

---

# Biologisch bedrijf onder de loep

'biologische akkerbouw en  
vollegrondsgroenteteelt  
in perspectief'

Redactie:

ir. F. G. Wijnands  
dr. ir. J. J. Schröder  
ir. W. Sukkel  
dr. ir. R. Booij

V333/303



PRAKTIJKONDERZOEK  
PLANT & OMGEVING



PLANT RESEARCH INTERNATIONAL

15711667952



CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS

0000 0968 8033

WAGENINGEN UR

## Colofon

### **Uitgever:**

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Sector Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenteteelt  
Edelhertweg 1  
8219 PH Lelystad  
Tel.: 0320-291 111  
Fax.: 0320-230 479  
E-mail: infoagv@ppo.dlo.nl  
Internet: www.ppo.dlo.nl

### **Redactie:**

Ir. Frank G. Wijnands, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Dr.ir. Jaap J. Schröder, Plant Research International BV  
Ir. Wijnand Sukkel, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Dr.ir. Remmie Booij, Plant Research International BV

*Dit themaboek is een uitgave naar aanleiding van de studiedag 'Biologisch bedrijf onder de loep – biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in perspectief' gehouden op 14 maart 2002 in het WICC te Wageningen. De studiedag is georganiseerd door Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. en Plant Research International BV onder auspiciën van het Innovatiecentrum Biologische Landbouw.*

© maart 2002, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit themaboek (code = PPO 303) kost € 45,-. Het themaboek is te bestellen door overmaking van het totaalbedrag op bankrekeningnr. 36.70.17.369 van de Rabobank Wageningen t.n.v. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving - Publicatieverkoop Lelystad. Vermeld op uw betaalopdracht 'PPO 303', het gewenste aantal exemplaren en uw volledige adres. Voor verzending naar het buitenland wordt € 7,- extra in rekening gebracht. De swiftcode luidt: RABONL-2U.

De resultaten zoals beschreven in dit themaboek zijn afkomstig uit het BIOM-project en het LNV programma DLO-342 'biologische landbouw'.

BIOM is een project van PPO en DLV adviesgroep in samenwerking met PRI. BIOM wordt mogelijk gemaakt door vele enthousiaste biologische telers, Ministerie van LNV, Provincie Friesland, Provincie Groningen, Provincie Drenthe, Provincie Noord-Holland, Provincie Zuid-Holland, Provincie Zeeland, Provincie Noord-Brabant, Provincie Limburg, NUBL, NCB/ZLTO, LLTB, Landbouw Innovatie Bureau, LTO/HPA, SNN/ISR, Stichting Stimuland provincie Overijssel, Europese Unie, Rabobank Nederland en het Hoogheemraadschap West Brabant.

# Inhoud

## Doelen en standen van zaken

- 9 Intenties van biologische landbouw en de rol van onderzoek.  
J.J. Schröder, F.G. Wijnands & R. Booij
- 17 Op weg naar een Goede Biologische Praktijk; ervaringen en resultaten uit het BIOM- project.  
F.G. Wijnands, W.K. van Leeuwen-Haagsma & F. van Koesveld
- 43 Omschakeling, moeizaam traag en mondjesmaat.  
D. van Balen, F. van Koesveld & F.G. Wijnands
- 55 Biologische landbouw: conflicten, kansen en modelmatig verkennen.  
P.A.C.M. van de Sanden, F.R. van Evert, J. Smid, R. Stokkers, W.A.H. Rossing, G.W.J. van de Ven & M.K. van Ittersum

## Gewasbescherming

- 65 Bedrijfs- en teeltinrichting basis voor beheer ziekten, plagen en onkruiden.  
F.G. Wijnands, W. Sukkel & C. Booij.
- 73 Beter aangepaste rassen voor de biologische landbouw door veredelingsonderzoek.  
T. den Nijs, A. Balkema, L. van den Brink, R. van den Broek, C. Kik, E. Lammerts van Bueren, H. Löffler, R. van Loo & A. Osman.
- 87 Naar een oplossing voor *Phytophthora infestans* in de biologische aardappelteelt.  
G.J.T. Kessel, E. Lammerts van Bueren, L.T. Colon, M.Hulscher, P.C. Scheepens, H.T.A.M. Schepers & W.G. Flier.
- 97 Bijdrage van bodemweerbaarheid aan de beheersing van bodempathogenen.  
J. Postma.
- 103 Biologische bestrijding van bovengrondse plantenziekten met *Ulocladium atrum*.  
E.T.M. Meekes, J. Köhl, W.M.L. Molhoek, H.M.G. Goossen-van der Geijn & M. Gerlagh
- 113 De betekenis van diversificatie en ecologische infrastructuur voor de gewasbescherming in de biologische landbouw.  
C. Booij, E. den Belder & A. Visser
- 121 Biologische landbouw ≠ bodemweerstand – Aaltjes en de biologische landbouw  
L.P.G. Molendijk
- 129 Het spanningsveld tussen beheren en beheersen van onkruiden op biologische bedrijven.  
R.Y. van der Weide, L.A.P. Lotz, P.O. Bleeker & R.M.W. Groeneveld

## Bemesting

- 141 Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven.  
J.J. Schröder & W.K. van Leeuwen-Haagsma.
- 155 Stikstofdynamiek in de biologische landbouw: modellen of rekenregels?  
K. Zwart & C. Koopmans.
- 165 Timing en plaatsing van organische mestgiften in de biologische akkerbouw.  
P. de Willigen, W. van Dijk, J.A. de Vos & M. Heinen
- 175 Groenbemesters en rustgewassen, noodzakelijke bouwstenen voor een optimale vruchtwisseling.  
W.K. van Leeuwen-Haagsma & J.J. Schröder

# Voorwoord

Biologische landbouw wordt steeds meer gezien als een kansrijke vorm van landbouw. Kansrijk wat betreft het kunnen invullen van het brede pakket aan maatschappelijke wensen. De ontwikkeling van biologische landbouw in de praktijk wordt door LNV en vele anderen ondersteund door forse investeringen in kennisontwikkeling, -toepassing en -overdracht. Het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) en Plant Research International (PRI) zijn hier al een groot aantal jaren intensief bij betrokken. Het onderzoekspakket loopt uiteen van ontwikkeling van 'nieuwe' biologische bedrijfssystemen via intensieve samenwerking met praktijkbedrijven tot en met thematisch of disciplinair onderzoek. Dit themaboek dat verschijnt naar aanleiding van de studiedag 'Biologisch bedrijf onder de loep – biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in perspectief', georganiseerd door PPO en PRI, bestrijkt dat hele terrein voor de biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Vele aspecten van de biologische bedrijfsvoering worden onder de loep genomen en in het perspectief van het hele bedrijfssysteem geplaatst.

Het themaboek begint met een positiebepaling: wat zijn de doelen en intenties van biologische landbouw en wat zijn de mogelijke consequenties voor het onderzoek. Vervolgens wordt vanuit de ervaringen in het BIOM-project verder ingegaan op de stand van zaken in de praktijk. Daarna is het de beurt aan een aantal belangrijke aspecten van biologische bedrijfssystemen. Vanuit een visie op een samenhangende aanpak van bemesting en gewasbescherming in bedrijfsverband wordt ingezoomd op onder andere veredeling voor biologische landbouw, het functioneel gebruik van biodiversiteit, aaltjesbeheersing, onkruidbeheersing, het optimale gebruik van meststoffen, mineralisatie en de inzet van rustgewassen en groenbemesters.

Tot slot willen wij nog een woord van dank uitspreken aan de auteurs die met groot enthousiasme aan dit themaboek gewerkt hebben, aan onze mederedacteuren, aan alle mensen die aan de studiedag en dit boek mee gewerkt hebben en last but not least aan de vele enthousiaste biologische telers die dit onderzoek mogelijk maken. Een apart woord van dank is verschuldigd aan het Innovatiecentrum Biologische Landbouw voor hun stimulerende rol bij het totstandkomen van de studiedag.

*Frank Wijnands en Jaap Schröder*

# **Doelen en standen van zaken**

# Intenties van biologische landbouw en de rol van onderzoek

Jaap Schröder<sup>1</sup>, Frank Wijnands<sup>2</sup> & Rennie Booij<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International, Wageningen

<sup>2</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

## Samenvatting

De intenties van biologische landbouw vallen samen met hetgeen velen voelen bij het begrip 'duurzame landbouw'. De biologische landbouw is relatief ver met het vertalen van deze intenties in richtlijnen en voorschriften. Dit heeft geleid tot een gecontroleerde en gecertificeerde productiewijze. Niet alle intenties hebben al gestalte gekregen in richtlijnen en voorschriften. Dit geldt nog minder voor de vertaling in doelmatige en transparante maatstaven waarmee gekwantificeerd kan worden in hoeverre intenties zijn waargemaakt. Het onderzoek kan helpen deze maatstaven te ontwikkelen en er streefwaarden en consequenties voor landbouwkundig handelen aan te verbinden. Daarmee is onderzoek één van de factoren die de biologische landbouw verder kan helpen ontwikkelen.

## 1. Intenties van biologische landbouw

### 1.1 IFOAM standaards

Biologische landbouw vindt zijn oorsprong in de initiatieven van pioniers met een andere, levensbeschouwelijke visie op landbouw. In de loop van de tijd hebben zich tal van varianten ontwikkeld, maar desondanks bestaat er internationale consensus over de intenties van biologische landbouw. Deze intenties zijn neergelegd in de 'Basic standards for organic production and processing' van de International Federation of Organic Farming Movements (IFOAM, Basel, 2000; [www.ifoam.org](http://www.ifoam.org)). Ze beogen de realisatie van landbouwsystemen die onder meer:

- voldoende producten van een hoge kwaliteit voortbrengen,
- verenigbaar zijn met handhaving of vergroting van milieukwaliteit, habitats en biodiversiteit,
- gebruik maken van natuurlijke kringlopen en hulpstoffen,
- de bodemvruchtbaarheid handhaven of vergroten,
- het gebruik van niet-vernieuwbare bronnen minimaliseren,
- verliezen naar de omgeving minimaliseren,
- plantaardige en dierlijke productie op elkaar afstemmen,
- de integriteit van betrokken organismen respecteren,
- sociaal en ecologisch verantwoord zijn.

Deze intenties van biologische landbouw laten zich onder meer vertalen in de begrippen 'gezond en veilig', 'natuurlijk', 'duurzaam', 'milieuvriendelijk' en 'integer'. Hieronder worden die begrippen één voor één nader uitgewerkt.

### 1.2 Gezond en veilig

'Gezond en veilig' heeft betrekking op een voldoende aanwezigheid van gewenste inhoudstoffen en de afwezigheid van ongewenste inhoudstoffen en residuen in landbouwproducten, maar ook op gezondheids- en veiligheidsaspecten tijdens de productie en verwerking ervan.

### 1.3 Natuurlijk

Het begrip 'natuurlijk' kan breed worden opgevat. In de eerste plaats ziet de biologische landbouw landbouw als een activiteit in een natuurlijke omgeving waarin dieren en planten via mest en bodem met elkaar en hun omgeving interacteren. Het gebruik van ecologische processen en de daarbij optredende terugkoppelingen ('zelfregulering'), verdient vanuit dat oogpunt de voorkeur boven ingrepen, vooral als die ingrepen een niet natuurlijke oorsprong hebben. Dat een producent hierbij kennis gebruikt van de complexe wisselwerkingen tussen systeemcomponenten, ziet hij of zij niet als een handicap maar als een welbewust gezochte uitdaging. De natuur is in die optiek veeleer een bondgenoot dan een concurrent. Naast deze functionele waarde (functionele biodiversiteit), heeft natuur in de visie van de biologische landbouw ook een intrinsieke waarde. Als zodanig moet landbouw ruimte bieden aan planten en dieren in een agrarische omgeving. Het begrip 'natuurlijk' heeft ook betrekking op de mate waarin landbouwhuisdieren de gelegenheid geboden wordt zogenaamd diereigen gedrag te kunnen blijven manifesteren, uit respect en en als middel om stressgerelateerde ziekten te voorkomen.

### 1.4 Duurzaam

Het begrip 'duurzaam' houdt verband met een restrictief gebruik van eindige bronnen zoals fossiele energie en mineralen, en een verstandig gebruik van strategische voorraden zoals bodemvruchtbaarheid en genetische diversiteit. Biologische landbouw staat een zo groot

mogelijke onafhankelijkheid van externe inputs voor hetgeen mede mogelijk is door veel aandacht te geven aan hergebruik en aan kringlopen. De kringlopen hebben betrekking op processen binnen percelen en veestapels, binnen het bedrijf en binnen de regio. 'Duurzaamheid' strekt zich ook uit tot de mate waarin vermeden wordt dat lasten in ruimte en tijd worden afgewenteld op anderen. De biologische landbouw wijst daarbij herhaaldelijk op het feit dat in de gangbare landbouw een aantal maatschappelijke kosten onvoldoende tot uiting komt in de prijs.

### **1.5 Milieuvriendelijk**

Het begrip 'milieuvriendelijk' krijgt gestalte in bezorgdheid over de invloed van landbouw op de omgevende natuur, het landschap en het milieu. Biologische landbouw beoogt de omgevingskwaliteit in stand te houden en deze waar mogelijk te vergroten. De kans op verlies hiervan wordt onaanvaardbaar groot geacht bij gebruik van synthetische meststoffen, pesticiden, medicijnen en niet-biologisch uitgangsmateriaal. 'Milieuvriendelijk' heeft verder betrekking op een verstandig beheer van zaken als rust en ruimte.

### **1.6 Integer**

Een aantal intenties van de biologische landbouw laat zich lastig vangen in de begrippen 'gezond en veilig', 'natuurlijk', 'duurzaam' en 'milieuvriendelijk' maar ze zijn daar wel mee verwant. Zo vormt bijvoorbeeld het streven naar 'integriteit' (heelheid, onvervreemdbare eigenwaarde) een terugkerend thema. Dit komt tot uiting in een afwijzing van bepaalde veredelings technieken (Wyss *et al.*, 2001) en dierhouderij-systemen, en verder in het streven naar doorzichtige 'hele' plattelands gemeenschappen. 'Heel' kan daarbij slaan op het sluiten van kringlopen, op menging en verweving van functies inclusief welzijnsfuncties (recreatie, zorg, therapie, educatie), en op een afwijzing van technieken die de afhankelijkheid van anderen vergroten. Het begrip 'heel' slaat ook op de gewenste inbedding van bedrijven binnen locale technische, sociale, economische en culturele gegevenheden. In dat licht wordt veel nadruk gelegd op de (regionale) diversiteit van bedrijven en de onbruikbaarheid van oplossingen die gemiddeld misschien voldoen, maar de bepalende context van een regio of specifiek bedrijf miskennen.

## **2. Van intenties naar richtlijnen en voorschriften**

Voornoemde intenties hebben gestalte gekregen in richtlijnen en voorschriften. Ze behelsen algemene bindende aanbevelingen met betrekking tot het gebruik van grondstoffen, het toepassen van vruchtwisseling, het beheer van de bodemvruchtbaarheid en de omgang met dieren. Een aantal richtlijnen en voorschriften heeft het karakter

van een aan/uit knop. Bekende voorbeelden zijn de afwijzing van synthetische stoffen, inclusief genetisch gemodificeerde organismen, en kunstmatige inseminatie, of het voorschrift om in beginsel alleen grondstoffen van biologische oorsprong te gebruiken w.o. mest, veevoeders, hulpstoffen en uitgangsmateriaal. Een aantal andere voorschriften heeft meer het karakter van een draaiknop. Hierbij kan gedacht worden aan het voorschrift dieren huisvesting te bieden die aan bepaalde eisen voldoet en het gebruik van dierlijke mest een bovengrens op te leggen. Al deze richtlijnen en voorschriften zijn neergelegd in de EU-verordeningen 2029/91 en 1804/1999 en worden van tijd tot tijd nader gedefinieerd. De uitwerking en interpretatie vindt op het nivo van lidstaten plaats, evenals de controle en borging (in Nederland m.n. door SKAL). Als zodanig is biologische landbouw een gecontroleerde en geharmoniseerde productiewijze die gecertificeerde producten voortbrengt die minimaal aan de EU-verordeningen voldoen.

## **3. Van middel- naar doelvoorschriften**

### **3.1 Inleiding**

Zoals overal in de samenleving valt het niet altijd mee om achterliggende doelen (intenties) te vertalen in praktische regels (richtlijnen en voorschriften). Het begrip 'praktisch' heeft betrekking op de mate van meetbaarheid en handhaafbaarheid in relatie tot de te maken kosten, en op de mate van doelgerichtheid en hanteerbaarheid. Een producent die zich aan regels houdt zal in het algemeen willen dat de richtlijnen en voorschriften functioneel zijn voor het realiseren van de achterliggende intenties. Ook consumenten willen er doorgaans van verzekerd zijn dat de voorschriften en richtlijnen daadwerkelijk invulling geven aan de intenties.

Veel richtlijnen en voorschriften in de biologische landbouw hebben een middel-geïntendeerd karakter: ze definiëren vooral 'hoe' invulling gegeven dient te worden aan de intentie. Dergelijke middelvoorschriften worden geacht *grosso modo* verband te houden met achterliggende intenties maar bieden daar niet zonder meer de garantie toe. Om meer zekerheid te bieden over de mate waarin het bestaande stelsel van voorschriften en richtlijnen invulling geeft aan intenties, is binnen Wageningen UR een beoordelingsstelsel ontwikkeld aan de hand waarvan de realisatie van diverse, deels impliciete doelstellingen meetbaar gemaakt worden ('maatstaven'). Dit beoordelingsstelsel gaat na in welke mate een onderliggende doelstelling onder- dan wel overschreden wordt. Dat gebeurt door confrontatie van de volgens de 'maatstaf' gerealiseerde waarde met een 'streefwaarde'. Verder expliciteert dit stelsel dat intenties strijdig kunnen zijn, een onderlinge wisselkoers hebben en daarom een nadere rangschikking en afweging behoeven. Elders wordt hier op

de ontwikkeling en het gebruik van dit beoordelingsstelsel nader ingegaan (Vereijken, 1994; -, 1995; -, 1996; -, 1998; Wijnands, 1999; Wijnands *et al.*, 2002).

### **3.2 Gezond en veilig**

Al met al is het op een aantal gebieden niet gemakkelijk om producent en consument duidelijk te maken of en in welke mate de richtlijnen en voorschriften invulling geven aan de intenties. Wat betreft de 'gezondheid en veiligheid' van biologische producten bestaat er bijvoorbeeld verschil van mening. Tegenover de onmiskenbare afwezigheid van pesticide-residuen, staan mogelijk grotere risico's van contaminatie met ziektekiemen en mycotoxinen (Van Wolfswinkel *et al.*, 2001). Een krappere bemesting leidt ongetwijfeld tot lagere nitraatgehalten maar de toxiciteit van nitraat staat ter discussie (Hanekamp *et al.*, 1999; L'hirondel & L'hirondel, 2002) zodat het de vraag is in hoeverre de lagere nitraatgehalten van biologische producten bijdragen aan een grotere gezondheid. Evenmin staat vast of biologische producten meer gezondheidsbevorderende inhoudstoffen bevatten dan gangbare producten (refs. in Trewavas, 2001).

### **3.3 Natuurlijk**

Wat betreft het begrip 'natuurlijkheid' zijn er grenzen aan de mate waarin de biologische landbouw gebruik maakt van zelfregulering bij het beheersen van ziekten en plagen. Dat heeft onder meer te maken met het gebruik van betrekkelijk intensieve rotaties waarop paragraaf 3.5 nader ingaat. Daarnaast is de gunstige inwerking van natuurlijke elementen op akkers en weiden ruimtelijk en temporeel soms beperkt. Dit hangt samen met de gegeven maten en vormen van akkers en weiden ten opzichte van die van natuurlijke elementen. De biodiversiteit binnen bedrijven in de vorm van rotaties en natuurlijke elementen biedt tegen een aantal polyfage en luchtgedragen schadeverwekkers bovendien weinig soelaas en de gemiddelde opbrengsten zijn dan ook niet zelden aanmerkelijk lager dan in de gangbare landbouw (Van Delden *et al.*, 2002). Elders in deze publicatie wordt nader ingegaan op de functionele betekenis van biodiversiteit (Booij *et al.*, 2002). Een speciaal punt van aandacht in het kader van 'natuurlijkheid' vormt de toediening van natuurlijke hulpstoffen en organismen. Binnen de biologische landbouw wordt over de toelaatbaarheid hiervan verschillend gedacht. Dit geldt nog meer voor het gebruik van synthetische stoffen als vitamines en van medicijnen ten behoeve van droogstaande koeien.

Ook zijn er kanttekeningen mogelijk bij de ruimte die biologische landbouw beschikbaar stelt aan natuur. Bij gegeven doelstellingen ten aanzien van landbouwkundige productie per hoofd van de bevolking is bij biologische productie namelijk meer areaal nodig dan bij gangbare productie. Dit ruimtebeslag kan ten koste gaan van de beschikbare ruimte voor 'wilde' natuur. Op zich is dat geen

ramp, maar het betekent wel dat er een debat nodig is over de productiedoelstelling per hoofd met mogelijke consequenties voor consumptiepatronen. De productie van dierlijk eiwit doet namelijk een grote aanspraak op het areaal. Dat debat heeft ook betrekking op de gewenste omvang en het karakter van natuur. Geeft de samenleving de voorkeur aan functieverweving met extensieve (biologische) landbouw en veel boerennatuur of aan functiescheiding met een intensieve landbouw op een beperkt areaal die ruimte biedt voor natuurontwikkeling elders? Daarbij kan worden aangetekend dat veel biologische boeren aan het bieden van ruimte aan natuur binnen hun bedrijf nog niet toekomen. Een aardige illustratie van het feit dat biologische landbouw niet automatisch een garantie is voor de aanwezigheid van boerennatuur, vormt het onderzoek van Bradbury *et al.*, (2000). Zij vonden dat het broedsucces van de geelgors, een typische maar inmiddels schaarse vertegenwoordiger van boerennatuur, niet samen bleek te hangen met het al dan niet biologisch beheer van bedrijven, maar veeleer met de inrichting van de perceelsranden. Als het scheppen van habitats de intentie is, zouden richtlijnen en regels dus het gewenste randenbeheer moeten expliciteren.

### **3.4 Duurzaam**

Ook ten aanzien van 'duurzaamheid' zijn nuances mogelijk. Ontegenzeggelijk is het energieverbruik in de biologische landbouw per eenheid oppervlakte geringer dan in de gangbare landbouw. Anders dan ten aanzien van mineralen waar het tot op zekere hoogte plausibel is om mineralenbenutting mede per eenheid oppervlakte te beoordelen (doelstellingen van mineralenconcentraties in water, bijvoorbeeld, zijn op een regionale of nog lagere schaal gedefinieerd), geldt bij energie dat de beoordeling vooral per eenheid voortgebracht landbouwkundig product zou moeten plaatsvinden. Immers, de verhoging van het atmosferisch koolzuurgasgehalte tengevolge van het gebruik van fossiele brandstof, beperkt zich vanwege het gasvormige karakter niet tot de oppervlakte waar de brandstof feitelijk gebruikt wordt. Ook bij beoordeling per eenheid voortgebracht product, lijken biologische producten zich nog steeds gunstig te onderscheiden van gangbare, maar het verschil tussen biologisch en gangbaar is kleiner dan bij een vergelijking per eenheid oppervlakte (Refsgard *et al.*, 1998). Op het aspect ruimtebeslag, ook een duurzaamheidsthema, is in de voorgaande paragraaf uitgebreid ingegaan.

### **3.5 Milieuvriendelijk**

Ten aanzien van 'milieuvriendelijkheid' scoort de biologische landbouw gunstig ten opzichte van de gangbare landbouw: pesticiden zijn uitgesloten en gebruik van mineralen is zowel per eenheid oppervlakte als per eenheid product laag ten opzichte van de huidige gangbare praktijk. Deze relatief betere prestatie mag echter niet zonder meer gelijk gesteld worden aan milieuvriendelijk. De berekende



mineralenoverschotten volgens MINAS zijn vooral in de biologische landbouw een slechte maat voor de mineralenbelasting van het milieu. Dit heeft te maken met het gebruik van aanvechtbare algemene forfaitwaarden in MINAS. Bovendien hebben overschotten als zodanig een beperkte zeggingskracht voor de milieukwaliteit. Elders in deze publicatie wordt hier nader op ingegaan (Schröder & Van Leeuwen, 2002). Verder kunnen zich conflicten voordoen tussen enerzijds de wens dieren veel uitloop en weidegang toe te staan, en anderzijds de wens om ammoniakverliezen te beperken. Postma *et al.*, (2001) geven diverse voorbeelden van conflicten die kunnen bestaan tussen de wens de biodiversiteit binnen percelen te vergroten en de wens om milieubelasting te minimaliseren. De huidige biologische praktijk is evenmin volmaakt ten aanzien van het sluiten van kringlopen. In Nederland zijn de meeste biologische bedrijven ontmengd en deze gespecialiseerde bedrijven genieten vooralsnog ontheffing van de verplichting alleen grondstoffen van biologische herkomst te gebruiken. De gewasrotaties zijn dientengevolge nauw en daarmee vanuit een biodiversiteits-oogpunt, en de daarmee verbonden geachte zelfregulering, discutabel. Bij de gratie van deze financieel aantrekkelijke ontheffing kan namelijk tot op zekere hoogte afgezien worden van gewassen die voer en strooisel voortbrengen. Deze financieel relatief onaantrekkelijke gewassen hadden echter wel de biodiversiteit kunnen vergroten. Initiatieven om deze tekorten op te heffen zijn inmiddels genomen in de vorm van een aangekondigde aanscherping van regels en in de vorm van een nauwere samenwerking tussen producenten en afnemers van grondstoffen. Ook bij dit soort 'voer voor mest' verkeringen tussen akkerbouwers en veehouders blijft het lastig afvalstromen vanuit de samenleving (t.w. urbane en industriële restproducten, humane excreta, etc.) zo te organiseren dat deze een voor biologische landbouw acceptabele meststof vormen. Restproducten van een biologische oorsprong worden

namelijk niet apart opgevangen en contaminatie met niet-biologische restproducten is daarmee niet uitgesloten.

Het sluiten van kringlopen wordt aanmerkelijk lastiger naarmate de afstanden tussen de plaats van productie en de plaats van verwerking en consumptie groter zijn. Vanuit dat oogpunt bestaat er een onmiskenbare spanning tussen de intentie van de biologische landbouw om naar regionale 'hele' systemen te streven, en de globalisering die zich ook op de biologische markt voordoet. Zelfs binnen Nederland vormen transportkosten hier en daar al een belemmering voor de uitwisseling van voer, strooisel en mest tussen biologische bedrijven.

#### 4. Biologische landbouw naar 10 procent?

Ondanks de voornoemde kanttekeningen wordt biologische landbouw gezien als een kansrijk antwoord op de tekorten van de gangbare landbouw. Bij die tekorten valt te wijzen op de manier waarop de gangbare landbouw met dierenwelzijn omgaat, op recente uitbraken van veeziekten, op de aanwezigheid van pesticide-residuen in voedsel en milieu, op de mineralenbelasting van lucht en water en op het gestage verlies van natuur en landschap in agrarische gebieden. Een klein maar groeiend aantal consumenten heeft weinig vertrouwen in de mate waarin en de snelheid waarmee de gangbare landbouw de genoemde tekorten zal opheffen. Zij kiezen voor een helder pakket richtlijnen en voorschriften luisterend naar de naam Biologische Landbouw. Desondanks blijft de biologische landbouw in Nederland van een bescheiden omvang (Tabel 1).

Of biologische landbouw aan de vooravond staat van een definitieve doorbraak, zal sterk afhangen van de mate waarin biologische en niet-biologische beheerders van de Groene Ruimte, verwerkers, handelaren en consumenten hun 'vraag' en 'aanbod' op elkaar weten af te stemmen. In

Tabel 1. Biologische landbouw in Nederland: aantal bedrijven, totale oppervlakte (ha) en aandeel (%) in totale landbouwareaal (bron CBS)

Jaar	Aantal	Oppervlakte	Aandeel
1986	278	2724	0,1
1989	359	6544	0,3
1990	399	7469	0,4
1991	439	9227	0,5
1995	521	12789	0,7
1996	554	14334	0,7
1998	705	19661	1,0
1999	786	21511	1,1
2000	906	25531	1,3

toenemende mate zien overheden landbouwbedrijven als niet meer dan medegebruikers van de publieke groene ruimte. Landbouwbedrijven behoeven daarom een zogenaamde 'licence to produce'. Die kunnen ze verwerven door in meer dan alleen de klassieke fysieke landbouwproducten te voorzien. Biologische landbouw bevindt zich in een gunstige uitgangspositie om een dergelijke multifunctionele landbouw in te vullen. Wel is het zo dat de intenties juist op het gebied van de niet-klassieke landbouwproducten (w.o. milieu, natuur, landschap) onvoldoende geoperationaliseerd zijn in de vorm van maatstaven en streefwaarden. Op enkele plaatsen in Europa stellen ook handelshuizen inmiddels aanvullende eisen aan biologische producten die verder gaan dan de EU richtlijnen en voorschriften. Naast de 'licence to produce' ontstaat daarmee ook een 'licence to deliver'.

De Nederlandse overheid ambieert dat biologische landbouw in 2010 10% van de markt beslaat.

Daarvoor heeft de overheid diverse acties aangekondigd (Anonymus, 2000a). Realisatie van de ambitie hangt af van de vraag naar biologische producten vanuit de markt en van de mate waarin met een fysieke en sociaal-economische infrastructuur in die vraag kan worden voorzien. Daarnaast kan alleen aan de vraag worden voldaan als de benodigde kennis bij producenten en verwerkers voldoende voor handen is. Bij de ontwikkeling en overdracht van kennis speelt onder meer het onderzoek van Wageningen UR een rol. Op die rol gaat de navolgende paragraaf in.

## **5. De rol van onderzoek**

Uit het voorgaande rijst het beeld op dat biologische landbouw aan een groot aantal maatschappelijke wensen kan en wil voldoen. Op een aantal gebieden slaagt zij hier nu reeds beter in dan de gangbare praktijk. Tegelijkertijd is er geen reden voor zelfgenoegzaamheid omdat bepaalde intenties onvoldoende worden gerealiseerd of aannemelijk gemaakt. Vooralsnog wordt niet zelden de vergissing gemaakt om de theorie van de biologische landbouw te vergelijken met de praktijk van de gangbare landbouw of de praktijk van de biologische landbouw te vergelijken met de theorie van de gangbare landbouw. Zo'n vergelijking suggereert ten onrechte dat de biologische landbouw min of meer áf is. Feitelijk, echter, is de biologische landbouw in ontwikkeling en moet haar de kans op een verdere verbetering niet onthouden worden. Er is dan ook nog veel werk te doen. Dat werk heeft onder meer betrekking op het scheppen van voorwaarden waardoor de bestaande kennis kan en zal worden toegepast. Het gaat daarbij onder meer om kennis die al bij producenten aanwezig is. Daarnaast betreft het kennis die vooral bij onderzoekers aanwezig is maar die nog niet in een herkenbare en toepasbare vorm aan producenten is overgedragen. Tesamen met nieuw te ontwikkelen kennis, zijn we daarmee beland bij de rol die

onderzoek kan spelen bij het verder ontwikkelen van biologische landbouw.

Vertegenwoordigers van de biologische landbouw kijken met enige argwaan tegen het onderzoek van Wageningen UR aan en wel sterker naarmate het onderzoek een fundamenteeler karakter heeft. Het is daarbij overigens de vraag of dit ressentiment jegens Wageningen UR alleen binnen de biologische landbouw leeft en niet ook binnen de gangbare landbouw. Het Wageningse onderzoek heet reductionistisch te zijn, geen rekening te houden met interacties en bedrijfsspecifieke omstandigheden, en 'ervaringskennis' te miskennen. Daardoor herkennen en erkennen producenten de oplossingen vanuit het Wageningse onderzoek onvoldoende (Kloen & Daniels, 2000). De genoemde 'ervaringskennis' behelst de noodzakelijke en onmisbare kennis van een locale producent om generieke informatie toe te snijden op zijn of haar specifieke context. Het begrip doet ook recht aan het feit dat de producent zelf een bron van innovaties is waarmee de Wageningse onderzoekers aan de slag kunnen. 'Ervaringskennis' is in die visie het geheel van waardevolle ervaringen die onderzoekers willen en zouden moeten formaliseren om dit soort kennis met voldoende zekerheid aan anderen te kunnen overgedragen. Voor anderen, echter, behelst 'ervaringskennis' ook een zogenaamd 'innerlijk weten' dat niet zonder meer om toetsing vraagt: iets kan ook gewoon 'goed' voelen. Daarmee komen we gaandeweg terecht bij een aantal levensbeschouwelijke componenten van biologische landbouw. Hoewel de huidige biologische landbouw waaronder ook degenen die haar onderzoeken een zeer divers gezelschap is geworden, vindt zij haar oorsprong in de gedachte dat landbouw vanuit meer dan alleen natuurwetenschappelijke perspectieven bezien kan worden. Dat neemt niet weg dat op dit moment veel onderzoekers die zich bezig houden met biologische landbouw, de meetbare wereld toereikend achten voor het begrip en de verdere ontwikkeling. Zij willen zich welbewust tot deze meetbare wereld beperken. Die keuze vloeit voort uit het verlangen om processen te willen doorgronden, kennis in generieke gedachtengangen te vangen, hypothesen te toetsen en pas dan tot overdracht en aanbeveling van maatregelen over te gaan. Dat verlangen staat, anders dan soms gesuggereerd, niet op voorhand haaks op de noodzaak recht te doen aan locale gegevens, diversiteit en het 'geheel'.

Onderzoekers houden bij hun onderzoek ook rekening met wensen van andere delen van de samenleving dan met alleen de wensen van individuele producenten. Verder benoemen zij naast zekerheden onvermijdelijk ook nieuwe onzekerheden en tekorten. Daarbij worden individuele producenten van tijd tot tijd illusies ontnomen en de teleurstelling daarover wordt soms verward met verwijten dat de kennis niet contextueel passend is: en tóch werkt het op mijn bedrijf anders!

Wageningen UR is niet doof voor de kritiek en heeft daarom in 2000 een plan van aanpak voor onderzoek aan en onderwijs over biologische landbouw geschreven (Anonymus, 2000b). Het recent opgerichte Innovatiecentrum Biologische Landbouw (IBL) is hiervan een uitvloeisel. Binnen het IBL loopt het principe van 'twee richtingsverkeer tussen praktijk en onderzoek' inmiddels als een rode draad door de werkplannen heen. Het IBL wil daarmee een deel van de argwaan wegnemen.

## 6. Tot slot

Soms valt te beluisteren dat het onderzoek tot taak heeft er voor te zorgen dat de biologische landbouw 'zich blijvend onderscheidt van de gangbare landbouw'. Dat kan natuurlijk nooit een doel in zichzelf zijn, maar hoogstens een bijkomend gevolg. Wel heeft het onderzoek tot taak om te benoemen hoe intenties gestalte kunnen worden gegeven,

welke conflicten zich daarbij kunnen voordoen en hoe bedrijven zich in een gewenste richting kunnen ontwikkelen. In die visie moet biologische landbouw zich vooral willen spiegelen aan objectieve maatstaven die zich laten afleiden uit haar eigen intenties. Aan die opgave wil het onderzoek van Wageningen UR bijdragen.

De resterende hoofdstukken van deze publicatie beperken zich met name tot technische onderzoekskennis die recent is ontwikkeld, onder meer met behulp van financiering van het Ministerie van LNV (onderzoeksprogramma's BIOM en DLO 342). Het accent ligt daarbij sterk op de open teelten. Ontegengesteld hangt het succes van biologische landbouw van veel meer af dan van alleen dit beperkte speelveld. Daarbij valt te denken aan sociaal-economische kennis, aan andere sectoren, aan verwerkers en handel en aan nationale en internationale instituties. Ondanks deze beperking hopen wij dat deze publicatie bijdraagt aan een verdere ontwikkeling van de biologische landbouw.

## 7. Literatuur

- Anonymus, 2000a. Een biologische markt te winnen; beleidsnota Biologische Landbouw 2001-2004. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 's-Gravenhage, 22 pp.
- Anonymus, 2000b. Biologische Landbouw in Wageningen Universiteit en Research centrum; aanbevelingen voor onderzoek en onderwijs. Wageningen UR, Wageningen, 56 pp.
- Booij, C., Belder, E. den & A. Visser 2002. De betekenis van diversificatie en ecologische infrastructuur voor de gewasbescherming in de ecologische landbouw. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 190 pp.
- Bradbury, R.B., A. Kyrkos, A.J. Morris, S.C. Clark, A.J. Perkins & J.D. Wilson, 2000. Habitat associations and breeding success of yellowhammers on lowland farmland. *J. Appl. Ecol.* 37: 789-805.
- Hanekamp, J. A. Bast, R. Schuiling & M. Donze, 1999. Nitraat, enkele kanttekeningen. *H2O* 21: 22-23.
- Kloen, H. & L. Daniels, 2000. Onderzoekagenda Biologische Landbouw & Voeding 2000-2004. Platform Biologica / Wageningen UR, Wageningen, 40 pp.
- L'hirondel, J. & J.L. L'hirondel, 2002. Nitrate and man; toxic, harmless or beneficial. CAB Publishing, Wallingford, 168 pp.
- Postma, J., A.J. de Vos, K.B. Zwart & J.J. Schröder, 2001. Bodemleven: doel op zich of goed begrepen middel? Rapport 43, Plant Research International, Wageningen, 26 pp.
- Refsgard, K., N. Halberg & E. Steen Jensen, 1998. Energy utilization in crop and dairy production in organic and conventional livestock production systems. *Agric. Syst.* 57: 599-630.
- Schröder, J.J. & W. van Leeuwen-Haagsma, 2002. Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 190 pp.
- Trewavas, A., 2001. Urban myths of organic farming. *Nature* 410: 409-410.
- Van Delden, A., J.J. Schröder, M.J. Kropff, C. Grashoff & R. Booij, 2001. Simulation of attainable potato yield under different organic nitrogen management strategies: model development and explorations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (geaccepteerd).
- Van Wolfswinkel, M., J. Leferink, R. Bok & T. Aalders, 2010. Voedselveiligheid van producten uit de biologische landbouw. Rapport 2001/006, Expertise Centrum LNV, Ede, 31 pp.
- Vereijken, P., 1994. 1. Designing prototypes. Progress reports of research network on integrated and ecological arable farming systems for EU- and associated countries (concerted action AIR3-CT927705). AB-DLO, Wageningen, 87 pp.
- Vereijken, P., 1995. 2. Designing and testing prototypes. Progress reports of research network on integrated and ecological arable farming systems for EU- and associated countries (concerted action AIR3-CT927705). AB-DLO, Wageningen, 76 pp.

- Vereijken, P., 1996. 3. Testing and improving prototypes. Progress reports of research network on integrated and ecological arable farming systems for EU- and associated countries (concerted action AIR3-CT927705). AB-DLO, Wageningen, 69 pp.
- Vereijken, P., 1998. 4. Improving and disseminating prototypes. Progress reports of research network on integrated and ecological arable farming systems for EU- and associated countries (concerted action AIR3-CT927705). AB-DLO, Wageningen, 55 pp.
- Wijnands, F.G., 1999. A methodical way of prototyping more sustainable farming systems in interaction with pilot farms. In: Härdtlein, M. *et al.*, (Eds.), *Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. Initiatieven zum Umweltschutz Band 15*, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 365-391.
- Wijnands, F.G., W.K. van Leeuwen-Haagsma & F. Van Koesveld, 2002. Op weg naar een Goede Biologische Praktijk; ervaringen en resultaten uit het BIOM-project. Achtergrond, opzet en resultaten van BIOM. In: *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 190 pp.
- Wyss, E., E. Lammerts van Bueren, M. Hulscher & M. Haring, 2001. *Plantenveredelings technieken; een evaluatie voor de biologische plantenveredeling. Dossier 2*, FIBL, Frick, Zwitserland, 24 pp

# Op weg naar de Goede Biologische Praktijk, resultaten en ervaringen uit het BIOM-project

Frank Wijnands<sup>1</sup>, Wiepie van Leeuwen-Haagsma<sup>1</sup> & Flip van Koesveld<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

<sup>2</sup>DLV Adviesgroep

## Samenvatting

In het BIOM-project (Biologische landbouw Innovatie en Omschakeling) werken sinds 1998 ondernemers, adviseurs en onderzoekers samen aan de verbreding en versterking van de biologische landbouw in de praktijk. De meervoudige doelen van biologische systemen zijn alleen haalbaar als de bedrijfsmethodes optimaal ingevuld en op elkaar afgestemd worden. Het optimaal gebruik van deze bedrijfsmethodes zoals vruchtwisseling, bemesting en gewasbescherming wordt beschreven. Dit is ook de basis voor de advisering in BIOM. Uit de resultaten blijkt dat de deelnemende bedrijven op de weg naar een Goede Biologische Praktijk goede vooruitgang hebben geboekt. Toch blijft er nog veel ruimte voor verdere optimalisatie. Op een aantal terreinen zullen de meeste bedrijven de bedrijfsvoering nog verder moeten aanscherpen om aan de gestelde doelen te kunnen voldoen. Er wordt uitvoerig stilgestaan bij de omvang en aard van de resterende knelpunten en de mogelijke oplossingen.

## 1. Inleiding

Het is duidelijk dat de maatschappij een landbouw nastreeft die aanzienlijk duurzamer is dan totnogtoe. Een landbouw die aan meerdere doelstellingen moet kunnen voldoen. Daarbij gaat het om de efficiënte productie van voedsel en grondstoffen van goede kwaliteit, het beheer van het landelijke gebied en het op een duurzame wijze omgaan met natuurlijke hulpbronnen water, lucht en bodem. Landbouw die past in een multifunctioneel gebruik van de landelijke ruimte. Daarbij zijn agrariërs de beheerders van de groene ruimte, die voorzien in de behoeften van de samenleving als geheel. Bovendien kunnen ze voorzien in behoeftes van individuele burgers door plaats te bieden voor agrotourisme, voor zorg en therapie in een landelijke omgeving, en voor wonen en werken op het platteland. Deze collectieve en individuele functies zijn reeds vermarktbaar of worden dat in de nabije toekomst. Als zodanig dragen ze bij aan de continuïteit van de bedrijven en aan de sociale basis van de landbouw. Ondernemers zullen snel moeten leren inzien dat deze ontwikkeling goede kansen biedt voor herstel van de band tussen stad en

platteland in plaats van dit als bedreigend te zien voor het voortbestaan van landbouw.

Biologische landbouw is een productierichting die inhoud probeert te geven aan duurzaamheid door de intenties op dit terrein te vertalen in richtlijnen en voorschriften (Schröder *et al.*, 2002). Dit heeft geleid tot een gecontroleerde en gecertificeerde productiewijze. Biologische landbouw wordt dan ook door velen gezien als kansrijk om die gewenste vorm van multifunctionele en meer duurzame landbouw te realiseren. Die kansen moeten dan echter wel benut worden. Dat vergt enerzijds voortschrijdende oriëntatie op de intenties en de wijze waarop deze vertaald kunnen worden in richtlijnen en voorschriften zodat ze certificeerbaar worden. Anderzijds vergt het een voortdurende vernieuwing van technieken, methoden en strategieën om in de dagelijkse praktijk daar vruchtbaar en efficiënt invulling aan te kunnen geven. Gericht onderzoek is dus nodig om de gewenste ontwikkeling te ondersteunen (Schröder *et al.*, 2002). In de dagelijkse praktijk komt daar dan nog eens bij dat versterking van de huidige biologische landbouw dringend gewenst is. De potentie van de biologische productiemethode (optimale toepassing beschikbare kennis en innovaties) wordt nog lang niet ten volle benut en er zijn nog onvoldoende bedrijven die biologisch werken.

Voor de ontwikkeling van biologische systemen is, zoals voor alle meervoudige doelsystemen met complexe interacties, onderzoek op systeemniveau noodzakelijk om naast de deeloplossingen tot proces geïntegreerde oplossingen en systeeminnovaties te komen. Op systeemniveau wordt duidelijk hoe doelstellingen conflicten veroorzaken in de bedrijfsvoering en kunnen oplossingen ontwikkeld worden die een brug vormen tussen deze (schijnbaar) conflicterende doelstellingen. Systeemonderzoek is voor biologische landbouw zelfs een noodzaak gezien de afhankelijkheid van het optimaal functioneren van bedrijfsinterne processen in afwezigheid van sterk sturende externe hulpmiddelen. Ook ondernemers in de praktijk hebben met dit integratieniveau dagelijks van doen. Systeemwerk moet in nauwe aansluiting op en ondersteund door deelonderzoek uitgevoerd worden om de potentiële meerwaarde optimaal te kunnen benutten.

Methodisch gezien is het belangrijk om tot een goed onderbouwde methode te komen, om op een systematische

manier systemen te ontwerpen en te testen en te verbeteren tot het systeem het gewenst niveau van gedrag laat zien. Voortbouwend op het bedrijfssystemenonderzoek zoals dat op het OBS te Nagele empirisch geboren werd in 1977, werd een systematische onderzoeksmethode, het prototypen, uitgewerkt in een EU Concerted Action (Vereijken, 1999). Kenmerkend voor prototypen is dat uitgaande van een profiel van eisen (gekwantificeerde doelen, randvoorwaarden en gebruikseisen) een product ontwikkeld wordt dat aan deze eisen kan voldoen. Het profiel van eisen kan ook een streefbeeld genoemd worden. In het streefbeeld dienen de belangrijkste markttechnische en maatschappelijke eisen voor een bedrijf van de toekomst opgenomen te zijn. Deze doelen dienen vervolgens meetbaar gemaakt te worden en van streefwaarden te worden voorzien. De totale set aan streefwaarden is een weergave van het ambitieniveau van het te ontwikkelen systeem.

Nieuwe systemen of vernieuwde systemen kunnen met deze methode gericht ontwikkeld worden op proeflocaties (ontwikkelen prototypes). Bij de vervolgstap, de interactieve implementatie in de praktijk, worden met de bouwstenen van de experimentele systemen, bedrijfsspecifieke 'oplossingen' ontwikkeld. Het is dus niet alleen een kwestie van kennisoverdracht, maar van interactieve ontwikkeling. Om tot toepasbare en duurzame (gedragen) innovaties te komen is er niet alleen harde technologische kennis (hardware) nodig, maar ook een gezamenlijk gedeelde visie op de toekomst (software) en voldoende draagkracht bij de ondernemer en zijn omgeving (toeleverende en afnemende industrie, overige actoren; orgware). Bovendien dienen technische oplossingen hand in hand te gaan met een daarop afgestemd institutioneel kader. Bij de ontwikkeling van innovaties in de praktijk is een praktijknetwerk van goed gemotiveerde, innovatiegezinde ondernemers onontbeerlijk. De interactie tussen het experimentele werk op proefbedrijven en de interactieve optimalisatie op praktijkbedrijven scherpt beide aan (Wijnands *et al.*, 2001). Van het systeemonderzoek mag enerzijds verwacht dat het bijdraagt aan het oplossen van de (nog vele) knelpunten in de biologische praktijk (realiseren potentie) en anderzijds dat het bijdraagt aan het verder inhoud geven aan biologische teelt- en bedrijfssystemen (toekomstige potentie

en profilering) vanuit de achterliggende principes en intenties (vernieuwing prototypes). Systeeminnovatie houdt in dat dan ook ingezet wordt op versterking en verbreding van (de kennis van) biologische landbouw op gebiedsniveau in de keten- en actoren-netwerken aangezien dat cruciaal is voor een versnelde doorstroming/omschakeling van gangbare bedrijven naar biologische landbouw. In de afgelopen periode zijn prototypes van biologisch akkerbouw- en vollegrondsgroentesystemen op verschillende proefboerderijen in Nederland in ontwikkeling (Wijnands *et al.*, 2001). Daarnaast wordt sinds 1998 in het BIOM praktijknetwerk met een groot aantal ondernemers samengewerkt aan het versterken van de biologische praktijk. In dit artikel wordt stilgestaan bij de opzet van BIOM en wordt de huidige situatie in de praktijk geïllustreerd met de ervaringen en resultaten uit het BIOM project

## 2. BIOM en de Goede Biologische Praktijk

### 2.1 Opzet BIOM

In het voorjaar van 1998 is het project Innovatie en Omschakeling Biologische Landbouw (BIOM) van start gegaan. BIOM is een project van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO sector akkerbouw, groene ruimte en vollegrondsgroenteteelt) en DLV Adviesgroep (DLV) in samenwerking met Plant Research International (PRI). In het BIOM-project wordt over vrijwel heel Nederland intensief samengewerkt met ondernemers in de biologische landbouw en met ondernemers die geïnteresseerd zijn in omschakeling. Het doel van het BIOM project is het versterken van de biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in de praktijk. De daarbij gehanteerde ontwikkelingsvisie is hieronder weergegeven.

#### Ontwikkelingsvisie

*'Biologische bedrijven produceren hoogwaardige kwaliteitsproducten op een in agro-ecologisch, milieu-technisch en sociaal-economisch opzicht duurzame wijze.'*

Tabel 1. De regio indeling in het BIOM-project

Regio aanduiding	Provincies	Afkorting	Grondsoort	Oriëntatie
Noordelijke zeeklei	Groningen en Friesland	NZK	Klei	akkerbouw en groente
Noord-Holland	Noord-Holland	NK	Klei	akkerbouw en groente
Zuidwestelijke zeeklei	Zuid Holland en Zeeland	ZWK	Klei	akkerbouw en groente
Noordoostelijke zand- en dalgronden	Drenthe en Overijssel	NON	Zand en dal	akkerbouw en groente
Zuidoostelijke zandgronden	Noord Brabant en Limburg	ZON	Zand	groente
West Brabant	Noord Brabant	WB	Klei	akkerbouw en groente
Gelderland	Gelderland	GLD	Zand/klei	akkerbouw en groente

Tabel 2. Aantallen deelnemers per regio in de diverse groepen van BIOM (stand per 30-08-2001)

Regio	Innovatie	Optimalisatie	Omschakeling	Totaal 30-8-2001
NZK	4	6 (+1)*	9	19 (+1)
NH	5	6	11	22
ZWK	5	25	27	58
NON	5	9	14	28
ZON	5	10	18	33
WB		8 (+4)		8 (+4)
GLD		16		16
Totaal	24	80 (+5)	79	183 (+5)

\* tussen haakjes het aantal nog gangbare bedrijven

Het BIOM-project is opgebouwd uit 4 onderling sterk samenhangende deelprojecten: innovatie, optimalisatie, omschakeling en verkenning van economische perspectieven.

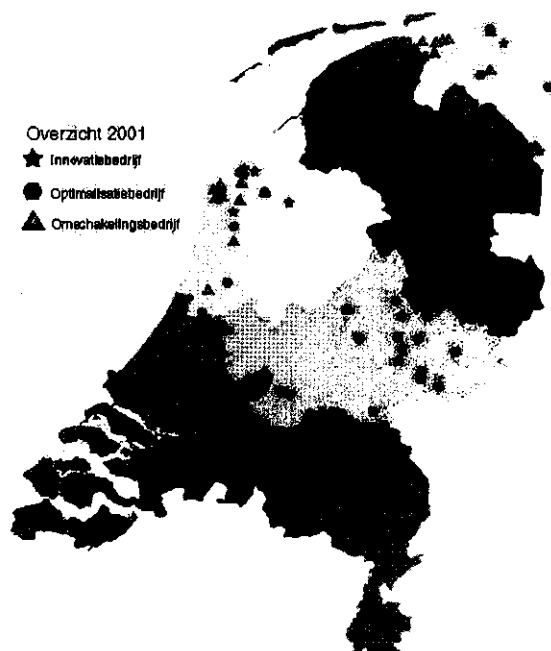
Het deelproject *Innovatie* is gericht op het versterken van de bedrijfsvoering in 5 regionale innovatiegroepen van 4-5 bestaande biologische bedrijven, voornamelijk door individuele begeleiding en onderzoek (landelijk 24 deelnemers, voor verdeling over regio's zie Tabel 1 en 2). In het deelproject *Optimalisatie* van de bedrijfsvoering wordt met 7 regionale studiegroepen van 10-15 bestaande en recent omgeschakelde biologische bedrijven gewerkt (landelijk in 2000: 85 deelnemers, Tabel 2). Het deelproject *Omschakeling* beoogt in een 1-jarige cyclus per regio steeds 10-15 geïnteresseerde ondernemers voor te bereiden op daadwerkelijke omschakeling naar een biologische bedrijfsvoering. Deze 1-jarige cyclus is in BIOM tweemaal

doorlopen. De eerste ronde 1998-1999 telde landelijk 49 deelnemers, de tweede ronde 2000-2001 79 (Tabel 2). Het deelproject *Verkenning van economische perspectieven*, tenslotte, richt zich op scenariostudies en kostprijsanalyses.

BIOM wordt uitgevoerd in 5 regio's die de belangrijkste akkerbouw en groenteteeltgebieden van Nederland bestrijken. In februari 2000 is er een extra groep uit West Brabant (14) en in 2001 uit Gelderland (16) toegevoegd aan BIOM. Flevoland is buiten het BIOM project gelaten vanwege de toch al forse inspanningen in Flevoland gedurende de jaren 90 (proefbedrijven, o.a. Dekking, 1999 en innovatieproject, Vereijken *et al.*, 1998). Figuur 1 geeft een beeld van de ligging van de bedrijven. Het project eindigt, na 4 veldjaren, in 2002 met een afsluitend rapportagejaar.

## 2.2 Bedrijven en gewassen

Het BIOM-project richt zich op akkerbouw en vollegrondsgroentebedrijven. Voor de innovatiebedrijven werd gezocht naar bestaande biologische bedrijven met veel ervaring. Dit om de bestaande ervaring en beschikbare kennis zoveel mogelijk te benutten. Daarbij werd de voorkeur gegeven aan de wat grotere bedrijven die model kunnen staan voor de in omschakeling geïnteresseerde gangbare ondernemers. In de regio's waar vollegrondsgroenteteelt ook gangbaar belangrijk is, werd tevens gezocht naar 'voorbeeld' bedrijven voor de vollegrondsgroenteteelt. Zo was het streven in Noord-Holland en het Zuidwesten een combinatie van akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. In Zuidoost Nederland werd helemaal ingezet op vollegrondsgroenteteelt. Vanuit het overzicht van alle bij SKAL ingeschreven bedrijven werd door de projectpartners, op basis van de beschikbare kennis, een selectie gemaakt van potentiële deelnemers. Onbekende bedrijven werden telefonisch benaderd om meer inzicht in hun situatie te krijgen. Bedrijven die aan het gewenste profiel voldeden werden bezocht. De geselecteerde bedrijven tenslotte werden aangezocht deel te nemen. Op een enkele, aan projectmoeheid lijdende ondernemer na, wilden alle bedrijven graag meedoen.



Figuur 1. Deelnemers BIOM in de verschillende groepen over Nederland

Tabel 3. Thema's BIOM en maatstaven

- 
- Kwaliteitsproductie:** het verbeteren en stabiliseren van het productie- en kwaliteitsniveau, het beperken van verliezen tussen oogst en afzet. Aandachtspunten daarbij zijn de beheersing van ziekten en plagen en de afstemming van de N-voorziening op de N-behoefte van gewassen.  
De ontwikkelde maatstaven binnen dit thema zijn gericht op kwantiteit en kwaliteit van de productie.
- Schoon milieu:** het beperken van de N-uitspoeling, het voorkomen van verrijking van de bodem met P en zware metalen en het afzien van het gebruik bestrijdingsmiddelen die het milieu of ecosysteem belasten.  
De maatstaven richten zich op de verschillende milieucompartimenten bodem, lucht en water (grond, en oppervlakte). Hierbij zijn maatstaven die een directe relatie hebben met de milieukwaliteit in veel gevallen te duur om vast te stellen. Om deze reden worden er verschillende afgeleide maatstaven gehanteerd welke in feite niet doelgericht maar middel gericht zijn. De maatstaven binnen dit thema richten zich op het gebruik (balans, overschot) en de emissie risico's (uitspoelingsrisico) van nutriënten en op het gebruik, de emissie risico's en schaderisico's van pesticiden.  
Maatstaven richten zich op N-verlies (drainwaterconcentratie en N-min aanvang uitspoelingsseizoen), nutriënten balansen P en K in relatie tot de bodemvruchtbaarheidstoestand en bij gebruik biologische pesticiden op emissie en schade risico's (resp. BRI en MBP, Dekking, 1999).
- Vruchtbare bodem:** het instandhouden en verbeteren van de bodemvruchtbaarheid door een ruime en gevarieerde vruchtwisseling en daarbij passende inzet van dierlijke mest en (vlinderbloemige) groenbemesters.  
Aandachtspunten daarbij zijn: bodemgezondheid, bodemstructuur en organische stofbeheer.  
Maatstaven richten zich op de nutriënten balansen P en K in relatie tot de bodemvruchtbaarheidstoestand en op deorganische stof balans.
- Aantrekkelijk landschap en gevarieerde natuur:** het versterken en beschermen van de aanwezige natuurwaarden, het integreren in een ecologische infrastructuur en het bevorderen van een leefbaar landschap voor flora en fauna.  
Momenteel wordt in het kader van agrarisch natuurbeheer een aantal maatstaven ontwikkeld. Deze maatstaven zijn gericht op de beschrijving en verbetering van de kwaliteit van de aanwezige voorwaarden voor de ontwikkeling van natuur en landschapswaarden, In BIOM werd ingezet op het realiseren van 5% agrarische natuur
- Continuïteit bedrijf:** het veilig stellen van het inkomen en de continuïteit van het bedrijf door het versterken van de kwaliteitsproductie en het verbeteren van het inzicht in de economische perspectieven.
- Strategisch bedrijfsbeheer:** het zorgvuldig plannen van bedrijfsactiviteiten dat moet leiden tot een beheersbare en flexibele bedrijfsorganisatie. Aandachtspunten daarbij zijn: planning van de vruchtwisseling en het teeltplan, planning van de bemesting, de arbeidsorganisatie en -inzet (vooral bij onkruidbestrijding maar ook bij oogst en afzet) en de ketenzorg.  
De ontwikkelde maatstaven binnen deze laatste twee thema's hebben betrekking op de arbeidsinzet en benutting (ook arbeid ten behoeve van handmatige onkruidbestrijding) en op het bedrijfseconomisch rendement.
- 

De uiteindelijke groep bedrijven in de innovatiegroep is redelijk representatief voor de wat grotere en bestaande biologische bedrijven in de regio's waar BIOM actief is. Van die bestaande bedrijven is bijna de helft is groter dan 20 ha en bijna 60% is reeds meer dan 3 jaar volledig (100% van het areaal) biologisch. In de innovatiegroep is 90% groter dan 20 ha en is 80% reeds meer dan 3 jaar volledig biologisch.

De ondernemers zijn veelal jonge veertigers, dus met redelijk wat ervaring en geïnteresseerd in innovatie. Veel ondernemers (85%) hebben minstens een middelbare, maar zelden een agrarische opleiding. Slechts een klein deel van de ondernemers (20%) heeft een specifieke bijscholing voor biologische landbouw gevolgd. De bedrijven zijn zeer divers en vaak economisch en sociaal lokaal/regionaal gebonden via meerdere activiteiten (natuurbeheer, recreatie, zorg,

boerderijwinkel etc.). Op circa een derde van de bedrijven worden de producten ook via de boerderijwinkel of via abonnementensystemen verkocht.

Op de deelnemende bedrijven worden alle voor de akkerbouw/tuinbouw belangrijke gewassen geteeld. Op de biologische bedrijven worden meer gewassen geteeld dan op gangbare bedrijven. Bovendien verschilt de bouwplansamenstelling per bedrijf veel sterker. Er zijn maar weinig gewassen of gewascombinaties die op elk bedrijf voorkomen. In totaal betreft het zo'n 110 gewassen verdeeld over 43 gewastypen (groepen gelijksoortige gewassen, vaak tot dezelfde familie behorend). Op verreweg de meeste bedrijven komt aardappel (80%) en kool (70%) voor. Dan volgt een grote groep gewassen, waaronder peen en ui, pompoen, peulvruchten en sla(soorten), tarwe en grasklaver die op ongeveer 35-40% van de bedrijven voorkomen. Het



aandeel aardappel, kool en sla ligt gemiddeld rond de 16% op bedrijven waar deze gewassen voorkomen. Naar areaal beslaan de gewassen grasklaver, luzerne en granen 25-40% van de bedrijfsoppervlakte.

### 2.3 Data verzameling

Bij de start van het BIOM-project werd op alle deelnemende bedrijven een bedrijfsinventarisatie uitgevoerd. Belangrijkste doel was het verkrijgen van inzicht in de startsituatie van de deelnemende bedrijven: van bedrijfsgegevens tot en met de ervaren knelpunten en problemen. In de opzet van de inventarisatie werd de thematische lijn met de daaraan gekoppelde bedrijfsmethoden gevolgd, zoals deze bij de opzet van BIOM gekozen is (zie paragraaf 2.4). In totaal zijn er een 24 tal inventarisaties uitgevoerd bij de innovatiebedrijven en een 40 tal bij optimalisatiebedrijven. De inventarisaties hadden primair als doel om onderzoek en begeleiding een goede start te geven bij het gezamenlijk te doorlopen ontwikkelingstraject van de deelnemende bedrijven. Ook werd deze inventarisatie gebruikt bij het opstellen van onderzoeksagenda's.

Van alle innovatie bedrijven en de meeste optimalisatie-bedrijven wordt een volledige bedrijfsregistratie bijgehouden die verwerkt wordt met het registratie- en analyseprogramma Farm. Deze kwantitatieve gegevens worden gecompleteerd door de meer kwalitatieve ervaringen en waarnemingen van de adviseurs. Deze ervaringen worden jaarlijks in bedrijfsevaluaties vastgelegd. Daarnaast wordt een aanvullend onderzoeksprogramma uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de N verliezen (N<sub>min</sub> na oogst en aan het begin van het uitspoelingsseizoen, drainwater concentraties nitraat kleibedrijven), de bodemvruchtbaarheid (bij de start van het project) en de bodemgezondheid (op basis van indicaties van de te verwachten problemen jaarlijks). Bij de bespreking van de resultaten van het BIOM-project in hoofdstuk 4 wordt enkel gebruik maken van de gegevens van de intensief

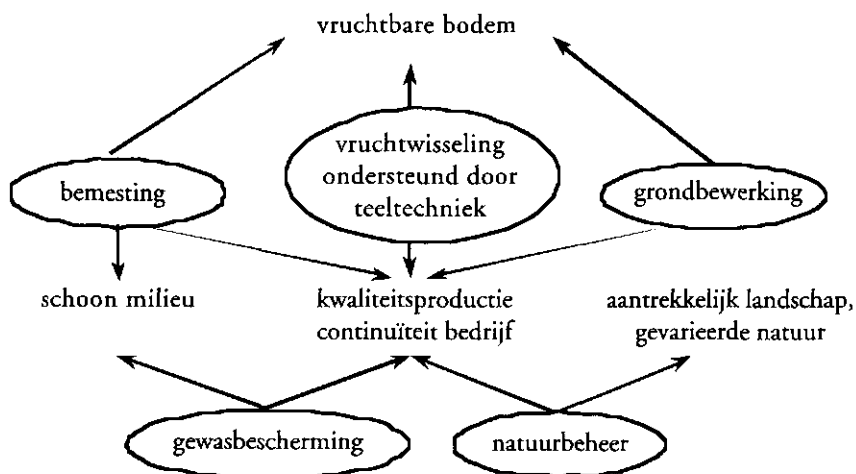
begeleide innovatiebedrijven. Bij de weergave van de uitgangssituatie wordt ook gebruik gemaakt van de inventarisaties van de optimalisatiebedrijven.

