

1. Kies verspreid over het te bemonsteren perceel minimaal drie plekken uit;
2. Steek met de spade een gat van 25 x 25 en 25 cm diep en doe de grond op het plastic;
3. Zoek in de verzamelde grond de wormen uit;
4. Leg de wormen apart in een bakje; tel het aantal wormen; >>



5. Stel per worm met behulp van het overzicht (zie achterzijde) vast tot welke groep deze behoort en noteer dit op het invulformulier;
6. Herhaal dit op minimaal twee andere plekken in het perceel;
7. Noteer de gevonden aantallen op het invulformulier
8. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.

Rode

Kenmerken

- 6- 15 cm lang
- leeft veel in de strooisellaag, maar ook in de grond
- roodbruin tot violet van kleur
- onderzijde lichter van kleur dan de bovenzijde



Grauwe

Kenmerken

- 8 tot 14 cm lang
- leeft in de bovenste 40 cm
- maakt een kriskras netwerk aan gangen in de bovenste laag van de grond
- variabel grauw, soms wat blauw of roze van kleur
- boven- en onderzijde hebben dezelfde kleur
- heeft enigszins een platte staart
- in de hand beweegt deze worm niet of nauwelijks



Pendelaars (rood en grauw)

Kenmerken

- 9 tot 30 cm lang
- leeft en verplaatst zich in een verticale gang
- de belangrijkste pendelaar: lumbricus terrestris, heeft een platte staart



duurzaam
bodem
beheer

7 Nitraatgehalte

Doel: Het nitraatgehalte van de bodem meten.

Duur: ca 30 minuten



Benodigde materialen:

- grondscheepje of grondboor
- emmer
- watevaste stift
- plastic zakjes



- maatscheepje
- fles met maatverdeling
- CaCl₂ oplossing (los 1,47 gram CaCl₂ op in 1 L water)
- 1 klein bekertje
- trechttertje
- filtreerpapier
- nitraatmeter
- nitraatstrookjes

Methode:

Vooraf thuis:

1. Neem drie zakjes;
2. Schrijf hierop de naam van het perceel (of deel van het perceel);
3. Nummer de zakjes. >>

In het veld:

Monstername (ook voor aggregaat stabiliteitstest, PH en EC)

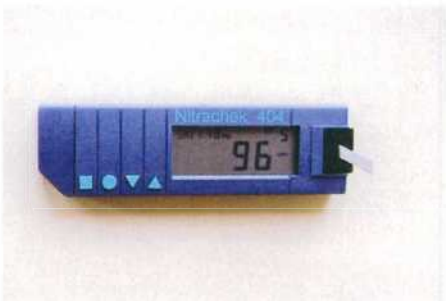
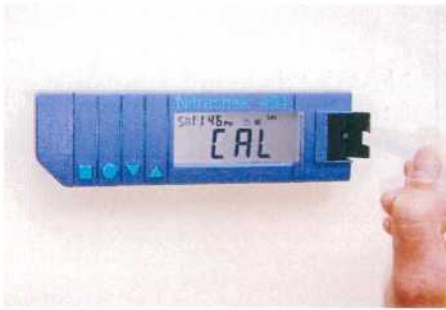
4. Neem van een perceel een mengmonster door kriskras (Z) over het perceel te lopen. Normaal gesproken worden er ongeveer 40 steken per perceel genomen die gemengd worden tot één mengmonster. Voor een deel van het perceel kan een kleiner aantal monsters voor het mengmonster worden genomen.
5. Voor bouwland geldt dat het monster in de laag 0-30 cm kan worden genomen. Voor grasland kan een diepte van 0-10 cm worden aangehouden;
6. Doe de grond van alle veertig steken bij elkaar in een zak en meng deze goed.



Achteraf thuis (bij kamertemperatuur):

7. Verkruimel de grond uit het zakje en meng deze goed;
8. Vul de fles met 200 ml CaCl_2 oplossing (kamertemperatuur);
9. Voeg de grond uit de emmer toe tot de inhoud van de fles 300 ml is;
10. Twee minuten flink schudden;
11. Vouw de filter twee maal doormidden en plaats deze in het trechttertje;
12. Zet het trechttertje op het bekertje;
13. Giet het water en de opgeloste grond uit in de filter;
14. Wacht tot er ongeveer twee centimeter vloeistof in het bekertje is gelopen; >>





15. Neem een strookje uit het buisje met de nitraatstrookjes;
16. Open het klepje van de nitraatmeter en wacht totdat er CAL op het display verschijnt;
17. Schuif het (droge) strookje met de twee testvlakjes naar beneden in de opening;
18. Sluit het klepje;
19. Wacht tot er GO op het display verschijnt, open het klepje, haal het strookje er direct uit en doop het kort in de vloeistof uit het bekertje en sla overtollige vloeistof van het strookje af;
20. Wacht totdat de nitraatmeter bijna 60 seconden heeft afgeteld;
21. Stop, ongeveer 5 seconden voordat de minuut verstreken is, het strookje met de twee testvlakjes naar beneden in de opening en sluit het klepje;
22. Wanneer de 60 seconden verstreken zijn verschijnt op het display het gemeten nitraatgehalte;
23. Herhaal deze procedure met de andere zakjes grond;
24. Het nitraatgehalte noteren op het invulformulier;
25. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



8 Zuurgraad (pH-meting)

Doel: Bepaling van de zuurgraad van de grond

Duur: ca. 10 minuten

Benodigde materialen:

- grondscheepje of grondboor
- emmer
- plastic zakjes



- pH-meter
- zakjes kalibratievloeistof pH 4.01, pH 7 en pH 10
- 3 kleine bekertjes
- watervastestift
- fles met maatverdeling
- maatscheepje
- kaliumchloride oplossing (1 M KCl: los 74,5 g KCl op in 1 L water)



Methode:

Vooraf thuis:

1. Neem drie zakken;
2. Schrijf hierop de naam van het perceel (of deel van het perceel);
3. Nummer de zakjes. >>

In het veld:

Monstername (ook voor aggregaat stabiliteitstest, nitraattest en EC)

4. Neem van een perceel een mengmonster door kriskras (Z) over het perceel te lopen. Normaalgesproken worden er ongeveer 40 steken per perceel genomen die gemengd worden tot één mengmonster. Voor een deel van het perceel kan een kleiner aantal monsters voor het mengmonster worden genomen.
5. Voor bouwland geldt dat het monster in de laag 0-30 cm kan worden genomen. Voor grasland kan een diepte van 0-10 cm worden aangehouden;
6. Doe de grond van alle veertig steken bij elkaar in een zak en meng deze goed.



Achteraf thuis (bij kamertemperatuur):

7. Kalibreer de pH-meter, zie hiervoor (Kalibratie van de pH-meter);
8. Verkruiemel de grond uit het monster en meng deze goed;
9. Vul de fles met 200 ml kaliumchloride oplossing (1M KCl op kamertemperatuur);
10. Voeg de uit de monsterzak zoveel grond toe dat de inhoud van de fles op 300 ml uitkomt.
11. 2 minuten flink schudden;
12. Grond laten bezinken;
13. pH-meter in het water van de fles houden, ruim boven de bezonken grond en zachtjes heen en weer bewegen;
14. Lees de waarde af wanneer deze stabiel is;
15. De pH waarden noteren op het invulformulier;
16. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



Kalibratie van de pH-meter:

- Kalibreer altijd bij kamertemperatuur, laat tevens de kalibreervloeistoffen en het water ruim van tevoren op kamertemperatuur komen.
- pH-meter kalibreren voor een serie metingen, niet voor elke meting.

Methode:

1. Spoel de drie kleine bekertjes om en maak ze droog;
2. Doe de inhoud van de zakjes kalibreervloeistof ieder in een afzonderlijk bekertje;
3. Dop van de pH-meter afnemen;
4. pH-meter aanzetten door on/off in te drukken;
5. Meter in de pH 4.01 houden, even wachten totdat de waarde stabiel is;
6. CAL knop indrukken terwijl de meter in de vloeistof blijft;
7. Wanneer cijfers in display knipperen, de HOLT/CON knop indrukken. De juiste pH waarde verschijnt dan;
8. Meter afspoelen met kraanwater en droogdeppen;
9. Kalibratie herhalen met pH 7.0 en pH 10.0. Tussendoor afspoelen en droogdeppen;
10. Meter afspoelen en droogdeppen. Klaar om een serie grondmonsters te meten.



duurzaam
bodem
beheer

9 Zoutgehalte (EC-meting)

Doel: Bepaling van het zoutgehalte van de grond.

Duur: ca. 10 minuten



Benodigde materialen:

- grondscheepje of grondboor
- emmer
- plastic zakken



- EC-meter
- zakje kalibreervloeistof EC 1.41 mS/cm
- 1 klein bekertje
- watervaste stift
- fles met maatverdeling
- maatscheepje
- water

Methode:

Vooraf thuis:

1. Neem drie zakken ;
2. Schrijf hierop de naam van het perceel (of deel van het perceel);
3. Nummer de zakjes.

In het veld:

Monstername (ook voor aggregaat stabiliteitstest, nitraattest en PH)

4. Neem van een perceel een mengmonster door kriskras (Z) over het perceel te lopen. Normaalgesproken worden er ongeveer 40 steken per perceel genomen die gemengd worden tot één mengmonster. Voor een deel van het perceel kan een kleiner aantal monsters voor het mengmonster worden genomen.
5. Voor bouwland geldt dat het monster in de laag 0-30 cm kan worden genomen. Voor grasland kan een diepte van 0-10 cm worden aangehouden;
6. Doe de grond van alle veertig steken bij elkaar in een zak en meng deze goed;
7. Gebruik eventueel de grond die nog over is van de pH meting.



Achteraf thuis (bij kamertemperatuur):

8. Kalibreer de EC-meter, zie volgende pagina: Kalibratie van de EC-meter
9. Verkruiemel de grond uit een zak en meng deze goed;
10. Vul de fles met 200 ml water (op kamertemperatuur);
11. Voeg de grond uit de zak toe tot de inhoud van de fles 300 ml is;
12. 2 minuten flink schudden;
13. Grond laten bezinken;
14. EC-meter in het water van de fles houden, ruim boven de bezonken grond, de meter zachtjes heen en weer bewegen;
15. Lees de waarde af wanneer deze stabiel is;
16. De EC waarden noteren op het invulformulier;
17. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



Kalibratie van de EC-meter:

- Kalibreer bij kamertemperatuur, laat tevens de kalibreervloeistof en het water ruim van tevoren op kamertemperatuur komen.
 - EC-meter kalibreren voor een serie metingen, niet voor elke meting.
1. Spoel een klein bekertje om en maak deze droog;
 2. Doe de inhoud van het zakje kalibreervloeistof in een bekertje;
 3. Dop van de EC-meter afnemen;
 4. EC-meter aanzetten door on/off in te drukken;
 5. Meter in de EC 1.41 houden, even wachten totdat de waarde stabiel is;
 6. CAL knop indrukken terwijl de meter in de vloeistof blijft;
 7. Wanneer cijfers in display knipperen, de HOLT/CON knop indrukken. De juiste EC waarde verschijnt dan;
 8. Meter afspoelen met kraanwater en droogdeppen;
 9. Meter afspoelen en droogdeppen. Klaar om een serie grondmonsters te meten.



10 Spade test

Doel: Het beoordelen van de bodemstructuur

Duur: ca 15 minuten

Benodigde materialen:



- spade
- meetlint
- eventueel een mesje
- eventueel een loepje

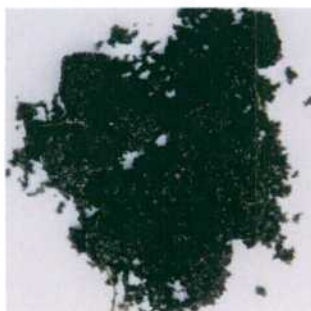
Methode:

1. Kies een plek uit in een perceel;
2. Steek met een spade een ongestoorde kluit van de laag 0-30:
 - graaf eerst een kleine kuil
 - maak een kluit van ca 10 cm dikte aan alle kanten vrij door het steken van de spade
 - haal de kluit goed ondersteund naar boven
 - leg de kluit op de grond of op een kratje.
3. Beoordeel de kluit op de aanwezige structuurelementen door van onderaf de kluit voorzichtig uit elkaar te halen, een mesje en een loepje kunnen hierbij helpen;
4. Bepaal of er verschillende lagen te onderscheiden zijn;
5. Bepaal voor elke laag in de kluit het volume percentage van de verschillende soorten structuurelementen (zie achterzijde);
6. Vul de gevonden waarden in op het invulformulier;
7. Herhaal dit voor de laag 30-60;
8. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



Toelichting structuurelementen

Belangrijke structuurelementen in de grond zijn:



zand



zavel/klei

1. Kruidels

Dit zijn losse kruidels van 0,3 tot 1 cm groot. Wortels kunnen gemakkelijk in deze kruidels en tussen de kruidels door groeien.

2. Afgerond blokkig

Dit zijn blokjes grond van wisselende grootte, van 1 tot 10 cm groot. De zij-kanten zijn niet vlak, de hoeken zijn rond. Bij doorbreken heeft het breukvlak vaak een andere glans of kleur dan de buitenkant. Bij een enigszins ruwe behandeling kunnen ze gemakkelijk in kruidels overgaan. Let er goed op of dit in de grond ook zo was of dat het werkelijk grotere elementen zijn.

3. Scherpblokkig

Deze zijn hoekig en compact. De wanden zijn glad.

Het is mogelijk de gewichts- of volumeverdeling van de verschillende soorten structuurelementen in te schatten. Verschillende percelen kunnen dan vergeleken worden.



11 Profielkuil

Doel: Beoordeling van de bodemtoestand middels waarnemingen aan een profielkuil.

Duur: ca. 4 uur

Benodigde materialen:



- spade
- meetlat
- pocket penetrometer
- loepje

Methode:

1. Zoek een representatieve plek in een perceel;
2. Graaf een kuil van 1 x 1 m en minimaal 1 m diep;
3. Beoordeel aan de profielwand de beworteling, structuur, activiteit van het bodemleven en de kleur van de bodem, een loepje kan hierbij behulpzaam zijn;
4. Noteer de waarnemingen per laag op het invulformulier;
5. Bepaal eventueel de indringingsweerstand met de pocketpenetrometer;
6. Druk deze daartoe met de punt horizontaal in de verschillende bodemlagen en lees de weerstand af bij de zwarte ring;
7. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



TESTKIT
BODEM
KWALITEIT

Toelichting locatiekeuze

Binnen een perceel, binnen een bedrijf en binnen een streek kunnen aanzienlijke verschillen optreden in grondsoorten en bodemprofielen. Het is daarom van belang om de kuil zodanig te kiezen dat aan de hand van waarnemingen aan de kuil de verschillende thema's goed waargenomen kunnen worden. Het zoeken naar een goede locatie kost tijd, maar is de inspanning waard. In het algemeen is één kuil voldoende als deze goed wordt gekozen. Punten van aandacht bij de keuze van de locatie:

- Gewasgroei: wat valt er uit de gewasgroei af te leiden over het bodemprofiel?
- Rijsporen: onder rijsporen is vaak een verdichte bodem aanwezig. Bij een voldoende grote kuil is dit geen probleem en kan het zelfs extra informatie geven omdat het effect van berijden inzichtelijk wordt.





4. Beoordeling van de resultaten

4.1 Bodemfysische bepalingen

4.1.1 Indringingsweerstand

Inleiding

Lopend over het perceel krijgt men een eerste indruk van de dichtheid. Wanneer een vochtige grond licht veert onder de voeten, zit het wel goed met de bodemdichtheid in de bovengrond. Weet men uit ervaring dat er nooit plassen op het land staan, dat men vroeg het land op kan met machines en dat de gewassen in de zomer nooit last hebben van droogte, dan is de waterinfiltratie waarschijnlijk geen probleem. Bovendien is de kans klein dat de ondergrond onvoldoende bewortelbaar is. Wanneer bovenstaande niet geldt, dan is er kans dat er iets mis is met de bodemfysische eigenschappen van de grond. Deze eerste indruk kan met metingen bevestigd worden. Ook kunnen metingen helpen de oorzaak van een probleem te vinden. Het vinden van de oorzaak is het begin van een oplossing.

Met behulp van een prikstok kan vrij snel een eerste indruk gekregen worden van de dichtheid van de bodem en op lichte gronden ook van de bewortelingsdiepte. Een laag met een verhoogde weerstand in de bodem wijst op een hogere dichtheid of een meer zandige laag. Beiden kunnen storend werken op de groei van de gewassen en de afvoer van overtollig water in de bodem naar diepere bodemlagen. Het vochtgehalte heeft een grote invloed op de indringingsweerstand. Men krijgt het beste beeld van de weerstand in het voorjaar, wanneer de grond op veldcapaciteit is. Later in het jaar moet men beseffen dat de ondergrond droger kan zijn dan de bovengrond en daarom meer weerstand biedt. Belangrijk is om eerst voeling te krijgen met de meting van de weerstand. Dit kan door verschillende mensen in een groep de test te laten uitvoeren.

Doel

Opsporen van een storende laag of verhoogde weerstand in de bodem die storend kunnen werken op de groei van de gewassen en de afvoer van overtollig water in de bodem.

Methode

- Met de prikstok wordt de weerstand in de bodem op minimaal 15 plaatsen verspreid over het perceel gemeten.
- De diepten van de gevoelde weerstand worden genoteerd op het invulformulier.
- Wanneer er sprake is van storende lagen kan verder onderzoek plaatsvinden om de mogelijke oorzaken op te sporen.

Beoordeling van de resultaten

De indringingsweerstand is zondermeer goed te noemen wanneer de prikstok met betrekkelijk weinig moeite in een vochtige grond gedreven kan worden.

- Wordt er veel weerstand gevoeld in de bovenste 20 cm dan is de grond waarschijnlijk verdicht. Het land is waarschijnlijk bewerkt, bereiden of beweiden onder natte omstandigheden. Mogelijk stagneert de vertering van mest en gewasresten. Met behulp van de spadetest (par. 3.4.1) kan men dat nagaan.
- Is er sprake van duidelijk hogere weerstand in de laag 18 tot 40 cm diep dan is er mogelijk sprake van een ploegzool. De kans op verstoring van de groei van het gewas is aanzienlijk als wortels niet in staat zijn in de ondergrond door te dringen.

