

FAB en een weerbare bodem



FAB2



Deze brochure is onderdeel van het LTO FAB2 project in opdracht van de stuurgroep LTO FAB2. Projectleiding wordt verzorgd door ZLTO Projecten, p/a Henny van Gurp, Postbus 100, 5201 AC 's-Hertogenbosch.



Het LTO FAB2 project wordt uitgevoerd door de Wageningen UR onderdelen Plant Research International (PRI) en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten (PPO-AGV), CLM Onderzoek en Advies BV, DLV Plant BV, Louis Bolk Instituut (LBI) en Universiteit van Amsterdam, Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (UvA-IBED)



Het project LTO FAB2 is mede mogelijk gemaakt door financiering vanuit het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I), Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M), Hoofdproductschap Akkerbouw, Productschap Tuinbouw, Provincie Zuid-Holland en Rabobank.



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie



Ministerie van Infrastructuur en Milieu



provincie **ZUID** HOLLAND



Rabobank



PRODUCTSCHAP AKKERBOUW



Productschap **Tuinbouw**

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO. Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

FAB en een weerbare bodem

Marleen Zanen, Merijn Bos, Paul Belder, Leen Janmaat, Leendert Molendijk, Gerard Korthals en Frans van Alebeek (red.)

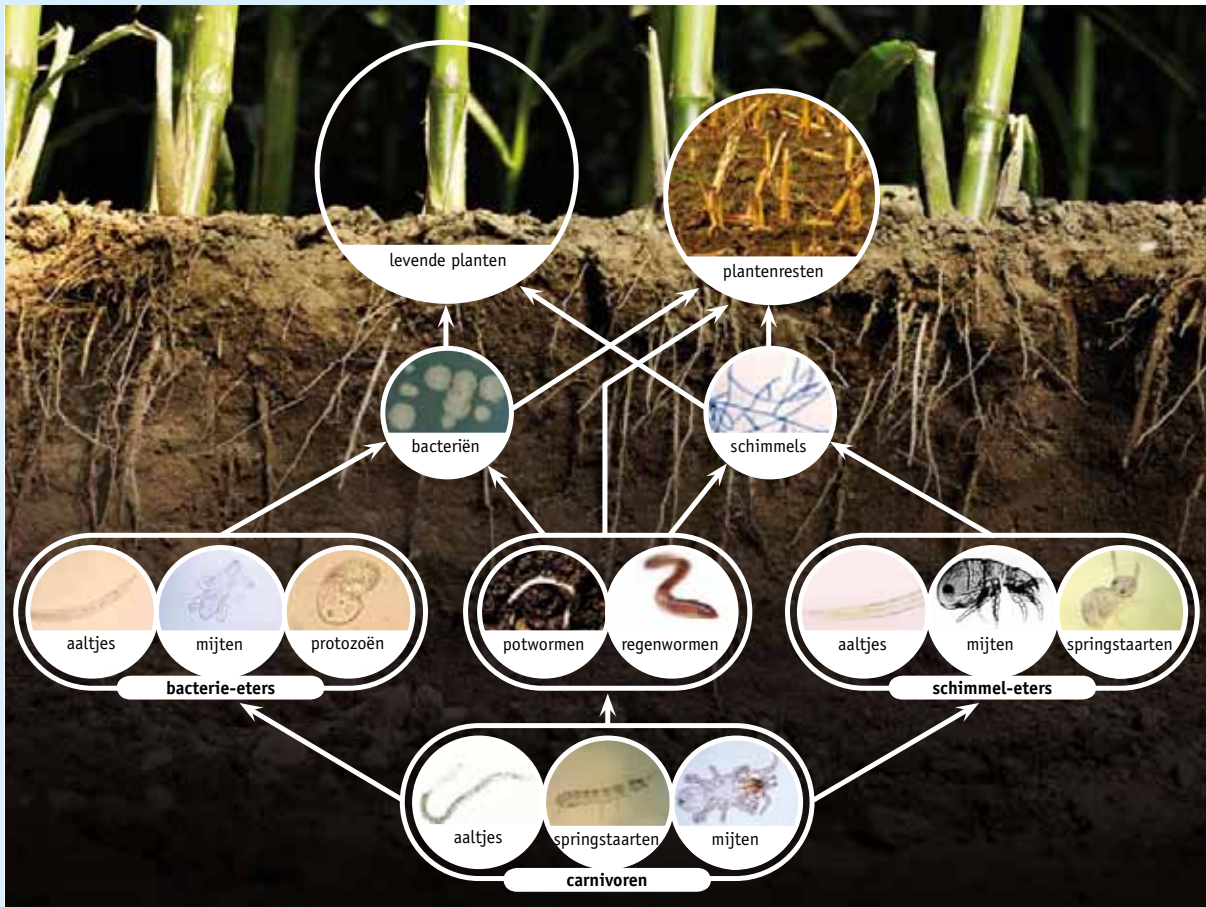
November 2011



Inhoud

Functionele Agro Biodiversiteit	1
Weerbare bodem als basis.....	3
Sturen op weerbaarheid	5
Een gezonde bodem leeft!	7
Voeden van het bodemleven – C:N ratio	9
Weerbaarheid door bodemstructuur	10
Weerbaarheid door bodemvruchtbaarheid	12
Weerbaarheid tegen ziekten en plagen.....	14
Metten is weten: Biotests geven inzicht	17
Maatregelen voor duurzaam bodembeheer.....	19
Vruchtwisseling.....	21
Groenbemesters	23
Grondbewerking	27
Het gebruik van compost.....	31
Chitine als voeding voor het bodemleven.....	33
Biofumigatie.....	35
Biologische grondontsmetting (BGO).....	37
Informatie bronnen.....	41





Functionele Agro Biodiversiteit

Biodiversiteit is de verscheidenheid van planten- en diersoorten, in de natuur, in de landbouw, overal. Wanneer planten en dieren nuttig kunnen zijn voor de landbouw dan wordt dit ook wel Functionele AgroBiodiversiteit (FAB) genoemd. Denk bijvoorbeeld aan bijen die onze gewassen bestuiven. Binnen het FAB-concept wordt gestreefd naar een aanpak waarin de natuurlijke vijanden van plaaginsecten een optimale rol kunnen spelen bij voorkomen en onderdrukken van plaagpopulaties. Bloemrijke akkerranden kunnen natuurlijke vijanden van bovengrondse belagers aantrekken.

De biodiversiteit in de bodem onder onze voeten is minder zichtbaar en minder bekend, maar minstens zo rijk en divers als het leven bovengronds. Een duurzaam beheer van die bodem kan bijdragen aan een vitaal bodemleven en de groei van een gezond en weerbaar gewas. Van 2008 tot en met 2011 hebben agrarische ondernemers in Zuid-Holland en in Noord-Brabant zich verdiept in de verschillende aspecten van een gezonde bodem. Het is voor hen duidelijk geworden dat bodemkwaliteit en de weerstand tegen ziekten verbeterd kunnen worden met gerichte aandacht en maatregelen.

Bij de teelt van cultuurgewassen kunnen bodemgebonden ziekten en plagen zich opbouwen in de bodem. Als de populaties te hoog oplopen ontstaat er schade aan het gewas en loopt de opbrengst terug. Vanuit de FAB-aanpak zoeken we naar bodem-mechanismen die bijdragen aan de onderdrukking van ongewenste organismen. Door onderzoek en praktijkervaringen weten we meer over de samenhangen in de bodem. Deze brochure beschrijft praktische maatregelen waarmee de teler het natuurlijke onderdrukkende vermogen in de bodem kan verbeteren. Het samenspel van bodemorganismen die leiden tot onderdrukking van ziekten en plagen wordt bodemweerbaarheid genoemd. In deze brochure maakt u kennis met de spelers in de bodem en vooral ook de maatregelen die gewenste spelers en processen ondersteunen. Door preventieve maatregelen kunnen veel bodemproblemen en drastische correctiemaatregelen worden voorkomen.



Figuur links: De activiteit van het bodemvoedselweb bepaalt in belangrijke mate de bodemkwaliteit.

A photograph of soil with plant roots and stems. Overlaid on the image is a diagram with four green rounded rectangular boxes. The top box is labeled 'Bodemleven' with the subtitle 'Aantallen en diversiteit'. The middle box is labeled 'Weerbare Bodem'. The bottom-left box is labeled 'Bodemstructuur' with the subtitle 'Lucht- en waterhuishouding'. The bottom-right box is labeled 'Bodemchemie' with the subtitle 'Mineralen, sporenelementen, pH'. White double-headed arrows connect the top box to the middle box, the middle box to the bottom-left box, the middle box to the bottom-right box, and the bottom-left box to the bottom-right box.

Bodemleven

Aantallen en diversiteit

**Weerbare
Bodem**

Bodemstructuur

Lucht- en waterhuishouding

Bodemchemie

Mineralen, sporenelementen, pH

Weerbare bodem als basis

In de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt is de bodem de basis van de bedrijfsvoering – het belangrijkste kapitaal van de ondernemer. Goed beheer is het uitgangspunt en stimulering van biodiversiteit een belangrijke sleutel voor succes: gebrek aan biodiversiteit beperkt de opbrengst van gewassen en vergroot de kans op schade door ziekten en plagen. Meer dan een kwart van de biodiversiteit op aarde bevindt zich in de bodem. Een enkel theelepeltje grond herbergt meer organismen dan het aantal mensen op aarde! De vraag is hoe we deze organismen voor ons kunnen laten werken, kortom, hoe kunnen we de beschikbare biodiversiteit in de bodem functioneel maken?

Naast het FAB-onderzoek in de akkerbouw is de laatste jaren veel praktisch werk verricht in de aardbeienteelt. Voor concrete voorbeelden rond bodemweerbaarheid wordt in deze brochure daarom regelmatig de teelt van aardbeien als voorbeeld gebruikt. Maar de kennis, processen en maatregelen die in deze brochure worden beschreven, zijn geldig voor de gehele land- en tuinbouw.

Cees Schelling, deelnemer aan het FAB-project in de Hoeksche Waard

“We proberen het bodemleven te stimuleren door het toepassen van niet-kerende grondbewerking en bekijken de mogelijkheden van regenwormen ter verbetering van de grondstructuur. Want een gezondere grond betekent sterkere planten en minder voedingsstoffen en schimmelbestrijders. En hopelijk dezelfde opbrengst.”