### 2.4 Thema's, maatstaven en bedrijfsmethoden

Bij de uitvoering van het BIOM project is de in 2.1 vermelde ontwikkelingsvisie richtinggevend. Deze is uitgewerkt in een aantal aandachtsvelden, thema's die in alle projectonderdelen centraal staan: Kwaliteitsproductie, Schoon milieu, Vruchtbare bodem, Aantrekkelijk landschap en gevarieerde natuur, Continuïteit bedrijf en Strategisch bedrijfsbeheer (zie Tabel 3). Ieder thema wordt voorzien van een aantal maatstaven en streefwaarden. Samen vormen deze maatstaven een streefbeeld waarin alle belangrijke maatschappelijke, ecologische en productietechnische aspecten van een bedrijfsvoering vertegenwoordigd zijn.

In Figuur 2 is de samenhang tussen thema's en bedrijfsmethoden aangegeven. Bedrijfsmethoden zijn hier gedefinieerd als samenhangende strategieën voor de belangrijkste principes van agrarische productie, beginnend met vruchtwisseling gevolgd door bemesting, gewasbescherming en grondbewerking. Boeren is niet mogelijk zonder de toepassing van deze principes.

De basis van een gezonde en productieve biologische bedrijfsvoering moet gevonden worden in een zorgvuldig samengestelde vruchtwisseling die goed afgestemd is op een daarmee samenhangend bemestingsplan. Vruchtwisseling en bemesting zijn de basis voor de kwaliteitsproductie op een biologisch bedrijf. Dit wordt aangevuld met een daarop afgestemde grondbewerking en ondersteund met een optimale invulling van teeltsystemen. Via gewasbeschermingsmaatregelen wordt dan waar nodig en mogelijk de kwaliteitsproductie veiliggesteld. Op bedrijfsniveau is een goede agro-ecologische lay-out (Vereijken, 1999), ondersteund met gericht agrarisch natuurbeheer, onontbeerlijk voor stabilisering van het agro-ecosysteem (Booij *et al.*, 2002) (Figuur 2).



Figuur 2. Samenhang bedrijfsmethoden en thema's binnen BIOM

Tabel 4. De belangrijkste bedrijfsmethoden in de bedrijfsvoering

---

**Vruchtwisseling.** Vruchtwisseling speelt de hoofdrol in kwaliteitsproductie via preventie van ziekten, plagen en onkruiden. Door een logische opvolging van hoog en laag N-behoefte gewassen, biologische N-binding door vlinderbloemige gewassen en N-overdracht door groenbemesters levert de vruchtwisseling bovendien een belangrijke bijdrage aan een vruchtbare bodem.

**Bemesting.** Bemesting met organisch materiaal draagt bij aan een vruchtbare bodem en daarmee aan voldoende productie van goede kwaliteit. Door ophoping van fosfaat en kalium en een te grote beschikbaarheid van stikstof te voorkomen, kan milieuvervuiling nu en in de toekomst vermeden worden.

**Gewasbescherming.** Beheersing van ziekten, plagen en onkruiden draagt bij aan kwaliteitsproductie en continuïteit van het bedrijf. Omdat biologische landbouw dit vooral doet met preventieve maatregelen, aangevuld met mechanische bestrijding van onkruiden, wordt tevens bijgedragen aan een schoon milieu.

**Teelttechniek.** Dit omvat alle verzorgende maatregelen van behandeling van uitgangsmateriaal tot afzet. Zij zorgen samen met de vruchtwisseling voor een goede kwaliteitsproductie.

**Natuurbeheer.** Natuurbeheer is primair gericht op productie van een gevarieerde natuur en een aantrekkelijk landschap, maar draagt door een continue aanbod van schuilplaatsen en voedsel in zowel ruimte (netwerk) als tijd (ook in de winter) bij aan de instandhouding van natuurlijke vijanden en daarmee aan de stabiliteit van het agro-ecosysteem en dus de kwaliteitsproductie.

**Strategisch bedrijfsbeheer.** Hiermee wordt bedoeld op een zorgvuldige planning van bedrijfsactiviteiten vanuit een samenhangende visie op de gewenste bedrijfsontwikkeling en een beheersbare en flexibele bedrijfsorganisatie. Aandachtspunten daarbij zijn met name de planning van vruchtwisseling en teeltplan, bemesting, arbeidsorganisatie en -inzet (vooral bij onkruidbestrijding maar ook bij oogst en afzet) en ketenzorg. Dit draagt bij aan de continuïteit van het bedrijf.

---

De beoogde duurzaamheid zoals deze in de thema's is weergegeven is alleen haalbaar als de bedrijfsmethodes optimaal ingevuld en op elkaar afgestemd worden. De meeste huidige bedrijfsmethoden zijn ontoereikend en moeten verder ontwikkeld worden om de nieuwe, veel bredere set van doelen te kunnen verwezenlijken. Dit herontwerp kan per definitie niet op ad hoc basis en een voor een. Het moet gebeuren binnen de volledige context van een bedrijf om ongewenste interferentie te vermijden en tot maximale synergie winst te komen van de toegepaste methoden. Dat geldt met name in de biologische landbouw die geen beschikking heeft over 'correctiemiddelen' als chemische gewasbescherming en kunstmest. Geen pesticiden heeft bijvoorbeeld ingrijpende consequenties voor de vruchtwisseling, de eisen ten aanzien van duurzaamheid hebben grote consequenties voor de bemesting, etc. Het ontwikkelen van geschikte bedrijfsmethoden, gebeurt in het meer experimentele bedrijfssystemenonderzoek (Wijnands *et al.*, 2001). Tabel 4 geeft een korte karakterisering van de bedrijfsmethoden. De methoden vruchtwisseling, bemesting en gewasbescherming worden in de volgende paragrafen verder uitgediept,

gebaseerd op de jarenlange ervaringen op de proefbedrijven waar biologische systemen worden ontwikkeld.

#### 2.4.1 Vruchtwisseling

##### *Vruchtwisseling: functies*

Vruchtwisseling is de term voor het gegeven dat gewassen in de tijd in een specifieke volgorde op een perceel (stuk grond) worden geteeld. Na een aantal jaren zal deze volgorde weer opnieuw beginnen (lengte van vruchtwisseling). De gewassen die in een specifiek jaar verbouwd worden op een bedrijf zijn samen het bouwplan. Vruchtwisseling heeft een temporeel aspect: gewassen worden in de tijd in een heel specifieke volgorde geteeld (vruchtvolgorde) en ruimtelijk aspect: de verdeling van de dit jaar geteelde gewassen over de beschikbare ruimte. Een goede ruimtelijke vruchtwisseling (Wijnands *et al.*, 2002) draagt bij aan de preventie van overdracht van semi mobiele plagen en ziekten van jaar tot jaar. Een optimale agro-ecologische lay-out van het bedrijf ondersteund de stabiliteit van het agro-ecosysteem en de functies van de vruchtwisseling (Booij *et al.*, 2002). Als de vruchtwisseling

Tabel 5. Definities rond vruchtwisseling (Agrarische Winkler Prins, 1954)

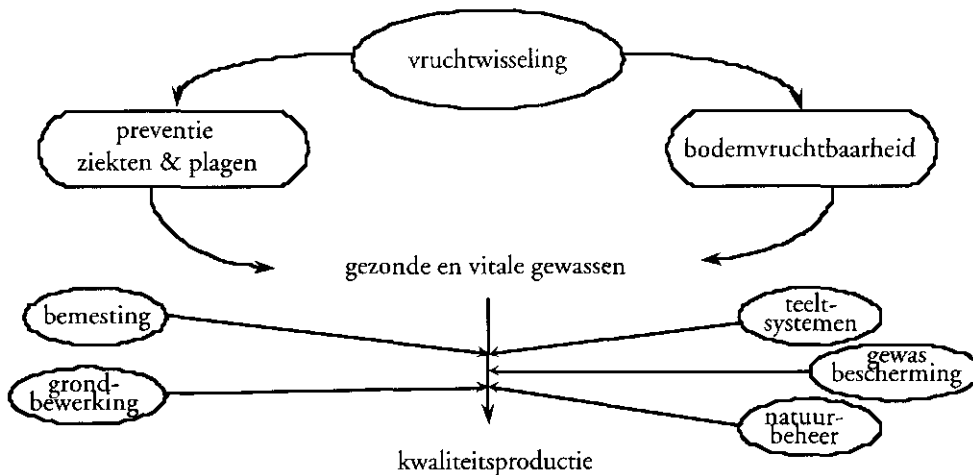
---

**Vruchtwisseling:** zinrijk uitgedachte vruchtopvolging, waarin de opeenvolgende gewassen in hoge mate gunstig op elkaar aansluiten

**Bouwplan:** de verdeling van het grondgebruik over de verschillende gewassen

**Vruchtopvolging:** de opeenvolging van gewassen op een akker van jaar tot jaar

---



Figuur 3. Vruchtwisseling als basis voor kwaliteitsproductie

consistent en onveranderd is dan is het bouwplan ieder jaar gelijk (Tabel 5).

De basis van een gezonde en productieve biologische bedrijfsvoering moet gevonden worden in een zorgvuldig samengestelde vruchtwisseling die goed afgestemd is op een daarmee samenhangend bemestingsplan. De vruchtwisseling heeft twee hoofdfuncties: 1) het voorkomen en/of beheersbaar maken van ziekten, plagen en onkruiden en 2) het instandhouden en/of verbeteren van de bodemvruchtbaarheid. Een goede vruchtwisseling vervult beide functies optimaal en legt daarmee de basis voor gezonde en vitale gewassen. Om deze basis ook werkelijk om te zetten in kwaliteitsproductie is ondersteuning met optimale teeltsystemen en alle andere methodes noodzakelijk (Figuur 3). Onder kwaliteitsproductie wordt een optimale productie zowel wat betreft kwantiteit als kwaliteit, verstaan. Bij een optimale vruchtwisseling kan de inzet van externe inputs zoals 'biologische pesticiden, fossiele energie, machines, arbeid en meststoffen beperkt blijven.

De vruchtwisseling bestaat uit een aantal gewassen (spelers) die in een specifieke volgorde verbouwd worden. De toegevoegde waarde van het team neemt toe naarmate meer aandacht gegeven is aan een zorgvuldig ontwerp van de vruchtwisseling: het vinden van een optimale teamsamenstelling en -opstelling. Het team is meer dan de som van de spelers. Sommige spelers scoren pas goed als anderen hun optreden zorgvuldig voorbereid hebben. Doel van vruchtwisseling is om aan iedere speler de bij deze speler passende, optimale en homogene condities te bieden. Dit is de basis voor duurzame kwaliteitsproductie.

#### Richtlijnen voor een Goede Biologische Praktijk

Op basis van langjarige ervaring in de praktijk en de vele kennis die over vruchtwisselings-aspecten ontwikkeld is, wordt in het bedrijfssystemenonderzoek bij het ontwerpen en ontwikkelen van biologische bedrijfssystemen uitgegaan

van een zesjarige vruchtwisseling (o.a. Vereijken, 1990). Daarbij worden de volgende richtlijnen gevolgd:

- de minimale gewasfrequentie is 1:6 en de minimale gewasgroep<sup>1</sup> frequentie 1:3 ter beheersing van de bodemgezondheid, ter preventie van ziekten en plagen en vanwege de noodzakelijke spreiding in risico en bestrijdingsopties van onkruid,.
- bodemvruchtbaarheid verbeterende en -verslechterende gewassen (inclus de mogelijke groenbemesters) worden liefst afgewisseld. Ook door een logische opvolging van veel en weinig N behoeftige gewassen, biologische N binding door vlinderbloemige gewassen en N overdracht door groenbemesters levert de vruchtwisseling een bijdrage aan een vruchtbare bodem. De stikstofbehoefte gewassen staan op die plek in de vruchtwisseling waar de stikstof toe te dienen is in de vorm van mest, (stikstofbindende) groenbemesters en/of N-rijke gewasresten.

#### 2.4.2 Bemesting

##### Karakter bemesting

Kenmerk van een biologisch systeem is dus dat bemesting vooral plaats vindt via het toevoegen van organische stof aan de bodem (gewasresten, groenbemesters en organische meststoffen). Dit draagt natuurlijk bij aan een vruchtbare bodem en daarmee aan voldoende productie van goede kwaliteit. De voedingstoffen komen via vertering en mineralisatieprocessen uit deze organische stof vrij, zo ook uit de organische stof voorraad in de bodem. Bemesten is in de biologische landbouw eigenlijk meer het beheren van organische stoffstromen en het beïnvloeden van het vrijkomen van voedingstoffen door de aard en de hoeveelheid van het toegevoerde materiaal en het tijdstip van toepassen en onderwerken. Grondbewerking speelt hierbij een belangrijke rol. Bemesting dient in samenhang met de vruchtwisseling gepland te worden. Dit is noodzakelijk om aan alle huidige en toekomstige

<sup>1</sup> Gewasgroep: groep gewassen die fytopathologisch verwant zijn

milieueisen te kunnen voldoen en de gewassen van voldoende N te voorzien.

#### Doel van 'bemesting'

Met bemesting wordt het volgende nagestreefd:

- het handhaven c.q. bereiken van landbouwkundig gewenste en ecologisch aanvaardbare nutriëntenvoorraden in de bodem (streeftrajecten: Pw-getal 20-30 en K-getal 18-26 (klei), 10-18 (zand)), bij te hoge niveaus van bodemvruchtbaarheid dient de balans input/output kleiner te zijn dan 1 om terug te zakken tot het streeftraject;
  - de gewassen op het juiste tijdstip voorzien van de benodigde nutriënten;
  - het bijdragen aan de noodzakelijke compensatie van de afbraak van organische stof in de bodem.
- Daarbij moet de milieukwaliteit gewaarborgd worden door te zorgen voor minimale verliezen van nutriënten, met name die van N (grond- en oppervlaktewater).

#### Richtlijnen voor een Goede Biologische Praktijk

- Om de bodemvruchtbaarheid in het streeftraject te handhaven moet de aanvoer van P en K op bedrijfs- en perceelsniveau over de jaren heen gelijk zijn aan de afvoer door de gewassen plus de onvermijdbare verliezen. Deze verliezen worden begroot op circa 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 20-50 kg K<sub>2</sub>O per ha per jaar. Voor de meeste biologische bedrijven zou de aanvoer dan onder de 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha moeten blijven. Deze basisgift wordt aangevuld met een correctiegift als de bodemvoorraad lager is dan het streeftraject. Een te hoge aanvoer van K en met name P is milieutechnisch geen duurzame situatie. De risico's op toenemende K-verliezen en met name P-uitspoeling nemen immers sterk toe. Als voorlopig compromis tussen milieu- en agronomische belangen streven we in BIOM bij bodemvruchtbaarheidsniveau's hoger dan het streeftraject een stabilisering van deze situatie na. Dat is slechts mogelijk wanneer het overschot niet meer dan circa 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha bedraagt. Is het overschot hoger zal de bodemvruchtbaarheidstoestand (verder) toenemen. Op den duur leidt dit, in afhankelijkheid van grondsoort specifieke eigenschappen, tot een toenemend risico op P-verliezen. Dat is dus ongewenst. Ook de overheid limiteert de inzet van nutriënten. In MINAS is er een grens aan de inzet van fosfaat (85 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha bij forfaitaire afvoer van 65 kg en toegestaan overschot van 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha) en stikstof (overschot van 100 kg N per ha, op droge zandgronden 60 kg N per ha). Daar komt de EU-gebruiksnorm van maximaal 170 kg totaal N per ha in organische mest nog eens bij. Bovendien mag de mest enkel in bepaalde periodes en emissie-arm toegepast worden.
- Op gewasniveau dient het aanbod van werkzame N tegemoet te komen aan de behoefte van het gewas (niet alleen in absolute hoeveelheid, maar ook in de tijd en

ruimte). De aan te voeren hoeveelheid N met mest is beperkt (via P maar ook via N zelf). De voor de gewasgroei beschikbare N uit de mest wordt bepaald door de soort mest die gebruikt is, het toepassingstijdstip en de toepassingstechniek. Extra stikstof kan via vlinderbloemigen in het systeem gebracht worden. In de vruchtwisseling komt bovendien stikstof vrij uit de organische stof in de bodem en verse organische stofresten van voorvruchten en groenbemesters. Daar moet optimaal gebruik van gemaakt worden. De inzet van mest moet daar gewasgericht op afgestemd worden.

#### 2.4.3 Gewasbescherming

##### Richtlijnen voor een Goede Biologische Praktijk

Voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden dient aanvullend op de vruchtwisseling, de bemesting, de agro-ecologische lay-out en ecologische infrastructuur op teeltniveau alle zorg en aandacht aan preventie gegeven te worden (zie ook bijdrage Wijnands *et al.*, 2002; Booij *et al.*, 2002). Dat begint bij een goede teeltvoorbereiding (zaai-c.q. plantbed, gezond uitgangsmateriaal, rassenkeuze (resistentie en tolerantie)) en teeltinrichting (rijenafstanden, plantdichtheid) en wordt voortgezet met een zorgvuldige gewasverzorging (beregening, onkruidbestrijding, oogsttechniek). Een vlotte beginontwikkeling en een regelmatige groei zijn basisvoorwaarden voor een goede veldresistentie tegen ziekten en plagen en een goede concurrentiepositie ten opzichte van onkruid. Voor onkruidbestrijding is bovendien het stoppelbeheer en het tijdstip en de aard van de hoofdgrondbewerking van groot belang (zie ook bijdrage van der Weide *et al.*, 2002).

De mogelijkheden voor gewasbescherming in de meest strikte zin van het woord, het ondernemen van actie tegen ziekten en plagen, zijn in de biologische teelt beperkt. De teelt kan beschermd worden tegen optreden en verspreiding van sommige ziekten en plagen door insectennetten en dergelijke. Ingrijpen via biologische bestrijding is beperkt mogelijk (zoals steriele insecten techniek, het gebruik van biologische organismen). Het eventueel gebruik van biologische bestrijdingsmiddelen dient kritisch benaderd te worden: Zijn ze nodig en kunnen deze middelen aan alle milieu voorwaarden voldoen? (Sukkel, 1999).

Mechanische onkruidbestrijding biedt in vele gewassen goede mogelijkheden om het onkruid onder de knie te houden (zie ook bijdrage van der Weide *et al.*, 2002). Optimale onkruidbeheersing begint zoals gezegd bij het creëren van een goede uitgangssituatie. Waar nodig wordt de rijenafstand of plantdichtheid aangepast. Dat is van belang voor maximale efficiëntie bij de inzet van mechanisatie. Een goede, moderne set van machines afgestemd op de gewassen die geteeld worden (zo mogelijk multifunctioneel) is van vitaal belang. Deskundig en slagvaardig gebruik op het juiste moment, geeft dan vervolgens de beste kansen voor een optimaal resultaat. Afhankelijk van de gewassen en hun areaal blijft er dan vaak

nog een aanzienlijke portie handwerk over, op bedrijfsniveau variërend van circa 10-40 uur per ha bij 'makkelijke' gewassen tot meer dan 100 uur per ha bij 'moeilijke' gewassen. Vooral in deze laatste situatie is een goede arbeidsvoorziening en -organisatie van groot belang om niet onder het onkruid te lopen.

### 3. Resultaten en ervaringen uit het BIOM-project

#### 3.1 Vruchtwisseling

Uit de inventarisaties van 1998 (zie 2.3) blijkt dat slechts een beperkt deel van de betrokken ondernemers een scherp en duidelijk beeld heeft van hun vruchtwisselingsplan. Confrontatie van het door de ondernemers opgegeven plan met de realiteit van de jaren ervoor laat grote verschillen zien tussen plan en realiteit. Als we vruchtwisseling definiëren als een plan dat in de praktijk zorgvuldig en consequent uitgevoerd wordt dan hebben circa 60% van de betrokken telers geen vruchtwisseling. De belangrijkste conclusies uit de inventarisatie zijn dat:

- op de deelnemende bedrijven gemiddeld zo'n 10 gewassen geteeld worden, dat betekent dat, gegeven de min of meer 6 jarige vruchtwisseling, gemiddeld 1,6 gewas per vruchtwisselingblok voorkomt. Aannemende dat er altijd wel vruchtwisselingblokken zijn die helemaal gevuld worden door een gewas, betekent dat dat het aantal gewassen in een vruchtwisselingblok vaak boven de 2 zal liggen;
- het aandeel vlinderbloemigen als hoofdgewas in het bouwplan per regio varieert van 15 tot 25% met een landelijk gemiddelde van 20%;
- het bouwplan gemiddeld uit 50% maaibare gewassen bestaat, de rest is opgevuld met wortel- en bladgewassen,
- groenbemesters amper gebruikt worden, met name het gebruik van vlinderbloemige groenbemesters is beperkt tot circa 4% van de betaalde oppervlakte;
- gemiddeld op circa 8% van het oppervlak de richtlijn van minimaal 1: 3 voor gewasgroepen overschreden wordt;
- van de 20 naar oppervlakte meest belangrijke gewassen in het BIOM project, er 7 zijn die duidelijk de streefwaarde van 1:6 voor gewassen overschrijden. Dit zijn aardappel, koolsoorten, tarwe, pompoen, erwit/boon, sla en maïs;
- gemiddeld op zo'n 18% van het bedrijfsoppervlak de richtlijn van minimaal 1:6 voor gewassen wordt overschreden;

#### *Vruchtwisseling, ruimtelijke aspecten*

Het gemiddeld aantal percelen per vruchtwisselingblok is ongeveer 1,6, aannemende dat een zesjarig vruchtwisselingmodel gehanteerd wordt, dat maakt de planning er niet makkelijker op.

#### *Vruchtopvolging*

- uit een analyse van de vruchtopvolging van de bedrijven die langer dan 3 jaar biologisch zijn blijkt dat de vruchtopvolging vaak veranderd wordt. Gewassen hebben

over de jaren heen verschillende voorvruchten en vaak zelfs verschillende combinaties voorvruchten (meer dan twee en dan steeds wisselend in samenstelling);

- de homogeniteit (gelijkgeaardheid) van de gewassen die in een zelfde vruchtwisselingblok worden verbouwd is vaak onvoldoende, leidend tot een relatief slechte uitgangspositie voor deze gewassen (verschillende eisen kunnen niet door de voorvrucht bediend worden) en vaak ook voor het volggewas.

De meeste ondernemers volgen een 6 jarig vruchtwisselingmodel. Dat bestaat uit circa 50% maaigewassen, de rest betreft wortel- en bladgewassen. In principe zijn dus de ingrediënten voor een goede vruchtwisseling aanwezig. Echter, belangrijke gewassen worden te intensief verbouwd. Ook de benodigde diversificatie over gewasgroepen krijgt te weinig aandacht, alweer leidend tot een te intensief bouwplan. Te veel en te verschillende gewassen samen in een vruchtwisselingblok bij gemiddeld 1,6 perceel per vruchtwisselingblok maakt het er niet gemakkelijker op. Bovendien wordt veelvuldig van areaal en gewaskeuze gewisseld.

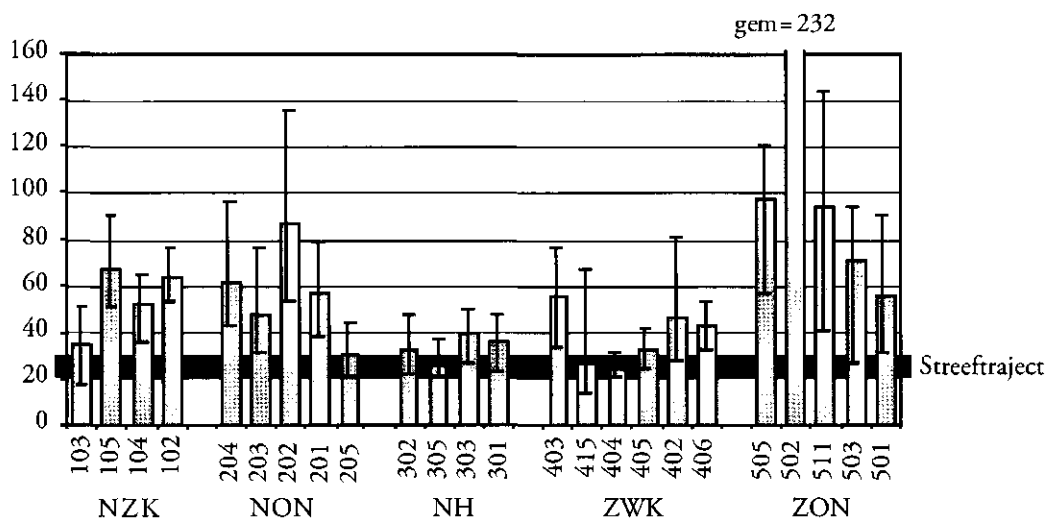
Gedurende de BIOM periode (einde in vergelijking met begin) zijn een aantal tendensen merkbaar: minder gewassen, grotere arealen per gewas, verbeterde vruchtwisseling, consequentere uitvoering. Dit wordt vaak ingegeven door de behoefte om tot een overzichtelijker en beter beheersbaar bouwplan te komen in verband met planning van werkzaamheden. De condities voor een optimale kwaliteitsproductie verbeteren dus langzaam maar zeker.

#### 3.2 Bemesting

##### 3.2.1 Referentie 1995-1998 en BIOM uitgangssituatie

Voor de situatie in de praktijk voor de start van het BIOM project kan gebruik gemaakt worden van een inventarisatie die de DLV uitgevoerd heeft over de periode 1995-1997 bij 70-90 akkerbouw en vollegrondsgroentebedrijven (Water, 1999 en ongepubliceerde DLV gegevens). Daaruit blijkt dat:

- in MINAS P termen voldeden 70% respectievelijk 50% van de bedrijven in de akkerbouw respectievelijk de vollegrondsgroenteteelt aan de 2003 normen. De aanvoer moet dan onder 85 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha blijven, op basis van een forfaitaire afvoer van 65 kg en een toegestaan overschot van 20 kg;
- in MINAS N termen (forfaitaire afvoer van 165 kg N per ha), overschrijden maar 12% van de tuinbouwbedrijven de 100 kg N per ha 2003 overschot norm (aanvoer met mest minus forfaitaire afvoer, voor alle grondsoorten met uitzondering van de droge zandgronden). De akkerbouwbedrijven hebben geen MINAS N probleem;
- circa 25% van alle bedrijven meer N aanvoert dan de EU N-richtlijn (EU-gebruiksnorm van 170 kg N totaal in dierlijke mest), voor de tuinbouwbedrijven ligt dat zelfs



Figuur 4. Bedrijfsmiddelde Pw per BIOM innovatiebedrijf (herfst 1998) met de bijbehorende spreiding tussen maximum en minimum. In de figuur is het streeftraject aangegeven

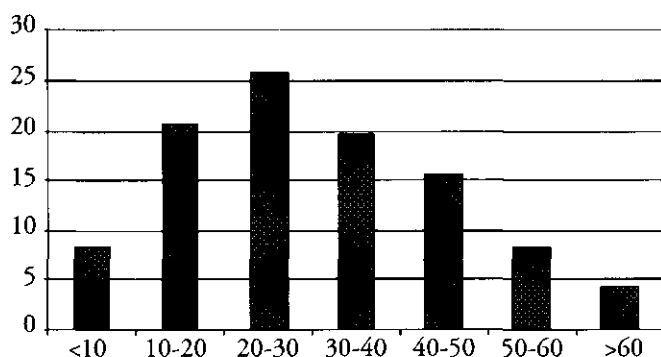
boven de 40%. Het zijn met name de kleinere bedrijven in de tuinbouw op zand die teveel aanvoeren;

- slechts 40% van alle bedrijven kon voldoen aan de milieutechnische duurzaamheidseis van slechts 20 kg  $P_2O_5$  overschot als met de werkelijke afvoercijfers gerekend wordt.

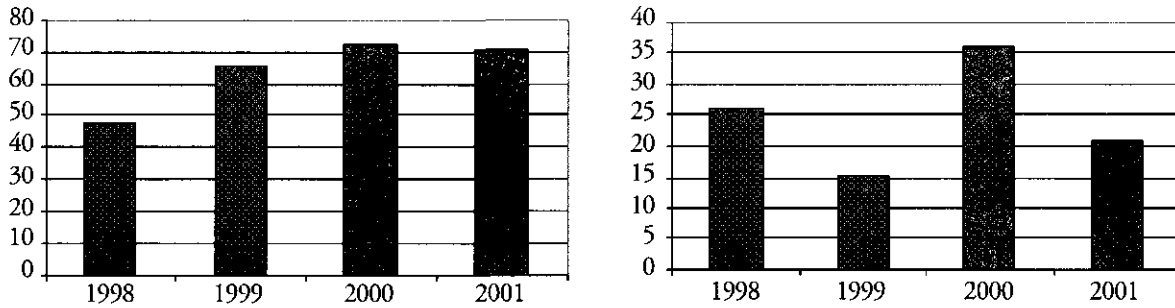
De BIOM bedrijven zijn voor twee derde kleibedrijven en voor één derde zandbedrijven. Zoals vele biologische bedrijven hebben ook de BIOM ondernemers veelal uitgesproken ideeën over de wijze waarop de bodemvruchtbaarheid in stand gehouden moet worden. Ondernemers met een biologisch-dynamische achtergrond en veelal op klei gevestigd zetten met name in op het gebruik van vaste mest. Op zandgronden komt van oorsprong al meer drijfmest gebruik voor, zo ook op biologische bedrijven. Vijftig procent van de bedrijven gebruikte drijfmest bij het begin van het BIOM traject. Zowel op de bedrijven uit de DLV inventarisatie als bij de BIOM bedrijven in 1998 werd vrijwel geen gebruik gemaakt van vlinderbloemige groenbemesters. Op de kleibedrijven, die van oudsher een extensievere rotatie hebben, met enkele hoogsalderende gewassen zoals peen,

uien en aardappel als basis, komt nogal eens een rustperiode van één à twee jaar voor met gras/klaver of luzerne. Met name in Noord Holland is luzerne, door de aanwezigheid van een actieve grasdrogerij, vrijwel in ieder bouwplan vertegenwoordigd.

Van de BIOM innovatiebedrijven is er geen enkel bedrijf en slechts een enkel perceel dat een Pw toestand beneden het streeftraject heeft (Figuur 4). Over het algemeen kennen de BIOM-bedrijven een vrij hoge bodemvruchtbaarheid. Vanuit die situatie is er geen rechtvaardiging voor het meer aanvoeren dan voor handhaving van die toestand nodig is (afvoer + 20 kg  $P_2O_5$  per ha onvermijdbaar verlies). De Pw's zijn duidelijk het hoogste in het Zuidoosten. De gangbare (mestafzet) voorgeschiedenis is hier duidelijk zichtbaar. De kali toestand is voor een aantal bedrijven onder het streeftraject. Wat extra aandacht is hier op zijn plaats. Dat geldt voor zowel bedrijven op zand- als op kleigrond. Het organisch stof gehalte varieert sterk in afhankelijkheid van de grondslag.



Figuur 5. Gemiddelde  $P_2O_5$  afvoer in kg per ha (werkelijke afvoer en normgehalten) van de BIOM innovatiebedrijven als % bedrijven per afvoerklasse



Figuur 6. Percentage BIOM innovatiebedrijven dat gebruik maakt van drijfmest (links) of bloedmeel (rechts)

### 3.2.2 Bemestingsstrategie

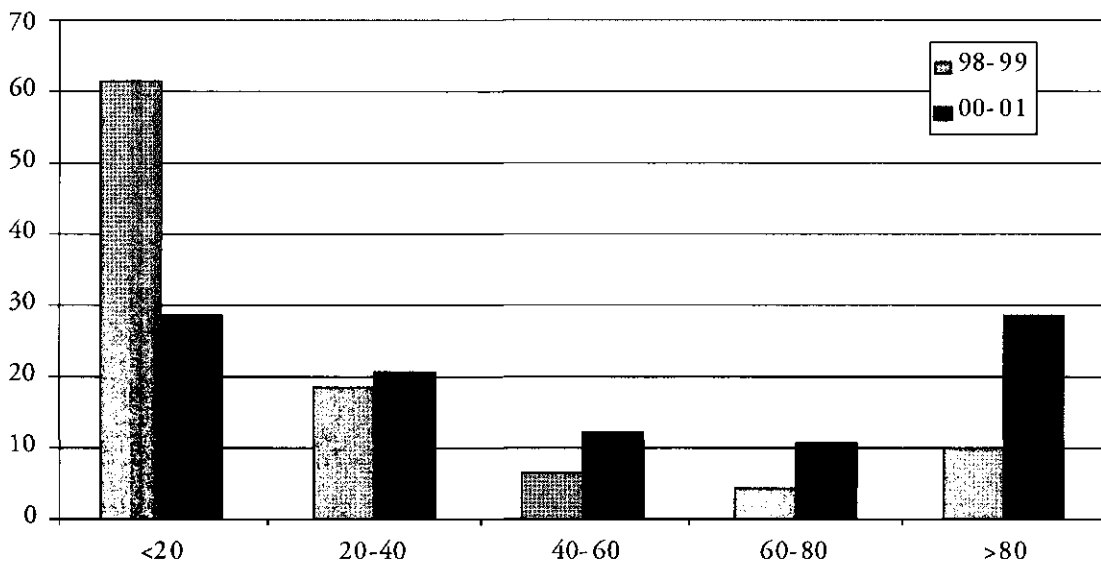
In het eerste jaar 1998 van het BIOM-project is vanwege de late start nog weinig gedaan aan gezamenlijke planvorming voor de bemesting. Voor het teeltseizoen 1999 konden wel bemestingsplannen opgesteld worden. De uitvoering werd echter gehinderd door de natte herfst van 1998. Deels werd dit gecompenseerd door meer mest uit te rijden in voorjaar 1999. Vanaf 2000 staat de bemesting meer model voor de door de ondernemers gekozen aanpak.

Kenmerkend voor biologische bedrijven is de geringe afvoer van  $P_2O_5$ . Door de extensievere bouwplannen, het groter aandeel verse vollegrondsgroente en de lagere opbrengsten is de afvoer van  $P_2O_5$  op de deelnemende biologische bedrijven duidelijk lager dan op gangbare bedrijven. Zo is op 65% van de bedrijven de jaarlijkse afvoer kleiner dan 40 kg  $P_2O_5$  per ha (Figuur 5). Zoals in paragraaf 2.4.2 besproken is, is de aanvoer van mest beperkt door de overheidsnormen. Wanneer lange termijn duurzaamheid als norm genomen wordt is de aanvoer nog verder beperkt tot compensatie van de afvoer met een opslag voor onvermijdbaar verlies. Bij een lage afvoer is de aanvoer dan zeer beperkt. De beschikbaarheid van N uit mest wordt dan bepaald door de soort mest en het toepassingsstijdstip.

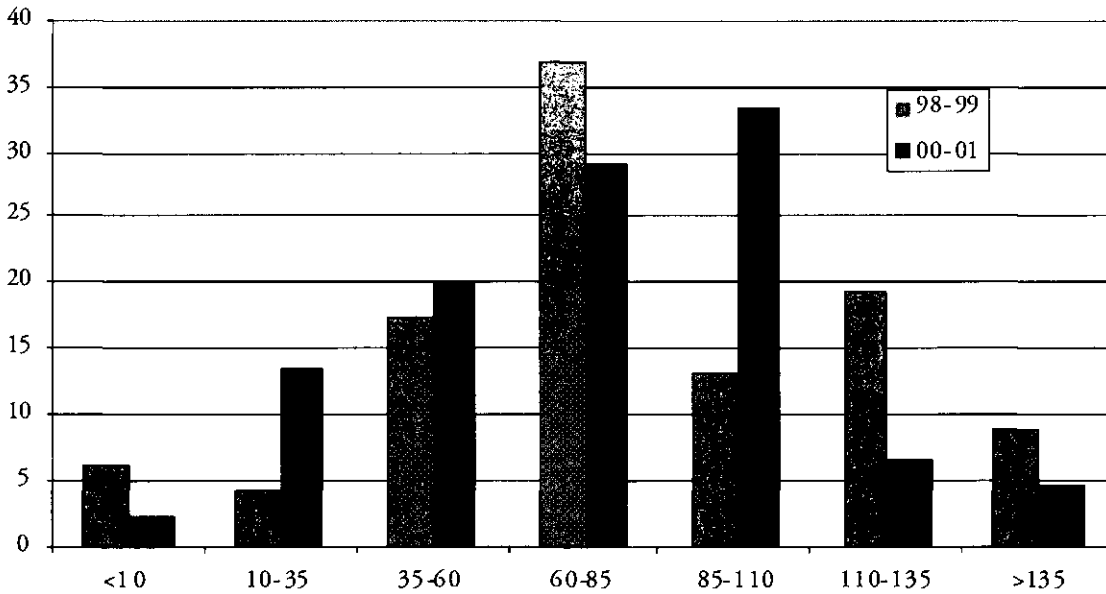
Voorjaarstoepassing heeft meer rendement dan najaarstoepassing, drijfmest heeft een hogere directe N-livering dan vaste mest. Er kan meer N in het bedrijf ter beschikking komen van de gewasgroei door een verschuiving te realiseren van vaste mest naar drijfmest, van herfst naar voorjaarstoepassingen en door meer vlinderbloemigen in te brengen en daar zorgvuldig mee om te gaan in vruchtwisselingsverband. Deze lijnen worden gevolgd in BIOM in de advisering.

Tijdens de BIOM periode nam het drijfmestgebruik op de bedrijven inderdaad toe. Op de kleibedrijven gebruikte circa een derde drijfmest, dat nam toe naar twee-derde in 2001. Daarmee steeg het totaal bedrijven dat drijfmest gebruikt tot 70% (Figuur 6). Drijfmest wordt ingezet als een goed werkende N-bron in het voorjaar ten behoeve van gewassen met een hoge N-behoefte.

De aanvoer uit andere bronnen dan de traditioneel dierlijke mest in oorspronkelijke vorm, is klein. Uit slachtafval gemaakt bloedmeel en dergelijke wordt op circa 20% van de bedrijven gebruikt (Figuur 6). De inzet is gemiddeld op bedrijfsniveau minder dan 15 kg per ha. Op enkele bedrijven is de inzet hoger en loopt deze op tot circa 35-40



Figuur 7. N-binding (berekend) in kg N per ha gemiddeld per bedrijf voor de BIOM innovatiebedrijven als % bedrijven per bindingsklasse



Figuur 8. Gemiddelde P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aanvoer in kg per ha per bedrijf voor de BIOM innovatiebedrijven als % bedrijven per aanvoerklasse

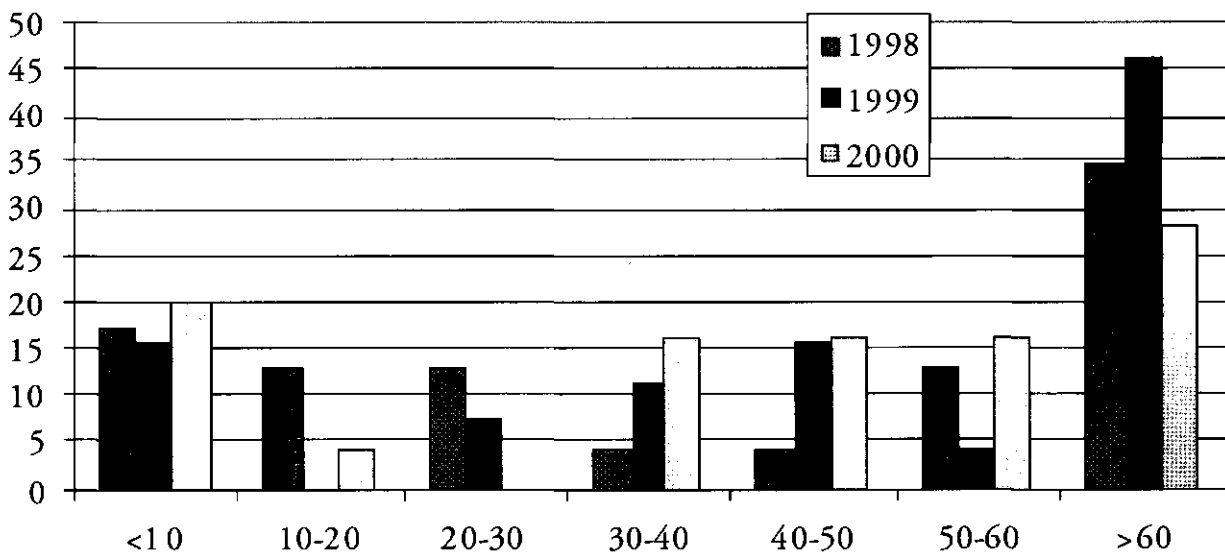
kg N per ha. Het gebruik van bloedmeel neemt af onder invloed van het inzicht dat gangbaar bio-industrie afval van dierlijke herkomst niet past bij een biologische bedrijfsvoering. Er wordt meer en meer ingezet op andere bijstroom-producten, waarvan de omvang en snelheid van N-levering niet altijd even duidelijk is.

Het gebruik van vlinderbloemigen nam ook toe in het BIOM traject, met name na granen (ondergezaaid) of door de opname van gras-klover in het bouwplan.. De waarde van de N-binding wordt ingerekend op basis van een forfaitair bedrag per eenheid productie (40 kg N per ton drogestof). N-binding leverde in 1998-1999 op bedrijfsniveau op circa 80% van de bedrijven minder dan 40 kg N

per ha op (Figuur 7). In 2000-2001 daalde dat percentage tot 50. Op de helft van de bedrijven draagt de N-binding inmiddels substantieel bij (> 40 kg per ha) aan de N-aanvoer, met name op de kleibedrijven. Bij 30% van de bedrijven bedraagt de N-binding op bedrijfsniveau zelfs meer dan 80 kg per ha.

#### P aanvoer, afvoer en balans

In de loop van het BIOM-project is de inzet van P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> op de bedrijven naar elkaar toegegroeid. Circa 30% van alle bedrijven voerde in 1998-1999 meer dan 110 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha aan (Figuur 8). Dat daalde in 2000-2001 tot een kleine 10%. Zo'n 62% van de bedrijven voerde in 2000-2001



Figuur 9. Gemiddeld P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> overschot in kg per ha per bedrijf voor de BIOM innovatiebedrijven als % bedrijven per overschotklasse



tussen de 60 en 110 kg  $P_2O_5$  aan tegen 50% in de periode 1998-1999. De P inzet is vrijwel volledig afkomstig uit dierlijke organische mest. De spreiding in giften is groter op klei dan op zand. De gemiddelde inzet per bedrijf over de jaren is licht gedaald.

Maar 55% van de BIOM bedrijven kon voldoen aan de MINAS-P normen van 2003 op basis van de forfaitaire afvoercijfers (65 kg forfaitaire afvoer en toegestaan verlies van 20 kg brengt toegestane aanvoer op 85 kg per ha, zie figuur 9). Voor 20% van de bedrijven ligt de aanvoer tussen 85 en 95 kg  $P_2O_5$  per ha, dus maar net boven de 85 kg grens. Zo'n 40% van de bedrijven heeft vanuit MINAS oogpunt nog vrij veel ruimte voor een hogere P gift. Vanuit duurzaamheidsoogpunt is de ruimte echter vaak al gebruikt of overschreden. De vrij ruime aanvoer en de lage, werkelijke afvoer leidt immers tot hoge P overschotten op de volledige balans (Figuur 9). Hoger dan uit het oogpunt van duurzaamheid gewenst is. Driekwart van de bedrijven heeft een hoger overschot dan 20 kg per ha: het onvermijdbaar geachte verlies. Dat ligt hoger dan in de DLV inventarisatie (paragraaf 3.2.1). Vijfenvertig % van de bedrijven heeft zelfs een overschot van meer dan 50 kg per ha.

#### **K-overschot**

Het K-overschot op de volledige mineralenbalans is bij twee derde van de bedrijven hoger dan 50 kg  $K_2O$  per ha. Tot 50 kg wordt het verlies als onvermijdbaar beschouwd. Dat wil zeggen dat voor handhaving van de K toestand van de grond, afhankelijk van de grondsoort, tot maximaal 50 kg  $K_2O$  meer gegeven moet worden dan afgevoerd wordt. Bij 40% van de bedrijven zijn de kali overschotten zelfs hoger dan 150 kg per ha. Dat hangt vaak samen met de ruime K/P verhouding in de vaste mestsoorten.

#### **N-aanvoer, afvoer en balans**

De N-aanvoer varieert sterk, afhankelijk van de mestsoort en de toegediende hoeveelheid. De relatie met de P inzet is zwak vanwege de grote spreiding over en binnen mestsoorten in N/P ratio. Het aantal bedrijven waar de N-aanvoer de EU normen overschrijdt, is duidelijk gedaald tijdens de BIOM periode. In 1998-1999 voerde circa 45% van de bedrijven meer dan 170 kg N per ha (EU norm 2002) aan in de vorm van dierlijke mest (Figuur 10). In 2000-2001 daalde dit naar 20%. Vooral bij bedrijven die exclusief of hoofdzakelijk kiezen voor vaste mest gebruik is de aanvoer van N zeer beperkt. Dit komt het meeste voor op kleigronden.

In MINAS termen (forfaitair N-afvoer van 165 kg per ha met overschot van 100 kg voor klei en 65 kg voor droog zand komt overeen met een aanvoer van resp. 265 voor klei en 225 voor droog zand) is er echter geen probleem. Op minder dan 10% van alle bedrijven overschreed in 2000-2001 het overschot de grondsoort-specifieke normen.

De totale N-aanvoer, inclusief de regio-specifieke N-depositie en de N-binding, ligt op de BIOM bedrijven tussen 100 en 250 kg N per ha (Figuur 11). Ca 60% van de bedrijven voert tussen de 150 en 250 kg per ha aan. Twintig procent voert minder dan 150 kg N per ha aan en iets meer dan 10% voert meer dan 300 kg aan.

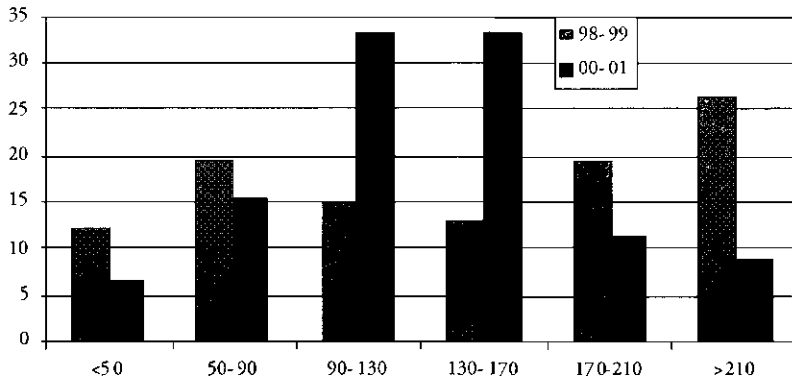
Bij het inrekenen van de werkelijke N-afvoer op basis van gemeten productie en standaard gehalten leidt dit tot een N-overschot dat nogal varieert. Bijna de helft van de bedrijven heeft een overschot dat hoger is dan 150 kg per ha (Figuur 12). Twee derde van deze bedrijven zijn zandbedrijven, samenhangend met de andere meststoffenkeuze.

#### **3.2.3 Werkzame N**

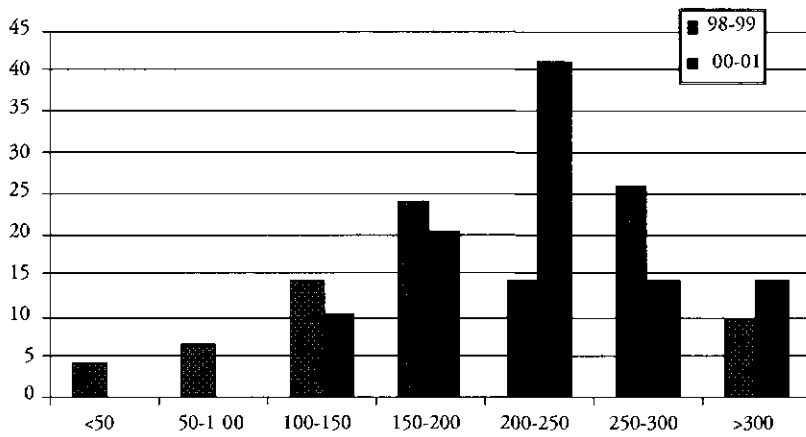
Met behulp van het toedieningstijdstip en de soort mest is via de werkingscoëfficiënt te berekenen hoeveel N werkzaam is (beschikbaar voor opname door het gewas). De op bedrijfsniveau gemiddelde hoeveelheid werkzame N varieert van bijna niets tot circa 150 kg N per ha (Figuur 13). Het hoogste niveau van werkzame N (gemiddeld per ha) wordt bereikt door de bedrijven die drijfmest gebruiken. Dat hangt samen met het feit dat het veelal voorjaarstoepassing betreft met een hoge werkingscoëfficiënt.

Daar kan dan via vuistregels de gemiddelde hoeveelheid werkzame N uit voorvruchten en groenbemesters aan toegevoegd worden. Daarbij wordt ook rekening gehouden met de langjarige nalevering van een of meerjarige gras/klaver en luzerne bestanden. De totale hoeveelheid werkzame N uit voorvruchten en gewasresten loopt uiteen van bijna niets tot meer dan 40 kg N per ha gemiddeld op bedrijfsniveau. De totale hoeveelheid werkzame N ligt bij 50% van de bedrijven tussen 75 en 125 kg werkzame N per ha (Figuur 14). Enkele bedrijven steken daar nog bovenuit. Het aantal bedrijven met minder dan 50 kg werkzame N is sterk afgenomen. Over de hele linie is de N beschikbaarheid verbeterd. Dat is ook nodig gezien de behoeftes van de gewassen.

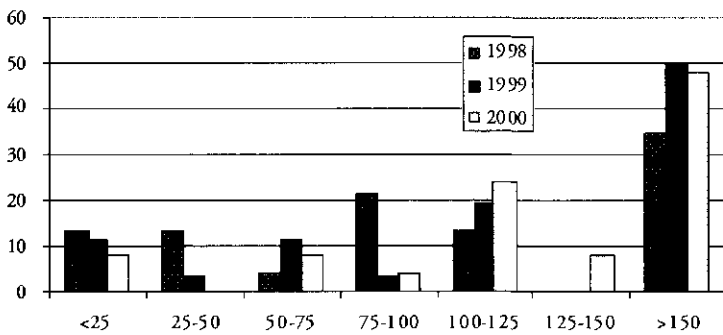
De gemiddelde N-behoefte per ha kan voor een bedrijf berekend worden op grond van het bouwplan en een inschatting van de N bemestingsbehoefte voor biologisch geteelde gewassen. Daarbij zijn voor enkele gewassen de getallen drastisch aangepast, zo wordt voor gras/klaver en luzerne slechts een behoefte aangehouden van 40 kg per ha en is de behoefte bij aardappel verder afgetopt doordat de opbrengstverwachting door phytophthora beperkt is. Bijna 80% van de bedrijven kent een gemiddelde N-behoefte van 75-125 kg per ha (Figuur 15), 8% meer en 12% minder. Door het aanbod aan werkzame N te vergelijken met de behoefte wordt duidelijk of een bedrijf op bedrijfsniveau een tekort of overschot aan werkzame N heeft. Bijna de helft van de bedrijven heeft op papier een tekort aan N



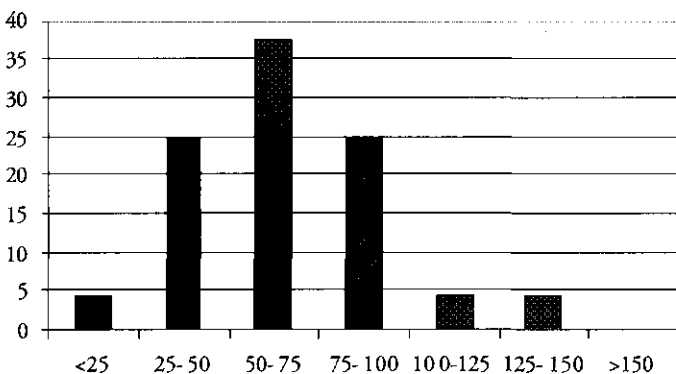
Figuur 10. Gemiddelde N-aanvoer in kg per ha in de vorm van dierlijke organische mest voor de BIOM innovatiebedrijven als % bedrijven per aanvoerklasse



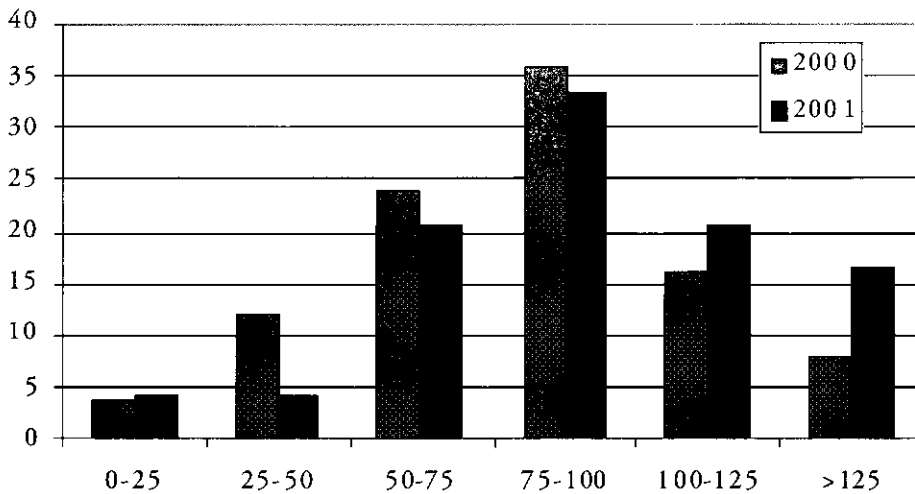
Figuur 11. Gemiddelde totale N-aanvoer (berekende binding, depositie en aanvoer met meststoffen) in kg per ha voor de BIOM innovatiebedrijven als % bedrijven per aanvoerklasse



Figuur 12. Gemiddeld N-overschot (totale aanvoer minus werkelijke afvoer) in kg per ha voor de BIOM innovatiebedrijven als % bedrijven per overschotklasse



Figuur 13. Gemiddelde hoeveelheid werkzame N uit dierlijke mest in kg per ha voor de BIOM innovatiebedrijven in 2001 als % bedrijven per aanvoerklasse



Figuur 14. Gemiddelde berekende totale hoeveelheid werkzame N uit gewasresten en meststoffen in kg per ha voor de BIOM innovatiebedrijven in 2000 en 2001 als % bedrijven per aanvoerklasse

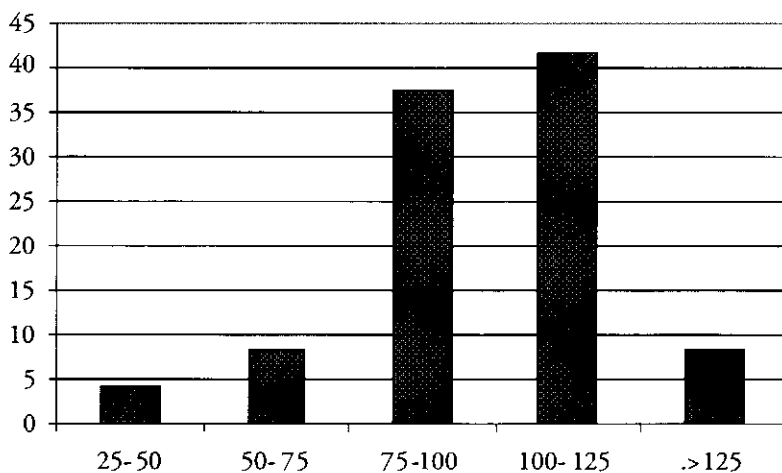
(Figuur 16). Op 16% van de bedrijven is deze groter dan gemiddeld 20 kg per ha. Door een hoge mineralisatie op goed naleverende gronden kan het werkelijke tekort vaak veel lager uitvallen of zelfs in een overschot omslaan. Daarom moet deze analyse altijd per bedrijf getoetst worden aan de ervaringskennis en specifieke omstandigheden. Op het grootste deel van de bedrijven is er op bedrijfsniveau geen tekort of een heel klein tekort (tot 20 kg per ha). Hoe is dit echter op gewasniveau?

Op gewasniveau blijkt de beschikbaarheid van N niet goed afgestemd op de behoefte (onder- en overbemesting). Dan lopen de tekorten vaak hoog op en worden gewassen ook nogal eens overbemest. Het zal duidelijk zijn dat beide situaties met het oog op gewasgezondheid en kwaliteitsproductie en milieu onwenselijk zijn. Dus op bedrijfsniveau kan het nog aardig lijken te kloppen, op gewasniveau vertonen de meeste bedrijven grote onevenwichtigheden in de afstemming van aanbod en vraag. Wanneer een gewas over de deelnemers heen vergeleken wordt blijken er grote verschillen in N-bemesting. Het aanbod aan werkzame N

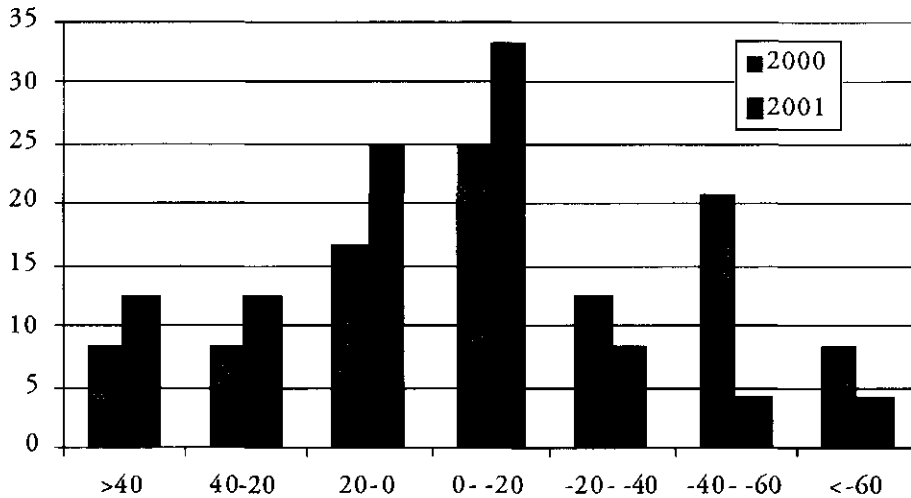
varieert vaak met een factor 3 tot 4. Dat is typerend voor biologische landbouw. Gewassen worden dus in zeer uiteenlopende condities geteeld. De gewasprestaties lopen ook zo sterk uiteen. Deels hangt dat samen met de grote verschillen in N voorziening.

### 3.2.4 N-verliezen

Figuur 17 geeft een beeld van de hoogte van de minerale restvoorraad N aan het begin van het uitspoelingsseizoen op de kleibedrijven. Per bedrijf zijn de bemonsterde percelen in opklimmende volgorde van de aangetroffen hoeveelheid weergegeven. Er zijn een beperkt aantal waarnemingen die een grenswaarde van 70 kg per ha (0-100 cm) overschrijden. Deze grenswaarde wordt geacht te corresponderen met de EU drinkwaternorm van 50 mg nitraat per liter. Uit de beschikbare drainwateranalyses van deze bedrijven (Figuur 4b) blijkt dat de nitraat concentratie in het uitstromend water slechts sporadisch boven de 50 mg per liter komt (seizoen 1999-2000). Nadere analyses moeten nog plaatsvinden.



Figuur 15. Gemiddelde berekende N-behoefte in kg per ha voor de BIOM innovatiebedrijven in 2001 als % bedrijven per behoefteklasse



Figuur 16. Gemiddeld berekend N-tekort in kg per ha voor de BIOM innovatiebedrijven in 2000 en 2001 als % bedrijven per behoefteklasse (N-tekort als voor gewasgroei beschikbare en benodigde N, positief overschot is teveel aan N, negatief een tekort)

Voor de bedrijven op zandgrond is ook de restvoorraad  $N_{min}$  bepaald (Figuur 18). Op zandgronden wordt als grenswaarde 45 kg N per ha (0-100 cm) gehanteerd. Deze wordt vaker overschreden dan de norm op kleigrond. Dat reflecteert de hogere moeilijkheidsgraad om tot beheersing van de uitspoeling te komen zoals deze ook uit de gangbare landbouw bekend is.

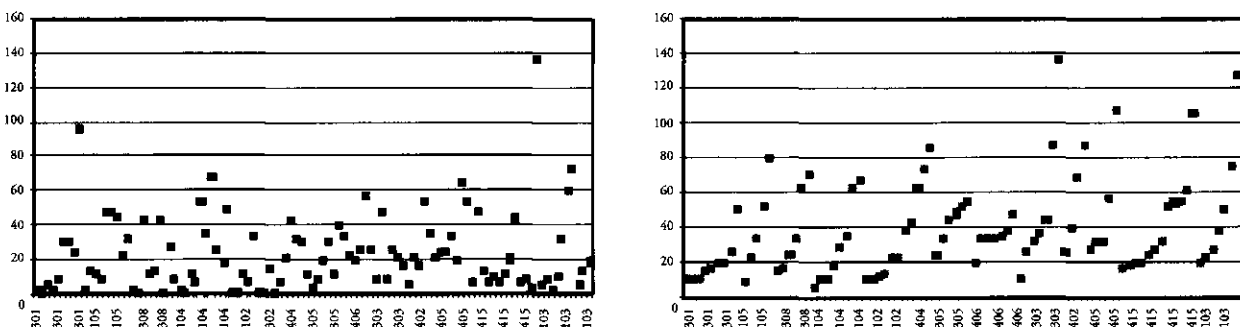
### 3.3 Gewasbescherming

#### 3.3.1 Ziekten en plagen

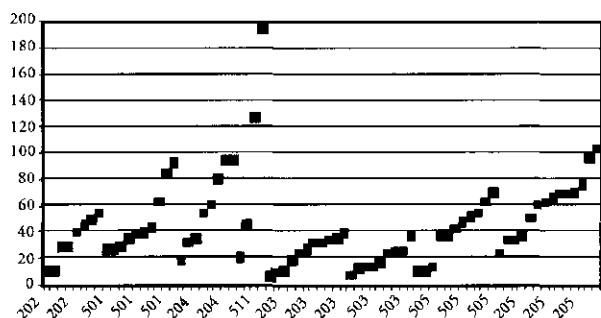
Ziekten en plagen kunnen langs twee assen ingedeeld worden. De eerste as loopt van weinig mobiel, vaak grondgebonden tot zeer mobiel. De tweede as loopt van zeer specifiek voor bepaalde gewassen tot weinig specifiek, de polyfagen (zie voor meer details van deze indeling bijdrage Wijnands *et al.*, 2002). Zeer mobiele ziekten en plagen zorgen voor de meeste problemen op de biologische bedrijven. Bij schimmels hebben de gewasspecifieke, zeer mobiele ziekten (zoals Phytophthora) de overhand. In de gewassen(types) kool (veel rupsen, bladluis, koolvlieg), sla (bladluis en valse meeldauw), prei (trips en roest) en aardappel treden het vaakst problemen op met ziekten en

plagen. Bij de wat minder vaak voorkomende gewassen zijn het vooral aardbei, asperge en selderij die de meeste problemen lijken te geven. Ook vogel- en wildschade komt veel voor. In toenemende mate zijn er problemen met naaktslakken in vele geplante groentegewassen, met name in de navrucht van grasland en/of gras/klaver en groenbemesters. Aaltjes zijn tot nu toe een probleem dat beperkt is tot de zandgronden en de polyfage soorten. Een aantal polyfage soorten vermeerderen sterk op vlinderbloemigen. Hier doet zich dus een dilemma voor omdat de N-bindende vlinderbloemigen tezelfdertijd hard nodig zijn om voldoende N in het systeem te brengen. Gericht onderzoek naar meer resistente soorten vindt al enkele jaren plaats zonder dat er een oplossing in zicht is (zie bijdrage Molendijk, 2002)

De meeste preventieve maatregelen die bedrijven treffen zijn gericht op de categorie zeer mobiel. Rassenkeuze is daarbij meest gebruikte preventieve maatregel. Uit een nadere analyse van de rassenkeuze op de biologische bedrijven bij het begin van het BIOM project blijkt dat telers lang niet altijd de meest geschikte rassen inzetten (wat betreft ziekten en plagen tolerantie en resistentie). De reden is tweeledig. Enerzijds wordt onvoldoende gebruik gemaakt



Figuur 17. Links (a) de N-mineraal (0-100 cm) op geselecteerde percelen per bedrijf (kleibedrijven) aan het begin van het uitspoelingsseizoen 1999, rechts (b) de gemiddelde waarde van de drainwaterconcentratie aan nitraat (ppm) over de winterperiode van 1999-2000



Figuur 18. De N-mineraal (0-100 cm) op geselecteerde percelen per bedrijf (zandbedrijven) aan het begin van het uitspoelingsseizoen 1999

van gangbare rassenkennis, anderzijds is de keus vaak beperkt doordat het kleine omzetvolume bij de plantenkwekers tot weinig differentiatie leidt in rassenaanbod. Inmiddels is de rassenkeuze aan het verbeteren. Helaas laat de kwaliteit van het uitgangsmateriaal vaak te wensen over.