- Is er sprake van een verhoogde weerstand dieper dan 40 cm dan zijn er mogelijk storende lagen, die van nature voorkomen of die ontstaan zijn door inspoeling van kleideeltjes of humus in de periode dat de grond nog bedekt was door een bos- of heidevegetatie (in zand- en löss gronden). De waterhuishouding van een perceel kan hierdoor verstoord zijn; de water afvoer stagneert en de bovengrond blijft in het voorjaar of na een lange regenperiode te lang nat, zelfs wanneer de grondwaterpiegel diep onder het oppervlak zit. In zandgronden is veelal een duidelijke overgang te voelen in de diepe ondergrond. Tot daar is de ondergrond elke winter lange tijd verzadigd met water en gewoonlijk is dat de diepte tot waar gewassen kunnen wortelen.

Toelichting

Er is vaak een groot verschil tussen de mechanische weerstand die groeiende plantenwortels ondervinden en de met de prikstok ondervonden weerstand. Een textuurverandering, bijvoorbeeld van klei naar zand, kan een verhoogde weerstand geven. Toch hoeft er in dergelijke gevallen geen sprake te zijn van bewortelingsproblemen door een te hoge indringingsweerstand. Daarvoor zijn een aantal redenen aan te wijzen. Wortels zijn in het algemeen veel dunner dan de staaf van de prikstok, zeker aan de wortelpunt. In grotere poriën waar met de prikstok wel een weerstand wordt ondervonden, hoeft een wortel geen probleem te ondervinden. De staaf van de prikstok is star terwijl groeiende wortels flexibel zijn die de weg van de minste weerstand volgen. Groeiende wortels oefenen niet alleen druk uit in de groeirichting (vaak verticaal) maar doordat deze opzwellen oefenen ze ook druk uit haaks op de groeirichting (vaak horizontaal) waardoor de poriën als het ware een beetje open kunnen scheuren. Aan de worteltop hebben wortels vaak slijmafscheiding die de wrijving van de wortel doet verminderen. Tenslotte groeien wortels veel langzamer dan de snelheid waarmee de staaf van de prikstok in de grond wordt gedrukt. Al deze factoren maken het lastig om een weerstandsmeting met bijvoorbeeld de prikstok direct om te zetten naar een al of niet gehinderde wortelgroei. De prikstok kan dan ook alleen maar een indicatie geven van waar er mogelijke problemen met de wortelgroei kunnen optreden.

Deze eerste indrukken kunnen bevestigd worden door een precieze meting van de bodemdichtheid (par. 3.1.2) en door een inspectie van de bodem in een profielkuil (par. 3.4.2).

Literatuur

Boone, F.R., 1990. Grondbewerking. Teeltkundige grondslagen. Landbouwwuniversiteit Wageningen, Vakgroep Grondbewerking.
 Wiersum, L.K. & A Reijmerink, 1990. Beworteling. In: Locher, W.P. & H. de Bakker (eds). Bodemkunde van Nederland Deel 1, Algemene bodemkunde, p. 57-69. Malmberg, Den Bosch.

4.1.2 Bodemdichtheidstest

Inleiding

Voor de groei van het gewas zijn een goede doorluchting van de bodem en een vlotte afvoer van overtollig water een eerste vereiste. Wortels kunnen groeien als er een juiste verhouding is tussen de vaste delen, water en lucht. Voor een optimale wortelgroei moet het aandeel poriën (ruimte!) in de grond minimaal 40% bedragen en tenminste 15% van deze poriën moeten lucht bevatten. Waar hier niet aan voldaan wordt, kunnen plantenwortels minder gemakkelijk of zelfs helemaal niet groeien. Hierdoor kan de opbrengst achterblijven en kunnen planten gevoeliger worden voor droogte, ziekten en plagen.

Door zuurstofgebrek stagneert de vertering van organische stof. De kleine bodemdieren die niet snel genoeg kunnen bewegen naar zuurstofrijkere delen, sterven af en de grotere bodemdieren trekken naar de oppervlakte. Gewasresten, groenbemesters en mest die met ploegen diep zijn ondergewerkt blijven als het ware ingekuuld in de grond zitten. Pas bij de volgende keer ploegen komen ze in een zuurstofrijk milieu. Pas dan kan de vertering op gang komen en komen de voedingsstoffen voor het gewas vrij.

Om een intensieve en diepe beworteling, een goede afvoer van regenwater en een goede doorluchting van de bodem mogelijk te maken moet de bodem niet te dicht zijn. Bij een niet te compacte grond kun-

nen planten het aanwezige water en de nutriënten beter benutten. Er blijven minder nutriënten in het bodemwater over (vooral nitraat, sulfaat en calcium), er zal minder uitspoelen en er is minder mest nodig om een goede opbrengst te halen. Bij een betere waterafvoer is de grond na de winter sneller bereikbaar en warmt sneller op. Hierdoor kan een gewas eerder gezaaid worden en groeit het beter.

Doel

Met behulp van de bodemdichtheidstest kan de compactheid van de grond worden bepaald.

Methode

- Met behulp van de instructiekaart en de daarop aangegeven materialen behorende bij deze test, wordt op drie plekken van een perceel of meerdere percelen de test uitgevoerd.
- Met behulp van het invulformulier (bijlage 1) wordt de dichtheid van de bodem berekend.
- De bodemdichtheid wordt aangegeven in grammen grond per cm³.
- Hoe hoger de bodemdichtheid hoe compacter de bodem.
- Met behulp van onderstaande tabel 2 kan worden nagegaan in hoeverre sprake is van een lage, matige dan wel hoge (compacte) bodemdichtheid.
- Wanneer sprake is van een matig of zelfs hoge bodemdichtheid kunnen maatregelen worden overwogen om dit te verbeteren.
- Om de bodemdichtheid in diepere lagen te meten, kan een kuil gegraven worden en de ringen horizontaal in de wand geslagen worden.

Beoordeling van de resultaten

Voor tuin- en bouwland met een humusgehalte lager dan 4% en voor grasland dieper dan 10 centimeter worden normen ter beoordeling van de bodemdichtheid aangegeven in Tabel 2:

Tabel 2. Beoordeling van de bodemdichtheid voor plantengroei.

	Zand			Zavel/klei		
	Laag	Matig	Hoog	Laag	Matig	Hoog
Dichtheid (gram/cm)	< 1,40	> 1,40 en < 1,60	> 1,60	< 1,10	> 1,10 en < 1,50	> 1,50

Bron: Arshad et al., 1996; Locher en Broekhuizen, 1990.

Wanneer het humusgehalte, uitgedrukt als gewichtspercentage, hoger is dan 4%, is het beter rekening te houden met het werkelijke humusgehalte als dat bekend is, in de bovenste 10 centimeter van grasland. De graadmeter is dan de relatieve dichtheid (Dr):

$$Dr = \frac{4,93 \times \text{humusgehalte} + 63 - (100/\text{dichtheid})}{2,15 \times \text{humusgehalte} + 9}$$

Voor deze humeuze gronden gelden de waarden uit Tabel 3.

Tabel 3. Beoordeling van de relatieve dichtheid.

	Alle gronden		
	Laag	Matig	Hoog
Relatieve dichtheid (Dr)	Dr < 0,33	0,33 < Dr < 0,66	Dr > 0,66

Toelichting

Zandgronden

Een hoge dichtheid in de bovengrond (tot ca 40 cm) is vaak het gevolg van het berijden en beweiden van te vochtige grond. In de ondergrond (dieper dan 40 cm) is een dichte pakking veelal het gevolg van een hoge grondwaterstand in de winter. In een verzadigde grond is de binding tussen de zanddeeltjes

zo zwak dat het gewicht van de bovenliggende grond en trillingen van een passerende trekker voldoende zijn om de grond verder te verdichten. Deze verdichting wordt in geval van zandgronden, op die diepte, niet te niet gedaan door vorst en droogte. Als deze jaarlijkse verdichting niet gecompenseerd wordt door gravende bodemdieren, kan de dichtheid zo hoog oplopen dat de ondergrond ondoordringbaar wordt voor wortels. Bodemdieren hebben weinig te zoeken in een ondergrond waar geen voedsel te vinden is en zo is de vicieuze cirkel compleet.

Kleigronden

Kleigronden hebben vaak een lagere bodemdichtheid dan zandgronden, omdat er veel meer hele kleine poriën in aanwezig zijn. Deze zijn gevuld zijn met water en dat water houdt de kleideeltjes ook uit elkaar. Berijden en beweiden leidt ook op vochtige kleigronden tot een hoge bodemdichtheid. De grote poriën worden dichtgedrukt, maar de kleine poriën blijven gevuld met water. In veel (maar niet alle) verdichte kleigronden wordt een hoge dichtheid weer verlaagd door een gecombineerde werking van vorst, droogte en bodemleven.

Wanneer de grond zwaarder is dan 30 % afslibbaar kan er door een te dichte bodemstructuur snel luchtgebrek optreden.

Veengronden zijn niet opgenomen in bovenstaande tabellen. Door bemaling en ontwatering klinken de veengronden in. Verdichting kan bij intensief berijden ook op de veengronden optreden. De bodemdichtheid kan wel gemeten worden maar het verkregen getal kan moeilijk geïnterpreteerd worden. Veel veengronden zijn afgedekt met een humeuze kleilaag en daarin kan wel de relatieve dichtheid bepaald worden.

Praktijkmaatregelen om verdichting te voorkomen en ongedaan te maken:

Verdichting kan voorkomen in de bovenlaag, net onder de bouwvoor (ploegzool) en dieper in de ondergrond.

Verdichte bovenlagen worden vooral gevonden in weilanden en onder machinesporen in bouwland. Op bouwland wordt de verdichting elk jaar weggeploegd en vorst en droogte breken de losgewerkte kluiten verder open. Op weiland moet de verdichting ongedaan gemaakt worden door de gecombineerde werking van vorst, droogte en bodemleven.

Op 18 tot 40 cm diepte wordt altijd enige extra verdichting van de bodem aangetroffen. Deze wordt veroorzaakt door het berijden en beweiden van het land wanneer de ondergrond nog te nat is om de druk te weerstaan. In bouwland wordt deze verdichte laag een ploegzool genoemd. Een ploegzool wordt door de jaren heen opgebouwd. Op die diepte is het effect van vorst en droogte minder dan dichtbij het bodemoppervlak en wortels passeren deze laag via de weinige doorgangen die er nog zijn. Daardoor wordt weinig organisch materiaal aan de laag toegevoegd en dat maakt weer dat het bodemleven er weinig te zoeken heeft en de dichtheid daar nauwelijks ongedaan maakt. Een ploegzool heeft een positief effect zolang neerwaarts stromend water er niet op stagneert en zolang de wortels hun weg naar de ondergrond blijven vinden: machinesporen niet te diep in en de structuur van de diepere lagen wordt beschermd tegen verdichting. Indien echter een overschot aan water maar langzaam weg kan stromen (zie 'waterinfiltratie', par. 3.1.4) en wanneer de ondergrond nauwelijks doorworteld wordt (zie 'profielkuil', par. 3.4.2.), dan moeten maatregelen getroffen worden om de ploegzool minder geprononceerd te maken.

De *verdichting van de ondergrond* (dieper dan 40 centimeter) komt vooral voor op lichte gronden. Op zandgronden wordt deze verdichting vooral veroorzaakt door een hoge grondwaterstand in de winter. Een dergelijke verdichting is pas een echt probleem als het grondwater in de zomer zo ver weg zakt dat de capillaire opstijging bij droogte nauwelijks meer kan bijdragen aan de vocht- en stikstofvoorziening van het gewas. Zulke gronden zijn nat in de winter en droogtegevoelig in de zomer. Bovendien zijn deze gronden erg gevoelig voor uitspoeling van nitraat. Wanneer de ondergrond weinig nitraat bevat, worden gewassen niet gestimuleerd om de ondergrond te doorwortelen. Op diep ontwaterde lichte zavelgronden is de verdichting van de ondergrond veelal alleen het gevolg van het gebruik van zware machi-

nes. Deze ondergrond is daardoor slecht doorwortelbaar. In kleigronden is de ondergrond als geheel zelden te dicht, wel kunnen er nagenoeg ontoegankelijke scherp hoekige structurelementen en zandlagen in zitten. Ook kunnen er te weinig grote poriën en permanente scheuren aanwezig zijn (meer informatie bij de testen 'waterinfiltratie' en 'profielkuil' in par. 4.1.4. en 4.4.2.).

Praktijkmaatregelen:

Behoedzaam berijden

Zo min mogelijk berijden en bewerken van de bodem voorkomt verdichting van de bodem. Zeker als de bodem nat is, wordt structuur al snel beschadigd. Voorkom het berijden té vroeg in het voorjaar en té laat in het najaar wanneer de bodem nat is. De draagkracht is dan beperkt. Een aantal maatregelen om negatieve effecten van berijden te minimaliseren:

- Een lage bandenspanning (zo mogelijk circa 0,8 bar, ook bij de loonwerker!).
- Het gebruik van dubbele banden en tandem-assen.
- Het combineren van werkgangen.
- Het gebruik van breed werkende machines.
- Het gebruik van vaste rijpaden, het telen in een beddensysteem, al of niet GPS geleid.

Al deze maatregelen maken dat de bodemstructuur ontzien wordt. Wintergranen kunnen vroeger gezaaid worden dan men gewend is te doen. De kans op onkruiden is dan wel wat groter. Het ploegen met een wiel in de voor kan soms vervangen worden door een ondiepe kerende bewerking bovenover met een ecoploeg (grasland of korte groenbemesters) of cultivator (graan in aardappelland) of spitmachine (als de verhoogde kans op onkruid geen probleem is). Wanneer de gelegenheid zich voordoet, kan over de vorst gewerkt worden.

Behoedzaam beweiden

Vee kan beter uit een weide gehaald worden zodra het de zode begint te vertrappen. Dit is echter niet altijd praktisch haalbaar in het weideseizoen. Standweides hebben veelal een dichtere zode en zijn daardoor minder gevoelig. Het effect van schapenpoten reikt niet veel verder dan 5 centimeter, koeien en paarden kunnen de grond tot 20 centimeter verdichten. Voor de bodemstructuur is het beter de laatste weidesnede door schapen af te laten grazen.

Verbetering van de draagkracht

Een goede waterafvoer en diepe ontwatering maken dat een grond eerder en langer te berijden is zonder veel schade aan te richten. Het wegnemen van verstoppingen in het drainagestelsel werkt altijd positief. Het verlagen van de grondwaterstand leidt op veengronden tot een versnelde afbraak van het veen en vaak ook tot een extra mineralisatie van organische stikstof.

Bescherming van het bodemoppervlak

Wanneer de bodem in de herfst en winter zoveel mogelijk bedekt blijft door een gewas of groenbemester (wintergranen kunnen al begin september gezaaid worden samen met witte klaver), zal het bodemleven de grond openhouden. Er zal tevens minder nitraat uitspoelen. Echter, de kans op onkruid is in veel gevallen wel groter.

Het aantal keren dat een gewas geteeld wordt dat laat in het seizoen geoogst wordt (peen, witlof, kool, suikerbieten) kan verminderd worden om zodoende vaker een groenbemester te kunnen telen. Vaak is dit echter economisch niet aantrekkelijk. Vroeg te oogsten gewassen voor de conservenindustrie kunnen dan een uitkomst zijn (sperziebonen, doperwtten). Volggewassen als klaver kunnen als ondervrucht in het voorgaande gewas gezaaid worden, zodat het land nagenoeg continu bedekt blijft. In de tuinbouw kan een mulch-dek worden aangebracht.

Mechanisch verbetering en biologische consolidatie

Met een woelpoot(je) aan de ploeg kan een ploegzool worden losgemaakt. Het is belangrijk dat deze verbetering geconsolideerd wordt door een diep wortelend gewas ruim voor de winter in te zaaien. Het

woelen dient onder droge omstandigheden te gebeuren.

Ook verdichte ondergronden kunnen mechanisch losgemaakt worden in de zomer. Ook daarna moet er tijdig een intensief en diep wortelend gewas worden ingezaaid. De wortels houden de bodem dan open en voorkomen het inzakken van de grond. Diep wortelende gewassen als luzerne, granen en grassen zijn hiervoor bij uitstek geschikt.

Een ondergrond moet alleen los getrokken worden als deze echt te dicht is. Vooral op lichte zavelgronden is vaak een biologisch opgebouwde structuur in de ondergrond aanwezig: poriën zijn met elkaar verbonden en lopen door naar de ondergrond. Door te woelen wordt deze broze structuur afgebroken. Enkele jaren na het woelen is de mechanisch opgebouwde structuur vaak al weer ingestort.

Bemesting

Toevoer van organische stof middels gewasresten, vaste mest, humusaarde, composten e.d. geven een stimulans aan het bodemleven. De grotere, gravende dieren maken de grond losser en de micro-organismen produceren organische kitstoffen die de opgebouwde structuur verstevigen.

Door de pH op het gewenste peil te houden (zie 'zuurgraad', par. 4.3.2.) wordt de stabiliteit van bodemstructuur verbeterd en de verdichting van de bodem tegengegaan.

Het toedienen van drijfmest kan de structuur verslechteren, vooral wanneer deze vroeg in het voorjaar met zware machines op het land gereden wordt. Bovendien stijgen de pH en de hoeveelheid geadsorbeerde ammonium in de nabijheid van de drijfmest tijdelijk tot hoge waarden, waardoor de binding tussen de bodemdeeltjes daar tijdelijk zwakker wordt. Hierdoor wordt de grond als geheel gevoeliger voor verdichting.

Geen of minimaal gebruik van bestrijdingsmiddelen

Door intensieve inzet van bestrijdingsmiddelen, kan de samenstelling van de bodemflora en -fauna verstoord worden. Juist de grotere dieren die met hun gegraveerde bodem losser maken, hebben veel te lijden van bestrijdingsmiddelen. Bovendien kan de productie van verkittende stoffen afnemen en dit maakt de grond gevoeliger voor verdichting.