Interview met dhr. Notermans, aardbeienteler in Zuid-Limburg

In het uiterste Zuidelijke puntje van Nederland teelt de heer Notermans aardbeien in combinatie met hardfruit. De aardbeien zijn bekend vanwege hun goede smaak. De bodem van het bedrijf is speciaal. Het is een lössgrond waar gedurende 300 jaar een hoogstamboomgaard met gras op heeft gestaan en daarna nu 10 jaar aardbeien, periodiek afgewisseld met graan of gras. Er wordt bemest met drijfmest van varkens of runderen en soms vaste mest. Bij onderzoek naar de ziekteverendigheid van de bodem voor bodempathogenen scoort de bodem zeer gunstig. Toch kunnen er wel snel bodemproblemen ontstaan. "Het is een relatief zware lössgrond en vooral als het nat is kun je beter het land niet berijden en als het echt moet richt je snel veel schade aan". Dhr. Notermans komt hierdoor tot de conclusie dat eigenlijk iedere bodembewerking slecht is, waar voor deze grond waarschijnlijk veel waarheid in zit.

Notermans:

"Iedere bodembewerking zie ik als slecht voor de bodemkwaliteit".

Soms kan er alleen onder natte omstandigheden bodembewerking plaatsvinden. De gevolgen voor de bodemstructuur en de beworteling zijn dan ingrijpend. De wortels van de aardbeien konden door verdichting niet veel dieper dan 10 cm de grond inkomen.



Sturen op weerbaarheid

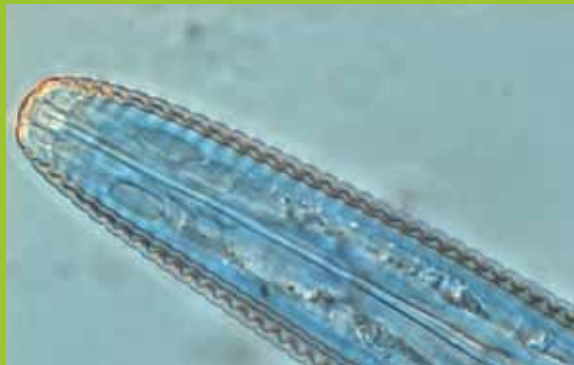
Een “goede” bodem doet wat wij van haar vragen. Voor de landbouw betekent dat vooral dat de gewassen het goed doen en blijven doen. Een goede bodem kan tegen een stootje: de percelen zijn goed te bewerken, er is geen plasmavorming, de gewassen wortelen diep, en blijven gezond. Kortom, een goede bodem is weerbaar als bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid goed zijn. De gewassen worden minder snel aangetast door ziekten en plagen.

Gewenste Bodemfuncties

- **Voor de landbouw:**
 - Goede bodemvruchtbaarheid
 - Een mooie bodemstructuur
 - Niet vatbaar voor ziekten en plagen
 - Weerstand tegen stress (herstelvermogen)
 - Veerkracht en aanpassingsvermogen
 - Vertering van organische stof
 - Water: vasthouden, doorlaten, leveren
- **Voor de samenleving:**
 - Zelfreinigend vermogen (schoon water)
 - Klimaat: koolstofvastlegging
 - Biodiversiteit

Bodemweerbaarheid is bij de aardbeientelers een belangrijk begrip. Hoe worden teeltplan, grond- bewerkingen en bemesting op elkaar afgestemd? De aardbeienteelt, die vooral in Noord-Brabant plaatsvindt, wordt gekarakteriseerd door continue teelt. Het risico op bodemgebonden ziekten en plagen is daardoor relatief groot. Chemische grondontsmetting, met name tegen aaltjes, en chemische bestrijding van ziekten en plagen in het gewas worden door de meeste telers gezien als noodzakelijke maatregelen. Momenteel mag chemische ontsmetting nog maar eens per 5 jaar worden toegepast. Sommige telers zoeken al actief naar andere oplossingen, waardoor het enkele telers al lukt om ruim 10 jaar zonder grondontsmetting te telen.





Een gezonde bodem leeft!

Een gezonde bodem bruist van het leven en het overgrote deel van dat bodemleven is nauw betrokken bij bodemkwaliteit. Ondanks dat we het meeste bodemleven niet met het blote oog kunnen zien, merken we het effect ervan wel degelijk. Een actief bodemleven zorgt voor een luchtige bodemstructuur, het vrijkomen van voedingsstoffen uit mest en compost, de vertering van gewasresten, maar ook voor weerbaarheid tegen bodemgebonden ziekten en plagen.

Tabel 1: Het bodemleven onder één voetstap op gezonde landbouwgrond (aantallen en gewicht van verschillende groepen organismen)

Niet met het blote oog zichtbaar		
Bacteriën	10 – 1000 biljoen	100 – 700 g/m ²
Schimmels	10 miljard – 10 biljoen	100 - 500 g/m ²
Protozoën	100 miljoen – 10 miljard	6 - 30 g/m ²
Nematoden	100 duizend – 10 miljoen	5 - 50 g/m ²
Zichtbaar, tot 2 millimeter		
Mijten	2.100 – 41.000	0.2 – 4 g/m ²
Springstaartjes	2.100 - 41.000	0.2 - 4 g/m ²
Zichtbaar, groter dan 2 millimeter		
Regenwormen	Tot 50	30 - 200 g/m ²

Bron: ELO 2010.



Een bacterie-etend aaltje.

Linker pagina, van linksboven met de klok mee rond: Een vrouwtje aardappelcyste-aaltje op een wortel, een bodemmijt, een plantenparasitair aaltje, schimmeldraden, een regenworm en een aaltje dat op andere bodemorganismen jaagt.



Interview met Mario van Meer, aardbeienteler te Etten-Leur

Het familiebedrijf Van Meer is gevestigd in Etten-Leur en teelt aardbeien in de vollegrond. Het bedrijf is in 1968 gestart door Cees en José van Meer en in 1993 overgenomen door Mario en Lisette van Meer. Nu is het bedrijf 80 hectare groot en voor tweederde beteelt met aardbeien. Naast enkele andere gewassen zaait Mario groenbemesters om de bodem wat rust te gunnen. Mario is intensief bezig met bodemkwaliteit, hij laat zich bijstaan door adviseur Stephan Timmermans van HortiNova. Altijd gaat de spade mee het land in.

De indringingsweerstand op de percelen blijft tot grote diepte onder de kritische grens. De wortels kunnen daardoor onbeperkt doorgroeien. Op dit bedrijf zijn meerdere metingen gedaan en alle percelen blijken goed doorwortelbaar. Als bemesting wordt ook compost gebruikt, dit stimuleert het bodemleven en zorgt voor organische stof. Bovendien worden er tot half augustus na beëindiging van de teelt groenbemesters gezaaid, soms gericht tegen wortellessieaaltjes. Al deze maatregelen op het bedrijf blijken effectief, want grondontsmetting wordt steeds langer uitgesteld, op het huisperceel is dit al lang geleden voor het laatst gedaan.

Mario van Meer:

“Voldoende zuurstof en goede beworteling, daar is ons management op gericht. Vanuit deze insteek zijn wij jaren geleden begonnen met vaste rijpaden”.

De karakteristieke enkeerdgrond van Mario van Meer met ruim een meter donkere teeltaarde. Aardbeienplanten wortelen tot bijna een meter diep dankzij de goede structuur.



Ondergrondse veehouderij – C:N ratio

De hoeveelheid organismen onder de grond is enorm (Tabel 1 op pag 7). De uitdaging voor telers is om al dat bodemleven van voldoende voedsel te voorzien zodat het optimaal kan functioneren. De belangrijkste voedselbron voor het bodemleven is de plantenwortel met de stoffen (vooral suikers) die zij uitscheidt. De bodembedekking komt hierna. Het bodemleven voedt zich met dood of levend organisch materiaal. Organisch materiaal bestaat grotendeels uit koolstof (C) en stikstof (N). De verhouding tussen het aanbod C en N is daarbij cruciaal. Bodemorganismen gedijen het best bij een voedselaanbod met een C:N ratio van ca. 24:1. Organisch materiaal met een C:N ratio in de buurt van 24:1 wordt makkelijk afgebroken en er gaat nauwelijks koolstof of stikstof bij verloren. Voedsel met een hogere C:N ratio, zoals bijvoorbeeld stro (C:N ratio van 80:1), bevat meer koolstof dan micro-organismen nodig hebben. Voor het afbreken ervan zullen ze op zoek moeten gaan naar aanvullende stikstof. Bij een zeer hoge C:N ratio kan dat leiden tot het vastleggen van stikstof in de bodem, waardoor er voor het gewas stikstof tekorten kunnen optreden.

Tabel 2: Koolstof-stikstof ratio van verschillende organische materialen.

Materiaal	C:N ratio
Tarwe stro	80:1
Groencompost van snoeiafval	54:1
Graswortels	20-34:1
Ideaal dieet micro-organismen	24:1
Stalmest	15:1
Luzerne hooi	13:1
Gedroogde kippenmest	8:1





Bewerkingen onder natte omstandigheden leiden al snel tot structuurproblemen.

Regenwormen spelen een cruciale rol in de doorluchting.



Weerbaarheid door bodemstructuur

Een weerbare bodem begint bij een goede bodemstructuur: dat is immers de omgeving waarin alle bodemprocessen plaatsvinden. Bodemstructuur wordt natuurlijk in eerste instantie beïnvloed door bodembewerkingen, zoals ploegen. Maar ook door bemesting en gewaskeuze. De activiteit van het bodemleven (regenwormen!) speelt een sleutelrol in dat mechanisme.

Hoe werkt het?

Het bodemleven beïnvloedt de bodemstructuur door het graven van gangen en het laten samenklonteren van bodemdeeltjes en organische stof. Hierdoor bevorderen regenwormen en andere bodemdieren o.a. de doorluchting van de bodem, de ontwatering en de doorwortelbaarheid van het profiel. Bij goed functioneren zorgt die activiteit in de bodem er voor dat storende lagen in de bodem niet ontstaan of zelfs opgeheven worden, dat gewassen beter wortelen, en dat het land beter bewerkbaar is.