Preventie tijdens de teelt bestaat vooral uit het manipuleren van het zaai/planttijdstip en het oogsttijdstip, en het afdekken van het gewas. Zaaizaad- of plantgoedbehandeling komt vrijwel niet voor. Er zijn ook weinig tot geen effectieve maatregelen bekend die toepasbaar zijn in de biologische teelt. Biologische bestrijding wordt slechts beperkt ingezet. Biologisch zou het gebruik van Spruzit (pyrethrum en piperonylbutoxide) tegen luizen en Bactospene (*Bacillus thuringiensis*) tegen rupsen genoemd kunnen worden. Het gebruik van deze 'biologische pesticiden' kwam in 2000 op bijna 60% van de bedrijven voor in 48 verschillende teeltwijzes (gewas seizoen combinatie). In 2001 daalde het gebruik tot 20% van de bedrijven (Figuur 19).

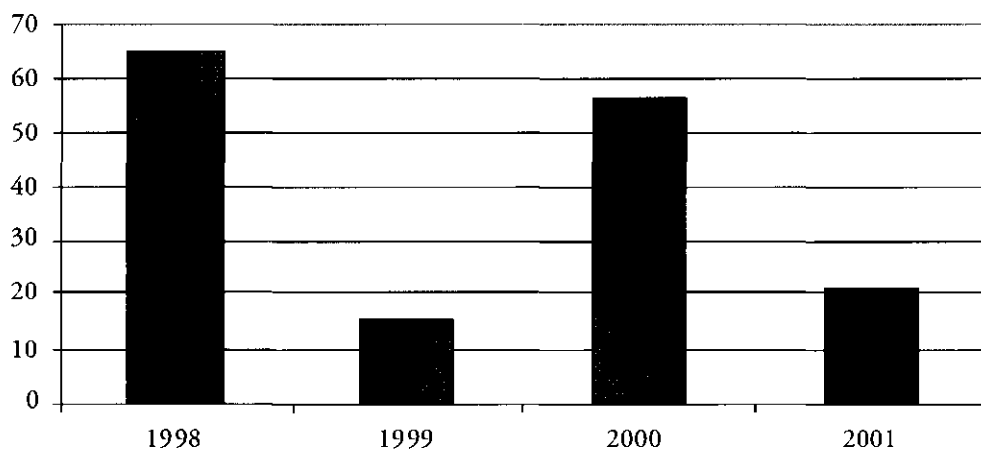
Een ander voorkomende vorm van meer 'klassiek' biologische bestrijding is het gebruik van de steriele mannetjes techniek tegen uienvlieg. Biologisch zijn natuurlijk ook de 'spontaan' optredende natuurlijke vijanden van insecten (roofinsecten, vogels) en het door de mens wegvangen van coloradokever of emelten. Chemische bestrijding komt voor als wildafweer. Verder wordt

bitterzout ingezet tegen *Alternaria* in peen. Andere bestrijding/ontsnappings mogelijkheden zijn het vroegtijdig doden van het gewas, het verwijderen van zieke planten en/of verjagen van belagers (veelal vogels).

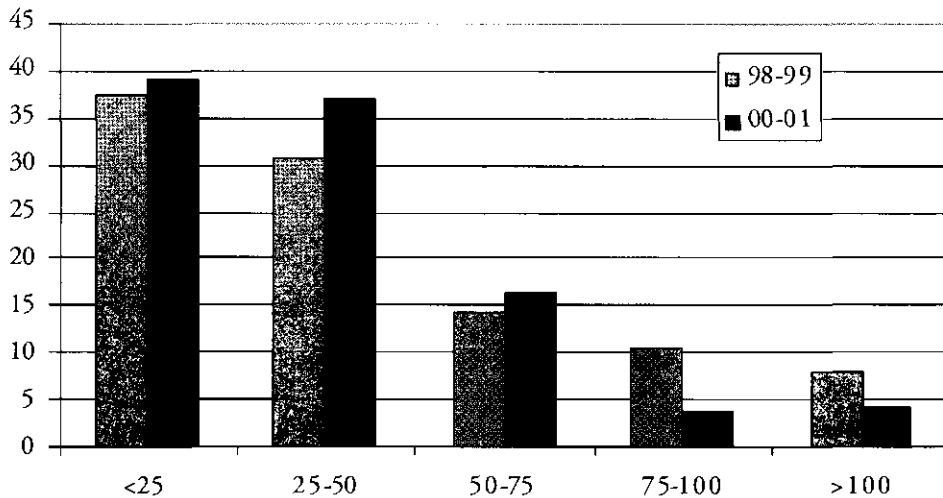
### 3.3.2 Onkruiden

De meest voorkomende eenjarige onkruiden zijn volgens de BIOM ondernemers vogelmuur, melde/ganzevoet en perzikkruid/viltige duizendknoop (op meer dan 30% van de bedrijven), gevolgd door kamille, straatgras en zwarte nachtschade (zie ook bijdrage van der Weide *et al.*, 2002). Dit betreft zowel het hele jaar door kiemende onkruiden als voorjaarskiemers met langere kiemingsperiode. Op zandgrond worden meer éénjarigen genoemd dan op kleigrond, de soortensamenstelling verschilt niet veel. De specifieke probleemkruiden, zoals die uit de gangbare teelt bekend zijn, spelen een minder belangrijke rol doordat de hoge selectiedruk die een eenzijdig bouwplan of herbicidegebruik kan uitoefenen, niet voorkomt. De belangrijkste meerjarigen zijn kweek (met name op zandgrond), akkermelkdistel en akkerdistel (met name op kleigrond).

Bij aanvang van het BIOM-project bleek uit de inventarisatie dat de beschikbare mechanisatie vaak verouderd, ontoereikend of zelfs deels niet aanwezig was. Gedurende het BIOM-project is een inhaalslag doorgevoerd



Figuur 19. De inzet van biologische pesticiden (Bactospene en Spruzit) als % van de BIOM innovatiebedrijven die deze middelen inzet



Figuur 20. Gemiddeld aantal uren handwerk per ha per bedrijf voor onkruidbestrijding van de BIOM innovatiebedrijven als % van de bedrijven per uurklasse

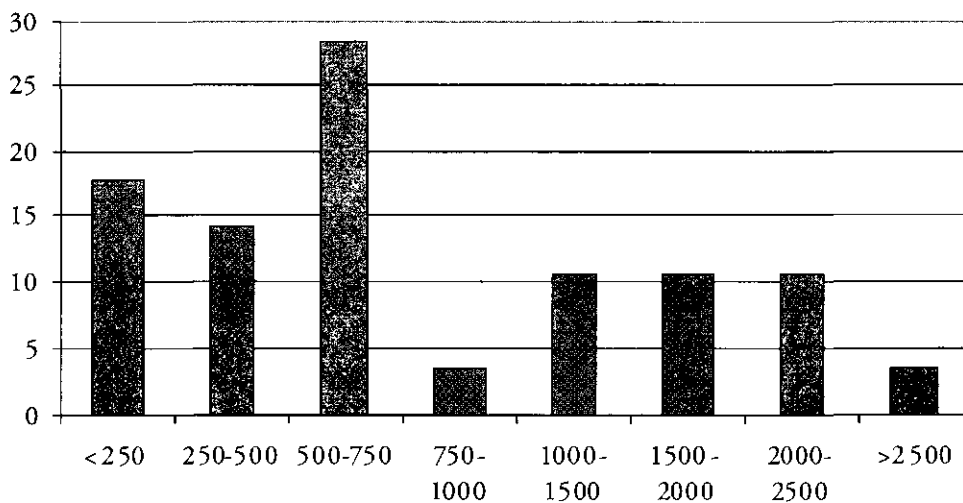
door aanschaf van modernere eggen, schoffeltuig, vingerwieders, wiedebed e.d. Daardoor verbeterde de onkruidbeheersing. Aanvullend handwerk is nodig in gewassen waar de toepasbare technieken niet toereikend zijn of de uitvoering te wensen overliet. Het meeste handwerk is nodig in de lang open blijvende gewassen zoals ui, peen en pastinaak, die in een jeugd stadium nogal kwetsbaar zijn voor mechanische verstoring. Er worden relatief weinig uren ingezet in granen en peulvruchten.

Gemiddeld per ha loopt de benodigde arbeid uiteen van vrijwel 0 tot 150 uur per ha. Op twee derde van de bedrijven blijft het aantal uren onder de 50 per ha (Figuur 20). Op bedrijfsniveau zijn de verschillen in het benodigd aantal uren groot. Dan worden de verschillen in inzet per ha eventueel nog uitvergroot door het aantal ha. Op 60% van de bedrijven blijft de totale behoefte onder de 750 uur. Het loopt bij een aantal bedrijven echter ook op tot boven de 2000 uur. De omvang van de benodigde organisatie laat

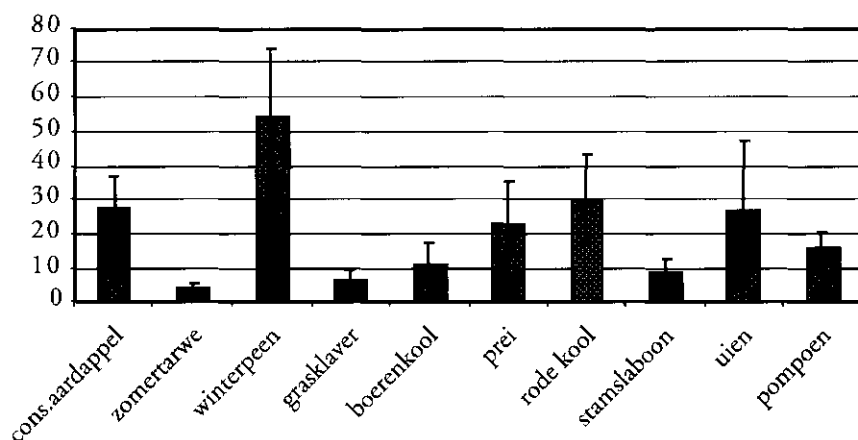
zich raden (Figuur 21). Betekent een hoge inzet van uren ook dat het onkruid ook zodanig onder controle is dat er geen verdere vermeerdering via zaadzetting plaatsvindt? Dat is in BIOM niet kwantitatief onderzocht. Wel zijn de kwalitatieve waarnemingen ter beschikking plus de mening van de ondernemer of de bestrijding geslaagd was. Een ruwe inschatting leert dat in circa 30% van de gevallen ondanks de hoge inzet van uren de bestrijding niet volledig kon voorkomen dat er een rest-veronkruiding van enige omvang was die nog tot zaadzetting kon komen.

### 3.4 Kwaliteitsproductie

Met kwaliteitsproductie wordt bedoeld op productie van voldoende kwantiteit en kwaliteit. Kwaliteitsproductie is alleen mogelijk met gezonde en vitale gewassen. De basis daarvoor wordt gevonden in een goed op elkaar afgestemde vruchtwisseling en bemesting. We hebben echter in de voorafgaande hoofdstukken gezien dat de vruchtwisseling



Figuur 21. Gemiddeld aantal handwerkuren voor onkruidbestrijding per bedrijf voor de BIOM innovatiebedrijven in 2001 als % van de bedrijven per uurklasse



Figuur 22. Gemiddelde opbrengsten van de 10 belangrijkste gewassen in ton per ha op de BIOM innovatiebedrijven (streepje geeft standaardafwijking weer, een maat voor de spreiding)

vaak te wensen overlaat, dat de bemesting veelal slecht afgestemd is op de gewasbehoefte en dat de onkruidbestrijding in een aantal gewassen veel handwerk verlangt en niet altijd even geslaagd is.

Daardoor is de basis voor kwaliteitsproductie niet overal gewaarborgd.

Bij de analyse van de opbrengsten hebben we de wensen van de ondernemer centraal gesteld, wat is zijn/haar gewenste opbrengstniveau. Probleem is dat dit een subjectieve, ervarings-gevoede inschatting is. Daarom hebben we de opbrengsten ook nog afgezet tegen de gangbare (KWIN, Dekkers, 2002) opbrengsten. De door ondernemers gewenste opbrengst ligt maximaal 20% boven de behaalde, met uitzondering van prei (40%). Ondernemers lijken dus redelijk tevreden met hun opbrengst en/of zien weinig mogelijkheden om tot hogere opbrengsten te komen. Daarentegen ligt de binnen BIOM maximum behaalde opbrengst vaak 10-50% boven de gemiddelde en dus vaak nog veel hoger dan de gemiddeld gewenste. Genoeg ruimte voor verdere optimalisatie!

De behaalde gewasopbrengsten liggen tussen de 60 en 100% van de gangbare landbouw opbrengsten uit KWIN. De gangbare KWIN-opbrengsten worden het dichtst benaderd of zelfs overtroffen door gewassen met weinig ziekten- en plagendruk (peen, witte kool, knolselderij, suikerbiet), door gewassen met een lage N-behoefte en door late gewassen. Deze gewassen hebben veel tijd om N op te nemen en het opnamepatroon is goed aangepast aan het mineralisatiepatroon van de bodem. Ook dit gegeven vormt een indirect bewijs dat de N-voorziening in veel gewassen opbrengstbeperkend is.

Uit de analyses van de resultaten van het BIOM project tot nu toe blijken de opbrengsten (bruto veldgewas) voor vrijwel ieder gewas met een factor 3 tot 4 over bedrijven uiteen te kunnen lopen (Figuur 22). De spreiding is kleiner bij pootaardappel (per definitie beperkte groeiperiode) en granen (redelijk productieniveau ook zonder bemesting). Deze spreiding is aanzienlijk groter dan op gangbare

bedrijven. Dat hangt samen met de zeer uiteenlopende teeltomstandigheden waaronder gewassen op biologische bedrijven geteeld worden (plaats in vruchtwisseling, aard en hoeveelheid van de bemesting, 'natuurlijke' druk ziekten en plagen). De door de ondernemers zelf meest genoemde oorzaken van verlies zijn ziekten (m.n. schimmels) en plagen (m.n. insecten); als derde wordt het weer genoemd (de laatste jaren vooral wateroverlast), en als vierde onkruid. Opvallend is dat aaltjes (zandgronden), teelttechniek, kwaliteit uitgangsmateriaal en gebrek aan N weinig worden genoemd. Dat conflicteert met de waarnemingen van de betrokken onderzoekers en begeleiders. Het zou kunnen wijzen op een beperkt diagnostisch vermogen bij de telers. De netto verkochte opbrengst ligt weer veel lager dan de fysieke opbrengst. Verlies dat te wijten is aan kwaliteitsproblemen (aantastingen, misvormingen, sortering) of aan een te beperkte absorptiecapaciteit van de markt. De verliezen (bruto minus netto verkocht) variëren over de gewassen van 30-60%. Bij aardappel komt zelfs volledig verlies voor. Bij een aantal handmatig geogte gewassen ligt dit iets lager doordat dan reeds op het veld een selectie wordt uitgevoerd (lager oogst %). In de markt voor biologische producten is de differentiatie in kwaliteitsniveau nog beperkt. Dat flatteert het toch al aanzienlijke 'marktverlies' nog enigszins

## 4. Discussie

### 4.1 Vruchtwisseling

Voor de meeste ondernemers is vruchtwisseling helaas geen concreet en zorgvuldig geplande en uitgevoerde realiteit. In hun praktijk worden te vaak de bouwstenen gewisseld, veranderen gewassen vaak van voorvrucht en zijn de gewassen die in een vruchtwisselingsjaar verbouwd worden niet alleen te vaak te verschillend van karakter (eisen) maar blijven ook steeds veranderen, ook in areaal aandeel. Dit leidt tot gefragmenteerde percelen in termen van bodemvruchtbaarheid en 'kennisoverdracht' naar het

volgend jaar. Dat leidt tot een toenemende heterogeniteit die de duurzaamheid van de kwaliteitsproductie bedreigt. Vruchtwisseling is niet alleen het belangrijkste wapen in de strijd tegen ziekten, plagen en onkruiden maar vormt tevens de basis voor behoud en verbetering van bodemvruchtbaarheid. Homogeniteit en ritme zijn de sleutelbegrippen. De twee meest bedreigende factoren van een dergelijke aanpak zijn de ondernemer en de externe omstandigheden. Boeren zijn zich onvoldoende bewust van het concept van vruchtwisseling en hebben te weinig ervaring met de (lange termijn) voordelen. Vruchtwisseling is een centraal concept in de agronomie maar heeft aan betekenis verloren in de afgelopen 5 decennia, door de 'chemische correctie' mogelijkheden. Er bestaat een grote behoefte aan herwaardering van het concept bij boeren, onderzoekers en voorlichters, zoals ook bleek uit de aangegeven bedrijfsspecifieke problemen.

De meest versturende factor is de markt. Biologische landbouw groeit sterk, de markten verbreden zich, vele nieuwe spelers betreden het veld. Kansen en perspectieven van gewassen en producten kunnen snel veranderen. Ondernemers hebben de neiging deze marktdynamiek te volgen. Echter wanneer niet zorgvuldig het vruchtwisselingschema gevolgd wordt en het gewas ingepast wordt in het karakter van het betreffende vruchtwisselingsblok (een jaar uit de rotatie), kan de dynamiek van de markt de chaos van het bedrijf tot gevolg hebben met alle gevolgen voor de stabiliteit van de productie vandien. Zodra de markt groeit ontstaat meer ruimte voor een consistente uitvoering van een gekozen vruchtwisselingsplan. Daardoor kan ook specialisatie een plaats vinden en kan veel sneller ervaringskennis opgebouwd worden. Dat zal de prestaties ten goede komen.

#### **4.2 Bemesting**

Het afstemmen van bemesting op milieueisen, met behoud van bodemvruchtbaarheid en optimale productie is niet eenvoudig voor biologische bedrijven. Aan- en afvoer van met name P, maar ook K moet in balans zijn op bedrijfs- en perceelsniveau terwijl de beschikbaarheid van N op iedere plek in de vruchtwisseling aangepast moet zijn aan het gewas dat er staat. Ook dient de organische stof voorziening verzorgd te zijn. Wat betreft de mogelijkheden om mest aan te voeren is P een sleutelfactor. P is de beperkende factor bij de aanvoer van meststoffen. Bij de geringe afvoer van P en het uit duurzaamheidsoogpunt maximale overschot van 20 kg  $P_2O_5$  per ha dient de aanvoer gelimiteerd te zijn tot 40-60 kg  $P_2O_5$ . Dat is niet veel. Om daarbij voldoende N aan te voeren om aan de gewasbehoefte tegemoet te komen dient de N/P verhouding zo ruim mogelijk te zijn (zie ook bijdrage Schröder en van Leeuwen-Haagsma, 2002). Deze is bij drijfmesten veel hoger dan bij vaste mesten. Daar komt bij dat drijfmest N tot een veel hoger werkingspercentage kan komen dan de N uit vaste mest. De

ontbrekende stikstof kan extra in het systeem gebracht worden via vlinderbloemigen.

Ieder gewas heeft een specifieke plaats in de vruchtwisseling. De beschikbare hoeveelheid N, vrijkomend uit mineralisatie van organische stof wordt bepaald door de voorvruchten en de eventueel toegediende organische mest. Ook het tijdstip van N levering uit voorvruchten kan verschillen zoals ook het aantal jaren waarin nog sprake is van nalevering (zie ook bijdrage over groenbemesters en rustgewassen Van Leeuwen & Schröder, 2002). De beperkte hoeveelheid in te zetten mest moet daar een zo goed mogelijke aanvulling op zijn. Met een goed op elkaar afgestemd vruchtwisselings- en bemestingsplan kan de kwaliteitsproductie vermoedelijk sterk verbeteren. Natuurlijk wordt bij deze analyse ook gekeken naar de specifieke situatie van ieder bedrijf. De 'natuurlijke' bodemvruchtbaarheid kan immers sterk uiteenlopen. Bovendien heeft de teler vaak al langjarig ervaring met de gewassen die hij teelt. Daarmee wordt het gesprek tussen teler en begeleiders een boeiende confrontatie tussen ervaringskennis en een meer getalsmatige benadering die op onderzoek gebaseerd is. Daarmee vergroten beide partijen hun kennis. Langs deze lijnen heeft in het BIOM traject het adviesgesprek plaatsgevonden

Bij aanvang van het BIOM-project werd door de ondernemers weinig planmatig gewerkt aan de bemesting. Hoeveelheden mest werden ingekocht op basis een algemeen idee omtrent het aantal tonnen dat nodig zou zijn en niet op basis van P behoefte of behoefte aan werkzame N. In de praktijk was eigenlijk nooit bekend wat er nou eigenlijk precies op het veld terecht kwam. Bovendien werd en wordt de mestkeuze zelden aangepast aan de bedrijfseigen situatie en doelen. In de bijdrage van Schröder & Van Leeuwen-Haagsma (2002) wordt hier dieper op ingegaan. De meststoffenkeuze werd meer bepaald door beschikbaarheid, samenwerkingsverbanden en 'filosofische' overwegingen. Zeker het optimaliseren van N beschikbaarheid stond op de meeste bedrijven bij aanvang van BIOM nog niet centraal. Voor veel bedrijven leidde deze situatie niet alleen tot een overmaat aan P, maar ook tot een soort willekeurig tekort aan werkzame N om tot een optimale kwaliteitsproductie te komen. In de loop van het BIOM-project verbeterde dit. Bemestingstechnisch trad er een verschuiving op naar meer drijfmestgebruik, naar meer bijbemesting met verschillende gedroogde meststoffen en naar meer vlinderbloemigen inzet. Toch is de bemesting nog verre van optimaal. De resterende tekorten aan werkzame N zijn gemiddeld genomen gematigd, maar verschillen sterk per bedrijf. Op gewasniveau echter zijn de verschillen nog steeds groot. Daar is veelal sprake van een zeer onevenwichtig aanbod binnen bedrijven en over bedrijven. Bovendien blijkt bij een toetsing van het bemestingsbeleid van de BIOM bedrijven aan de MINAS 2003 normen dat maar 55% van de bedrijven aan de P aanvoernorm kan voldoen als van de forfaitaire afvoercijfers wordt uitgegaan.



De N-norm is daarentegen maar voor een enkeling een probleem. Aan de EU N-aanvoernorm uit dierlijke mest kan 80% van de bedrijven voldoen. Op een aantal bedrijven is er bij deze normen nog plaatsingsruimte voor dierlijke mest. Gegeven echter de gemiddeld lage afvoer van P op biologische bedrijven leidt dit tot te hoge overschotten met het oog op duurzaamheid als van werkelijke afvoercijfers wordt uitgegaan. Dan is vaak de 'plaatsingsruimte' al gebruikt en overschreden. Uit de cijfers van BIOM blijkt bovendien dat de kali overschotten zeer hoog zijn bij het gevoerde bemestingsbeleid.

Verdere aanpassingen in het bemestingsbeleid zijn dus nodig: minder P en toch de N beschikbaarheid op peil houden. Bovendien verder gaan met de nauwkeurige afstemming van aanbod op behoefte. Dat zal betekenen dat welbewust meststoffen gekozen moeten worden die bij het bedrijf passen, dat die vooraf gemonsterd moeten worden en dat achteraf naplanning moet plaatsvinden. De kennis van mest zal moeten toenemen (gehalten, C/N quotiënt, vochtgehalte, homogeniteit etc.). Een recent LBI project speelde daar terecht op in (Mest als kans). Bovendien zal de kostbare mest voldoende homogeen op het veld gebracht moeten worden. En dat is zeker bij stalmest en veel verouderde strooiers niet het geval. De timing en plaatsing zal steeds meer aandacht vragen (zie de Willigen *et al.*, 2002). Kortom een professionaliseringslag in omgaan met mest is zeker nodig. Daarnaast moeten alle opties bekeken worden om de N beschikbaarheid in het hele bouwplan te verhogen, hetzij via verhoging van het aandeel drijfmest, via voorjaarstoepassing van mest of door het meer verbouwen van vlinderbloemigen. Tenslotte moet dit alles nauwkeurig gepland worden in relatie tot de vruchtwisseling. Want ook daar valt nog meer N te halen, c.q. te benutten.

Wat betreft de N-verliezen: vooralsnog kan uit de beschikbare getallen in ieder geval niet de conclusie getrokken worden dat het gevoerde bemestingsbeleid tot problemen leidt met de grondwaterkwaliteit. Meerjarige cijfers moeten deze indicatieve conclusie echter nog bevestigen.

### 4.3 Gewasbescherming

#### 4.3.1 Ziekten en plagen

Op basis van een goed opgezette vruchtwisseling hoeven in de biologische teelt geen problemen verwacht te worden met gewas-specifieke bodemgebonden ziekten en plagen zoals cyste-alen. Daarentegen zijn met polyfage bodemgebonden ziekten en plagen op de lichte gronden zelfs meer problemen te verwachten. Over het algemeen leidt diversificatie van de traditionele nauwe gangbare bouwplannen daar tot meer kansen voor deze polyfage belagers (zie ook Molendijk, 2002). Dat kan door een slimme gewasvolgorde en eventuele aangepaste rassenkeuze voor een belangrijk deel opgevangen worden. Indicaties voor de omvang van problemen moeten door een gericht

bemonsteringsprogramma verkregen worden. Een probleem bij de verdere optimalisering van de bedrijven ligt bij de vermeerdering van polyfage aaltjes door vlinderbloemige gewassen. Meer vlinderbloemigen zijn nodig voor de broodnodige extra N, maar ze vermeerderen de polyfage aaltjes waardoor de problemen voor de hoofdgewassen sterk kunnen toenemen, met name op zandgronden. Ook vele onkruidsoorten zijn waardplant van deze aaltjes. Een onvolledige onkruidbestrijding kan grote gevolgen hebben voor de populatie-opbouw.

Een soortgelijk conflict ligt er wat betreft de slakken. Deze vermeerderen zich sterk in gras/vlinderbloemige bestanden (zie ook Van Leeuwen-Haagsma & Schröder, 2002). Deze gewassen zijn nou net ideaal als voorvrucht voor gewassen die tot laat in het seizoen een hoge N behoefte hebben (spruitkool en dergelijke). Deze voorvruchten kenmerken zich door een hogere C/N verhouding en een langere nalevering van N in het volgende teeltseizoen. Ook voor het slakkenprobleem is nog geen oplossing in zicht.

De volgende bron van problemen zijn de mobiele ziekten en plagen. Vooral voor gewas-specifieke schimmels zijn er vaak meer resistente of tolerante rassen te vinden dan er gebruikt worden in de biologische praktijk. Dan moet echter wel gebruik gemaakt worden van de kennis die aanwezig is in het rassenbeproevingsonderzoek. Helaas heerst er binnen de biologische wereld een cultuur van 'onderlinge aanbevelingen' en een zeker wantrouwen tegen de gangbare kennis. Deze wordt dus onvoldoende benut. Daar komt bij dat voor vele gewassen de keus in 'biologische' rassen vanwege de kleine markt beperkt is. Meer afstemming bij de 'vragers' kan tot meer sturing leiden van de 'aanbieders': tot op heden komt dit te weinig voor. Wellicht dat via gerichte verdeling voor biologische teelt het rassensortiment op afzienbare termijn sterk kan verbeteren (zie ook bijdrage de Nijs *et al.*, 2002)

Een vlotte weggroei en uniform materiaal is echt essentieel voor een geslaagde biologische teelt. Helaas schort het daar vaak aan doordat de kwaliteit van het uitgangsmateriaal nogal eens te wensen overlaat. Versterking van onderzoek en voorlichting over de kwaliteit van het uitgangsmateriaal, inclusief rassenkeuze is van groot belang. Dit belang wordt onderkend door de overheid gezien de prioriteit die gegeven wordt aan onderzoeksprogramma's die de ontwikkeling van nieuwe rassen en in bredere zin gezond uitgangsmateriaal tot doel hebben.

Een aantal problemen zijn (nog niet) niet op te lossen via rassenkeuze. In dat geval is de teler waar mogelijk aangewezen op fysieke beschermingsmaatregelen zoals het gebruik van insectengaas. Voor de categorie mobiele plagen wordt dan ook de bijdrage die natuurlijke vijanden kunnen leveren steeds belangrijker (zie bijdrage Booij *et al.*, 2002). Het gebruik van biologische 'pesticiden' is discutabel. Vooreerst vanwege het imago: biologische landbouw gebruikt geen pesticiden en daarnaast vanwege de mogelijke neveneffecten van toxische stoffen. Zo heeft het nogal eens

ingezette Spruzit (de piperonylbutoxide component) een toxische werking op het waterleven. Ook zijn er aanwijzingen dat de toxines in preparaten op basis van *Bacillus thuringiensis*, niet zonder risico's zijn voor de gebruikers (Sukkel, 1999). Beide middelen dienen derhalve kritisch bekeken te worden.

#### 4.3.2 Onkruiden

Het aantal handwieduren ingezet op de BIOM bedrijven is vaak hoger dan het gemiddelde dat bij optimale technische uitvoering van de mechanische bestrijdingen op proefbedrijven haalbaar is (BSO onderzoek PPO). Bovendien is na de geleverde inspanningen het veld nog vaak niet vrij van onkruid. Het hoge aantal handwieduren wordt mede veroorzaakt doordat de mechanisatie op veel bedrijven niet optimaal is en ook niet optimaal ingezet wordt. Lang niet alle bedrijven hebben een mechanisatie die minimaal nodig is om op het juiste moment en de juiste manier het onkruid te bestrijden. De laatste jaren is er een inhaalslag gaande om de mechanisatie te moderniseren en optimaliseren. Deze loopt parallel aan de innovatiegolf die sinds 1998 weer op gang gekomen is.

Een tweede probleem is dat de timing en de slagvaardigheid van de onkruidbestrijding te wensen overlaat. Zoals we gezien hebben worden er veel gewassen geteeld op vele percelen. Echter iedere perceel-gewas combinatie moet op het juiste moment met goed afgestelde machines behandeld worden. Vaak is de basis van de teelt al niet goed genoeg voor een geslaagde onkruidbestrijding: onvoldoende vlaklegging, bodemverdichting, een slechte aansluiting van rijen, niet-optimale rassenkeuze. Daarna blijft het behelpen. Restveronkruiding kan dus overal optreden, maar is met name te vinden in granen (beperkte mechanische inspanning, geen ruimere rijafstand die schoffelen mogelijk maakt), in openvallende plekken in het gewas, in lang openblijvende gewassen, met name in de tweede helft van het groeiseizoen als de bestrijdingcampagne voorbij is en/of in gewassen die een lange afrijpingsperiode hebben (weer open voordat geoogst wordt). Dat bevestigd eerdere observaties uit Flevoland (Schotveld & Kloen, 1996). Restveronkruiding dient voorkomen te worden zodat de nieuwe zaadproductie minimaal is. Pas dan kan begonnen worden aan de lange terugweg van het verminderen van de benodigde inspanning (zie ook bijdrage van der Weide *et al.*, 2002).

De arbeidsorganisatie op een biologisch bedrijf is complex, zeker naarmate er meer gewassen handwerk vragen hetzij voor planten, oogsten of onkruidbestrijding. Vaak is dit de bron van problemen bij de onkruidbestrijding. De wat kleinere vollegrondsgroentebedrijven hebben over het algemeen vele verschillende teelten met vele verschillende plantingen van beperkte omvang. Bij dit soort bedrijven draait het teeltseizoen om planten en oogsten. De capaciteit voor onkruidbestrijding is vaak ontoereikend evenals de mechanisatie. Vaak wordt onkruid daardoor tot een

vertrouwd beeld op deze bedrijven. Deze bedrijven zouden gebaat zijn bij samenwerking met andere ondernemers om tot taakverdeling te komen en tot een aanzienlijk verbeterde arbeidsplanning en mechanisatie (samen kosten delen). Maar ook op de grotere bedrijven zal nog veel moeten verbeteren aan de hele organisatie en de aanpak van de onkruidbestrijding om de continuïteit van het bedrijf ook op termijn te waarborgen.

Er liggen dus nog dermate veel aangrijpingspunten om tot verbetering te komen in het onkruidbeheer, zowel in de mechanisatie, als in de bedrijfsorganisatie en de aandacht die onkruidbestrijding krijgt, dat het nog niet duidelijk is waar in de praktijk uiteindelijk de voortgaande verlaging van de benodigde arbeidsinzet zal eindigen.

#### 4.4 Agrarisch natuurbeheer

In BIOM is op bescheiden wijze aandacht geschonken aan agrarisch natuurbeheer. De huidige praktijk is geïnventariseerd en waar mogelijk zijn adviezen uitgebracht over de optimalisatie van het beheer. Opvallend was dat interesse voor agrarisch natuurbeheer in de praktijk niet zozeer gekoppeld lijkt te zijn aan een biologische bedrijfsvoering als wel aan individuele ondernemers, of ze nou biologisch zijn of gangbaar. Veel ondernemers in de biologische landbouw hebben (vaak in projectverband) een agrarisch natuurplan verkregen. Slechts weinigen zijn echter actief bezig met de uitvoering ervan. De kwantitatieve doelstelling van 5% natuur (nu in discussie binnen SKAL en Biologica en BIOM streefwaarde) is op veel BIOM bedrijven al gerealiseerd. Een bijbehorend optimaal beheer ervan om tot goede resultaten (in natuurtermen) te komen is er veelal nog niet. Natuurplannen maken is een, ze uitvoeren is twee. In BIOM is bescheiden aandacht hieraan gegeven. Om tot optimale resultaten te komen moet er in een vervolgtraject, meer aandacht komen voor de dagelijkse begeleiding van ondernemers bij het realiseren van de plannen.

#### 4.5 Kwaliteitsproductie

Wanneer kwaliteitsproductie centraal staat in een biologische bedrijfsvoering als basis voor de continuïteit van het bedrijf, dan is er nog veel te wensen over in de praktijk. De productie omstandigheden van gewassen qua bemesting, teelttechniek en vakmanschap lopen enorm uiteen. Ook zijn er grote verschillen in bedrijfsuitrusting en ervaring. Een grote spreiding van de opbrengsten (factor 2-4) is het gevolg. De maximale opbrengsten tonen aan dat de potentiële opbrengsten minstens 10-50% boven dit gemiddelde liggen en ook boven de door de ondernemers zelf aangegeven gewenste opbrengstniveaus.

Een ander probleem is dat de opbouw van ervaringskennis op biologische bedrijven niet altijd vlot genoeg verloopt door de sterke wisselingen in bouwplan en gewassen. De meerwaarde van deze ervaringskennis door een herhaalde consistente uitvoering van teelten wordt daardoor niet

verkregen. De grote spreiding in opbrengsten en de vaak ten opzichte van gangbare productie lage vermarktbaar opbrengsten leiden tot relatief hoge kostprijzen. Deze hoge kostprijzen kunnen belemmerend werken voor de uitbreiding van de markt. Kostprijzen bij optimale uitvoering worden bestudeerd in regio-gerichte studies uitgevoerd door PPO-Lelystad. Deze worden in de loop van 2002 gepubliceerd.

De speciale teelten aardbei en asperge verdienen volop de aandacht, gezien het (potentiële) economische belang van deze teelten. Voor beide gewassen is zeer recent, na het begin van het BIOM-project onderzoek begonnen aan de biologische teelt. Dit concentreert zich op de PPO locatie Horst-Meterik en wordt voor aardbei binnen het bedrijfssystemenonderzoek meegenomen.

#### 4.6 Bedrijfseconomie en ondernemerschap

De economische aspecten van een (omschakeling naar) biologische landbouw worden in het BIOM-project op verschillende manieren bestudeerd. Eind 1998 is een verkennende analyse uitgevoerd naar de bedrijfseconomische perspectieven van biologische akkerbouw voor het Zuidwestelijk kleigebied (inclusief analyse omschakelingsfase) (Smid, 2000). Voor het Zuidoosten werd een perspectievenstudie annex kostprijsanalyse uitgevoerd (Stokkers, 2001). De berekende kostprijzen geven inzicht in de productiekosten en de opbouw ervan en zijn een goede leidraad in het overleg tussen producenten en afnemers. Deze studies worden voor alle in BIOM regio's op basis van een verzameling representatieve bouwplannen uitgevoerd. De resultaten zijn met de telers besproken en ze zullen in de loop van 2002 gepubliceerd worden. In het kader van deze studies is veel tijd besteed aan het verzamelen van gemiddelde opbrengsten en telersprijzen. Deze cijfers worden vervolgens ook gebruikt voor het biologische deel van de PPO uitgave Kwantitatieve Informatie voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt beter bekend als de KWIN (Dekkers, 2002). BIOM faciliteert waar mogelijk het gesprek tussen verschillende partijen in de keten.

Uit de eerste resultaten van de kostprijsanalyses blijkt dat in vele bedrijfsopzetten voor een aantal producten de kostprijs hoger is dan de huidige marktprijs. Daardoor staat het rendement onder druk. Slechts bij een bovengemiddelde prestaties van de bedrijven kan een netto bedrijfsresultaat geboekt worden dat groter is dan nul. Ook blijkt dat in een aantal gevallen bij de huidige productprijs het zogenaamde voordeel van intensivering in het geheel niet bestaat. Dat benadrukt nog maar eens dat iedere ondernemer voor zijn eigen situatie, op grond van reële inzichten in de bedrijfsspecifieke kosten, kritisch moet zijn op de perspectieven van diverse teelten.

In een langjarige samenwerking met praktijkbedrijven, zoals in het BIOM-project, komen via het gesprek over de technische aspecten van het bedrijf steeds meer aspecten van

ondernemerschap aan de orde. Daarbij gaat het met name om de bedrijfsorganisatie en (visie op) de bedrijfsontwikkeling. Deze bepalen sterk de jaarlijkse resultaten.

De bedrijfskundigen onderscheiden drie soorten kwaliteiten bij het voeren van een eigen bedrijf. De vaardigheid, kunde en inzet voor het uitvoeren van de voorkomende werkzaamheden, het vermogen om dat te plannen, te organiseren en uit te (doen) voeren en tenslotte het hebben van een visie op de benodigde bedrijfsontwikkeling.

Biologische bedrijven zijn pioniers in een nieuwe productierichting en markt. Hun positie in de markt en agroketen (toeleveranciers en afnemers) is nog sterk in beweging. Wat te telen, welke handelspartner biedt perspectief? Veel bedrijven zoeken nog naar de juiste mix van activiteiten en partners in keten en maatschappij die passen bij de identiteit van de ondernemers en hun bedrijf. Wat is een zinvolle en bij de ondernemer(s) passende bedrijfsvoering die perspectief biedt op continuïteit? In deze situatie zijn goede management vaardigheden en het hebben van een duidelijke visie op de toekomst van het bedrijf erg belangrijk. Waar wil je naar toe, wat past bij het bedrijf, wat is haalbaar en uitvoerbaar. En hoe zet je de toekomstvisie om in stappen die uitvoerbaar zijn.

Wat we in BIOM echter vaak tegenkomen is dat dit soort meer strategische aspecten te lijden hebben onder de zorg voor het rondzetten van het bedrijf op de korte termijn. Dat heeft ook in technische zin consequenties voor de stabiliteit van het bedrijf, voor de organisatie en voor de prestaties. Naast alle technische aspecten van een bedrijfsvoering besteden we in toenemende mate aandacht aan de managementvaardigheden en het ondernemerschap. Beide zijn cruciaal voor een gezonde en gestuurde bedrijfsontwikkeling.

## 5. Perspectief

Biologische landbouw heeft vele intenties en idealen. Het valt niet mee om deze op alle fronten om te zetten in operationele richtlijnen voor de bedrijfsvoering (zie Schröder *et al.*, 2002). In deze bijdrage is met name ingegaan op de technische kanten van de bedrijfsvoering. Het is duidelijk geworden dat bedrijven nog sterk in ontwikkeling zijn en dat er in de bedrijfsvoering en teelt nog veel ruimte voor optimalisatie is. Die zal ook nodig zijn, niet alleen om de kostprijs te reduceren maar ook om de langere termijn beheersbaarheid van de bedrijfsvoering te kunnen garanderen en klaar te zijn voor de sterk toenemende eisen uit het handelskanaal.

Biologische bedrijven hebben een grote uitdaging op zich genomen. Zowel wat betreft het vervullen van de meervoudige doelen als wat betreft het waar maken van multifunctionele landbouw. Dat vergt veel van de betrokken ondernemers, niet alleen wat betreft de

technisch-inhoudelijke vaardigheden, maar ook van hun managementcapaciteiten en van hun ondernemerschap. Om de uitdagingen aan te kunnen is kennisontwikkeling en

samenwerking tussen onderzoekers, adviseurs en ondernemers nog steeds hard nodig. Op alle fronten.

## 6. Literatuur

- Balen D. van, F. van Koesveld & F.G. Wijnands, 2002. Omschakeling, moeizaam traag en mondjesmaat. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Booi, C., E. den Belder & A Visser, 2002. De betekenis van diversificatie en ecologische infrastructuur voor de gewasbescherming in de biologische landbouw. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Dekkers, W. (red), 2002 KWIN: kwantitatieve informatie voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, uitgave Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad
- Dekking, A.J.G., 1999, Resultaten OBS '92-'97, volgens BSO-methodiek. PAV Bulletin Akkerbouw, Vol. 3 no. 4, Lelystad, p. 34-42
- Lecuw-Haagsma W.K. van & J.J. Schröder, 2002. Groenbemesters en rustgewassen, noodzakelijke bouwstenen voor een optimale vruchtwisseling. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Molendijk, L.P.G., 2002. Biologische landbouw ≠ bodemweerstand. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Nijs T. den, A. Balkema, L. van den Brink, R. van den Broek, C. Kik, E. Lammerts van Bueren, H. Löffler, R. van Loo & A. Osman, 2002. Beter aangepaste rassen voor de biologische landbouw door veredelingsonderzoek. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Schotveld, E. & H. Kloen, 1996. Onkruidbeheersing in een multifunctionele vruchtwisseling. Rapport 74 van AB-DLO, Wageningen, 30 pp. + 5 bijlagen.
- Schröder, J.J., Wijnands F.G. & Booi R., 2002. Intenties van biologische landbouw en de rol van onderzoek. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Schröder, J.J. & W.K. van Leeuwen-Haagsma, 2002. Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Smid, H., 2000. Omschakelen kwestie van doorbijten. *Biologische teelt voor akkerbouwers na twee jaar financieel aantrekkelijk*. Ekoland, Vol. 20, no. 12. p. 32-33.
- Stokkers, R., 2001. Wat is de kostprijs?. *Bedrijfseconomische perspectieven voor biologische vollegrondsgroenteteelt*, Ekoland, Vol. 21, no. 1, p. 26-27.
- Sukkel, W., 1999. Biologische bestrijdingsmiddelen kunnen imago ernstig schaden. Inzetten op maximale preventie bij ziekten en plagen. Ekoland, Vol. 19, no. 6, p. 8-9.
- Vereijken, P.H., 1990. Innovatie van ecologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, al dan niet in gemengd bedrijfsverband. CABO-verslag nr. 138. Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen, 62 pp.
- Vereijken, P.H., R.P. Visser & H. Kloen, 1998. Innovatie van de EKO-akkerbouw en groenteteelt met 10 voorhoedebedrijven (1991-1997). Rapport 88, AB-DLO, Wageningen, 110 pp.
- Vereijken, P., 1999. Manual for prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. Cereales Uitgeverij, Wageningen; 53 pp. (<http://www.gcw.nl>)
- Water, K., 1999. Eindverslag project 'Introductie van mineralenboekhouding voor biologische landbouwbedrijven.' DLV Adviesgroep n.v., Zwaagdijk, 26 pp.
- Weide R.Y. van der, Lotz L.A.P., Bleeker P.O. & R.M.W Groeneveld, 2002. Het spanningsveld tussen beheren en beheersen van onkruiden op biologische bedrijven. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Willigen P. de, van Dijk W., de Vos J.A. & M. Heinen, 2002. Timing en plaatsing van organische mestgiften in de biologische akkerbouw. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.

- Wijnands, F., J. Holwerda en H. Kloen, 1999. BIOM sluit goed aan op wensen biologische ondernemers. *Ekoland* 5, p. 22-23.
- Wijnands, F.G., W. Sukkel & J.J. de Haan, 2001. Systeeminnovatie in de landbouw, wegwijzer naar de toekomst. In: J. Wolfert, R. Booij & M.K. van Itrersum. *Ecologisering en Bedrijfssystemenonderzoek: waarheen, waarvoor?* Verslag KLV studiedag 2001 studiekring Ecologie en Fysiologie van de Plantaardige Productie, KLV, Wageningen, p.9-28.
- Wijnands, F.G., Sukkel W. & C. Booij, 2002. Bedrijfs- en teeltinrichting basis voor beheer ziekten, plagen en onkruiden. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.

# Omschakeling, moeizaam traag en mondjesmaat

Derk van Balen<sup>1</sup>, Flip van Koesveld<sup>1</sup>, & Frank Wijnands<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DLV Adviesgroep

<sup>2</sup>Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

## Samenvatting

Het wil niet echt vlotten met de omschakeling naar biologische landbouw in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Daarvoor is een scala aan redenen aan te wijzen. Daarbij speelt zeker voor de dagverse producten het gebrek aan afzetperspectief een grote rol. In dit artikel wordt, gebaseerd op de ervaringen in het BIOM-project (Biologische landbouw Innovatie en Omschakeling), ingegaan op de veranderingen op het bedrijf en de rol van externe factoren bij de omschakeling. Vervolgens wordt een gedetailleerde schets gegeven van de huidige situatie in een groot aantal regio's in Nederland. Daarbij wordt ook gekeken naar de kansen en uitdagingen voor de komende jaren.

## 1. Inleiding

De groei van de biologische landbouw blijft achter bij de verwachtingen. Om aan de door de minister gestelde 10% van het landbouwareaal te komen zal er een hoop moeten gebeuren.

Ondanks het feit dat het areaal landbouwgrond gestaag afneemt en het aandeel biologische landbouwgrond dus toeneemt is de gestelde norm van 10 % hoog gegrepen. In december 2001 waren er 1215 volledig gecertificeerde bedrijven en 293 in omschakeling. Dat betreft dan in totaal 1,64 % van het totaal aantal bedrijven met 1,54 % van het landbouwooppervlak. De verdeling over de sectoren is weergegeven in Tabel 1.

In het BIOM-project akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt is een van de deelprojecten gericht op omschakeling naar de biologische teelt. In een 1-jarige cyclus werden per regio steeds 10-15 geïnteresseerde

Tabel 1. Aantal bedrijven per sector als aandeel (%) van het totaal gecertificeerde en in omschakeling zijnde bedrijven per december 2001 deel per sector (Bron: Eko-monitor december 2001)

Sector	Aandeel (%)
Tuinbouw	23,5
Fruitteelt	4,7
Akkerbouw	22,3
Veehouderij	46,0
Overige	3,5

ondernemers voorbereid op daadwerkelijke omschakeling naar een biologische bedrijfsvoering. Deze 1-jarige cyclus is in BIOM tweemaal doorlopen. De eerste ronde 1998-1999 telde landelijk 49 deelnemers, de tweede ronde 2000-2001 79. Bedrijven uit de eerste ronde die omschakelden zijn lid geworden van de optimalisatiegroepen van BIOM. De bedrijven die niet omschakelden na het volgen van de cursus deden dat vanwege uiteenlopende redenen. Samen met de ervaringen van de omschakelende bedrijven is zo een goed beeld gekregen van de moeilijkheden en knelpunten bij omschakeling en de veranderingen op het bedrijf en in de bedrijfsvoering die plaatsvinden wanneer een ondernemer daadwerkelijk biologisch gaat telen. Deze ervaringen worden hier beschreven. In het tweede deel van dit artikel wordt op de regio-specifieke situatie ingegaan.

## 2. Typering bestaande biologische bedrijven

De Nederlandse bedrijven in de biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt kunnen in enkele categorieën ondergebracht worden:

### Grotere akkerbouwbedrijven (>20 ha)

Deze bedrijven vullen hun akkerbouwgewassen aan met wat akkerbouwmatige vollegrondsgroente zoals peen, ui, knolselderij e.d. In toenemende mate verbouwen deze bedrijven nu ook koolgewassen. De bulk van deze bedrijven is te vinden in Flevoland en het Zuidwesten, de rest van deze bedrijven is te vinden in Noord-Holland en Friesland. Opvallend is dat het hier uitsluitend gaat om klei- en zavelbedrijven. Deze bedrijven hebben bedrijfseconomisch vaak hoge opbrengsten, een gematigd kosten niveau, een grote arbeidsbehoefte en een goed tot zeer goed bedrijfseconomisch resultaat. Afnemers van hun producten zijn met name Nautilus, maar ook ODIN en andere grotere partijen.

### Middengrote bedrijven (10-20 ha)

Deze bedrijven richten zich naast de akkerbouw en akkerbouwmatige vollegrondsgroente ook op intensievere groenteteelten, zoals prei en bladgewassen. Deze bedrijven liggen door heel Nederland verspreid. Alleen in Flevoland is sprake van enige concentratie. Deze bedrijven hebben in de afgelopen jaren nogal wat verschillende afnemers gehad en

worstelen nog steeds met de afzet van versproducten als bladgewassen, prei, bloemkool en broccoli. Deze bedrijven hebben een zeer hoge en vaak onregelmatig over het jaar verdeelde arbeidsbehoefte, hebben weliswaar hoge financiële opbrengsten maar ook zeer hoge kosten waardoor het bedrijfseconomisch rendement matig is. Dit fluctueert sterk van jaar tot jaar onder invloed van kwantiteit en kwaliteit van met name de wat intensievere groenten.

#### **Kleinere tuinbouwbedrijven (2-10 ha)**

Deze bedrijven richten zich vooral op de intensievere vollegrondsgroenteteelten. Het zijn bedrijven die vergelijkbaar zijn in aanpak met de intensieve gangbare vollegrondsgroentebedrijven. De bedrijven kennen een zeer hoge arbeidsbehoefte, een hoge financiële opbrengst en hoge kosten. Ze boeken wisselende resultaten, doordat de opbrengsten sterk in kwaliteit en kwantiteit fluctueert. Er zijn niet veel bedrijven van deze klasse. Ze zouden eigenlijk aangewezen zijn op de veilingen. Deze willen dit terrein wel veroveren, maar slagen er echter vooralsnog niet in de telers perspectief te bieden. De reeds bestaande bedrijven hebben daarom een veelvoud aan afnemers.

#### **Kleine vollegrondsgroentebedrijven**

Deze bedrijven richten zich op huisverkoop, lokale winkels en horeca en abonnementensystemen. Er zijn nogal wat van dit type bedrijven in Nederland. Ze telen buitengewoon veel verschillende gewassen, hebben een zeer hoge arbeidsbehoefte (per ha) en een niet nader te bepalen financieel resultaat. Deze bedrijven zouden gebaat zijn met samenwerking met andere ondernemers om tot taakverdeling te komen en met een aanzienlijk verbeterde arbeidsplanning en mechanisatie. Doorgaans kennen deze bedrijven naast hun productietak vaak een sociale of recreatieve nevenactiviteit.

### **3. Moeilijkheden bij omschakeling**

Bij de bespreking van de moeilijkheden bij omschakeling gaan we hier uit van bestaande gangbare bedrijven die vanuit de gangbare landbouw omschakelen. Startende bedrijven worden niet meegenomen in de ervaringen aangezien deze vooral met specifieke startersproblemen te maken hebben gekregen.

De grootste problemen die ondernemers tegenkomen bij/tijdens de omschakeling zijn tegenvallende bedrijfsresultaten, moeizame werving van bekwaam personeel, onbekendheid met nieuwe teelten en onbetrouwbaarheid van gemaakte afspraken met afnemers.

Het ontbreekt de omschakelaars vaak aan kennis, ervaring en referenties. Zeker wanneer het bedrijf niet omgeven is door professionele biologische voorbeelden. Bij het plannen van omschakeling wordt gerekend met lagere fysieke opbrengsten dan in een gangbare situatie. De regeling

stimulering biologische productiemethode is hierop afgestemd. Een verkeerde inschatting van benodigde bemesting en potenties van de grond kunnen de opbrengsten nog lager doen uitpakken dan verwacht. In hoeverre een gebied dun of dikbevolkt is heeft geen invloed op de beschikbaarheid van arbeid. Het feit dat het gaat om biologisch werkende bedrijven wil nog niet zeggen dat de bereidheid om in de agrarische sector te werken groter is. De beschikbaarheid van schoolgaande jeugd wordt steeds minder. Aangezien het meestal over piekarbeit gaat in de vroege zomer wordt er in toenemende mate gebruik gemaakt van asielzoekers. In 2001 vormde de slechte afzet van verse groente een groot knelpunt. Doordat de markt voor biologisch versproduct beperkt is heeft een tegenvallende vraag van een afnemer grote gevolgen. Het overschot aan biologische productie kan moeilijk succesvol op een andere markt afgezet worden.

De keuze van een ondernemer om wel of niet om te schakelen naar biologische landbouw hangt van een aantal factoren af. Deze zijn te onderscheiden in externe en interne factoren. De externe factoren spelen zich voornamelijk af op regionaal niveau. De interne factoren zijn terug te herleiden tot bedrijfsniveau.

#### **3.1 Externe factoren**

- *Ontbreken van inspirerende voorbeelden (zie ook Tabel 4)*  
Wat in eerste instantie in de Flevopolders te zien is geweest (het omschakelen van burens van biologische bedrijven) komt nu ook in de rest van Nederland voor. Biologische bedrijven die de bedrijfsvoering goed voor elkaar hebben en dit ook uitstralen zijn een grote stimulans om op een andere manier tegen biologische landbouw aan te kijken en de volgende stap, die van daadwerkelijke omschakeling, zelf te nemen. In twee andere regio's was een dergelijke ontwikkeling op grotere schaal zichtbaar. In Zeeuws Vlaanderen, waar de pioniers van het begin van de jaren 90 eind jaren negentig snel meer gezelschap kregen (inmiddels 10-12 bedrijven). En in West Brabant waar eind jaren negentig een groep van bedrijven collectief omschakelde. Het lijkt er soms zelfs op dat het ontbreken van slechte biologische voorbeelden in combinatie met goede gangbare telers die gaan omschakelen de sleutelfactor tot snelle groei is.
- *Ontbreken van collegatelers in de directe omgeving*  
Biologische bedrijven in de directe omgeving bieden niet alleen de mogelijkheid om praktische ervaringskennis uit te wisselen, maar ook om daadwerkelijk samen te werken met mechanisatie of om machines uit te ruilen. Ook geven bestaande collega's morele steun bij het soms moeilijke omschakelingsproces.
- *Niet sympatiserende burens*  
Ieder jaar weer raken de gemoederen in de maanden juni en juli verhit wanneer *Phytophthora* de kop opsteekt. Biologische aardappeltelers komen in de clinch met gangbare aardappeltelers in de directe omgeving. Bestaande

biologische bedrijven in Flevoland hebben al langere tijd ervaring hiermee. Ook in andere gebieden in Nederland komt dit voor. Dit is voor biologische ondernemers een overweging om te stoppen met de aardappelteelt. Dat is voor belangstellende gangbare ondernemers een grote drempel om dan toch om te schakelen.

• *Ontbreken van losse arbeid*

Het aantal benodigde arbeidsuren neemt toe na omschakeling (zie bijdrage Wijnands *et al.*, 2002) Dit is grotendeels toe te schrijven aan de handmatige onkruidbestrijding. Uitschieters hierbij zijn peen en zaaiuien. Maar ook suikerbieten, rode bieten, knolselderij en prei vragen veel wieden. In akkerbouwgewassen als aardappel en graan zijn de wieden per ha beperkt maar op een bedrijf van 80 ha met 2/6 graan en 1/6 aardappel kan, afhankelijk van de gewaskeuze en de onkruiddruk de arbeidsbehoefte al snel oplopen naar 2000 uur of meer (zie ook bijdrage Wijnands *et al.*, 2002) De handmatige onkruidbestrijding gebeurt vooral in het voorjaar in de maanden mei en juni. In het verleden werd er veel met schoolverlaters gewerkt. Tegenwoordig zijn alleen nog jongere kinderen te krijgen door de concurrentie van baantjes in met name de horeca. Dit heeft als consequentie dat er continue toezicht nodig is op de wiedploeg omdat deze jeugd moeilijk zelfstandig kan werken. Afhankelijk van de nabijheid van een AZC zijn er ook steeds meer asielzoekers op de bedrijven te vinden. Dit zijn gemotiveerde mensen maar aanzienlijk duurder dan jeugd. Het aannemen van deze mensen is bovendien een moeizame geschiedenis vanwege de lange aanmeldingsprocedure.

• *Ontbreken van afzet*

In Noord-Holland bleek dat telers met de tweede omschakelcursus meededen omdat er vanuit de markt een duidelijke vraag gesteld werd naar biologische groente. In het daarop volgende seizoen haakten enkele bestaande telers af door gebrek van afzetperspectief! Dat er uiteindelijk weinig telers omschakelen in Noord Holland heeft ook te maken met de specialisatie van vollegrondsgroentebedrijven en het daaraan verbonden grondgebrek (zie regiobeschrijving Noord-Holland, paragraaf 4.2). In de regio Noordelijke Zeeklei is de bedrijfsstructuur geen probleem. We praten hier in het algemeen over grotere akkerbouwbedrijven met een deel vollegrondsgroente in het bouwplan. Een vruchtwisseling van 1 op 6 is redelijk goed inpasbaar. Afzetorganisaties voor biologische groenten liggen echter zover van deze teeltcentra vandaan dat dit toch als een onzekere factor wordt beschouwd ondanks mogelijkheden van transport naar bijvoorbeeld de Flevopolder. Voor akkerbouwproducten zijn er vanuit de gangbare landbouw al bestaande transportlijnen naar de aardappelhuizen en bijvoorbeeld ACM voor het graan. Voor producten uit Noordoost Nederland bestaat, op een enkele uitzondering na, bij de handel weinig belangstelling. De producten van de klei zijn immers, zo stellen ze, altijd mooier.

• *Beschikbaarheid van biologische mest*

Van de aanvoer van dierlijke mest op de biologische landbouwgrond moet 20% van de stikstofaanvoer afkomstig zijn van een biologisch bedrijf. Dit wordt vastgelegd in een mestafzetcontract. Biologische

Tabel 2 Interne bedrijfsfactoren en hun invloed op de animo tot omschakeling voor de verschillende bedrijfstypes

Factor/Bedrijfstype	Grote akkerbouwbedrijven	Middelgrote akkerbouwbedrijven	Kleine tuinbouwbedrijven (2-10 ha), met huurgrond
Verandering van vruchtwisseling	Grote gevolgen voor gespecialiseerde aardappelbedrijven. Op graanbedrijven minder gevolgen	Op aardappelbedrijven een knelpunt. Op andere bedrijven zijn er meestal al meer dan 4 gewassen	Door specialisatie op één of enkele gewassen is dit een groot knelpunt
Nieuwe gewassen	Nieuwe gewassen gelijk grote oppervlaktes, niet altijd mogelijk	In het verleden zijn al meerdere gewassen de revue gepasseerd	Door specialisatie onbekendheid met nieuwe gewassen
Loslaten van specialisatie	Op aardappelbedrijven een knelpunt	Geen verregaande specialisatie	Groot probleem
Opslag en mechanisatie	Op aardappelbedrijven verminderde benutting opslagcapaciteit. Voldoende investeringsruimte voor en efficiënte benutting van nieuwe mechanisatie	Meestal is er al opslag voor verschillende producten aanwezig. Beperkte investeringsruimte voor nieuwe mechanisatie	Opslag meestal al aanwezig. Desinvestering in specialisatie. Geen investeringsruimte voor nieuwe mechanisatie
Management	Omgaan met veel vreemde arbeid kan een knelpunt zijn. Qua organisatie geen probleem	Omgaan met vreemde arbeid is meestal geen probleem	Veel eigen arbeid maar ook gewend aan vreemde arbeid
Ondernemerschap	Meestal is er een duidelijke bedrijfsvisie	Meestal is er een duidelijke bedrijfsvisie	Bedrijfsvisie ontbreekt nogal eens



veebedrijven met beschikbare mest liggen vaak ver verwijderd wat hoge transportkosten met zich meebrengt of de samenstelling van de mest past niet bij het bouwplan vanwege de ongunstige stikstof/fosfaat verhouding. Omschakelende bedrijven of ondernemers die denken aan omschakeling moeten dan ook in een vroeg stadium contact leggen met biologische veehouderijbedrijven en waar mogelijk een verbintenis aangaan. Dit kan door uitruil van mest tegen stro en/of ruwvoer.

### 3.2 Interne factoren

In de voorgaande paragraaf hebben we gesproken over een aantal externe factoren die belemmerend zijn bij de omschakeling. In deze paragraaf gaan we dieper in op bedrijfsinterne problemen als gevolg van een (mogelijke) omschakeling (zie ook Tabel 2):

#### *Verandering van vruchtwisseling*

Een verandering van de vruchtwisseling van 1 op 3 naar 1 op 5 of zelfs 1 op 7 vergt een uitgekiend vruchtwisselingsplan en stappenplan. Het opzetten van een vruchtwisseling is al een puzzel op zichzelf waarbij de afzetmogelijkheden en de interesse van de ondernemer een grote rol spelen. Het opnemen van een rustgewas als grasklaver of luzerne wordt makkelijker wanneer er goede afzetmogelijkheden in de directe omgeving zijn. Ook wanneer die er amper zijn en het gewas niets oplevert, zijn er ondernemers die kiezen voor zo'n gewas met als uitgangspunt dat in de volggewassen de kosten weer terug te verdienen zijn. Zeker wat betreft stikstofbehoefte gewassen als kool en prei is de positieve invloed van een grasklaver en luzerne terug te vinden. Een ander belangrijk voordeel is het onkruidonderdrukkend effect van deze maaigewassen. Omschakelende bedrijven nemen makkelijker grasklaver of luzerne in het bouwplan op dan bestaande biologische bedrijven. Wellicht komt dit doordat problemen met emelten na enkele jaren grasklaver regelmatig voorkomen. Bestaande biologische bedrijven hebben meestal slechte ervaringen hiermee. Hetzij op het eigen bedrijf hetzij bij collega's. De stikstofbehoefte van gewassen werd in het verleden ingevuld door de aanvoer van dierlijke mest. Dit liep niet altijd in de pas met de fosfaat- en kalibehoeft (zie ook bijdrage Wijnands *et al.*, 2002). Door de huidige wetgeving is het mestgebruik beperkt. Omschakelende bedrijven zijn op zoek naar stikstofleverende voorvruchten. Dat de bestaande biologische bedrijven niet massaal grasklaver en luzerne in het bouwplan opnemen heeft mede te maken het teren op de 'oude kracht' die men in het verleden heeft opgebouwd. Op extensieve bedrijven zal men met een lager mestgebruik uit de voeten kunnen. Op intensieve groenteteelt bedrijven zal de oude kracht interen en zal er in de toekomst de vruchtwisseling opnieuw tegen het licht gehouden moeten worden. Daarbij kan men gebruik maken van ervaringen van de nu omschakelende bedrijven.