Literatuur

- Ann., 1970. Cultuurtechnisch vademecum, cultuurtechnische vereniging.
- Arshad, M.A., B. Lowery & B. Grossman, 1996. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, J.W. & A.J. Jones. Methods for assessing soil quality. p. 123-141. SSSA Special publication no. 49. Madison, WI, USA.
- Hoekstra, C. & J.N.B. Poelman, 1982. Dichtheid van grond gemeten aan de meest voorkomende bodemeenheden in Nederland. Rapport 1582. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 47p.
- Koopmans, C.J. & G.J. van de Burgt, 2001. Mineralenbenutting in de biologische landbouw, een integrale benadering. Louis Bolk Instituut, Publ. LB5, 118 p.
- Locher, W.P. & J. Broekhuizen, 1990. Grond als driefasig systeem. In: Locher, W.P. & H. de Bakker (eds). Bodemkunde van Nederland Deel 1, Algemene bodemkunde, p. 57-69. Malmberg, Den Bosch.

4.1.3 Stabiliteit van de aggregaten

Inleiding

De stabiliteit en de binding tussen deeltjes in de bodem (aggregaten) is van belang voor de bodemstructuur. Een goede bodemstructuur is essentieel voor een goede beworteling, de indringing van lucht en warmte maar ook voor het vasthouden van water in de bodem of de afvoer van overtollig water. Of de bodemstructuur tegen een stootje kan of gemakkelijk instort is van praktische betekenis. Met een stabiele structuur kan men zich veel meer veroorloven met betrekking tot bijvoorbeeld de grondbewerking dan bij een wankelende structuur. In het laatste geval is de binding tussen de bodemdeeltjes onvoldoende en zakt de bodem ineen na een flinke regenbui. Aan het oppervlak van de bodem kan dit tot verslemping leiden: de bodem zit dicht, de opkomst van het gewas verslechtert, water wordt minder

goed opgenomen door de bodem en loopt oppervlakkig af.

Bodemaggregaten zijn opgebouwd uit minerale korrels en organische vaste deeltjes met daartussen poriën. Bij een stabiele structuur zijn die minerale en organische deeltjes sterk aan elkaar verbonden. De opbouw en het instandhouden van aggregaten is afhankelijk van:

- Kitstoffen van bodemorganismen zoals bacteriën die allerlei stoffen uitscheiden die bodemdeeltjes doen samenklonteren en zorgen voor een stabiele samenhang. Regenwormen mengen en eten grond en organisch materiaal en scheiden dat weer uit met kitstoffen.
- Schimmels kunnen met name na de toediening van organisch materiaal lange draden (hyphen) vormen die als bundels door de bodem lopen en daarmee een verkittende werking hebben.
- Bacteriën die rond wortels leven en mycorrhiza's die in associatie met wortels leven hebben een verkittende werking in de bodem.
- Nog niet verteerde wortelresten kunnen de structuur tijdelijk verstevigen.
- Klei en humus kunnen stabiliteit aan de bodemstructuur geven. Met name waar klei en humus samengaan en de stabiele klei-humus complexen vormen, kan een stabiele structuur worden verkregen. Daarbij spelen ijzeroxides en andere anorganische stoffen als calcium, magnesium en aluminium een belangrijke rol.

Aanwijzingen in het veld

Verslemping is een aanwijzing dat de structuur niet stabiel is. Zavelgronden en gronden met veel fijn zand zijn bij uitstek gevoelig voor verslemping. Nadat bij een bewerking een fijn zaaibed is gevormd, is een stevige regenbui voldoende om de kleine aggregaten kapot te slaan. De losgeslagen deeltjes stoppen de overgebleven fijne poriën en de doorlatenheid van het bovenste laagje neemt sterk af. De iets drogere grond hieronder kan het water niet zo snel uit dit bovenste laagje zuigen en wordt daarom snel verzadigd met water. Dat maakt de toch al lage stabiliteit nog lager en het resultaat van deze vicieuze cirkel is dat er een dicht gesloten laagje wordt gevormd.

Verslemping aan het oppervlak gaat vaak, maar niet altijd, samen met een hoge bodemdichtheid van de bouwvoor aan het eind van het groeiseizoen, ook daar waar de grond niet bereiden werd. Ook dit is een aanwijzing dat de stabiliteit van de structuur in de bovengrond laag is. In de winter zakt een geploegde bouwvoor ineen tot een vaste bovenlaag als de ontwatering slecht is.

Voor de ondergrond ligt het iets gecompliceerder. De stabiliteit van de structuur in lichte gronden is sowieso gering. Er is weinig humus, klei of ijzer om de deeltjes te binden. Als dan in de winter het grondwater stijgt, is er weinig voor nodig om de kwetsbare structuur te niet te doen. Het gevolg is dat het overtollig water niet gemakkelijk wegloopt hetgeen de stabiliteit nog vermindert.

Doel

De aggregaatstabiliteit geeft weer hoe goed de bodem bestand is tegen verstoring door invloeden van buitenaf zoals regenval. Bodemleven en wortels dragen bij aan de vorming van de aggregaten. Door aggregaten verbetert de waterhuishouding in de bodem en treedt doorluchting op die wortelgroei mogelijk maakt. In de aggregaten wordt organisch materiaal beschermd tegen een te snelle afbraak en worden voedingsstoffen behoed voor uitspoeling.

Methode

- Met behulp van de instructiekaart en de daarop aangegeven materialen bij deze test, kan de test het beste meerdere keren met grond van eenzelfde perceel worden uitgevoerd.
- Met behulp van het invulformulier (bijlage 1) wordt het percentage (%) waterstabiele aggregaten berekend.
- Hoe hoger het percentage waterstabiele aggregaten hoe beter de bodem bestand is tegen verstoring van de bodemstructuur.
- Wanneer percentage waterstabiele aggregaten relatief laag is, kunnen maatregelen worden overwogen om de stabiliteit in de bodem te waarborgen of eventueel te verbeteren.

Beoordeling van de resultaten

Vooralsnog zijn er relatief weinig relevante en betrouwbare gegevens omtrent de aggregaat stabiliteit beschikbaar voor de Nederlandse situatie. Een overzicht van de aggregaatstabiliteit van 42 Nederlandse percelen die met behulp van deze test zijn verkregen is gegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Stabiliteit van de aggregaten (% waterstabiel aggregaten) van 42 Nederlandse percelen bepaald met de testkit.

Grondsoort	Aantal percelen	Laagste waarde	Hoogste waarde	Gemiddeld
Zand	17	52	75	49
Zavel	14	21	73	55
Klei	11	45	67	57

Praktijkmaatregelen om de stabiliteit van de structuur te verbeteren in de bovengrond

Verbetering van de drainage

Door de verdichting van het perceel te voorkomen en de drainage van het perceel te verbeteren, wordt voorkomen dat de grond te lang nat en kwetsbaar blijft.

Intensivering van bodemleven

Door organische stof toe te voegen in de vorm van gewasresten, vaste mest en compost wordt het bodemleven geïntensiveerd. Het gebruik van drijfmest kan een kortstondig negatief effect op de stabiliteit van de structuur hebben. Het gebruik van vaste mest verdient de voorkeur op gronden met een weinig stabiele structuur. Kunstweides zijn bij uitstek geschikt om het organisch stofgehalte omhoog te brengen en tegelijkertijd het bodemleven te intensiveren.

Bescherming bodemoppervlak

Door de grond zoveel mogelijk bedekt te houden door een gewas te laten groeien, gewasresten te laten liggen dan wel door mulch aan te brengen, wordt het bodemoppervlak beschermd tegen de destructieve werking van grove regendruppels. Gras of een mengsel van klaver en gras als groenbemester vormt veel wortelmasse wanneer het niet of karig bemest wordt. Wanneer dit onder of na het hoofdgewas gezaaid wordt, zal het de bodem bedekt houden in perioden met neerslag in het najaar en winter. Wanneer vervolgens vroeg in het voorjaar geploegd wordt, verstevigen de nog niet verteerde wortels tijdelijk de structuur van de bodem. De gewasresten van karig bemest gras hebben een hoog C/N quotiënt en bij de vertering ervan wordt aanvankelijk stikstof aan de bodem onttrokken. Klaver vormt weliswaar minder wortels, maar de gewasresten inclusief de wortels bevatten veel stikstof en hebben een hoog C/N quotiënt. Wanneer klaver in het voorjaar ingeploegd wordt, komt meteen na het ploegen stikstof vrij.

Zaaibedbereiding

Hoe fijner het zaaibed, des te kwetsbaarder de structuur aan het bodemoppervlak. Het is de kunst het bodemoppervlak zo lang mogelijk grof te houden. Vaak kan de grond in het voorjaar geploegd worden en zonder veel intensieve bewerkingen zaaiklaar gemaakt worden.

Een andere mogelijkheid is minder vaak een gewas te telen dat een fijn zaaibed nodig heeft.

Praktijkmaatregelen om de stabiliteit van de structuur te verbeteren in de ondergrond

Lichte gronden hebben sowieso een weinig stabiele structuur en in de ondergrond is die nauwelijks anders te stabiliseren dan door de ontwatering te verbeteren. Met name voor de ondergrond geldt dat de structuur moet worden ontzien, als de stabiliteit gering is. Zie de maatregelen om verdichting te voorkomen (par. 4.1.2). Het ideale gewas om de structuur in de ondergrond te verbeteren is luzerne. Als de luzerne niet in staat is wortels tot vlak boven de grondwaterspiegel te vormen, kan men overwegen de ondergrond mechanisch open te trekken en daarna de hierdoor ontstane lagere bodemdichtheid te consolideren door met een gewas als luzerne verticale gangen te maken.

Kleigronden zijn in de ondergrond heel langzaam te verbeteren door de grond beter te draineren en te bekalken. Het is nagenoeg onmogelijk kalk door de ondergrond te mengen en deze zal daarom slechts langzaam vanuit de bovengrond in de ondergrond dringen. Droge zomers zijn belangrijk voor de ontsluiting van de ondergrond. Vlinderbloemigen als luzerne en witte klaver zijn, in tegenstelling tot grassen en granen, in staat een dergelijke ondergrond te doorwortelen in droge zomers. Grassen ontwikkelen in de ondergrond geen wortelstelsel, omdat ze alleen wortels ontwikkelen waar stikstof te vinden is. In de ondergrond van zware kleigronden is gewoonlijk nauwelijks minerale stikstof aanwezig omdat het merendeel eerder gedenitrificeerd werd. Vlinderbloemigen binden de stikstof die ze nodig hebben. De ontwikkeling van hun wortelstelsel wordt meer gestuurd door de beschikbaarheid van andere voedingsstoffen en water. Wanneer ze vocht onttrekken aan de ondergrond, scheurt deze open en deze scheuren worden weer benut om dieper te gaan. Dit is een langzaam proces.

Literatuur

- Angers, D.A. & G.R. Mehuys, 1993. Aggregate stability to water. *In*: M.R. Carter (ed.) Soil sampling and methods of analysis p. 651-658. Canadian Soc. Soil Sci., Lewis Publ., Boca Raton.
- Arshad, M.A., B. Lowery & B. Grossman, 1996. Physical tests for monitoring soil quality. *In*: Doran, J.W. & A.J. Jones. Methods for assessing soil quality. p 123-141. SSSA Special publication no. 49. Madison, WI, USA.
- Brady N.C. & R.R. Weil, 1996. The nature and properties of soils. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 11^e druk. 740 p.
- Carter, M.R. & B.A. Stewart, 1996. Structure and organic matter storage in agricultural soils. CRC Lewis publishers, Boca Raton, 477 p.
- Kemper, W.D. & R.C. Rosenau, 1986. Aggregate stability and size distribution. *In*: A. Klute (ed.) Methods of soil analysis: Part I, physical and mineralogical methods. p. 425-442. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Koopmans, C.J. & G.J. van den Burgt, 2001. Mineralenbenutting in de biologische landbouw. Louis Bolk Instituut, Driebergen, Publ. nr. LB5, 118 p.
- Kuipers, S.F., 1984. Bodemkunde. Educaboek b.v. Culemborg 15^e druk. 306 p.

4.1.4 Waterinfiltratie (waterdoorlatendheid)

Inleiding

Het is niet alleen van belang dat de bodem voldoende vochthoudend is, maar ook dat deze een goed doorlatend vermogen heeft om een overschot aan water snel weg te laten stromen naar de ondergrond. De meting van de waterinfiltratie geeft aan hoe snel het water opgenomen en afgevoerd wordt door de bovengrond. De test kan in een profielkuil ook uitgevoerd worden voor diepere lagen.

De waterinfiltratie van een bodem is afhankelijk van de textuur en de structuur. Vooral diep in de grond doorlopende poriën en scheuren hebben een gunstig effect op de doorlatendheid en daarmee op de bewerkbaarheid van een grond.

Bij een goede ontwatering d.w.z. bij een samengaan van een goede waterinfiltratie en een goed drainagesysteem, zullen geen plassen op het land blijven staan. De waterinfiltratie van de bovenste laag heeft een grote invloed op die van de gehele grond. Onder een verslemt oppervlak ontstaat een zuurstofarm milieu waar wortels en bodemleven niet in gedijen. Verslemping van het oppervlak veroorzaakt een enorme afname van de infiltratiesnelheid aan het oppervlak.

Grondbewerkingen hebben een wisselende invloed op de infiltratiesnelheid. Juist onder de bouwvoor kunnen grotere poriën dichtgedrukt worden en kan de aansluiting tussen de grotere poriën in en onder de bouwvoor onderbroken worden. Hierdoor neemt de infiltratiesnelheid af, met name op de overgang van bouwvoor naar ondergrond. In de bouwvoor zelf neemt de infiltratiesnelheid tijdelijk toe nadat de grond bewerkt is. Later in het seizoen kan de doorlatendheid sterk afnemen door het berijden van het land en door interne slemp, waarbij bestaande poriën dichtslibben en dichtzakken. Dit is minder zichtbaar, maar vermindert de waterinfiltratie eveneens.

Visuele waarneming

De waterinfiltratie is waarschijnlijk goed wanneer:

- Er tijdens regenbuien nooit plassen ontstaan.
- De drains in de winter snel beginnen te werken na een regenbui en ook snel weer ophouden te lopen.
- Een grond na een langdurige regenperiode weer snel bewerkbaar is.

Als vermoed wordt dat het water niet goed weg kan, is dat een goede reden de waterinfiltratie te meten.

Doel

De waterinfiltratie test geeft weer hoe snel het water opgenomen en afgevoerd wordt door de bovengrond. Dit doorlatend vermogen van de grond is afhankelijk van grondsoort, vochtgehalte op het moment van de test, hoeveelheid organische stof, structuur en natuurlijk gevormde poriën en ruimten die in de bodem aanwezig zijn.

Methode

- Met behulp van de instructiekaart en de daarop aangegeven materialen behorende bij deze test, wordt op minstens drie plekken van een perceel de test uitgevoerd.
- De infiltratiesnelheid wordt aangegeven in minuten die nodig zijn om 2,8 cm water weg te laten zakken. Hoe minder tijd nodig is, hoe hoger de infiltratiesnelheid.
- Met behulp van Tabel 5 kan een indruk worden verkregen in hoeverre sprake is van een hoge, matige dan wel lage infiltratiesnelheid.
- Wanneer sprake is van een matig of zelfs lage infiltratiesnelheid kunnen maatregelen worden overwogen om dit te verbeteren.

Randvoorwaarden voor de test:

De grond dient vochtig te zijn om de juiste doorstroming te kunnen meten. Het beste is een meting bij een vochtgehalte op 'veldcapaciteit', zo'n 24 tot 48 uur na een langdurige periode met regen. Voer de test niet uit vlak na een regenbui of na langdurige droogte. Als de (boven)grond droog is op het moment van testen dient de procedure op elke plek twee keer uitgevoerd te worden met tenminste zes minuten pauze ertussen. De eerste keer is om de grond vochtig te maken. De tweede keer geeft dan een meer betrouwbare waarde van de doorlatendheid van een vochtige grond. Als de eerste meting al meer dan 6 minuten in beslag neemt hoeft geen tweede meting plaats te vinden: de waterinfiltratie is dan laag op dat moment.

Omdat poriën, wormengangen, scheuren e.d. een grote invloed hebben op de doorlatendheid en omdat deze niet gelijkelijk over een perceel verspreid zijn, geeft de test alleen een juist beeld als deze op meerdere plaatsen wordt uitgevoerd. Voer de test minimaal op drie plekken uit. Liggen de resultaten ver uiteen, voer dan nog enkele metingen uit. Als er binnen een perceel twee duidelijk verschillende gronden te vinden zijn, probeer dan de doorlatendheid van beide grondsoorten driemaal te meten.

Beoordeling van de resultaten

Over het algemeen kan voor de beoordeling van de waterinfiltratie het volgende worden aangehouden:

Tabel 5. Beoordeling van de waterinfiltratie van de bovengrond.

	Hoog	Matig	Laag
Water			
Infiltratietijd	< 2 minuten	2 - 6 minuten	> 6 minuten

Toelichting

Zandgronden

Lemige zandgronden kunnen gemakkelijk dichtslaan door zware buien. In schrale weides wordt de oppervlaktelaag na een lange droge periode zelfs tijdelijk waterafstotend. Het water kan dan enkel via enkele grote poriën de grond in lopen. Door natuurlijke bezakking van een met water verzadigde grond en door berijden en beweiden kunnen zandgronden heel compact en minder goed doorlaatbaar worden. In de ondergrond kunnen leemlagen en restanten van een inspoelingslaag in voormalige podzolgronden dermate slecht doorlatend zijn dat het overtollige water zijdelings zijn weg moet vinden naar een sloot, drainagepijp of een beter doorlatende plek. Dat vertraagt de afvoer.

Kleigronden

Het aantal scheuren en oude wortel- en wormgangen bepaalt grotendeels de doorlaatbaarheid van kleigronden. Door mechanische verdichting, maar ook door natuurlijke zwelling na bevochtiging kan de doorlatendheid sterk afnemen.

Op kleigronden ontstaan bij droogte weer scheuren. Het hangt van het kleigehalte, de soort klei, de pH en ook nog van wat door de klei gebonden wordt af, of deze afwisseling van zwellen en krimpen gunstig dan wel ongunstig werkt op de vorming van permanente scheuren.

Veengronden

Deze gronden hebben vaak een hoge grondwaterstand en een hoog vochthoudend vermogen. Het merendeel van de veengronden wordt gebruikt voor beweiding. De doorlatendheid is echter vaak slecht en de zode is zeer kwetsbaar in natte periodes. Sommige veensoorten kunnen na uitdrogen nog maar moeilijk water opnemen en geven dan een zeer lage doorlaatbaarheid te zien.