Regenwormgangen zijn vaak de enige mogelijkheid voor wortels om de ondergrond in te dringen. Belangrijke indicatoren voor de bodemstructuur zijn het aantal wormen en de diepte en intensiteit van de beworteling.

Streefwaarden regenwormen

Voor een goede bodemstructuur zijn regenwormen onmisbaar. Uit het onderzoek naar referenties voor biologische bodemkwaliteit door het RIVM zijn streefwaarden geformuleerd voor de gewenste dichtheden van regenwormen. Voor bouwland op zand is die waarde 80 regenwormen per m². Dit komt overeen met 3 tot 4 wormen in een kluit van 20x20x20 cm. Voor bouwland op klei is die waarde 200 regenwormen per m² (8 per kluit).

Bodembeoordeling in het veld

Een effectieve manier om de bodemstructuur te beoordelen is het graven van een kuil in een perceel. Het loont de moeite om percelen te vergelijken die verschillen in bodembewerking of bemesting. Vaak geeft een beoordeling van de bodemstructuur direct aanknopingspunten voor verbeteringen. Bodembeoordeling in een kuil kan het hele jaar door, maar de voorkeur gaat uit naar een kuil in een goed ontwikkeld gewas bij een redelijke vochttoestand. Graaf op minimaal 10 meter uit de perceelsrand en vermijdt rijsporen. Graaf met een spade een gat van 50 x 50 x 50 cm. Let hierbij op bodemstructuur, beworteling en bodemleven.



Enkele voorbeelden:



De ideale bodemstructuur, overwegend losse kruimelige goed doorwortelbare structuurelementen



Verdichte bodem met anaerobe blauwe gedeelten. Wortels kunnen hier alleen groeien tussen de kluiten



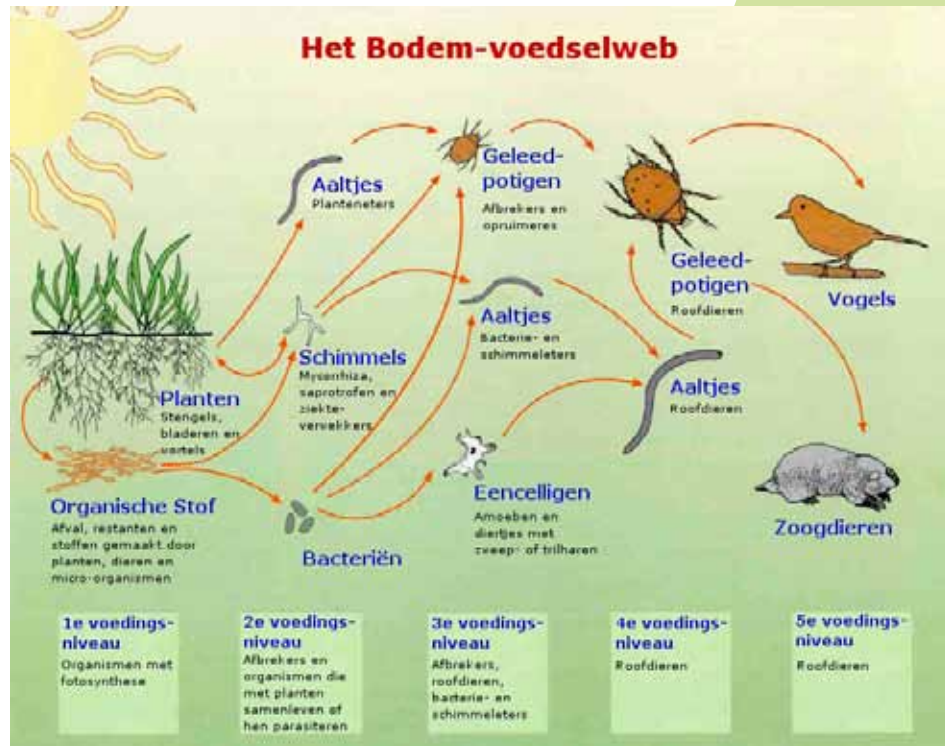
Regenwormen maken de grond los.

Weerbaarheid door bodemvruchtbaarheid

Een vruchtbare bodem levert op het juiste moment de juiste hoeveelheid voedingsstoffen en water aan het gewas. Voedingsstoffen komen in de bodem via bemesting, gewasresten en aanwezige voorraad. In de bodem leven vele soorten micro-organismen, deze organismen hebben een functie in het bodemvoedselweb. Door hun activiteiten van eten en gegeten worden, breken zij de plantaardige resten af en komen er mineralen vrij beschikbaar voor de wortels. Een vruchtbare bodem zorgt voor een goed groeiend gewas, en dat merkt de teler direct aan de opbrengsten.

Hoe werkt het?

Een goed functionerend bodemvoedselweb is de basis van bodemvruchtbaarheid. Voor het bodemleven geldt immers "eten en gegeten worden". De mineralen die het gewas nodig heeft om te groeien zijn grotendeels gebonden aan plantaardige en dierlijke mest en in gewasresten. Het gewas kan er dan nog niets mee. Pas als het bodemleven aan de slag gaat met die organische stoffen komen de voedingsstoffen vrij voor het gewas.



Bodemvruchtbaarheid van aardbeipercelen

De aardbeienteelt in Noord-Brabant vindt plaats op zandgrond. Door vele jaren aanvoer van organische mest is er een steeds dikkere, donkere teeltlaag ontstaan. In deze zogenaamde eerdgrond ligt een dikke laag humus aan de oppervlakte, soms dikker dan 50 cm.

Ondanks de aanwezige organische stof blijft het nodig de bodem te voorzien van vers organisch materiaal. Hiermee blijven micro-organismen actief.

Op de foto rechts ziet u een zogenaamde 'enkeerdgrond' uit Noord-Brabant. Kenmerkend voor eerdgronden is de dikke laag humus die aan de oppervlakte ligt. Deze laag is dikker dan 50 cm. Eerdgronden zijn ontstaan doordat de mest die door de mensen is opgebracht, is veraard.

De kleur van eerdgrond is donkerbruin tot zwart, en de oorspronkelijke plantaardige resten zijn niet meer te herkennen. Enkeerdgrond is heel geschikt voor de aardbeienteelt.

Belangrijke indicatoren voor de bodemvruchtbaarheid zijn: het gehalte organische stof, de pH, het gehalte C-totaal, N-totaal, de C/N verhouding en de Ca/Mg verhouding .

Tabel 3: Voorbeeld van eigenschappen en samenstelling van een enkeerdgrond

Classificatie	Samenstelling		
Donkere laag (cm)	100	Organische stof (%)	3.4
Start verdichte laag (cm)	n.d.	Zuurgraad (pH CaCl ₂)	6.6
Dikte verdichte laag (cm)	n.d.	Stikstof (N-totaal)	1110
Worteldiepte (cm)	n.d.	Ammonium (NH ₄ mg/kg)	8.2
Kruimelig (10, 20cm)	40, 20	Nitraat (NO ₃ mg/kg)	9.5
Afgerond (10, 20cm)	20, 70	Fosfaat beschikbaar (P-AI mg/100g)	79
Scherpblokkig (10, 20cm)	40, 55	Kali (K ₂ O mg/100g)	13
Dichtheid (g/cm ³)	1.3	Mangaan (Mn mg/kg) (Mn)	<0.25
Vocht (%)	17.7	Koper (Cu mg/kg)	0.037
		Boor (B mg/kg)	0.115
n.d. = niet aanwezig		Zink (Zn mg/kg)	0.25



Afrikaantjes (Tagetes patula).

Weerbaarheid tegen ziekten en plagen

Bij een hoog ziekteverend vermogen van de bodem zal ondanks de aanwezigheid van ziektekiemen, geen of weinig schade optreden aan het gewas. Teeltmaatregelen zoals bouwplan, grondbewerking en organische mest kunnen de ziektevering beïnvloeden. Het bodemleven speelt hierbij opnieuw een belangrijke rol.

Hoe werkt het?

Algemene ziekte- en plaagwering treedt op wanneer er door hoge diversiteit en activiteit van het bodemleven niet of nauwelijks ruimte is voor het uitbreken van een ziekte of plaag. Door onderlinge concurrentie om ruimte en voedingsstoffen wordt de uitbreiding van schadelijke organismen afgeremd. Zo staat de veroorzaker van stengelbasisrot (*Phytophthora cactorum*) bekend als bodemgebonden ziekte die gevoelig is voor concurrentie met ander bodemleven.

Specifieke ziekte- en plaagwering treedt op als één specifieke factor er voor zorgt dat een bodemgebonden ziekte of plaag het gewas niet kan aantasten. Dat kan bijvoorbeeld een natuurlijke vijand zijn, maar ook een bepaalde groenbemester die de ziekte of plaag te lijf gaat. Een bekend voorbeeld is het wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*) die te bestrijden is met bepaalde rassen van het Afrikaantje *Tagetes patula*.

Bodem gebonden ziekten en plagen

In het bodemvoedselweb leven vele soorten micro-organismen. Door de steeds doorgaande activiteit, eten en gegeten worden, komen er mineralen vrij en beschikbaar voor de wortels. Slechts enkele organismen zijn in staat de wortels binnen te dringen. Bij grote aantallen van deze zogenaamde plantpathogene organismen wordt het gewas belemmerd in groei en ontwikkeling. Voor meerdere schimmels en aaltjes zijn schadedrempels vastgesteld. Zo staat op de website van Kennisakker (www.kennisakker.nl) de brochure 'Schadewijzer vrij levende en wortelknobbelaaltjes in de akkerbouw'. De opbouw van aaltjespopulaties hangt nauw samen met het bouwplan. Hoe meer gevoelige gewassen waarop aaltjes gedijen hoe hoger de populatie. De keuze van vruchtopvolging inclusief groenbemesters is belangrijk bij het beheersen van aaltjes. Via www.aaltjesschema.nl kan worden nagegaan welke gewassen bepaalde aaltjes vermeerderen en of het gewas schadegevoelig is voor een aaltjessoort.