#### *Nieuwe gewassen*

Voor akkerbouwbedrijven zullen de nieuwe gewassen uit de hoek komen van de vollegrondsgroenten. Vaak dus teelten die men nog niet kent zoals kool, rode biet of sla. Door de hogere prijs die deze biologisch geteelde groente opbrengt is het mogelijk om kleinere oppervlaktes met voldoende economisch rendement te betelen. Toch is het een grote stap om 'nieuwe' gewassen te gaan telen, die vaak een hele andere arbeidsorganisatie en marktbenadering vragen. Deze gewassen komen ook als deelbouw voor op de bedrijven waarbij het ontbreken van kennis bij de ondernemer minder ter zake doet. Zaaiuien, peen en witlof heeft men veelal of nu in het gangbare bouwplan zitten of in het recente verleden gehad.

#### *Loslaten van specialisatie*

Voorbeelden van gespecialiseerde bedrijven zijn de pootgoedtelers in Noord-Friesland en -Groningen en vollegrondsgroentebedrijven in Noord- en Zuid-Holland, Oost Brabant en Limburg. Voor gespecialiseerde vollegrondsgroentebedrijven is de overstap het grootst. De nieuwe gewassen op deze bedrijven zijn meestal akkerbouwmatige gewassen waar men geen ervaring mee heeft. Het meest extreem zijn de gespecialiseerde vollegrondsgroentetelers in Noord-Holland die ervaring hebben met alleen koolgewassen en soms met (poot)aardappelen. Graan en zaaiuien zijn onbekende gewassen waarbij ze niet altijd kunnen terugvallen op collega's. Het loslaten van de specialisatie is door de kleine bedrijfsomvang nauwelijks rendabel te maken, zeker niet wanneer de desinvestering meegenomen wordt. Daarom zijn belangstellende gangbare specialisten hard op zoek naar mogelijkheden om bij biologische collega's hun gewas biologisch te verbouwen (deelbouw).

#### *Opslag en mechanisatie*

Bedrijven met eigen opslagfaciliteiten specifiek voor bijvoorbeeld aardappelen of uien zullen de vrijkomende ruimte op een andere manier moeten gaan benutten. Door de ruimere vruchtwisseling en de lagere opbrengsten per hectare zal er minder opslagcapaciteit nodig zijn. Zeker wanneer deze opslag nog maar kortgeleden is gebouwd of gerenoveerd is dit een financiële tegenslag wanneer er geen andere bestemming voor te vinden is. Een ander probleem is het gassen van aardappelen. Bewaarruimtes voor aardappelen waarin in het verleden gegast is moeten op residue gecontroleerd worden. Het komt voor dat de gevonden waarden zo hoog zijn dat de opslag in de huidige staat niet gebruikt mag worden voor de opslag van biologisch geteelde producten. Wanneer gekozen wordt voor gewassen als bewaarpeen en bewaarkool, en er is geen opslagcapaciteit op het bedrijf, wordt er gekozen voor opslag bij derden in de eerste jaren. Men verkiest uiteindelijk om de producten zelf te bewaren en laat koelruimte bouwen. Naast nieuwe gewassen komt er

daardoor ook een nieuwe bewaarmethode op het bedrijf. Jammer genoeg worden er door onwetendheid met de bewaring van nieuwe gewassen grote fouten gemaakt. Voor gespecialiseerde vollegrondsgroentebedrijven geldt een zelfde verhaal. Op dit soort bedrijven probeert men de aanwezige mechanisatie te benutten door op basis van landhuur of deelbouw een zelfde hoeveelheid product te verwerken. In feite weinig anders dan wat men in de gangbare situatie deed.

#### Management

Afhankelijk van de bedrijfsgrootte verandert de rol van een biologische ondernemer.

- Doordat er meer gewassen komen, en er beduidend meer arbeidsuren nodig zijn, neemt de uitvoerende rol af en neemt de management taak toe. Op kleinere vollegrondsgroentenbedrijven is er vaak sprake van een maatschap die de werkzaamheden uitvoert met meer of minder los personeel. Op grotere vollegrondsgroente- en akkerbouwbedrijven wordt een medewerker aangetrokken (als deze er niet was). Het omgaan met personeel komt in beperkte mate voor op gangbare extensief werkende akkerbouwbedrijven. Dit kan een stimulans zijn om met biologische landbouw te beginnen maar het kan ook een flinke barrière zijn.
- Deels blijven bestaande contacten met toeleveringsbedrijven en afzetorganisaties bestaan maar er komen er zeker een groot aantal bij. De ondernemer zal zich meer en meer bezighouden met het onderhouden van deze contacten, het vergaren van informatie en het bijhouden van registratie. Het uitvoerende werk zal gedelegeerd moeten worden en het is de vraag of de ondernemer dit kan of wil.
- Bij een biologische bedrijfsvoering horen lagere fysieke opbrengsten, grotere teeltrisico's en hogere tolerantie qua onkruid. Niet iedere ondernemer zal dit willen aanvaarden.

#### Ondernemerschap

Ontbreken van bedrijfsvisie. De eerste biologische bedrijven schakelden uit ideële overwegingen om. De recenter omgeschakelde bedrijven deden dit uit economische én ideële overwegingen. Voor de betrokken ondernemers is biologische landbouw een van de alternatieven voor

voortzetting van het bedrijf. Wanneer de biologische landbouw ontbreekt in de bedrijfsvisie, als mogelijk alternatief, zal omschakeling uitblijven. Laat staan wanneer de bedrijfsvisie ontbreekt.

## 4. Regiobeschrijvingen

In het BIOM-project zijn 7 regio's te onderscheiden (Tabel 3). De belangrijkste ontwikkelingen op het gebied van biologische landbouw worden hieronder per regio beschreven. Het inzicht in de ontwikkelingen kan helaas nog steeds niet gedetailleerd worden weergegeven. Het is gebaseerd op het intensieve contact dat vanuit BIOM en de aanpalende DLV activiteiten onderhouden wordt met biologische bedrijven en met gangbare bedrijven die in omschakeling geïnteresseerd zijn (zie voor aantallen binnen BIOM, bijdrage Wijnands *et al.*, 2002)

### 4.1 Noordelijke zeekei

Onder noordelijke zeekei wordt de noordelijke kleistreek verstaan die zich uitstrekt langs de kust van Friesland en Groningen. In dit gebied er een lichte groei te zien in het aantal biologische bedrijven. Het aantal kleine vollegrondsgroentebedrijven blijft gelijk en er is hier geen groei in te verwachten. De bedrijven die de laatste jaren zijn omgeschakeld zijn allemaal akkerbouwbedrijven met een oppervlakte van ongeveer 50 ha.

De oudste cluster van biologische bedrijven is te vinden rond Sexbierum. Recent is daar een gangbaar bedrijf door omschakeling bijgekomen. De vier biologische bedrijven werken beperkt met elkaar samen op het gebied van machines en afzet van spruitkool. In 't Bildt zijn inmiddels twee bedrijven in omschakeling. Het gaat hier om grote pootgoedbedrijven die een deel van het bedrijf biologisch gaan bewerken waarbij niet uitgesloten is dat het hele bedrijf op termijn biologisch wordt. In de oosthoek van Friesland tegen de grens met Groningen is één gemengd bedrijf omgeschakeld naar akkerbouw met vollegrondsgroententeelt met het proefbedrijf Kollumerwaard als voorganger. Een ander gemengd bedrijf heeft een nieuwe eigenaar en start binnenkort met omschakeling naar biologische akkerbouw en vollegrondsgroententeelt. Het

Tabel 3. De regio indeling in het BIOM project.

Regio aanduiding	Provincies	Afkorting	Grondsoort	Oriëntatie
Noordelijke zeekei	Groningen en Friesland	NZK	Klei	akkerb. en groente
Noord-Holland	Noord-Holland	NH	Klei	akkerb. en groente
Zuidwestelijke zeekei	Zuid Holland en Zeeland	ZWK	Klei	akkerb. en groente
Noordoostelijke zand- en dalgronden	Drenthe en Overijssel	NON	Zand en dal	akkerb. en groente
Zuidoostelijke zandgronden	Noord Brabant en Limburg	ZON	Zand	groente
West Brabant	Noord Brabant	WB	Klei	akkerb. en groente
Gelderland	Gelderland	GLD	Zand/klei	akkerb. en groente

aantal biologische akkerbouwbedrijven in deze regio van Friesland komt dan op drie.

Tot voor kort was het erg rustig in Groningen rond biologische akkerbouw. In de eerste omschakelcursus zaten zowel Friese als Groningse ondernemers. Vanuit deze groep komen nu vragen van de Groningse deelnemers naar omschakelingsmogelijkheden en zijn de plannen al in vergevorderd stadium. In de tweede cursus daarentegen waren vooral Groningse akkerbouwers vertegenwoordigd voornamelijk vanuit gemeente de Marne. Ook hier is er serieuze belangstelling voor omschakeling naar biologische landbouw. In tegenstelling tot Friesland is er in Groningen geen sprake van clustering van bedrijven. De bedrijven liggen sterk verspreid over de provincie. Doordat een groot akkerbouwbedrijf boven Delfzijl een deel van het land (80 ha) heeft omgeschakeld naar biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt kan dit een stimulans zijn voor deze regio. Wellicht dat een cluster in dit gebied uitstraling geeft naar de rest van het gebied. Ook hier zijn het voornamelijk bedrijven met pootaardappelen die belangstelling hebben. Wanneer in 2004 het gebruik van biologisch uitgangsmateriaal verplicht wordt gesteld kan dit gebied een impuls krijgen aangezien de kennis, ervaring en

teeltomstandigheden voor pootaardappelteelt voorhanden zijn.

De uitdaging voor de komende jaren is:

- In de Friese kleibouwstreek en Noord Groningen de pootaardappelbedrijven mee te krijgen. Het initiatief van aardappelhuizen is daarvoor mede heel belangrijk.
- De potentie van deze streek om te zetten in een nieuw biologisch kerngebied voor akkerbouw/ grove vollegrondsgroenteteelt. Zelfs voor grootschalige fijnere groenteteelt liggen hier in de toekomst mogelijkheden zoals de ontwikkelingen in de gangbare teelt eigenlijk al aangegeven hebben.
- Op de zwaardere klei in Groningen meer grote bedrijven om te schakelen om een voorbeeldfunctie te kunnen vervullen. Het ontbreekt hen echter nog aan marktperspectief.
- De teelt van industriegroenten (peulvruchten) ontwikkelen. Dit kan een belangrijke stimulans zijn voor de akkerbouwmatige bedrijven zoals die te vinden zijn op het Hogeland en Oldamt.

De verwachting is:

- Dat er een verdere clustering plaats gaat vinden. Met een cluster in de Marne en één rond Delfzijl.

Tabel 4. De externe factoren die omschakeling belemmeren in de verschillende regio's

Factor\regio	Noordelijke Zeeklei	Noord-Holland	Noordoost Nederland	Zuidoost Nederland	Zuidwestelijk Kleigebied	Gelderland
Ontbreken van inspirerende voorbeelden	Alleen een cluster van bedrijven in Noordwest Friesland	Alleen een cluster van bedrijven in de Wieringermeer	Verspreid liggende bedrijven	Verspreid liggende bedrijven	Meerdere clusters	Verspreid liggende bedrijven
Ontbreken van collegatiers	Door grote spreiding beperkt contact	Beperkte samenwerking	Ondanks verspreiding is er samenwerking	Grote spreiding	Door clustering meer samenwerking	Samenwerking in afzet
Niet sympathiserende burens	Door pootgoedteelt spanningen wanneer Phytophthora voorkomt	Beperkt probleem	Beperkt probleem	Weinig aardappelteelt beperkt probleem	Beperkt probleem	Weinig aardappelteelt beperkt probleem
Ontbreken van losse arbeid	Wordt problematischer binnen het cluster	Knelpunt	Beperkt knelpunt	Knelpunt	Knelpunt	Beperkt knelpunt
Ontbreken van afzet	Knelpunt voor versproduct	Vraag naar biologisch product vanuit gangbare	Veel kleinschalige afzet	Knelpunt voor versproduct		Veel kleinschalige afzet
Beschikbaarheid van biologische mest	Grote transportafstanden	Beperkt knelpunt	Grote transportafstanden	Knelpunt	Knelpunt	Grote transportafstanden

- Dat grote bedrijven (>50 ha) ondanks eerdere verwachtingen belangstelling zullen tonen voor gehele of gedeeltelijke omschakeling.

#### 4.2 Noord Holland

In Noord Holland zijn voor de akkerbouw/ vollegrondsgroente twee gebieden te onderscheiden: het akkerbouwgebied in de kop van Noord-Holland en het vollegrondstuinbouwgebied in het West-Friese. Wat betreft het percentage biologische landbouw is Noord Holland de tweede provincie van Nederland. Vanaf 1999 is de belangstelling weer groeiende en neemt het aantal biologische akker- en tuinbouwbedrijven weer toe. Eén van de redenen is dat er in toenemende mate mogelijkheden gevonden worden om de expertise van gespecialiseerde vollegrondstelers te betrekken bij de biologische bedrijven (deelbouw).

Van de deelnemers uit de eerste omschakelgroep schakelden slechts drie bedrijven om. Dat is echter voor Noord Hollandse begrippen veel. Vanuit de tweede omschakelcursus zijn vijf bedrijven aan het omschakelen of al omgeschakeld. Eén bedrijf heeft afzet geregeld voor biologische sluitkool en is nu een akkerbouwer aan het zoeken om mee samen te werken. Bedrijven die de stap niet maken voeren de arbeidsvoorziening, de specialisatie of de magere afzetperspectieven als redenen aan.

De akkerbouw in Noord Holland bevindt zich in de Haarlemmermeer, de Wieringermeer en de oude droogmakerijen: de Purmer, de Beemster en de Schermer. Voor deze akkerbouwbedrijven is het perspectief voor biologische akkerbouw vanuit de ligging, verkaveling, grondslag en bedrijfsgrootte bekeken goed te noemen. Bovendien kunnen Noord Hollandse boeren zich makkelijk bij Nautilus aansluiten. Daarom is het des te opvallender dat er nog steeds weinig belangstelling bestaat. Een verklaring hiervoor is dat gangbare bedrijven tamelijk goed draaien en de inkomsten via grondverhuur aan bollenteelt en grondhuur voor de (poot-)aardappelteelt aardig op peil kunnen houden. In een onderzoek dat in opdracht van de provincie Noord-Holland door Intomart is uitgevoerd wordt geconcludeerd dat boeren niet omschakelen omdat ze vrezende voor een achteruitgang in inkomen, meer arbeid denken nodig te zullen hebben en een onzekere afzetmarkt tegemoet zien. Deze bezwaren komen het meest tot uiting bij de akkerbouwbedrijven (bron: Ekomonitor 12).

De biologische tuinbouw is verspreid over heel Noord Holland en bestaat voornamelijk uit zeer kleine tuinderijen. Er was, bij de start van BIOM, vrijwel geen biologisch vollegrondsbetrijf te vinden dat voordien een gangbaar bedrijf was. Vanuit BIOM zijn in totaal 3 gangbare tuinbouwbedrijven omgeschakeld. Voor de gespecialiseerde vollegrondsteler uit het West Friese geldt dat de huidige kleine bedrijfsomvang met veel bijgehuurd land in combinatie met de hoge specialisatiegraad (veel koolsoorten) een belemmering vormt voor omschakeling.

Omschakeling zou tot een ernstige desinvestering in kennis en infrastructuur kunnen leiden. Toch is de belangstelling groeiende van gangbare tuinders. Dit blijkt ook uit het genoemde onderzoek van Intomart. Hieruit blijkt dat tuinbouwbedrijven het meest positief staan tegenover de biologische landbouw.

Het idee van de reizende biologische koolkraam (deelbouw) ontstaat middels huur van land bij bestaande biologische telers. Steeds meer gangbare 'specialisten' en biologische bedrijven vinden elkaar. Daarbij was het zoeken naar condities voor samenwerking. Nu worden die weliswaar overal anders ingevuld, maar het heeft er alle schijn van dat in de Wieringermeer de prijzen voor de verhuur van biologisch land in dezelfde orde van grootte liggen als die van gangbaar bollenland. Voor akkerbouwers in de Wieringermeer die nu land verhuren voor de bollenteelt wordt het dus aantrekkelijker om om te schakelen en land te verhuren voor de biologische koolteelt, zowel wat betreft het inkomen als wat betreft de gewaskeuze. In de omschakelgroep was de belangstelling voor deelbouw groot. De akkerbouwbedrijven en tuinbouwbedrijven die aan het omschakelen zijn, hebben onderling afspraken gemaakt voor de huur en verhuur van land in 2002.

De uitdagingen in de komende jaren in Noord-Holland zijn:

- Het verder ontwikkelen van deelbouw. Deelbouw is de grootste kans voor de ontwikkeling van biologische landbouw in Noord Holland. Het is echter nog een onbekend fenomeen. Veel van de biologische bedrijven doen wel aan deelbouw, maar in totaal is het maar een bescheiden groep. Eén van de grootste vragen ligt bij de waardebepaling van biologische huurland.
- Het verder bespreken en uitdragen van het deelbouw concept. Gangbare akkerbouwers en kooltelers die werkbare voorbeelden van deelbouw in de biologische landbouw zien, zijn eerder gemotiveerd om om te schakelen.
- Niet alleen aandacht schenken aan samenwerking tussen plantentelers maar ook tussen plantentelers en veehouders gezien het gemengde karakter van de landbouw in Noord Holland.

De verwachtingen voor Noord Holland zijn:

- Dat de recente groep omschakelaars meer boeren zal interesseren in de biologische landbouw.
- Dat deelbouw een nieuwe impuls zal geven aan de ontwikkeling van biologische landbouw in Noord Holland.

#### 4.3 Noordoost Nederland

Noordoost Nederland valt binnen BIOM uiteen in de Provincies Drenthe en Overijssel. Doordat de noordoostelijke zand- en dagronden zich ook uitstrekken naar Groningen en Friesland, komen we bedrijven uit deze regio's wel eens tegen in BIOM verband.

Op de zand- en dalgronden van Drenthe en Overijssel zijn maar een beperkt aantal biologische akkerbouw en vollegrondsgroentebedrijven. En er komen er toernogtoe jaarlijks maar weinig bij. Het valt met name voor akkerbouwbedrijven op de veenkoloniale dalgronden van Drenthe en Groningen niet mee een weg te vinden in de biologische landbouw. Komende uit een gangbare op fabrieksaardappelen gebaseerd bouwplan moet er verruimd worden. De alternatieven voor de traditionele hoofdgewassen liggen echter zowel teelt- als markttechnisch niet voor het oprapen. Biologisch worden betekent in dit gebied in ieder geval dat er een groot aantal nieuwe gewassen geteeld moeten gaan worden (vaak vollegrondsgroente of akkerbouwmatige vollegrondsgroente). De teelt van deze gewassen, maar ook van de traditionele gewassen is biologisch echter niet eenvoudig op deze gronden, vanwege de hoge onkruiddruk, de vorst- en stuif risico's en de (bodemgebonden) ziekten- en plagendruk. De in het gebied aanwezige biologische bedrijven zijn bovendien vaak nog de veelvormige pioniersbedrijven. Gangbare boeren kunnen zich daar maar met moeite mee identificeren en/of zien hoe de biologische bedrijfsvoering op hun bedrijf zou uitpakken. Voor bepaalde niches in de markt en op basis van veel eigen initiatief en durf is er hier en daar wel wat mogelijk, maar makkelijk is het niet.

Andere belemmeringen voor omschakeling liggen in de bedrijfsstructuur en de opvolgers problematiek. Veel gangbare bedrijven hebben in de afgelopen 20 jaar al een uitweg gezocht uit de economische problemen door schaalvergroting, het opzetten van neventakken of door werk erbij te vinden buiten de landbouw. Omstandigheden die omschakeling bemoeilijken. Bovendien ligt de gemiddelde leeftijd hoog en heeft niet ieder bedrijf meer een opvolger. Waarom de stap dan nog wagen?

Overijssel is voor een groot deel een veehouderij-provincie en daardoor beperkt in het aantal akkerbouw- en groenteteeltbedrijven. Uitbreiding van biologische akker- en tuinbouw hier is moeilijk. De laatste jaren zijn er wel bedrijven gestart met kleinschalige tuinbouw of biologische akkerbouw op een deel van het bedrijf. Bestaande akkerbouwbedrijven hebben het akkerbouwbedrijf vaak als neventak wat niet stimuleert om de biologische teelt constructief aan te pakken.

Met name in Twente komt er wat schot in de ontwikkeling doordat er recent een tweetal grote bedrijven omgeschakeld zijn: beide melkveehouderij met akkerbouw, samen 120 ha. Daar komt het Landgoed Singraven (Denekamp) bij die een groenteteeltbedrijf op hun landerijen heeft gevestigd. In de akkerbouw zijn twee bedrijven aan het omschakelen naar biologische landbouw. Zowel in Twente als in Salland worden nu initiatieven opgezet, vergelijkbaar met die van het BPA (Biologische Producenten Achterhoek, en samenwerkingsverband) om de regionale afzet te stimuleren.

De uitbreiding van de biologische varkenshouderij zal de vraag naar biologisch graan sterk stimuleren. Een biologische varkenshouder heeft al gauw behoefte aan een voederaanbod equivalent aan 50 ha biologisch voergraan! Biologische varkensmest is echter geen aantrekkelijke mest voor de biologische akkerbouwer vanwege de ongunstige stikstof/fosfaat verhouding. Samenwerking tussen een biologische varkenshouder en een biologische akkerbouwer ligt hier dus niet voor de hand. Om voor deze problemen een oplossing te vinden is in Overijssel een project gestart van het Louis Bolk Instituut i.s.m. de DLV, het Koppelbedrijven project. Een mogelijke oplossing is de samenwerking tussen biologische melkveehouderij, varkenshouderij en akkerbouw. De varkenshouder heeft een fosfaatoverschot, terwijl de melkveehouder een fosfaattekort en een stikstofoverschot heeft. Als de melkveehouder varkensmest gebruikt, kan hij zijn stikstofoverschot via zijn mest afvoeren aan de akkerbouwer, die een stikstoftekort heeft.

Aan de tweede omschakelingscursus deden vooral bedrijven uit Twente en Overijssel mee. Hiervan schakelen er vijf zeker om. Van de bedrijven die niet omschakelen wordt vooral de hoge onkruiddruk als reden genoemd. De afzetproblematiek speelt ook een belangrijke rol in Noord Oost Nederland. Voor de akkerbouwgewassen (fabrieksaardappelen) is geen biologische afzet en voor de groentegewassen vormt onder meer de logistiek een probleem omdat afnemers (bijvoorbeeld Nautilus in Flevoland) te ver weg liggen. De perspectieven voor Noord Oost Nederland liggen met name in de groenteteelt (vers of industrie). Voor sommige gewassen is het klimaat zelfs gunstig omdat de ziektedruk (schimmels) lager is. Doordat de normale afzetkanalen ver weg liggen, moet of naar regionale afzet gezocht worden via bijvoorbeeld abonnementen en thuisverkoop of dient via schaalvergroting het logistieke probleem betaalbaar worden. Dit kan gestimuleerd worden door samenwerkingsverbanden als de BPA. Dit is echter alleen een mogelijkheid voor kleinere bedrijven. Voor de grotere bedrijven wordt Duitsland misschien een potentiële afzetmarkt. Grote bedrijven zijn zich aan het oriënteren op biologische producten. Om die bedrijven toe te leveren heeft deze regio weer een logistiek voordeel.

De uitdagingen voor de komende jaren in Noord Oost Nederland zijn:

- Het versterken van de regionale afzet van biologische producten;
- Creëren en benutten van kansen op de Duitse markt voor industrie gewassen;
- Het opzetten van goed werkende biologische voorbeeldbedrijven die een impuls kunnen geven aan zowel de gangbare als biologische landbouw;
- Koppeling aan natuur, landschap, recreatie, koppeling van veehouderij met akkerbouw;

- Ontwikkeling van de (melk)veehouderij en gemengde bedrijven;
- Uitruil van biologisch land van veehouders met gespecialiseerde akkerbouwers.

#### 4.4 Zuidoost Nederland

Het areaal biologische landbouw op de zandgronden van de provincies Noordwest Brabant en Limburg (BIOM regio ZON) is beperkt. In 1999 nam, net als in andere regio's, voor het eerst de belangstelling voor biologische landbouw toe.

Aan de eerste omschakelcursus namen voornamelijk bedrijven deel uit Noord-Brabant. Hiervan schakelden er uiteindelijk vijf om. De tweede omschakelcursus kende deelnemers uit Noord- en Zuid Limburg en Oost Brabant. Hiervan schakelen er uiteindelijk ook vijf om. Van de deelnemers uit Limburg schakelen er uiteindelijk vier om (50%). Vooral de belangstelling uit Zuid Limburg was verheugend. De ontwikkeling van biologische akkerbouw/vollegrondsgroente moet daar nog geheel van de grond komen.

Opvallend aan de regio is de scherpe scheiding tussen vollegrondsgroenteteelt bedrijven en akkerbouwbedrijven. Een mix van beide bedrijfstypes, zoals in andere regio's, zien we hier niet of nauwelijks. Met name vanuit de intensieve tuinbouwstreken is nog weinig belangstelling om om te schakelen. Bedrijven die wel zijn omgeschakeld worden nauwlettend in de gaten gehouden. Daardoor is bij de gangbare collega's de argwaan tegen biologisch telen verdwenen. Dat leidt echter niet tot meer omschakelaars, de belangstelling voor biologische landbouw is juist minder geworden. De belangrijkste reden hiervoor is de tegenvallende afzet in 2001. Veel gangbare tuinbouwbedrijven hebben al een financieel slechte uitgangspositie. Naar verwachting zullen veel bedrijven in 2002 stoppen. Geen goede uitgangspositie om om te schakelen, zeker niet met het slechte afzetjaar 2001 nog vers in het geheugen.

Ondanks de inzet van organisaties als veiling ZON, Nautilus en Bakker Barendrecht verloopt de afzet van biologische aardbeien, courgettes, bladgewassen, zomerprei en asperges uiterst moeizaam en juist deze producten worden in Zuidoost Nederland veel geteeld. Biologische afnemers zijn nog steeds niet in staat om grotere hoeveelheden vers product te verkopen. Voor ondernemers met middelgrote bedrijven (15-20 ha) biedt biologische landbouw nog geen economische zekerheid.

De bedrijfssoort is hier ook bepalend voor het perspectief om als biologisch bedrijf verder te gaan. In deze regio zijn veel gemengde bedrijven (veehouderij met open teelten) en veel gespecialiseerde tuinbouwbedrijven. Als een gemengd bedrijf wil omschakelen houdt dat vaak in dat de veehouderij tak mee zal gaan. Buiten de rundveehouderij zijn de perspectieven totnogtoe beperkt geweest (biologische varkenshouderij) vanwege de benodigde

investeringen. Daar lijkt nu verandering in te komen met het convenant dat de sector heeft gesloten. Hierin wordt een vaste prijs en afzet gegarandeerd voor biologische varkensvlees en worden investeringen door LNV gesubsidieerd. Dit zal wellicht een nieuwe impuls geven aan gemengde bedrijven die willen omschakelen. Voor de gespecialiseerde bedrijven brengt omschakeling een te grote desinvestering met zich mee vanwege de verruiming van bouwplan. Land bijhuren is vrijwel onmogelijk gezien het beslag dat de varkenshouderij legt op vrijwel iedere hectare voor de afzet van de mest.

In tegenstelling tot de meeste andere regio's speelt het arbeidsprobleem niet in Zuidoost Nederland. De totale arbeidsbehoefte van een vollegrondsgroentebedrijf is sowieso al hoog. Daar verandert omschakeling naar biologische landbouw weinig aan, omdat het merendeel van de arbeid in het planten en oogsten zit.

Het perspectief voor biologische landbouw in deze regio's ligt bij de grotere bedrijven waarbij een verruiming van het bouwplan niet tot al te grote desinvestering leidt in productiemiddelen en kennis. Voor de kleinere tuinbouwbedrijven met eigen afzet (abonnementen) is er ook wel perspectief, als de ondernemer voldoende klanten kan werven voor zijn producten. Of het convenant in de varkenshouderij zijn uitwerking heeft op gemengde bedrijven die willen omschakelen, moet nog afgewacht worden. Ook deze bedrijven zullen pas omschakelen als er ook voor hun vollegrondproducten een markt is.

De uitdagingen voor de komende jaren in Zuidoost Nederland zijn:

- De afzetperspectieven verbeteren, pas daarna kan gericht worden gezocht naar potentiële omschakelaars;
- Meer aandacht te schenken aan multifunctionaliteit (recreatie, natuurbeheer, toerisme).

De verwachtingen zijn:

- Dat veel gangbare tuinbouwbedrijven zullen stoppen;
- Dat als de afzet niet verbetert, ook een aantal biologische tuinbouwbedrijven zal stoppen;
- Dat het convenant in de varkenshouderij een impuls zal geven aan gemengde bedrijven die willen omschakelen.

#### 4.5 Zuidwestelijke zeelei

Het zuidwestelijk zeeleigebied bestaat uit de kleigronden van de regio's West Brabant, Zeeland en Zuid Holland. In dit gebied waren er gedurende de jaren negentig slechts een beperkt aantal biologische bedrijven actief. Vanaf 1998 is de belangstelling sterk toegenomen. Dat uit zich onder andere in de sterke belangstelling voor de open dagen die in BIOM verband werden gehouden. In de tweede omschakelingscursus was de belangstelling zelfs zo groot dat twee parallelgroepen gevormd konden worden. Deels is de belangstelling gestimuleerd door de activiteiten van BIOM, anderzijds heeft BIOM het platform geboden om deze belangstelling te voeden en te ondersteunen. Met name in West Brabant en Zeeuws Vlaanderen is een sterke groei te

zien. De verwachting is dat eenzelfde belangstelling in Zuid Holland zal ontstaan nu daar een groep van vier middelgrote akkerbouwbedrijven omschakelt (Hoeksche Waard). Kenmerkend voor het Zuidwestelijk kleigebied is dat de open dagen altijd zeer goed worden bezocht.

Met name West Brabant en Zeeuws Vlaanderen hebben zich de afgelopen jaren mogen verheugen in een toenemende belangstelling voor de biologische landbouw. Een sterke impuls voor West Brabant was een groep telers die tegelijk omschakelden. Dat heeft een dusdanig effect gehad op de omgeving dat in 2001 veertien bedrijven aan het omschakelen zijn in West Brabant. Dit zijn allemaal akkerbouwbedrijven waarvan de meesten zich hebben aangesloten bij Nautilus. Deze groep heeft zich verenigd in een studieclub en ze zijn allemaal in BIOM begeleid. In Zeeuws Vlaanderen is de 'oude' vaste kern van vijf akkerbouwbedrijven doorgroeid naar dertien, ook hier allemaal akkerbouwbedrijven (ook hier als BIOM groep). De geschetste stroomversnelling lijkt inmiddels te zijn uitgewerkt. De belangstelling wordt al wat minder. Het lijkt erop dat de latente belangstelling van een aantal ondernemers in de laatste jaren omgezet is in daden en dat het potentieel daarmee voorlopig weer wat kleiner is geworden. In Zeeuws Vlaanderen groeit het arbeidsprobleem, wat de interesse in omschakeling ook zal doen afnemen.

In Zuid-Holland lijkt in de Hoeksche Waard verandering te komen. Ook daar was sprake van enkele oudere bedrijven en een enkel nieuw bedrijf, met vrijwel geen groei. Recent zijn daar nu vier akkerbouwbedrijven (gezamenlijk 180 ha) aan het omschakelen. Hopelijk gaat van deze groep net zo'n stimulerende werking uit als van de kernen in Zeeuws Vlaanderen en West Brabant. Buiten de Hoeksche Waard gaat het bij biologische landbouw totnogtoe veelal om kleinschalige vollegrondsgroenteteelt. Toch is hier sprake van een toenemende belangstelling gezien de invulling van de omschakelgroep van 2000. In het gebied boven Rotterdam is er weinig belangstelling. Deels vinden de belemmeringen hun oorsprong in het type bedrijf. Voor intensievere vollegrondsbetrieben is omschakeling nog steeds een hele grote stap. Ook landelijk zijn er nog maar weinig gangbare vollegrondsgroentetelers die omschakelen. De grootste belemmering ligt in de afzetperspectieven. Er is nog geen grote marktpartij die enig zicht biedt op continuïteit van afname van een groter aantal producten. Naast de uitbreiding die de biologische landbouw nu ondervindt in Hoeksche Waard, moet er ook een perspectief zijn voor biologische akkerbouwbedrijven in Zeeland. Een eventuele belemmering kan zijn dat voor zeer grote bedrijven (> 50 ha) de benodigde arbeidsinzet sterk toeneemt en er bovendien voor de hele oppervlakte passende gewassen een afzet gevonden moet worden. De vaak schaars verkrijgbare arbeid kan in Zeeland een rem op omschakeling zijn. Met name op Walcheren hebben potentiële biologische bedrijven te maken met

arbeidstekorten vanwege de concurrentie met de recreatie. De uitdaging voor de komende jaren ligt in de volgende punten:

- Ontwikkelen van biologische landbouw op de Zeeuwse eilanden;
- Om tot meer samenwerking te komen bij de kleinere vollegrondsbetrieben en tot een aanzienlijk verbeterde arbeidsplanning en mechanisatie.

De verwachtingen voor het Zuidwestelijk kleigebied zijn:

- Dat een nieuwe groep omschakelaars uit Zuid Holland (samen 180ha) een positieve uitstraling zal hebben op de regio en hierdoor de belangstelling voor biologische landbouw een nieuwe impuls zal krijgen.

#### 4.6 Gelderland

De provincie Gelderland is in 2001 aan BIOM toegevoegd. Gelderland is globaal in te delen in drie regio's: de Achterhoek, het rivierengebied en de Veluwe. In alle regio's is al geruime tijd biologische landbouw aanwezig. De belangstelling voor biologische landbouw in deze regio's is zeer laag.

Het rivierengebied kent veel professionele gangbare akkerbouw en vrijwel geen biologische akkerbouw/vollegrondsgroenteteelt. De omschakeling loopt ook zeer moeizaam. De biologische bedrijven die wat langer in het gebied gevestigd zijn vormen geen geschikt referentiekader voor de gangbare bedrijven (bouwplan en grootte zijn niet te vergelijken). Misschien dat de recente omschakeling van de akkerbouw van landgoed Mariënwaerd hier verandering in brengt. Dit landgoed hanteerde tot voor kort een traditioneel akkerbouwplan. De bedrijfsleider is actief in akkerbouwstudieclubs. Specifiek voor het gebied is dat de grote verscheidenheid in mate van afsluitbaarheid (tussen en binnen percelen) als bezwaar beschouwd voor biologische landbouw (met name voor onkruidbestrijding). Aan de andere kant is over het gehele rivierengebied in de gangbare akkerbouw een grote verscheidenheid aan gewassen te vinden en zijn er veel grote bedrijven, waardoor het potentieel aan omschakelaars erg groot is. Om in dit gebied biologische landbouw te stimuleren is het versterken van de huidige biologische landbouw en het stellen van inspirerende voorbeelden van groot belang.

In de Achterhoek zijn redelijk wat biologische bedrijven gevestigd. De bedrijven zijn echter erg divers, maar voornamelijk tuinbouw georiënteerd. Het stimuleren van omschakeling is erg moeilijk. Enerzijds is het gebied erg groot en zitten de biologische bedrijven erg verspreid. Anderzijds is er weinig gangbare akkerbouw of tuinbouw in het gebied. Voor de Veluwe geldt een gelijkwaardige situatie: in dit gebied zijn de vrij grootschalige biologische bedrijven gericht op akkerbouw. Veel potentieel is er niet door het beperkt aantal gangbare akkerbouwbedrijven in het gebied. De uitdaging voor de komende jaren ligt in de volgende punten:

- Versterken en professionaliseren van de biologische landbouw in de gehele provincie;
- Biologische landbouw uitbouwen naar meerdere functies in de regio's Veluwe en Achterhoek;
- Aandacht voor afzet en krachtenbundeling voor de kleinere bedrijven in de Achterhoek;
- Aandacht voor afzetmogelijkheden van Veluwse akkerbouw;
- Stimuleren van omschakeling in het rivierengebied;
- Versterken van de samenwerking biologische akker- en tuinbouw met biologische veehouderij;
- Optimaliseren van gemengde biologische bedrijven.

## **5. Perspectief**

Wanneer we vanuit een nationaal perspectief het aantal professionele, voor een bulkmarkt, opererende bedrijven

inschatten, gaat het anno 2002 om een 100 tal akkerbouwbedrijven (ca 45% in Flevoland) en een 50 tal vollegrondsgroentebedrijven. Dat is niet veel. Het marktaandeel biologisch in het totaal aantal bedrijven is ca. 1,6%. Aannemende dat het marktaandeel ook geldt voor deze sectoren en aannemende dat er wat grotere bedrijven gaan omschakelen en bestaande bedrijven groeien, hebben we het zelfs dan nog over een groei met een factor 4-5 voordat 10% marktaandeel bereikt wordt. Dat betekent dat er nog zo'n 500-700 bedrijven bij moeten komen. Het is niet eenvoudig om in de realisatie daarvan te geloven. Extra impulsen vanuit de markt en de overheid zijn nodig. Sleutelwoorden daarbij zijn verbetering van de ketensamenwerking en het creëren van afzetperspectief. Omschakelen kost geld, de kosten daarvan zouden uit de markt betaald moeten worden. Dat is zeker nog niet het geval. Hier ligt dan wellicht een rol van de overheid.

## **6. Literatuur**

Wijnands F.G., van Leeuwen-Haagsma W.K. & F. van Koesveld, 2002. Op we naar een Goede Biologische Praktijk; ervaringen en resultaten uit het BIOM project. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.



# Biologische landbouw: conflicten, kansen en modelmatig verkennen

Pieter van de Sanden<sup>1</sup>, Frits van Evert<sup>1</sup>, Hans Smid<sup>2</sup>, Rob Stokkers<sup>2,5</sup>, Walter Rossing<sup>3</sup>, Gerrie van de Ven<sup>4</sup> & Martin van Ittersum<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Plant Research International

<sup>2</sup>Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

Leerstoelgroepen W.U. <sup>3</sup>Biologische Bedrijfssystemen en <sup>4</sup>Plantaardige Productiesystemen

<sup>5</sup>Momenteel werkzaam bij het LEI

## Samenvatting

Het biologisch bedrijf is een *meervoudig doelsysteem* dat naast productie, werk en inkomen ook een maatschappelijke functie heeft ten aanzien van het milieu, de natuur, het landschap en gezondheid en welzijn van mens en dier. Het is niet eenvoudig deze verschillende doelen binnen de context van het bedrijf met elkaar in overeenstemming te brengen. In dit artikel wordt nader ingegaan op conflicten tussen doelen en op een methodische aanpak om deze conflicten in kaart te brengen als hulpmiddel bij het toekomstgerichte ontwerpen en innoveren van biologische bedrijfssystemen.

## 1. Waardengebieden, doelen, conflicten en uitruilwaarden

### 1.1 Verschuivende waarden

Lange tijd waren de hoofddoelen van landbouwkundige productie: het produceren van zoveel mogelijk voedsel, voer en grondstoffen tegen een zo laag mogelijke kostprijs. Natuurlijk gold daarbij de randvoorwaarde dat het bedrijf in economisch opzicht moest kunnen overleven. De EU-bijdragen boden daarbij voor veel bedrijven de helpende hand. In de laatste 20 jaar echter is het steeds duidelijker geworden dat de wijze waarop de productie tot stand komt en onze groene ruimte door landbouwers benut wordt niet in overeenstemming is met de eisen die we daaraan zijn gaan stellen.

Was vroeger beheer en inrichting van het landelijk gebied voornamelijk een aangelegenheid van boeren, nu worden er in het landelijk gebied steeds meer claims gelegd vanuit allerlei groeperingen in de samenleving. In het landelijk gebied moeten een aantal voor de maatschappij strategische voorraden veilig gesteld worden en kunnen een aantal belangrijke welzijnsfuncties voor de urbane bevolking gerealiseerd worden.

Dus gaan landbouwbedrijven in toenemende mate meerdere functies vervullen. Het gaat daarbij globaal om een drietal groepen van functies:

- 1) de klassieke productiefunctie,
- 2) het beheer van strategische voorraden zoals rust, ruimte en water, natuur en landschap, biodiversiteit, cultuur-historisch landschap, e.d. en
- 3) welzijnsfuncties zoals recreatieve, sociale en educatieve diensten voor de urbane bevolking (recreatie, tourisme, zorg, therapie, opvang, educatie).

De wensen en eisen vanuit de maatschappij worden steeds sturender voor de ontwikkelingsrichting van landbouw. De NRLO spreekt in dit verband over de noodzaak om een waardenbeleid te voeren (NRLO, 1998; Rutten & van Oosten, 1999) waarbij naast economische en ecologische waarden ook ruimtelijke, fysieke, psycho-sociale en culturele waarden onderscheiden worden. Ook gezien de economische waarde van de grond lijkt het in de toekomst uitgesloten dat op dit schaarse goed slechts één of een zeer beperkt aantal functies uitgeoefend zal worden. De biologische landbouw wordt gezien als een ontwikkelingsrichting, waarin de landbouw die meerder functies binnen een samenhangend concept kan vervullen.

Ook de markt staat niet stil. Afnemers stellen in toenemende mate aanvullende eisen aan het product en de productiewijze. Die eisen zijn niet alleen gericht op het veilig stellen van de voedselkwaliteit (traceability en voedselveiligheid) maar ook op het ontwikkelen van integraal ketenbeheer en kwaliteitszorgsystemen om tot optimale productkwaliteit te komen. Voor individuele bedrijven komt daar dan de arbeids- en milieuzorg nog bij. Niet alleen afnemers maar ook overheden en maatschappelijke instellingen verlangen dit steeds meer van de ondernemers in de groene ruimte. In de nota's van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij wordt in dit verband gesproken van 'license to produce' (voldoen aan maatschappelijke eisen) en 'license to deliver' (voldoen aan de eisen vanuit de markt). Die nieuwe eisen zijn niet altijd gemakkelijk met de oude en met elkaar in overeenstemming te brengen.

Het door de NRLO genoemde verschuivende waardenbeleid is al eerder door Vereijken (1992, 1999) onder de aandacht gebracht. Vereijken onderscheidt een vijftal waardengebieden met binnen elk gebied een aantal 'te

Tabel 1. Waardengebieden en specifiek doelen in de landbouw (Vereijken, 1999)

waardengebied	specifiek doel
productie	hoeveelheid
	kwaliteit
	oogststabiliteit
	duurzaamheid
	beschikbaarheid
werk en inkomen	bedrijfsniveau
	regionaal niveau
	nationaal niveau
natuur en landschap	flora
	fauna
	landschap
gezondheid en welzijn	dierenwelzijn
	rurale bevolking
	urbane bevolking
milieu	bodem
	water
	lucht

dienen doelen', zoals weergegeven in Tabel 1. De productie heeft daarin naast kwantiteit en kwaliteit ook oogststabiliteit, duurzaamheid en beschikbaarheid (tegen een redelijke prijs) als doel. Daarnaast wordt het bedrijf ook gewogen in zijn rol in de inkomens- en arbeidsvoorziening in een breder verband dan alleen het bedrijf zelf, als beheerder van de natuurlijke omgeving en als bewaker van gezondheid en welzijn van mens en dier. De mate waarin verschillende waardengebieden op een bedrijf aandacht krijgen verschilt per bedrijfstype en is ook afhankelijk van de maatschappelijke druk die in tijd en plaats zal variëren.

### 1.2 Visies op landbouw

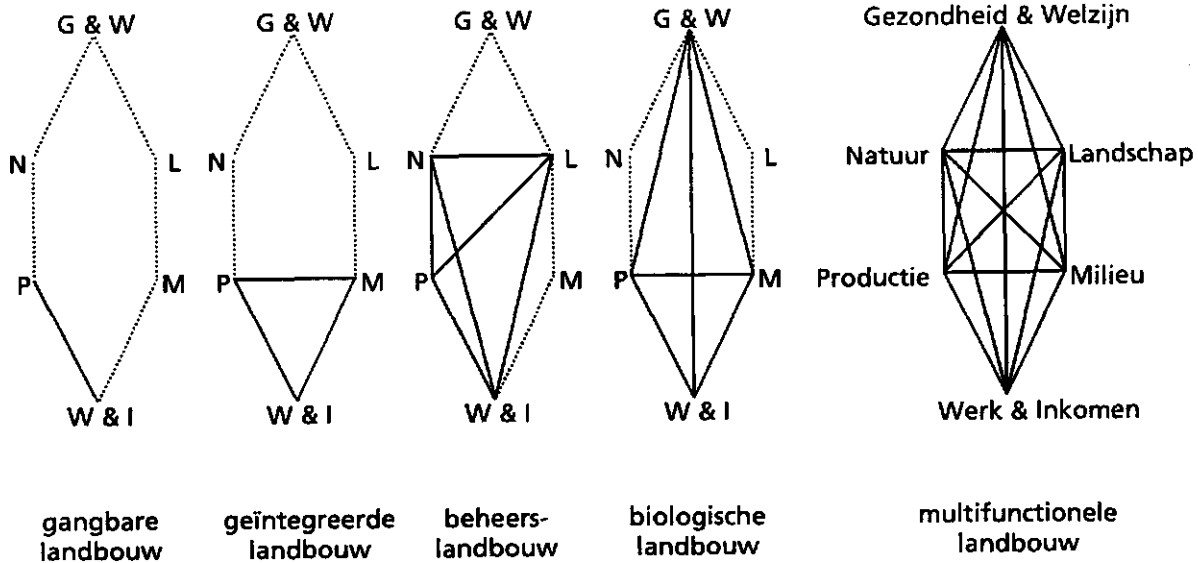
De verschillende visies op landbouw in relatie tot de verschillende waardengebieden is door Vereijken (1997) beeldend weergegeven in de 'diamant' (Figuur 1). Kenmerkend voor de ontwikkeling in visie op het bedrijf is de omkering van de relatie met de omgeving. Vroeger meer van binnen naar buiten gericht, is het nu de maatschappij die in steeds sterkere mate sturend is voor de keuzes die binnen - op bedrijfsniveau - worden gemaakt. Bij een bedrijfstype dat primair georiënteerd is op de markt staat productie en financieel resultaat voorop. In de geïntegreerde landbouw zijn de waardengebieden enigermate in evenwicht gebracht door meer aandacht voor het milieu. Voor de biologische landbouw is het startpunt de verantwoordelijkheid voor de samenleving als geheel, w.o. gezondheid en welzijn (Schröder *et al.*, 2002 - deze studiedag - hanteren waardebegrippen als 'gezonder en veilig', 'natuurlijk', 'duurzaam', 'milieuvriendelijk' en 'integer'). De multifunctionele landbouw voegt de waardengebieden natuur en landschap toe. De visie op de landbouw is nog sterk in ontwikkeling. De biologische landbouw heeft

echter bij uitstek de intentie om vanuit deze verbrede visie invulling te geven aan agrarisch ondernemen.

### 1.3 Conflicterende doelen

Voor elk waardengebied kunnen maatstaven ontwikkeld worden met er aan te koppelen streefwaarden (ambitieniveau). De mate waarin streefwaarden worden gehaald weerspiegelt in hoeverre het bedrijf erin is geslaagd zijn doelen te bereiken. Vereijken *et al.*, (1998) hebben in die waardengebieden een set van maatstaven ontwikkeld, een aantal biologische voorhoedebedrijven begeleid bij de realisatie van de bijbehorende streefwaarden en de resultaten gevolgd. De grafische weergave hiervan (Figuur 2) geeft de relatieve prestaties in een totaalbeeld voor het hele bedrijf (dat zou overigens ook een regio of sector kunnen zijn). Het laat zien dat sommige doelen makkelijker en andere heel lastig zijn te verbeteren. Sommige resultaten zijn mogelijk ten koste van andere gerealiseerd. Er wordt, bijvoorbeeld, nauwelijks resultaat geboekt op de reductie van het 'uren handwieden', omdat prioriteit wordt gegeven aan de kwaliteitsproductie, en de schaarste aan kalium-arme organische mesten maakt een duurzaam bodembeheer lastig. Enkele voorbeelden van conflicten tussen waardengebieden zijn weergegeven in Tabel 2.

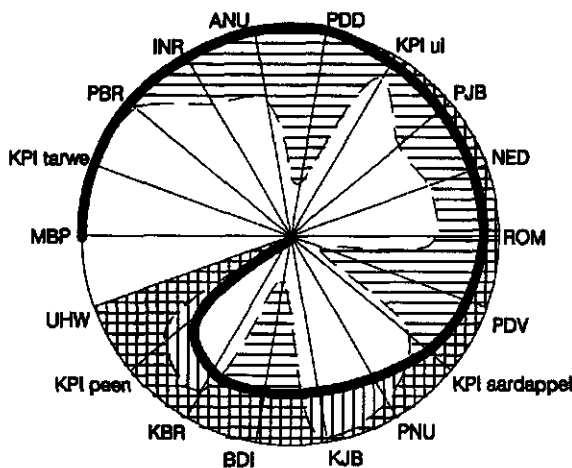
Ook binnen een waardengebied kunnen we voor managementbeslissingen staan met conflicterende effecten. Stikstofgift, bijvoorbeeld, heeft een positief productie-effect als het gaat om snelle gewassluiting (vroegheid, onkruidonderdrukking, opbrengstvorming), maar is negatief voor de ziekteverendheid van het gewas met mogelijk negatieve gevolgen voor opbrengst. Datzelfde geldt voor nauwe versus ruime plantafstanden. Een betere benutting van het groeiseizoen wordt bereikt door vroeg te zaaien, maar er is dan geen ruimte voor de aanleg van een



Figuur 1. Waardengebieden en hun onderlinge koppeling in relatie tot verschillende visies op de landbouw (Vereijken, 1997)

vals zaaibed met grotere onkruiddruk als gevolg. Ten aanzien van het milieu kunnen bemestings-strategieën die ammoniakemissies reduceren soms een negatief effect hebben op de nitraatuitspoeling en omgekeerd. Stikstoflevering uit vaste mest is beter verdeeld over het groeiseizoen dan dunne mest, maar de levering komt in het vroege voorjaar soms te laat op gang (grasland) of gaat in het najaar te lang door (bouwland). Er zijn natuurlijk ook voorbeelden te geven van synergie. Milieuzorg leidt tot schoner werk en gezondere producten; natuur levert functionele biodiversiteit (Booij *et al.*, 2002), bufferstroken tussen gewas en waterloop en alternatieve inkomsten (recreatie, natuurbeheer); duurzaam nutriëntenbeheer levert een gewas op dat minder kwetsbaar is voor ziekten en plagen.

Deze relaties tussen doelen kunnen worden gekwantificeerd: hoeveel kost het in het ene doel om het andere te verbeteren en omgekeerd, de uitruilwaarde. Als zo'n relatie is vastgesteld, is de volgende vraag welke eigenschappen van het bedrijfssysteem de oorzaak zijn van deze koppeling en hoe deze beïnvloed kunnen worden. Gekwantificeerde informatie over doelen, streefwaarden, conflicten en uitruilwaarden kunnen ons (ondernemers en onderzoekers) in staat stellen het bedrijf te verbeteren, omdat er inzicht is in het relatieve belang en vooral de onderlinge koppeling van te verbeteren aspecten van bedrijfsmanagement. Of we dit inzicht kunnen krijgen hangt vooral af van onze huidige kennis van het systeem én van eventuele toekomstige mogelijkheden die we zien. Hoe vervolgens een verbetering geïmplementeerd moet worden is een niet onbelangrijke, maar andere vraag



Figuur 2. De realisatie van maatstaven van doelen in een aantal waardengebieden op 10 voorhoedebedrijven biologische landbouw in 1992 (---) en in 1997 (—). De horizontale arcering geeft de verbetering in die periode, de verticale arcering de verslechtering en de dubbele arcering het nog te verbeteren 'gat' tussen realisatie en streefbeeld. Betekenis van de afkortingen: MBP = Milieu Blootstelling Pesticiden; KPI = Kwaliteits Productie Index; P/KBR = P/K Bodem Reserves; INR = Infrastructuur voor Natuur en Recreatie; A/PNU = Actuele/ Potentiële N-Uitspoeling; PDD = Planten Doelsoorten Diversiteit; P/KJB = P/K Jaar Balans; NED = Neven Elementen Diversiteit; ROM = Relatieve Oppervlakte volgens meervoudig vruchtwisselingsmodel; PDV = Planten Doelsoorten Verdeling; BDI = Bloem Dichtheid Index; UHW = Uren Hand Wieden (Vereijken *et al.*, 1998)

waardengebied	waardengebied	conflict
productie	werk & inkomen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• benodigde ruime vruchtwisseling maakt efficiënte exploitatie van mechanisatie moeilijk en werkt dus kostprijsverhogend</li> <li>• maaivruchten zijn op zich laagsalderend maar functioneel in de vruchtwisseling (bodemziekten, bodemvruchtbaarheid)</li> </ul>
productie	milieu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kwaliteit is in sommige gewassen lastig te realiseren zonder natuurlijke hulpstoffen</li> <li>• sub-optimaal bemesten gaat ten koste van de opbrengst maar kan gewenst zijn t.b.v. het milieu (lager nutriëntenoverschot)</li> <li>• voorjaarstoediening van mest beperkt nitraatuitspoeling maar kan door structuurbederf van de bodem en/of een uitgesteld poot- en zaaitijdstip een negatief productie-effect hebben</li> <li>• een groenbemester is functioneel in relatie tot nutriëntenbeheer en milieuzorg maar kan een brug vormen voor de overbrenging van ziekten tussen twee hoofdteelten</li> <li>• agronomisch optimale P toestand van de bodem ligt op zandgronden wellicht boven de milieukritische waarde, waardoor uitspoeling</li> </ul>
productie	natuur & landschap	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ruimte voor natuur in plaats van voor productie</li> <li>• laag-productieve 'extensieve' landbouw-systemen kunnen een grotere aanspraak maken op de beschikbare ruimte ten koste van ander maatschappelijk gewenst landgebruik</li> <li>• grondbewerkingen kunnen wenselijk zijn ter verhoging van de productie (bestrijding verdichting en onkruid) maar dit kan ten koste gaan van het aanwezige bodemleven (ziektewerend)</li> <li>• ziekten en plagen kunnen overwinteren op natuurlijke elementen</li> </ul>
productie	gezondheid & welzijn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeidsomstandigheden t.b.v. onkruidbestrijding zijn niet optimaal</li> </ul>
milieu	werk & inkomen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• milieu-eisen kunnen leiden tot extensievere vruchtwisseling en daardoor lager inkomen; andere inkomstenbronnen nodig</li> </ul>
milieu	gezondheid & welzijn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uitloop en weidegang van landbouwhuisdieren is goed in relatie tot dierenwelzijn maar de milieu-effecten zijn lastiger te beheersen (emissies)</li> </ul>

Tabel 2. Enkele voorbeelden van (mogelijke) onderlinge conflicten tussen waardengebieden

(Wijnands & Van Koesveld, 2002). Oude eenzijdige bedrijfsmethoden, ontstaan in een eenzijdig op intensivering en op inzet van ‘kunstmatige’ hulpmiddelen gerichte landbouw, moeten opnieuw geëvalueerd worden en waar nodig herontworpen om de nieuwe veel bredere set van doelen te kunnen verwezenlijken. Dat moet gebeuren binnen de systeemcontext. Dit geldt met name in de biologische landbouw. Deze is juist niet gericht op inzet van ‘correctiemiddelen’ als chemische gewasbescherming en kunstmest. Uitsluiten van gebruik van pesticiden heeft bijvoorbeeld ingrijpende consequenties voor de vruchtwisseling; de eisen ten aanzien van duurzaamheid hebben grote consequenties voor de bemesting; etc. Herontwerp van bedrijfsmethoden kan dus alleen binnen de context van het geheel.

Op basis van kennis van het systeem, van doelen, conflicten en uitruilwaarden kunnen we uitspraken proberen te doen over de toekomst in de vorm van ‘als ... , dan ...’ scenario’s. Als we het ideale onkruidbeheer zouden kennen, welke perspectieven biedt dit dan voor biologische bedrijven en hoe liggen dan de ontwikkelingskansen? Maar ook bijvoorbeeld, als de MINAS-regelgeving verder aangescherpt zou worden, wat betekent dit voor de plaatsingsruimte van organische mest en voor de vruchtwisseling (Schröder & van Leeuwen-Haagsma, 2002). Op deze wijze kunnen we de toekomst verkennen en eventueel interessante opties nader uitwerken en onderzoeken om vast te kunnen stellen wat nú voor het bedrijf belangrijk is om straks uit te komen waar we willen zijn.

## 2. De toekomst verkennen

### 2.1 Ondernemen is kiezen

Het verrichten van verkenningen op basis van scenario’s is een goed hulpmiddel bij het bepalen van een of meerdere, strategieën om doelen te bereiken en prioriteiten (ook in het onderzoek) te stellen. Hiervoor is het nodig een visie op de toekomst te schetsen, die door alle belanghebbenden wordt gedragen, en scenario’s te definiëren die mogelijke ontwikkelingen beschrijven. Belangrijk daarbij is de bereidheid om momenteel gehanteerde concepten en recepten ter discussie te stellen en een tijdshorizon te kiezen, die niet te dichtbij ligt. De praktijk leert dat we (vaak noodgedwongen) geneigd zijn tot het focussen op kortetermijn oplossingen voor de knelpunten van vandaag. Voor strategische planning moet echter naar de lange termijn gekeken worden. Aan scenario’s liggen vaak verschillende visies ten grondslag of verschillende snelheden van ontwikkeling van bepaalde aspecten. Voor elk van de scenario’s wordt nagegaan wat het betekent voor ons huidig handelen als dit scenario werkelijkheid zou worden. En daaruit kan een strategie gekozen worden en een plan van aanpak. Bij het kiezen van een strategie is het van belang dat deze zoveel mogelijk gedragen wordt door alle belanghebbenden.

Interactie en afstemming in het hele proces van het verrichten van verkenningen is dus uitermate belangrijk. Verkenningen zijn *geen* voorspellingen. Ondernemen is kiezen en verkenningen zijn een hulpmiddel daarbij. Ze kunnen de verbinding leggen tussen de vandaag te nemen beslissingen en het beoogde effect in de toekomst.

Het kenmerk van verkenningen is de zo goed mogelijke scheiding van normatieve doelen en randvoorwaarden enerzijds en technische en wetenschappelijke kennis anderzijds. De normatieve doelen en randvoorwaarden worden bepaald door de belanghebbenden. Technische en wetenschappelijke kennis bepalen de mogelijke wijzen waarop productie tot stand kan komen (van Ittersum *et al.*, 1998). Er zijn verschillende methoden om verkenningen te verrichten. Wijnands, *et al.*, 2001; van Bruggen & Rossing, 2001). Bij verkennen kan gebruik gemaakt worden van een mathematisch optimaliseringsmodel. Hieronder wordt nader ingegaan op deze methodiek.

### 2.2 Modelmatig verkennen

#### 2.2.1 De IMDP methode

In modelmatig verkennen is een proces en een instrument te onderscheiden. In de eerste fase van het proces wordt in interactie met de belanghebbenden de probleemstelling geformuleerd, bijvoorbeeld in termen zoals uiteengezet door Wijnands *et al.*, (2001) – doelen, maatstaven, streefwaarden – en wordt een instrumentarium gebouwd om berekeningen te kunnen uitvoeren. De tweede fase is een iteratief proces van besluitvorming en berekening en zonodig aanpassing van het instrumentarium. Uiteindelijk moet het geheel convergeren naar een of meerdere voor de betrokkenen aanvaardbare oplossingen, op basis waarvan een strategie ontwikkeld kan worden. Voor agronomische toepassingen is ten behoeve van dit proces de zg. de IMDP methode voor het eerst gebruikt door De Wit *et al.*, (1988). IMDP staat voor Interactieve Meervoudige Doel Programmering. *Interactief* benadrukt de centrale rol van de belanghebbenden (boer, beleidsmaker, natuurorganisatie); *Meervoudig Doel* geeft aan dat meerdere doelen parallel nagestreefd kunnen worden en *Programmering* duidt op de inzet van wiskundige modellen. Deze aanpak is gedeeltelijk of in zijn geheel eerder toegepast in studies als Bol aan de Rol (Jansma *et al.*, 1994), Milieuvriendelijke Melkveehouderij (van de Ven, 1996) en Introductie Geïntegreerde Akkerbouw (Habekotté & Schans, 1996). Het hart van het instrumentarium is een mathematisch model van het systeem dat bestudeerd moet worden. Dit model wordt ondersteund door een database en interfaces voor de aansturing (invoer) en rapportage (uitvoer). In een samenwerkingsproject van Plant Research International, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Wageningen Universiteit (sinds kort verenigd in de Kenniseenheid Plant van Wageningen Universiteit en Research Centrum) is voor het biologische bedrijfssysteem zo’n mathematisch model

ontwikkeld, genaamd BLOEM (Biologische Landbouw Optimalisatie en Exploratie Methode).

### **2.2.2 BLOEM, een bedrijfsmodel voor de biologische landbouw**

BLOEM is een lineair programmeringsmodel, dat een akkerbouw- en vollegrondsgroente-bedrijfsysteem kan optimaliseren. Onder optimaliseren moet hier verstaan worden het (uit componenten) samenstellen van een bedrijf dat gegeven opgelegde beperkingen binnen de gestelde doelen het beste resultaat behaalt. De componenten zijn een coherent geheel en dragen in hun onderlinge samenhang volgens onze beste kennis bij aan de realisatie van de betrokken doelen. Zoveel mogelijk alternatieven worden in de analyse meegenomen. Voorbeelden zijn de verschillende teeltwijzen van een gewas, de bemestingsmethoden en de vele bewerkingen. De bijdragen van de componenten aan de doelen zijn gekwantificeerd in termen van inputs en outputs. De optimalisatie is een iteratief proces, waarbij steeds weer de prestaties t.a.v. de doelen worden gewogen en het eindresultaat beoordeeld door de gebruikers. De bedrijfssamenstelling is het voor dát resultaat optimale bedrijf. Als 'financieel resultaat' wordt in BLOEM het saldo berekend van enerzijds de financiële opbrengsten van de producten en anderzijds de toegerekende kosten, de kosten die direct variëren met de omvang van de teelt, en de kosten van losse arbeid, loonwerk en machines. De overige niet-toegerekende kosten, zoals de kosten van grond, gebouwen en de berekende arbeidskosten voor de ondernemer zijn buiten beschouwing gelaten. Ook worden de kosten voor het doen van investeringen en de kosten voor eigen ingezet kapitaal niet meegenomen. Als 'milieu-resultaat' kunnen verschillende indicatoren gehanteerd worden, zoals een inschatting van de nitraatuitspoeling of van de hoeveelheid nagelaten stikstof in de bouwvoor na de oogst.