Praktijkmaatregelen om de waterinfiltratie van de bodem te verhogen

Mechanische bewerkingen

De waterinfiltratie wordt verhoogd of hoog gehouden door:

- De hoofdgrondbewerking uit te voeren wanneer de bodem voldoende draagkracht heeft.
- Het zaaibed op zand- en zavelgronden niet te fijn te maken.
- Slemkorsten zo spoedig mogelijk open te breken.
- De grond op de lange termijn minder slemgevoelig te maken (zie stabiliteit van de aggregaten, par. 4.1.3).
- Storende ploegzolen in kleigronden na een graangewas opentrekken. Op lichte zavelgronden moet men zich er van vergewissen of het middel in die regio op langere termijn niet erger uitpakt dan de huidige kwaal. In zandgronden is het effect van woelen veelal kortstondig, tenzij de oorzaken, bijvoorbeeld hoge grondwaterstand in de winter, worden weggenomen.
- Kleigronden waarvan de bovengrond is dichtgereden met zware oogstmachines zo snel mogelijk grof open te trekken, zodat het water weg kan.

Bodemstructuur verbeterende gewassen in de vruchtwisseling

In de bovengrond werken alle genoemde maatregelen die de bodemdichtheid verlagen (zie par. 4.1.2) positief op de doorlatendheid. Gewassen, inclusief groenbemesters, schermen het bodemoppervlak af, vormen poriën in de bodem en stabiliseren de gevormde structuur wanneer de gewasresten verteerd worden.

Om de doorlatendheid van de ondergrond van kleigronden te verbeteren is luzerne het aangewezen gewas. Andere gewassen (granen, grassen, bieten ed.) zijn alleen effectief als de ondergrond enige minerale stikstof bevat voor de droge periode begint. De stikstof in de ondergrond is gewoonlijk in de voorafgaande periode uit de bovengrond naar beneden gespoeld en het gebruik van vaste mest en het ploegen in de herfst maken dat er gedurende winter meer stikstof naar de ondergrond verplaatst wordt. In geval van kleigronden zal deze stikstof grotendeels in de ondergrond bereikbaar blijven voor een volgend gewas. Op zandgronden daarentegen spoelt de stikstof grotendeels uit omdat het vochthoudende vermogen van zandgronden lager is.

Gebruik van organische mest

Organische meststoffen werken positief op de vorming en stabilisering van de bodemstructuur en daarmee op de waterinfiltratie. Gebruik van vaste mest heeft een gunstig effect op het aantal wormen in de grond. In veel gevallen hebben wormen een gunstig effect op de bodemstructuur. Zie daarvoor verder de wormentest (par. 4.2.2).

De juiste pH

Vooraf op zwaardere gronden is een juiste pH van belang voor een goede structuur en daarmee voor een goede waterinfiltratie. Het is op kleigronden gewoonlijk onmogelijk om in enkele jaren de pH van kalkloze ondergronden omhoog te brengen. Dat neemt vele jaren in beslag. Zie ook de pH-test (par. 4.3.2).

Drainagestelsel

Wanneer het drainagestelsel naar behoren functioneert (drainagebuizen op de goede afstand en niet verstopt) blijft de grond tot grotere diepte onverzadigd. Dat voorkomt dat gronden in elkaar zakken.

Literatuur:

Ann., 1975. Soil physical conditions and crop production. Technical Bulletin 29, Ministry of agriculture, fisheries and food, London.

Locher, W.P. & H. de Bakker, 1990. Bodemkunde van Nederland Deel 1, Algemene bodemkunde, p. 57-69. Malmberg, Den Bosch.

USDA, 1999. Soil quality test kit guide. USDA, ARS, NRCS, SQI, Washington, 82 p.

4.2 Bodembiologische bepalingen

4.2.1 Koolzuurproductie

Inleiding

Het bodemleven speelt een belangrijke rol in de bodem. Veel voedingsstoffen, zoals stikstof, fosfaat, sulfaat en sporenelementen zijn voor een belangrijk deel pas beschikbaar voor de plant wanneer het bodemleven deze uit organisch materiaal heeft vrijgemaakt. Ook op de bodemstructuur heeft het bodemleven een belangrijke invloed. Het meeste bodemleven is zo klein dat het met het blote oog niet zichtbaar is. Organismen die van organisch materiaal leven, scheiden evenwel koolzuur uit. Deze koolzuur is te meten en daardoor kan de activiteit van het bodemleven toch zichtbaar gemaakt worden. Een echt hoge koolzuurconcentratie gaat vaak samen met zuurstofgebrek en dat vermindert weer de activiteit van het wortelstelsel. Het is dus zaak een middenweg te vinden.

De methode kan toegepast worden in het voorjaar om te kijken of de bodemactiviteit al op gang gekomen is. Ook bij trage groei zonder duidelijke reden is de methode een hulpmiddel. Verder kan de test ingezet worden om te kijken of maatregelen die zijn genomen om de bodemactiviteit te verhogen effectief zijn.

Doel

Het doel van de test is het vaststellen van de biologische activiteit van de bodem door het meten van de koolzuurproductie in de bodem. De koolzuurproductie wordt gemeten aan ongestoorde grond zodat de werkelijke activiteit op het moment van meten bepaald wordt.

Methode

- Het koolzuur dat in de bodem wordt geproduceerd wordt gedurende een half uur opgevangen in een afgesloten cilinder. Deze opgevangen lucht wordt door een kleurreegentia geleid in het Dreagerbuisje. Met de mate van verkleuring kan het percentage koolzuur vastgesteld worden.
- Met behulp van het invulformulier wordt de koolzuurproductie per ha. berekend.
- Met de cilinder wordt vooral de koolzuurproductie gemeten van het bodemleven dat zich direct

onder de oppervlakte bevindt.

- Wanneer er sprake is van een lage koolzuurproductie kunnen maatregelen worden overwogen om dit te verbeteren.

Toepassing van de test

Bij de toepassing moet er rekening mee gehouden worden dat vochtgehalte en temperatuur een grote invloed op de bodemactiviteit hebben. Meet bij voorkeur in de periode april-oktober in een vochtige bodem. Dit is bijvoorbeeld 24 uur na een regenperiode. De bodem is dan wat genoemd wordt op veldcapaciteit. In de berekening van de koolzuurproductie wordt het effect van de temperatuur verdisconteerd. De test is minder geschikt voor begroeide gronden, want plantenwortels scheiden immers ook koolzuur af.

Beoordeling van de resultaten

In de VS wordt de normering volgens Tabel 6 aangehouden:

Tabel 6. Beoordeling van de koolzuurproductie voor Amerikaanse landbouwgronden (naar Woods End Research, 1997; USDA, 1999).

Koolzuurproductie Kg CO ₂ -C per ha per dag	Beoordeling biologische activiteit
0	Geen
<11	Zeer laag
11-18	Matig laag
19-36	Gemiddeld
37-72	Goed
> 72	Ongewoon hoog

In Nederland is op enkele tientallen percelen de koolzuurproductie met de testkit gemeten. Dit aantal is te weinig om voor Nederland een gefundeerde norm op te stellen. Het overzicht in Tabel 7 geeft een beeld van de hoogte van de koolzuurproductie van Nederlandse gronden:

Tabel 7. Koolzuurproductie op Nederlandse percelen (Kg CO₂-C per ha per dag) bepaald met de testkit.

Grondsoort	Aantal percelen	Laagste waarde	Hoogste waarde	Gemiddeld
Zand	17	2	60	22
Zavel	11	1	81	38
Klei	8	0	77	25

Praktijkmaatregelen om de bodemactiviteit te verhogen:

De grond bedekt houden met een gewas of mulch materiaal

Een goed groeiend gewas voedt het bodemleven: het geeft organische stoffen af (exudaten), wortels en bladeren sterven af en sommige bodemorganismen "begrazen" het wortelstelsel. Onder een vegetatiedek of een mulch-laag droogt de bovenste laag minder snel uit, zodat ook daar organismen actief kunnen blijven. De gewasresten vormen als het ware de proviand om de bodemorganismen de vegetatieloze periode door te helpen. Als deze vegetatieloze periodes kort worden gehouden, kunnen meer organismen overleven. Dat kan door na het hoofdgewas een groenbemester in te zaaien en door onder graan gras of grasklaver te zaaien.

Grondbewerking

Bewerking van grond verhoogt de activiteit van micro-organismen, vooral op kleigronden. Dit komt doordat bewerking de aggregaten openbreekt en voedsel in de hele kleine en ontoegankelijk poriën toegankelijk maakt. Verder wordt de concentratie zuurstof in de grond hoger en waarschijnlijk worden ook pat-

stellingen doorbroken tussen micro-organismen die elkaar met anti-biotica remmen in hun activiteit.

Organisch materiaal kan maar een keer afgebroken worden en wanneer men stelselmatig de grond intensief bewerkt, blijft er minder afbreekbaar materiaal over. Bovendien worden veel grotere bodem-dieren gestoord in hun ontwikkeling. Met een gerichte timing van grondbewerking kan men het bodemleven op een goed moment laten "pieken". Daarbij gaat het er om dat steeds zoveel voedingsstoffen vrijkomen bij de vertering dat de plant elk moment kan vinden wat zij nodig heeft.

Bemesting

Organische mest is voeding voor het bodemleven. Vaste stalmest, mestcompost en groencompost zijn al voorverteerd. De verdere vertering verloopt niet meer zo stormachtig en dat maakt deze mestsoorten geschikt om het bodemleven de vegetatieloze perioden door te helpen. Ook aan het eind van de winter is er dan nog voldoende materiaal om het leven in de bodem actief te houden. Bij eenzijdig gebruik van kunstmest of drijfmest, moet het bodemleven vooral overleven op gewasresten. Na gras en granen blijven veel betrekkelijk moeilijk te verteren stoffen achter. Na hakvruchten zoals aardappelen en wortelen, die vooral snel verteerbaar materiaal achterlaten, zal in het voorjaar nog weinig bodemleven actief zijn. Wanneer te veel drijfmest wordt uitgereden of wanneer deze te diep en geconcentreerd wordt ingebracht, kunnen er zuurstofloze plekken ontstaan, waar de vertering stagneert en nitraat gedenitrificeerd wordt.

Het bodemleven wordt geremd als de pH onder de 5.5 komt. Meer informatie is te vinden bij pH meting (par. 4.3.2). Bij een lage pH loopt het humusgehalte tot hogere waarden op (vergeleken met waar de pH hoger is), maar de stabiliteit van de humus is lager. Verder wordt de vertering van verse organische stof meer over het hele jaar uitgesmeerd. In zandgronden met een hogere pH zal de vertering hogere pieken vertonen. Ook klei werkt matigend op de verteringssnelheid van aangevoerd materiaal.

Gewasbeschermingsmiddelen

Fungiciden en met name nematiciden schaden het functioneren van het bodemleven.

Literatuur

Parkin, T.B., J.W. Doran & E. Franco-Vizcaino, 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. *In*: Doran, J.W. & A.J. Jones. Methods for assessing soil quality. p 231-245. SSSA Special publication no. 49. Madison, WI, USA.

Woods End Research, 1997. Guide to solvita testing and managing your soil. Woods End Research Laboratory, Inc., Mt. Vernon, ME.

USDA, 1999. Soil quality test kit guide. USDA, ARS, NRCS, SQI, Washington, 82 p.

4.2.2 Regenwormen

Inleiding

Regenwormen kunnen worden gezien als één van de indicatoren voor een rijk en divers bodemleven. Regenwormen geven met hun graafwerk en door het verfijnen en vermengen van organisch materiaal in de bodem een belangrijke impuls aan al het andere bodemleven. Zij maken het voedsel beter toegankelijk. Het bodemleven heeft een belangrijke functie bij de afbraak van organische stof, de vorming van meer stabiele humusvormen en het vasthouden en beschikbaar maken van voedingsstoffen voor het gewas. Wormen spelen daarnaast een belangrijke rol bij de vorming en instandhouding van de bodemstructuur en daarmee de water- en luchthuishouding in de bodem. In de jonge zeekleigronden als die in de Flevo-polders lijkt een te hoog aantal wormen de grond te sterk te verkitten; dat geeft veel tarra en bemoeilijkt de oogst van knol- en wortelgewassen.

Vergeleken met andere biologische bodemparameters is het aantal wormen relatief gemakkelijk te tellen. Ook de determinatie naar groep zal in veel gevallen met het blote oog mogelijk zijn. In Nederland komen 18 soorten wormen voor, waarvan er 8 in grotere aantallen in agrarische gronden kunnen voorkomen. Ze zijn onder te verdelen in 3 groepen afhankelijk van hun leefomstandigheden (Tabel 8).

Tabel 8. Indeling van de 3 groepen regenwormen.

Groep	Kleur	Beweeglijkheid	Diepte (cm)	Voedsel	Hoofdfunctie
Strooiselbewoners	Rood	Snel	0-20	Plantenresten en organische mest	Vertering organisch materiaal
Bodembewoners	Grauw	Zwak	0-40	Organische stof	Structuurverbeteraars
Pendelaar	Rood/Roze	Matig	0-300	Plantenresten	Verticale gangen

Functie van de groepen

Strooiselbewoners / Rode wormen

(epigeïsche wormen: *Lumbricus*, *Dendrobaena*, *Dendrodrilus*, *Satchellius*).

Deze voornamelijk rode wormen leven in de bouwvoor en in de strooisellaag. Deze worm geeft de voorkeur aan vochtige gronden met een hoog organisch stofgehalte. Hij komt voor in praktische alle bodems met een pH van 3,5-8,4. Ze trekken naar plekken met veel voedsel zoals mestplekken in weilanden en eten vers organisch materiaal als plantenresten en mest. Daarmee voorkomen ze ophoping van organisch materiaal aan het bodemoppervlak zoals vervilting van de graszode. Bij slechte omstandigheden zoals koude, droogte en voedselgebrek sterven ze snel. Ze kunnen slecht tegen grondbewerkingen omdat ze ondiep in de bodem zitten. Wanneer er minder dan 20 wormen per m² voorkomen kan gemakkelijk vervilting van de graszode optreden.

Bodembewoners / Grauwe wormen

(endogeïsche wormen: *Allolobophora*, *Aporrectodea*, *Eiseniella*, *Eisenia*, *Helodrilus* en *Octolasion*).

Deze voornamelijk grauwe wormen leven wat dieper in de grond tot 40 centimeter diepte. Ze graven zich al etende door de aarde, vermengen minerale deeltjes met organische stof en verbeteren zo de structuur en de stabiliteit van de bodem. Ze vormen een netwerk van gangen in de grond. In hun darmkanaal wordt organische stof gebonden aan klei, dat daardoor beschermd wordt tegen afbraak. Hierdoor ontstaan stabiele humusvormen, welke de algehele bodemvruchtbaarheid bevorderen, ook op langere termijn. Grauwe wormen kunnen bij ongunstige omstandigheden overgaan in een soort slaaptoestand en in die toestand wachten op betere tijden. Ze vermenigvuldigen zich traag. Ze leven bij een pH van 4,5 tot 9.

Pendelaars

(Anéciquesche wormen: *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*).

Pendelaars kunnen erg lang worden, ze hebben een roodpaars kopeind en een grauwe platte staart. Ze hebben dezelfde functie als strooiselbewoners en dragen bovendien met hun verticale gangen bij aan een goede waterinfiltratie. In Nederland is het de grootste en sterkste worm, die in gronden met een ongestoord profiel en lage grondwaterstand, verticale gangen graaft tot 3 meter diep en daarin heen en weer pendelt. Onder vochtige omstandigheden komen ze 's nachts aan het oppervlak om daar voedsel te verzamelen en kunnen zich daarbij over grote afstanden verplaatsen (circa 10 m). Ze komen veel voor in kleigronden en staan vooral bekend om het eten van plantenresten en het in de grond trekken van bladeren.

Wanneer een verdichte laag onder de bouwvoor aanwezig is kunnen pendelaars deze doorbreken.

Plantenwortels kunnen dan door deze gangen weer naar diepere lagen doordringen. Ook kan er lucht in de ondergrond komen en kan overtollig water sneller weglopen. Daarmee verbeteren pendelaars de drainage en de luchtcirculatie. Omdat elke worm slechts in één verticale gang leeft, hebben grondbewerkingen een sterk versturende werking. In bouwland kunnen pendelaars gewoonlijk niet of slechts ternauwernood overleven.

Overige wormen

Potwormen

(Enchytraeen). Potwormen zijn kleine witte wormen van 4 tot 40 mm lang. Ze leven van bacteriën,

schimmels en dood organisch materiaal. Ze eten geen levende planten en veroorzaken dan ook geen schade aan het gewas. Ze komen vooral boven in de grond voor, in humusrijke delen, bijvoorbeeld bij een mestkluit of net onder de graszode. De potworm is het kleine broertje van de regenworm en ze kunnen gedeeltelijk elkaars taken overnemen. Een verschil met regenwormen is dat het opgenomen voedsel in de mondholte wordt voorverteerd met enzymen. In de uitwerpselen zijn de bodemdeeltjes en het verteerde voedsel aan elkaar gebonden. Op deze wijze wordt humus aan klei gebonden. De uitwerpselen van de potwormen hebben een veel grotere stabiliteit dan bodemdeeltjes die mechanisch verkleind zijn. Vanwege de grote aantallen en vanwege de gunstige invloed op de humusopbouw zijn potwormen van veel betekenis voor een vruchtbare bodem.

Mestwormen/ compostworm

(*Eisina foetida*). Mestwormen zijn voornamelijk fel, donker rood tot haast purper gekleurde wormen. Ze zijn heel beweeglijk en zorgen voor de vóórvertering van verse plantenresten en mest in een mest- of composthoop. Ze bevinden zich bijna nooit in de grond. Wanneer deze worm met mest naar het land getransporteerd wordt, kan hij daar nauwelijks of niet overleven.

Doel

Het doel van de test is een indicatie te geven van de hoeveelheid en soorten wormen welke te vinden zijn in een perceel. Het aantal en type wormen dat wordt gevonden, is een indicatie voor het bodemleven.