Bodemgebonden ziekten en plagen in de aardbeienteelt

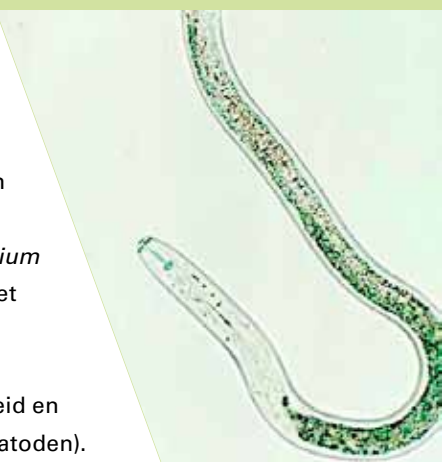
De intensieve tuinbouw heeft te maken met meerdere hardnekkige bodemgebonden ziekten en plagen. Voor de aardbeienteelt zijn dit schimmels zoals stengelbasisrot (infecties door *Phytophthora cactorum*) en verwelkingsziekte (infecties door *Verticillium dahliae*), maar vooral aaltjes zoals het wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans* en het noordelijk wortelknobbelaaltje *Meloidogyne hapla*.

Belangrijke indicatoren voor de gezondheidstoestand van een bodem zijn de dichtheid en activiteit van schimmels en bacteriën en de dichtheid en diversiteit van aaltjes (nematoden).



Een biotoets in bakken in het open veld.

Het wortellesieaaltje
Pratylenchus penetrans.





1420

1421

1422

1423

141c

141d

Meten is weten: Biotoetsen geven inzicht in bodemweerbaarheid

Om te weten of een bodem weerbaar is tegen ziekten en plagen worden zogenaamde biotoetsen ingezet. Een biotoets is een instrument om de weerbaarheid van de bodem te meten. Bij een biotoets wordt de interactie tussen bodem, ziekteverwekker en gewas, onder gecontroleerde omstandigheden in beeld gebracht. Hierbij wordt grond van verschillende percelen of bedrijven verzameld. De grond wordt al dan niet besmet met de pathogene schimmels waarna de grond vervolgens een aantal dagen met rust wordt gelaten. Dit om de interactie van de pathogeen met het bodemleven plaats te laten vinden. Vervolgens wordt de grond over een groot aantal potten verdeeld, waarin waardplanten worden gezaaid of geplant. Afhankelijk van de weerbaarheid van de bodem, zullen deze planten sneller of langzamer ziek worden. Om te kijken in hoeverre 'biologische' factoren een rol spelen in de weerbaarheid, wordt een gedeelte van de grond gesteriliseerd, waarbij alle in de grond aanwezige bodemorganismen gedood worden. Vervolgens wordt ook deze grond al dan niet besmet met de pathogeen, en worden hier waardplanten op gezet. Een biotoets wordt uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden (temperatuur, licht en vocht) in een kas of klimaatcel.

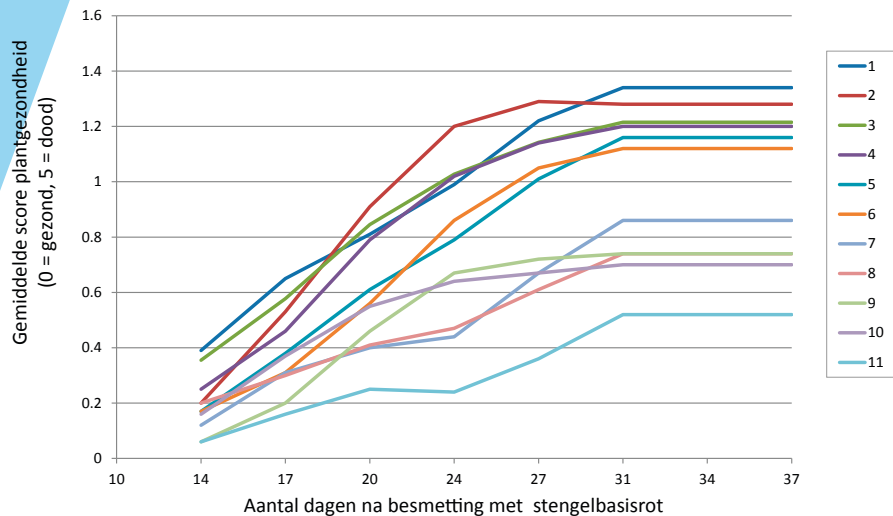
Binnen FAB zijn meerdere biotoetsen uitgevoerd met aardbeien. Als ziekteverwekker is gekozen voor stengelbasisrot. Dit is een veel voorkomende wortelziekte, veroorzaakt door de schimmel *Phytophthora cactorum*. De mate van uitval van besmette planten tijdens de toets zegt iets over het vermogen in de bodem om deze schimmel te onderdrukken. Hoe minder uitval, des te beter de ziekteverwerping. Het aantal gezonde planten vormt een maat voor algemene ziekteverwerping van de bodem.





Uitslagen biotoetsen

In 2011 is grond van 11 aardbeientelers verzameld en verdeeld in potten na besmetting met stengelbasisrot (*P. cactorum*). Gedurende vier weken zijn de aangetaste en/of uitgevallen planten beoordeeld op symptomen van infectie die bestaan uit (vervolgens): krullende bladeren, slap hangen van stengels en bladeren tot volledig dood zijn van de plant. Het verloop van het afsterven en uitvallen van de aardbeiplanten is in onderstaande grafiek uitgezet.



Uit de berekeningen na afloop van de biotoets 2011 bleken een vijftal gronden (de nummers 7 t/m 11) significant weerbaarder te zijn tegen stengelbasisrot. In de biotoetsen is ook gekeken naar verbanden tussen bodemeigenschappen, bezetting van bodemleven en de uitval van de planten. In de toets van 2011 met aardbeien zijn geen eenduidige verbanden gevonden. Uit andere biotoetsen zijn wel verbanden gevonden tussen ziekteverendheid en bodemleven waaronder bezetting door specifieke micro-organismen zoals carnivore nematoden. Ook het organisch stofgehalte blijkt de ziekteverendheid te beïnvloeden. Hoe meer en hoe gevarieerder de organische stof, hoe beter de ziekteverering.

Maatregelen voor duurzaam bodembeheer

Voor het behouden van een duurzame bodemkwaliteit kan de teler kiezen uit veel maatregelen om de bodemstructuur en een soortenrijk bodemleven te onderhouden of te verbeteren.

De eerste stap is een doordacht **bouwplan** als preventie tegen ziekten en plagen en voor behoud van de structuur. Een intensief bouwplan vermeerderd bodemgebonden ziekten en plagen. Veel rooivruchten (aardappel, suikerbiet) verslechteren de structuur. Maaivruchten (graan, gras) geven de bodem rust en werken opbouwend. Bodembedekking in de winter beschermt de bodem en structuur. Groenbemesters leveren organische stof en bedekken de bodem. Groenbemesters met veel wortels brengen meer structuur, zo zijn granen en grassen beter dan bijv. gele mosterd of bladrammenas. Groenbemesters kunnen ziekten en plagen remmen of juist vermeerderen.

In de volgende twee paragrafen behandelen we de vruchtwisseling en het gebruik van groenbemesters.

Het tweede aandachtsgebied is de **bodembewerking**. Doel is het behoud van een goede doorworteling en een divers en talrijk bodemleven. Berijdt daarom de bodem zo min mogelijk, gebruik zo mogelijk vaste rijpaden, al dan niet in combinatie met niet kerende grondbewerking. Oogsten in een nat najaar verslechtert de structuur. Zorg daarom voor een goede timing, vooral niet berijden onder natte omstandigheden. Ploeg niet te diep, dit verlaagt het organische stofgehalte. Beperkt ploegen of niet kerende grondbewerking behoudt of bevordert het bodemleven. We besteden hier aandacht aan in de paragraaf 'Grondbewerking'.

De derde stap betreft de **bemesting** die dient voor een goede structuur, voldoende mineralen en als voedsel voor het bodemleven. Organische stof zorgt voor betere structuur en verkrumeling.

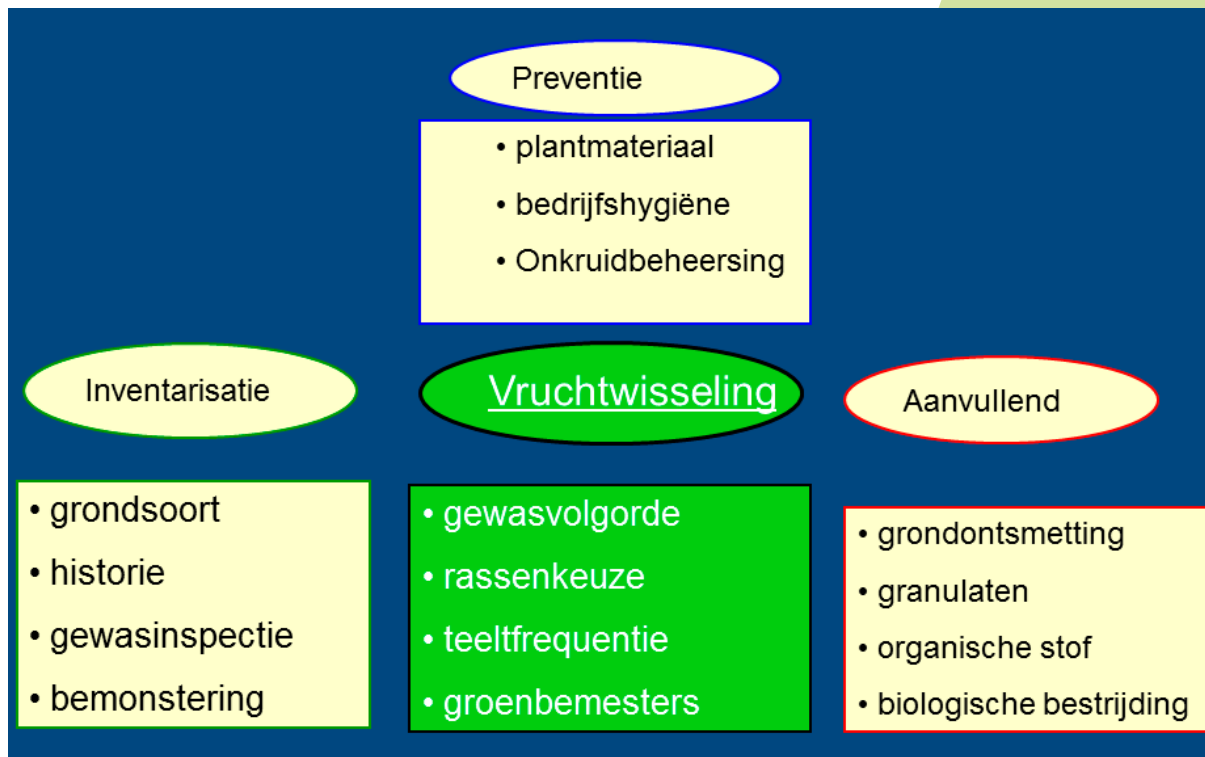


Structuurschade door bewerking onder ongunstige omstandigheden.