Tijdens de optimalisatie wordt een optimale rotatie samengesteld. Deze rotatie kan gewassen bevatten die bewust sub-maximaal opbrengen. Dat kan nodig zijn om aan extern opgelegde doelen te voldoen. Van tevoren kan opgegeven worden welke bodemgebonden aaltjes, schimmels, e.d. aanwezig zijn, die mede de maximaal te behalen opbrengsten bepalen. Het model rekent een zogenaamde steady-state situatie door. Dat wil zeggen dat de uitkomst geldig is voor een lang volgehouden vruchtwisseling en bijbehorend management, zodat er sprake is van een evenwichtssituatie voor bijvoorbeeld de bodemvruchtbaarheid en de aanwezigheid en schadelijkheid van ziektes en plagen. De overige ('luchtgebonden') ziektes en plagen worden eventueel met een standaard pakket bestreden en geven een vaste reductie op de gewasopbrengst. Om aan de opgelegde doelen te voldoen binnen de gestelde beperkingen, kiest BLOEM de meest geschikte bemestingsmethode en berekent de mineralenbalansen van stikstof, fosfaat en kali om de milieu-effecten ervan vast te kunnen stellen en eventueel te

kunnen beperken. Ook wordt een organische stofbalans bijgehouden. In de bemestingsmethode wordt - in principe op basis van evenwichtsbemesting - gekozen voor de juiste combinatie van toedieningswijze en mestsoort. De mineralenbalans levert informatie op over ammoniak-emissies en over risico's voor nitraatuitspoeling, maar ook over accumulatie of uitmijning. Met betrekking tot de vele bewerkingen, die uitgevoerd moeten worden op een bedrijf, worden keuzes gemaakt voor het uitvoeren in eigen mechanisatie of in loonwerk. Het te bewerken areaal, de jaarlijkse mechanisatiekosten, en de benodigde arbeid bij de bewerking spelen hierbij een belangrijke rol. Voor eventueel benodigde extra inzet van arbeid naast de ondernemer, worden kosten berekend die in het financieel resultaat worden meegenomen.

In principe levert de optimalisatie-routine één optimale oplossing op, d.w.z. één rotatie met bijpassend management. Dat zou misschien voldoende zijn als er zekerheid was over de juistheid van alle invoergegevens en ook over de grootteorde van de doelindicatoren die we willen realiseren. Dat is natuurlijk niet zo. Daarom is een procedure ontwikkeld die een zogenaamde set van *nearly optimal solutions* genereert (Makowski *et al.*, 2001), waarmee niet één enkele rotatie wordt berekend, maar een aantal rotaties die qua bouwplan en management zoveel mogelijk verschillen, maar wel binnen een marge van bijvoorbeeld 5% van de streefwaarde(n) blijven. Die set levert als het ware de 'meerdere wegen naar Rome' op, die hard nodig zijn om als ondernemer vrijheidsgraden te behouden om eigen keuzes te maken en niet in een keurslijf te zitten. Daarnaast is ook informatie nodig over de onzekerheid waarmee we onze invoergegevens kennen en over het effect hiervan op de onzekerheid van (of de marges in) de uitkomst.

### **2.2.3 CAPS, relationele database**

Een tweede onderdeel van het instrumentarium is de Crop and Animal Production Systems *relationele database* (kortweg CAPS). We onderscheiden daarin het datamodel, ondersteunende rekenmodellen/ rekenregels en de data. In het datamodel zijn de onderlinge relaties tussen data-items vastgelegd, bijvoorbeeld de opbrengstderiving door bodemgebonden ziekten en plagen, het opstellen van mineralenbalansen en het uitvoeringsschema van bewerkingen. Ondersteunende rekenmodellen zijn aan de database gekoppeld voor bijvoorbeeld de berekening van de gewasspecifieke nutriënten-giftbehoefte of van de nutriëntenwerking van een bepaalde bemestingsmethode. Deze database is ontwikkeld voor deze studie, maar zal ook voor andere studies van nut blijken te zijn. Een voorbeeld hiervan is al gerealiseerd, nl. de door bovengenoemde instellingen samen met het Van Hall Instituut en de Chr. Agrarische Hogeschool in Dronten ontwikkelde 'Farm Explorer' voor educatieve toepassingen, waarmee het o.a. mogelijk is 'wat - als'- vragen te beantwoorden ten aanzien

van gewasrotaties. Een demo van Farm Explorer zal te zijner tijd worden opgenomen op een CD.

### 3. Epiloog

In het algemeen is het mogelijk met modelmatig verkennen de consequenties van doelstellingen te analyseren, zowel de conflicten tussen doelstellingen als de wijzen waarop doelstellingen het best kunnen worden gerealiseerd. Dat kan bijvoorbeeld een bemestingsstrategie inhouden - inclusief het beheer van de bodem organische stof -, waarbij in de afweging tussen milieu en saldo nagegaan kan worden welke gewassen welk bemestingsniveau met welke methode krijgen toegediend. De bijdrage van nieuwe, eventueel imaginaire, plaatsingsmethoden kan geëvalueerd worden. Met betrekking tot de veredeling voor biologische landbouw kunnen modelmatige verkenningen bijdragen aan het stellen van prioriteiten ten aanzien van specifieke veredelingsdoelen.

Anders dan in experimentele of empirische onderzoeksmethoden kunnen met modelmatig verkennen bij uitstek minder voor de hand liggende en risicovolle alternatieven worden bekeken en/of kan verkennen een rol spelen in de ontwerpfase bij het ontwikkelen van duurzame productiesystemen (Rossing *et al.*, 1995; van Ittersum *et al.*, 1998). Het kan daarin gebruikt worden als ex-ante of ex-post evaluatie van bijvoorbeeld de inrichting van proeflocaties of bij de introductie van beloftevolle technologieën en is daarbij complementair aan de methode van prototypen (Wijnands *et al.*, 2001; van Bruggen & Rossing, 2001). In deze laatste methode worden één of enkele opties ontwikkeld en onderzocht terwijl de modelmatige benadering een breder scope aan (beloftevolle) opties in beeld kan brengen.

Daarmee zijn modelmatige verkenningen bij uitstek geschikt om het nadenken over de toekomst te ondersteunen, en na te gaan in hoeverre technische mogelijkheden in staat zijn om normatieve doelen naderbij te brengen.

### 4. Geciteerde publicaties

- Booij, C., E. den Belder & A. Visser, 2002. De betekenis van diversificatie en ecologische infrastructuur voor de gewasbescherming in de biologische landbouw. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.). Studiedag Biologisch Bedrijf onder de Loep, In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- van Bruggen, A.H.C., & W.A.H. Rossing, 2001. Complementariteit van vergelijkend en ontwikkelingsgericht bedrijfssystemenonderzoek, met specifieke aandacht voor biologische bedrijfssystemen. In: J. Wolfert, R. Booij & M.K. van Ittersum. Ecologisering en Bedrijfssystemenonderzoek: waarheen, waarvoor? Verslag KLV studiedag 2001 studiekering Ecologie en Fysiologie van de Plantaardige Productie, KLV, Wageningen, pp. 51-65.
- Habekotté, B., & J. Schans, 1996. Modelmatige verkenning van mogelijkheden voor de geïntegreerde akkerbouw. AB-DLO rapport 64, Wageningen, 68 pp.
- van Ittersum, M.K., W. Rossing, G. van de Ven, H. ten Berge & J. Schans, 1998. Zoeken en leren met modelmatige verkenningen. Spil 155-156: 49-55.
- Jansma, J.E., W.A.H. Rossing, E.J. de Ruijter & J. Schans, 1994. De bol aan de rol. Wetenschapswinkel rapport 103, Landbouwuniversiteit Wageningen, 60 pp.
- Makowski, D., E.M.T. Hendrix, M.K. van Ittersum en W.A.H. Rossing, 2001. Generation and presentation of nearly optimal solutions for mixed integer linear programming, applied to a case in farming system design. European Journal of Operations Research 132: 425-438.
- NRLO (Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek), 1998. Agrosector: Kennis- en Innovatieagenda – Ambities voor de 21e eeuw. NRLO-rapport 98/20, Den Haag, 42 pp.
- Rossing, W.A.H., F.G. Wijnands & A.T. Krikke, 1995. Voortgaande vernieuwing in de landbouw: het samenspel van prototyping en toekomstverkenning. In: A.J. Haverkort & P.A. van der Werff (Eds.). Hoe ecologisch kan de landbouw worden? Uitgave AB-DLO Thema's 3, Wageningen, pp. 115-135.
- Rutten, H., & H.J. van Oosten (Eds.), 1999. Innoveren met ambitie. Kansen voor agrosector, groene ruimte en vissector. NRLO-rapport 99/17, Den Haag, 42 pp.
- Schröder, J.J., & W. van Leeuwen-Haagsma, 2002. Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.). Studiedag Biologisch Bedrijf onder de Loep, In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.

- Schröder, J.J., F.G. Wijnands & R. Booi, 2002. Intenties van biologische landbouw en de rol van onderzoek. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.). Studiedag Biologisch Bedrijf onder de Loep, In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- van de Ven, G.W.J., 1996. A mathematical approach to comparing environmental and economic goals in dairy farming on sandy soils in the Netherlands. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen, 239 pp.
- Vereijken, P., 1992. A methodic way to more sustainable farming systems. *Neth.J.agric.Sci.* 40: 209-223.
- Vereijken, P., 1997. Programmeringsstudie multifunctionele landbouw. 1. Innovatieve ideeën en expertise binnen DLO. Rapport 7-278hu, DLO, Wageningen, 90 pp.
- Vereijken, P., 1999. Manual for prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. Cereales Uitgeverij, Wageningen, 53 pp. (<http://www.gcw.nl>)
- Vereijken, P., R.P. Visser & H. Kloen, 1998. Innovatie van de EKO-akkerbouw en groenteteelt met 10 voorhoedebedrijven (1991-1997). Rapport 88, AB-DLO, Wageningen, 110 pp.
- de Wit, C.T., H. van Keulen, N.G. Seligman & I. Spharim, 1988. Application of interactive multiple goal programming techniques for analysis and planning of regional agricultural development. *Agricultural Systems* 26: 211-230.
- Wijnands, F.G., & F. van Koesveld, 2002. Achtergrond, opzet en resultaten van het BIOM project. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.). Studiedag Biologisch Bedrijf onder de Loep, In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Wijnands, F.G., W. Sukkel & J.J. de Haan, 2001. Systeeminnovatie in de landbouw, wegwijzer naar de toekomst. In: J. Wolfert, R. Booi & M.K. van Ittersum. Ecologisering en Bedrijfssystemenonderzoek: waarheen, waarvoor? Verslag KLV studiedag 2001 studiekering Ecologie en Fysiologie van de Plantaardige Productie, KLV, Wageningen, pp.9-28.



# Gewasbescherming

# Bedrijfs- en teeltinrichting basis voor beheer ziekten en plagen

F.G. Wijnands<sup>1</sup>, W. Sukkel<sup>1</sup> & C. Booij<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

<sup>2</sup>Plant Research International

## Samenvatting

Gewasbescherming in een biologisch systeem is volledig verweven met de gehele bedrijfsvoering. De basis, preventie, komt namelijk tot uitdrukking in tal van maatregelen die met bedrijfs- en teeltinrichting te maken hebben. In de teelt kan maar beperkt ingegrepen worden. Het belang van een goede vruchtwisseling beperkt zich tot de weinig mobiele ziekten en plagen. De totale agro-ecologisch lay-out van het bedrijf kan een bijdrage leveren aan het stabiliseren van de productie via het bevorderen van de populaties van natuurlijke vijanden. Uiteindelijk wordt de kracht of ook wel weerbaarheid van het systeem opgebouwd uit vele verschillende bouwstenen die goed op elkaar afgestemd moeten zijn. Het gebruik van bio-pesticiden is een doodlopend spoor, er zijn teveel bezwaren verbonden aan de stoffen die toegelaten zijn.

## 1. Inleiding

Ziekten, plagen maar ook onkruiden kunnen leiden tot vermindering van de veldopbrengst, tot uitval bij oogst, bewaren en sorteren en tot kwaliteits- en prijsverlies van het te vermarkten product. Ze zijn welhaast onvermijdelijk in een hoog productieve, op monoculturen gerichte en weinig gedifferentieerde landbouw. Veel problemen met ziekten plagen en onkruiden worden echter veroorzaakt door 'fouten' in de opzet van het bedrijfssysteem of de inrichting van de teelt. Gewasbescherming houdt zich bezig met het vrijwaren van gewassen van problemen met ziekten, plagen en onkruiden. De gewasbeschermingswetenschap beperkt zich daarbij echter vaak tot de directe bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden. En dan ook nog tot de problemen die veroorzaakt zijn in de eerder geschetste situatie. Een deel van de optredende problemen is echter op te lossen door meer aandacht te schenken aan een gezonde ecologische en agronomische basis van het hele bedrijfssysteem. Daarbij gaat het onder andere om een goede vruchtwisseling, een gepaste en goed op de gewasbehoefte afgestemde bemesting, een optimale agro-ecologische lay-out van bedrijven en teeltsystemen die zoveel mogelijk weerstand bieden aan de problemen. Deze brede opvatting over gewasbescherming is bekend onder de naam geïntegreerde gewasbescherming. Ontstaan vanuit de

geïntegreerde bestrijding, onder invloed van het inzicht dat alle aspecten van een bedrijfsvoering bijdragen aan de omvang en ernst van de populaties belagers.

Gericht en goed gebruik van agro-ecologische kennis ligt dus aan de basis van een gezond bedrijfssysteem. In het ontwerp en bij de ontwikkeling van geïntegreerde en biologische bedrijfssystemen dient dit als basis genomen te worden. Beheersing van ziekten plagen en onkruiden begint bij preventie: hoe te voorkomen dat er een probleem ontstaat. Vervolgens moet duidelijk zijn of een alsnog optredend probleem de moeite waard is om te bestrijden, dus significante economische schade veroorzaakt, die groter is dan de kosten van bestrijding. Bij de bestrijding zelf staat efficiency, minimale milieutechnische en ecologische ongewenste effecten en beheersing van kosten en arbeid voorop. Ook dient er gelet te worden op mogelijke neveneffecten op andere aspecten van het teelt- en bedrijfssysteem.

In de biologische landbouw wordt gezocht naar 'natuurlijke' zelfregulerende systemen met zo weinig mogelijk externe input. Milieuvriendelijkheid en bevordering van biodiversiteit staat centraal in het concept van biologische landbouw (Schröder *et al.*, 2002). Biologische systemen willen dus niet terugvallen op chemische bestrijding, maar zetten in op stabilisering van het agro-ecosysteem op basis van agro-ecologisch vernuft en innovatieve techniek (onkruidbestrijding, netten etc.). In deze bijdrage wordt ingegaan op de elementen die samen een ecologische/geïntegreerde gewasbescherming mogelijk maken op een biologische bedrijf.

## 2. Geïntegreerde/ecologische gewasbescherming

### 2.1 Beheersingsaanpak

Geïntegreerde/ecologische gewasbescherming is gebouwd op preventie. Preventie in de zin van het voorkomen van optreden van of beperken van de omvang van populaties van ziekten, plagen en onkruiden. Preventieve maatregelen komen zowel tot uitdrukking in de lange- (strategische) als korte termijn planning (tactische) van de agrarische ondernemingen, namelijk respectievelijk in de bedrijfsvoering en -inrichting en de jaarlijkse teeltinrichting. Daarmee is de uitgangssituatie van een gewas

Tabel 1. De belangrijkste elementen in een ecologische beheersingsstrategie voor ziekten en plagen in een biologisch systeem

**1. Preventie: bedrijfsvoering en bedrijfsinrichting**

- bedrijfshygiëne, om verspreiding van schadelijke organismen en infectiebronnen te voorkomen;
- gezonde vruchtwisseling tegen bodemgebonden en/of semi mobiele ziekten en -plagen, met name schimmels en aaltjes;
- goede bodemstructuur en waterhuishouding;
- natuurlijke vijanden bevorderen door agrarisch natuurbeheer, een optimale agro-ecologische lay-out en optimaal beheer van bodemvruchtbaarheid;

**2. Preventie: teelttechniek**

- gebruiken van resistente en/of tolerante rassen;
- gezond uitgangsmateriaal;
- aangepaste wijdere rij- en plantafstand;
- stikstofaanbod optimaliseren;

**3. Bestrijdingsnoodzaak**

- regelmatige gewasinspectie, signaleren ziektesymptomen;
- gebruik van schadedrempels en signaleringssystemen overwegen;

**4. Bestrijdingsmethoden**

- biologische methoden uievlieg met behulp van de steriele-mannetjestechniek, inzetten antagonisten;
- fysische methoden zoals afscherming en bedekking;
- inzetten van 'biopesticiden'
  - keuze middelen, criteria betreffende milieubelasting, effectiviteit en giftigheid voor toepasser;
  - dosering, toepassingstijdstip en -techniek.

vastgelegd en is de kans op het optreden van belagers en de omstandigheden die zij zullen aantreffen grotendeels bepaald. Ingrepen tijdens de teelt zijn gericht op het onderdrukken van populaties of het opwerpen van barrières om aantasting te voorkomen (operationele aspecten). In Tabel 1 staan de belangrijkste elementen van een ecologische beheersingsstrategie voor ziekten en plagen.

**2.1.1 Strategisch**

Bedrijfshygiëne is vanzelfsprekend belangrijk ter voorkoming van infectiebronnen (*Botrytis*, *Phytophthora*), overwinteringsmogelijkheden voor luizen (virusdragend) en verspreiding van bodemgebonden ziekten en plagen (aaltjes, *Rhizoctonia*). Ziek plantmateriaal moet tijdens en na de teelt zo snel mogelijk verwijderd worden. Afvalhopen op het erf dienen afgedekt te zijn, transport van mogelijk aangetast materiaal naar andere percelen moet voorkomen worden, etc.

Met een gezonde vruchtwisseling, vruchtopvolging en een goede bodemstructuur en waterhuishouding wordt de basis gelegd voor een optimale beheersing van met name bodemziekten en plagen. Op de rol van de vruchtwisseling bij de beheersing van ziekten en plagen komen we in het volgende hoofdstuk uitgebreid terug.

Een optimale bemesting die goed afgestemd is op de vruchtwisseling is van groot belang voor gezonde en vitale gewassen, ondervoede of overvoerde gewassen zijn immers vaak extra gevoelig worden voor aantastingen.

Natuurlijke vijanden kunnen een bijdrage leveren aan de stabilisering van het gehele agro-ecosysteem. Daarbij gaat het zowel om organismen die in de grond als boven de grond leven. Deze laatste categorie kan bevorderd worden

door een verantwoord en gericht beheer van de natuurlijke elementen op/rond het erf en de velden, zoals erfbeplanting, slootkanten en eventueel perceelsranden, en een optimale agro-ecologische lay-out. Met agro-ecologische lay-out wordt bedoeld op de totale ruimtelijke inrichting van het bedrijf. Die bestaat uit zowel het erf, de gebouwen, de verhardingen, de ecologische infrastructuur van natuurlijke elementen en de percelen. Een optimale agro-ecologische lay-out van het bedrijf zal sterk kunnen bijdragen aan de stabiliteit van het agro-ecosysteem en de functies van de vruchtwisseling kunnen ondersteunen. Hoe dooraderd is de productie-oppervlakte, hoe groot zijn de percelen (lengte, breedte)? Hoe is de aansluiting op de natuurlijke omgeving? Dit gerichte beheer kan bovendien bijdragen aan en verhoging van de natuurwaarde van het bedrijf door verrijking en variatie van de soortensamenstelling van flora en fauna. De antagonisten, predatoren en parasieten in de grond kunnen bevorderd worden door een optimaal gebruik van groenbemesters, organische bemesting, aangepaste grondbewerking en het achterwege laten van pesticiden. Op de functionele kant van biodiversiteit in een biologisch systeem wordt uitgebreid ingegaan in de bijdrage van Booij *et al.*, (2002). Overigens kan het bevorderen van de populaties natuurlijke vijanden gezien worden als de 'ecologische' manier van biologische bestrijding. Je introduceert immers niet een habitat-vreemd organisme, met alle risico's vandien, maar doet het met de aan het agro-ecosysteem aangepaste soorten.

### 2.1.2 Tactisch

De teeltfase begint bij een goede teeltvoorbereiding (kwaliteit zaai- c.q. plantbed, gezond uitgangsmateriaal, rassenkeuze (resistentie en tolerantie)) en teeltinrichting (rijenafstanden, plantverband en -dichtheid, keuze plantgoed of zaai-zaad, zaai/planttijdstip) en wordt voortgezet met een zorgvuldige gewasverzorging (beregening, onkruidbestrijding, oogstechniek). Een vlotte weggroei en uniform materiaal is echt essentieel voor een geslaagde biologische teelt. Helaas schort het daar vaak aan doordat de kwaliteit van het uitgangsmateriaal helaas nogal eens te wensen overlaat. Versterking van onderzoek en voorlichting over de kwaliteit van het uitgangsmateriaal, inclusief rassenkeuze is van groot belang. Dit belang wordt onderkend door de overheid gezien de prioriteit die gegeven wordt aan onderzoeksprogramma's die de ontwikkeling van nieuwe rassen en in bredere zin gezond uitgangsmateriaal tot doel hebben (zie ook de bijdrage van De Nijset *al.* (2002)). Bij de teelt van diverse gewassen kan er eventueel door een aangepast zaai- en/of planttijdstip ontsnapt worden aan periodes met hoge infectiekans. De voedings-toestand van het gewas evenals de gewasstructuur, bepaald door stikstofbemesting, rijenafstand, zaai- en plantdichtheid en rassenkeuze bepalen mede de ontwikkelingskansen van ziekten en plagen. De teelt dient zodanig ingericht te zijn dat deze kansen zo klein mogelijk zijn. In de bijdrage van Kessel *et al.*, (2002) wordt dit voor *Phytophthora* verder uitgewerkt.

### 2.1.3. Operationeel

De mogelijkheden voor gewasbescherming in de meest strikte zin van het woord, het ondernemen van actie tegen ziekten en plagen, zijn in de biologische teelt beperkt. De teelt kan fysiek beschermd worden tegen optreden en verspreiding van sommige ziekten en plagen door technieken zoals mulches (tegen opspatten van regenwater en verspreiding van ziekten, ter voorkoming van contact met grond etc.) en insectennetten. Ook kunnen belagers verjaagd worden (met name bij zoogdieren en vogels) of kunnen pleksgewijs aangetaste planten gedood of verwijderd worden. Ingrijpen via biologische bestrijding is beperkt mogelijk (zoals steriele insecten techniek, het

gebruik van biologische organismen). Er lijkt perspectief te zijn voor het inzetten van *Ulocladium atrum* als antagonist voor *Botrytis* aantastingen (zie bijdrage van Meekes *et al.*, (2002)).

Het eventueel gebruik van biologische bestrijdingsmiddelen dient kritisch benaderd te worden: zijn ze nodig en kunnen deze middelen aan alle milieu voorwaarden voldoen? In de volgende paragraaf wordt op de huidige situatie met betrekking tot dit soort stoffen ingegaan. Door de beperkte mogelijkheden curatief in te grijpen is het gebruiken van schadedrempels en waarschuwingssystemen in de meeste gevallen niet mogelijk. Wel is het uitermate zinnig in situaties waar problemen verwacht mogen worden de grond te laten bemonsteren op aaltjes. Dan is een gericht advies voor vruchtvolgving en bouwplansamenstelling mogelijk dat al te grote problemen kan helpen voorkomen.

### 2.2 BIO pesticiden

De bestrijdingsmiddelen die toegelaten zijn in de biologische teelt worden aangegeven in de EU verordening 2092/91. De middelen op deze EU lijst kunnen door de nationale keuringsinstantie (SKAL) worden toegelaten als bestrijdingsmiddel. Zo moet van koper verbindingen (fungicide, bactericide) de behoefte door de nationale controle organisatie worden aangetoond. Voor koperoxychloride (tegen *Phytophthora*) was dit in 1998 in Nederland het geval.

Naast de toelating voor de biologische productie methode moeten deze middelen ook getoetst zijn aan de nationale wetgeving voor bestrijdingsmiddelen. Hierbij moeten biologische pesticiden vooralsnog aan dezelfde wettelijke eisen voldoen als synthetische bestrijdingsmiddelen. Er zijn in Nederland voor de akkerbouw of vollegrondsgroententeelt uiteindelijk slechts vier niet synthetische pesticiden toegestaan. Deze stoffen zijn: *Bacillus thuringiensis*, pyrethrine + piperonylbutoxide, koperoxychloride en zwavel (Tabel 2).

#### *Bacillus thuringiensis* (Bt)

Dit middel bestaat uit sporen en celfragmenten van de Bt en wordt ingezet ter bestrijding van bladeteende rupsen. De toxinen van de bacterie worden door bladvraat opgenomen

Tabel 2. Toegelaten biologische bestrijdingsmiddelen, doelorganismen en gewassen. (Sukkel, 1999)

Actieve stof	Doelorganismen	Toegelaten in de gewassen <sup>1)</sup>
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Bladeteende rupsen van vlinders en motten	Diverse vollegrondsgroenten
Pyrethrinen + Piperonylbutoxide <sup>2)</sup>	Breedwerkend insecticide; acaricide	Vollegrondsgroenten
Koper oxychloride <sup>3)</sup>	Fungicide; bactericide	Aardappel, stamslaboon, selderij, rabarber, schorseneer, kruiden
Zwavel	Fungicide, (schurft bij appel, echte meeldauw), acaricide (mijten)	Tarwe, aardbei, schorseneer

1) Toelating volgens CTB. 2) piperonylbutoxide niet op de EU lijst (verordening Nr. 2092/91) voor toegelaten gewasbeschermingsmiddelen in de biologische teelt. 3) mag volgens EU lijst inmiddels weer voor onbepaalde tijd worden gebruikt, daarnaast moet de behoefte door de nationale controle organisatie (SKAL) worden erkend.

en tasten het darmepitheel van de rups aan waardoor het stopt met eten en sterft. De hoogste effectiviteit wordt bereikt bij temperaturen boven de 15 °C, bij jonge rupsen en bij voldoende aanwezigheid van het middel op de plantendelen waar de vraat plaatsvindt. Het grote voordeel van Bt is dat het middel selectief werkt tegen rupsen en dat natuurlijke vijanden niet gedood worden. Omdat Bt een bacterie is die ook vrij in de natuur voorkomt neemt men aan dat de milieurisico's van het gebruik beperkt zijn. Inmiddels blijkt uit Amerikaans onderzoek dat Bt voor de regelmatige gebruiker tot problemen kan leiden doordat het allergene reacties veroorzaakt. Bt is zeer giftig voor muggenlarven. Een bedreiging voor de toekomst is dat er resistentie ontwikkeling tegen het toxine kan optreden.

#### *Pyretrine + piperonylbutoxide*

Pyretrinen zijn plantaardige extracten van onder andere *Pyrethrum cinerariaefolium*. Insecten die met het middel in aanraking komen raken onmiddellijk verlamd en sterven enige tijd later. De toegelaten formuleringen van pyretrinen zijn allen in combinatie met piperonylbutoxide welke stof de werking versterkt. De combinatie van beide middelen is effectief tegen een breed scala van insecten. Dit betekent tevens dat ook natuurlijke vijanden gedood worden. Verder is het middel zeer giftig voor waterorganismen als vissen, kreeftachtigen en algen.

#### *Koperoxychloride*

Koperoxychloride wordt gebruikt als bestrijdingsmiddel tegen schimmels en bacteriën. Het middel wordt vooral gebruikt ter bestrijding van *Phytophthora* in aardappel. Het koper<sup>2+</sup> ion grijpt in op diverse stofwisselingsprocessen bij deze organismen. Koper werkt bij het in contact komen met schimmels en bacteriën die aan de buitenkant van het blad aanwezig zijn. De werking is vooral preventief. Dit wil zeggen dat er bij voor de schimmel gunstige omstandigheden continu een hoeveelheid van het middel op de bladeren aanwezig moet zijn om aantasting te voorkomen en dat er een goede verdeling van het middel over het gewas noodzakelijk is (fijne druppel). Dit gegeven leidt tot een vrij hoge inzet van het middel.

Koperionen zijn sterk fytotoxisch (bladverbranding). Bij de aanbevolen doseringen treden in het algemeen echter geen problemen op. Koperoxychloride is giftig voor vissen en in enkele gevallen wordt melding gemaakt van giftigheid voor bijen. Het grootste nadeel van koper is dat het accumuleert in de bodem. Het bodemmicroleven begint last te krijgen bij 40 tot 80 mg per kg grond en kopergehalten vanaf 85 mg per kg grond zijn dodelijk voor regenwormen. Bij intensief gebruik kunnen deze gehalten ruimschoots worden overschreden zoals bijvoorbeeld al het geval is in de druiventeelt in delen van Europa. Koper had een toelating via de EU regelgeving over biologische landbouw, tot 2002. Inmiddels is deze weer met een onbepaalde periode verlengd. Wel is er een maximum aan het gebruik gesteld.

#### *Zwavel*

Zwavel wordt gebruikt als bestrijdingsmiddel tegen schimmels en mijten. Het middel wordt met name ingezet bij de meeldauw bestrijding in schorseneren. Bij het verspuiten bij temperaturen boven de 25 °C kan schade aan het gewas optreden. Bij de gebruikte doseringen zijn geen negatieve effecten op niet doelorganismen bekend (Zie ook Tabel 3).

### **2.3 Vruchtwisseling: kansen en beperkingen**

Vruchtwisseling is de term voor het gegeven dat gewassen in de tijd in een specifieke volgorde op een perceel (stuk grond) worden geteeld. Na een aantal jaren zal deze volgorde weer opnieuw beginnen (lengte van vruchtwisseling). De gewassen die in een specifiek jaar verbouwd worden op een bedrijf zijn samen het bouwplan. Vruchtwisseling heeft een temporeel aspect: gewassen worden in de tijd in een heel specifieke volgorde geteeld (vruchtvolgorde) en ruimtelijk aspect: de verdeling van de dit jaar geteelde gewassen over de beschikbare ruimte. Als de vruchtwisseling consistent en onveranderd is dan is het bouwplan ieder jaar gelijk (Tabel 4).

De vruchtwisseling heeft twee hoofdfuncties: 1) het voorkomen c.q. beheersbaar maken van ziekten, plagen en omkruiden en 2) het instandhouden c.q. verbeteren van de bodemvruchtbaarheid. Dit kan een optimale kwaliteits-

Tabel 3. Toegelaten biologische bestrijdingsmiddelen, giftigheid voor niet doelorganismen (Sukkel, 1999)

Middel	Giftigheid niet doelorganismen	Opmerkingen
Bacillus thuringiensis	Zeer giftig voor muggenlarven, allergische reacties bij toepassers	Curatief; snelle afbraak; resistentie ontwikkeling bij koolmorte
Pyrethrinen	Zeer giftig voor bijen, kreeftachtigen en vissen	Curatief; snelle afbraak; niet selectief
Piperonylbutoxide	Zeer giftig voor algen, zeer giftig voor vissen (chronisch), acuut matig giftig voor kreeftachtigen	Curatief, snelle afbraak; niet selectief, gebruik als synergist voor pyretrinen
Koper oxychloride	giftig voor vissen; bij bodemaccumulatie negatieve effecten op regenwormen en bodemleven	Preventief, sterke accumulatie van koper in de bodem,
Zwavel	-	Preventief/curatief

Tabel 4. Definities rond vruchtwisseling (Agrarische Winkler Prins 1954)

**Vruchtwisseling:** zinnijk uitgedachte vruchtopvolging, waarin de opeenvolgende gewassen in hoge mate gunstig op elkaar aansluiten

**Bouwplan:** de verdeling van het grondgebruik over de verschillende gewassen

**Vruchtopvolging:** de opeenvolging van gewassen op een akker van jaar tot jaar

productie zeker stellen met minimale externe inputs zoals, pesticiden ('biologisch'), fossiele energie, machines en meststoffen.

Figuur 1 ontleedt de rol die vruchtwisseling kan spelen in de preventie en beheersing van ziekten en plagen (naar Vereijken, 1994). Ziekten en plagen kunnen worden onderscheiden door de mate waarin ze gewasspecifiek zijn en hun mobiliteit (beweeglijkheid, hoe makkelijk verplaatsen ze zich). In Figuur 1 zijn deze twee kenmerken als de x-as en y-as weergegeven. Op de x-as zijn de schadeverwekkers ingedeeld van niet mobiel (niet beweeglijk) tot zeer mobiel. Op de y-as van zeer specifiek (specialisten) tot niet specifiek (alleseters). De combinatie van deze eigenschappen levert vier categorieën op (de 4 kwadranten van de figuur) die duidelijk verschillen in de wijze waarop voorkomen en schade beheersbaar kan worden gemaakt. Vruchtwisseling is van toenemend belang komend van rechtsonder en bewegend naar links boven in de figuur. Ieder kwadrant van deze figuur wordt hieronder besproken.

*Specifieke, niet-mobiel (links boven)*

Het gaat hier meestal om bodemgebonden ziekten en plagen, zoals het aardappelpycyste-aaltje en ziektes zoals witrot in uien. Klassieke vruchtwisseling, in de zin van voldoende lage frequentie van het favoriete gewas, is veelal voldoende.

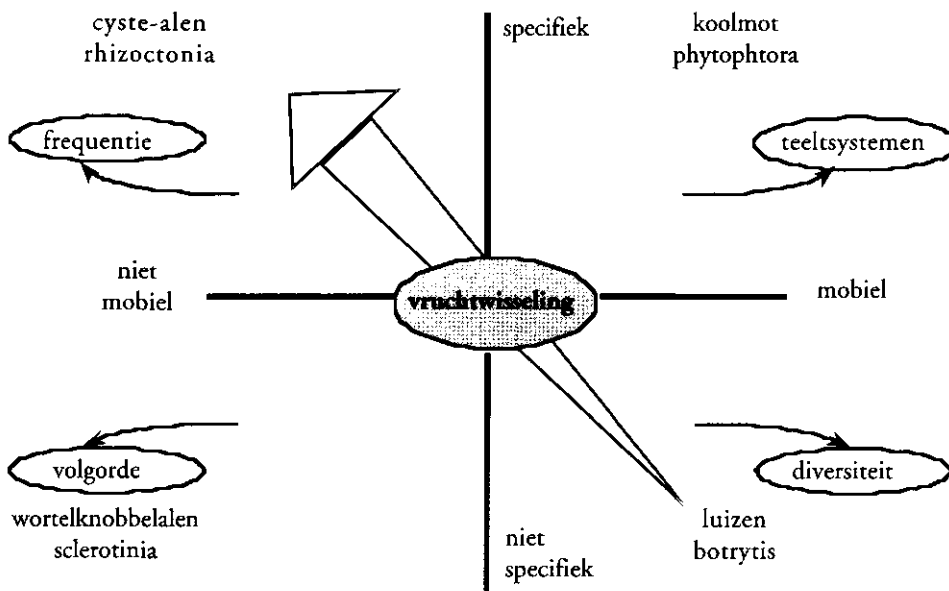
Deze aanpak wordt aangevuld door voor belangrijke organismen tijdig opsporingsonderzoek te verrichten en waar mogelijk resistente en tolerante rassen te verbouwen.

*Niet-specifiek en niet-mobiel (linksonder):*

Hier gaat het ook meestal om bodemgebonden ziekten en plagen zoals *Rhizoctonia spp.*, *Sclerotinia* en wortelknobbelaaltjes. Dan wordt de samenstelling van het bouwplan en de volgorde steeds belangrijker. Aanvullende ondersteuning moet, afhankelijk van het betreffende organisme, gevonden worden in de teeltsystemen (zaaidatum, planten of zaaien, e.d) en de rassenkeuze, afhankelijk van het betreffende organisme (zie ook bijdrage Molendijk, 2002)

*Specifieke en mobiel (rechtsboven)*

Voor organismen als koolmot (*Plutella*) en *Phytophthora* is klassieke vruchtwisseling niet effectief, alhoewel ruimtelijke vruchtwisseling kan bijdragen aan de beheersing van semi mobiele niet specifieke plagen. Andere oplossingen kunnen gevonden worden in de teeltsystemen (zaaidata, gewas structuur, rassenkeuze). Controle maatregelen kunnen nodig zijn, zoals het gebruik van fysieke barrières (netten) of door het gebruik van natuurlijke vijanden of 'biologische' pesticiden.



Figuur 1. Vruchtwisseling in perspectief van beheersing ziekten en plagen

*Niet-specifieke, mobiel (rechts onder)*

Veel ziekten en plagen vallen onder deze categorie. Vruchtwisseling helpt niet, al is gewasdiversificatie nuttig, vooral op regionale schaal. Opnieuw kan het ontworpen teeltsysteem bijdragen aan de preventie en beheersing. Met rassenkeuze is nog relatief weinig te doen, al zijn er voor bepaalde luissoorten al resistente slarassen.

In de laatste twee categorieën wordt directe bestrijding in de gewassen steeds belangrijker. Dit kan ook door natuurlijke vijanden. Dan moeten deze wel een kans hebben om op het bedrijf te overleven. Een zorgvuldig ontworpen en beheerde ecologische infrastructuur op het bedrijf die het hele jaar rond voldoende voedsel en beschutting biedt, is hiervoor een noodzaak. De interactie tussen de temporele en ruimtelijke component van de vruchtwisseling kan gebruikt worden om het vruchtwisselingconcept te versterken. Het zodanig laten rouleren van gewassen over percelen, dat een gewas nimmer wordt verbouwd aangrenzend aan een perceel waar de voorvrucht het gewas zelf was, draagt sterk bij aan de preventie van overdracht van weinig mobiele plagen en ziekten van jaar tot jaar.

#### 4. Slot

Gewasbescherming in een biologisch systeem is gebaseerd op intelligent toegepaste agro-ecologie. De strategie maakt gebruik van vrijwel alle elementen van een bedrijfsvoering. Daardoor kunnen er wel eens conflicten ontstaan tussen verschillende doelstellingen of kan het lastig zijn meerdere doelen tegelijk te verwezenlijken. Zo kan een natuurlijke infrastructuur ook bepaalde ongewenste soorten bevorderen. Het inzicht in wat wel kan en wat niet, welke natuurlijke elementen verantwoord zijn en hoe ze beheerd moeten worden is nog steeds groeiende. Ook kunnen niet altijd alle gewenste eigenschappen in een ras samen komen waardoor toch prioriteiten gesteld moeten worden. Andere

doelstellingen kunnen in hun praktische uitwerking tal van conflicten veroorzaken met gewasbeschermingsaspecten. Zo ligt er een probleem bij de vermeerdering van polyfage aaltjes door vlinderbloemige gewassen. Meer vlinderbloemigen zijn nodig voor de broodnodige extra N, maar ze vermeerderen de polyfage aaltjes waardoor de problemen voor de hoofdgewassen sterk kunnen toenemen, met name op zandgronden. Ook vele onkruidsoorten zijn waardplant van deze aaltjes. Een onvolledige onkruidbestrijding kan grote gevolgen hebben voor de populatie-opbouw. Een soortgelijk conflict ligt er wat betreft de slakken. Deze vermeerderen zich sterk in gras/vlinderbloemige bestanden (zie ook Van Leeuwen-Haagsma & Schröder, 2002). Het oplossen van dit type conflicten verdient prioriteit.

Alle bouwstenen zijn nodig voor het bouwwerk van de geïntegreerde gewasbescherming om de opbrengstniveau's te stabiliseren, de kwaliteit van de producten zeker te stellen en tot een uitvoerbare en beheersbare bedrijfsvoering te komen, ook op termijn. Het 'wegspuiten' van problemen past niet in een biologische aanpak. 'Biologische' bestrijdingsmiddelen zijn niet altijd synoniem aan natuurlijk, milieuvriendelijk en gezond. Met het gebruik van middelen als pyrethrine+piperonylbutoxide en koperoxychloride wordt inderdaad, zoals we gezien hebben, het paard van Troje binnengehaald en kan het imago van de biologische teelt ernstig geschaad worden. Nog beter is het om in de teelt en in het onderzoek maximaal in te zetten op preventie van ziekten en plagen zodat er geen 'biologische' pesticiden behoeven te worden ingezet. De prioriteitstelling daarbij ligt bij de residuele problemen, daarmee wordt bedoeld de ernstige problemen die overblijven nadat het huidige beschikbare agro-ecologisch vernuft is ingezet. In het werk op de proefbedrijven en bij de BIOM-deelnemers krijgen we daar een goede indruk van. Die ervaring wordt gebruikt bij het opstellen van de onderzoeksagenda voor het nieuwe LNV deelprogramma 'geïntegreerde en biologische beheersingsstrategieën voor ziekten en plagen'.

#### 5. Literatuur

- Booij, C., den Belder, E. & A Visser, 2002. De betekenis van diversificatie en ecologische infrastructuur voor de gewasbescherming in de biologische landbouw. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Kessel G.J.T., E. Lammerts van Bueren, L.T. Colon, M. Hulscher, P.C. Scheepens, H.T.A.M. Schepers & W.G. Flier, 2002. Naar een oplossing voor *Phytophthora infestans* in de biologische aardappelteelt. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Leeuwen-Haagsma W.K. van & J.J. Schröder, 2002. Groenbemesters en rustgewassen, noodzakelijke bouwstenen voor een optimale vruchtwisseling. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Molendijk, L.P.G., 2002. Biologische landbouw ≠ bodemweerstand. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Nijs T. den, A. Balkema, L. van den Brink, R. van den Broek, C. Kik, E. Lammerts van Bueren, H. Löffler, R van Loo & A. Osman, 2002. Beter aangepaste rassen voor de biologische landbouw door veredelingsonderzoek. In: Wijnands,

- F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Schröder J.J., Wijnands F.G. & Booij R., 2002. Intenties van biologische landbouw en de rol van onderzoek. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Sukkel, W., 1999. Biologische bestrijdingsmiddelen kunnen imago ernstig schaden. Inzetten op maximale preventie bij ziekten en plagen. *Ekoland*, Vol. 19, no. 6, p. 8-9.
- Vereijken, P., 1994. 1. Designing prototypes. Progress reports of research network on integrated and ecological arable farming systems for EU- and associated countries (concerted action AIR3-CT927705). AB-DLO, Wageningen, 87 pp.



# Beter aangepaste rassen voor de biologische landbouw door veredelingsonderzoek

Ton den Nijs<sup>1</sup>, Anneke Balkema<sup>1</sup>, Lubbert van den Brink<sup>2</sup>, Rob van den Broek<sup>2</sup>, Chris Kik<sup>1</sup>, Edith Lammerts van Bueren<sup>3</sup>, Huub Löffler<sup>1</sup>, Robert van Loo<sup>1</sup> & Aart Osman<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Plant Research International, Wageningen

<sup>2</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

<sup>3</sup> Louis Bolk Instituut, Driebergen

## Samenvatting

De voorziening van de biologische landbouw met passende rassen is in vele studies als groot knelpunt voor de ontwikkeling van deze waardevolle tak van landbouw aangewezen.

Biologisch geproduceerd zaai­zaad zal in de Europese Unie vanaf 2004 verplicht zijn en een biologische veredeling van specifieke biologische rassen staat nog in de kinderschoenen. De eerste stap naar een betere keuze van biologische rassen is een biologisch cultuur- en gebruikswaarde onderzoek. Hiervoor zijn bij zomertarwe en in mindere mate bij ui de eerste stappen gezet, in een project 'Passende rassen' uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. De eerste resultaten wijzen erop dat de rasvolgorde in een biologische teelt niet altijd overeen hoeft te komen met die in het gangbare cultuur- en gebruikswaarde onderzoek.

Plantgezondheid is een centrale eis voor een goede oogst van kwalitatief hoogwaardig producten. Daarom zijn brede resistenties nodig voor aangepaste rassen. Het veredelingsonderzoek van Plant Research International maakt vorderingen om deze eigenschappen beschikbaar te stellen voor de praktische veredeling van rassen. Zo wordt een beter wortelstelsel geïntroduceerd in de ui, waardoor het gewas beter tegen (droogte) stress en ziektes bestand zal zijn. Ook is in primitieve peenrassen resistentie tegen de gevaarlijke zwarte vlekken ziekte opgespoord. Er lijken mogelijkheden om rassen beter af te stemmen op een optimaal samenspel met de micro-organismen in de levende bodem. Voedingskwaliteit van granen kan beter worden gegarandeerd door brede resistentie tegen de aar-Fusarium, waardoor besmetting van het graan en meel met mycotoxinen wordt voorkomen.

Door een juiste keuze van rassen in grasklaver mengsels en aangepaste maïs rassen kan de uitspoeling van meststoffen in biologische teelten sterk worden teruggedrongen. Het beschreven veredelingsonderzoek levert op zich niet direct beter aangepaste rassen op, maar schept kansen voor de praktische biologische veredelaars om deze rassen op termijn te creëren.

## 1. Inleiding

De landbouw kan niet zonder uitgangsmateriaal en de biologische landbouw niet zonder uitstekend biologisch uitgangsmateriaal. Dit uitgangsmateriaal vormt de basis voor een gezonde en profijtelijke teelt en is dus de vitale start van de gehele biologische productie keten.

Deze stelling lijkt onomstreden maar de praktijk is voor veel teelten en gewassen anders. Veelal worden gangbare rassen en gangbaar zaai­zaad en plantgoed gebruikt, vaak omdat er nog geen kwalitatief hoogwaardige biologische rassen beschikbaar zijn. Dit knelpunt is ook al enkele jaren geleden door LNV in diverse beleidsnota's vastgesteld, onder meer de beleidsnota's Kracht en Kwaliteit en het Plan van aanpak Biologische Landbouw (1998). Een motie in de Tweede Kamer die herfst '98 aangenomen werd, droeg de overheid op om biologische plantenveredeling te stimuleren ten behoeve van een gentech-vrije productieketen.

De door LNV nagestreefde drastische uitbreiding van de biologische landbouwproductie tot 10% van de totale productie in 2010 kan alleen slagen als een kwalitatief hoogstaand product tegen aanvaardbare kosten geleverd kan worden. Met name voor de nieuwe consumenten telt volgens recente marktonderzoeken de kwaliteit van het product en de gezondheidsrelatie zwaar. Voor uitbreiding van de markt en dus de productie zijn kwaliteit en gezondheid van het product daarmee de speerpunten.

Verscheidene knelpuntanalyses voor de ontwikkeling van de biologische landbouw hebben in begin 2000 geleid tot een 'Onderzoeksagenda voor biologische landbouw en voeding 2000-2004', door Platform Biologica in samenwerking met Wageningen Universiteit en Research Center. In deze nota worden in twaalf hoofdthema's over alle sectoren van de biologische landbouw heen voor de gehele keten de belangrijkste onderzoekswensen samengevat. Levend uitgangsmateriaal staat aan het begin van de keten. We zullen ons hier tot de plantaardige sector beperken, waarbij de rasseselectie veel aandacht krijgt. Deze dient volgens de onderzoeksagenda onder biologische omstandigheden plaats te vinden. Deze rasseselectie wordt ook wel het gebruikswaarde-onderzoek genoemd, waaruit aanbevelingen voor de teelt en het gebruik van rassen naar

voren komen, die voor de telers beschikbaar komen in de rassenlijsten. De uitdaging om het gebruikswaarde-onderzoek mede te richten op een biologische teelt is opgepakt door Louis Bolk Instituut in samenwerking met Wageningen UR, in een gezamenlijk project 'Passende rassen'. De eerste resultaten voor tarwe en ui worden later in deze bijdrage kort beschreven.

De onderzoeksagenda geeft daarnaast aan, dat onderzoek nodig is om de vermeerdering van uitgangsmateriaal volgens biologische principes beter mogelijk te maken. Dit betreft onder meer de vermindering van de zaad-overdraagbare ziektes en verbetering van kiemkracht van zaad en beworteling van vegetatief vermeerderingsmateriaal. Zulk onderzoek is in 2001 opgestart door Wageningen UR in een door LNV gefinancierd vierjarig onderzoeks-programma (DLO-388) in nauwe samenspraak met de belanghebbenden in de biologische sector. Resultaten hiervan zijn des te meer noodzakelijk gezien de EU-verordening voor biologische uitgangsmateriaal waaruit blijkt dat vanaf 2004 geen ontheffing meer zal worden verleend voor het gebruik van gangbaar vermeerderd uitgangsmateriaal in de biologische landbouw. In de jaarlijks geactualiseerde Groene Zadengids staat een overzicht van de reeds beschikbare, biologisch vermeerderde rassen (Lammerts van Bueren *et al.*, 2001). De LNV-nota 'Een biologische markt te winnen, beleidsnota biologische landbouw 2001-2004' van najaar 2000 zet de toon voor een markt-gestuurde uitbreiding van de biologische productie, maar signaleert tegelijkertijd ernstige knelpunten waarmee de biologische teler in zijn bedrijfsvoering wordt geconfronteerd. Daaronder horen de ziekte- en plaagdruk, de onkruiddruk en de onvoldoende afstemming van beschikbare en benodigde meststoffen. Voor de glastuinbouw komt daar het energiegebruik nog bij. Al deze kwaliteitsbeperkende knelpunten kan de rassenkeuze helpen oplossen, uiteraard in samenhang met teeltmaatregelen, het bedrijfssysteem en benutting van de op en rond het bedrijf aanwezige biodiversiteit.

Onderzoek is noodzakelijk naar ziekte- en plaagbeheersing op basis van een breder begrip van plantgezondheid en weerstand in de plaats van enkelvoudige resistenties berustend op één gen. Op dezelfde wijze moeten rassen bestand zijn tegen diverse stress-omstandigheden en aangepast aan lokale omstandigheden. Ook heterogene rassen kunnen mogelijk een buffering tegen ziekten, plagen en stress bezitten.

Ideale rassen voor biologische bedrijfssystemen zijn robuust, met brede weerstand tegen ziekten en plagen, hebben een goede meststoffenefficiëntie, een diepe, intensieve beworteling, een hoge oogststabiliteit, onkruid-onderdrukkend vermogen, en bovenal een goede opbrengst van smaakvol, kwalitatief hoogwaardig product. Het is wenselijk rassen te ontwikkelen die in staat zijn een optimale wisselwerking met de gunstige micro-flora in de bodem tot stand te brengen voor een efficiënte meststoffenopname en

het instandhouden van de bodem-kwaliteit. De veredeling van rassen en speciaal rassen die goed passen in een biologisch teelt systeem, is een voortdurend proces waarbij de veredelaar in nauwe samenspraak werkt met de teler, die zijn eigen ervaringen in kan brengen om het uiteindelijke ras optimaal te laten aansluiten op zijn behoeften. Dit kan voor bepaalde gewassen zelfs worden doorgetrokken tot selectie in de boerenpercelen, met als gevolg een specifieke aanpassing aan lokale omstandigheden. Dit wordt wel participatieve veredeling genoemd.

## 2. De grenzen van de biologische plantenveredeling

Plantenveredeling omvat de creatie en selectie van natuurlijke genetische diversiteit. Biologische plantenveredeling houdt rekening met dezelfde principes die aan de biologische landbouw zelf ten grondslag liggen, namelijk. gesloten kringlopen, natuurlijke zelfregulering en agrobiodiversiteit. Deze kunnen voor de veredeling worden toegespitst op zelfreproducerend vermogen (het zich zelf in stand kunnen houden) en genetische diversiteit met respect voor soortgrenzen en soortkarakteristieken. Dit begrippenkader werd ontwikkeld in een Louis Bolk-studie getiteld 'Naar een duurzame biologische plantenveredeling' (Lammerts van Bueren, *et al.*, 1999).

Dit rapport gaf tevens een voorzet voor de discussie over al dan niet passende verdelingsmethoden, gebaseerd op bovengenoemde algemene principes. De afgelopen jaren hebben bij veel verschillende gelegenheden zowel reguliere als biologische plantenveredelaars en vertegenwoordigers van de biologische landbouwsector naar wegen gezocht om van elkaars' kennis en expertise te leren en zo mogelijk samen te werken om de biologische plantenveredeling gestalte te geven.

Bovengenoemd rapport is in verscheidene Europese talen vertaald en is leidraad geworden voor internationale discussies over de grenzen van de biologische plantenveredeling. Dit heeft tijdens een internationale conferentie op 17 en 18 oktober 2001 in Driebergen geresulteerd in een voorstel voor een protocol dat aan de Standaard Comité van de IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), de internationale koepelorganisatie voor biologische landbouw, is aangeboden. Deze zal in augustus 2002 met een definitief voorstel komen.

In dit voorstel wordt uitgegaan van drie criteria, namelijk dat a. de biologische landbouwprincipes vertaald worden naar de veredeling zoals hierboven al vermeld; b. de technieken controleerbaar zijn, en c. het geheel praktisch uitvoerbaar moet zijn. De plantenveredeling met uitsluiting van genetische modificatie wordt vervolgens in twee categorieën opgedeeld, die leiden tot biologisch zaad, respectievelijk biologische rassen.

Het biologisch zaad wordt volgens de EU-verordening onder biologische omstandigheden vermeerderd, maar bij de voorafgaande veredeling van het ras kunnen ook niet biologische technieken zijn toegepast. Daarbij worden echter genetisch getransformeerde organismen (gmo's), cytoplasmatische steriele hybriden zonder herstellergenen en protoplastenfusie niet toegestaan, omdat de biologische landbouw bij de ontwikkeling van rassen uit wil blijven gaan van respect voor de integriteit van de plant. Niet-fertiele rassen en technieken die voorbij het celniveau als laagste, georganiseerde eenheid van leven gaan, zijn niet passend bij de biologische landbouw en worden uitgesloten. Biologische rassen, tenslotte, zijn rassen die specifiek voor de biologische teelt zijn ontwikkeld door biologische veredelingsprogramma's die als zodanig gecertificeerd zijn na controle door een organisatie als bijvoorbeeld SKAL of NAK. Hier worden alleen technieken op plant- en gewasniveau voorgestaan. De celbiologische technieken worden vanuit dit perspectief gezien als niet-ecologische omwegen. De beslissing over deze indeling ligt bij IFOAM, en zal waarschijnlijk in augustus 2002 tijdens het Internationale IFOAM-congres in Canada worden genomen.

### 3. Onderzoek naar cultuur- en gebruikswaarde onderzoek voor biologische landbouw

In de biologische landbouw is het gebruik van goede rassen één van de belangrijkste middelen om tot een succesvolle teelt te komen. Vanwege het achterwege laten van chemische bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden, is men nog meer dan in de gangbare landbouw genoodzaakt om gebruik te maken van de goede eigenschappen die genetisch zijn vastgelegd in het ras. Voor de biologische telers is het belangrijk om te beschikken over onafhankelijke informatie over de prestaties van rassen onder hun teeltomstandigheden. Jaarlijks uitgebreid biologisch rassenonderzoek naast het reguliere cultuur- en gebruikswaarde onderzoek (CGO), is echter kostbaar en kan op dit moment niet door de biologische sector alleen gefinancierd worden.

In het project 'Passende Rassen' zoeken Louis Bolk Instituut en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) bij twee voorbeeldgewassen, namelijk ui en zomertarwe, naar een efficiënter alternatief voor het verkrijgen van betrouwbare rasinformatie voor de biologische teelt: een combinatie van gangbaar en biologisch rassenonderzoek. Dit systeem moet uit het genetische materiaal dat bij de veredelingsbedrijven in binnen- en buitenland beschikbaar is die rassen selecteren die het meest geschikt zijn voor de biologische landbouw. Om te voorkomen dat potentieel geschikte rassen verloren gaan in de selectie bij de veredelingsbedrijven wordt ook

jong materiaal, dat nog niet direct voor het CGO zou worden aangemeld, in het onderzoek betrokken. Dit vindt plaats in een zogenaamde voorbeproeving, dit is een beproeving op beperkte schaal waarvoor slechts weinig zaaizaad nodig is. Dit project kan met concrete gegevens zichtbaar maken wat de meerwaarde van biologisch CGO is. Het richt zich hierbij op de volgende deelvragen:

- Wat is de toegevoegde waarde van rassenproeven onder biologische omstandigheden?
- Komen andere rassen in beeld als met andere, meer specifiek biologische criteria wordt beoordeeld?
- Komen andere rassen in beeld als onder biologische omstandigheden worden getoetst?
- In hoeverre zijn toetsen, die in het gangbare systeem uitgevoerd worden, ook bruikbaar voor het biologische CGO?

In het gangbare CGO worden naast de veldproeven een aantal speciale toetsen voor bijvoorbeeld resistenties en bakkwaliteit uitgevoerd. Het biologische CGO zou goedkoper uitgevoerd kunnen worden als gebruik gemaakt wordt van de informatie uit deze gangbare toetsen. De resultaten van deze toetsen moeten dan wel voldoende representatief zijn voor de biologische situatie.

Het project biedt de biologische sector (telers en afzet) en zaadfirma's veel ruimte om invloed uit te oefenen op de uitvoering. De sector wordt nauw betrokken bij het opstellen van de rasprofielchetsen, die bepalend zijn voor de rassenkeuze en het onderzoeksprotocol. Daarnaast worden de verschillende partijen uitgenodigd voor de evaluaties van de proeven in het veld en bij de bewaring, zoals bij ui.

Zaadfirma's wordt gevraagd rassen in te sturen die voldoen aan rasprofielchetsen (zie Tabel 1). Deze rassen worden één jaar voorbeproefd op één biologische locatie. De beste rassen worden daarna gedurende twee tot drie jaar op drie biologische locaties beproefd. Daarnaast wordt er voor de vergelijking met het gangbare CGO een identieke proef op een gangbaar (maar onbespoten) proefveld aangelegd.

#### 3.1. Zomertarwe

Het zomertarwe-onderzoek profiteert van de resultaten van een eerder pilotproject 'Beoordeling, toetsing en toelating van rassen ten behoeve van de biologische landbouw' door het Louis Bolk Instituut (Lammerts van Bueren, *et al.*, 2001). In het kader van dat project is een rasprofielchets opgesteld (Tabel 1) en een Werkgroep Biologische Tarwe opgericht, die een protocol voor biologisch CGO geschreven heeft. Dit protocol is door de 'Commissie voor de Samenstelling van de Rassenlijst voor Landbouwgewassen' erkend. Het tarwe-onderzoek van 'Passende Rassen' volgt dit protocol. In het eerste onderzoeksjaar (2001) is op drie biologische locaties in Friesland, Flevoland en Zeeland een proef van zestien zomertarwerassen aangelegd. Daarnaast liggen er dertien andere rassen in een voorbeproeving op één locatie en is er een vergelijking met

een proef onder gangbare omstandigheden. In de proeven worden naast een aantal regulier gebruikelijke kenmerken ook een aantal voor de biologische landbouw belangrijke kenmerken beoordeeld, zoals deze in het profiel zijn beschreven. De nadruk in dit profiel ligt op eigenschappen die voor de biologische teelt belangrijk worden geacht, zoals brede resistentie, goede bakkwaliteit, lange aar een hoge stikstof efficiëntie.

Uit het eerste jaar onderzoek zijn de volgende eerste voorlopige conclusies te trekken ten aanzien van de vergelijking CGO-biologisch – CGO-gangbaar:

- In de proeven van CGO-gangbaar (zonder ziektebestrijding) komen de rasverschillen in ziekteresistenties en in stevigheid sneller en duidelijker tot uiting dan in CGO-biologisch. Voor biologische omstandigheden kunnen mogelijk de ondergrenzen voor sommige eigenschappen, bijv. stevigheid, iets lager gesteld worden dan voor gangbare omstandigheden. In de vaak minder zware gewassen is legering een minder groot probleem.

- De rasvolgordes in CGO-gangbaar komen niet altijd overeen met die in CGO-biologisch. Dit was het meest duidelijk in opbrengst en vroegheid van grondbedekking.
- De variatie in biologische omstandigheden, met name ten aanzien van de bemesting met stikstof en/of het vrijkomen van stikstof uit de bodem, is aanmerkelijk groter dan onder gangbare omstandigheden. Er is in CGO-biologisch een grotere ras/teelt/lokatie-interactie te verwachten dan in CGO-gangbaar.
- Een slechte zaaizaadkwaliteit heeft in CGO-biologisch een veel groter verstoring effect op het selecteren van rassen dan in CGO-gangbaar. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in CGO-biologisch het zaaizaad niet ontsmet wordt tegen schimmelmziekten. De eisen aan de zaaizaadkwaliteit dienen voor CGO-biologisch dan ook hoger te liggen dan voor CGO-biologisch.

Tabel 1. Profielschets voor een biologisch zomertarwe ras

Eigenschappen	Minimaal:	Streven naar	Prioriteit
Goede Bakkwaliteit:			
• Valgetal	260 <sup>1</sup>	optimaal saldo: aantal kilo's keer de meerprijs voor bakkwaliteit zo hoog mogelijk	++++
• Zeleny waarde	35 <sup>1</sup>		++++
• Eiwit gehalte	11,5 <sup>1</sup>		++++
• Hectolitergewicht	76 <sup>1</sup>		++++
Goede Korrelopbrengst	Lavett = 100 (± 6,5 ton/ha)		++++
Efficient met (stikstof) bemesting omgaan	..... <sup>3</sup>	gewenste saldo bij zo laag mogelijke bemesting behalen	++++
Beperking ziekte risico's			
• Lange stengel	± 100 cm (Lavett)	± 100 cm (Lavett)	+++
• Aar hoog boven vlagblad	± 20 cm	..... <sup>3</sup>	++++
• Wijdgeschakelde aar	..... <sup>3</sup>	..... <sup>3</sup>	+++
• Laatste bladeren zo lang mogelijk groen	..... <sup>3</sup>	..... <sup>3</sup>	++++
Resistentie tegen			
• Gele Roest	6 <sup>2</sup>	8	++++
• Bruine Roest	7 <sup>2</sup>	8	++++
• <i>Septoria</i>	6 <sup>2</sup>	8	+++
• <i>Fusarium</i>	..... <sup>3</sup>	8	+++
• Meeldauw	6	8	+++
Onkruidbeheersing ondersteunend			
• Goed herstelvermogen na wiedeggen	..... <sup>3</sup>	..... <sup>3</sup>	+++
• Goede uitstoeeling	..... <sup>3</sup>	..... <sup>3</sup>	++++
• Snel sluitend gewas	zo als Lavett	beter dan Lavett	++++
• Bladrijk	zo als Lavett	beter dan Lavett	++++
Beperkt oogstrisico			
• Stevige stengel	7 <sup>2</sup>	8	++++
• Vroeg rijp	half augustus	eerste week augustus	++++
• Schotresistentie	7	7	++++

<sup>1</sup>Gebaseerd op de premieregeling van ACM van 1999

<sup>2</sup>Gebaseerd op de cijfers voor Lavett in de rassenlijst van 2000

<sup>3</sup>Deze waarden zijn niet ingevuld, omdat er niet voldoende informatie over beschikbaar is



Figuur 1. Excursie met telers aan het biologische uienproefveld van Advanta

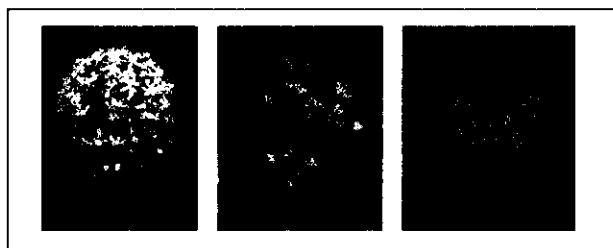
### 3.2 Uien

Het uien rassenonderzoek voor de biologische landbouw heeft niet zoals tarwe een eerdere aanloop gehad. De rassen voor de toetsing van 2001 zijn op basis van een voorlopige profielschets geselecteerd. Naast gebruikelijke kenmerken willen biologische telers vooral een ras dat niet te veel groeidagen heeft zodat er voldoende opbrengst gehaald kan worden, voordat de bladvlekkenziekte en de valse meeldauw hun slag slaan. Belangrijk zijn de resistenties tegen bladvlekkenziekte en valse meeldauw. Daarnaast moet een biologische ui een goede kleur hebben, en in de bewaring weinig vertering vertonen. De uien moeten in bewaring goed houdbaar zijn zonder kiemremmingmiddelen, en bij aflevering netto 35 ton per ha kunnen opleveren.