Randvoorwaarden voor de test

In de bovengrond kunnen wormen het beste in het voor- en/of najaar geteld worden. Wanneer de grond te koud of te droog is worden weinig of geen wormen gevonden. Een goed beeld van de aanwezige soorten wordt verkregen door op 3 tot 5 plaatsen in een perceel een kluit te steken. Er wonen maar weinig pendelaars in de bovenste 25 cm, omdat deze zich vaak diep in de grond terugtrekken. Op lössgronden zelfs tot 2 à 3 meter diepte, afhankelijk van de grondwaterstand. Door deze test te combineren met de waarnemingen in de profielkuil kan een indicatie verkregen worden van deze groep (zie profielkuil).

Methode

- Met behulp van de instructiekaart en de daarop aangegeven materialen wordt de test op 3 tot 5 plaatsen in een perceel uitgevoerd.
- Op het invulformulier staat de rekenprocedure om het aantal wormen per m² te berekenen.
- Achter op de instructiekaart is een indeling naar soortengroep gegeven.
- Middels tabellen 9 en 10 kan een indicatie worden verkregen in hoeverre sprake is van een geringe, matige, dan wel grote wormenpopulatie.
- Wanneer weinig wormen aanwezig zijn, kunnen maatregelen genomen worden om dit te verbeteren.
- Met de maatregelen wordt behalve wormen ook het bodemleven in brede zin gestimuleerd.

Beoordeling van gemeten resultaten

De waarden van de tabellen 9 en 10, zijn afkomstig uit literatuur en ongepubliceerde metingen van verschillende projecten. Ze moeten zuiver en alleen als indicaties worden gezien. Het is nog onvoldoende bekend wat het gewenste aantal wormen is voor verschillende grondsoorten en bedrijfssystemen.

Tabel 9. Beoordeling van de regenwormen voor akkerbouw en tuinbouw.

Aantal wormen Per m ²	Zand			Zavel/klei		
	Gering	Matig	Goed	Gering	Matig	Goed
	< 20	20-50	> 50	< 20	20 – 100	> 100

(naar Topoliantz et al., 2000, en Bijlage 2)

Tabel 10. Beoordeling van de regenwormen voor grasland.

Aantal wormen Per m ²	Zand			Zavel/klei			Veen		
	Gering	Matig	Goed	Gering	Matig	Goed	Gering	Matig	Goed
	< 100	100 – 150	> 150	<100	100 – 200	> 200	<100	100 – 200	> 200

(naar Baars, 2002; Edwards & Lofty, 1972; Kloen, 1988)

Toelichting

Over het algemeen liggen de aantallen wormen op kleigronden hoger dan op zand. Op kleigronden worden soms extreem hoge aantallen wormen gevonden waarbij de oogst van met name aardappels kan worden bemoeilijkt. De wormen vormen dan in of op de grond te veel verse wormenhoopjes die de grond lang nat houden en versmeren. In veengebieden is het beeld grillig. Bij veraard veen kunnen de aantallen zeer hoog zijn. In sommige gevallen echter juist erg laag, wat waarschijnlijk te maken heeft met vaak zuurdere en natte omstandigheden en tijdelijke verzadiging met water. Akkerbouwpercelen zullen meestal weinig rode wormen bevatten, men kan er wel relatief veel grauwe wormen vinden. In grasland komen gewoonlijk duidelijk meer wormen voor dan in akkerland, omdat hun levenscyclus op grasland minder verstoord wordt door grondbewerking en omdat daar een voortdurend aanbod van voedsel is. Op akkers moeten wormen hongerperiodes zien door te komen. In graslanden worden gewoonlijk relatief meer rode wormen en minder grauwe wormen gevonden.

Praktijkmaatregelen om wormen te stimuleren

Bemesten

Wormen worden gestimuleerd door een regelmatige aanvoer van organische stof, door een goede pH (zie par. 4.3.2.) en door kunstmest te vervangen door organische mest.

Wijze van toedienen van mest

Wanneer mest bovengronds uitgereden wordt, worden strooiselbewoners meer gestimuleerd dan wanneer de mest met een zodebemester wordt ingebracht. Wanneer het organisch materiaal of vaste mest fijn is, verloopt de vertering sneller. Ook zijn er indicaties dat wormen in kluiten mest de perioden van voedselschaarste kunnen overleven. Veelal is het beter vaste mest door de bovengrond te mengen en deze niet te diep weg te leggen. Vooral in gronden met een toch al matige structuur ontstaat onder in een bouwvoor en vlak boven een ploegzool al gauw een zuurstofarme laag die gemeden wordt door wormen. Ook bij het injecteren van drijfmest moet voorkomen worden dat er zuurstofloze plekken ontstaan. Dit kan door niet te grote hoeveelheden mest per keer in te brengen en door de mest niet te diep en bij te natte omstandigheden te injecteren.

Grondbewerking

Door de grond minder vaak, minder diep, minder intensief en, als het mogelijk is, onder vrij droge omstandigheden te bewerken worden de wormen ontzien. Met name strooiselbewoners zijn hier gevoelig voor.

Gewaskeuze en vruchtopvolging

Door een onbedekte bodem te vermijden en door, waar mogelijk, groenbemesters te telen worden wormen gestimuleerd in hun groei en reproductie. Met name onder permanent grasland en meerjarig gewassen neemt het aantal wormen toe. Ook in andere gewassen kunnen wormen gestimuleerd worden, bijvoorbeeld door in graan klaver of grasklaver in te zaaien, door meer intensief wortelende gewassen als granen, grassen, luzerne, rode biet of witlof te telen of door meer gewassen in de vruchtopvolging op te nemen die veel gewasresten achterlaten, bijvoorbeeld gras, graan, kool en groenbemesters.

Alle maatregelen die leiden tot een hogere gewasproductie, leiden ook tot meer gewasresten en deze hebben vervolgens weer een gunstig effect op wormen. In de tuinbouw kan een mulchlaag aangebracht worden en verder kan men de voorkeur geven aan gewassen waarin geen of nauwelijks bestrijdingsmiddelen gebruikt worden.

Vijanden

Belangrijkste vijanden van wormen zijn mollen en vogels. De mol is gespecialiseerd in wormenvangen. Een mol kan per jaar 45-50 kg wormen eten. Zware drijfmestgiften kunnen wormen de grond uitjagen, zodat ze een gemakkelijke prooi worden voor vogels.

In het geheel geen wormen?

Worden in het geheel geen wormen gevonden, dan verdient het aanbeveling ook de koolzuurproductie (par. 3.2.1.) en bodemfysische tests (par. 3.1.) uit te voeren. Als ook hier de metingen laag uitvallen zijn de leefomstandigheden ongunstig. Verbeteringen kunnen worden nagestreefd door een combinatie van meerdere van de bovenstaande maatregelen.

Tot 20 jaar geleden ontbraken regenwormen in grote delen van Flevoland, omdat ze zich van nature traag verspreiden (tot 10 meter per jaar). Waar nodig kan worden overwogen wormen te introduceren. Dit kan het beste door in nazomer of voorjaar graszoden van 10-20 cm dik uit te steken op een wormenrijke plek en deze op het te enten perceel te brengen (op maaiveldhoogte ingraven).

Literatuur

- Bokhorst, J.G. & E. Heeres (eds.), 2003. Bodem in zicht cursusmateriaal. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Doeksen, 1957. Regenwormen, bemesting en grondbewerking. In: Stikstof. p.123-136. Mededelingen van het landbouwkundige bureau der Nederlandse Stikstofmeststoffen Industrie. 's Gravenhage.
- Edwards, C.A. & J.R. Lofty, 1972. Biology of earthworms. Chapman & Hall, Londen.
- Kloen, H., 1988. Introductie en handhaving van regenwormen in gemengde biologische bedrijven. Landbouw Universiteit, Wageningen. 89 p.
- Rhee, J.A., 1970. De regenworm van Nederland. Wetenschappelijke Mededeling KNNV 84, Hoogwoud.
- Topoliant, S., J. Ponge & P. Viaux, 2000. Earthworms and enchytraeid activity under different arable farming systems, as exemplified by biogenic structures. *Plant and Soil*, 225: 39-51.
- Younie & Armstrong, unpublished data

4.3 Bodemchemische bepalingen

4.3.1 Nitraatgehalte

Inleiding

De nitraatsneltest (Nitrachek) is ontwikkeld om snel de hoeveelheid nitraat in de bodem of een gewas te kunnen meten. In de grond komt opneembaar stikstof (N-mineraal) hoofdzakelijk voor in de vorm van nitraat (NO_3^-). Daarnaast komt stikstof voor in de vorm van ammonium (NH_4^+). Ammonium wordt gewoonlijk relatief snel omgezet in nitraat. In de nitraatsneltest wordt alleen het nitraat gemeten. De hoeveelheid opneembare stikstof wordt met deze test dus enigszins onderschat (5-10% in de winter en het vroege voorjaar en 1-5% in de zomer en herfst).

Gangbaar werkende telers die geen grote hoeveelheden organische mest gebruiken, komen stelselmatig stikstof tekort en kunnen tijdens de groei van een gewas met kunstmest het nitraatgehalte op een gewenst niveau brengen. In de biologische landbouw is het in veel gevallen onmogelijk om tijdens de teelt van een gewas bij te mesten. De strooibare snelwerkende meststoffen zijn duur en voor zover het om veevoer, slachtafval en mest uit de bio-industrie gaat, zijn ze eigenlijk niet acceptabel. De tijd dat met grote hoeveelheden mest vooraf de stikstofvoorziening zeker gesteld kon worden is voorbij. Biologische telers zullen voorlopig met hooguit 170 kg N in dierlijke mest per hectare toe moeten komen. Wanneer in de toekomst alle mest van biologische bedrijven afkomstig zal moeten zijn, zullen biologische akkerbouwers en akkerbouwmatige groentetelers aan circa 75 kg N uit biologische mest genoeg moeten hebben.

Het gaat een teler in eerste instantie om een antwoord op de volgende vragen:

- Hoe laag mag het nitraatgehalte bij de start van een gewas in de bovengrond zijn zonder dat dit

een vlotte start belemmert.

- Hoe hoog mag het zijn gedurende de groei zonder dat het gewas te gevoelig wordt voor ziekten en plagen?
- Hoe diep kan het nitraatgehalte in de bovengrond wegzakken na het sluiten van het gewas tot de oogst, zonder dat het nagestreefde opbrengstniveau in gevaar komt?
- Blijven de stikstofverliezen door denitrificatie en uitspoeling binnen de perken bij het voor het gewas optimale verloop van het nitraatgehalte?

Op de achtergrond speelt de vraag mee of ingeteerd wordt op de grote voorraad stikstof in de organische stof (5000 - 10000 kg N /ha). Idealiter zit een teeltsysteem (vruchtwisseling plus bemestingsstrategie) zo in elkaar dat de grote voorraad stikstof in de organische stof voor en na een cyclus gelijk is. Ideale waarden kunnen van tevoren echter niet worden overzien omdat het ook afhangt van het weersverloop, van de structuur van de grond en van de gezondheid van het wortelstelsel. Bovendien is de meting niet zo nauwkeurig (circa $\pm 20\%$).

Door nitraatmetingen te combineren met een visuele beoordeling van het gewas kan men een steeds beter beeld krijgen van zo'n ideaal verloop. Ideaal is dan zo laag mogelijk zonder dat de gewasopbrengst er onder lijdt.

Doel

Met deze test kan het nitraatgehalte van de grond worden gemeten.

Methode

- In de test wordt het grondmonster geschud met een oplossing van calciumchloride (CaCl_2) in een verhouding van 1 volumedeel grond (100 ml) en 2 volumedelen oplossing (200 ml) zie ook de instructies van paragraaf 3.3.1.
- Bij de test wordt gebruik gemaakt van een calciumchloride oplossing in tegenstelling tot het vaak gebruikte gedemineraliseerd water. Het gebruik van water voor de analyse van een kleigrondmonster levert geen helder filtraat op. Een helder filtraat is van groot belang voor een nauwkeurige nitraatmeting.
- Wanneer er sprake is van een te laag nitraatgehalte kan overwogen worden om een stikstofbemesting uit te voeren: bij een hoog nitraatgehalte kunnen maatregelen worden overwogen om het nitraat alsnog vast te leggen en kunnen voor het volgende bemestingsseizoen maatregelen genomen worden om opnieuw een te hoog nitraatgehalte te voorkomen.

Beoordeling van de resultaten

De beoordeling van het resultaat is afhankelijk van het moment waarop de meting wordt gedaan: vóór, tijdens of na een teelt. De streefwaarden bij de aanvang van een teelt (Tabel 11) zijn afgeleid van de gangbare stikstofbemestingsrichtlijnen (IKC, 1992; van Dijk 1999; Evers et al., 2000). Er vanuit gaande dat de nalevering van stikstof uit bodem en toegediende organische mest op biologische bedrijven groter is, kan voor de helft van het gangbare stikstofadvies plus N mineraal als streefwaarde gekozen worden.

De streefwaarde vlak voor het sluiten van een gewas of begin van de bloei, is ontleend aan de buffervoorraad die gehanteerd wordt in het stikstofbijmeststelsel (NBS) voor vollegrondsgroentegewassen. De gedachte hierbij is dat gewassen van het sluiten van het gewas tot de bloei vlot moeten groeien. De streefwaarde na de oogst is voor granen en wortelgewassen lager gezet vanuit de gedachte dat de graan- en wortelopbrengst er nauwelijks onder lijden wanneer de beschikbaarheid van stikstof in de laatste groeifase daalt.

Met nadruk moet worden gezegd, dat deze waarden slechts een eerste indicatie geven en dat deze voor individuele bedrijven nader gepreciseerd kunnen worden op basis van metingen en observatie van het gewas. Telers zouden hun eigen streefwaarden moeten ontwikkelen op basis van wat ze zelf zien en meten. Als ze daarbij zoeken naar de laagste acceptabele waarden, kunnen zij de hoeveelheid mest

leren terugbrengen en zullen zij min of meer automatisch het milieu ontzien. Hierbij geldt in zijn algemeenheid dat de gehalten in de grond lager kunnen zijn naarmate de planten een gezonder wortelstelsel hebben en naarmate de grond dieper en intensiever doorwortelbaar is.

Tabel 11. Globale streefwaarden voor nitraat (kg nitraat-N/ha).

Gewas	Bij aanvang teelt*	Vlak voor sluiten en/of bloei van het gewas	Bij oogst
Wintergranen	80- 170 (begin april)	40	10
Zomergranen	80 - 170 (begin april)	40	10
Aardappelen	140 - 300 (eind april)	40	40 (eind augustus)
Bewaargroenten en bieten	100 - 200	40	15
Bladgewassen	120 - 200	40	40
Peulvruchten	80 - 120	20	20

* in de biologische teelten kan met ca. met de helft worden volstaan.
(naar van Dijk, 1999)

Toelichting

Bij een meting voorafgaand aan een teelt kan het resultaat van de nitraatsneltest dienen als richtlijn voor het berekenen van de stikstofbemesting. Afhankelijk van het te hanteren bemestingssysteem (voorraadbemesting of bijbemesting) kan de meting dienen voor het berekenen van de totale stikstofgift (voorraadbemesting) of voor de eerste gift in een bijmeststelsel.

In een NBS zijn er gedurende de teelt vaak meerdere momenten waar eventueel bijbemest moet worden. De beslissing over het al of niet bijmesten is afhankelijk van het resultaat van de meting met de nitraatsneltest en het moment in de teelt waarop het monster wordt genomen.

De nitraatsneltest kan ook ingezet worden om de hoeveelheid stikstof die in de grond achterblijft na de teelt te meten. Het is verstandig om na te gaan waarom er zoveel stikstof na de oogst is achtergebleven. In een volgend seizoen zou daar bij het plannen van de bemesting rekening mee kunnen worden gehouden. Op de drogere gronden spoelt ongeveer vijfde van de aanwezige stikstof uit naar het grondwater. Voor de vochtigere gronden is dat iets meer dan de helft. De stikstof die na de oogst in de bodem achter blijft kan door het inzaaien van een groenbemester worden vastgelegd. Een goed ontwikkelde groenbemester die zo rond half augustus is ingezaaid kan ongeveer 80 kg N per ha opnemen.

Het is belangrijk te realiseren dat een laag stikstofgehalte in het gewas nog niet wil zeggen dat de stikstofbeschikbaarheid in de grond laag is. Het is mogelijk dat door droogte de opname van stikstof beperkt is geweest terwijl er voldoende stikstof in de grond aanwezig is. Bij de bepaling van de hoeveelheid nitraat in de grond is van belang dat bekend is waar de wortels in het profiel zitten. Het is verder belangrijk dat het monster uit voldoende stekken bestaat, om te compenseren voor de ruimtelijke variabiliteit.

Maatregelen voor de praktijk

Hieronder worden een aantal globale richtlijnen gegeven. Bij gebruik van een rekenmodel als op de Cd-rom Stikstofplanner (NDICEA) of Cd-rom Optisoil kunnen deze richtlijnen concreter worden.

Regulering van hoeveelheid minerale stikstof c.q. nitraat bij de aanvang van een gewas.

Er zijn drie belangrijke manieren om het gehalte aan minerale stikstof te beïnvloeden: bemesten, teelt van groenbemester en voorkomen van denitrificatie.

Bemesten is de snelste manier om het minerale stikstofgehalte te verhogen bij de start van een gewas. Op lichte gronden kan mest worden uitgereden voor het ploegen. De hoeveelheid mest kan worden gebaseerd op de gemeten hoeveelheid nitraat in de bodem, de werkingscoëfficiënt van de stikstof in de

mest, de verwachte nalevering uit de bodem en de behoefte van het gewas. Het is moeilijk de nalevering uit de bodem juist te schatten omdat deze afhangt van de voorgeschiedenis op het perceel.

Op zwaardere gronden gaat het uitrijden van mest in het vroege voorjaar vaak gepaard met structuurbederf en dat leidt weer tot een slechtere benutting van stikstof. Deze gronden zijn, vooral als ze ook diep doorwortelbaar zijn, minder gevoelig voor uitspoeling en als bovendien denitrificatie van nitraat in de winter voorkomen is, hoeven ze in veel gevallen niet in het voorjaar bemest te worden. De stikstof die gedurende de winter en vroege voorjaar vrijkomt uit de bodem en uit gewasresten en mest wordt diffuus verdeeld over het hele bodemprofiel. In het voorjaar zal de ondergrond een relatief groot aandeel van de minerale stikstof bevatten. Hierdoor is de begingroei van de gewassen vertraagd, maar de aanwezigheid van stikstof in de ondergrond stimuleert de gewassen hun wortelstelsel daar te ontwikkelen. De opname van de stikstof wordt dan in grotere mate gereguleerd door de behoefte van het gewas zelf en dit maakt hen waarschijnlijk weerbaarder tegen ziekten en plagen. In droge perioden zal het gewas bovendien behalve de stikstof ook het water uit de ondergrond beter benutten.