Verzorg daarom het bodemleven, vaste mest geeft meer organische stof dan drijfmest. Rijdt mest uit op het juiste moment, drijfmest uitrijden in het voorjaar verslechtert vaak de bodemstructuur. Toediening van organische mest in de vorm van stalmest of uitgerijpte compost werkt gunstig op de bodemstructuur en voedt het bodemleven. Daarom gaan we kort in op het gebruik van compost en op een speciaal, experimenteel soort voedsel voor het bodemleven, nl. chitine.

Tenslotte kan het zijn dat door diverse oorzaken toch serieuze bodemproblemen (bijv. met aaltjes) zijn ontstaan. In korte paragrafen behandelen we enkele nieuwe technieken om die problemen zonder een chemische grondontsmetting aan te pakken.

In het aaltjes-beheersingsschema staat de vruchtwisseling centraal.




Vruchtwisseling

Een gezonde vruchtwisseling is essentieel voor een gezonde bodem. Vanwege specialisatie van bedrijven en rentabiliteit van gewassen is dit in de praktijk vaak lastig in te vullen. Voor een goed bouwplan bestaan een aantal vuistregels die elke teler met de paplepel krijgt ingegoten. Zoals: het afwisselen van maai- en rooivruchten, niet intensiever dan eens in de zes jaar hetzelfde gewas, geen afrijpende peulgewassen in combinatie met *Verticillium dahliae* gevoelige gewassen als aardappel en aardbei. Slim gekozen groenbemesters kunnen het gehalte organische stof verhogen, de structuur verbeteren door hun doorworteling en sommige specifieke ziekten en schadelijke aaltjes terugdringen. Maar in de praktijk blijkt het knap lastig om aan al deze aspecten steeds en volledig invulling te geven. Toch is er vaak meer mogelijk dan er nu gebeurt.

Als voorbeeld van een goede strategie voor bodemgezondheid (in dit geval voor aardbeien) worden hier een aantal suggesties gedaan. Zo'n aanpak bestaat uit een viertal elementen:

- **Preventie.** Voorkom insleep van ziekten en plagen door het inslepen van perceelsvreemde grond tot het minimum te beperken. Gebruik gezond uitgangsmateriaal. *Meloidogyne hapla* en *Pratylenchus penetrans* maar ook verschillende schimmels kunnen met plantmateriaal worden binnengehaald. Onkruiden kunnen de hele vruchtwisseling teniet doen. Onkruidbestrijding is bodembeheer.
- **Inventarisatie.** Ken uw percelen, inclusief de gehuurde percelen. Een bodemziekte begint meestal op een klein oppervlak. Via gewaswaarneming en onderzoek van bodemmonsters is vroegtijdig ingrijpen mogelijk.
- **Bouwplan.** Dit is de kern. Weet wat cultuurgewassen doen met de opbouw van bodemziekten, onkruiden en plagen (zie bijv. www.aaltjesschema.nl). Een misvatting binnen de aardbeienteelt is dat wanneer er op een perceel nooit aardbei heeft gestaan het dan bij voorbaat een geschikt perceel is. Maïs is een sterke vermeerderaar van het wortellesieaaltje en



Onkruiden kunnen een hele vruchtwisseling teniet doen.

voormalige maïspcelen zijn daarom bij voorbaat verdacht. Wanneer de uitgangssituatie van percelen bekend is dan kan er gericht gestuurd worden via het bouwplan. Dit geldt ook voor de keuze van groenbemesters. Maak daar waar nodig gebruik van *Tagetes patula* als *P. penetrans* bestrijder.

- **Aanvullende maatregelen.** Indien preventieve maatregelen zoals vruchtwisseling onvoldoende effect hebben, komen ingrepen zoals grondontsmetting (chemisch/niet chemisch) aan de orde. Na deze ingrijpende maatregelen zal het bodemleven zich opnieuw moeten vestigen en stabiliseren.

AALTJESHEMA	<i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> Aardappelcysteelsteeltje	<i>Heterodera schachtii</i> Witte bietencysteelsteeltje	<i>Heterodera betae</i> Gele bietencysteelsteeltje	<i>Meloidogyne hapla</i> Noordelijk wortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> Maïswortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne fallax</i> Bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje	<i>Pratylenchus penetrans</i> Wortelsteeltje	<i>Ditylenchus dipsaci</i> Stengelsteeltje	<i>Trichodorus primitivus</i> Trichodorus primitivus	<i>Trichodorus similis</i> Trichodorus similis	<i>Paratrichodorus pachydermus</i> Paratrichodorus pachydermus	<i>Paratrichodorus teres</i> Paratrichodorus teres
Bladrammenas	-	- R	- R	●●	- R	● R	●●●	?	●●●	●●	●●	●
Gele mosterd	-	- R	- R	●	●●	●●	●●●	?	●●●	●●●	●●●	●
Bladkool	-	●●●	●●●	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Italiaans raaigras	-	-	-	-	●●	●●●	●●●	●	●●●	●●●	●●●	●●●
Engels raaigras	-	-	-	-	●	●●●	●	●	●●●	●●●	●●●	●●●
Rogge	-	-	-	-	●●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●●	●●●
Japane haver	?	?	?	?	?	?	-	?	?	?	?	?
Witte klaver	-	-	?	●● R	●● R	●● R	●●●	●●●	?	?	?	●●●
Voederwikke	-	-	●●	●●	?	●●	●●●	?	●●●	?	?	●
Raketblad	--	?	?	●●	?	?	●	?	●●	●●	●●	●●
<i>Tagetes patula</i> (Afrikaantje)	-	-	-	-	-	-	-	?	?	?	?	?
Facelia	-	-	-	●●	●	●	●●●	?	●	?	●●	?

Legenda Vermeerdering	
?	volledig onbekend
--	actieve afname
-	natuurlijke afname
●	weinig
●●	matig
●●●	sterk
R	rasafhankelijk

Legenda Schade	
	onbekend
●●●	geen
●●	weinig
●	matig
●	sterk

Groenbemesters

Groenbemesters leveren een bijdrage aan de bodemkwaliteit. Door de teelt van groenbemesters worden mineralen vastgelegd. Deze worden na het onderwerken als biomassa teruggeleverd aan de bodem. Groenbemesters dragen bij aan de opbouw en het onderhoud van organische stof in de bodem en dragen stikstof de winter over. Vlinderbloemigen zijn in staat om stikstof vast te leggen, die in het vervolggewas weer vrijkomt.

Door de teelt van winterharde groenbemesters wordt het stikstofverlies door uitspoeling van nitraat in de winterperiode beperkt. Net als andere gewassen kunnen groenbemesters het besmettingsniveau van aaltjes verlagen of verhogen. Informatie over de relatie groenbemester en aaltjesvermeerdering vindt u in het "Aaltjesschema" hiernaast. U kunt dat ook uitgebreid vinden op: www.aaltjesschema.nl.

Hoe moet u dit schema lezen? Als voorbeeld nemen we bladrammenas op de eerste regel van de groenbemesters (links). In het schema kunt u zien dat bladrammenas het witte bietencysteaaltje kan bestrijden. Onder bladrammenas neemt de besmetting van het gele bietencysteaaltjes net zo veel af als bij zwarte braak. Er zijn meerdere bladrammenas rassen die resistent zijn tegen het maïswortelknobbelaaltje. Bij deze rassen daalt de besmetting van dit aaltje net zo sterk als bij braak. Andere bladrammenas rassen vermeerderen het maïswortelknobbelaaltje slecht tot matig. Wortellesieaaltjes, Trichodorus soorten en Paratrichodorus soorten vermeerderen zich matig tot sterk onder bladrammenas.

Hierna beschrijven we belangrijke groepen van groenbemesters. Voor de keuze van welke groenbemester het beste past bij de aaltjespopulaties in uw percelen raadpleegt u dus www.aaltjesschema.nl. Voor teeltinformatie en –handleidingen van groenbemesters kunt u terecht op www.kennisakker.nl.



Kruisbloemigen

Bladrammenas kan tot eind augustus worden gezaaid, maar is vrij vorstgevoelig. Bij inzaai later dan half juli is het bestrijdingseffect op o.a. het gele en het witte bietencysteeltje gering. Verschillende rassen van bladrammenas hebben een verschillend effect op de diverse aaltjessoorten, dus informeer uzelf goed vooraf. Bladrammenas is niet vatbaar voor knolvoet. Gele mosterd kan tot half september worden gezaaid, dit gewas



is heel gevoelig voor vorst en wel vatbaar voor knolvoet. Bladkool kan tot in oktober worden gezaaid en is weinig gevoelig voor vorst maar wel vatbaar voor knolvoet. Kruisbloemigen die de winter blijven overstaan tot aan het voorjaar, kunnen

dan winterwaard (voedselplant) voor diverse koolplagen zijn. Zij vormen dan een "groene brug" tussen de koolteelten van het vorige jaar en het nieuwe gewas van dit jaar, waardoor plaaginsecten heel gemakkelijk van het ene gewas weer het volgende gewas kunnen infecteren. Zorg er dus voor dat rondom nieuwe koolpercelen in de ruime omgeving geen kruisbloemige groenbemesters zijn blijven staan van vorig najaar.

Grasachtigen

Italiaans raaigras kan tot eind augustus worden gezaaid en is vrij gevoelig voor vorst. Engels raaigras kan tot eind juli worden gezaaid, maar meestal wordt Engels raaigras als ondervrucht (in granen) gezaaid. Rogge



kan tot begin november worden gezaaid en is niet gevoelig voor vorst. Japanse haver kan tot half september worden gezaaid en is vrij gevoelig voor vorst. Japanse haver is geen waardplant voor het wortellesieaaltje, waardoor de besmetting van dit aaltje evenveel afneemt als

bij zwarte braak. Van andere aaltjes is de vermeerdering door Japanse haver niet bekend, maar er zijn sterke aanwijzingen dat Japanse haver het maiswortelknobbelaaltje matig tot sterk vermeerdert.