Uit de eerste voorlopige resultaten blijkt dat de rassen die onder reguliere teeltomstandigheden de beste opbrengst gaven, dat ook onder biologische omstandigheden doen. Opvallend zijn wel verschillen als:

- de opbrengstverschillen zijn op het biologische proefveld groter dan op het gangbare proefveld; tussen de hoogste en laagst opbrengende rassen onder gangbare omstandigheden zat zo'n 6 ton per ha, en onder biologische omstandigheden bedroeg het verschil tussen de rassen maximaal zestien ton verschil per ha;
- sommige rassen die gangbaar redelijk meekomen, vallen onder biologische omstandigheden af door een te matige opbrengst en resistentie;
- sommige rassen zijn onder biologische teeltomstandigheden in staat om meer blad te vormen dan onder reguliere omstandigheden; ofwel, de bladrijkste rassen onder gangbare teelt zijn niet persé de bladrijkste onder biologische teeltomstandigheden.

Uien kunnen veel last van droogte of vroegtijdig afsterven vertonen, hetgeen mogelijk samenhangt met een te gering wortelstelsel. Interessant is daarom het onderzoek naar wortelstelsels bij uien dat het Plant Research International uitvoert, dat hier onder wordt beschreven.



Figuur 2. De bloeiwijze van ui (links), *A. roylei* (midden) en *A. fistulosum* (rechts)

## 4. Plantgezondheid en interactie met de bodem

### 4.1 Verbetering van het wortelstelsel als basis voor de ontwikkeling van nieuwe uienrassen voor de biologische landbouw

De ui staat bekend om zijn inefficiënte gebruik van nutriënten en water. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het ontbreken van wortelharen gecombineerd met een geringe en oppervlakkige beworteling. Dit type wortelstelsel kan problemen opleveren in tijden van droogte, zoals die in Nederland kunnen voorkomen in het zomerseizoen. De groei stagneert en de herstart is relatief traag met als gevolg een late en lagere oogst, met een grotere kans op het voorkomen van ziekten en plagen. Bovendien kunnen er problemen bij de ui ontstaan als de nutriënten zich op willekeurige plaatsen in de bodem bevinden, vanwege het geringe exploratieve vermogen van het wortelstelsel van de ui. Het samenleven van de ui met mycorrhiza (VAM) is waarschijnlijk een manier om dit probleem te omzeilen. Er is weinig onderzoek gedaan naar de genetische variatie in kwantiteit en kwaliteit van het wortelstelsel van de ui (*Allium cepa* L.) en zijn wilde verwanten. Daarom is recentelijk door Plant Research International een onderzoek gestart, in het kader van het biologische landbouwprogramma DWK 342, om dit nader te onderzoeken.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat twee wilde verwanten van ui, namelijk *Allium fistulosum* and *A. roylei* (Figuur 2) kunnen worden gebruikt voor de verdeling van ui, omdat ze landbouwkundig interessante eigenschappen bezitten zoals bijvoorbeeld een ander type wortelstelsel of goede resistentie tegen ziekten en plagen. Voorlopige resultaten op het gebied van *Allium* wortelstelselvariatie laten zien dat er tussen verschillende zaaiuienrassen, die in Nederland worden geteeld, niet veel verschillen aanwezig zijn. Echter *Allium fistulosum* heeft een totaal ander wortelstelsel dan ui: naast dikke zogenaamde 'ankerwortels' die diep kunnen doordringen in de ondergrond, is ook een



Figuur 3. Het wortelstelsel van *A. fistulosum* (links) en ui (rechts)

grote hoeveelheid lange, dunne wortels te vinden bij deze soort (Figuur 3).

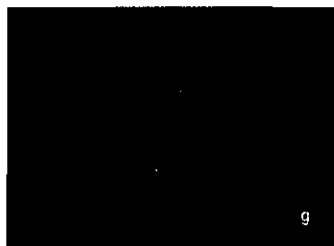
Eerder onderzoek door Plant Research International heeft aangetoond dat met hulp van brugkruisingen waarbij *A. roylei* werd gebruikt als een brug tussen ui en *A. fistulosum*, genen kunnen worden overgebracht van *A. fistulosum* naar ui (zie Figuur 4). Dit maakt het mogelijk om genen die het wortelstelsel van *A. fistulosum* bepalen over te brengen naar ui en nieuwe uienrassen te ontwikkelen met een verbeterd wortelstelsel. Brugkruidingen vormen een natuurlijke manier om de genen van verschillende soorten te combineren.

Wat de verschillen in wortelmorfologie betekenen in termen van functionaliteit is één van de vervolgvragen van het onderzoek. Verdere vragen hebben betrekking op de genetische basis van het wortelstelsel: op hoeveel genen berusten belangrijke differentiërende eigenschappen als aantal wortels, worteldiameter en wortelstelsellengte en in hoeverre is er sprake van genotype x milieu x management interactie. Met behulp van onder andere genetische merkerkaarten (Van Heusden & Shigyo *et al.*, (2000)) zal getracht worden op deze vragen een antwoord te geven. Dit type onderzoek is essentieel om de praktische veredeling te helpen om nieuwe uienrassen voor de biologische landbouw te ontwikkelen.

#### 4.2 Resistentie tegen zwarte vlekkenziekte (*Alternaria radicina*) in peen

*Alternaria radicina* is één van de veroorzakers van 'zwarte vlekken' in bewaarpeen, een zeer belangrijke bedreiging voor de biologische peen-productie. De 'zwarte vlekken' vormen zich tijdens de bewaring op, bij de oogst schijnbaar gezonde peen. De ziekte speelt gedurende het groeiseizoen een bescheiden rol, de aantasting bevindt zich onderin het gewas op de oudste bladeren. De peen wordt daar vandaan rechtstreeks besmet of door contact met aangetaste loofresten tijdens de oogst en in de bewaarruimte. Beschadigde peen is extra gevoelig voor aantasting.

*Alternaria radicina* kan met het zaad overgedragen worden en is om deze reden de meest gevaarlijke schimmel in het complex van 'zwarte vlekken' veroorzakers. Zwaar besmet zaad kiemt niet, leidt tot verlies van planten en nog ernstiger, tot besmetting van de bodem. De beschikbaarheid van gezond zaai zaad is om deze redenen voor de biologische landbouw van groot belang. Waardplant resistentie kan



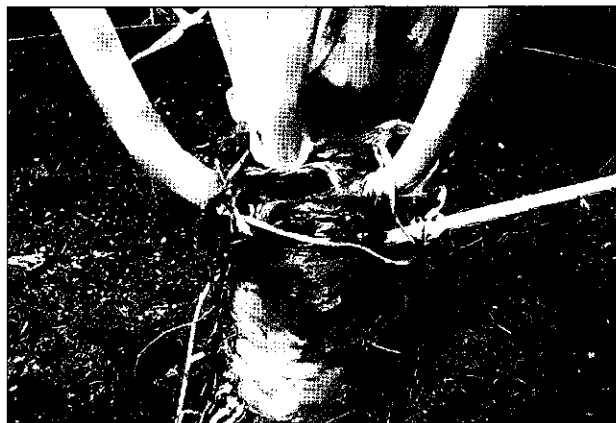
Figuur 4. De chromosomen van een nakomeling uit een kruising tussen ui, *A. roylei* en *A. fistulosum*. De blauwgekleurde chromosoomdelen zijn afkomstig van ui, de rode van *A. fistulosum* en de groene van *A. roylei*. Sommige chromosomen bestaan uit een combinatie van ui en zijn twee wilde verwanten en dat betekent dat er tussen de ouders genoverdracht heeft plaatsgevonden

hieraan in belangrijke mate bijdragen. Plant Research International heeft een collectie van ± 60 peen accessies, afkomstig uit de gehele wereld, samengesteld. De collectie is in seizoen 2000 uitgezaaid op het biologisch proefbedrijf 'Lovinkhoeve', na de oogst zijn de penen met aanhangende grond opgeslagen bij 4 °C. In de tussentijd is gewerkt aan een methode om de resistentie van de penen te toetsen. In eerste instantie is geïnoculeerd in een putje in peenschijfjes; het relatief grote aantal niet aangeslagen inoculaties was aanleiding om de hele peen met cocktailprikkers te inoculeren. Deze prikkers worden eerst gedoopt in een schimmelsuspensie, die speciaal hiervoor wordt gekweekt. Deze methode lijkt goede perspectieven te bieden. Twee weken na inoculatie werden tussen de accessies significante verschillen in de grootte van de 'zwarte vlekken' waargenomen (Figuur 5).

Vervolgens is de vatbaarheid van het loof van vier weken oude planten onderzocht; evenals in het veld waren de symptomen vooral op de oudste bladeren te vinden. De accessies met de vatbaarste penen werden nu ook het zwaarst aangetast. Na de laatste beoordeling is het loof



Figuur 5. Inoculatie van penen met cocktailprikkers en de 'Zwarte vlekken' na 14 dagen



Figuur 6. Kiemplantentoets in de kas en een Inoculatie-plant voor zaadproductie

afgeknipt; een week later waren de stengelresten van alle accessies zwaar aangetast. De reeds aanwezige peentjes vormden ten dele nieuw loof; het percentage van de planten met hergroei, bleek goed overeen te stemmen met de eerder waargenomen aantasting. De kop van de peentjes was in alle gevallen in min- of meerdere mate aangetast (Figuur 6).

Uit de toetsen blijkt dat de Europese rassen een middenpositie innemen in de range van vatbaar tot resistent. Absolute resistentie tegen *A. radicina* is niet gevonden, maar wel accessies die zeer weinig werden aangetast. De resultaten met een doorsnede van de getoetste accessies zijn vermeld in Tabel 2. Epidemiologisch onderzoek met enkele accessies moet duidelijk maken of het zaad uitgaande van aangetaste penen, besmet kan raken.

De geselecteerde accessies zijn vermeerderd en kunnen nu op meerdere plaatsen beproefd worden, zodat de relatie laboratorium - veld gelegd kan worden. De 'resistente' accessies zijn gekruist met een vatbaar ras voor onderzoek naar de genetische basis van de resistentie. De kruisingspopulaties zullen in 2002 geanalyseerd worden. Kennis van de erfelijke basis is nodig om gerichte veredeling mogelijk te maken.

We kunnen dus concluderen dat enkele veelbelovende accessies zijn geïdentificeerd. In de komende jaren zal

blijken hoe waardevol deze accessies voor de biologische landbouw kunnen zijn en hoe de veredeling hierop kan inspelen om het gevaar van biologische zwarte penen te verkleinen.

#### 4.3 Waardplantvariatie voor de interactie met rhizobacteriën in de bodem

Het wordt langzamerhand steeds duidelijker, dat rhizobacteriën een belangrijke rol spelen bij de groei van gewassen. Recentelijk zijn vormen van geïnduceerde resistentie tegen pathogenen daaraan toegevoegd. In een literatuuronderzoek is nagegaan wat hiervan de betekenis kan zijn voor de plantenveredeling, in het bijzonder voor veredeling ten behoeve van de biologische landbouw.

Rhizobacteriën kunnen op verschillende manieren de ontwikkeling van pathogenen beïnvloeden: direct door de plaats van het pathogeen op de wortel in te nemen (concurrentie) of door productie van antibiotica die de groei van het pathogeen remmen (antibiose), of indirect, door resistentie te induceren die in de gehele waardplant tot expressie komt. In beide gevallen is kolonisatie van de wortels door de rhizobacteriën essentieel. De vraag die hierbij rijst is of het genotype van de waardplant van invloed is op de aanwezigheid en de expressie van deze vormen van resistentie. Van oudsher bekend zijn de plant – rhizobacterie interacties bij leguminosen/ Rhizobium: de N-bindende

Tabel 2. De reactie van enkele accessies na inoculatie van de penen met cocktailprikkers en na inoculatie van kiemplanten met een sporensuspensie

Accessie	Penen uit de vollegrond		Kiemplant toets	
	peenscore oogst 2000; april 2001 (schaal 1:10)	peenscore oogst 2001; oktober 2001 (schaal 1:5)	loof aantasting (schaal 1:5)	penen met hergroei (%)
31	0.5	0.5	2.7	94.8
47	2.3	2.0	2.7	74.2
62	4.6	2.3	3.0	81.0
12	8.6	2.9	3.0	69.9
4	9.3	2.7	4.3	37.2

Tabel 3. De ontwikkeling van natrot in de knollen van vijf aardappelrassen, na inoculatie met *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* (Eca), het aantal Eca remmende bacteriën, het totaal aantal bacteriën en de in de praktijk bekende gevoeligheid voor zwartbenigheid (naar Sturz & Matheson, 1996)

Aardappelras	Natrot lesie grootte in cm	Aantal Eca remmende bacterien (x10 <sup>6</sup> )	Totaal aantal bacterien (x10 <sup>6</sup> )	% remmende isolaten	Zwartbenigheid resistentie, bekend in de praktijk
Kennebec	0.95 a	1.89 a	6.72 a	29.3	matig resistent
Sebago	1.25 a	1.38 b	2.78 c	49.5	zeer vatbaar
Green Mountain	1.12 a	1.31 b	3.94 b	33.3	matig resistent
Russet Burbank	1.68 a	0.23 c	1.78 c	12.9	zeer resistent
Butte	2.81 b	0.01 c	0,50 d	1.8	vatbaar
S.E.M.	0.26 "	0.12 "	0.39 "		
Correlatie	-0.879 *				

wortelknobbeltjes. Inmiddels is duidelijk dat de genetica van zowel de waard plant als de bacterie deze symbiotische interactie beïnvloeden (review door Smith & Goodman, 1999). Mycorrhiza-schimmels zijn weinig specifiek, de meeste plantenfamilies kunnen een symbiose met deze schimmels onderhouden. Slechts binnen de vlinderbloemigen zijn kwalitatieve interacties aangetoond (zie Smith & Goodman, 1999).

Het onderzoek aan ziekteonderdrukkende rhizobacteriën in gewassen heeft zich veelal beperkt tot laboratorium en kasproeven waarbij het zich kunnen handhaven in de bodem geen rol speelt. Er zijn aanwijzingen dat bij rhizobacterie – waardplant interacties het genotype van beide een rol speelt. Onderzoek aan onder andere aardappel en komkommer toont aan dat dit inderdaad het geval is.

Sturz & Matheson, 1996 (Tabel 3) beschrijven onderzoek met aardappelknollen, afkomstig van één proef met vijf verschillende rassen. Het totaal aantal endofytische bacteriën en het aantal bacteriën met *in vitro* antibiotische tegen *E. carotovora* (kolonisatie) was rasafhankelijk en omgekeerd eventueel met de grootte van de lesies in een knoltoets met

*Erwinia*. Het *Erwinia* onderdrukkende effect van de endofyten berust op antibiotische. De gevoeligheid voor *Erwinia* in deze knoltoets correspondeert niet met de bekende veldresistenties van deze rassen. Dit is ook bekend uit het onderzoek van Allefs (1996): resistentie tegen zwartbenigheid bestaat uit meerdere, genetische verschillende, componenten die in de achtereenvolgende ontwikkelingsstadia een rol spelen. De waarde van endofytische bacteriën voor resistentie in andere fasen van de ziektecyclus dan de knol, is niet vastgesteld.

In Tabel 4 zijn enkele gegevens uit het onderzoek met komkommer van Liu *et al.*, (1995) vermeld. Het is gericht op door rhizobacteriën (*Serratia* en *Pseudomonas* spp.) geïnduceerde resistentie tegen het bladpathogeen *Colletotrichum orbiculare*. Bij het resistente ras County Fair 87 was geen van de behandelingen effectief. De *Pseudomonas* stam had op de drie andere rassen een even groot ziekteonderdrukkend effect ( $\pm 50\%$ ), *Serratia* werkte zeer specifiek en varieerde van 0 tot 81.2% verminderde lesie groei t.o.v. de controle. De kolonisatie van de wortels was niet afhankelijk van het ras. De combinatie van

Tabel 4. Geïnduceerde Resistentie in vier rassen van komkommer tegen het bladpathogeen *Colletotrichum orbiculare*, geïnduceerd door zaadbehandeling met twee rhizobacterie stammen (naar Liu *et al.*, 1995)

Komkommer ras	Lesie in mm <sup>2</sup> op controle	% Ziektereductie na behandeling met	
		<i>Serratia</i>	<i>Pseudomonas</i>
Straight 8	147.1	46.7	50.1
Amira	140.7	81.3	49.0
Marketmore 80	107.4	0.0	43.7
County Fair 87	32.4	10.8	12.0



rhizobacterie en genotype van het ras blijkt dus bepalend te zijn voor het resultaat van de behandeling.

Uit deze voorbeelden blijkt dat het genotype van de waardplant een belangrijke rol speelt bij de kolonisatie door rhizobacteriën of bij het effect van de toepassing van ziekteonderdrukkende rhizobacteriën. Voor de plantenveredeling lijkt selectie op de ontvankelijkheid en de effecten van rhizobacteriën dus alleszins de moeite waard.

## 5. Voedselveiligheid en gezondheid

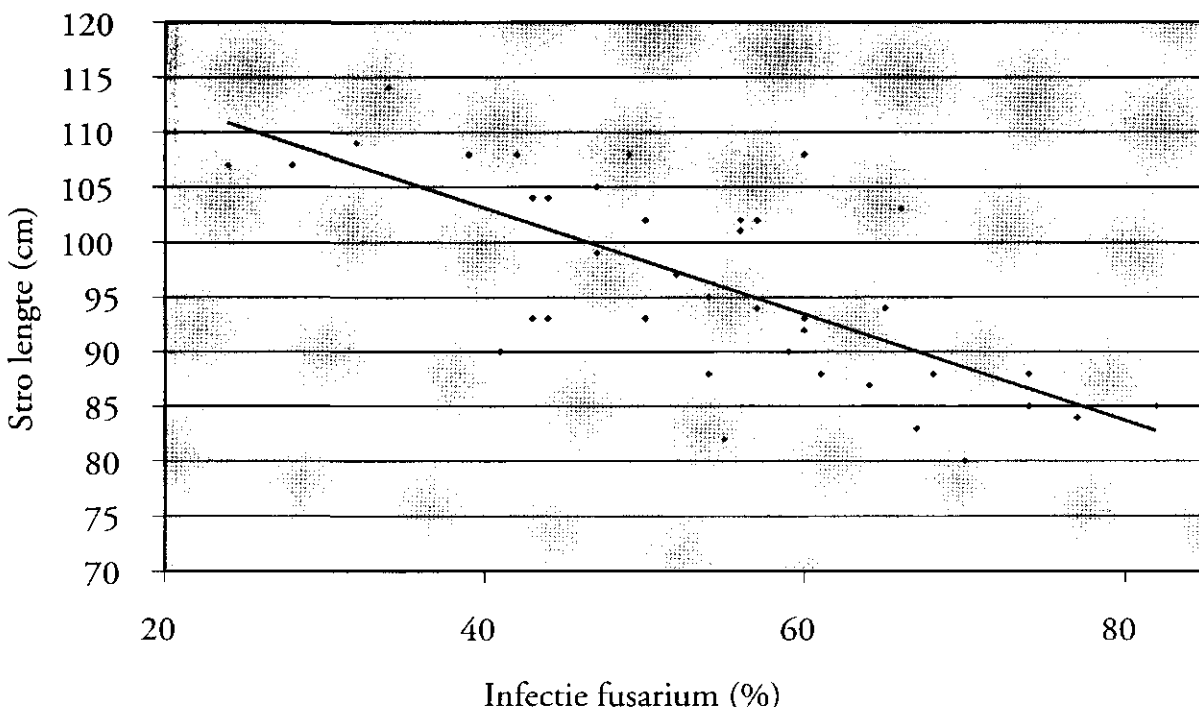
Een belangrijk aandachtspunt bij de teelt van enkele belangrijke gewassen is de aanwezigheid van mycotoxines. Dit zijn giftige stoffen die door schimmels gemaakt worden en ophopen in gewassen die door de betreffende schimmel zijn aangetast. *Fusarium* is zo'n een notoire toxineproducent. Deze schimmel tast onder gunstige omstandigheden graan aan, waardoor het graan besmet kan raken met mycotoxines. Aangezien de toxines behoorlijk stabiel zijn, worden ze ook in verwerkte producten zoals brood of pasta nog teruggevonden. Uiteraard is dit een ongewenste situatie en zijn veel maatregelen erop gericht dit probleem te voorkomen.

De laatste tijd wordt vaak de vraag gesteld of deze toxineophoping een rol speelt in de biologische landbouw. Daarbij worden vaak twee verschillende redeneringen gevolgd. De eerste redenering gaat ervan uit dat biologische tarwe niet bespoten wordt en 'dus' wel meer aantasting zal hebben en 'dus' wel meer toxine zal bevatten. De tegengestelde

redenering gaat uit van de toegenomen natuurlijke weerbaarheid van het gewas door gebalanceerde groeiomstandigheden, waardoor 'dus' minder aantasting plaatsvindt en er 'dus' minder toxine-ophoping plaatsvindt. Ondanks het belang van de vraag is er weinig vergelijkend onderzoek voorhanden. Een rondgang in de literatuur levert géén eenduidig beeld op. Voor beide opvattingen zijn in de literatuur aanwijzingen te vinden. Toch lijkt het niet zo dat biologische producten meer toxines bevatten dan gangbare geproduceerde producten. Dat concludeert ook de FAO (FAO, 2000) (... *it cannot be concluded that organic farming leads to an increased risk of mycotoxin contamination*).

Er is een manier om aan alle onzekerheid over toxinebesmettingen een einde te maken: de inzet van rassen die resistent zijn tegen *Fusarium*. Deze rassen zijn niet vatbaar voor de schimmel en voorkomen op die manier de vorming van toxines. De weerbaarheid kan gebaseerd zijn op genetische resistentie en/of op een plantbouw die het de schimmel lastig maakt. Lang-stro rassen zullen bijvoorbeeld beter uitwaaien, waardoor er een droger micro-klimaat ontstaat en de tarwe minder snel aangetast zal worden (Figuur 7). Het legeren van dergelijke rassen speelt in de biologische landbouw geen rol vanwege de evenwichtige plantopbouw, veroorzaakt door een lagere N-gift dan gangbaar. Daarnaast kan genetische resistentie een belangrijke rol spelen. Het gaat dan om erfelijke eigenschappen die speciaal gericht zijn op het tegenhouden van schimmelinfectie. Dergelijke resistentie wordt in de landbouw in toenemende mate gebruikt.

Er zijn binnen de gangbare landbouw nog geen moderne rassen voorhanden waarin goede groeieigenschappen

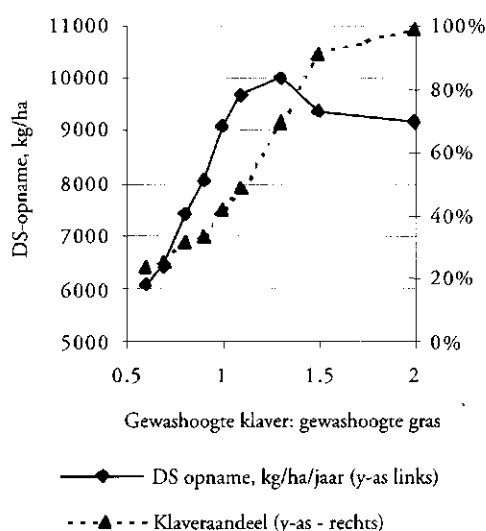


Figuur 7. De relatie tussen de gevoeligheid voor *Fusarium* infectie in de aar en halmlengte in wintertarwe (Bundessortenamt, 2000)

gecombineerd zijn met goede resistentie. Hoe verschillende rassen zich op dit gebied gedragen in een biologische teelt is nog onvoldoende bekend. Het Louis Bolk Instituut heeft in 2001 binnen het project 'Passende Rassen' een aantal zomertarwerassen getest onder biologische omstandigheden. Dezelfde rassen zullen in 2002 in samenwerking met Plant Research International getoetst worden op vatbaarheid voor *Fusarium*. Daarbij zal ook daadwerkelijk de toxinebesmetting gemeten worden. De combinatie van alle gegevens zal een beeld geven van de geschiktheid van verschillende rassen voor de biologische landbouw (zie hiervoor ook paragraaf 3.1).

Als er geen geschikte rassen zijn zullen ze uiteraard ontwikkeld moeten worden door middel van veredeling. We beschikken daarvoor gelukkig over oude rassen en wilde soorten die een hoge mate van resistentie bezitten. Het is voor veredelaars de uitdaging de resistenties te combineren met andere belangrijke eigenschappen. Binnen de gangbare landbouw zijn veel veredelaars zijn daar al mee bezig, zodat op termijn resistente rassen te verwachten zijn. Daarbij wordt slechts beperkt gelet op geschiktheid voor biologische landbouw. Onderzoek zal moeten aantonen of deze rassen ook geschikt zijn voor de biologische landbouw of dat een specifieke veredeling – met als leidraad de biologische rasprofielsschetsen zoals beschreven in paragraaf 3.1 – noodzakelijk is.

Naar verwachting zullen er op termijn in ieder geval meer weerbare, biologisch aangepaste rassen beschikbaar komen. Er zijn biologische telers die een oplossing willen zoeken door het gebruik van tarwerassenmengsels. Het Louis Bolk Instituut onderzoekt met enkele telers naar de goede combinatie van rassen die niet alleen meer gezamenlijk resistentie in het gewas geven, maar ook resulteren in een



Figuur 8. Interactie tussen gras en klaver: effect van de verhouding van de gewashoogte van klaver in relatie tot de gewashoogte van gras op het gemiddelde klaveraandeel en de drogestofopname door vee

betere bakkwaliteit. De eerste resultaten zijn veelbelovend. Om het voor de praktijk tot een succes te maken zal het LBI ook de verwerkers in dit project gaan betrekken. Veredelingstrategieën tezamen met uitgekende teeltomstandigheden zullen naar verwachting in de toekomst het toxineprobleem beheersbaar maken.

## 6. Veredeling van voedergrassen met betere meststoffenbenutting

In de biologische landbouw moet de aanvoer van stikstof uit stikstofbinding, de toepassing van organische mest en mineralisatie van meststoffen nauw zijn gekoppeld aan de opname door het gewas om nutriëntenverliezen en daarmee verlaging van de bodemvruchtbaarheid te voorkomen. Dit vereist een matige toediening van meststoffen om de risico's op een (tijdelijk) te hoog aanbod van meststoffen te voorkomen, waardoor ook een risico bestaat op een tijdelijk te laag aanbod aan meststoffen en lagere gewasproductie. Deze risico's kunnen worden verminderd door het gebruik van rassen met een lagere behoefte aan nutriënten en/of een betere doorworteling van de bodem. De rassen moeten dus hierop worden beoordeeld.

### 6.1 Weidemengsels

Bij Engels raaigras bestaat genetische variatie voor de hergroeisnelheid na maaien/weiden. Sommige rassen komen bij een laag stikstofaanbod toch nog tot een hoge uitstoeeling en snelle bladstrekking. Dit leidt tot een snellere gewassluiting en daardoor een hogere productie. Van Loo *et al.*, (1998) hebben laten zien dat een 10 % hogere stikstoffefficiëntie mogelijk is. In deze studie is berekend dat deze 10% hogere stikstoffefficiëntie leidt tot een hoger saldo voor de boer ( $\pm 215$  per ha per jaar hoger) en tot veel lagere stikstofverliezen (N-overschot daalt van 380 kg N per ha naar 250 kg N per ha). Ook in gras/klavermengsels, zoals gebruikelijk in biologische weidebouw, leidt een hogere productiviteit van het grasras tot een hogere productie. Echter een te hoge hergroeisnelheid van gras leidt tot een concurrentienadeel voor klaver, zeker bij beweiding (Figuur 8; Van Loo & de Vos, 2002). Bij gras/klavermengsels hangt het stikstofverlies ook sterk af van de eigenschappen van de witte klaver. Bij te snel groeiende witte klaver kan deze de concurrentie van gras winnen, waardoor de jaarlijkse stikstofbinding al snel veel hoger is dan de jaarlijkse netto afvoer van stikstof door het gewas. Zeker bij maaien vindt een grote vastlegging van stikstof plaats in de wortels van klaver die maar voor een deel wordt afgevoerd in het maaisel.

De in wortels en stoppel achterblijvende stikstof kan door mineralisatie buiten het groeiseizoen tot verliezen leiden. Om verliezen van stikstof door overmatige stikstofbinding door klaver te voorkomen, moeten rassen ontwikkeld

worden die al bij een vrij laag stikstofaanbod hun stikstofbinding afremmen. Voor deze relatie tussen stikstofaanbod en stikstofbinding is grote genetische variatie aangetoond (Michaelson *et al.*, 1998). Modelmatig en experimenteel is aangetoond dat stikstofverliezen van gras/witte klaver mengsels erg hoog kunnen worden (Van Loo & de Vos, 2002) en sterk afhankelijk zijn van management en rassenkeuze. De maximale productie en minimale verliezen per eenheid productie treden op als de concurrentiekracht van gras en klaver vergelijkbaar is (bijvoorbeeld ongeveer gelijke gewashoogtes van gras en klaver; niet te sterke wortelcompetitie door gras). Grasrassen die voor de gangbare landbouw als beste uit de bus komen, kunnen in een biologische teelt een te sterke concurrentiekracht hebben ten opzichte van klaver. Anderzijds lijken enkele nieuwe klaverrassen erg hoog te worden, wat leidt tot een te groot klaveraandeel, waardoor een te hoge stikstofbinding optreedt en de risico's van stikstofverliezen toenemen.

Voor de biologische akkerbouw en groenteteelt is een goede afstemming met de dierlijke biologische sector noodzakelijk voor het verkrijgen van voldoende meststoffen. Hiermee is een optimale voedergrasproductie met grassen, vlinderbloemigen, granen en mengsels daarvan en de benutting van de voedergrassen door bijvoorbeeld melkvee ook van belang voor de biologische akkerbouwer.



Figuur 9. Genetische variatie in maïs voor lengte en vertakking van het wortelstelsel

Mest van melkvee moet gebruikt kunnen worden voor de biologische akkerbouw en groenteteelt. Het blijkt voordelig voor de mestproductie ten behoeve van andere teelten om een aanzienlijk deel in de stal op te vangen, ook tijdens het weideseizoen. Door bijvoorbeeld dieren 's nachts op stal te zetten kan men een deel van de mest die anders terug zou worden gevoerd 'oogsten' en elders aanwenden. Dit gaat nauwelijks ten koste van de voederproductie met mengsels van gras en klaver omdat door het afvoeren van stikstof met gemaaid gras en klaver de stikstofbinding wordt bevorderd. Ook zou een groter deel van gras/klavermengsels gebruikt zou kunnen worden voor kuilproductie. Dat vereist wel aangepaste gras- en klaverrassen, omdat bij maaien witte klaver gemakkelijk dominant wordt ten opzichte van gras; hiervoor zou dus een minder concurrerend klaverras en een sterker concurrerend grasras gebruikt moeten worden. Duidelijk is dat keuze van management en rassenkeuze van voedergrassen samenhangen. Dit betekent dat in onderzoek naar de effecten van management en ras beide niet onafhankelijk bestudeerd mogen worden, en er aandacht moet zijn voor de ras x milieu x management - interacties.

## 6.2 Voedermais

Ook in de biologische akkerbouw en vollegrondstuinbouw is een goede benutting van nutriënten van groot belang. Een snelle doorworteling van het bodemprofiel in het voorjaar kan hierbij goed helpen, omdat uitspoeling in deze fase op de loer ligt door het relatief hoge aanbod van nutriënten en de lage worteldiepte en -dichtheid. In maïs bestaat grote variatie in wortelgroei in de vroege vegetatieve fase.

Figuur 9 toont twee inteeltlijnen van maïs die door PRI zijn geselecteerd op verschil in wortellengte en volume. Er is dus een goed perspectief voor het verbeteren van de beworteling door maïs in het vroege voorjaar. Een sterkere doorworteling kan de nutriëntenbenutting verbeteren; daarnaast kan dit de concurrentiekracht van maïs ten opzichte van onkruiden vergroten, waardoor onkruidproblemen in maïs verminderen. Veredelingsbedrijven hebben vooral aandacht voor bovengrondse eigenschappen. Alleen legeringsresistentie verwijst naar een sterke verankering door het wortelstelsel. Om veredeling op worteleigenschappen mogelijk te maken zijn snelle en goedkope methoden nodig, bijvoorbeeld door het ontwikkelen van moleculaire merkers voor worteleigenschappen. Hiervoor heeft PRI de eerste stappen gezet, die in verder onderzoek kunnen leiden tot handvatten voor een efficiënte veredeling. Ook hier geldt dat de geschiktheid van rassen met een andere bewortelingsdynamiek pas dan goed geëvalueerd kan worden als rekening gehouden wordt met de voor biologische landbouw relevante ras x milieu x management interacties. Daarbij valt te denken aan het in de biologische landbouw verlate zaaitijdstip omwille van (voor-opkomst) onkruidbestrijding en het omzeilen van opkomstproblemen (geen ontsmetting van zaaizaad). Het

ideale wortelstelsel van mais hangt sterk af van het tijdstip en de plaats waarop nutriënten door teeltmaatregelen beschikbaar gesteld worden: elke teeltstrategie heeft zijn eigen ideale bewortelingsstrategie (De Willigen & Van Noordwijk 1987). Bij mestplaatsing worden dan ook andere eisen aan wortelstelsels gesteld dan bij volveldse toepassing (Schröder *et al.*, 1997).

## 7. Conclusie

Veredeling en veredelingsonderzoek kunnen belangrijke bijdragen leveren aan voor biologische teelten passende rassen. De basis voor de keuze in het rassensortiment wordt

gelegd in het verder te ontwikkelen biologisch cultuur- en gebruikswaarde onderzoek. De daar geconstateerde tekortkomingen van bestaande rassen moeten worden verbeterd door gerichte veredeling. Daarbij staan plantgezondheid, voedingswaarde en product kwaliteit en efficiënt gebruik van nutriënten centraal. Per gewas leidt dit tot aanknopingspunten voor veredelingsonderzoek bijvoorbeeld introductie van brede resistenties, verbeterde doorworteling en interactie met de micro-organismen in de bodem, en 'last but not least' voedingskwaliteit. Bij dit veredelingsonderzoek moet steeds de genetische variatie optimaal worden benut en er moet aandacht zijn voor de specifieke ras x milieu x management-interacties.

## 8. Verwijzingen

NB: De onderdelen van deze bijdrage zijn ingebracht door de volgende co-auteurs bij wie verdere informatie is te verkrijgen.

Grenzen: Edith Lammerts van Bueren (LBI) en Ton den Nijs (PRI)

Biologisch CGO: Edith Lammerts van Bueren, Lubbert van den Brink (PPO), Rob van den Broek (PPO), Aart Osman (LBI)

Plantgezondheid: Anneke Balkema (PRI), *Alternaria* - resistentie en waardplant - rhizobacterie - interactie, Chris Kik (PRI) uien.

Voedselveiligheid: Huub Löffler (PRI) en E. Lammerts van Bueren (LBI)

Vered. Meststoffen: Robert van Loo (PRI)

## 9. Literatuur

- Allefs, S. (1996). Resistance to *Erwinia* spp. In potato (*Solanum tuberosum* L.) Thesis Landbouww Universiteit Wageningen.
- Anoniem, (2000). Een biologische markt te winnen, beleidsnota biologische landbouw 2001-2004, LNV-rapport, 22 pp.
- Berleth, M., F. Backes & J. Kramer (1998). Mould spectrum and mycotoxins (deoxynivalenol and ochratoxin A) in grain samples from ecological and integrated cultivated sites. *Agrobiological-Research*. 51: (4), 369-376.
- Birzele, B., A. Prange & J. Kramer (2000). Deoxynivalenol and ochratoxin A in German wheat and changes of level in relation to storage parameters. *Food addit contam.* 17 (12).
- De Willigen, P. & M. van Noordwijk (1987). Roots, plant production and nutriënt use efficiency. Thesis Wageningen University, 282 pp.
- FAO (2000). Food safety and quality as affected by organic farming. Report of FAO-meeting in Porto, July 2000.
- Heusden, A.W. van and M. Shigyo, Y. Tashiro, R. Vrieling-van Ginkel & C. Kik (2000). The use of monosomic addition lines in the assignment of AFLP linkage groups to the chromosomes of *Allium cepa* L. *Theor. Appl. Genet.* 100, 480-486.
- Khrustaleva, L.I. & C. Kik (2000). Introgression of *Allium fistulosum* into *A. cepa* mediated by *A. roylei*. *Theor. Appl. Genet.* 100, 17-26.
- Kloen, H. & L. Daniels (2000). Onderzoeksagenda biologische landbouw en voeding 2000-2004. Platform Biologica Wageningen UR, rapport 40 pp.
- Lammerts van Bueren, E. *et al.*, (2001), 2<sup>e</sup> Groene Zadengids 2002, Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Lammerts van Bueren, E., A. Osman & H. Bonthuis, (2001). Beoordeling, toetsing en toelating van rassen ten behoeve van de biologische landbouw – pilotstudie peen en tarwe. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Lammerts van Bueren, E., M. Hulscher en A. Osman (2001). Mycotoxinen en biologische tarweteelt. *Ekoland* 10: 18-19.
- Lammerts van Bueren, E., M. Hulscher, M. Haring, J. Jongerden, J.D. van Mansvelt, T. den Nijs & G. Ruivenkamp, (1999). Naar een duurzame biologische plantenveredeling – visie, keuzes, consequenties en stappen. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

- Liu, L., J.W. Kloepper & S. Tuzun, (1995). Induction of systemic resistance in cucumber by plant growth-promoting rhizobacteria: duration of protection and effect of host resistance on protection and root colonization. *Phytopathology* 85, 1064-1068.
- Michaelson-Yeates, T.P.T., J.H. Macduff, M.T. Abberton & N. Raistrick (1998). Characterisation of novel inbred lines of white clover (*Trifolium repens* L.). II. Variation in N<sub>2</sub>-fixation, NO<sub>3</sub>-uptake and their interactions. *Euphytica* 103; 45-54.
- Pascale, M., A. de Girolamo, A. Visconti, D. Pancaldi & A. de-Girolamo (2000). Investigation on the occurrence of deoxynivalenol in cereals from Northern Italy in 1998. *Informatore Fitopatologico*. 50 (10), 68-73.
- Prokinova, E., J. Kazda, J. Petr & G. Altmanova (2000). Health condition of winter wheat in conventional and ecological farming. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 31, 25-40.
- Schollenberger, M., S. Suchy, H. T. Jara, W. Drochner & H. M. Mueller (1999). A survey of Fusarium toxins in cereal-based foods marketed in an area of southwest Germany. *Mycopathologia* 147: 49-57
- Schröder, J.J., L. Ten Holte & G. Brouwer (1997). Response of silage maize to placement of cattle slurry. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 249-261.
- Smith, K.P. & R.M. Goodman. (1999). Host variation for interactions with beneficial plant-associated microbes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37, 473-491.
- Sturz, A.V. & B.G. Matheson. (1996). Populations of endophytic bacteria which influence host-resistance to *Erwinia*-induced bacterial soft rot in potato tubers. *Plant and Soil* 184, 265-271.
- Van Loo, E.N., O. Dolstra, H.J.P. Marvin & A.L.F. de Vos (1998). Grass breeding for improved nitrogen use efficiency in dairy farming. (Eds.) B. Boller & Stadinger. *Breeding for a Multifunctional Agriculture*, Zurich-Reckenholz, Switzerland, p. 45-49.
- Van Loo, E.N. & A.L.F. de Vos. (2002). Interacties tussen gras en klaver. Literatuur- en modelonderzoek naar effecten van eigenschappen van gras en klaver en van managementkeuzes op klaveraandeel, productiviteit en stikstofstromen van gras-klavermengels. *Plant Research International*, Rapport no. 35, 60 pp.

# Naar een oplossing voor *Phytophthora infestans* in de biologische aardappelteelt

Geert Kessel<sup>1</sup>, Edith Lammerts van Bueren<sup>2</sup>, Leontine Colon<sup>1</sup>, Marjolein Hulscher<sup>2</sup>, Piet Scheepens<sup>1</sup>, Huub Schepers<sup>3</sup> & Wilbert Flier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International, Wageningen

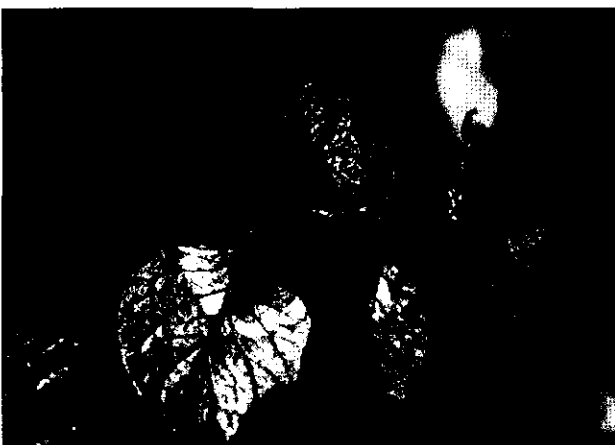
<sup>2</sup> Louis Bolk Instituut, Driebergen

<sup>3</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

## Samenvatting

*Phytophthora infestans*, de veroorzaker van de aardappelziekte, stelt de biologische aardappelteelt voor grote problemen. Rasresistentie wordt doorbroken en teeltmaatregelen zijn slechts zeer beperkt effectief. Gewasaantasting lijkt onvermijdelijk en staat vrijwel zeker garant voor beëindiging van het groeiseizoen middels branden. Oogstzekerheid en opbrengst, in kwaliteit en kwantiteit, nemen af. Het gebruik van vroege, zo resistent mogelijke rassen in combinatie met een beperkte nutriëntengift, mogelijke rasspecifieke teeltmaatregelen en strikte bedrijfshygiëne bieden de beste kansen op een rendabele opbrengst. Garanties zijn er echter niet aangezien volledig resistente rassen in Nederland momenteel niet beschikbaar zijn, epidemische ontwikkeling, na eerste aantasting, primair gestuurd wordt door klimatologische factoren (o.a. regenval) en *P. infestans* sporen zich over grote afstanden kunnen verplaatsen.

Toekomstige beheersmaatregelen voor *P. infestans* zullen gebaseerd moeten worden op duurzaam resistente rassen ondersteund door maatregelen op bedrijfs-, regio- en mogelijk nationaal niveau die gedurende het hele jaar de ontwikkeling van *P. infestans* onderdrukken.



Figuur 1. Typisch symptoom van *P. infestans* in aardappel. De groenbruine bladlesie wordt omgeven door een 'witte baard' van sporendragers met sporen. De bladsteel is eveneens overduidelijk aangetast

Foto: Wilbert Flier, Plant Research International

## 1. Inleiding

*Phytophthora infestans* in aardappel is voor biologische aardappeltelers een van de meest problematische ziektes. Waar een aantal ziektes, die in reguliere teeltsystemen tot problemen leiden, in de biologische landbouw in de hand gehouden worden door b.v. een ruime vruchtwisseling, minder stikstof of een aangepaste rassenkeuze is de problematiek veroorzaakt door *P. infestans* in de aardappelteelt dermate complex dat daar nog geen adequaat antwoord op is gevonden. De mogelijkheden voor een biologische teler beperken zich op dit moment tot het telen van minder vatbare rassen of hele vroege rassen. Het assortiment minder vatbare rassen wordt door de biologische telers echter als ontoereikend beschouwd. Vooral rassen die vroegheid combineren met resistentie tegen *P. infestans* worden node gemist. Daarbij blijken rassen die voorheen nog redelijk te telen waren, zoals b.v. Escort, inmiddels ook vatbaar voor *P. infestans*. Raskeuze en teeltmaatregelen kunnen de teelt vervroegen wat de kans op voldoende opbrengst, op het moment dat het loof volgens de huidige regelgeving doodgebrand moet worden, maximaliseert. Een netto opbrengst van 30 ton per ha is meestal voldoende om enigszins rendabel te telen in een biologische vruchtwisseling. In sommige jaren ontstaan problemen met *P. infestans* echter zo vroeg dat zelfs deze minimum opbrengst niet gehaald wordt en de teelt onrendabel wordt.

Gezien het economisch belang van de aardappelteelt in combinatie met de beschreven '*Phytophthora* problematiek' kunnen we stellen van doen te hebben met een serieus maatschappelijk probleem en een evenzeer serieuze uitdaging voor het onderzoek.

In het navolgende wordt de '*Phytophthora* problematiek' ontleed vanuit het gezichtspunt van het pathogeen, de plant en de teelt. Daarna wordt getracht, gebaseerd op ingebrachte elementen uit voorgaande, paragrafen, aanknopingspunten te formuleren voor praktische beheersmaatregelen en perspectievolle onderzoeksrichtingen.

## 2. Bundeling van krachten

Uit onderzoek van het Louis Bolk Instituut i.s.m. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving kwamen in een recent verleden twee aanknopingspunten naar voren die bij zouden kunnen dragen aan de beheersing van *P. infestans* in de biologische aardappelteelt: Monitoring en analyse van de groeidynamiek van individuele aardappelgewassen kon een beter begrip van de plant – pathogeen interactie opleveren en geïnduceerde resistentie, opgeroepen door enkele natuurlijke spuitmiddelen, verhoogde de weerstand van de plant. Specifieke nieuwe (combinaties van) teeltmaatregelen konden dan mogelijk de aardappel in zijn kracht aanspreken en de inductie van resistentie ondersteunen.

Beide aanknopingspunten vormden de aanleiding voor het LBI om in 1997 een brede samenwerking met het huidige Plant Research International op te zetten. Uit de eerste contacten kwam naar boven dat bekend was dat resistentie tegen *P. infestans* vermindert of zelfs wegvalt op het moment dat het gewas fysiologisch omschakelt van bladvorming naar knol-aanleg. Hierdoor rees de vraag of er planttypes te vinden zijn die de omslag van bladgroei naar knolzetting 'met behoud van weerstand' kunnen voltrekken en hoe de aardappel zo te veredelen is, dat deze omslag voltrokken wordt zonder dat de resistentie tegen *P. infestans* verloren gaat. Gezien de complexiteit van de problematiek werd epidemiologische en gewasecologische expertise in het projectteam geïntegreerd om adequate beheersstrategieën voor de steeds agressievere

wordende pathogeenpopulatie t.b.v. de biologische teelt te kunnen ontwikkelen.

Het idee achter het onderzoeksproject, dat uiteindelijk in 1999 startte, was om in een geïntegreerde benadering vanuit de invalshoeken teelt, genetica/veredeling, en ecologie & epidemiologie bij te dragen aan de ontwikkeling van een biologisch teeltsysteem voor aardappelen waarin *P. infestans* een beheersbare factor wordt. Het LBI en Plant Research International hebben vanuit hun eigen expertise ieder een aandeel in het gezamenlijke project, waarbij de verschillende aspecten steeds in interactie met elkaar staan.

Gaandeweg bleek *P. infestans* echter niet eenvoudig te beheersen wat noopte tot een uitgebreidere samenwerking tussen meerdere Wageningse *Phytophthora*-specialisten en het LBI. Gefaciliteerd door wegvallende grenzen binnen 'Wageningen' is de weg nu open om aan de hand van de uitdaging '*Phytophthora infestans* in de biologische aardappelteelt' nauwere samenwerking en uitwisseling van kennis na te streven tussen het LBI, Plant Research International, PPO en het departement Plantenwetenschappen van Wageningen Universiteit.

## 3. Epidemiologie van *Phytophthora infestans*

### 3.1 Infectiecyclus

De oömyceet *Phytophthora infestans* is de veroorzaker van de aardappelziekte. Tijdens het groeiseizoen kunnen bladeren,



Figuur 2. Sporangia van *P. infestans* aan een sporendrager zoals ze met een microscoop gezien kunnen worden. Sporangia zijn citroenvormig en meten ongeveer 30x20 µm

Foto: The Fry Lab homepage: [ppathw3.cals.cornell.edu/Fry/index](http://ppathw3.cals.cornell.edu/Fry/index)



Figuur 3. Oöspore van *P. infestans* gezien door een microscoop bij 1000x vergroting. Werkelijke diameter bedraagt ongeveer 40µm. De dikke wand van de spore is duidelijk waarneembaar

Foto: M.G. Förch & G. Kessel, Plant Research International.

stengels en knollen van de aardappelplant worden aangetast (Figuur 1) door sporangia (aseksuele sporen, Figuur 2) welke door de lucht of door water worden aangevoerd. Na infectie van een plant ontstaan de karakteristieke symptomen bestaande uit groen-bruine blad en - of stengellessies (Figuur 1). Deze lessies groeien met grote snelheid uit en produceren na een aanloopperiode van enkele dagen ('de latente periode') grote hoeveelheden sporen, die samen met de sporendragers de zo typische 'witte baard' van de lesie vormen. Sporangia worden hoofdzakelijk met de wind verspreid waarna ze, onder voor het pathogeen gunstige weersomstandigheden, nieuwe infecties veroorzaken in het eigen gewas of in buurgewassen. Onder gunstige weersomstandigheden (donker, koel weer met veel wind) kunnen sporangia afstanden van vele kilometers overbruggen. Deze (aseksuele) cyclus wordt per groeiseizoen vele malen volbracht en vormt de drijvende kracht achter de explosieve ontwikkeling die *P. infestans* met enige regelmaat in aardappelgewassen laat zien. Onder gunstige omstandigheden duurt het volbrengen van één infectiecyclus in Nederland gemiddeld 3 – 4 dagen ofschoon ook extreem korte cycli van 2,5 dag waargenomen zijn.

Naast deze aseksuele cyclus kan *P. infestans* zich ook seksueel vermenigvuldigen. Hiervoor is direct contact tussen beide paringstypen, (bij *P. infestans* aangeduid met A1 en A2), noodzakelijk. Dit contact treedt gewoonlijk op na het samengroeien van twee lessies, elk veroorzaakt door *P. infestans* van een verschillend paringstype. Oösporen zijn het product van deze seksuele cyclus. Oösporen worden gevormd in aangetast loof en komen vrij na afbraak van dit loof. Door hun typerende dikke wanden kunnen oösporen fungeren als overlevingsstructuren. In de bodem en onder Nederlandse omstandigheden kunnen oösporen drie tot vier jaar overleven en kunnen ze, na kieming, weer nieuwe gewassen aantasten.

Oösporen spelen niet alleen een rol bij de overleving van *P. infestans* tijdens het gewasvrije seizoen, maar hebben ook een belangrijke functie als generator van genetische variatie. Tijdens de seksuele cyclus worden de erfelijke eigenschappen van beide ouders 'gemengd' en ontstaan nieuwe combinaties van deze eigenschappen. De nakomelingen van deze seksuele cyclus vertonen doorgaans een grote mate van genetische variatie voor diverse belangrijke eigenschappen. Binnen de grote aantallen nakomelingen (sporen) die *P. infestans* produceert wordt vervolgens geselecteerd volgens het 'survival of the fittest' principe zodat de meest agressieve, en dus schadelijke, typen overblijven.

### 3.2 Oude & nieuwe *Phytophthora*

Voor 1980 bestond de Nederlandse – en het overgrote deel van de mondiale *P. infestans* populatie alleen uit het A1 paringstype. Deze populatie had hierdoor uitsluitend de beschikking over de aseksuele, klonale, voortplantingscyclus en was voor overwintering volledig afhankelijk van geïnfecteerde knollen in pootgoed, afvalhopen en opslag. Ondanks deze beperking veroorzaakte *P. infestans* met grote regelmaat veel schade en bleek zeer wel in staat om monogene (R-gen) resistentie, afkomstig uit wilde *Solanum* soorten, in rassen te doorbreken. Doordat de aardappelziekte gewoonlijk met behulp van wekelijkse bespuitingen met fungiciden werd bestreden, was er sprake van een (niet duurzaam) status-quo.

Aan het begin van de 80-er jaren werd het steeds moeilijker om *P. infestans* afdoende te beheersen. Onderzoek wees uit dat nieuwe A1 en A2 genotypen, van Mexicaanse oorsprong, kort voor 1980 in Nederland waren geïntroduceerd en dat deze in een tijdsbestek van enkele jaren de oude *Phytophthora* populatie volledig hadden verdrongen. De nieuwe pathogeenpopulatie kenmerkt zich door een functionele seksuele cyclus, nieuwe virulentiefactoren (het vermogen virulentiegenen te doorbreken), complexere virulentiespectra en een toegenomen agressiviteit. Dit alles heeft geleid tot:

- Functionele oösporen als motor achter de grote genetische variatie in de populatie en als nieuwe, bodemgebonden, bron van primair inoculum (Figuur 3);
- Doorbraak van resistentie in een aantal resistent geachte cultivars;
- Kortere aseksuele infectiecycli door kortere latente perioden (7 dagen voor de oude populatie, 3 - 4 dagen voor de nieuwe populatie), sporen die efficiënter infecteren en lessies de sneller uitgroeien en meer sporen produceren. Het gevolg is een toename van het aantal geproduceerde dochterlessies per moederlesie (5 voor de oude *P. infestans* populatie, 10 voor de nieuwe populatie, L.J. Turkensteen, mondelinge mededeling).

Het voorlopig resultaat is een agressieve Nederlandse *P. infestans* populatie die zich seksueel en aseksueel voortplant en waarin virulentie voor alle reeds bekende R-genen aanwezig is. Complexe fysio's, met virulentie voor meerdere R-genen tegelijkertijd, zijn daarbij de regel. De meest complexe fysio's bezitten virulentiefactoren voor alle 11 R-genen. Op de keper beschouwd is het dus, tijdens het groeiseizoen, slechts een kwestie van tijd totdat een compatibel isolaat bij toeval in een gewas met absolute (R-gen) resistentie terecht komt en aantasting optreedt. De snelheid waarmee een epidemie zich daarna binnen het gewas uitbreidt is afhankelijk van het partieel resistentieniveau van het ras. Partieel resistentie berust op meerdere genen en komt tot uiting als b.v. een lagere infectie-efficiëntie (fractie succesvol infecterende sporangia) voor *P. infestans* sporen, een lagere lesiegroeisnelheid en/of een verminderde sporen productie.

Naast de bekende bronnen van primair inoculum zoals afvalhopen, geïnfecteerd pootgoed, vroege aardappels onder plastic en geïnfecteerde opslagplanten spelen met de nieuwe populatie dus ook oösporen een rol. Het kwantitatief belang van elk van deze bronnen als startpunt van nieuwe, vroege,



aantastingen wisselt en is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden en klimaat. Afvalhopen en geïnfecteerd pootgoed worden, kwantitatief gezien, nog steeds beschouwd als de belangrijkste bronnen van primair inoculum.

### 3.3 Knolaantasting

Knolaantasting treedt op als *P. infestans* sporangia door regen uit het loof in de rug gespoeld worden en daar in de omgeving van de knollen terecht komen. Sporangia kunnen de jonge knollen infecteren bij direct contact. Een sporangium kan zich echter ook omvormen tot maximaal acht beweeglijke zoösporen. Zoösporen zijn, m.b.v. 2 zweefharen (flagellen), in staat om korte afstanden af te leggen in een waterige omgeving en zo de knol te infecteren. Knolaantasting geeft productieverlies, zowel in kwaliteit als kwantiteit. Daarnaast zijn (latent) geïnfecteerde knollen als poter, in de afvalhoop of als opslag zeer belangrijke bronnen van primair inoculum.

Voor de route die sporangia, met regenwater, naar de knol volgen bestaan twee alternatieven:

1. door het pakket grond wat zich op de knollen bevindt of
2. langs de stengels en via het windgat wat de stengels in de rug creëren tot dichtbij de knollen.

De kwantitatieve betekenis van beide routes voor het ontstaan van knolphytophthora is onbekend. Evenmin is er een directe relatie tussen de kans op knolphytophthora en het aantastingsniveau van het gewas. Zeer lage aantastingsniveaus kunnen, onder de juiste klimatologische omstandigheden, al resulteren in zware knolaantasting. De combinatie van de hoeveelheid sporen in het loof samen met de duur en -intensiteit van de regen zijn sleutelfactoren in het ontstaan van knolphytophthora. De grondsoort speelt daarbij eveneens een rol: aardappelgewassen op kleigrond zijn gevoeliger voor knolphytophthora dan eenzelfde gewas op zandgrond.

## 4. Resistentie en veredeling van de aardappel

Resistentie tegen *P. infestans* in het huidige rassenassortiment is opgebouwd uit een combinatie van verticale of R-gen resistentie en partiële (of horizontale) resistentie. R-gen resistentie is gebaseerd op resistentiegenen die, indien aanwezig, volledige resistentie geven mits het pathogeen niet de passende virulentiefactor bezit. Dit is vergelijkbaar met de relatie tussen een sleutel en een slot waarbij een passende virulentiefactor (de sleutel) het slot (het resistentiegen) kan openen wat tot infectie leidt. Partiële resistentie is gebaseerd op een groot aantal verschillende genen die gezamenlijk een bepaald niveau van resistentie opleveren. Volledig resistente rassen zijn momenteel in Nederland niet beschikbaar omdat de Nederlandse *P. infestans* populatie virulentiefactoren voor alle bekende R-genen bevat. De frequentie waarmee deze virulentiefactoren in de *P. infestans* populatie voorkomen

verschilt voor de afzonderlijke virulentiefactoren. In de praktijk is het hierdoor slechts een kwestie van tijd tot een compatibel *P. infestans* fysio in het gewas terechtkomt, dit infecteert en daarmee de R-gen barrière van het betreffende ras overwint. De snelheid waarmee de epidemie zich daarna uitbreidt is een functie van het resterende niveau van partiële resistentie en het klimaat. Hoe hoger dit partiële resistentie niveau hoe langzamer de epidemie zal verlopen. Partiële resistentie wordt gekwantificeerd m.b.v. zogenoemde resistentiecomponenten die elk afzonderlijk een bijdrage leveren aan reductie van vermenigvuldiging van *P. infestans*. Hiervoor worden de volgende grootheden gebruikt: infectie-efficiëntie, latente periode, lesiegroeisnelheid, sporulatieduur en sporulatiedichtheid. Rassen kunnen b.v. een hoge infectieresistentie hebben wat wil zeggen dat de infectie-efficiëntie voor *P. infestans* (de fractie succesvol infecterende sporangia) laag is. De hindernissen die het ras opwerpt tegen elk van deze deelprocessen uit de infectiecyclus van het pathogeen tezamen bepalen het overall niveau van partiële resistentie. Dit komt uiteindelijk tot uitdrukking in de hoeveelheid sporangia die op een bepaald ras geproduceerd worden. Hoe minder sporangia, hoe langzamer de epidemie zal verlopen, hoe lager de ziektedruk op het eigen gewas en op buurgewassen en hoe kleiner het risico op knolinfectie. In een recent opgestarte onderzoeksrichting worden rassen gekarakteriseerd m.b.v. deze resistentiecomponenten en wordt gekeken wat de meest effectieve combinatie(s) is (zijn) met het oog op reductie van sporulatie. Gezocht wordt naar rassen die sporulatie maximaal onderdrukken. Grote verschillen in sporangieënproductie zijn inmiddels gevonden tussen de rassen Bintje, Remarka en Aziza. Dit levert vervolgens een beperkt aantal targets t.b.v. het veredelingsonderzoek en bedrijfsleven om de problematiek zoals beschreven in het voorbeeldkader enigszins te verlichten.

### 4.1 Duurzame resistentie tegen *P. infestans* nog niet bereikt



Figuur 4. *Solanum demissum*, veel van de resistentie tegen *Phytophthora infestans* in het huidige assortiment aardappelrassen is terug te voeren op deze wilde *Solanum* soort.

Foto: Wilbert Flier, Plant Research International

Duurzaam resistente rassen blijven, ook bij grootschalige blootstelling aan *P. infestans*, langdurig resistent. Pogingen om aardappel te veredelen met het oog op resistentie tegen *P. infestans* werden al in 1850 ondernomen. Men nam destijds aan dat de ziekte te wijten was aan degeneratie van de aardappel, ontstaan door herhaalde vegetatieve vermeerdering. Er werd nieuw zaad geïntroduceerd, o.a. uit Mexico, waaronder zaad van de resistente soort *Solanum demissum*. Helaas bleek al snel dat deze resistentie niet duurzaam was omdat *S. demissum* planten, zowel in Engeland als in Duitsland, vrij snel toch werden aangetast. Blijkbaar ontstonden er, ook toen al, snel nieuwe varianten van het pathogeen die de resistentie konden doorbreken. Met nieuwe introducties van dezelfde wilde soort werd in het begin van de vorige eeuw nogmaals gepoogd resistente rassen te kweken. Dit strandde opnieuw op het niet-duurzame karakter van de resistentie.

Veredeling op resistentie tegen *P. infestans* wordt dus sterk bemoeilijkt door het grote aanpassingsvermogen van *P. infestans*. Met de recente introductie van het A2-paringstype en een functionele seksuele cyclus is dit aanpassingsvermogen alleen maar verder toegenomen. Waar komt dit aanpassingsvermogen vandaan, en wat kan ertegenover worden gesteld?

Het aanpassingsvermogen van het pathogeen heeft alles te maken met het mechanisme van de gebruikte resistenties. Resistentie tegen *P. infestans* is een actief proces dat begint met herkenning van het pathogeen door de plant waarna afweerreacties in gang worden gezet. De bekendste van deze reacties is de overgevoeligheidsreactie of hypersensitieve respons (HR), waarbij geïnfecteerde cellen doelbewust snel afsterven waardoor het pathogeen zich niet kan vestigen. *P. infestans* kan de herkenning omzeilen door de herkende factor, waarschijnlijk een eiwit, niet langer te produceren. Dat is mogelijk, als het betreffende eiwit door *P. infestans* gemist kan worden. Afweerreacties blijven dan uit en de aangepaste *P. infestans* kan net zo makkelijk infecteren als bij een vatbaar ras.

*P. infestans* vormt waarschijnlijk veel van dit soort door de plant herkende eiwitten die ieder corresponderen met een herkennend resistentiegen van de aardappelplant. Afwezigheid van een door een resistentiegen herkend eiwit bij *P. infestans* resulteert dus in de eerder genoemde virulentiefactor voor het pathogeen. In theorie zijn veel verschillende resistentiegen mogelijk, die allemaal niet-duurzaam zijn tenzij ze eiwitten herkennen die onmisbaar zijn voor *P. infestans*. Het is bij ieder nieuw resistentiegen weer een open vraag of dit gen onmisbare *P. infestans* eiwitten herkent.

Uit de aanwezigheid van resistente lokale aardappelrassen in Mexico, het herkomstgebied van *Phytophthora infestans*, blijkt duidelijk dat een bruikbaar niveau van duurzame resistentie haalbaar is. De realiteit van de huidige aardappelveredeling is echter dat men voorsnog niet in staat is

gebleken deze resistentie in Nederlandse kwaliteitsrassen in te bouwen.

De verklaring hiervoor is dat duurzame resistentie berust op veel verschillende genen, die alleen gezamenlijk voor voldoende resistentie zorgen. In Mexico zijn aardappelrassen ontstaan door natuurlijke selectie op resistentie en werd het vatbare plantmateriaal door de heersende hoge infectiedruk automatisch uit de populatie verwijderd. Daardoor werd geleidelijk een opeenstapeling van de benodigde resistentiegen in lokale aardappelrassen bereikt.

In andere landen, waaronder Nederland, wordt een aardappelras, behalve op *P. infestans*-resistentie, voornamelijk geselecteerd op agronomische eigenschappen en worden voortdurend vatbare genotypen gebruikt als bron van deze agronomische eigenschappen. Een van de agronomische eigenschappen is bovendien vroegheid, waarvan bekend is dat deze, door fysiologische oorzaken, waarschijnlijk niet samengaat met *P. infestans*-resistentie. Selectie op vroegheid leidt er dus toe dat het effect van aanwezige *P. infestans*-resistentiegen vermindert. Consequenties van deze veredelingsstrategie voor de productie van een duurzaam resistent ras worden toegelicht in het voorbeeldkader.

In theorie is het denkbaar met behulp van moleculaire merkers te selecteren op de vereiste minimumset van genen voor duurzame resistentie. Dit vergt echter nog een onderzoeksinvestering in het ontwikkelen van bruikbare merkers en een enorme investering door kweekbedrijven in programmeerbare toepassing van merkertechnologie.