Groenbemesters kunnen in principe zo gekozen worden en op zo'n moment worden ingewerkt dat het nitraatgehalte op het moment van zaaien in de gewenste orde van grootte komt te liggen. Alle groenbemesters zijn snel afbreekbaar. Hoe snel en hoeveel stikstof eruit vrij komt hangt behalve van de temperatuur vooral af van het stikstofgehalte. Uit dood gevroren groenbemesters (bijvoorbeeld gele mosterd) gaat veel van de opgenomen stikstof alsnog verloren, ofwel door uitspoeling ofwel door denitrificatie. Op lichte gronden leidt de teelt van vorstgevoelige groenbemesters als gele mosterd nauwelijks tot een betere benutting van de stikstof in het gehele teeltsysteem. Daarom gaat op lichte en uitspoelingsgevoelige gronden de voorkeur uit naar winterharde en stikstofrijke groenbemesters, die in het voorjaar niet te lang voor het zaaien van het volggewas kunnen worden ingeplagd. Klavers voldoen aan deze eisen. Deze moeten echter tijdig gezaaid worden om ze in september een keer te kunnen maaien ten einde de klavers het land dicht te doen groeien en onkruiden te verstikken. Winterveldbonen kunnen eind augustus /begin september gezaaid worden en daarna voor de winter nog een behoorlijk zwaar gewas vormen. Ze kunnen niet al te strenge winters overleven.

Bij het ontwerpen van een vruchtwisseling moet ook rekening gehouden worden met de kans dat bodemgebonden ziekten en plagen zich kunnen vermeerderen. In vruchtwisselingen met veel groentegewassen vallen vlinderbloemigen dan vaak af. Grassen en granen zijn wat ziekten en plagen betreft vaak een betere keuze: ze zijn ook winterhard, hebben vaak een laag stikstofgehalte in het voorjaar en ze leveren aanzienlijk minder stikstof bij de vertering.

Het hele teeltsysteem is afhankelijk van het gebruik van mest. De belangrijkste rol van de groenbemesters is dan ook om stikstof in het teeltsysteem te houden en organische stof toe te voegen. De werking van mengsels (grasklaver of veldbonen plus rogge) staat tussen die van beide groepen winterharde groenbemesters in. Wanneer de voorvrucht veel stikstof heeft achtergelaten zullen de grasachtigen zich relatief sterker ontwikkelen en veel stikstof behoeden voor uitspoeling. Wanneer er juist weinig stikstof voorhanden is zullen de vlinderbloemigen gaan domineren en meer stikstof binden.

Door een groenbemester iets eerder of later in te werken kan de piek van de mineralisatie verschoven worden. Naarmate een groenbemester armer aan stikstof is, moet deze eerder worden ingewerkt. Men kan het vrijkomen van de stikstof goed volgen door om de twee weken het nitraatgehalte te bepalen.

Diepe, goed vochthoudende gronden zijn veel minder gevoelig voor uitspoeling. De groenbemester kan dan ruim voor het zaaien van het volgende gewas worden ingewerkt zonder de stikstof uit het profiel te verliezen. Wanneer voor de winter geplagd wordt kan de vorst inwerken op de grond hetgeen de structuur van vele gronden ten goede komt. Ook de stikstof uit de groenbemester wordt diffuus verdeeld over het bodemprofiel in de winter. Op zwaardere gronden kan in het voorjaar ondiep geplagd worden ten einde de uitspoeling te verminderen en het bodemleven te ontzien.

De kans op denitrificatie kan verkleind worden door gewasresten en groenbemesters door de grond te

mengen. Vermijd echter het inwerken van groenbemesters onder natte omstandigheden. Denitrificatie verloopt sneller naarmate de temperatuur en het nitraatgehalte hoger zijn en het is daarom belangrijk om te voorkomen dat een grond verslemt na het inwerken van een groenbemester in het voorjaar.

Regulering van minerale stikstof gedurende de teelt.

De mogelijkheden om het gehalte aan minerale stikstof in de bodem bij te sturen tijdens de teelt zijn in de reguliere landbouw mogelijk door te werken met een stikstofbijmeststelsel (Evers et al., 2000). Voor de biologische teelt is bijmesten met snelwerkende organische meststoffen een optie, maar of het gebruik van slachtafval en gedroogde mest uit de bio-industrie bijdraagt aan het imago van de biologische landbouw, is op zijn minst twijfelachtig. Er is nog geen goede apparatuur beschikbaar om met drijfmest of gier bij te mesten. Met de keuze van de mestsoort en groenbemester kan het vrijkomen van de stikstof in principe worden beïnvloed, maar er kunnen alleen globale richtlijnen gegeven worden. Als het gehalte bij de aanvang van het gewas te laag is en later bij het sluiten/bloei van het gewas te hoog, moet de piek van de mineralisatie verschoven worden naar vroeger in het seizoen: meer minerale stikstof in mest toegediend in het voorjaar en een hoger aandeel vlinderbloemigen in mengsel groenbemesters. Als het gehalte bij de aanvang van het gewas te hoog is en later bij het sluiten/bloei van het gewas te laag, moet de piek van de mineralisatie verschoven worden naar later in het seizoen: minder minerale stikstof in mest toegediend in het voorjaar en een lager aandeel vlinderbloemigen in mengsel groenbemesters.

Regulering van hoeveelheid minerale stikstof die achterblijft na de oogst

Door een vanggewas te telen kan uitspoeling van resterende minerale stikstof en van de stikstof die in de herfst gemineraliseerd wordt, voorkomen worden. Na gewassen die vanaf half september geoogst worden is het niet relevant een groenbemester te telen. Een hoog nitraatgehalte van de bodem bij de oogst gaat vaak samen met een hoog nitraatgehalte in het product en een matige bewaarbaarheid. Echte hoge nitraatgehalten in de herfst (meer dan 50 kg nitraat-N op zand en meer dan 100 kg nitraat-N op kleigronden) kan men verwachten na vlinderbloemigen en na het scheuren van grasland in de nazomer en ook na droge zomers waar stelselmatig zwaar bemest werd met langzaam werkende mest en compost. De mineralisatie van stikstof hierin is niet tegen te houden en ook niet in één jaar af te bouwen.

De hoge gehalten na vlinderbloemigen en het scheuren van grasland zijn te voorkomen door tijdig een vanggewas in te zaaien. Na een gewas als sperziebonen is dit niet altijd mogelijk.

Onvermijdbare hoge nitraatgehalten in de herfst laten zien dat het streven naar een hoog humusgehalte niet in alle opzichten positief uitwerkt. Waar het onvermijdelijk hoge nitraatgehalte in de herfst afgebouwd moet worden, zal minder langzaam werkende compost en stalmest gegeven moeten worden en op termijn meer snelwerkende mest.

Literatuur

- Evers, M., R. Postma, T. van Dijk, W. Vergeer & C. Wierda, 2000. Praktijkgids bemesting. Nutriënten Management Instituut, Wageningen.
- Koopmans, C.J. & G.J. van den Burgt, 2001. Mineralenbenutting in de biologische landbouw. Louis Bolk Instituut, Driebergen, Publ. nr. LB5, 118 p.
- Gröninger, H. & H.E. Soorsma, 1991. Stikstofbijmeststelsel (NBS) voor enige vollegrondsgroentegewassen, IKC-agv, Lelystad.
- Sieling, E.R.M., 1992. Stikstofbemestingsrichtlijnen voor de akkerbouw en de groente teelt in de vollegrond, IKC, Lelystad. Publicatie nr. 63, 30p.
- Steinbuch, L. & G.J. van den Burgt, 2001. Rekenregels. In: Koopmans, C.J. & G.J. van den Burgt (eds.). Mineralenbenutting in de biologische landbouw, een integrale benadering. p. 46-54. Louis Bolk Instituut, Publ. nr. LB5.
- Van Dijk, W., 1999. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PAV publicatie nr. 95. PAV-Lelystad 59 p.

4.3.2 Zuurgraad (pH)

Inleiding

Een zure grond heeft een lage pH. In Nederland wordt de structuur van klei- en leemgronden ongunstiger naarmate de pH verder onder het optimum ligt. De afbraak van plantenresten en mest door het bodemleven wordt vertraagd, voedingsstoffen komen hierdoor minder snel vrij en plantenwortels kunnen door de minder goede structuur slechts een beperkt deel van de grond intensief doorwortelen.

Op lichte gronden versnelt een te hoge pH de afbraak van organische stof. Bekalken doet de pH stijgen. Toen de eerste kalkmeststoffen hun intrede deden ontstond het gezegde: "kalk geeft rijke boeren en arme zonen". De oorzaak was dat door de versnelde afbraak van organische stof de daarin opgeslagen voedingsstoffen eveneens versneld vrijkwamen. De zonen hadden te maken met lage organische stofgehaltenes.

Een te hoge pH geeft problemen met sporenelementen als koper, mangaan en ijzer. Vooral bij een strikt gesloten bedrijfsvoering kan men in een vicieuze cirkel terechtkomen, omdat een lage beschikbaarheid van koper in de grond leidt tot weinig koper in het voer, in de mest *et cetera*.

Zandgronden

Met uitzondering van zandgronden langs de kust en in de Flevopolders zijn zandgronden in Nederland meestal kalkloos en hebben van nature een lage pH-waarde. De pH is daar vrij gemakkelijk te regelen door bekalking.

Kleigronden

Deze kunnen van nature zowel kalkloos als kalkrijk zijn. De kalkloze kleigronden zijn vaak zware gronden, ze hebben een lage pH en waren vanouds slecht ontwaterd in de winter. De zwaarte in combinatie met de lage pH-waarde geeft zodanige structuurproblemen dat het land veelal alleen gebruikt kan worden als grasland. De bodem hoeft dan niet onder natte omstandigheden bewerkt te worden.

Kalkrijke kleigronden hebben gewoonlijk een betere bodemstructuur en zijn beter bewerkbaar. Ze worden soms te vaak gebruikt voor de teelt van gewassen die weinig bijdragen aan het behoud van het humusgehalte en een goede structuur (bijvoorbeeld te vaak aardappelen, uien e.d.). De kwaliteit van de grond kan dan achteruit gaan, maar in tegenstelling tot die van zware kleigronden met een ontkalkte ondergrond is deze wel gemakkelijk te herstellen.

Veengronden

Het merendeel van de veengronden is kalkloos, heeft een lage pH en is onvruchtbaar. Een uitzondering wordt gevormd door stroken veen langs rivieren. Daar werd slib afgezet en woerden stikstofbindende elzen (bosveen). Deze kleiige bosveengronden zijn minder zuur. Het echte veen is in de loop van de eeuwen grotendeels afgevoerd. Veel van de resterende veengronden in West-Nederland zijn afgedekt door een laag humusrijke klei, bagger of veraard veen. Deze bovenlaag is gewoonlijk niet zuur. Bekalken en ontwatering versnellen de afbraak van organische stof. Hierdoor komt een gebied lager te liggen (klink).

Doel

Het doel van deze test is het meten van de zuurgraad (pH) om een vergelijking tussen percelen mogelijk te maken.

Methode

- In de test wordt het grondmonster geschud met een oplossing kaliumchlorideoplossing (KCl) in een verhouding van 1 volumedeel grond (100 ml) en 2 volumedelen oplossing (200 ml).
- Omdat de test verschilt van de gangbare laboratoriumtesten is een direct vergelijk van de meting met de resultaten van algemeen grondonderzoek lastig. Vergelijking van pH-waarden kan alleen tussen percelen (monsters) die op een zelfde manier zijn gemeten.

- De gemeten pH-waarden zijn niet direct bruikbaar voor het berekenen van de bekalkingsbehoefte.
- Wanneer er sprake is van een te lage of te hoge zuurgraad is het (laten) nemen van een grondmonster, om in een laboratorium de pH-waarde te laten bepalen, aan te bevelen. Bij een te lage pH-waarde kan een bekalking worden overwogen.

Beoordeling van de resultaten

In Tabel 12 is een overzicht gegeven van de wenselijke pH-waarden. Steeds is een waarde genoemd, maar in feite is er een traject waarbinnen de pH-waarde zich moet bevinden. Globaal kan een marge van 0,2 eenheid hoger of lager aangehouden worden. De grootte van het traject hangt ook samen met de vraag of er problemen zijn die met de pH-waarde samenhangen. Is de bodemstructuur goed, het organische stofgehalte voldoende hoog en zijn er geen groeiproblemen dan is een wat lagere pH-waarde geen acuut probleem.

Naast de eigenschappen van de bodem speelt ook het bouwplan een rol. In de akkerbouw kan de pH bij veel aardappelen in het bouwplan wat lager blijven terwijl deze bij bieten juist wat hoger moet zijn. In de bemestingsadviesbasis (van Dijk, 1999) staat dit in detail beschreven.

Tabel 12. Wenselijke pH-waarden (pH- KCl) voor verschillende teelten en bodems (naar van Dijk, 1999).

	Akkerbouw	Groenteteelt	Grasland
Zand, dal en veengrond 5% organische stof	5,1	5,6	
Zand, dal en veengrond 15% organische stof	4,8	5,3	
Zeeklei en alluviaal zand 2% organische stof 8-12% lutum	6,3	6,9	
Zeeklei en alluviaal zand 2% organische stof 18-25% lutum	6,6	6,7	
Zeeklei en alluviaal zand 6% organische stof 8-12% lutum	5,8	6,6	
Zeeklei en alluviaal zand 6% organische stof 18-25% lutum	6,2	6,4	
Rivierklei < 12% lutum	6,2	6,0	
Rivierklei > 12% lutum	6,4	6,0	
Loessgrond	6,6	6,0	
Alle gronden			4,8-5,5

Maatregelen voor de praktijk

Afhankelijk van de gevonden pH kan overwogen worden of een bekalking nodig is. Dit kan het beste gebeuren aan de hand van een bekalkingsadvies op basis van bodemonderzoek door een erkend laboratorium.

De meeste kalkmeststoffen lossen niet in water op. De zuren die ontstaan bij de nitrificatie van ammonium, de ademhaling van wortels en de vertering van planten- en mestresten lossen de kalk op. Dit gaat sneller naarmate de kalk fijner is. Moet de pH snel verhoogd worden dan is het wenselijk fijnge-malen kalk te gebruiken. Bij onderhoudsbekalkingen kan ook met grovere kalk zoals kalkmergel, gekor-relde kalk of schuimaarde gewerkt worden.

In Tabel 13 is een overzicht gegeven van beschikbare kalkmeststoffen. Naast deze landelijk beschikbare kalkmeststoffen zijn er ook regionaal verkrijgbare afvalproducten. Deze zijn meestal goedkoper en bevatten ook vaak ander voedingsstoffen zoals stikstof en fosfaat. De werking van kalkmeststoffen wordt uitgedrukt in de neutraliserende waarde (N.w.)

Tabel 13. Overzicht van de beschikbare kalkmeststoffen (naar NMI, 2000).

Kalkmeststof	Merksnaam	N.w.*	%MgO	Vorm
Koolzure landbouwkalk	Emkal	53	-	Droog
Kalkmergel	Limkal	50	1	Vochtig
	Vitakal	50	-	Vochtig
Magnesia kalkmergel	Magkal	54	17	Vochtig
	Borgakal	53	7	Vochtig
Koolzure magnesiakalk	Dolokal 5	54	5	Droog
	Dolokal extra	55	10	Droog
	Dolokal upra	57	19	Droog
	Miramag superfijn	55	19	Vochtig
	Winterswijkse kleidolomiet	46	5	Droog
Schuumaarde	Betacal flow	20	1	Vloeibaar
	Betacal carbo	29	1	Vochtig
	Metacal filter	24	1	Droog

* Neutraliserende waarde (op gewichtsbasis).

Hoe vaak bekalken?

Wanneer er geen voorraad vrije kalk aanwezig is in de grond (grond gaat bruisen nadat een kluitje in een glas met wat azijn is gedompeld), moet een grond regelmatig bekalkt worden, ook al was de pH enkele jaren geleden goed. Dit komt, omdat kalk (na omzetting in calcium-bicarbonaat) uitspoelt. Van een diep doorwortelbare grond met voldoende klei en organische stof zal de pH minder snel dalen dan van een humus-arme zandgrond. Een goede ontwatering en een goede structuur van de bodem hebben tot gevolg dat koolzuur die in de bodem gevormd wordt, snel wordt afgevoerd. Hierdoor lost minder kalk in het bodemwater op en spoelt minder uit. Alle maatregelen die helpen om de uitspoeling van nitraat te beperken, vertragen ook de verzuring. Sommige stikstofmeststoffen verzuren de grond (vooral ureum en zwavelzure ammoniak), het gebruik van vaste mest daarentegen werkt pH verhogend. Dit komt overigens omdat de zuurmakende stikstofcomponenten er voor een deel eerder uit verdwenen zijn als gevolg van vervluchtiging en denitrificatie.

In Tabel 14 staat de hoeveelheid kalk die ongeveer nodig is om de pH en het kalkgehalte op peil te houden. De precieze hoeveelheid hangt af van de factoren die hierboven genoemd zijn.

Tabel 14. Gemiddelde jaarlijkse behoefte aan kalk (naar Rinsema, 1985).

	Neutraliserende waarde (in kg per N.w. per ha)
Akkerbouw en groenteteelt	
Zavel/klei	400
Löss	225
Organische stof rijkere zandgronden (8% org.stof)	250
Organische stofarmere zandgronden (3 % org.stof)	150
Grasland	50

Literatuur

- Nutriënten Management Instituut, 2000. Handboek meststoffen. Nutriënten Management Instituut, Wageningen, Elsevier bedrijfsinformatie, Doetichem. 1192 p.
- Rinsema, W.T., 1985. Bemesting en meststoffen. Educaboek bv., Culemborg, 191 p.
- Van Dijk, W., 1999. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PAV publicatie nr. 95. PAV-Lelystad 59 p.