Vlinderbloemigen

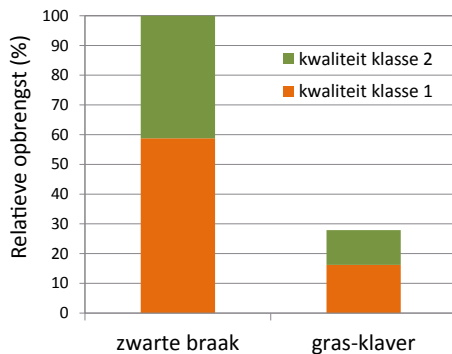
Deze groenbemesters leggen stikstof vast uit de lucht en zijn daardoor vooral op biologische bedrijven van groot belang. Voederwikke kan tot half augustus worden gezaaid, maar is gevoelig voor vorst. Witte klaver wordt in maart of april gezaaid, meestal onder dekvrucht. Witte klaver is vrij gevoelig voor vorst. Witte klaver is een waardplant voor de schimmel *Verticillium dahliae*. Zowel aardappelen en aardbei zijn gevoelig



voor deze schimmel. Witte klaver kan daarom beter niet voor deze gewassen worden geteeld. Stengelaaltjes worden door witte klaver sterk vermeerderd. Bij een hoge besmetting met stengelaaltjes kan de groei van witte klaver sterk achterblijven. Klaver wordt ook geteeld in combinatie met gras. Gras- en klaversoorten zijn echter een goede waard voor *P. penetrans*, waardoor een besmetting met deze aaltjessoort zal toenemen. Besmettingen met *M. hapla* en *V. dahlia* kunnen door de teelt van gras-klaver eveneens toenemen omdat ze zich

op klaver kunnen vermeerderen.

Op initiatief van het FAB project is er op Vredepeel een bakkentoets uitgevoerd waarin is gekeken hoe de aardbei opbrengsten worden beïnvloed door verschillende bedrijfssystemen. In de (bio)toets met aardbei op grond met voorvrucht gras-klaver daalde de opbrengst sterk in vergelijking met zwarte braak. Dit valt goed te verklaren doordat dit perceel een besmetting heeft met zowel *P. penetrans* als *Verticillium dahliae*.



Vergelijking van de aardbeioopbrengst na gras-klaver en na zwarte braak vanuit het project bodemgezondheid Vredepeel.

Overige groenbemesters

Raketblad is heel gevoelig voor vorst. Voor een goed effect moet raketblad in mei of juni worden gezaaid. Raketblad bestrijdt aardappelpycysteaaltjes en wordt door de Voedsel- en Warenautoriteit (NWA) erkend als bestrijdingsmaatregel tegen deze aaltjes. *Tagetes patula* (Afrikaantje) kan tussen half mei en half juli worden gezaaid. Tagetes is heel gevoelig voor vorst. Door een goed geslaagde teelt van Tagetes worden wortellessieaaltjes heel goed bestreden (bestrijding



van 95 procent of meer) en blijft de besmetting ook enkele jaren laag. Er zijn aanwijzingen dat trichodoriden zich op Tagetes wel kunnen vermeerderen. Phacelia kan tot half augustus worden gezaaid en is heel gevoelig voor vorst. Phacelia is een vrij goede

waardplant voor Phoma en vermeerdert het wortellessieaaltje *P. penetrans* zeer sterk. Als er in een voorgaande aardappelteelt problemen met deze schimmel zijn geweest, dan kan Phacelia beter niet voorafgaand aan aardappelen geteeld worden.



Zaaien van wintertarwe met een zogenaamde Paragrubber (Kongskilde) zonder dat de grond gekeerd wordt.



Grondbewerking

Grondbewerking is meestal bedoeld om bodemverdichting op te heffen, organische stof onder te werken, of om te zaaien en te planten, onkruiden te bestrijden of een onderdeel van de oogst (rooivruchten). Grondbewerking verstoort echter ook altijd de bodemstructuur en het bodemleven. Hoe dieper of intensiever de bewerking, hoe groter de verstoring. Grondbewerking kan onder meer resulteren in bodemerosie, verlies van nutriënten en verminderde waterinfiltratie. Met de stijgende brandstofprijzen, steeds grotere percelen en gebrek aan tijd bij telers is er een toenemende belangstelling voor de mogelijkheden van niet-kerende-grondbewerking.

Niet kerende grondbewerking (NKG)

Niet-kerende grondbewerking is een systeem waarbij het intensief keren of mengen van de grond wordt vermeden. De bodem wordt niet dieper dan 12 cm bewerkt. In de praktijk komt NKG min of meer overeen met het uitsluiten van ploegen. Als alternatief voor ploegen kunnen stoppelbewerking en hoofdgrondbewerking worden uitgevoerd met bijvoorbeeld een triltand, schijveneg of vaste tandcultivator. Gewasresten worden dus oppervlakkig met de bodem vermengd en organische stof blijft bovenin de bouwvoor. Indien nodig kan de ondergrond worden losgemaakt (gewoeld) zonder deze te vermengen met andere bodemlagen. Ook directe zaai, waarbij gezaaid wordt in de stoppels van een partnergewas of het vorige hoofdgewas door smalle sleuven te frezen, wordt vaak als vorm van NKG beschouwd. Met snijmais zijn ervaringen opgedaan, in de brochure 'Direct zaaien van snijmais' (www.louisbolk.nl) zijn de mogelijkheden en effecten samengebracht.



Apparatuur voor het direct zaaien in de stoppel van het voorgaande gewas (in dit geval mais in een graszode).

De kromme cultivatortand van de paragrubber tilt de grond op en breekt die, zonder te keren of te mengen.



Effect op bodemleven en ziekteverendheid?

NKG heeft vaak een positief effect op de kwaliteit en kwantiteit van het bodemleven. Vooral regenwormen, loopkevers, langdradige schimmels (o.a. mycorrhiza's) en grotere nematoden nemen dan in aantallen, biomassa en soortenrijkdom toe. Over specifieke effecten op Nederlandse zandgrond is nog weinig bekend. In vergelijkend onderzoek op zandgrond in Ierland leidde NKG tot 20% meer organische stof in de bovenste 5 cm van de bodem en tot meer bacteriën en schimmels. Ook op proefbedrijf Wijnandsrade werden meer schimmels in de toplaag gevonden. Op lössgronden in Limburg en Vlaanderen worden vooral positieve effecten van NKG op diepgravende regenwormen (de pendelaar, *Lumbricus terrestris*) gevonden. Op de Broekmahoeve in Lelystad (kleigrond) werd reeds na 3 jaar NKG in peen een verhoogde ziektevering tegen *Rhizoctonia solani* gevonden, dankzij een groter aantal antagonistische bacteriën. Een perceel uien bleek ziekteverend tegen de bodemschimmel *Streptomyces* door een verhoogde kolonisatie van de wortels met mycorrhiza's.

Het effect van niet-kerende grondbewerking hangt nauw samen met maatregelen zoals bouwplan, groenbemesters, het onderwerken van stro en het werken met vaste rijpaden. Ook in de aardbeienteelt zijn ervaringen opgedaan met vaste rijpaden en niet kerende grondbewerking. Net als in de akkerbouw, blijkt vooral de diversiteit aan bodemleven toe te nemen. Het vraagt nog nader onderzoek om de relatie tussen deze diversiteit aan bodemorganismen en de ziekteverende capaciteit van de bodem beter te begrijpen.

Demonstratievelden met groenbemesters en aardbei geteeld op bedden in vaste paden en NKG.





Pilot niet-kerende grondbewerking in de Hoeksche Waard

Als onderdeel van FAB2 is op twee praktijkbedrijven in de Hoeksche Waard vanaf 2008 een pilot aangelegd waarbij niet-kerende grondbewerking (NKG) wordt vergeleken met traditionele, kerende grondbewerking door ploegen. Er zijn een aantal bodemparameters gemeten, zoals structuur, aantallen wormen, respiratie en activiteit van het bodemleven, en er is gekeken naar de onkruiddruk en gewasopbrengst. Door de korte looptijd van drie jaar is voorzichtigheid geboden bij het trekken van conclusies. Effecten van maatregelen aan de bodem worden immers pas op langere termijn goed zichtbaar. Op één bedrijf was vanaf 2009 de scherpblokkige structuur in de bouwvoor geringer, was het poriëngehalte hoger en waren bodemleven-activiteit en -respiratie hoger met NKG dan met ploegen. Op het andere bedrijf was het effect van landbewerking op bodemkwaliteit minder duidelijk en was de variatie tussen seizoenen erg groot. Het positieve effect van NKG op de aantallen regenwormen, zoals we dat ook kennen uit andere experimenten, was vooral op één van beide bedrijven zichtbaar.

In de eerste drie jaren lijkt NKG ten opzichte van ploegen nauwelijks of geen negatieve effecten te hebben op opbrengst en ganzenschade in wintertarwe en in erwit, iets waar de telers vooraf voor vreesden. De onkruiddruk was zoals verwacht met NKG hoger dan met ploegen. Voor uitspraken over het effect op chemische bodemparameters is een langere onderzoeksperiode nodig.



Het gebruik van compost

Het organisch stofgehalte van de grond is belangrijk voor een gezonde bodem. Jaarlijks wordt circa 2% van de organische stof in de bodem afgebroken. Deze afbraak kan worden gecompenseerd door aanvoer van organische stof via gewasresten, de teelt van groenbemesters en door het toepassen van dierlijke mest of compost.

Compost is het product dat ontstaat bij de gecontroleerde afbraak van organisch materiaal door schimmels en bacteriën. Naast het effect van compost op het organisch stofniveau heeft compost ook effecten op andere aspecten van de bodem. Compost zorgt voor verbetering van de structuur, een betere bewerkbaarheid en minder slempgevoeligheid van de grond, minder droogtegevoeligheid en hogere bodemvruchtbaarheid (voedingssituatie). Van compost zijn ook effecten op beheersing van bodemziekten bekend.