De gangbare veredelingsstrategie op dit moment is het inbrengen van sterk werkende, monogene resistenties in de hoop dat doorbraak lang op zich zal laten wachten en heel misschien nooit zal komen. Dat geeft aan dat het zinnig is te investeren in het bepalen van de duurzaamheid van nieuwe resistenties en in maatregelen die de levensduur van

### Voorbeeld

Stel dat 10 genen nodig zijn voor een duurzaam resistent ras. Deze resistentiegen zijn door kruisen met vatbare genotypen niet in homozygote, maar slechts in heterozygote vorm aanwezig. Hierdoor is de kans dat een nakomeling uit een kruising resistent x vatbaar alle 10 benodigde genen bezit slechts  $(0,5)^{10}$ , ofwel 1/1024.

De kweker kan dus slechts 1 promille van al zijn uitgezaaide en getoetste nakomelingen benutten om te selecteren op alle andere agronomisch gewenste eigenschappen, die vaak ook weer op meerdere genen berusten. Hierdoor bereikt het aantal aanwezige *P. infestans* resistentiegen in de praktijk nooit het minimumaantal dat nodig is voor een duurzame resistentie.

nieuwe resistenties kunnen verlengen (resistentie-management).

De veredelingsstrategie van de toekomst zal meer toegesneden zijn op de aard van de gebruikte resistentiegenen. Kennis van resistentiemechanismen en onderliggende genen, en vooral van allelische variatie van die genen, zal uiteindelijk leiden tot een succesvolle veredelingsstrategie die uitmondt in duurzame resistentie tegen *P. infestans* in aardappel.

## 5. Teelt en teeltmaatregelen

### 5.1 Rassenkeuze

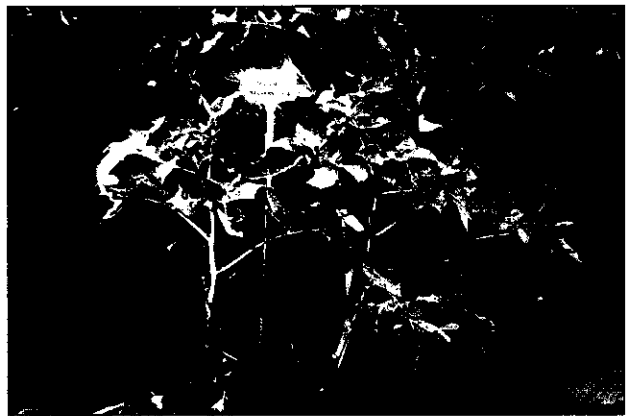
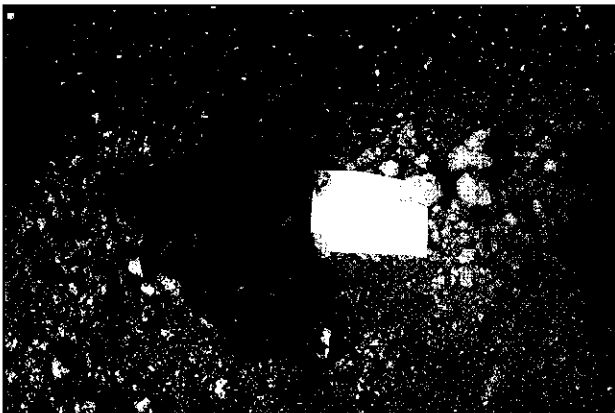
Agronomische overwegingen en persoonlijke voorkeuren spelen een belangrijke rol als het gaat om rassenkeuze. Strategieën om schade door *P. infestans* te beperken gaan echter steeds zwaarder wegen in deze keuze. Volledig resistente rassen zijn in Nederland momenteel niet beschikbaar door de aanwezigheid van een zeer virulente en agressieve *P. infestans* populatie. De voorkeur gaat dus uit naar rassen die zo resistent mogelijk zijn. De meeste rassen bezitten resistentie gebaseerd op een combinatie van R-gen(en) resistentie en een rasafhankelijk niveau van partiële resistentie.

Het toevallig inwaaierende *P. infestans* fysio moet de juiste combinatie virulentiefactoren (sleutels) bezitten om de R-genen (sloten) in de plant te kunnen doorbreken (openen) en tot aantasting te komen. De snelheid waarmee de epidemie daarna voortschrijdt is afhankelijk van het partieel resistentieniveau van het ras. R - genen zorgen dus voor uitstel van eerste aantasting ofschoon het toeval (welk fysio komt er uit de lucht vallen) hier een belangrijke rol speelt m.b.t. de duur van dit uitstel. Partiële resistentie verlaagt de snelheid van de epidemie. De combinatie van beide effecten in samenhang met het klimaat bepalen (het uitstel van) het moment van branden.

Gedetailleerde kennis van de aanwezige resistentie in het assortiment aardappelrassen in samenhang met de populatiestructuur van de Nederlandse *P. infestans* populatie geeft dus aanknopingspunten m.b.t. effectieve rassenkeuze voor telers afzonderlijk, maar ook op regionaal en nationaal niveau. De benodigde data zijn echter in onvoldoende mate aanwezig om een dergelijke strategie te verwezenlijken.

### 5.2 Groeidynamiek

Uit onderzoek uitgevoerd door LBI in samenwerking met PPO in de periode 1992-1995 bleek dat *P. infestans* in *Phytophthora*-jaren uiteindelijk op alle biologische bedrij-



Figuur 5. A: Milva, jonge plant op de Warmonderhof, spanning in de bladeren.  
B: Milva, jonge plant op Tongelaar, afgevlakte bladeren.  
C: Milva, volwassen plant op de Warmonderhof, gezond.  
D: Milva, volwassen plant op Tongelaar, aangetast door *P. infestans*.

Foto: Marjolein Hulscher, Louis Bolk Instituut

ven optrad. Wel waren er verschillen tussen bedrijven ten aanzien van het tijdstip waarop de eerste infectie optrad, en de snelheid waarmee deze zich in het gewas uitbreidde. De groeidynamiek van de individuele aardappelgewassen leverde mogelijk een verklaring voor deze verschillen. Analyse en monitoring van de groeidynamiek leverde een beter begrip van de interactie tussen plant en pathogeen en aanknopingspunten voor het ontwikkelen van nieuwe (combinaties van) teeltmaatregelen voor de beheersing van *P. infestans*. Passende teeltmaatregelen spreken een gewas in zijn kracht aan in de hoop dat dit bijdraagt aan het (zo lang mogelijk) in stand houden van een zekere mate van weerstand. De aardappel onderscheidt zich van andere gewassen door een specifiek patroon en evenwicht van 'ingehouden, stuwende kracht'. Ieder ras wordt vervolgens gekarakteriseerd volgens dit thema van 'ingehouden, stuwende kracht'. In het eerste onderzoeksjaar leek het dikwijls mogelijk om, door analyse van de groeidynamiek, aan een gewas af te lezen of het aangetast zou worden door *P. infestans* of niet. In 1999 was bij het ras Milva aan de jonge plant (Figuur 5A) al te zien dat deze op de Warmonderhof beter in staat was om de spanning vast te houden (opbolling tussen de nerven en harmonische opbouw) dan op Tongelaar (Figuur 5B) waar de bladeren veel vlakker waren, alsof de plant de innerlijke kracht niet kon vasthouden. Op de Warmonderhof werd het gewas niet aangetast (Figuur 5C) terwijl op Tongelaar het gewas flink werd aangetast door *P. infestans* (Figuur 5D). In 2000 gaf het toepassen van rasspecifieke teeltmaatregelen een vertraging van de uitbreiding van de infectie door *P. infestans*, maar geen belangrijk verschil in opbrengst. In 2001 had het toepassen van rasspecifieke teeltmaatregelen een effect op de groei van het gewas, maar was er geen verschil in aantasting door *P. infestans* of knolopbrengst. Het seizoen van 2001 heeft velen zich doen verbazen en verbijten in hun zoektocht naar greep op *P. infestans*. Zelfs percelen waarop het gewas er krachtig bij stond in een raskenmerkend evenwicht van 'ingehouden stuwende kracht', werden aangetast. Tot nu toe is het niet gelukt om een systematiek te vinden die stelt dat bepaalde planttypes weerbaarder zijn tegen *P. infestans*. Toch is het nog te vroeg om te concluderen dat rasspecifieke teeltmaatregelen niet zinvol zijn. Mogelijk kunnen we met krachtigere (combinaties van) (teelt)maatregelen meer greep krijgen op deze grillige en complexe ziekte.

### 5.3 Stikstof bemesting

In de literatuur vinden we veel tegenstrijdige informatie over de rol van bemesting, en met name stikstof, op aantasting door *P. infestans*. Uit eigen experimenten onder veld- en geconditioneerde omstandigheden bleek dat het stikstof bemestingsniveau geen invloed heeft op de vatbaarheid van aardappelrassen. Er werd, logischerwijze, wel een sterk ras-effect gevonden m.b.t. het resistentieniveau. Daarnaast waren er zeer duidelijk effecten van stikstofgift en ras op de opbrengst.

In praktijksituaties treedt toch vaak zwaardere aantasting op bij een hogere N-gift. Dit is een indirect effect dat veroorzaakt wordt door de grotere dichtheid van het gewas. Een hogere gewasdichtheid betekent dat er meer bladeren beschikbaar zijn om geïnfecteerd te raken, maar ook dat het microklimaat in het gewas gunstiger is voor infectie. Uit een aantal experimenten met N-giften tussen 60 en 240 kg per ha en met natuurlijke aantasting zowel als kunstmatige besmetting bleek vooral het veranderde microklimaat de grotere aantasting bij hogere N-gift te verklaren. Hogere aantastings-niveaus traden vooral op bij verhoging van 120 tot 240 kg N per ha, veel minder bij verhoging van 60 tot 120 kg. In het algemeen bleef de invloed van bemesting op aantasting echter klein in vergelijking tot de invloed van het ras. In de biologische aardappelteelt bepaalt aantasting door *P. infestans* vaak wanneer het gewas wordt doodgebracht. Door lagere stikstof bemesting blijft het gewas meer open waardoor een droger microklimaat ontstaat. Onder gunstige klimatologische omstandigheden is zo het tijdstip van branden enkele dagen uit te stellen. Onder ongunstige klimatologische omstandigheden (hoge luchtvochtigheid, regen) heeft een meer open gewas geen effect op het tijdstip van branden. Het is echter zeer de vraag of de verlenging van het groeiseizoen door uitstel van branden kan compenseren voor de opbrengstderving door een lagere N-gift.

### 5.4 Gewasbeschermingsmiddelen van natuurlijke oorsprong (GNO's)

Het eerste waar veelal aan gedacht wordt is het vervangen van de chemische bestrijding tegen *P. infestans* door milieuvriendelijke, biologische middelen van natuurlijke oorsprong. Veel boeren hebben dergelijke middeljes uitgetoet, variërend van biologisch-dynamische preparaten tot bladversterkende middelen als gesteentemelen, algenpreparaten etc. Het effect was in de praktijk meestal van geringe betekenis. Voorts zijn er voor de biologische landbouw geen curatieve middelen tegen *P. infestans* beschikbaar. In het ernstige *Phytophthora*-jaar van 1998 is door Skal een ont-heffing verleend voor het gebruik van koperhoudende middelen voor de biologische aardappelteelt. Biologische telers besloten echter na dat seizoen definitief af te zien van koperbespuitingen omdat dit niet uit te leggen is aan de biologische consument. Het middel mag bovendien vanaf 2002 in de EU niet meer gebruikt worden in de biologische teelt. Momenteel zijn er geen gewasbeschermingsmiddelen van natuurlijke oorsprong (GNO's) tegen *P. infestans* in aardappel op de markt. Eén preparaat is voor dit doel aangemeld bij het College Toelating Bestrijdingsmiddelen onder de naam Vi-Care. Vi-Care bestaat uit een mengsel van plantaardige organische zuren oorspronkelijk afkomstig uit citruspitten die een preventieve werking hebben tegen schimmelziekten. De werking berust op een direct effect op schimmelsporen en op verhoging van de weerstand van de plant. Met de toediening van het middel dient te worden begonnen vóórdat de eerste infecties optreden. De wer-

kingsduur is beperkt tot enkele dagen. In experimenten met *P. infestans* in aardappel bleek het middel vooral effectief in de periode vóór 1 augustus. In biologische teelten kon de epidemie en daarmee het tijdstip van doodbranden maximaal 1 - 2 weken worden uitgesteld. Naarmate de ziektedruk hoger is en langer aanhoudt, zal het middel minder effectief zijn.

## 6. Perspectieven voor beheersing van *P. infestans* in de biologische aardappelteelt

### 6.1 Praktijk

In de biologische aardappelteelt is bestrijding van de aardappelziekte, veroorzaakt door *P. infestans*, door gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen geen optie. Ook het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen van natuurlijke oorsprong (GNO's) is omstreden. Biologische telers hebben echter toch de beschikking over een aantal instrumenten waarmee de ontwikkeling van de aardappelziekte geremd kan worden. Specifieke- of exclusieve instrumenten voor de biologische aardappelteelt zijn echter (nog) niet beschikbaar.

**Gewas- en bedrijfssanitie:** Voorkomen is beter dan genezen.

Door potentiële infectiebronnen (zieke poters, afvalhopen, opslag) op het bedrijf actief aan te pakken wordt het aantal vroeg optredende gewasaantastingen in de wijde omgeving sterk gereduceerd.

**Teeltmaatregelen:** Door de doorgaans wijde gewasrotatie vormen opslagaardappelen en oösporen geen groot probleem voor biologische percelen. Plantafstanden en bemesting kunnen worden gevarieerd waardoor het microklimaat binnen het aardappelgewas enigszins gestuurd kan worden. Het heersende klimaat buiten het gewas drukt echter de grootste stempel op het klimaat binnen het gewas. Het is echter zeer de vraag of de verlenging van het groeiseizoen door mogelijk uitstel van branden kan compenseren voor opbrengstderving door een lagere N-gift.

**Ontwijking:** Door de teelt van vroege rassen kan gepoogd worden een invallende *P. infestans* epidemie voor te blijven. De knolopbrengst is dan al gerealiseerd op het moment dat *P. infestans* in het gewas valt. Voldoende opbrengst is echter niet gegarandeerd, vroege infecties blijven problematisch. Bij een aangetast gewas is het echter wel zaak om knolaantasting in de laatste fase van de teelt of tijdens de oogst te verhinderen. Contact tussen levende *P. infestans* sporen en aardappelknollen geeft een hoge kans op het ontstaan van knolphytophthora in zowel het geoogst product als achterblijvende verliesknollen. Om dit zoveel mogelijk te voorkomen moet tijdig loof worden gebrand (doding van sporangieën en mogelijk doding van oösporen) en pas enkele weken na

loofdoding worden geoogst, bij voorkeur tijdens droog weer.

**Gewasresistentie:** Rassen met een verhoogde weerstand tegen een *P. infestans* aantasting verhogen de kans op uitstel van eerste aantasting, vertragen het verloop van de epidemie en kunnen de aantallen gevormde sporen (de ziektedruk) verlagen. Daarnaast bestaan er grote verschillen in knolresistentie tussen rassen. Het gecombineerde effect van deze resistentiecomponenten geeft een verlenging van het groeiseizoen, een lagere kans op knolaantasting en vermindering van de ziektedruk op het eigen perceel en op buurpercelen.

Bij een optimale inzet van de mogelijkheden die de biologische aardappelteler ten dienste staan, kan de aardappelziekte redelijk efficiënt beheerst worden mits de weersomstandigheden niet gedurende langere perioden extreem gunstig zijn voor *P. infestans*. De biologische- en gangbare aardappelteelt kunnen m.b.t. *P. infestans* ook niet los van elkaar worden beschouwd. Door de grote rijkwijdte van *P. infestans* inoculum bronnen hebben kleine bronnen reeds grote gevolgen. Vroeg in het seizoen zijn afvalhopen in het algemeen de belangrijkste inoculumbronnen. Later in het seizoen bleken aangetaste (biologische) percelen verantwoordelijk voor een stevige uitstoot van sporangia. Complicerende factoren zijn daarbij dat:

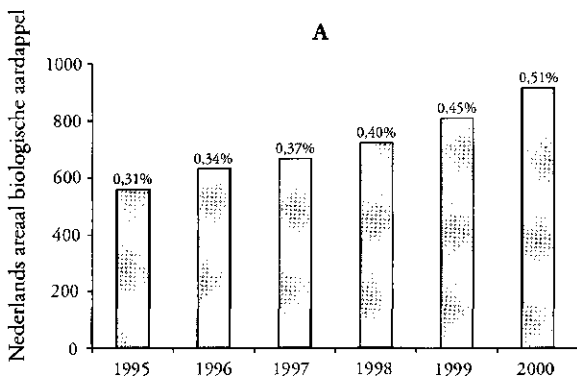
1. de eerste aantasting zeer moeilijk vindbaar is,
2. een licht aangetast gewas al onevenredig veel sporen produceert,
3. het tienvoudige(!) van het zichtbare aantal bladplekken reeds latent (d.w.z. nog 1 - 4 dagen onzichtbaar) aanwezig is.

In zijn algemeenheid geldt: hoe lager het aantal *P. infestans* haarden, hoe langer de ziektevrije gewasgroeiperiode. Het toenemend biologisch geteeld areaal in Nederland (Figuur 6) kan dus, bij een onaangepaste teelt, op termijn aanleiding geven tot een toename van ziektedruk tijdens de teelt met nadelige gevolgen voor de oogstzekerheid en de kwaliteit van het geoogst product.

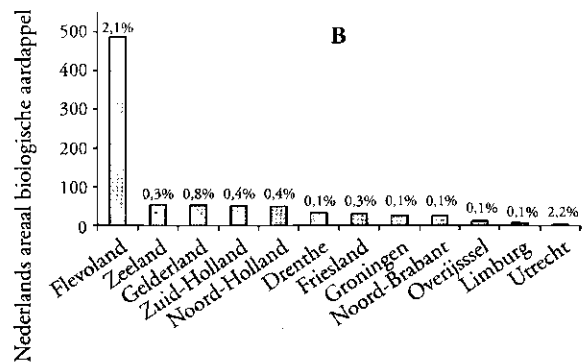
### 6.2 Onderzoek

Beheersing van *P. infestans* in aardappel zal, ook in de toekomst, gebaseerd zijn op cultivarresistentie en preventieve maatregelen. Jaar-rond bestrijdingsstrategieën zullen daarbij een steeds belangrijker plaats gaan innemen. Minimalisatie van: gewasaantasting, ziektedruk, productie van nieuw primair inoculum in knol en bodem (oösporen) en beteugeling van het adaptief vermogen van de Nederlandse *P. infestans* populatie vormen de uitgangspunten.

Rassen met nieuwe resistenties zullen beschikbaar komen. Duurzaamheid van resistentie wordt daarbij een belangrijk thema. Duurzaamheid moet een praktisch definitie krijgen zodat het kan worden gerealiseerd. Welke (combinaties van) resistentiecomponenten, resistentiegenen en beheersmaatre-



Figuur 6A. De omvang van de biologische aardappelteelt neemt zowel absoluut (hectares) als relatief (percentages van totaal aardappelareaal) geleidelijk toe



Figuur 6B. De biologische aardappelteelt is vooral in Flevoland (en procentueel ook in Utrecht) sterk vertegenwoordigd. In andere provincies, met name op de zandgronden, is de biologische aardappelteelt relatief ondervetegenwoordigd (1999)

gelen leveren een duurzaam teeltsysteem op? Kan met kennis van de mechanismen van resistentie, kennis van het effect van resistentie op de populatiedynamica van het pathogeen en kennis van de populatiegenetica en verspreiding van *P. infestans* een regionale of nationale strategie worden opgesteld waarmee de explosieve ontwikkeling van de ziekte, b.v. middels resistentielappendekens over de regio, wordt geminimaliseerd? Samenvattend zijn er, ook voor het onderzoek, momenteel meer vragen dan antwoorden. Zeker is dat de toekomst nieuwe resistente rassen en maatregelen

moet gaan opleveren die de effectiviteit van resistentie zo lang mogelijk in stand houden. Onderdrukking van het genommeerde adaptief vermogen van *P. infestans*, in het verleden verantwoordelijk voor menige onaangename verassing, is daarbij een belangrijke doelstelling. Dit gaat alleen lukken als maximaal gebruik gemaakt wordt van de mogelijkheden van loof en knolresistentie in een breed gedragen integrale strategie om *P. infestans* één en liefst meerdere stappen voor te blijven. Geen eenvoudige opgave voor zowel sector als onderzoek!

# Bijdrage van bodemweerbaarheid aan de beheersing van bodempathogenen

Joeke Postma

Plant Research International

## Samenvatting

Bodemweerbaarheid is een belangrijk instrument om aantasting door bodempathogenen te onderdrukken. Teeltmaatregelen en toevoeging van organische stof aan de bodem hebben invloed op de bodemweerbaarheid, zowel in positieve als in negatieve zin. Er zijn vele factoren die het effect op de bodemweerbaarheid beïnvloeden, zoals tijdstip, type organische stof, aanwezige bodempathogenen, etc., waardoor voorspellingen ten aanzien van de onderdrukking van bodempathogenen in het veld nog steeds moeilijk te geven zijn.

## 1. Inleiding

Gronden hebben van nature een zeker vermogen om planten tegen ziekten te beschermen. Dat het bodemleven hierbij een grote rol speelt is evident: in gesteriliseerde grond is de schade door aangebrachte pathogenen namelijk veel groter dan in niet gesteriliseerde grond (Oyarzun, 1994). Ook bij andere vormen van desinfectie van grond, waarbij naast de aanwezige pathogenen een substantieel deel van de microflora afsterft, maakt de grond veel gevoeliger voor de uitbraak en verspreiding van ziekten. Voorbeelden hiervan zijn inundatie (onder water zetten), solarisatie (opwarmen met zonnestraling), stomen en chemische ontsmetting (Van Os, 2001). De bescherming van een gewas tegen ziekten en plagen door het bodemleven (met name door bodemmicro-organismen) is het meest evident voor bodempathogenen. Het is echter ook mogelijk dat het bodemleven het gewas beschermt tegen bovengrondse ziekten en plagen, bijvoorbeeld als gevolg van het optreden van geïnduceerde resistentie (Klopper *et al.*, 1999).

In de biologische landbouw, waar geen chemische bestrijdingsmiddelen of grondontsmetting gebruikt wordt, is benutting en stimulering van de natuurlijke bodemweerbaarheid een belangrijk instrument om bodemziekten beheersbaar te maken. Maar hoewel het belang van het fenomeen bodemweerbaarheid onomstotelijk vaststaat, zijn er nog zeer veel vragen ten aanzien van de omstandigheden waaronder bodemweerbaarheid optreedt. Ook is het effect van bodemweerbaarheid op de gewasgezondheid niet voor alle pathogenen hetzelfde. In de

hiervolgende tekst, zal ingegaan worden op een aantal belangrijke aspecten van bodemweerbaarheid (wetenschappelijke literatuur en/of eigen onderzoek).

## 2. Oorzaak bodemweerbaarheid

Gronden verschillen onderling qua bodemweerbaarheid. Hierbij kunnen biologische, chemische en fysische factoren een rol spelen. Zo zijn zanderige gronden gevoeliger voor nematoden aantastingen dan zware kleigronden, als gevolg van de textuur en structuur. Kalkrijke grond is minder gevoelig voor knolvoet bij koolsoorten dan gronden met een lagere pH. Er zijn echter ook gronden bekend die een bijzondere mate van bodemweerbaarheid vertonen t.a.v. specifieke pathogenen, waarbij na uitgebreid onderzoek bleek dat hier micro-organismen een belangrijke rol spelen. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- 'Chateau Renard' grond uit Frankrijk met ziektevering t.a.v. Fusariumverwelking, waaruit een antagonistische Fusarium-stam werd geïsoleerd (Alabouvette *et al.*, 1979);
- Gronden met ziektevering t.a.v. *Rhizoctonia solani*, waaruit de antagonist *Verticillium biguttatum* werd geïsoleerd (Jager *et al.*, 1979);
- Grond uit Colorado met ziektevering t.a.v. Pythium, waaruit de antagonist *Pythium nunn* werd geïsoleerd (Lifshitz *et al.*, 1984);
- 'Take all decline' waarbij als gevolg van continueel van granen ziektevering t.a.v. de schimmel *Gaeumannomyces graminis* werd opgebouwd. Deze ziektevering bleek veroorzaakt door een fluorescerende *Pseudomonas* spp. die het antibioticum 2,4-diacetylphloroglucinol produceert (Raaijmakers & Weller, 1998).

In andere situaties is bodemweerbaarheid niet zozeer het gevolg van één enkele antagonist, maar eerder van bepaalde groepen micro-organismen. Zo hebben diverse studies een correlatie aangetoond tussen de populatieomvang van actinomyceten en ziektevering in grond of compost (Workneh & Van Bruggen, 1994; Tuitert *et al.*, 1998; Craft & Nelson, 1996).

o

### 3. Verhoging van de bodemweerbaarheid door toevoeging of stimulering van micro-organismen

Weerbaarheid van de bodem kan gestimuleerd worden door toevoeging van ziekteverende (antagonistische) micro-organismen ofwel door stimulering van dergelijke micro-organismen die reeds in de bodem aanwezig zijn door geschikt substraat toe te voegen. Er zijn veel antagonisten van bodempathogenen onderzocht en beschreven in de literatuur. Er is wereldwijd echter maar een beperkt aantal antagonisten beschikbaar als commercieel product. Een overzicht van de beschikbare commerciële producten is te vinden op het internet ([www.barc.usda.gov/psi/bpdl/bioprod.htm](http://www.barc.usda.gov/psi/bpdl/bioprod.htm)). Het aantal toegelaten (geregistreerde) micro-organismen ter bestrijding van plantenziekten en plaaginsecten in Nederland is echter minimaal (10 in het jaar 2000, waarvan slechts 2 tegen schimmelziekten). Hier geldt dat de geïntroduceerde micro-organismen moeten concurreren met de reeds in de bodem aanwezige micro-organismen. Daarom is het bij de toediening van groot belang om te letten op de omstandigheden waarbij introductie het meest succesvol wordt geacht.

Door toediening van diverse organische (rest)stoffen kan de bodemweerbaarheid van een bodem t.a.v. verschillende bodempathogenen verhoogd worden (Postma *et al.*, 2001, 2002). Voorbeelden van organische (rest)stoffen die de weerbaarheid kunnen verhogen zijn compost, chitine, cellulose. Van deze genoemde voorbeelden is het meeste onderzoek gedaan naar het effect van compost (zie volgende paragraaf). Toevoeging van chitine aan de bodem bevordert de ziektevering t.a.v. nematoden door de stimulering van antagonistische bodemmicro-organismen (Hallmann *et al.*, 1999; Kloepper *et al.*, 1999). Het effect op bodempathogene schimmels is minder eenduidig. Papiercellulose kan de verspreiding van de aantasting van de bodemschimmel *Rhizoctonia solani* verminderen (Postma *et al.*, 2001). Cellulose is echter ook een voedselbron voor *Rhizoctonia* spp. en kan onder bepaalde omstandigheden *Rhizoctonia*-aantasting stimuleren (Figuur 1). Of de bodemweerbaarheid door cellulose een gevolg is van bodemmicro-organismen en of dit fenomeen ook voor andere bodempathogenen geldt, is nog onbekend.



Figuur 1. *Rhizoctonia*-aantasting bij bloemkool in het veld

Ook gewasresten en dierlijke mest hebben invloed op de overleving en aantasting door bodempathogenen. Hierover is echter nog weinig inzicht in wanneer positieve en wanneer negatieve effecten te verwachten zijn. Het gaat om complexe processen waarbij de toegediende organische componenten ofwel de bodemmicro-organismen dan wel de betreffende bodempathogenen stimuleren. Gewasresten zijn belangrijk, omdat ze substantiële hoeveelheden organische stof inbrengen. De consequenties voor ziekteontwikkeling, bodemweerbaarheid, en mineralenvoorziening zullen worden beïnvloed door de wijze van inbreng in de grond en de afbraaksnelheid.

Over het algemeen zal het eenvoudiger zijn de bodemweerbaarheid van grond te verhogen, naarmate de betreffende grond gevoeliger is voor het optreden van ziekten, zoals bijvoorbeeld na verstoring van het bodemleven door desinfecterende maatregelen (zoals inundatie of solarisatie). Het kan dan verstandig zijn om de microflora van een grond te stimuleren door toevoeging van organisch materiaal met een rijke microflora.

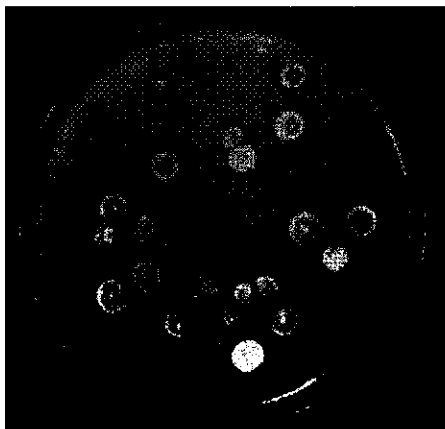
### 4. Effect van compost op de bodemweerbaarheid

Compost kan schade door verschillende bodempathogene schimmels, bacteriën en nematoden onderdrukken. Er worden echter vele soorten compost geproduceerd van diverse uitgangsmaterialen en gebruikmakend van verschillende composteringsprocedures. Met andere woorden: de ene compost is de andere niet. Compost in zijn algemeenheid heeft dan ook geen consistente werking op bodempathogenen en kan zelfs plantenziekten stimuleren. De rijpheid of stabiliteit van compost is belangrijk voor de mate van bodemweerbaarheid. In een stabiele compost zijn de makkelijk afbreekbare C-bronnen reeds verteerd. In zijn algemeenheid kan verse compost plantenziekten stimuleren, extreem stabiele compost heeft weinig invloed op de bodemweerbaarheid, terwijl gedeeltelijk gestabiliseerde volledig gekoloniseerde compost de beste ziekteverende effecten heeft (Hoitink *et al.*, 2001). Uitzonderingen hierop zijn zeker mogelijk (Tuitert *et al.*, 1998). Een eenduidige maat voor de rijpheid van compost die indicatief is voor



Figuur 2. Bodemweerstandstoets waarbij de verspreidingsnelheid van de *Rhizoctonia*-aantasting bepaald wordt





Figuur 3. Kwantatieve analyse van de microflora: filamenteuze actinomyceten op een selectief medium

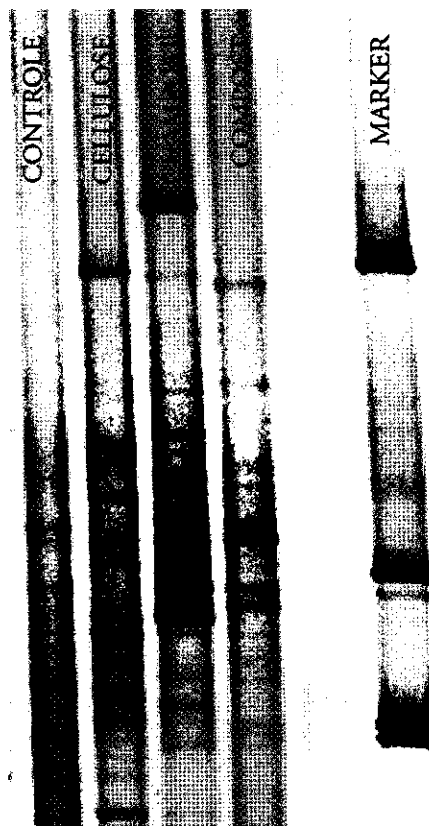
ziektewering, is echter niet beschikbaar. Ondanks de veelheid aan onderzoek naar de ziektevering van compost, is er nog onvoldoende inzicht in de algemene principes van dit fenomeen in relatie met de kwaliteit van de compost en zijn voorspellingen van de effectiviteit in het veld hachelijk. Ook op internet staat veel informatie over ziektevering door compost toedieningen ([ncatark.uark.edu/~steved/compost-disease-biblio.html](http://ncatark.uark.edu/~steved/compost-disease-biblio.html); [www.agric.gov.ab.ca/sustain/compost/plantdisease.html](http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/compost/plantdisease.html)). In veel buitenlandse publicaties worden echter veel hogere doses compost toegepast dan zijn toegestaan in Nederland. Het onderzoek van Hoitink betreft vooral de effecten van compost in containerteelten of als mulch (tot 100 ton per ha), terwijl in Nederland de wettelijk toegestane dosis op landbouwgrond veel geringer is (afhankelijk van het soort compost 6 à 20 ton per ha).

Naast de kwaliteit van de compost, is ook de interactie met de bodem belangrijk. Tijdstip en wijze van toedienen beïnvloeden het effect. Zo kunnen bodempathogenen direct na toediening van organische stof gestimuleerd worden, terwijl dezelfde organische stof na langere incubatie in de bodem juist de bodemweerbaarheid stimuleert.

## 5. Onderzoeksmethodieken

Onderzoek naar bodemweerbaarheid is moeilijk vanwege de complexiteit van de bodem, de veelheid aan interacties en de kleine schaal (micrometers) waarop één en ander zich afspeelt.

De meeste plantenpathogenen kunnen specifiek gedetecteerd worden. Diverse bodempathogenen zijn echter zo algemeen aanwezig, dat detectie van het pathogeen zelf geen nut heeft. In die gevallen is het belangrijk om te weten wat de kans op schade is. Indien de bodem verend is voor de erin voorkomende pathogenen, zal de schade aan het gewas beperkt blijven. Het voorspellen van de mate van bodemweerbaarheid van een bodem is daarom van groot belang.



Figuur 4. van de microflora in een zandgrond met verschillende organische-stof toevoegingen: 1) controle zonder toevoeging, 2) papier cellulose, 3) champost en 4) groencompost en 5) een marker met bekende bacteriesoorten. Het (genetische) profiel van de dominante bacteriepopulaties is gemaakt met de moleculaire techniek PCR-DGGE

De mate van bodemweerbaarheid kan met behulp van bioassays bepaald worden. Onder een bioassay wordt verstaan: een toetsysteem van beperkte omvang waarin het effect van het betreffende pathogeen op een modelgewas in de betreffende grond getoetst kan worden. Hoewel voor de belangrijkste pathogeen-gewas-combinaties zulke bioassays beschikbaar zijn, is dit een vrij bewerkelijke methode om de bodemweerbaarheid te bepalen. Om meer inzicht in en begrip van bodemweerbaarheid te krijgen worden diverse biologische karakteristieken bepaald:

- kwantificering van bepaalde groepen micro-organismen, zoals aantallen chitinolytische bacteriën, actinomyceten, pseudomonaden, schimmels;
- activiteitsbepalingen m.b.v. ademhalingsmetingen van het aanwezige bodemleven;
- activiteitsbepalingen m.b.v. fluorescentiekleuring van de actieve micro-organismen;
- diversiteit van het bodemleven m.b.v. moleculaire technieken (PCR-DGGE) of diversiteitsindices aan de hand van functionele groepen van organismen of koolstofgebruik (BIOLOG);
- complexiteit van het bodemleven, zg. soil food web (Neutel, 2001; [www.soilfoodweb.com](http://www.soilfoodweb.com));

- veerkracht van een ecosysteem (in dit geval de bodem) in reactie op versturende maatregelen (Van Bruggen & Semenov, 2000).

In diverse studies zijn dergelijke biologische karakteristieken met elkaar vergeleken (Van Bruggen, 1995; van Os & Van Ginkel, 2001; Oyarzun, 1994). Het betreft meestal correlatief onderzoek en bij vergelijking van een groter aantal behandelingen die de bodemweerbaarheid beïnvloeden, blijkt een eerdere correlatie met één van de karakteristieken opeens toch niet meer op te gaan (Van Os en van Ginkel, 2001). Bovendien kan een bodem ziekteverwekkend zijn voor bepaalde bodempathogenen en juist heel gevoelig voor andere pathogenen (Oyarzun, 1994). Er worden dan ook diverse mechanismen van bodemweerbaarheid als gevolg van het bodemleven verondersteld, zoals: algemene verhoging van de microbiële activiteit, verhoging van de diversiteit, verhoging van bepaalde groepen micro-organismen, toevoeging of stimulering van antagonisten die niet of in geringe aantallen in de grond aanwezig waren. Bodemweerbaarheid van verschillende bodempathogenen kan het gevolg zijn van verschillende mechanismen. Waar een bioassay een soort totaal-plaatje van de bodemweerbaarheid bij een pathogeen-gewas combinatie geeft, is er voor zinvol gebruik van biologische karakteristieken van de bodem meer inzicht in de mechanismen van bodemweerbaarheid nodig.

## 6. Discussie en conclusies

Bodemleven is van cruciaal belang om problemen met ziekten te voorkomen. In een biologisch vacuüm zullen bepaalde pathogenen onbelemmerd hun gang kunnen gaan. De vraag is echter wat de meest optimale samenstelling en omvang van de ziekteverwekkende populatie is. Het bodemleven heeft ook invloed op bovengrondse ziekten, bijvoorbeeld doordat sterkere planten ontstaan, of doordat ziekten zich minder vermeerderen bij versnelde afbraak van gewasresten. Management van gewasresten is daarom van groot belang voor de beheersing van zowel bovengrondse als ondergrondse pathogenen.

Het meeste onderzoek op bovenstaande terreinen is nogal exemplarisch uitgevoerd: een organische stof, in een bodem, met een gewas en een ziekte. Ook is de kwaliteit van de gebruikte organische stof vaak onvoldoende gekarak-

teriseerd. Waarschijnlijk is meer kennis van de verschillende organische-stofcomponenten zoals cellulose, lignine, en dergelijke nodig om bodemweerbaarheid beter te begrijpen. Bovendien is de mate van kolonisatie van de organische-stofcomponenten door de microflora en wat er vervolgens in de bodem gebeurt belangrijk. Kortom, er mist nog te veel basiskennis van de bodemweerbaarheid door het bodemleven om dit fenomeen bewust in te zetten in de biologische landbouw. Er is dus meer fundamentele kennis nodig van processen van de organische stof in de bodem in relatie met ziekteverwekkende organismen en met de ziekteverwekkende organismen.

Tevens is van belang dat onderzoek naar bodemweerbaarheid een meer integraal karakter krijgt met aandacht voor zowel bodemweerbaarheid, mineralenvoorziening als structuur. Onderzoek moet niet worden uitgevoerd naar één pathogeen, maar naar alle pathogenen die van belang zijn voor een teeltsysteem. Zo heeft bodemweerbaarheid van schimmelpathogenen weinig nut als daarnaast nematoden gestimuleerd worden. Bovendien zijn de kenmerken van een organische stof bron benodigd voor stimulering van bodemweerbaarheid, niet noodzakelijkerwijs ook de kenmerken benodigd voor een optimale mineralenvoorziening.

De biologische landbouw werkt veelal volgens eigen concepten en onderzoeksmethoden en heeft specifieke teeltmaatregelen ontwikkeld gericht op stimulering van het bodemleven. Wetenschappelijk onderzoek naar bodemweerbaarheid is vooral uitgevoerd in het kader van geïntegreerde duurzame landbouw. Er zijn dan ook bodemweerbaarheidsstimulerende maatregelen onderzocht (bijvoorbeeld papiercellulose, gft-compost), die niet altijd aansluiten bij de biologische landbouwpraktijk. Het is daarom een uitdaging om meer uitwisseling tussen wetenschappelijk onderzoek en biologische landbouw te creëren. Dit zal ook nodig zijn om uitbreiding van het biologische areaal en acceptatie bij een groter aantal telers te bewerkstelligen. Interessant is of de moleculaire meetmethoden die momenteel sterk in ontwikkeling zijn, ingezet kunnen worden in het onderzoek naar stimulering van bodemweerbaarheid in de biologische landbouw. De moleculaire technieken leveren mogelijk betere methoden om kwaliteit van bodemleven te karakteriseren, en zullen het inzicht in eigenschappen en complexiteit van het bodemleven in de toekomst vergroten.

## 7. Referenties

- Alabouvette C., F. Rouxel & J. Louvet, 1979. Characteristics of Fusarium wilt-suppressive soils and prospects for their utilization in biological control. In: Soil-borne Plant Pathogens, B. Schippers & W. Gams, eds. Academic Press, New York, pp. 165-182.
- Bruggen, A.H.C. van, 1995. Plant disease severity in high-input compared to reduced-input and organic farming systems. *Plant Disease* 79: 976-984.

- Bruggen, A.H.C. van, & A.M. Semenov, 2000. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology* 15: 13-24.
- Craft, C.M., & E.B. Nelson, 1996. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 1550-1557.
- Hallmann, J., R. Rodriguez-Kabana, J.W. Kloepper, 1999. Chitin-mediated changes in bacterial communities of the soil, rhizosphere and within roots of cotton in relation to nematode control. *Soil Biol. Biochem.* 31: 551-560.
- Hoitink, H.A.J., J.H. Al Dahmani, & M.S. Krause, 2001. The use of compost and mulches for disease suppression in soils. Internet: [www.composting2002.org](http://www.composting2002.org).
- Jager G., A. ten Hope, & H. Velvis, 1979. Hyperparasites of *Rhizoctonia solani* in Dutch potato fields. *Neth. J. Plant Pathol.* 14: 86-91.
- Kloepper, J.W., R. Rodriguez-Kabana, G.W. Zehnder, J.F. Murphy, E. Sikora, & C. Fernandez, 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australasian Plant Pathology* 28: 21-26.
- Lifshitz R., M.E. Stanghellini, & R. Baker, 1984. A new species of *Pythium* isolated from soil in Colorado. *Mycotaxon* 20: 373-379.
- Neutel, A.M., 2001. Stability of complex food webs. Pyramids of biomass, interaction strengths and the weight of trophic loops. Proefschrift Universiteit van Utrecht. 128 p.
- Os, G.J. van, & J.H. van Ginkel, 2001. Suppression of *Pythium* root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. *Soil Biol. Biochem.* 33: 1447-1454.
- Oyarzun, P.J., 1994. Root rot of peas in the Netherlands; fungal pathogens, inoculum potential and soil receptivity. PhD-thesis Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Postma J., M. Montenari & P.H.J.F. van den Boogert, 2002. Microbial enrichment to enhance disease suppressive activity of compost. *Geoderma* (in press).
- Postma J., M.J.E.I.M. Willemsen-de Klein & J.D van Elsas, 2000. Effect of the indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwool. *Phytopathology* 90: 125-133.
- Postma, J., F.C. Zoon, C.J. Kok, en P.H.J.F. van den Boogert, 2001. Management van ziektevering door toevoeging van organische materialen. *Gewasbescherming* 32(2): 47.
- Raaijmakers J.M. & D.M. Weller, 1998. Natural plant protection by 2,4-diacetylphloroglucinol-producing *Pseudomonas* sp. in take-all decline soils. *Molecular Plant Microbe Interactions* 11: 144-152.
- Tuitert, G. M. Szczech, & G.J. Bollen. 1998. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. *Phytopathology* 88: 764-773.
- Workneh, F., & A.H.C. van Bruggen, 1994. Microbial density, composition, and diversity in organically and conventionally managed rhizosphere soil in relation to suppression of corky root of tomatoes. *Appl. Soil Ecol.* 1: 219-230.

# Biologische bestrijding van bovengrondse plantenziekten met *Ulocladium atrum* – een oplossing voor de biologische landbouw?

Ellis Meekes, Jürgen Köhl, Wilma Molhoek, Helen Goossen-van der Geijn & Thijs Gerlagh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Plant Research International, Wageningen

## Samenvatting

Bij beheersing van ziekten en plagen ligt in de biologische landbouw de nadruk op preventie, om te zorgen dat de kans op aantasting zo klein mogelijk is. Preventie is echter vaak onvoldoende bij zeer mobiele en/of polyfage ziekten en plagen, waardoor directe bestrijding noodzakelijk wordt. Naast fysieke en chemische bestrijding kunnen ook biologische middelen worden ingezet. Biologische bestrijding van schimmelziekten met behulp van toevoeging van nuttige micro-organismen is in ontwikkeling. Fundamenteel en toegepast onderzoek, uitgevoerd door instituten en bedrijven, richt zich op de ontwikkeling van biologische bestrijdingsmiddelen voor toepassingen in biologische teelten, maar ook in gangbare systemen. Hier wordt een beeld geschetst van mogelijke bestrijding van bovengrondse ziekteverwekkers d.m.v. het inzetten van antagonist, met name *Ulocladium atrum*. Deze antagonist is in staat de grauwe schimmel te onderdrukken onder veldomstandigheden. Mogelijkheden voor het gebruik van deze antagonist tegen andere ziektes, zoals zwarteplekkenziekte in peen en ringvlekkenziekte in kool, worden onderzocht. Verder wordt ingegaan op de mogelijkheden van het gebruik van microbiële bestrijdingsmiddelen in de biologische landbouw.

## 1. Probleemziekten in de biologische landbouw

### 1.1 Inleiding

De biologische landbouw heeft met verschillende teeltbedreigende ziekten en plagen te maken. Een overzicht van deze knelpunten wordt gegeven in de 'Knelpuntanalyse van ziekten en plagen in vollegrondsgroente- en akkerbouwgewassen in de ecologische teelt' (Theunissen & Köhl, 1999). Voor beheersing van ziekten en plagen ligt in de biologische teelt de nadruk op preventie, zoals bijvoorbeeld goede bedrijfshygiëne, optimale vruchtwisseling en gebruik van resistente of tolerante rassen, zodat de kans op het optreden van belagers zo klein mogelijk wordt. Echter bij zeer mobiele en/of polyfage ziekten en plagen is preventie vaak niet afdoende (zie bijdrage van

Wijnands & Booij (2002)); zo is vruchtwisseling tegen dit soort belagers minder effectief en is in het huidige rassensortiment nog onvoldoende resistentie of tolerantie beschikbaar (zie ook bijdrage de Nijs *et al.*). In dit geval zal directe bestrijding een grote rol spelen.

Voor bestrijding van belagers heeft een biologische teler verschillende mogelijkheden (zie ook bijdrage van Wijnands & Booij (2002)). Zo kan bijvoorbeeld het gebruik van insectennetten en mulches de verspreiding van plagen tegengaan en de bestrijding van ziekten bevorderen (fysieke bestrijding). Verder kunnen in de biologische landbouw een beperkt aantal middelen worden ingezet voor gewasbescherming. In EU verordening 2029/91 bijlage II worden deze middelen genoemd. Veel van deze middelen zijn echter (nog) niet of niet meer toegelaten in Nederland, zoals b.v. koperverbindingen. Het eventuele gebruik van deze middelen moet kritisch benaderd worden i.v.m. mogelijke schadelijke nevenwerking op het milieu. Voor het gebruik van veel anorganische stoffen en plantaardige extracten geldt dat de behoefte door een controle instantie moet worden erkend. Plantversterkers kunnen mogelijkheden bieden (bijvoorbeeld Vi-Care tegen *Phytophthora*), maar ook hier geldt dat veel middelen niet officieel zijn toegelaten in Nederland en/of niet op bovengenoemde EU lijst staan van toegestane meststoffen en bestrijdingsmiddelen. *Last but not least* kunnen biologische middelen op basis van nuttige micro-organismen of natuurlijke vijanden zoals predatoren en sluipwespen, ingezet worden tegen belagers. Biologische bestrijding van ziekten zal in dit hoofdstuk verder uitgediept worden.

In verschillende biologische teelten kunnen met name door ziekten grote opbrengst- en kwaliteitsverliezen optreden. In principe komen alle in de knelpuntanalyse genoemde ziekten in aanmerking voor de ontwikkeling van biologische bestrijdingsmethoden. Zo is een begin gemaakt met de ontwikkeling van de biologische bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappelen (Jongebloed *et al.*, 1993), van meeldauw (Bélanger *et al.*, 1994) en *Botrytis* (Köhl *et al.*, 1995b). Voor de bestrijding van *Sclerotinia* (sclerotienrot) is zelfs al een middel gebaseerd op de

antagonist *Coniothyrium minitans* in een aantal landen toegelaten onder de naam Contans®, maar nog niet in Nederland.

Voor de ontwikkeling en toepassing van biologische bestrijdingsmethoden gericht op schimmelziekten is een gedegen kennis nodig van de eigenschappen van de ziekteverwekker. Met deze kennis wordt het mogelijk de pathoogpopulatie in een ontwikkelingsstadium aan te pakken dat het meest gevoelig is voor de antagonistische werking van toegevoegde nuttige micro-organismen.

### 1.2 Biologie necrotrofe schimmels

Plantpathogenen kunnen in verschillende groepen ingedeeld worden al naar gelang hun infectie- en overlevingsstrategie. Zo kan er onderscheid gemaakt worden tussen biotrofe en necrotrofe plantpathogenen. Beide groepen schimmels tasten levende planten aan, maar biotrofe schimmels onttrekken hun voedsel aan levend weefsel, terwijl necrotrofe schimmels alleen voedingsstoffen kunnen halen uit dood plantmateriaal. Dus om gezonde planten te infecteren moet het plantmateriaal eerst gedood worden. Ervaring leert dat het onderscheid tussen necrotrofe en biotrofe schimmels zeer relevant is voor het vinden van goede beheersings- en bestrijdingsmethodes (Köhl & Fokkema, 1998). Een bekend voorbeeld van een necrotrofe schimmel is de grauwe schimmel - *Botrytis cinerea*, een voorbeeld van een biotrofe schimmel is echte meeldauw.

### 1.3 Cyclus

De cyclus van necrotrofe schimmels kan globaal in drie stadia verdeeld worden: 1) het pathogene stadium waarin een gezond plantmateriaal wordt geïnfecteerd en gedood, 2) het saprofytische stadium waarin de schimmel zich verspreidt in het gedode plantenweefsel, meestal resulterend in sporulatie en uiteindelijk 3) het overlevingsstadium waarin schimmeldraden, sclerotia (overlevingsstructuren) of sporen overleven in gewasresten of in de bodem (Köhl & Fokkema, 1998).

In het algemeen is het eerste stadium van de infectiecyclus afhankelijk van, of wordt gestimuleerd door, voedingsstoffen die op het plantmateriaal aanwezig zijn, zoals stuifmeel of honingdauw. Er worden enzymen geproduceerd die de schimmel in staat stellen de plant binnen te dringen. Direct na infectie, of na een periode dat de schimmel latent aanwezig is, wordt het weefsel rond de plaats van infectie gedood door enzymen of toxinen. De schimmel zal zich daarna uitbreiden in het gedode weefsel, gebruikmakend van de voedingsstoffen die daarin aanwezig zijn. Mycelium in het necrotische weefsel kan op diverse manieren bijdragen aan de infectiecyclus. Het mycelium kan aangrenzend gezond materiaal infecteren en zich verder verspreiden binnen de plant of naar buurplanten waarmee

de geïnfecteerde plant contact maakt. Een andere mogelijkheid is dat in de laesie sporen worden gevormd die zich verder in het gewas verspreiden en nieuwe ziektehaarden vormen. Daarnaast kan het mycelium in de laesie sclerotia vormen, die in het volgende teeltseizoen een besmettingsbron vormen. Het mycelium zelf kan echter ook ongunstige periodes overleven in de laesie en wachten tot de voorwaarden voor verspreiding weer gunstig zijn (Köhl & Fokkema, 1998).

Uit bovenstaande komt naar voren dat gewasresten een belangrijke schakel vormen in de epidemiologie van necrotrofe schimmels. Binnen nagenoeg elk gewas is dood of beschadigd plantmateriaal te vinden, waar necrotrofe schimmels gebruik van maken, bijvoorbeeld afgestorven bladeren, laesieweefsel of bloemdelen zoals meeldraden en bloembladeren. Dit betekent dat er zich binnen het gewas talloze potentiële ziektebronnen bevinden. Verder blijven er vaak na het beëindigen van een teelt, gewasresten op een perceel achter waarop plantpathogene schimmels kunnen overleven, zoals bijvoorbeeld stoppels. In het nieuwe teeltseizoen kunnen de plantpathogene schimmels zich vanuit deze gewasresten verspreiden en problemen veroorzaken in de nieuwe teelt.

## 2. Aandacht in het onderzoek

### 2.1 Antagonisten en preventie van infectie

In verschillende fases van hun ontwikkeling moeten plantpathogenen concurreren met andere micro-organismen, namelijk tijdens het begin van infectie en later tijdens sporulatie en overleving. Dit zijn ook de momenten waarop de ziekten met antagonisten bestreden kunnen worden.

Plantpathogenen vormen slechts een minderheid binnen alle micro-organismen die op de plant aanwezig zijn. In gematigde klimaten wordt de oppervlakte van planten van nature gekoloniseerd door hoofdzakelijk saprofytische gisten, maar ook door enkele saprofytische bacteriën en schimmels. Ze leven van de voedingsstoffen die op het groene blad aanwezig zijn, zoals pollen en honingdauw. Hierdoor vermindert de beschikbaarheid van voedingsstoffen op het blad en krijgen pathogenen minder kans om de plant te infecteren. De saprofytische micro-organismen vormen op deze manier een natuurlijke microbiële buffer op het blad.

Men kan proberen om infectie van necrotrofe pathogenen te voorkomen door de balans tussen ziekteverwekkers en saprofyten naar de gewenste kant te sturen door extra saprofyten (antagonisten) aan het blad toe te voegen. Op levende bladeren zal dit slechts een tijdelijk effect hebben, omdat de van nature aanwezige micro-organismen in

overmaat aanwezig zijn en de toegediende antagonisten op den duur weggeconcentreerd zullen worden. Het toedienen van antagonisten is wel zinvol op planten die nauwelijks gekoloniseerd worden door andere micro-organismen en waar plotseling een overmaat aan voedingsstoffen aanwezig is, bijvoorbeeld wanneer er jonge bloemen aanwezig zijn of wanneer er wonden zijn ontstaan op stengel, blad of vruchten. Echter de tijdsspanne tussen het landen van een spore van een ziekteverwekker op het bladoppervlak en infectie is meestal kort en dit betekent dat de antagonist al aanwezig moet zijn of in staat moet zijn de ziekteverwekker actief te onderdrukken (curatief) voor een effectieve bestrijding van de ziekte (Fokkema, 1993).

## 2.2 Antagonisten en gewasresten

Hoewel vele micro-organismen in staat zijn om op dood plantmateriaal in het gewas te leven, moeten deze organismen toch zekere obstakels kunnen overwinnen. Karakteristiek voor dood bovengronds plantmateriaal zijn de snelle veranderingen van temperatuur- en vochtfactoren die grote invloed hebben op de ontwikkeling van micro-organismen. De temperatuur kan wisselen van dicht bij het vriespunt tot boven de 30 °C, zelfs binnen één dag. De bladnatperiode kan verschillende keren binnen een etmaal onderbroken worden, een droge periode kan verschillende dagen duren en dood plantmateriaal staat ook bloot aan ultraviolet licht, wat de overleving van micro-organismen benadeelt (Köhl, 1999). Aan deze omstandigheden zijn necrotrofe pathogenen goed aangepast. Deze organismen zijn in staat te profiteren van de korte periodes met gunstige omstandigheden, lees hoge luchtvochtigheid, door snel te infecteren zodat ze binnen het geïnfecteerde weefsel beschermd worden tegen extreme omstandigheden. Daarnaast kunnen ze ook snel sporuleren en zich verder in het gewas te verspreiden, levend van dood of beschadigd plantmateriaal.

Als plantmateriaal, zoals bladeren, veroudert, verweert de buitenste laag. Deze laag functioneert normaliter als barrière tegen ziekten en plagen, maar zodra verwerking optreedt kunnen allerlei organismen van de voedingsstoffen in het blad profiteren. Het afgestorven blad zal echter weinig suikers en aminozuren bevatten, omdat de plant deze stoffen al tijdens het afstervingsproces naar groene delen van de plant transporteert. Dit heeft als gevolg dat het overblijvende celwandmateriaal de belangrijkste voedingsbron is in dood plantmateriaal. Hoewel deze voedingsbron stabiel is qua samenstelling dan voedingsbronnen op gezond blad, zijn deze voedingsstoffen minder toegankelijk en moeten micro-organismen beschikken over speciale enzymen om deze complexe stoffen af te breken (Köhl & Fokkema, 1998).

De van nature op bovengrondse gewasresten aanwezige saprofytische schimmels zijn in staat om ziekteverwekkende

schimmels te onderdrukken. Ze spelen een belangrijke rol in het bufferen van teeltsystemen met als gevolg het beperken van de ontwikkeling van populaties van de ziekteverwekkers. Een voorbeeld hiervan stamt uit observaties bij eigen onderzoek in ui. *Botrytis*, veroorzaker van de bladvlekkenziekte in ui, vermeerderd zich op dode bladpunten in het gewas. Ook tijdens zware epidemieën vindt men slechts op circa 5% van het dode bladpunteweefsel *Botrytis*, terwijl het merendeel van het weefsel is gekoloniseerd door van nature optredende saprofytische schimmels. Zonder concurrentie tussen *Botrytis* en de nuttige saprofyten zal een bladvlekkenepidemie dus veel heviger verlopen.

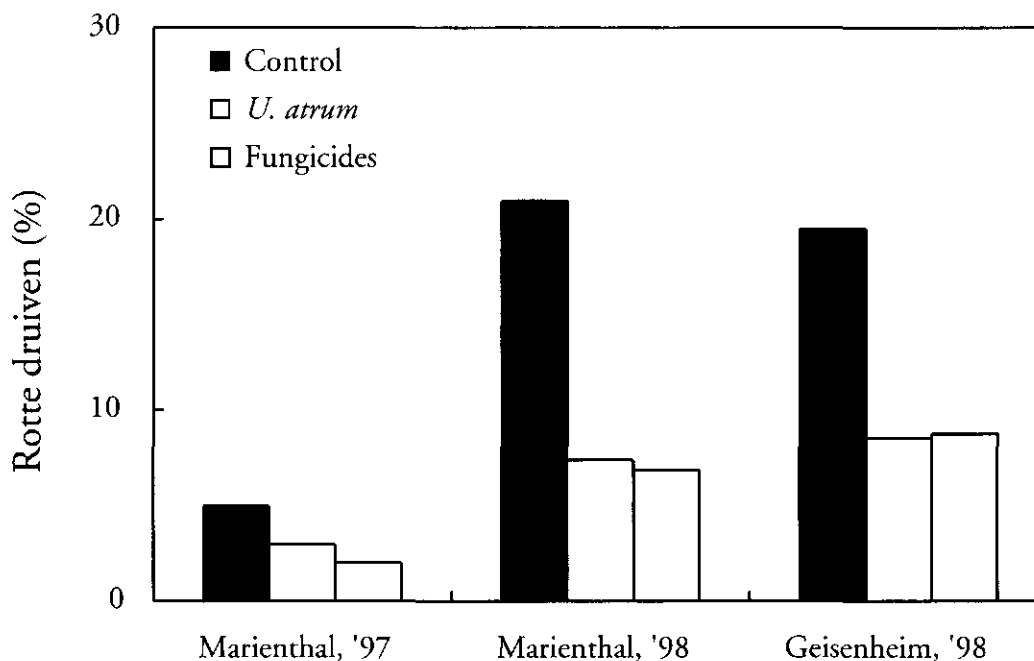
Om te kunnen concurreren met ziekteverwekkers moeten deze nuttige saprofyten liefst beter aan de extreme omstandigheden van dood plantmateriaal aangepast zijn dan de ziekteverwekkers. Ze moeten snel kunnen kiemen tijdens de korte bladnatperiodes, interruptie van bladnat kunnen overleven en dood organisch materiaal goed kunnen verteren. Ziektebeheersing moet dus op een slimme manier gebruik maken van deze nuttige saprofyten. Een concept van biologische bestrijding is in gevallen waar het beheren van nuttige saprofyten niet voldoende is om schade door ziekten te voorkomen, de werking van nuttige saprofyten te versterken door deze tijdelijk en gericht extra toe te voegen.

## 3. Status onderzoek *Ulocladium*

### 3.1 Herkomst

In de afgelopen jaren is op Plant Research International, in samenwerking met Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Europese partners, een antagonist geselecteerd om het concept van biologische bestrijding via verhoging van saprofytische activiteit in gewasresten te ontwikkelen. Talloze schimmels zijn geïsoleerd van dode bladpunten van uien en vervolgens getoetst op hun vermogen de kolonisatie van dit materiaal door de ziekteverwekker *Botrytis* te onderdrukken. Bijzondere aandacht hierbij had de activiteit van de kandidaat antagonisten bij de voor de veldsituatie zo kenmerkende afwisseling van vochtige en droge omstandigheden en wisselende temperaturen. Uit dit selectiewerk is één antagonist als de meest belovende antagonist naar voren gekomen: *Ulocladium atrum*.

*Ulocladium atrum* 385 is geïsoleerd uit dode bladpunten van ui, afkomstig van een op een proefveld geteeld uiegewas te Wageningen. *U. atrum* is een algemeen voorkomende schimmel. Het is een saprofyt – dat wil zeggen dat hij van dood organisch materiaal leeft –, die meestal gevonden wordt in samenhang met afbraak van organisch materiaal, zowel boven- als ondergronds. De schimmel is geen ziekteverwekker en produceert, zover tot



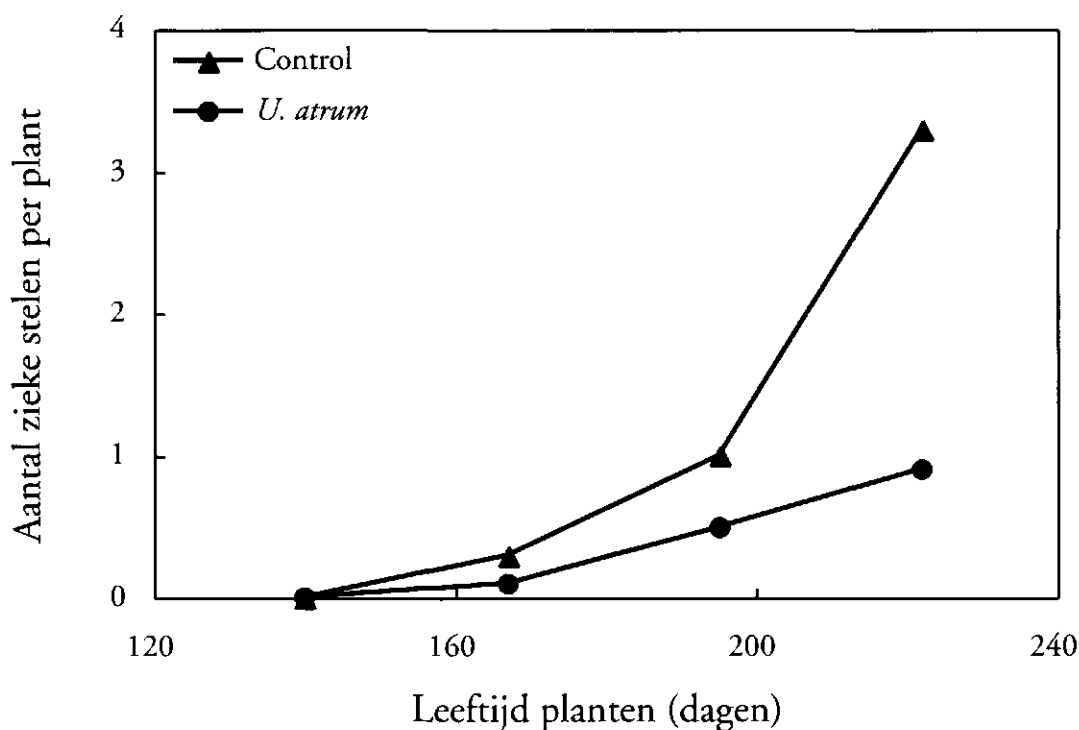
Figuur 1. Invloed van *Ulocladium atrum* en fungicide behandeling op de aantasting van druiven door *Botrytis cinerea* t.o.v. een onbehandelde controle (Schoene & Köhl, 1999)

nu toe bekend, geen stoffen die schadelijk zijn voor gebruiker of consument, zoals mycotoxinen.