4.3.3 Zoutgehalte (EC)

Inleiding

De EC (Electrical Conductivity) oftewel de geleidbaarheid voor electriciteit geeft aan hoeveel gemakkelijk oplosbare zouten in de bodem aanwezig zijn. Sommige van deze zouten zijn voedingsstoffen voor de plant (nitraat, kalium, sulfaat, magnesium), andere hebben nauwelijks betekenis voor de voeding van planten, bijvoorbeeld natrium en chloor. Deze laatste zouten zijn voor planten wel op een andere manier van belang. Bevat de grond te veel totaal zout dan kan de plant vocht en voedingsstoffen niet goed opnemen en wordt deze sterk geremd in zijn groei. Bevat de grond in een kas te weinig zout dan wordt de groei ijl en weelderig. De kwaliteit gaat dan achteruit en de plant wordt gevoeliger voor plantenziekten. Het zijn alle zouten in de grond die hierop van invloed zijn en het is de EC meting die uitsluitend geeft over de zoutsituatie. Een hoge EC is in droge gebieden vaak een aanwijzing dat er te veel natriumchloride in de grond zit en dit heeft een negatief effect op de bodemstructuur: de grond zwelt aan het oppervlak dicht zodra het zout door regen- of irrigatiewater verdrongen wordt.

In de glastuinbouw is de EC meting een van de meest toegepaste metingen, maar ook in de volle grond wordt deze toegepast of zou meer toegepast moeten worden. Met een eenvoudige meter, zoals in de testkit aanwezig, komt de toepassing voor ieder binnen handbereik.

Wat betreft de volgrondsteelt valt te denken aan meting van het zoutgehalte van:

- het beregeningswater
- perspotten
- compost
- het grondwater dat voor de wortels toegankelijk is en bij te laag zoutgehalte een te weelderige groei geeft en bij te hoog gehalte een vertraagde groei
- de grond in de buurt van geïnjecteerde of op ander wijze pleksgewijs toegediende dunne mest
- de grond onder koeienflatten.

Doel

Vaststellen in hoeverre er sprake is van een te hoog of te laag zoutgehalte.

Methode

Grond wordt gemengd met water en na bezinken wordt het zoutgehalte in de vloeistof gemeten.

Beoordeling van de resultaten

De kennis over het belang van het zoutgehalte komt vooral uit de glastuinbouw en uit de landbouw in droge gebieden. In de glastuinbouw mag de EC niet te laag en niet te hoog worden en in droge gebieden is het niet te hoog worden steeds het aandachtspunt. Het blijkt dat gewassen verschillend op zoutgehalten reageren. Prei en ui kunnen niet goed groeien bij hoge EC waarden. Sla en vooral spinazie verdragen juist hogere waarden. Globaal kunnen de normen uit Tabel 15 worden aangehouden:

Tabel 15. Beoordeling van het zoutgehalte.

EC bodem in het 1: 2 extract	EC (mS/cm)
Te laag	< 1
Voldoende	> 1 en < 3
Te hoog	> 3

Bron: Ann., 1994

De EC van het 1:2 extract is niet de EC van het water in de bodem en daarom moet voor de beoordeling van grondwater of beregeningswater een andere maatstaf worden aangehouden want hier wordt direct in de vloeistof gemeten. Als maximum worden in de glastuinbouw voor beregeningswater de waarden uit Tabel 16 aangehouden:

Tabel 16. Beoordeling van de EC voor beregeningswater in de glastuinbouw.

Gewas	Maximale EC beregeningswater
Alle gewassen	0,5 mS/cm
Zoutgevoelige gewassen	1,0 mS/cm

Bron: Ann., 1994

Zoals gezegd kan grondwater of beregeningswater ook een te laag zoutgehalte hebben. Een absolute norm is moeilijk te geven omdat dit water na toediening gemengd wordt met het water in de bovengrond.

Maatregelen om het zoutgehalte te regelen

Te hoge zoutgehalten

Verhoging van het vochtgehalte van de bodem of het doorspoelen met beregeningswater in de glastuinbouw leidt gewoonlijk tot een lagere EC in de bovengrond. Het zout wordt verplaatst naar de ondergrond.

Wanneer het bodemvocht veel nitraat bevat, komt dit nitraat bij te sterk doorspoelen in het grondwater of in het oppervlaktewater terecht en dat is een vorm van milieuvervuiling. Het is daarom beter een te hoog zoutgehalte te voorkomen door de aanvoer in meststoffen af te stemmen op de afvoer in geoogste producten en door met een precieze berekening het zoutgehalte in boven- en ondergrond op een gewenst peil te houden. Meststoffen zijn de belangrijkste zoutleveranciers. Het gaat daarbij niet alleen om minerale in-water-oplosbare meststoffen. Ook bij de vertering van mest of compost komen zouten vrij.

Te lage zoutgehalten

Bij te sterk doorspoelen verdwijnt het zout niet alleen uit de wortelzone maar ook uit de zone vanwaar water kan terugstromen via capillaire opstijging. Het gewas kan dan te veel water met een te lage EC opnemen vanuit de ondergrond en te ijl en weelderig gaan groeien. De opname van te veel zeer zoutarm water uit de ondergrond kan worden voorkomen door preciezer te beregenen en door een bovenlaag met een voldoende organische stofgehalte dikker te maken. Deze laag is goed doorwortelbaar en de vochtaanvoer vindt dan vooral uit deze wat zoutrijkere laag plaats. Het verkrijgen van zo'n laag is evenwel werk voor de lange termijn.

Literatuur

Ann., 1994. Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw 1994-1995, IKC, Naaldwijk.

Koopmans, C.J. & B. Willems, 2001. Bodem en bemesting in de biologische glasgroenteteelt. Louis Bolk Instituut. Driebergen, 46 p.

4.4 Perceelwaarnemingen

4.4.1 Spade test

Inleiding

Voor de plant is het van belang dat er voldoende vocht en lucht in de bodem aanwezig zijn en dat voedingsstoffen goed bereikbaar zijn. De bodemstructuur speelt hierbij een belangrijke rol. Bij een verdichte grond blijft de groei van de gewassen al snel achter. Wanneer dit alleen plaatselijk het geval is, valt dat op. Wanneer het gehele perceel geen optimale structuur heeft valt dit vaak minder op. Om de bodemstructuur te beoordelen kan de spadetest uitkomst bieden. Het voordeel van deze visuele methode is dat deze weinig tijd kost en daardoor uitstekend op meerdere plaatsen binnen een perceel herhaald kan worden

Doel

Het doel van de test is de visuele beoordeling van de bodemstructuur door middel van een verdeling in kruidels, afgeronde- en scherpblokkige structuurelementen.

Methode

- Met behulp van de instructiekaart wordt een kluit beoordeeld op 3 soorten structuurelementen.
- Onderstaand is aangegeven welke structuurelementen verdeling wenselijk is.
- Hoe beter de structuur, hoe beter de omstandigheden voor het gewas, resulterend in betere gewasgroei.
- Wanneer er sprake is van een matige of slechte structuur kunnen maatregelen genomen worden om dit te verbeteren.

Beoordeling van de bodemstructuur

Voor de beoordeling van de bodemstructuur kunnen de waarden uit Tabel 17 en 18 worden aangehouden:

Tabel 17. Ideale bodemstructuur voor bouwland (naar Bokhorst, 2001).

Diepte	Kruidels	Afgerond blokkig	Scherp blokkig
0-25 cm	>25	< of gelijk aan 75%	0 %
25-50	————— >25%	—————	<75%

Tabel 18. Ideale bodemstructuur voor grasland.

Diepte	Kruidels	Afgerond blokkig	Scherp blokkig
0-10	80	20	0
10-25 cm	>25	< of gelijk aan 75%	<75%
25-50	————— >25%	—————	<75%

Toelichting

Zandgronden met een weinig stabiele structuur zijn meteen na de bodembewerking goed doorwortelbaar. Tijdens het groeiseizoen worden er scherpblokkige elementen gevormd. Deze elementen blijven doorwortelbaar, zolang de verdichting niet te sterk is (zie de meting van de bodemdichtheid par. 3.1.2). Een visuele beoordeling van de structuur is daarom vooral relevant op zavel- en kleigronden.

Maatregelen voor onderhoud en verbetering van de bodemstructuur

De bodemstructuur wordt onderhouden en verbeterd door:

- bodembewerking
- bemesting
- gewaskeuze.

Bodembewerking

Bij de bodembewerking moet vooral gelet worden op de omstandigheden waaronder grondbewerkingen worden uitgevoerd. Veel schade kan worden voorkomen door te vermijden het land op te gaan als dit te nat en daardoor te kwetsbaar is. Als de doorlatendheid van de ondergrond laag is, kan bij drogend weer in het voorjaar de bovengrond het vochtgehalte bereiken waarbij bewerking het beste resultaat heeft. De ondergrond kan dan echter nog te nat zijn om de werktuigen, zonder verdicht te worden, te kunnen dragen. Wacht men langer met bewerken, dan wordt de bovengrond te hard om een mooi zaaibed te maken.

Bij de oogst in het najaar speelt soms een tegenovergesteld dilemma: na een regenbui is de bovengrond eigenlijk te nat om te oogsten, maar de ondergrond is nog droog genoeg. Als men langer wacht

met oogsten, dan is de kans groot dat de ondergrond te vochtig wordt om de machines te dragen zonder verdicht te worden. Wanneer men vaak voor zulke dilemma's geplaatst wordt, is het goed na te gaan wat de mogelijkheden zijn om de vruchtwisseling aan te passen en de drainage te verbeteren.

Bemesting

Bij de opbouw van de bodemstructuur door middel van de bemesting speelt het bodemleven een belangrijke rol. Wortels en bodemleven maken een stelsel van poriën en bij de afbraak van organische meststoffen en gewasresten (wortels!) scheidt het bodemleven slijmstoffen uit die een verkittende werking hebben. Het bodemleven stabiliseert zo de structuur die het gevormd heeft. Behalve bij de voeding van de plant spelen mest en compost dus een hele belangrijke rol bij de vorming en instandhouding van de bodemstructuur. Vaste mest (stalmest, paardenmest etc.) en compost (GFT, groencompost, structuurcompost) dragen langduriger bij aan de vorming van een goede bodemstructuur, doordat ze relatief traag worden afgebroken (Bokhorst en ter Berg, 2001).

Gewaskeuze:

De keuze van de gewassen bepaalt de bijdrage van de gewassen aan de bodemstructuur. Gewassen als luzerne, gras, grasklaver en graan dragen meer bij aan de opbouw van de structuur dan gewassen als aardappelen en laet in het jaar te oogsten hakvruchten. Laet geogoste gewassen moeten vaak onder ongunstige omstandigheden worden geogost, hetgeen de kans op structuurschade vergroot. Bovendien geven ze geen gelegenheid tot het zaaien van een groenbemester in het najaar die de grond bedekt en doorwortelt. Een afwisseling van gewassen is aan te bevelen, zodat een gewas dat negatief uitwerkt op de structuur wordt gevolgd door een gewas dat de structuur opbouwt. Aanvullende informatie over de bevordering en het onderhoud van de bodemstructuur is te vinden in par. 4.1.2.

Literatuur

- Bokhorst, J. G., 2001. Bodem en mineralen. *In*: Koopmans, C.J. & G.J. van de Burgt (eds.). Mineralenbenutting in de biologische landbouw, een integrale benadering. p. 10-19. Louis Bolk Instituut, Publ. LB5, 118 p.
- Bokhorst J.G. & E. Heeres (eds.), 2003. Bodem in zicht cursusmateriaal. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Bokhorst, J.G. & C. ter Berg, 2001. Handboek mest en compost. Louis Bolk Instituut. Publ. nr. LD 8. 292 p.
- Koopmans, C.J. & C. ter Berg, 2001. Case studies. *In*: Koopmans, C.J. & G.J. van de Burgt (eds.). Mineralenbenutting in de biologische landbouw, een integrale benadering. p 75-88. Louis Bolk Instituut, Publ. LB5, 118 p.

4.4.2 Profielkuil

Inleiding

In een bodemprofielkuil kunnen een aantal waarnemingen worden gecombineerd. Het betreft voornamelijk de beoordeling van de bodemstructuur, de beworteling door het gewas en de activiteit van het bodemleven. Ook maakt de profielkuil mogelijk de overige metingen in perspectief te plaatsen.

Hoe beoordeelt men nu of een grond goed doorworteld is en of een bodem een goede bodemstructuur heeft? Dit is mogelijk op basis van wat te zien is in een profielkuil. Het grote voordeel van een profielkuil is dat waarnemingen worden gecombineerd waardoor er een samenhangend beeld wordt verkregen van verschillende eigenschappen van de grond zoals bodemstructuur, beworteling en bodemleven.

Nadeel van de profielkuilbeoordeling is het kwalitatieve karakter ervan. Dit maakt het lastiger om de ontwikkelingen in de bodemkwaliteit goed in de tijd te volgen. Ook zullen verschillende waarnemers als snel tot verschillende beoordelingen komen, waardoor de resultaten minder goed met elkaar te vergelijken zijn. Het graven van een kuil vraagt veel tijd en inspanning en de keuze van de locatie is erg belangrijk, wil deze iets zeggen over een heel perceel.

Op basis van waarnemingen in de profielkuil kan het bodembeheer verbeterd worden. De keuze van de maatregelen vergt de nodige ervaring. Wanneer men eenmaal vertrouwd is met het beoordelen van een

profielkuil, kan men nagaan of de genomen maatregelen het gewenste effect sorteren en zo wordt deze ervaring uitgebouwd. De bodembeoordeling in een profielkuil kan op ieder moment van het jaar plaatsvinden, maar het ene moment leent zich er beter voor dan het andere. De structuur is het meest zichtbaar als de grond tamelijk droog is, maar op zwaardere gronden is het graven van een kuil het best te doen als deze nog tamelijk vochtig is. Wanneer er een gewas op het veld staat, is te zien hoe het de grond doorwortelt. Kort na een bewerking is het effect van die bewerking beter te beoordelen.

Doel

Met de profielkuil kan de beworteling, bodemstructuur en bodemlevenactiviteit kwalitatief op perceelsniveau worden beoordeeld.

Methode

- Met behulp van de instructiekaart wordt een profielkuil beoordeeld op beworteling, structuur en bodemlevenactiviteit.
- Ook de gewasgroei moet in de beoordeling betrokken worden. Een goed gewas is een aanwijzing dat de kwaliteit van de bodem goed is.
- Na de beoordeling kunnen de aanvullende testen overwogen worden, om zo nodig bij maatregelen te komen om de situatie te verbeteren.

Beoordeling van de profielkuil

Op de instructiekaarten is kort aangegeven welke eigenschappen van de bodem bij de profielkuil zoal te beoordelen zijn. Dit zal een beeld geven van de situatie ter plekke. In de praktijk zal een afweging moeten worden gemaakt tussen het belang van de verschillende aspecten. In onderstaande Tabel 19 is een globaal overzicht gegeven van de beoordeling van de verschillende aspecten.

Tabel 19. Beoordeling van de profielkuil.

Thema	Beoordeling
Beworteling	
Minimaal	Minimale beworteling kan op problemen duiden
Matig	Vorm, type wortel en diepte kan een indicatie zijn voor problemen
Intensief	Intensieve doorworteling is in het algemeen gunstig voor gewas en bodem
Structuur	
Kruimels	Gunstig
Afgerond blokkig	Gunstig
Scherp blokkig	Ongunstig, indien dit de wortelgroei, waterbeweging en vertering van mest belemmert
Bodemlevenactiviteit	
Gangen	Gunstig, duidt op activiteit van wormen en ander bodemleven
Homogenisatie	Gunstig indien niet te sterk, duidt op goede activiteit
Uitwerpselen	Gunstig, duidt op activiteit en omzetting van organisch materiaal
Rode wormen	Gunstig, met name voor de afbraak van organische resten
Grauwe wormen	Gunstig, met name voor de structuur
Pendelaars	Gunstig, kunnen de ondergrond toegankelijk maken voor wortels en afvoer water
Kleur	
Blauw	Ongunstig, duidt op anaërobe (zuurstofloze) condities
Bruin	Gunstig, duidt op organische stof
Rood, gelig, roest	Duidt op invloed van water, waterfluctuaties

Beworteling

In de profielkuil kan men niet alleen zien hoe de wortels de grond in groeien maar ook wat de wortels in de grond zoal tegenkomen bij hun groei. De centrale vraag is: waar halen de wortels het voedsel en water vandaan? Daarnaast kan op de volgende aspecten de beworteling beoordeeld worden:

- Beworteling; geen, matig en intensief.

- Type wortels; oude, actieve en haarwortels.
- Het voorkomen van aangetaste wortels die een indicatie zijn van bodemgebonden ziekten en plagen.
- Bewortelingsdiepte.
- Vorm van het wortelstelsel; ongestoorde groei of knikken in de wortels die wijzen op structuurproblemen, de aanwezigheid van wormgangen waarlangs gewassen verdichte lagen passeren.

Structuur

De structuur kan beoordeeld worden aan de hele profielwand en aan afzonderlijke kluiten van 25 bij 25 cm. Verdere informatie over het beoordelen van een kluit is te vinden bij de 'spadetest' (par. 4.4.1.) Bij klei-, zavel- of loss-grond worden de structurelementen en de wortels duidelijker zichtbaar door de wand wat te bewerken met een harkje of zakmes.

Activiteit bodemleven

Tijdens het graven van de kuil kan men al het bodemleven wat men tegenkomt verzamelen. Zo kan een beeld verkregen worden van de soorten bodemdieren die er op een perceel voorkomen. Wel is dit alléén het bodemleven dat met het blote oog zichtbaar is. Een groot deel van het bodemleven is te klein om met het blote oog te zien. Wormen en sporen van wormenactiviteit (gangen, uitwerpselen) zijn wel duidelijk te zien. Wormen kunnen geteld worden wat een beeld geeft van het bodemleven. Dit is aangegeven in de 'wormentest' (par. 4.2.2.)