Er zijn verschillende werkingsmechanismen die betrokken zijn bij de onderdrukking van bodempathogenen: algemene ziekteverweering en specifieke ziekteverweering (zie hoofdstuk weerbaarheid door bodemvruchtbaarheid). Het is vaak niet duidelijk welk mechanisme(n) betrokken is bij de onderdrukking van een bepaald pathogeen. De effecten van composttoepassingen op onderdrukking van bodemschimmels zijn wisselend en lijken sterk afhankelijk van de combinatie van compostsoort en pathogeen. Uit onderzoek naar de werking van achttien compostsoorten tegen zeven ziekteverwekkende schimmels ("pathogenen") bleek dat composttoepassingen meestal een positief of geen effect hebben op de ziekteonderdrukking en slechts in uitzonderlijke gevallen een aantasting kunnen stimuleren. Dertien van de achttien compostsoorten onderdrukten de *Verticillium* aantasting in aubergine, waarbij de mate van onderdrukking sterk varieerde.



Het uitrijden van compost.

Wat “goede” compost is, daarover zijn vele meningen. Uit onderzoeken blijkt dat gerijpte compost beter algemeen ziekteverende eigenschappen heeft in vergelijking tot verse compost. Indien compost lang blijft liggen, neemt de ziektevering weer af. Om gevoel te ontwikkelen is het voelen, een handvol compost fijnknippen, en ruiken een hulpmiddel. Compost is te nat als er bij het knippen water vrijkomt. De geur behoort fris (bosgeur) te zijn.

De effecten van compost op de beheersing van plantparasitaire aaltjes zijn ook wisselend: van een verlaging van de besmetting tot soms een lichte toename van het aantal aaltjes. Veel publicaties over de beheersing van *Pratylenchus penetrans* met composttoepassingen melden geen of soms een negatief effect op de *P. penetrans* besmetting, maar vaak wel een positief effect op gewasopbrengsten.

Wortelknobbelaaltjessoorten lijken gevoeliger voor composttoepassingen. Diverse onderzoekers melden positieve effecten van compost op onderdrukking van *Meloidogyne hapla* aantasting. Er zijn echter aanwijzingen dat een virusaantasting, van virussoorten die door aaltjes worden overgebracht, kan toenemen bij toepassen van compost.

Chitine als voeding voor het bodemleven

Chitine is een belangrijk bestanddeel van het skelet van ongewervelde organismen zoals insecten, spinachtigen en schaaldieren. Uit onderzoek is bekend dat het inwerken van chitine in de grond een bijdrage kan leveren aan de beheersing van bodemgebonden ziekten als aaltjes en bodemschimmels. Meerdere mechanismen lijken een rol te spelen bij de onderdrukking van deze ziekteverwekkers.

Chitine is een belangrijke bouwstof van celwanden van schimmels en de eieren van aaltjes. Veel plantparasitaire (micro)organismen als wortelknobbelaaltjes, wortellesieaaltjes en bodemschimmels bevatten dan ook chitine. In de bodem komen veel micro-organismen (schimmels en bacteriën) voor die chitine als voedselbron gebruiken. Door chitine, bijvoorbeeld in de vorm van gemalen garnalenafval, in de grond te werken zal de populatie micro-organismen die chitine als voedingsbron gebruiken toenemen. Deze verhoogde populatie van micro-organismen die chitine afbreken zal vervolgens ook ruststructuren van schimmels en eieren van nematoden gaan parasiteren.

Daarnaast ontstaan bij de afbraak van chitine verschillende stoffen die toxisch zijn voor bodemorganismen. Welke afbraakproducten ontstaan is sterk afhankelijk van de grondsoort, en wordt behalve door de zuurgraad ook beïnvloed door het organische stofgehalte. Ruststructuren van *Verticillium* zijn zeer gevoelig voor ammonia (NH_3) en salpeterig zuur (waterstofnitriet; HNO_2). Dit zijn stoffen die bij de afbraak van chitine kunnen worden gevormd. Op zandgrond (Vredepeel) nam het aantal microsclerotieën van *Verticillium dahlia* met ruim 90% af na toediening van 20 ton chitine per hectare. Uit onderzoek blijkt ook dat een aantasting door *Fusarium* of *Phytium* betrouwbaar af kan nemen bij een grondbehandeling met chitine.



Ook de cysten van aaltjes hebben een chitine-huid.



Het onderwerken van chitine in proefveldjes.

In veldproeven uitgevoerd door PPO agv resulteerde een chitine toepassing in een afname van de *Pratylenchus* besmetting en een zeer sterke afname van de *Trichodoride* besmettingen.

Toch vindt toepassing van deze methode in de praktijk niet plaats. Een knelpunt is de beschikbaarheid (en kwaliteit) en ook de prijs van chitine producten. De kostprijs van de chitine die de laatste jaren in een aantal PPO agv proeven is gebruikt varieerde van 0 tot € 3,25 per kg. In deze proeven werd een dosering van 20 ton per hectare toegepast. Bij die dosering kunnen de kosten voor het product oplopen tot circa € 65.000, - per hectare. Daarnaast bevatten chitine-producten vrij veel stikstof waardoor een toepassing mogelijk moeilijk valt in te passen binnen de huidige mestwetgeving. Op dit moment wordt chitine alleen experimenteel toegediend in onderzoek.

Biofumigatie

Biofumigatie is de term die is gereserveerd voor het telen van crucifere groenbemesters die zeer fijn gehakseld worden en vervolgens worden ingewerkt. Deze groenbemesters bevatten glucosinolaten die in de grond in een gas kunnen worden omgezet dat vergelijkbaar is met de actieve stof die vrijkomt bij de chemische grondontsmetting met Monam. Bij het gebruik van biofumigatie moet rekening worden gehouden met de waardplantstatus van de biofumigatie plant. Zo kan *Pratylenchus penetrans* zich sterk vermeerderen op kruisbloemigen. Bij tegenvallende doding (< 90%) blijven de aaltjes aanwezig en is het effect onvoldoende of is het middel zelfs erger dan de kwaal.

Op praktijkbedrijven is het niet eenvoudig om met een biofumigatie gewas voldoende glucosinolaatverbindingen in de grond te krijgen. Hiervoor is een gewas nodig met voldoende biomassa, en voldoende hoge gehalten aan glucosinolaten en het enzym myrosinase. Maar ook de manier van oogsten en onderwerken zijn van groot belang voor het voldoende vrijkomen van de actieve stof. Verder is de bodemtemperatuur bepalend voor de omzetting van glucosinolaten. Vanwege de hier genoemde factoren zijn de gebruiksmogelijkheden van kruisbloemige biofumigatie gewassen beperkt. Toepassing van biofumigatie in de zomer zou wat betreft temperatuur en gehalten in het gewas ideaal zijn. Maar dit geeft relatief hoge kosten, omdat de teelt van het biofumigatie gewas dan in de plaats van een renderend gewas komt. De effectiviteit is op laboratoriumschaal bewezen maar kon in veldproeven tot op heden nog niet worden bevestigd. Voor de aardbeibedrijven is het bij de huidige stand van kennis en techniek niet aan te raden kruisbloemige biofumigatie gewassen in de rotatie op te nemen.



Een grote hoeveelheid koolgewas wordt ondergewerkt waarna de grond wordt aangerold.

Momenteel vindt veredeling plaats aan koolgewassen op hogere gehalten aan glucosinolaten en enzymen.





Biologische grondontsmetting (BGO)

Deze methode is in de jaren negentig ontwikkeld voor de aspergeteelt. Vanuit de bollenteelt was bekend dat door land onder water te zetten (inundatie) bodemgebonden ziekten en plagen met succes konden worden bestreden. Dit is technisch wel uitvoerbaar op de geestgronden met hoge grondwater standen maar voor Limburg en Brabant zelden een optie.

De term biologische grondontsmetting is gereserveerd voor een methode waarbij per hectare 40 ton gemakkelijk afbreekbaar plantmateriaal, bijvoorbeeld gras, egaal door de teeltlaag wordt gemengd. De grond wordt aangedrukt en beregend en vervolgens afgedekt met plastic. Binnen enkele dagen is de teeltlaag zuurstofloos. Sommige organismen worden direct bestreden door dit gebrek aan zuurstof, andere hebben te lijden van de stoffen die vrijkomen door de anaërobe vertering van het verse groen materiaal. Voor een goede effectiviteit tegen bodemorganismen moet deze zuurstofloosheid (anaërobie) tenminste 6 weken duren.

Het wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans* wordt volledig bestreden met deze methode. Er is geen verschil in effectiviteit tussen anaërobe compostering onder water of onder plastic. Zowel de aantallen *Meloidogyne chitwoodi* en *Paratrichodorus teres* aaltjes kunnen door anaërobie worden gereduceerd. De beste periode voor toepassing is de zomer. Vanwege de hoge temperaturen is er veel activiteit in de bodem waardoor de zuurstofloosheid snel optreedt. Resterende *P. teres* aaltjes kunnen nog voldoende tabaksratelvirus overbrengen om schade aan te richten.

Anaërobie is effectiever tegen *Verticillium dahliae* dan tegen *Fusarium oxysporum*, waardoor in een langdurige teelt als asperge de aantasting zich toch nog flink kan uitbreiden. Anaërobie is niet effectief tegen *Pythium*.



Een grote hoeveelheid plantmateriaal wordt door de teeltlaag gewerkt.

Met name wortelonkruiden worden door deze methode goed bestreden. Goede effecten zijn aangetoond op: kiek, kweek, akkermelkdistel, haagwinde en klein hoefblad. Ook een zaadonkruid als muur blijkt goed bestreden te worden. Belangrijke voorwaarde is dat het materiaal dat ingewerkt wordt, niet vervuild is met grote hoeveelheden onkruidzaden of wortelresten.

De effectiviteit en bedrijfszekerheid van biologische grondontsmetting wordt verder verbeterd door de toepassing van virtually impermeable film (VIF) HytibARRIER plastic in plaats van PE kuilplastic. Deze methodiek is onderzocht in de aspergeteelt, aardbeienteelt en de boomkwekerij en is voor de praktijk beschikbaar. Op initiatief van het ministerie EL&I in samenwerking met het bedrijfsleven wordt er door Wageningen UR gewerkt aan alternatieven voor het verse organische materiaal en het plastic als afdek materiaal.