Kleuren

Verschillende kleuren kunnen aan de wand waargenomen worden. De kleur van de bodem wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door organische stof en ijzerverbindingen. In zijn algemeenheid geldt dat in een goede grond homogeen gekleurde lagen voorkomen die vloeiend in elkaar overgaan: een bruine tot zwarte bouwvoor op een ondergrond met een vrij neutrale tot licht-warme, dus in elk geval weinig uitgesproken kleur (bruinig, gelig, grizig). Er zitten hooguit wat vage vlekjes in; een goede grond is saai van kleur. Een kleurenspeel van uitgesproken kleuren is een sterke aanwijzing dat er iets schort aan de waterhuishouding en structuur. Een blauwe kleur van de grond wijst op aanwezige ferro(ijzer)verbindingen. Dit betekent een slechte doorluchting en anaerobe (zuurstofloze) condities die wortelgroei belemmeren of onmogelijk maken en de afbraak van mest en gewasresten remmen.

Roestvlekken duiden op ijzerverbindingen en fluctuerende grondwaterstand. Dit kan een indicator zijn tot hoe hoog het water in de (winter)perioden komt. In zandgronden waar alle ijzer uit verdwenen is, geeft een bleek-grijze en vaste ondergrond aan tot welke hoogte de grond jaarlijks verzadigd is met grondwater.

Maatregelen om de situatie te verbeteren

Naar aanleiding van de profielkuil kunnen het beste meerdere aanvullende testen uitgevoerd worden. Per test worden maatregelen aangedragen. Met een deskundige kunnen locatiespecifieke maatregelen worden overwogen. Een uitgebreide beschrijving van de beoordeling van bodems aan de hand van de profielkuil is gegeven in de syllabus van de cursus "Bodem in zicht" (Bokhorst en Heeres, 2003).

Literatuur

Bokhorst J.G. & E. Heeres (eds.), 2003. Bodem in zicht cursusmateriaal. Louis Bolk Instituut, Driebergen.



Bijlage 1 Invulformulieren

In deze bijlage treft u de volgende invulformulieren aan:



1 Indringingsweerstand

Naam bedrijf: _____

Datum: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	Diepte - (cm)	Diepte - (cm)	Diepte - (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Perceel: _____

Plaats	Diepte - (cm)	Diepte - (cm)	Diepte - (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Aantekeningen: _____

2 Bodemdichtheidstest

Naam bedrijf: _____

Datum: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	Gewicht van de zak (g) A	Gewicht zak met grond (g) B	Gewicht grond na drogen (g) C	Watergehalte (g/g) = ((B-A)-C)/C	Bodem dichtheid* (g/cm ³) = C / 363 cm ³
1					
2					
3					

Aantekeningen: _____

Perceel: _____

Plaats	Gewicht van de zak (g) A	Gewicht zak met grond (g) B	Gewicht grond na drogen (g) C	Watergehalte (g/g) = ((B-A)-C)/C	Bodem dichtheid* (g/cm ³) = C / 363 cm ³
1					
2					
3					

Aantekeningen: _____

Perceel: _____

Plaats	Gewicht van de zak (g) A	Gewicht zak met grond (g) B	Gewicht grond na drogen (g) C	Watergehalte (g/g) = ((B-A)-C)/C	Bodem dichtheid* (g/cm ³) = C / 363 cm ³
1					
2					
3					

*volume van de ring is 363 cm³



3 Stabiliteit van de aggregaten

Naam bedrijf: _____

Datum: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	Gewicht zeef met grond (g) A	Gewicht zeef met droge aggregaten (g) B	Gewicht zeef met grond (g) C	Waterstabele aggregaten (%) $= (B-C) / (A-C) \times 100$
1				
2				
3				

Perceel: _____

Plaats	Gewicht zeef met grond (g) A	Gewicht zeef met droge aggregaten (g) B	Gewicht zeef met grond (g) C	Waterstabele aggregaten (%) $= (B-C) / (A-C) \times 100$
1				
2				
3				

Perceel: _____

Plaats	Gewicht zeef met grond (g) A	Gewicht zeef met droge aggregaten (g) B	Gewicht zeef met grond (g) C	Waterstabele aggregaten (%) $= (B-C) / (A-C) \times 100$
1				
2				
3				

Aantekeningen: _____

4 Waterinfiltratie (waterdoorlatendheid)

Naam bedrijf: _____

Datum: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	Tijd (aantal minuten)	Beoordeling Goed/matig/slecht
1		
2		
3		
4		
5		

Perceel: _____

Plaats	Tijd (aantal minuten)	Beoordeling Goed/matig/slecht
1		
2		
3		
4		
5		

Perceel: _____

Plaats	Tijd (aantal minuten)	Beoordeling Goed/matig/slecht
1		
2		
3		
4		
5		

Aantekeningen: _____





5 Koolzuurproductie

Naam bedrijf: _____

Datum en jaar: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	% CO ₂ Dreagerbuisje A	Bodemtem- peratuur (°C) B	Ringhoogte* (cm) C	Koolzuurproductie (kg CO ₂ -C/ha/dag) = (A-0.035) x ((B+273)/273) x C x 25,2
1	5			
2	5			
3	5			
4	5			
5	5			
Gemiddelde			5	

Perceel: _____

Plaats	% CO ₂ Dreagerbuisje A	Bodemtem- peratuur (°C) B	Ringhoogte* (cm) C	Koolzuurproductie (kg CO ₂ -C/ha/dag) = (A-0.035) x ((B+273)/273) x C x 25,2
1	5			
2	5			
3	5			
4	5			
5	5			
Gemiddelde			5	

Perceel: _____

Plaats	% CO ₂ Dreagerbuisje A	Bodemtem- peratuur (°C) B	Ringhoogte* (cm) C	Koolzuurproductie (kg CO ₂ -C/ha/dag) = (A-0.035) x ((B+273)/273) x C x 25,2
1	5			
2	5			
3	5			
4	5			
5	5			
Gemiddelde			5	

* ringhoogte boven de grond in cm;

Aantekeningen: _____

6 Regenwormen

Naam bedrijf: _____

Datum en jaar: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	Rode A	Grauwe B	Pendelaars C	Totaal D=A+B+C	Aantal wormen per m ² bouwvoor D x 16	Opmerking
1						
2						
3						
4						
5						

Perceel: _____

Plaats	Rode A	Grauwe B	Pendelaars C	Totaal D=A+B+C	Aantal wormen per m ² bouwvoor D x 16	Opmerking
1						
2						
3						
4						
5						

Perceel: _____

Plaats	Rode A	Grauwe B	Pendelaars C	Totaal D=A+B+C	Aantal wormen per m ² bouwvoor D x 16	Opmerking
1						
2						
3						
4						
5						

Aantekeningen: _____





7 Nitraatgehalte

Naam bedrijf: _____

Datum en jaar: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	Nitraatgehalte mg/l (ppm) A	Omrekening naar kg N per ha A x 1,02
1		
2		
3		

Perceel: _____

Plaats	Nitraatgehalte mg/l (ppm) A	Omrekening naar kg N per ha A x 1,02
1		
2		
3		

Perceel: _____

Plaats	Nitraatgehalte mg/l (ppm) A	Omrekening naar kg N per ha A x 1,02
1		
2		
3		

Aantekeningen: _____



8 Zuurgraad (pH-meting)

Naam bedrijf: _____

Datum en jaar: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	pH waarde
1	
2	
3	

Perceel: _____

Plaats	pH waarde
1	
2	
3	

Perceel: _____

Plaats	pH waarde
1	
2	
3	

Aantekeningen: _____



9 Zoutgehalte (EC-meting)

Naam bedrijf: _____

Datum en jaar: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Plaats	EC waarde
1	
2	
3	

Perceel: _____

Plaats	EC waarde
1	
2	
3	

Perceel: _____

Plaats	EC waarde
1	
2	
3	

Aantekeningen: _____



Spade test

Naam bedrijf: _____

Datum en jaar: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Diepte	Structuurelementen (%)		
	Kruimels	Afgerond blokkig	Scherp blokkig
Laag 0-25cm			
0 - cm			
..... - cm			
Laag 25-50			
25 - cm			
..... - cm			

Perceel: _____

Diepte	Structuurelementen (%)		
	Kruimels	Afgerond blokkig	Scherp blokkig
Laag 0-25cm			
0 - cm			
..... - cm			
Laag 25-50			
25 - cm			
..... - cm			

Perceel: _____

Diepte	Structuurelementen (%)		
	Kruimels	Afgerond blokkig	Scherp blokkig
Laag 0-25cm			
0 - cm			
..... - cm			
Laag 25-50			
25 - cm			
..... - cm			



11 Profielkuil

bedrijf _____

Datum en jaar: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Zet een kruisje bij het thema als dit is waargenomen in de desbetreffende laag.

Thema	Diepte		
	0 - cm - cm - cm
Beworteling			
<i>Geen</i>			
<i>Matig</i>			
<i>Intensief</i>			
Structuur			
<i>Kruimels</i>			
<i>Afgerond blokkig</i>			
<i>Scherp blokkig</i>			
Bodemlevenactiviteit			
<i>Gangen</i>			
<i>Homogenisatie</i>			
<i>Uitwerpselen</i>			
<i>Rode wormen</i>			
<i>Grauwe wormen</i>			
<i>Pendelaars wormen</i>			
Kleur			
<i>Blauw</i>			
<i>Bruin</i>			
<i>Rood, gelig, roest</i>			

Aantekeningen: _____

12 Overzichtsformulier

Naam bedrijf: _____

Datum en jaar: _____

Overige opmerkingen (gewas, uitgevoerde grondbewerkingen, weersgesteldheid afgelopen dagen):

Perceel: _____

Test	Verwachte bodemkwaliteit		Gemeten bodemkwaliteit	
	Goed	Slecht	Goed	Slecht
Bodemfysisch				
Indringingsweerstand				
Bodemdichtheid				
Stabiliteit van de aggregaten				
Waterinfiltratie				
Bodembologisch				
Koolzuurproductie				
Regenwormen				
Bodemchemisch				
Nitraatgehalte				
Zuurgraad (pH)				
Zoutgehalte (EC)				
Perceelwaarnemingen				
Spade test				
Profielkuil				
Totaalscore				

Aantekeningen: _____



Bijlage 2 Resultaten van enkele bedrijven

Diverse instrumenten en methodieken uit de testkit zijn toegepast op 12 bedrijven met per bedrijf twee tot vier percelen en per perceel ten minste drie metingen.

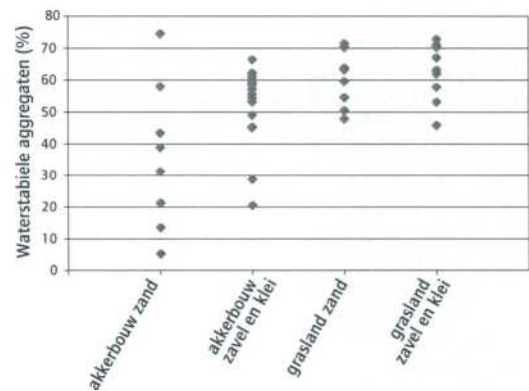
De bemonsterde bedrijven zijn onderverdeeld naar veehouderij (grasland) en akkerbouw, en naar gangbare en biologische bedrijfsvoering. Over het algemeen is de spreiding tussen de herhalingen vrij groot. Dit kan worden toegeschreven aan de variabiliteit van de percelen. Het verhogen van het aantal metingen per perceel komt de betrouwbaarheid van het resultaat dan ook ten goede.

Ondanks de spreiding in meetgegevens en het relatief geringe aantal bedrijven komen er tendensen naar voren.

Waterstabile aggregaten

Ondanks een overlap blijkt dat:

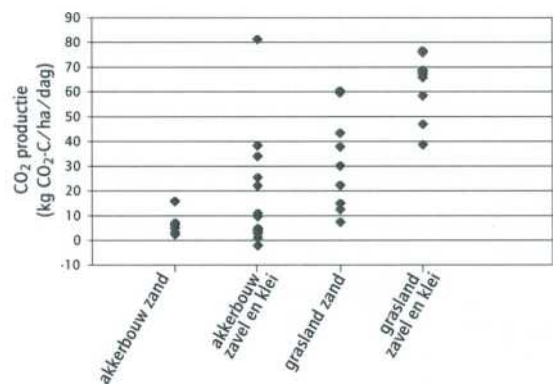
- bij de akkerbouw percelen grote verschillen in waterstabile aggregaten voorkomen.
- bij de akkerbouw percelen (veel) lagere percentages waterstabile aggregaten voorkomen dan in de grasland percelen.



Koolzuurproductie

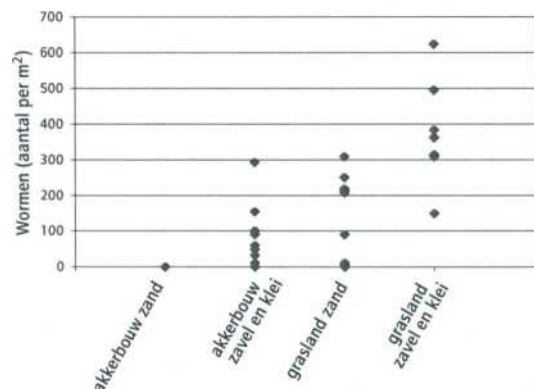
Bij een flinke overlap blijkt dat:

- de grasland percelen op zavel en klei hoger scoren dan de zand percelen.

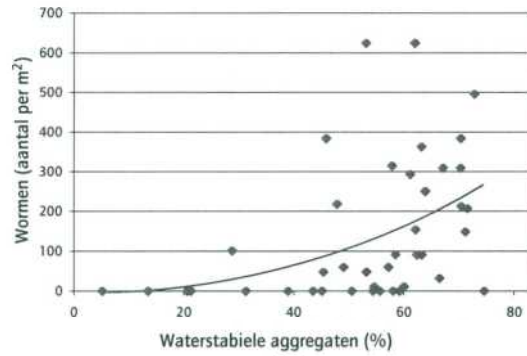


Regenwormen

- bij de akkerbouw percelen de wormen vrijwel alleen op zavel en klei zijn te vinden.
- de grasland percelen op zavel en klei veel wormenrijker zijn dan op zand. Er zijn grasland percelen op zand (gangbaar) met (vrijwel) geen wormen.



Er blijkt een verband te bestaan tussen aggregaatstabiliteit en wormenbezetting. Van de acht percelen met de laagste aggregaatstabiliteit blijken er zeven helemaal geen wormen te bevatten. Het omgekeerde is niet geldig: er zijn ook percelen zonder wormen met toch een redelijke tot goede aggregaatstabiliteit. De spreiding is zeer groot.



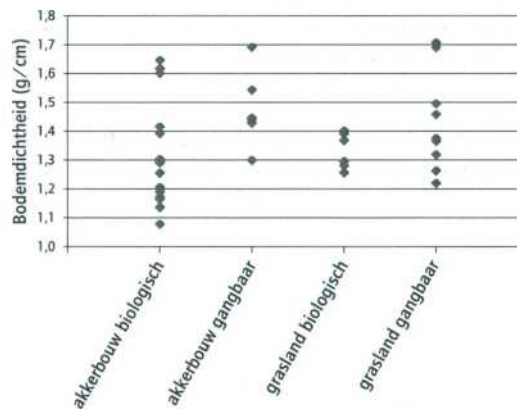
Daarnaast is aan de betreffende veehouder/akkerbouwer een relatieve beoordeling van de bemonsterde percelen gevraagd: goed en minder goed. Als dit gelegd wordt naast afzonderlijke parameters uit de testkit levert dit geen uniform beeld op. Waarschijnlijk moet er lokatie-specifiek naar de meetwaarden gekeken worden en niet generiek.

Ook blijken er verschillen tussen de gangbare en biologische bedrijven:

Bodemdichtheid

Ondanks een flinke overlap blijkt dat:

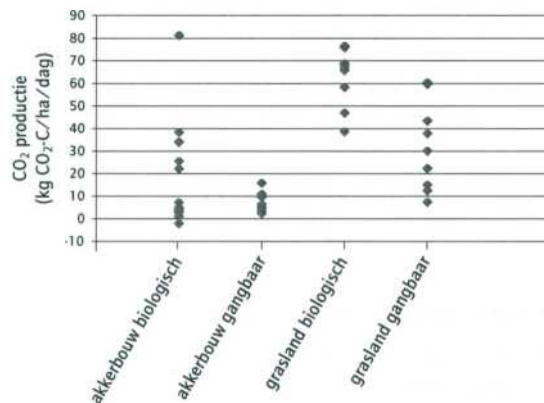
- bij de akkerbouw de bedrijven met de laagste bodemdichtheid biologische bedrijven zijn.
- bij grasland de bedrijven met de hoogste bodemdichtheid gangbare bedrijven zijn.



Koolzuurproductie.

Bij een relatief geringe overlap blijkt dat:

- bij grasland de biologische bedrijven hoger en gangbare bedrijven lager scores.



Bijlage 3 Inhoud van de testkit

Bodemprikstok
Meetlat
Plastic zakjes
Watervaste stift
(Gras)schaar
Ring van 10 cm hoog en 7 cm
doorsnede buitenzijde
Rubberen hamer
Blok hout
Plantenschepje
Afstrijkmes
Drie ovenvaste schaaltes
Grondguts/boortje
Emmer
Maatschepje
2 mm zeef
0,25 mm zeef
Plantenspuit
Fosfaat wasmiddelblokjes
Ring van 15 cm hoog en 16 cm
doorsnede buitenmaat
Plastic folie
Maatbeker van minimaal 500 ml.
Stopwatch
Deksel voor grootste ring
Twee rubberen stoppen
Grondthermometer
2 Plastic slangetjes
2 Injectie naalden
Dreagerbuisje
140 cc spuit
Nitratmeter
Nitratstrookjes
Afsluitbare fles met maatverdeling
(minimaal 300 ml inhoud)
 CaCl_2
5 Kleine bekertjes
Trechttertje
Filtreerpapier
pH-meter
Zakjes kalibratievloeistof pH 4.01,
pH 7 en pH 10
Bekerglas
Kaliumchloride
EC-meter
Zakje kalibreervloeistof EC
1.41 mS/cm
Mesje
Pocket penetrometer
Loepje
Rekenmachine

Invulformulieren (12 stuks)
Instructiekaarten (11 stuks)
Handleiding met achtergrondinformatie²

Materialen zelf aan te leveren:
Plastic zak
Spa
Weegschaal (0,1 gram nauwkeurig)
Oven/Magnetron



www.louisbolk.nl
www.bodemkwaliteit.nl