“Bodem Resetten”

Nieuw is een methode van BGO die door Thatchtec bv in samenwerking met PPO-AGV en WUR glastuinbouw is ontwikkeld en in de praktijk de eerste toepassingen kent. Bij het zogenaamde ‘Bodem Resetten’ wordt organisch materiaal met bekende samenstelling ingewerkt en 2 tot 4 weken met plastic afgedekt. Op verschillende biologische glasgroentebedrijven is ‘Bodem Resetten’ toegepast met interessante resultaten. In enkele gevallen werden *Verticillium dahliae* en *Pratylenchus penetrans* voor 100 procent gedood. In onderzoek bij WUR Glastuinbouw bleek dat 4 weken afdekken bij 16 graden voldoende was om zelfs de microsclerotia van *Verticillium* te doden. Wortellessieaaltjes werden in een andere proef al na 2 weken gedood. De resultaten na toepassing verschillen echter per locatie en grondsoort. Op diverse plaatsten is ‘Bodem Resetten’ op aardbeipercelen toegepast, waarbij het inbrengen van organisch materiaal (merknaam Herbie) bijdraagt in de vermindering van *Verticillium* en aaltjes. Hoe de effecten op lange termijn uitpakken, is nog niet bekend.

Bij biologische grondontsmetting wordt het perceel voor tenminste 6 weken met plastic afgedekt.



Interview Sjoerd Smits, teeltechnisch adviseur bij Hortinova

Sjoerd Smits is teeltechnische adviseur voor vollegrondsgroenten. Hij licht zijn visie toe: Wij zijn intensief bezig met bodemkwaliteit. Voor aardbei, maar ook andere gewassen, gelden eigenlijk steeds dezelfde randvoorwaarden. Het gaat om de beworteling en de juiste verhoudingen van mineralen in de bodem. Wortels hebben een goede structuur nodig, dat betekent voldoende zuurstof in de grond en gangen voor waterafvoer. Door zuinig te zijn op de bodemstructuur voorkom je anaërobe omstandigheden, daarnaast werkt het mee aan de juiste verhouding tussen calcium (Ca) en magnesium (Mg). Magnesium zorgt ervoor dat de assimilatieprocessen in de plant goed verlopen. Voldoende magnesium en ook andere sporenelementen stellen de plant in staat ook bij lagere stikstofwaarden te produceren.

Uit de bodem-stikstofwaarden die we hebben verzameld en vergeleken met plantsapanalyses blijkt dat de stikstofgift vaak wat minder kan. Het uitstippelen van de juiste verhoudingen mineralen tijdens het groeiseizoen zorgt voor constante groei. Plantsapanalyses geven snel inzicht in de actuele situatie waardoor de teler kan bijsturen. Voor een goede bodemconditie en bodemweerbaarheid is het nodig om het bodemleven te stimuleren en dus te voeren. Dat kan met uitgerijpte stalmest of compost, maar niet teveel in één keer want dat verstoort weer de verhoudingen tussen de elementen. Te veel kali concurreert met calcium wat weer ongunstig is voor magnesiumopname. Aardbei is een bosplant en houdt meer van schimmels dan van bacteriën. Dit bepaalt de keuze van de soort compost. Onze indruk is dat de combinatie van sporenelementen en voldoende bodemleven bijdraagt aan ziektevering. Dit blijkt ook uit verschillende toetsen met *Phytophthora cactorum* dat stengelbasisrot veroorzaakt. Spint reageert op stikstof, hoge niveaus geeft eerder aantasting.

Sjoerd Smits:

“Een goede bodemstructuur, voldoende zuurstof, een actief bodemleven en vooral de juiste verhoudingen in mineralen zorgen voor groei”





Plantsapanalyses dienen om de belangrijkste elementen in de plant te controleren. Voor aardbeien is inmiddels bekend wat de optimale gehalten zijn van stikstof en andere elementen. Teveel nitraat geeft vegetatieve groei en maakt de plant ziektegevoeliger. De opname van nitraat moet aansluiten op de hoeveelheid omzetting in eiwitverbindingen. Door de uitslagen van deze analyses te vergelijken met substraat- of grondmonsteranalyses ontstaat een beter inzicht in de mineralenverhoudingen en mogelijke gebreken of juist overschotten. NovaCropControl voert in opdracht plantsapanalyses uit.

Informatie bronnen

Het boek **Bodemsignalen. Praktijkgids voor een vruchtbare bodem.** (C. Koopmans e.a., 2007. Uitgeverij Roodbont & Louis Bolk Instituut) is praktisch onmisbaar voor iedereen die de kwaliteit van de bodem serieus neemt.

Informatie over **duurzaam bodembeheer** in brede zin:

- Op www.spade.nl kunt u de adviesmodule spadewijzer starten en dan kiezen voor het onderdeel bodem. Daarin staan allerlei tips en adviezen voor verschillende aspecten van bodemstructuur, bodemleven en bodembeheer. In de projectenvitrine worden diverse lopende projecten rondom duurzaam bodembeheer kort besproken.
- www.bodemacademie.nl is een plek waar veel informatie over duurzaam bodembeheer wordt gebundeld.
- De 'Instrumentkaart Bodemkwaliteit' bevat eenvoudige tips om uw bodem te beoordelen, en adviezen om de kwaliteit van uw bodem te verbeteren. Deze kaart is te downloaden van de website van de Bodemacademie, van CLM of van <http://edepot.wur.nl/44457>
- De brochure 'De Kuil. Bodembeoordeling aan de hand van een kuil' (2008) van het Louis Bolk Instituut geeft een praktische handleiding om zelf de kwaliteit van uw percelen te beoordelen. Te downloaden van <http://www.louisbolk.org/publications>

Informatiebronnen voor **aaltjesbeheersing**:

- Informatie over aaltjesbeheersing is te vinden op www.aaltjesschema.nl
- Op www.kennisakker.nl is enorm veel informatie te vinden over aaltjesbeheersing, o.a. onder het thema 'Actieplan Aaltjesbeheersing'. Daar is o.a. ook het 'Handboek aaltjesmanagement in de akkerbouw' te downloaden, en veel teeltinformatie over het gebruik van groenbemesters te vinden. De 'Aaltjeswijzer' (2008) is een brochure van het Actieplan Aaltjesbeheersing die helpt bij de herkenning van aaltjesschade in akkerbouwgewassen en geeft adviezen voor de beheersing van die aaltjesproblemen.
- www.NemaDecide.com geeft een aaltjesadviessystem voor de aardappelteelt.

Informatiebronnen voor **bemesting, compost en organische stof**:

- De adviesbasis voor bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroentegewassen vindt u op www.kennisakker.nl; de adviesbasis voor bemesting van grasland en voedergewassen op www.bemestingsadvies.nl
- Voor de stikstof en organische stof planner kijkt u op www.ndicea.nl
Voor de praktijkgids bemesting, de meststoffenkaart en andere informatie kunt u terecht op www.nmi-agro.nl
- Het Louis Bolk instituut geeft een groot aantal praktische publicaties uit over bemesting en compost, zie www.louisbolk.nl





Colofon

Tekst

Marleen Zanen, Merijn Bos, Paul Belder, Leen Janmaat, Leendert Molendijk, Gerard Korthals en Frans van Alebeek

Redactie

Frans van Alebeek

Vormgeving

Sjaak Meyberg

Bronvermelding foto's en illustraties

b = boven, m = midden, o = onder, l = links, r = rechts

DLV Plant BV (Jeroen Willemse): pag. 3o, 26ro, 27ro.

Louis Bolk Instituut (diverse fotografen): Omslag (voorzijde, grote foto), pag. 2, 4, 5, 8, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 24rb, 24lo, 25lo, 26lm, 28, 30, 39.

Universiteit van Amsterdam – IBED (Paul van Rijn): Omslag (achterzijde).

Wageningen UR – PPO (diverse fotografen): Omslag (voorzijde, kleine foto), pag. 1, 3b, 6, 7, 9, 10, 15, 20, 21, 22, 23, 24lb, 24ro, 25b, 25ro, 26rb, 26rm, 27rb, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 43, 44.

De figuur op pagina vi is overgenomen uit het boek "De bodem doorgrond" (Blgg, 2007).

Het schema op pagina 12 is overgenomen van www.plantenziektekunde.nl/aaltjes

Adres

Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

Tel.: 0320 29 11 11

E-mail: info.ppo@wur.nl

Internet: www.ppo.wur.nl



Functionele Agrobiodiversiteit (FAB)

Een gebruiksklaar concept tegen ziekten en plagen in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

Functionele Agrobiodiversiteit (FAB) is het versterken van het natuurlijke vermogen om ziekten en plagen te beheersen in cultuurgewassen door de biodiversiteit te stimuleren. Met de FAB benadering willen agrariërs de natuurlijke vijanden van plaaginsecten stimuleren zodat zij plaagpopulaties laag houden en voorkomen, in combinatie met een duurzaam bodembeheer. Van 2005 tot en met 2011 heeft een groep agrarische ondernemers in Zuid-Holland en in Noord-Brabant uitgebreid geëxperimenteerd met FAB. Dit heeft geleid tot een aanzienlijke vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

De ervaringen uit de LTO FAB en FAB2 projecten zijn gebundeld en vertaald naar praktische adviezen in 4 brochures:

- FAB en akkerranden voor natuurlijke plaagbeheersing
- FAB en omgeving – Het belang van groene en blauwe netwerken
- FAB en gewasbescherming – Het belang van goed waarnemen
- FAB en een weerbare bodem

In deze brochure maakt u kennis met de spelers in de bodem en vooral ook de maatregelen die gewenste spelers en processen ondersteunen. Door preventieve maatregelen kunnen veel bodemproblemen en drastische correctie maatregelen worden voorkomen. Vanuit de FAB-benadering zoeken we naar bodemmechanismen die bijdragen aan de onderdrukking van ongewenste organismen. Op basis van onderzoek en praktijkervaringen worden maatregelen gepresenteerd waarmee de teler het natuurlijke onderdrukkende vermogen in de bodem kan verbeteren. Het samenspel van bodemorganismen die leiden tot onderdrukking van ziekten en plagen wordt bodemweerbaarheid genoemd. Meer informatie over deze brochures vindt u op www.spade.nl