### 3.2 Resultaten in diverse gewassen

*Ulocladium atrum* is ondertussen experimenteel toegepast in een breed spectrum aan gewassen, zowel in kassen als in veldsituaties. De resultaten tot nu toe zijn erg bemoedigend.

In een aantal gewassen, bijvoorbeeld cyclaam (Köhl *et al.*, 2000) en druif (Schoene & Köhl, 1999), wordt *Botrytis* consequent onderdrukt. Voorbeelden van proeven in druif, uitgevoerd door de universiteit van Bonn in Duitsland, en in cyclamen zijn samengevat in Figuren 1 en 2. De werking is getoetst in gangbare teeltsystemen in vergelijking met fungicidebehandelingen. De toepassing van *Ulocladium* is



Figuur 2. Invloed van *Ulocladium atrum* op het aantal geïnfecteerde bloem- en bladstelen van cyclaam t.o.v. een onbehandelde controle onder praktijkomstandigheden (Köhl *et al.*, 1998)

in beide gevallen vergelijkbaar met de inzet van chemische bestrijdingsmiddelen. Er zijn ook voldoende combinaties met chemische bestrijdingsmiddelen bekend zodat een geïntegreerde aanpak mogelijk is. De resultaten later echter ook zien dat de antagonist als 'stand alone' toepassing goede resultaten oplevert. Er zijn dus goede perspectieven, ook voor toepassingen in de biologische teelt. De antagonist zal hier samen met van nature aanwezige micro-organismen en eventuele verdere preventieve maatregelen gebruikt kunnen worden voor de beheersing van ziekten in knelpuntsituaties. Ook in potrozen (Köhl & Gerlagh, 1999; Yohalem, 2000), tomaat (Fruit & Nicot, 1999), ui (Köhl *et al.*, 1999) en aardbei (Boff, 2001) zijn goede resultaten met *U. atrum* behaald.

Er zijn echter ook situaties gevonden waar de antagonist niet voldoende bestrijdingseffect gaf. Bijvoorbeeld in lelie was de bestrijding van het door *Botrytis elliptica* veroorzaakt lelievuur niet mogelijk (Kessel *et al.*, 2001) en in Duits onderzoek is alleen een matig effect van *U. atrum* gevonden bij bestrijding van *Septoria* in tarwe (Lennartz *et al.*, 1998).

### 3.3 Ecologie van *Ulocladium atrum*

Als een antagonist wordt geïntroduceerd, moet deze concurreren met de ziekteverwekker. De antagonist moet beschikken over een sterk concurrerend vermogen, wat gebaseerd is op twee principes: 1) hoge mate van enzymproductie voor het verteren van het substraat en 2) aanpassing aan de extreme omstandigheden.

*Ulocladium atrum* is in staat dood blad te koloniseren onder veldomstandigheden in de aanwezigheid van *Botrytis* en van nature voorkomende saprophyten. Schimmeldraden van *Ulocladium* werden gevonden over het gehele blad en *Botrytis* bleek volledig te zijn uitgesloten van deze voedselbron. Microscopische waarnemingen hebben aangetoond dat *Ulocladium* in staat is dode celwanden af te breken en dwars door

het dode weefsel heen te groeien. Op agar zijn geen bewijzen gevonden dat *Ulocladium* parasiteerde op *Botrytis* of dat *Ulocladium* toxines uitscheidde die *Botrytis* benadeelden. Dit wijst erop dat *Ulocladium* en *Botrytis* concurreren om dezelfde voedingsbron, maar dat *Ulocladium* dusdanig efficiënt van het substraat gebruik kan maken dat het andere schimmels kan uitsluiten, zonder *Botrytis* direct aan te vallen. Deze resultaten hebben consequenties voor het gebruik in de praktijk wat betreft timing van de toepassing en beperkingen die het gebruik van *Ulocladium* met zich meebrengt. Het meest efficiënte gebruik van *Ulocladium* om te voorkomen dat het pathogeen het substraat koloniseert en vervolgens sporuleert, is toepassing tijdens het afsterven van blad en bij het ontstaan van wonden. Omdat de antagonist niet in staat is het pathogeen te doden d.m.v. parasitisme of gebruik van

toxines is een curatieve toepassing van de antagonist niet erg zinvol (Köhl *et al.*, 1997; Köhl *et al.*, 1995a).

Dood bladmateriaal is, zoals eerder beschreven, onderhevig aan zeer wisselende omstandigheden. Antagonisten moeten kunnen functioneren onder deze omstandigheden of in ieder geval overleven. *Ulocladium* is goed aan deze omstandigheden aangepast, zowel qua temperatuur, vochtomstandigheden en UV-straling. Van 6 °C tot 24 °C was de antagonist in staat zowel *B. cinerea* als *B. aclada* – de veroorzaker van koprot bij uien – te onderdrukken en zelfs bij temperaturen tot 1 °C was de antagonist nog actief (Köhl *et al.*, 1999). Wat betreft benodigde weerstand tegen ongunstige omstandigheden zijn veel schimmels in staat om een droge periode als spore te overleven, maar eenmaal gekiemd zijn ze veel kwetsbaarder. Daarnaast hebben veel schimmels een hoge luchtvochtigheid nodig om te kiemen, sommigen zijn zelfs afhankelijk van een laagje water op het blad. *Ulocladium* vormt wat dat betreft een gunstige uitzondering. De schimmel is in staat om bij 95% relatieve luchtvochtigheid nog te kiemen, alhoewel het dan wel meer tijd kost, namelijk meer dan 24 uur t.o.v. 8 uur onder gunstige omstandigheden. Verder zijn de *Ulocladium* sporen ook als ze eenmaal gekiemd zijn in staat om droge periodes van bijvoorbeeld 70% relatieve luchtvochtigheid te overleven. De antagonist zet dan zijn kieming en groei stil om die vervolgens te hervatten zodra de omstandigheden weer gunstig zijn (Köhl & Molhoek, 2001). Weerstand tegen ultraviolette straling verschilt van schimmelsoort tot schimmelsoort en ook binnen één soort kan er veel variatie bestaan tussen de isolaten. Deze weerstand wordt vaak gerelateerd aan de mate van pigmentatie van de sporen, hoe meer gepigmenteerd, hoe groter de kans dat een schimmelspore in staat is een periode van blootstelling aan ultraviolette straling te overleven. Sporen van *Ulocladium* zijn zwart en in dat opzicht zijn ze tot op zeker hoogte beter beschermd tegen blootstelling aan UV dan bijvoorbeeld de licht gekleurde sporen van *Botrytis*. Echter weinig sporen zijn in staat om blootstelling aan UV licht voor lange periodes te overleven. Eenmaal in een (dood) blad, zal de schimmel beter beschermd zijn tegen de negatieve invloed van UV. Voor *Ulocladium* is wat deze blootstelling betreft nog weinig of geen onderzoek gedaan.

## 4. Onderzoek toepassingen *Ulocladium* in biologische landbouw

### 4.1 Motivatie ziektekeus

Onderzoek naar toepassingen van *U. atrum* in de biologische landbouw richt zich in lopend onderzoek op twee ziekten die specifiek voor de biologische teelten behoorlijke knelpunten vormen: *Alternaria radicina*, veroorzaker van de zwarte plekkenziekte in peen, en *Mycosphaerella brassicicola*, veroorzaker van de ringvlekkenziekte in kool (Figuur 3) (Theunissen & Köhl, 1999).





Figuur 3. Spruitkoolblad geïnfecteerd met *Mycosphaerella brassicicola*

*A. radicina* vormt samen met een aantal andere schimmels een ziektecomplex dat bewaarrot in peen veroorzaakt. De schimmel veroorzaakt droge, zwarte, necrotische plekken op de peenkroon en -wortel. Deze laesies kunnen zich uitbreiden en uiteindelijk leiden tot totale verrotting van de peen. Bloemschermen en zaad kunnen gemakkelijk geïnfecteerd raken met *A. radicina*; de schimmel is dan ook een veel voorkomend zaadpathogeen. Infectie van de bloemschermen kan leiden tot een verminderde zaadproductie. Verder kan geïnfecteerd zaad minder kiemkrachtig zijn en de ziekte kan zich d.m.v. geïnfecteerd zaad verder verspreiden. Gebieden die eerst nog ziektevrij waren kunnen besmet raken door het gebruik van geïnfecteerd zaad. Eenmaal aanwezig kan de schimmel in afwezigheid van peenteelt jaren overleven in de grond. Uit eerder onderzoek was bekend dat *U. atrum* antagonistisch werkt tegen andere *Alternaria* soorten. Uitgangspunt van het onderzoek was het terugdringen van *A. radicina* besmetting op peenzaad door behandeling van de peenschermen in de zaadproductie met *U. atrum*.

*M. brassicicola* veroorzaakt ringvlekkenziekte bij vele koolsoorten. Op de bladeren, beginnend bij de onderste, worden aanvankelijk kleine, zwarte, later grote en ronde, grijs-bruine vlekken gevormd. De donkere vlekken worden omgeven door een gele ring, vandaar ook de naam ringvlekkenziekte (Figuur 3). In de vlek zijn zwarte puntjes zichtbaar, de vruchtlichamen van de schimmel. Oudere vlekken worden wit en bladeren met talrijke laesies zullen in z'n geheel vergelen. Het vroegtijdig afsterven van het blad veroorzaakt kwaliteitsverlies en een lagere opbrengst. Bij spruitkool gaan vlekken over op de blaadjes van de spruiten waardoor de kwaliteit vermindert. De schimmel wordt hoofdzakelijk verspreid door ascosporen die met luchtstromen worden meegevoerd, alhoewel de schimmel ook met het zaad kan overgaan. Uit eerder onderzoek was bekend dat *U. atrum* de vermeerdering van *Botrytis* in diverse gewassen kan onderdrukken met als gevolg een vertraging van de ziekteontwikkeling. Uitgangspunt van het

onderzoek gericht op *M. brassicicola* was te bestuderen of *U. atrum* in staat is afgestorven koolbladeren te koloniseren en de groei en sporenvorming van *M. brassicicola* tegen te gaan.

#### 4.2 Resultaten

Voor de bestrijding van *Alternaria* soorten in de zaadproductie van peen is gekeken of *Ulocladium* in staat zou zijn om kolonisatie van peenzaad door *A. dauci* en *A. radicina* te voorkomen. Uit biotoetsen uitgevoerd in klimaatcellen bleek dat *Ulocladium* in staat was om beide soorten *Alternaria* te onderdrukken op steriele vruchtjes en bloemetjes, mits *Alternaria* niet in overmaat aanwezig was. Werd er gebruik gemaakt van niet steriele bloemetjes, bleek dat de van nature voorkomende micro-organismen het systeem redelijk bufferen en toevoeging van *Alternaria* dan wel *Ulocladium* geen effect had. In het veld zijn bloeischermen van peen in verschillende stadia bespoten met *Ulocladium*, te weten bij het begin van de bloei van de hoofdschermen, bij het begin van de zaadvorming in de hoofdschermen – wat samenvalt met de bloei van de bloemschermen van de eerste orde – en bij het begin van de zaadvorming in de schermen van de eerste orde. Om effect van de antagonist in kaart te brengen is gekeken naar de kolonisatie van bloedelen en zaad door *U. atrum*, *Alternaria* of andere schimmelsoorten; daarnaast is gekeken naar de zaadkwaliteit. Hieruit bleek dat *Ulocladium* in ieder geval in staat was bloemdeeltjes van peen te koloniseren, maar dat waarschijnlijk niet alle bloemdeeltjes geraakt worden. Verder bleek de incidentie van *Ulocladium* in de weken na een bespuiting af te nemen, maar na 8 weken nog wel aantoonbaar te zijn. In het jaar van de veldproef vormde *Alternaria* echter nauwelijks een probleem, zodat er géén uitspraak gedaan kan worden over het effect van *Ulocladium* op *Alternaria*.

Aansluitend op het werk aan biologische bestrijding van *Botrytis* met *U. atrum* zijn de eerste oriënterende proeven uitgevoerd met als doel de epidemie van *M. brassicicola* te vertragen door sporulatie-onderdrukking met *U. atrum*. Als *Ulocladium* in staat zou zijn het dode laesieweefsel te koloniseren, zou het sporulatie in en uitbreiding van de laesie tegen kunnen gaan. Blad van spruitkool met natuurlijke infectie van *M. brassicicola* werd al dan niet bespoten met *U. atrum* 385 en geïncubeerd in een vochtige kamer bij 12 °C en 20 °C. Bij 20 °C werd de groei van de laesie duidelijk geremd door *U. atrum* en koloniseerde *Ulocladium* de laesie. Om een beeld te krijgen van hoe dit proces in het veld zou verlopen werd dood, vergeeld en groen blad van spruit- en groene kool al dan niet bespoten met *Ulocladium* geïncubeerd door de bladeren in de herfst tussen een met *Mycosphaerella* aangetast gewas te hangen. Er vond geen kolonisatie plaats door *Mycosphaerella*, maar vooral het dode blad werd gekoloniseerd door *Ulocladium*, wat kolonisatie door *Botrytis* en andere saprophyten sterk reduceerde (Tabel 1).

Tabel 1. Effect van *Ulocladium atrum* op de kolonisatie (in % van het oppervlak) van dood, vergeeld en levend blad van spruitkool na één week incubatie in een spruitkoolveld

Substaat	<i>U. atrum</i> behandeling	<i>M. brassicicola</i>	<i>U. atrum</i>	<i>Botrytis</i> spp.	andere saprophyten
Dood	-	0	0	85	5
	+	0	98	2	0
Vergeeld	-	0	0	37	49
	+	0	42	24	23
Groen	-	0	0.3	20	20
	+	0	11	1	1

#### 4.3 Discussie

Zoals al eerder is aangegeven was de infectie door *A. dauci* en *A. radicina* veel te laag om een uitspraak te doen over de werkzaamheid van *Ulocladium*. Wel bleek uit de klimaatcelexperimenten dat niet steriele bloemetjes nauwelijks gekoloniseerd werden door zowel *Alternaria* als *Ulocladium*. Waarschijnlijk worden ze van nature sterk gebufferd, maar dit is in het veld onvoldoende om infectie door *Alternaria* tegen te gaan. De experimenten zijn/worden herhaald om een beter beeld te krijgen van de werking van *Ulocladium*.

*U. atrum* is in staat de groei van laesies van *M. brassicicola* te remmen en deze te koloniseren. Dit zal waarschijnlijk de productie van sporen van het pathogeen verminderen en dus de ontwikkeling van een epidemie vertragen. Hier wordt op dit moment meer onderzoek naar gedaan. Verder blijkt dat de snelle kolonisatie van dood en vergeeld koolblad door allerlei saprophyten (inclusief *Ulocladium*) (Tabel 1) het onwaarschijnlijk maakt dat dit blad door *M. brassicicola* gekoloniseerd kan worden, de natuurlijke buffering maakt dat onmogelijk. Of *U. atrum* de infectie van groen blad door *M. brassicicola* kan onderdrukken is een onderwerp voor nadere studie.

## 5. Status productontwikkeling *Ulocladium*

### 5.1 Benodigd onderzoek

*Ulocladium atrum* heeft in een aantal gewassen bewezen dat zijn gebruik als antagonist schade door ziekten kan voorkomen. Voor een aantal gewassen is het onderzoek naar gebruik van *U. atrum* nog gaande. *Ulocladium* is echter nog niet beschikbaar voor telers. Voordat het zover is, zullen nog een paar stappen genomen moeten worden op gebied van massakweek en formulering. Voor bovenstaand onderzoek was het kweken van *Ulocladium* op kleine schaal afdoende; voor toepassing op grotere schaal zal de kweek van de schimmel opgeschaald moeten worden zonder de kwaliteit van de sporen te benadelen. *Ulocladium* is een schimmel die weinig eisen stelt aan zijn groeiomstandigheden, maar het

medium waarop het gekweekt wordt kan aanzienlijke invloed hebben op de kwaliteit van de sporen en dus op de effectiviteit in het veld. Hiervoor zal meer onderzoek nodig zijn. Daarnaast moeten de productiekosten zo laag mogelijk gehouden worden om zo het product voor een concurrerende prijs op de markt te kunnen zetten.

De geproduceerde sporen zullen vervolgens tot een product geformuleerd moeten worden. De functies van formulering zijn velerlei. Zo kan een formulering de sporen tijdens productie, distributie en opslag stabiliseren. Verder kan het verspuiten van sporen vergemakkelijken, de sporen tegen ongunstige omstandigheden beschermen en de effectiviteit van de sporen verhogen. Het type formulering is afhankelijk van de biologische en fysische eigenschappen van de schimmelsporen, maar ook van de eigenschappen van het plantmateriaal waarop het wordt toegepast. Is bijvoorbeeld het blad waarop de sporen moeten worden toegepast vettig, dan kunnen uitvloeiers van natuurlijke oorsprong toegevoegd worden, om zo de verdeling van de vloeistof over het blad te verbeteren.

### 5.2 Toelating biologische bestrijdingsmiddelen in verandering

Producten op basis van micro-organismen, waarvan geclaimd wordt dat ze ziekten of plagen onderdrukken, vallen onder de bestrijdingsmiddelenwet. Voor andere natuurlijke vijanden, zoals sluipwespen, predatoren en insectpathogene nematoden, geldt dit niet. Een product dat onder de bestrijdingsmiddelenwet valt heeft een registratie nodig voordat het verkocht mag worden. De fabrikant moet voor het verkrijgen van zo'n registratie een dossier aanleveren t.a.v. onder andere de deugdelijkheid van het product en de eventuele schadelijke nevenwerking op de omgeving. Telers en consumenten worden op deze manier beschermd tegen schadelijke producten. Echter het verzamelen van deze gegevens en het in behandeling nemen van een aanvraag voor registratie brengt aanzienlijke kosten met zich mee. Deze kosten vormen voor een klein bedrijf vaak een hindernis, terwijl grote bedrijven vaak alleen geïnteresseerd zijn indien de producten op een zeer grote markt gericht zijn.

In principe is de markt voor *U. atrum* als een product gericht op de onderdrukking van de sporulatie van een aantal ziekten erg groot. Alleen al voor de bestrijding van *Botrytis* zijn de toepassingen legio, gezien de vele gewassen wereldwijd waarin deze ziekte een probleem vormt. Marktkansen worden niet alleen in de wereldwijd toenemende biologische teelten gezien, maar ook in de gangbare teelten waar ziekteverwekkers zich snel aan kunnen passen en resistent zijn geworden tegen een groot aantal fungiciden.

Tot voor kort moest voor toelating in elk land een aparte registratieprocedure worden opgestart. Dit is nu veranderd door de invoering van een tweeledig systeem waarbij micro-organismen eerst geregistreerd moeten worden bij de Europese Unie. Na goedkeuring wordt het micro-organisme op de lijst van actieve stoffen geplaatst (Bijlage I, van EU richtlijn 91/414 en 2001/36). Micro-organismen in producten die in juli 1993 al gebruikt werden in één van de lidstaten worden gedoogd – maar worden in de toekomst wel opnieuw geëvalueerd. Zodra een micro-organisme een EU registratie heeft, d.w.z. op de Bijlage I lijst is geplaatst, kan elke lidstaat afzonderlijk beslissen of een product gebaseerd op dat micro-organisme, wordt toegelaten op zijn markt. Deze toelating moet voor elke lidstaat wel volgens dezelfde transparante en consistente standaard geschieden. De tijd die nodig is om een micro-organisme op de Bijlage I lijst geplaatst te krijgen is op dit moment vaak langer dan een jaar. Daarnaast is het nog onduidelijk of voor elk isolaat van dezelfde soort een nieuwe of aanvullende procedure moet worden opgestart. De registratieprocedures zijn nog in ontwikkeling en de toekomst moet uitwijzen of toelating van milieuvriendelijkere producten eenvoudiger zal gaan. Echter, op dit moment is de procedure kostbaar en bovenal een zaak van lange adem.

## 6. Toepassing van *Ulocladium atrum* in de biologische teelt?

Het gebruik van antagonisten tegen ziekteverwekkers is de laatste decennia steeds meer in de belangstelling komen te staan. Er zijn de laatste jaren verschillende successen geboekt, maar tegen ziekten zijn nog steeds weinig biologische bestrijdingsmethoden voorhanden. Toch zijn er enkele middelen op basis van micro-organismen beschikbaar, bijvoorbeeld Mycostop®, dat in vele landen, inclusief Nederland, verkocht wordt ter bestrijding van bodemziekten als *Pythium* en *Fusarium* en Contans®, ter bestrijding van *Sclerotinia sclerotiorum*. Biologische bestrijding van plaaginsecten met behulp van parasitoïden en predatoren is ondertussen niet meer weg te denken bij vele, ook gangbare, teelten

Volgens Europese richtlijnen mag in biologische teelten alleen bij acuut gevaar voor een teelt ingegrepen worden

met een beperkt aantal producten. Schimmels, bacteriën en virussen voor bestrijding van ziekten behoren daar ook toe, mits ze niet genetisch gemodificeerd zijn. Op deze lijst van producten die bij acute bedreiging van een teelt gebruikt mogen worden, wordt niet nader gespecificeerd welke micro-organismen gebruikt mogen worden. Er worden twee voorbeelden genoemd, te weten *Bacillus thuringiensis* en granulosus virus (EU Verordening Nr. 2092/91 Bijlage I en II), beide werkzaam tegen insecten. Als deze voorbeelden te beperkt worden opgevat, dan wordt het gebruik van micro-organismen met een ander werkingsmechanisme uitgesloten. Er zijn echter meerdere keurmerken met ieder zo z'n eigen eisen ten aanzien van het gebruik van biologische middelen. Het is dus onduidelijk welke status micro-organismen ter bestrijding van ziekten binnen biologische teelten hebben. Voor de Nederlandse situatie is onderzoek gestart om de perceptie van biologische telers te evalueren<sup>1</sup>. Dit zal duidelijkheid brengen welke groepen biologische telers het gebruik van biologische bestrijdingsmiddelen in knelpuntsituaties wensen.

Voor bestrijding van een aantal plantenziekten zijn nu biologische oplossingen voorhanden of, zoals in het geval van *U. atrum*, in ontwikkeling. De biologische teelt zou hiervan gebruik kunnen maken. Om biologische bestrijdingsproducten toegankelijk te maken voor gebruik in biologische teelten is o.a. afstemming nodig over de eisen die aan zo'n product gesteld worden. Vragen als welke antagonisten in biologische teelten toepasbaar zijn (van nature optredend, inheemse soorten of ook uit andere landen, al dan niet gemodificeerd), welke productiemethoden voor antagonisten acceptabel zijn (bijvoorbeeld groeisubstraat, etc.) en welke formuleringshulpmiddelen acceptabel zijn, moeten besproken worden tussen organisaties voor biologische teelt en de ontwikkelaars van biologische bestrijdingsmiddelen. Met de verwachte toename van biologische teelten, vorderingen in onderzoek m.b.t. biologische bestrijding van ziekten en verwachte acceptatie van aangedragen oplossingen van knelpunten, liggen er goede kansen voor biologische bestrijdingsmiddelen in biologische teelten. Indien de productontwikkeling in gang wordt gezet, zal *U. atrum* een goed instrument vormen om een ziekte-epidemie beheersbaar te maken.

<sup>1</sup> Inventarisatie visie boeren inzet van biologische en natuurlijke middelen, project van E. den Belder, Plant Research International

## 7. Literatuur

- Bélanger, R. R., C. Labbe & W.R. Jarvis, (1994). Commercial-scale control of rose powdery mildew with a fungal antagonist. *Plant Disease* **78**, 420-424.
- Boff, P., (2001). Epidemiology and biological control of grey mould in annual strawberry crops. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen.
- Fokkema, N. J., (1993). Opportunities and problems of control of foliar pathogens with micro-organisms. *Pesticide Science* **37**, 411-416.
- Fruit, L. & P. Nicot, (1999). Biological control of *Botrytis cinerea* on tomato stem wounds with *Ulocladium atrum*. *IOBC Bulletin* **22/1**, 81-84.
- Jongebloed, P. H. J., G. J. T. Kessel, W. M. L. Molhoek, C. H. van der Plas & N. J. Fokkema, (1993). Biological control of *Phytophthora infestans* with compost extracts and selected bacterial antagonists. *IOBC/WPRS Bulletin: Biological Control of Foliar and Post-Harvest Diseases* **16/11**, 16-20.
- Kessel, G. J. T., Haas, B. H. de, Lombaers-van der Plas, C. H., Ende, J. E. van den, Pennock-Vos, M. G., Werf, W. van der & Köhl, J., (2001). Comparative analysis of the role of substrate specificity in biological control of *Botrytis elliptica* in lily and *B. cinerea* in cyclamen with *Ulocladium atrum*. *European Journal of Plant Pathology* **107**, 273-284.
- Köhl, J., (1999). Screening techniques for the selection of the *Botrytis* antagonist *Ulocladium atrum*. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Biological Sciences* **47**, 157-161.
- Köhl, J., R.R. Bélanger & N.J. Fokkema, (1997). Interaction of four antagonistic fungi with *Botrytis aclada* in dead onion leaves: a comparative microscopic and ultrastructural study. *Phytopathology* **87**, 634-642.
- Köhl, J. & N.J. Fokkema, (1998). Strategies for biological control of necrotrophic fungal foliar pathogens. In *Plant-Microbe Interactions and Biological Control* (Boland, G. J. & Kuykendall, L. D., Eds.), pp. 49-88. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Köhl, J., M. Gerlagh & G. Grit, (2000). Biocontrol of *Botrytis cinerea* by *Ulocladium atrum* in different production systems of cyclamen. *Plant Disease* **84**, 569-573.
- Köhl, J., M. Gerlagh, B.H. de Haas & M.C. Krijger, (1998). Biological control of *Botrytis cinerea* in cyclamen with *Ulocladium atrum* and *Gliocladium roseum* under commercial growing conditions. *Phytopathology* **88**, 568-575.
- Köhl, J. & W. M. L. Molhoek, (2001). Effect of water potential on conidial germination and antagonism of *Ulocladium atrum* against *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* **91**, 485-491.
- Köhl, J., W. M. L. Molhoek, C. H. van der Plas & N. J. Fokkema, (1995a). Effect of *Ulocladium atrum* and other antagonists on sporulation of *Botrytis cinerea* on dead lily leaves exposed to field conditions. *Phytopathology* **85**, 393-401.
- Köhl, J., W. M. L. Molhoek, C. H. van der Plas & N. J. Fokkema, (1995b). Suppression of sporulation of *Botrytis* spp. as a valid biocontrol strategy. *European Journal of Plant Pathology* **101**, 251-259.
- Köhl, J., C. H. van der Plas, W. M. L. Molhoek, G. J. T. Kessel & H. M. G. van der Geijn, (1999). Competitive ability of the antagonists *Ulocladium atrum* and *Gliocladium roseum* at temperatures favourable for *Botrytis* spp. development. *BioControl* **44**, 329-346.
- Lennartz, B., P. Schoene & E.C. Oerke, (1998). Biocontrol of *Botrytis cinerea* on grapevine and *Septoria* spp. on wheat. *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent* **63/3b**, 963-970.
- Schoene, P. & J. Köhl, (1999). Biologische bekämpfung von *Botrytis cinerea* mit *Ulocladium atrum* in Reben und Cyclamen. *Gesunde Pflanzen* **51**, 81-85.
- Theunissen, J. & J. Köhl, (1999). Plant Research International. Knelpuntanalyse van ziekten en plagen in vollegrondsgroente- en akkerbouwgewassen in de ecologische teelt: Nota 14, Plant Research International, Wageningen, 18 pp.
- Yohalem, D., (2000). Microbial management of early establishment of grey mould in pot roses. In: *17. Danske Plantværnskonference*. pp. 97-102. Danish Institute of Agricultural Sciences
- Nijs, T. den, a. Balkema, L. van den Brink, R. van den Broek, C. Kik, E. Lammerts van Bueren, H. Löffler, R van Loo & A. Osman (2002). Beter aangepaste rassen voor de biologische landbouw door veredelingsonderzoek. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booiij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303*, 192 pp.
- Wijnands, F.G., W. Sukkel & C. Booiij (2002). Bedrijfs- en teeltintichting basis voor beheer ziekten, plagen en onkruiden. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booiij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303*, 192 pp.

# De betekenis van diversificatie en ecologische infrastructuur voor de gewasbescherming in de biologische landbouw.

Kees Booij<sup>1</sup>, Eefje den Belder<sup>1</sup> & Andries Visser<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International, Wageningen

<sup>2</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

## Samenvatting

Het bevorderen van ruimtelijk en biologische variatie door diversificatie van de productie en het aanleggen van een ecologische infrastructuur op bedrijven biedt vooral in de biologische landbouw kansen om plagen en ziekten te reguleren en beheersen. Diversificatie vermindert de populatiegroei van insectenplagen doordat waardplanten minder makkelijk gevonden worden en doordat natuurlijke vijanden in grotere aantallen aanwezig zijn. Diversificatie kan zowel op perceel-, bedrijf- als landschapniveau effecten hebben afhankelijk van de mobiliteit van de plagen en hun natuurlijke vijanden.

De ecologische infrastructuur (het geheel van al dan niet aangelegde niet productieve elementen) kan, mits goed aangelegd en beheerd, een belangrijke functie hebben als bron van natuurlijke vijanden en bestuivende insecten. Door de infrastructuur bedrijfs- en regio specifiek in te richten kunnen ook andere functies (aantrekkelijk landschap, natuur en recreatie, streekidentiteit) tot hun recht komen. Voor het onderzoek is een taak weggelegd bestaande kennis toegankelijk te maken, principes in bedrijfssituaties te toetsen en kennisleemtes op te vullen. Daar in de biologische landbouw plagen niet bestreden kunnen worden door synthetische pesticiden ligt het voor de hand dat de gewasbeschermingfunctie van de agro-ecologische infrastructuur juist in de biologische landbouw meer nadruk zal krijgen dan in de gangbare landbouw.

## 1. Inleiding

Gewasbescherming in de biologische landbouw is gebaseerd op preventie op basis van telen in een gezonde productieomgeving. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een gezonde vruchtwisseling in ruimte en tijd, goed bodembeheer, rassenkeuze gericht op resistentie en tolerantie, gezond uitgangsmateriaal, een scala van teeltmaatregelen en stimulering van natuurlijke vijanden en antagonisten. Het gebruik van biologische bestrijdingsmiddelen (stoffen of micro-organismen) is slechts beperkt

toegelaten in de biologische landbouw (Wijnands et al., (2002)).

Wanneer preventieve maatregelen onvoldoende soelaas bieden kan men in de biologische landbouw niet naar chemisch middelen grijpen. Oplossingen zullen dan ook gezocht moeten worden in het subtiel sturen van regulerende processen in de productieomgeving.

Diversificatie en benutting van agro-ecologische infrastructuur zijn daarbij belangrijke strategieën die berusten op de volgende pijlers:

1. Voorkomen van verspreiding en populatieopbouw van ziekten en plagen;
2. Bevorderen van natuurlijke vijanden en antagonisten;
3. Het verhogen van de effectiviteit van natuurlijke vijanden en antagonisten.

Hoewel deze strategieën in zijn algemeenheid hun waarde hebben bewezen bij de beheersing van gewasbelagers is het voor een gewas, laat staan voor een specifiek bedrijf niet eenvoudig de meest effectieve maatregelen aan te geven, welke risico's ermee verbonden zijn en wat het oplevert. Elke situatie behoeft daarbij, gegeven de omgeving en gewaskeuze, een specifieke aanpak.

Deze bijdrage wil laten zien dat diversificatie en ecologische infrastructuur hun waarde hebben voor de gewasbescherming op biologische bedrijven, dat een planmatige aanpak specifiek voor elk bedrijf noodzakelijk is om effectief te zijn, en dat bedrijfsmatige beslissingen hierover genomen moet worden in samenhang met mogelijk andere niet-productiegerichte functies van het bedrijf.

## 2. Ruimtelijke variatie en plaagbeheersing

Landbouwecosystemen zijn, hoewel complex genoeg, vanwege de vrij eenzijdige gerichtheid op productie per definitie relatief eenvoudig. Het gaat tenslotte om het behalen van een zo groot mogelijk rendement van de beschikbare oppervlakte. Dat betekent dat concurrentie door onkruiden en productie- of kwaliteitsverlies door ziekten en plagen zoveel mogelijk beperkt wordt en getracht wordt door externe ingrepen en management van bodem en teelt de

productieomstandigheden te optimaliseren en te uniformeren

Mechanisatie en rationalisatie hebben daarbij geleid tot grootschalige percelen met één gewas en weinig ruimte voor niet-productieve elementen. Daarnaast leidt specialisatie vaak tot een beperkt aantal gewassen per bedrijf.

In grootschalige monoculturen kunnen eenmaal gevestigde plagen en ziekten zich vaak snel verspreiden en vermeerderen. Natuurlijke vijanden kunnen zich meestal niet snel genoeg vermeerderen om de plaag onder controle te krijgen, tenzij zij in een vroeg stadium vanuit de omgeving het perceel kunnen koloniseren.

Diversificatie - het aanbrengen van ruimtelijke variatie - blijkt een effectief middel te zijn om enerzijds de verspreiding en toename van plagen tegen te gaan en anderzijds de populatiedichtheid en diversiteit van natuurlijke vijanden te vergroten (zie kader op pagina 115). Daardoor neemt vaak hun effectiviteit toe bij de beheersing van ziekten en plagen.

Een evaluatie van vele studies heeft aangetoond dat diversificatie binnen het veld vaak werkt (Tabel 1). Ook de positieve effecten van ecologische infrastructuur op populatiedichtheden van natuurlijke vijanden zijn duidelijk maar het kwantitatief inzicht in het effect hiervan op de uiteindelijke schade in de gewassen is beperkt.

Diversificatie van agro-ecosystemen kan op verschillende manieren en op verschillende ruimtelijk schaalniveaus plaatsvinden. De invloed die een teler kan hebben op de verschillende schaalniveaus heeft beperkingen. Vanzelfsprekend zijn de mogelijkheden op het eigen bedrijf groter dan daarbuiten. Het is echter wel goed te bedenken dat het ruimtegebruik op regionaal of lokaal landschapsniveau belangrijke consequenties kan hebben op populaties van natuurlijke vijanden en daarmee op de gewasbescherming. Het is dan ook van belang dat de inrichting en het beheer op perceel/bedrijf aansluiten bij die van het omringende landschap. (zie paragraaf multifunctionele aspecten).

## 2.1 Diversificatie op perceelniveau

Binnen het perceel zijn er drie componenten te onderscheiden waarbij diversificatie een rol kan spelen: de bodem, de onkruiden en het gewas.

### 2.1.1 De bodem

In de biologische landbouw speelt een duurzaam beheer van de bodem en het bevorderen van een rijk bodemleven een centrale rol. Het gebruik van organische mest en de aandacht voor de organische stofvoorziening in de bodem zijn daarbij karakteristiek voor de biologische landbouw.

Het inzicht van diverse factoren in het bodembeheer op het microbiële leven en op micro-arthropoden is nog beperkt. Wel duidelijk is dat het bodemleven in biologische bodems en in de strooisellaag sterk ontwikkeld is en vaak soortenrijk. Hieronder bevinden zich een scala van antagonisten en natuurlijk vijanden van gewasbelagers. Echter het geteelde gewas zelf, met de bijbehorende teelmaatregelen, heeft ook een sterke invloed op de biologische activiteit op en in de bodem. De invloed van een rijk bodemleven op gewasgezondheid lijkt evident maar over de mechanismen erachter en de betrokken organismen bestaat nog weinig inzicht.

Wel is duidelijk dat loopkevers, kortschildkevers en veel spinnen die een belangrijke rol spelen bij onderdrukking van luizen en ander plagen in veel gewassen, sterk afhankelijk zijn van het voedselweb in de bodem en op het bodemoppervlak.

### 2.1.2 Onkruiden

Onkruidbeheer wordt vanwege de benodigde arbeidsinzet door biologische boeren gezien als kernprobleem. Het volledig schoonhouden van het gewas leidt echter tot een aanzienlijke afname van de biodiversiteit. Onkruiden op zich hebben een belangrijke ondersteunende functie voor natuurlijke vijanden in het gewas doordat ze schuilgelegenheid en alternatief voedsel bieden. Anderzijds zijn er ook onkruiden die als waardplant kunnen dienen van ziekten en plagen. Een goed voorbeeld van dit dilemma is vogelmuur dat als zeer lastig onkruid wordt gezien en ook nog eens als waardplant dient van bijvoorbeeld trips en verschillende virussen. Door het lange groeiseizoen en plantstructuur is het echter een zeer goede plant om natuurlijke vijanden te bevorderen.

Een selectief onkruidbeheer (gebaseerd op kennis over kansen en risico's) lijkt dan ook de aangewezen weg om biodiversiteit te benutten. De benodigde kennis en de instrumenten hiervoor zijn echter nog beperkt. Een andere optie is onkruiden te vervangen door slim gebruik van ondergezaaide gewassen en groenbemesters die natuurlijke vijanden bevorderen.

Tabel 1. Effect van diversificatie (mengteelt in vergelijking met monocultuur op de dichtheid van schadelijke en nuttige insecten uitgedrukt in het aantal studies dat daar op wijst (Andow 1991)

	Dichtheid hoger	Dichtheid gelijk	Dichtheid lager
Schadelijke insecten	44	36	149
Natuurlijke vijanden	68	17	12

### 2.1.3 Mengteelten

Het vervangen van één genetisch homogeen gewas door rassenmengsels en/of een combinatie van gewassen is een klassieke strategie diversificatie die veel agronomische en gewasbeschermkundige voordelen kan bieden. Hoewel er wereldwijd een lange traditie is en vele systemen zijn ontwikkeld en met succes toegepast worden heeft deze strategie in West-Europa nog weinig ingang gevonden (Theunissen, 1997). Dit hangt natuurlijk samen met de hoge intensiteit in de West Europese landbouw en de hoge mate van rationalisatie van de gevolgde werkwijzen.

Rassenmengsels van cultivars met een verschillende resistentie zijn met succes toegepast om de verspreiding van schimmels zoals meeldauw en bladvlekkenziekte in het gewas tegen te gaan. Oogstsynchronisatie en afzetbelemmeringen beperken echter bredere toepassing.

Onderzaai van een gewas met een niet oogstbaar gewas (living mulch) kan zeer effectief zijn tegen een aantal lastige plagen. Zo zijn er in het LNV programma biologische landbouw goede resultaten bereikt met onderzaai van klaversoorten in kool en prei. De klaveronderzaai heeft daarbij een sterk remmende werking op trips en koolvlieg in kool en op trips en preimot in prei. Met name de onderdrukking van trips (*Thrips tabaci*) in beide gewassen is sterk. Het effect is toe te schrijven is aan de veranderde onderlinge relaties tussen de trips, het gewas en de klaver en niet aan de hogere niveaus van natuurlijk vijanden. Voor andere plagen in bijv kool-klaver systemen spelen de

natuurlijk vijanden echter wel een rol. Het onderdukkingsmechanisme kan dus per mengteeltsysteem en plaag sterk verschillen.

Groenbemesters, al dan niet ondergezaaid, hebben vooral een functie bij het vasthouden van nutriënten en bij het verbeteren van de bodemstructuur. Zij kunnen echter ook een rol spelen in het verhogen van de gewasweerstand en het bevorderen van hoge dichtheden natuurlijk vijanden. De kennis hierover is echter nog schaars. Groenbemesters na graan zijn bijvoorbeeld van groot belang bij de overleving en overwintering van loopkevers en spinnen in de akkerbouw.

Het gebruik van een mengteelt van twee of meer gewassen (bijv. in rijen of strippenteelt) heeft ecologisch zeker ook goede potenties. Bij het ideale ontwerp van dit type teeltsysteem is de opbrengst van de gewassen hoger dan wanneer ze apart geteeld worden, is er een langduriger dekking van de bodem en worden nutriënten tevens beter benut en behoed voor uitspoeling. Zowel een langduriger grondbedekking, een grotere variatie aan nuttige insecten en het feit dat natuurlijke vijanden gemakkelijk overstappen naar het gewas met de hoogste prooidichtheid zorgt voor condities waaronder natuurlijke vijanden goed gedijen en effectief zijn daar waar dat nodig is. Veel van de overal in de wereld ontwikkelde systemen combineren een vlinderbloemig gewas met een niet stikstofbinder. Ook in Nederland lijken er toepassingsmogelijkheden zoals in

## Het basisprincipe achter diversificatie

Diversificatie is het aanbrengen van bevorderen van ruimtelijke en biologische variatie op perceel-, bedrijf en lokaal landschapsniveau. Of diversificatie effectief is voor preventie van insectenplagen is hangt sterk samen met het karakter en het verspreidings-vermogen van de betreffende plagen en hun natuurlijke vijanden.

Het principe is eenvoudig. Veel plaaginsecten kunnen weliswaar goed vliegen maar het aantal geschikte waardplanten is toch vaak beperkt. Dat wil zeggen naarmate hun voedselplanten meer geïsoleerd staan het insecten meer moeite kost om deze te vinden. Dit is niet alleen een kwestie van afstand en kansberekening maar ook hebben veel insecten moeite visueel of via geur geschikte planten in een gevarieerde omgeving te vinden. Afhankelijk van het verspreidingsvermogen van het insect kan dit probleem zich op verschillende schaalniveaus voordoen. Ruimtelijke variatie vertraagt en voorkomt dus de ruimtelijke verspreiding en de vestiging.

Het verspreidingsvermogen en de reproductiesnelheid van predatoren en parasieten is lang niet altijd zo goed als van hun prooien. Vaak echter eten ze meerdere

prooisorten en zijn ze minder afhankelijk van de plantensoort waarop deze voorkomt. Hierdoor kunnen ze zich handhaven in meerder biotopen. In een kleinschalig mozaiek van biotopen is er altijd wel ergens geschikte prooi aanwezig en kunnen ze zich over kleine afstanden eenvoudig herverdelen. Het resultaat is dat in een gevarieerde omgeving plaaginsecten meer moeite hebben zich te vestigen en natuurlijke vijanden ze sneller vinden. Een tweede effect van diversificatie is dat er meer verschillende soorten natuurlijke vijanden per oppervlak kunnen overleven. Van deze toename aan biotische diversiteit wordt aangenomen dat ze bijdraagt aan de stabiliteit van populaties. Door de toenemende complexiteit van de interacties is dit echter experimenteel moeilijk te onderbouwen. Op basis van correlatief onderzoek en theoretisch modellen wordt dit idee in de ecologie wel breed gedragen. Een mooi voorbeeld dat dit idee onderbouwd is het feit dat in een kleinschalig landschap bladluispopulaties in graan niet alleen eerder onderdrukt worden door zweefvliegen dan in grootschalige landbouw maar ook de soortendiversiteit aanzienlijk groter is.

kleinschalig teelt van veel verschillende gewassen zoals men wel eens tegenkomt op biologische bedrijven.

## **2.2 Diversificatie op bedrijfsniveau**

Vruchtwisseling speelt in de biologische landbouw een belangrijke maar beperkte rol bij de preventie en beheersing van ziekten en plagen. Met name weinig mobiele en bodemgebonden soorten die slechts één of enkele waardplanten hebben kunnen met een ruime vruchtwisseling goed onder controle gehouden worden. Voor minder specifieke plagen en ziekten zijn de gewassen in de vruchtwisseling en de volgorde waarin ze geteeld vaak doorslaggevend (zie Wijnands *et al.*, (2002)).

Klassieke voorbeelden waar vruchtwisseling en teeltvolgorde een belangrijke rol spelen zijn aaltjes, bodemschimmels zoals *Rhizoctonia* maar ook sterk bodemgebonden plagen zoals ritnaalden.

Voor sommige weinig mobiele plagen kunnen ruimtelijke vruchtwisseling of onderbrekingen van een jaar een oplossing bieden zodat voorkómen wordt dat het ene perceel als bron van infectie dient voor het andere perceel in een volgend seizoen. Voorbeelden hiervan zijn preiroest, wortelvlieg, bietenkevertje, coloradokever.

Veel plagen en ziekten hebben echter een goed verspreidingsvermogen waardoor vruchtwisseling niet werkt. Helaas is nog onvoldoende bekend wat de belangrijkste infectiebronnen zijn, waar ze overwinteren en over welke afstanden de infectie plaatsvindt. Wanneer bij polyfage insecten de aanwezigheid van infectiebronnen op of rond het bedrijf doorslaggevend zijn voor het ontstaan van een epidemie dan is beheersing van deze bronnen vanzelfsprekend aan te bevelen. Anderzijds worden veel organismen ook over grote afstanden verspreid en kan de lokale aanvangsituatie op het bedrijf volkomen overschaduw worden door infectie van buitenaf. De plaagspecifieke verschillen maakt het daarom onmogelijk om adviezen te geven die onder alle omstandigheden en voor alle teelten het gewenste effect opleveren.

Wat voor de plagen geldt, geldt ook voor de natuurlijke vijanden. Ook daar zijn er grote verschillen in mobiliteit en specificiteit. De aantallen van weinig mobiele soorten (roofmijten, oormormen, spinnen) zullen meefluctueren met omstandigheden die ze tijdens de vruchtwisseling tegenkomen. De dichtheden en daarmee hun mogelijke rol in de plaagbestrijding op het hele bedrijf hangen sterk af van het aantal 'gunstige' gewassen in de rotatie, de dichtheden van hun prooi en de mate van verstoring in elk gewas. Zo zijn vroege extensievere gewassen met een hoge bedekkinggraad in een akkerbouwsysteem (bijvoorbeeld graan) veel gunstiger voor veel natuurlijke vijanden dan late gewassen met meer bewerkingen en een beperkte bodembedekking (bijvoorbeeld uien).

Andere soorten natuurlijke vijanden verplaatsen zich vrij gemakkelijk van het ene perceel naar het andere en volgen meer de beste omstandigheden voor wat betreft hun voedsel en overlevingskans (roofwantsen, gaasvliegen en kortschildkevers zijn hier een voorbeeld van). Ook hierbij heeft het patroon van gunstige en ongunstige percelen invloed op de talrijkheid van natuurlijke vijanden. Door hun hogere beweeglijkheid zullen ze zich echter wel sneller concentreren rond prooihaarden.

Gewasdiversificatie op het bedrijf zal op soorten met een groot verspreidingsvermogen (bijvoorbeeld zweefvliegen) waarschijnlijk minder invloed hebben. Wel zal concentratie van deze dieren rond de gewassen (bloemstroken of alternatieve prooibronnen) effect kunnen hebben (zie ecologische infrastructuur).

Behalve de vruchtwisseling en de gewassen in het bouwplan is ook het ruimtelijk patroon van gewassen en niet-productieve elementen op het bedrijf van groot belang voor de interactie tussen plagen en hun natuurlijke vijanden. Zoals hierboven als is aangegeven profiteren de natuurlijke vijanden over het algemeen van kleinschaligheid terwijl de vestiging van plagen daar vaak door geremd wordt. Het gebruik van smalle percelen verhoogt de mogelijkheid voor natuurlijke vijanden de juiste omstandigheden en prooihaarden te vinden en de populatie te herstellen na ongunstige perioden.

## **3. Ecologische infrastructuur en lay-out**

Het duurzaam beheren en benutten van ecologische hulpbronnen op en rond het bedrijf is een belangrijke doelstelling van de biologische landbouw. Velen zien dan ook voor de biologische landbouw bij uitstek een rol bij het herstel van biodiversiteit, natuur en landschapswaarden in het agrarisch landschap. Waar de bodem de centrale hulpbron is voor de gewasproductie is, kan de agro-ecologische infrastructuur een belangrijke bijdrage leveren aan het welzijn van mensen die op het platteland werken, wonen en recreëren en aan het ruraal inkomen. Daarnaast kunnen deze structuren in het versnipperde Nederlandse landschap ook verbindingwegen vormen voor veel planten- en diersoorten.

De agro-ecologische infrastructuur op het bedrijf heeft echter niet alleen de externe publieke functie (natuur, landschap, recreatie) maar ook een interne functie (de ondersteuning van interne ecologische bedrijfsprocessen). In deze context wordt onder de agro-ecologische infrastructuur verstaan de ruimtelijke inrichting van en samenhang tussen de al dan niet aangelegde natuurelementen op het bedrijf. Deze ecologische infrastructuur is onderdeel van de totale agro-ecologische



Tabel 2. Voorbeelden van Biotopen en Plantensoorten die van belang zijn bij het bevorderen van natuurlijk vijanden

<b>Biotoop / plantensoort</b>	<b>Functie</b>
Grasranden met polvormende grassen (bijv. kropbaar)	Overwinteringsplaats loopkevers en kortschildkevers die in het voorjaar de akkers koloniseren
Smeerwortel, Duizendblad en Wilde Peen in kruidenranden	Overwintering van spinnen en lieveheersbeestjes
Kamille, Luzerne Schermbloemigen	Zweefvliegen en sluipwespen
Bloeiende wilgen	Zweefvliegen en roofwantsen
Brandnetel	Lieveheersbeestjes en roofwantsen
Cruciferen en diverse akkeronkruiden in voorjaar	Zweefvliegen
Groenbemesters in het perceel	Loopkevers, spinnen en kortschildkevers
Phacelia	Zweefvliegen, hommels en bijen (bestuiving)
Klavers als onderzaai	Loopkevers, spinnen en sluipwespen

lay-out van het bedrijf waaronder ook het inrichting van gewaspercelen en de vruchtwisseling wordt begrepen.

De potentiële rol van de agro-ecologische lay-out bij plaagpreventie hangt af van de mate waar diversificatie wordt doorgevoerd. Sommige telers gaan niet verder dan een optimalisering van de vruchtwisseling of andere vormen van diversificatie zoals hierboven zijn aangegeven. Andere geven een bewuste invulling aan het ecologisch beheer van akkerland of slootkanten tot en met een goed gedefinieerd en tot in details uitgevoerd bedrijfsplan voor agrarisch natuurbeheer. In alle gevallen is het van belang zich niet alleen te richten op het stimuleren van natuurlijke vijanden, maar ook voldoende aandacht schenken aan het onbewust introduceren van plaag- of ziektebronnen.

### 3.1 Multifunctionele natuurplannen

De introductie van natuur op agrarische bedrijven dient bij voorkeur zo plaats te vinden dat het gericht is bij de functies die op het bedrijf vervuld moeten worden. Is de hoofdfunctie recreatie dan is de aantrekkelijkheid en belevingswaarde van de natuurelementen van belang. Denk daarbij aan opgaand hout, bloeiende planten het jaar rond en dergelijke maar ook bijvoorbeeld aan het voorkomen van een grote variatie aan insecten, amfibieën, zoogdieren en vogels. Toegankelijkheid van het agrarisch landschap voor het publiek is daarbij essentieel.

Zijn natuurwaarden het hoofddoel dan dient de infrastructuur een leefplaats te bieden aan een verscheidenheid van aantrekkelijke en voor natuurbeheer waardevolle soorten. Ook aansluiting bij nabijgelegen natuurgebieden is dan van extra belang. Om de functie als verbindingsweg te realiseren worden speciale eisen aan de inrichting van de infrastructuur gesteld. Heeft de infrastructuur vooral een functie voor de gewasbescherming dan is het vooral zaak dat de natuurelementen een plek bieden voor overwintering en vermenigvuldiging van natuurlijke vijanden van insecten. Aantrekkingskracht en variatie van de vegetaties is daarbij

een vereiste. Daarbij moet voorkomen worden dat dezelfde elementen niet als bron van schadelijk organismen dienen. Omdat de plaagregulatiefunctie juist in de biologische landbouw tot z'n recht kan komen is het van belang deze een plaats te geven bij de ontwikkeling van natuurplannen op bedrijven. (Smeding 1999). In deze natuurplannen zal een optimum gezocht moeten worden tussen verschillende functies. Omdat de lokale omstandigheid, de aard van het bedrijf, de geteelde gewassen, de gewenste functies en persoonlijke voorkeur van de boer sterk kunnen variëren zullen dergelijke plannen altijd specifiek uitgewerkt moeten worden.

### 3.2 Agro-ecologische lay-out

Voor de invulling van de ecologische infrastructuur zal een deel van het bedrijfsoppervlak gereserveerd moeten worden. Een doelstelling van tenminste 5% lijkt voor veel bedrijven realistisch en haalbaar. Deze norm is echter onvoldoende ecologisch onderbouwd. De basis voor de ecologische infrastructuur wordt gevormd door lijnvormige rond de percelen zoals perceelranden, slootkanten en hagen aangevuld door losse elementen als bosjes, takkenhopen, poeltjes etc. De lijnvormige elementen dienen vaak als buffer tussen de intensief gebruikte percelen en de omringende omgeving en het oppervlaktewater en kunnen naast de bufferfunctie andere intrinsieke waarde hebben voor natuur, gewasbescherming en recreatie. De agro-ecologische infrastructuur dient liefst aan te sluiten op de omringende natuur zodat verbindingswegen voor plant en diersoorten worden gecreëerd (de groene dooradering) tussen productiegebieden en de natuur. In de beleving van recreanten zal afwisseling (vorm van de natuurlijke elementen, aard van de soorten) van groot belang zijn. Om in dit landschap te kunnen fietsen of wandelen zal het ook toegankelijk moeten zijn. Niet beteelde stroken kunnen het best een permanent karakter hebben. Dan kunnen ze zich goed ontwikkelen en hun functie vervullen en zijn tevens minder intensief in het beheer. Bij voorkeur zijn ze minimaal 3 meter breed en samengesteld uit een grasstrook

en een kruidenstrook aansluitend op een eventueel aanwezige ecologisch beheerde slootkant. Het maaieregime moet gericht zijn op verschraling (door afvoer van maaisel) en het creëren van een gevarieerde vegetatiestructuur waardoor natuurdoelsoorten een kans krijgen, een groot deel van het jaar bloeiende planten aanwezig zijn (voor bestuivende insecten, zweefvliegen, sluipwespen) en de vegetatie kan dienen als refugium en overwinteringsplaats van een groot scala aan natuurlijke vijanden. Door ruimtelijk variatie aan te brengen in het beheer kan de diversiteit op het bedrijf verder worden vergroot. Specifieke natuurelementen (poelen, bosjes, houtstapels etc) kunnen worden gecreëerd om de natuurwaarden verder te versterken. Heggen en houtwallen op het bedrijf zijn niet alleen aantrekkelijk voor vogels, kleine zoogdieren en recreanten, maar kunnen ook een belangrijk biotoop zijn voor natuurlijke vijanden. De gewenste vegetaties en structuur hangt natuurlijk ook af van de gewenste functies. De ecologische infrastructuur kan zich (onder ecologisch beheer) spontaan ontwikkelen, maar veelal worden bij aanvang toch mengsels van grassen en/of kruiden ingezaaid. Bij heggen of houtwallen zal men vaak kiezen voor aanplant van bepaalde soorten.

Dit geeft de mogelijkheid gewenste (functionele) soorten vanaf het begin een optimale kans te geven. Wel verdient het aanbeveling soorten te kiezen die bij de regionale en lokale omstandigheden passen.

In tabel 2 worden aantal voorbeelden gegeven van biotopen en soorten die een rol spelen bij de bevordering van natuurlijke vijanden. Een aantal planten die op zich goed zijn voor natuurlijke vijanden kunnen in bepaalde situatie echter ook risico opleveren. Verschillende kruisbloemigen zijn goed voor natuurlijke vijanden, maar op een bedrijf waar ook koolsoorten worden geteeld kan dit mogelijk ook voor problemen zorgen doordat ze als bron van plagen kunnen fungeren. Een goed overzicht van alles voordelen en risico's van verschillende planten is overigens nog niet voorhanden.

Bij de vormgeving van de agro-ecologische lay-out worden vele doelen geïntegreerd in een optimaal op het bedrijf toegesneden plan. Bij de realisatie zal altijd een balans gezocht moeten worden tussen de externe en interne functies, de kosten van beheer en het rendement en het gebruiksgemak. Het is vaak niet eenvoudig een echte kosten/baten analyse te maken. Bij optimaal gebruik van minder productieve delen van het bedrijf en het streven naar multifunctionaliteit laat de ervaring zien dat een goede ecologische infrastructuur veel voor een bedrijf kan betekenen.

## **4. Het agrolandschap**

Processen zoals die zich op perceel en bedrijfsniveau afspelen vinden op vergelijkbare wijze plaats op landschap niveau. Dit geldt dan met name voor sterk mobiele plagen en natuurlijke vijanden. De complexiteit van het landschap maakt het moeilijk goed inzicht te krijgen hoe groot de invloed is van het landschap op de lokale plaagsituatie.

Met name de laatste jaren wordt er steeds meer aandacht geschonken aan dit type relaties. Voor een aantal plagen en natuurlijke vijanden is het effect van het landschap overduidelijk aanwezig. Voorbeelden hiervan zijn: het effect van heterogeniteit in het landschap op de talrijkheid van zweefvliegen, de invloed van bos in het landschap op de dichtheden van trips in prei, de invloed van meidoorn en els op de immigratie van roofwantsen in boomgaarden, de invloed van teeltfrequentie in een gebied op het voorkomen van preiroest.

In veel gevallen gaat het om de oppervlakte (infectie) bronnen in het landschap, de afstanden daartussen en de aanwezigheid van barrières. Het is duidelijk dat het hier niet alleen gaat om uitwisseling tussen landbouwbedrijven maar ook tussen natuur en landbouwbedrijven. Net als op bedrijfsniveau is niet alleen een gevarieerde samenstelling van het landschap van belang voor biologische buffering maar ook de ruimtelijk configuratie.

Vanuit de landbouw gezien kan de productieomgeving rond het bedrijf zowel een bedreiging zijn als een ondersteunende waarde hebben. Het zal duidelijk zijn dat het landschapsbeheer in een regio niet afgestemd zal worden op beheersing van ziekten en plagen. Wel zou het goed zijn als verschillende functies van het landschap elkaar waar mogelijk positief versterken. Het beeld van het agrarisch landschap wordt in hoge mate bepaald door de inrichting van bedrijven en gewassen en de invloed daarvan landschapswaarden en functies is aanzienlijk.

## **5. De rol van het onderzoek**

Onderzoek naar diversificatie heeft reeds vele bruikbare ideeën en systemen opgeleverd. Veel kennis is verzameld over de effecten van klaveronderzaai in kool en prei en over de mate waarin akkerranden bijdrage aan het voorkomen van luispredatoren. De kennis wordt momenteel verder ontwikkeld en toegepast in het kader van functionele biodiversiteit, niet alleen binnen de biologische landbouw maar ook in de geïntegreerde en multifunctionele landbouw.

Hoewel er veel kennis is, is deze vaak slecht toegankelijk of moeilijk implementeerbaar voor specifieke situaties. Verdere interactieve ontwikkeling en toetsing in samenwerking met innovatieve bedrijven is van groot belang de kennis te integreren. Daarbij zal blijken dat voor veel gewas-plaag combinaties onvoldoende kennis bestaat om diversificatie

en infrastructuur effecten te kunnen benutten. Tevens ontbreekt voor veel plagen en natuurlijke vijanden de basiskennis over overwintering, verspreidingsvermogen en een kwantitatief inzicht over de ruimtelijke verdeling in het agrolandschap. In het verleden is veel onderzoek geconcentreerd geweest op gewas/perceelniveau, terwijl pas het laatste decennium steeds meer het besef is gekomen dat veel processen zich op een hoger schaalniveau afspelen. De complexiteit en meetbaarheid van processen boven perceelniveau vraagt een innovatieve en interdisciplinaire aanpak van het onderzoek, maar zal steeds meer handvaten bieden om de ondersteunende functies van het ecosysteem ten bate van de biologische landbouw te benutten.

Op diverse plekken binnen de WUR kennisseenheden Plant en Groene ruimte wordt onderzoek gedaan aan diversificatie als gewasbeschermingstrategie variërend van modelmatig werk aan de ruimtelijke dynamiek van populaties tot en met interactief onderzoek met natuurplannen op bedrijven (project Natuurbreed). Meer multidisciplinaire interactie met de telers is nodig om het onderzoek te laten aansluiten bij perspectiefvolle ontwikkelingen in de praktijk, terwijl ook een aantal fundamentele ecologische processen moet worden opgehelderd.

## 6. Literatuur (selectie)

- Andow, D.A., 1991. Vegetational diversity and biological control in agroecosystems. *Annual review Entomology* 36: 561-586
- Belder, E. den, 1999. Gewasbescherming en biodiversiteit: een functionele relatie. *Gewasbescherming* 30: 165-169
- Bürki H.-M. & A. Hausammann. Überwinterung von Arthropoden im Boden und an Ackerkräutern künstlich angelegte Ackerkrautstreifen. *Agrarökologie* 7, 158 pp.
- Ruppert V., 1993. Einfluss blütenreichen Felrandstrukturen auf die Dichte blütenbesuchender Nutzinsekten insbesondere der Syrphinae. *Agrarökologie* 8 149 pp.
- Smeding F.W. & W. Joenje, 1999. Farm-Nature Plan: landscape ecology based farm planning. *Landscape and Urban Planning* 46:109-115
- Theunissen J., 1997. Application of intercropping in organic agriculture. *Entomological Research in Organic Agriculture* 1997, pp:251-259
- Visser, A.J., 2000. Prototyping on farm nature management – a synthesis of landscape ecology, development policies and farm specific possibilities. *Aspects of Applied Biology* 58:299-304.
- Wingerden, W.K.R.E. van & C.J.H. Booij, 1999. Biodiversiteit en onderdrukking van ziekten en plagen: strategieën en graadmeters. *IBN-rapport* 413
- Wijnands, F.G., W. Sukkel & C. Booij, 2002. Bedrijfs- en teeltinrichting basis voor beheer ziekten plagen en onkruiden. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) *Biologische Landbouw onder de loep*, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.

# Biologische landbouw ≠ bodemweerstand – Aaltjes en de biologische landbouw

Leendert Molendijk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

## Samenvatting

Aaltjesschade in de biologische landbouw wordt nogal eens over het hoofd gezien. Er is weinig aandacht voor aaltjes omdat het uitgangspunt is dat biologische landbouw en bodemweerstand logischerwijs samengaan. Aaltjesproblemen zijn dan bij voorbaat ondervangen. Bodemweerstand, waardoor aaltjes ondanks hun aanwezigheid geen problemen geven, komt voor maar is een onbegrepen en onstuurbaar fenomeen. Het gewasbeschermingsonderzoek LNV 2002-2005 concentreert zich op het verder ontrafelen van de factoren die de bodemweerstand bepalen en op maatregelen die de natuurlijke weerbaarheid van de teelt versterken. Bodemweerstand is (nog) niet afroepbaar of voorspelbaar, daarom is ook voor een biologische bedrijf of een bedrijf in omschakeling een planmatige aanpak van de bodemgezondheid noodzakelijk.

## 1. Bodemweerstand ongrijpbaar fenomeen

‘De fauna in onze cultuurgrond als geheel is voor de plantengroei meer schadelijk dan nuttig door de overheersende invloed van de parasiterende, door de teelt zelve naar voren gebrachte nematoden. Met als logische gevolgtrekking, dat de toegepaste zoölogie van de grond méér op regulering en bestrijding dan op stimulering van de fauna moet zijn gericht, welke conclusie lijnrecht staat tegenover de gangbare opvatting.’ (Oostenbrink M., 1957, rede bij aanvaarding lectoraat nematologie aan de Landbouw Hogeschool te Wageningen).

Oostenbrink ziet in 1957 stimulering van de bodemfauna als het gangbare denken waar hij zijn regulering en bestrijding tegenover zet. Het begrip gangbaar blijkt in een periode van 50 jaar 180 graden gedraaid.

De huidige benadering in de landbouw is juist gestoeld op de regulering en de bestrijding zoals Oostenbrink die voor ogen had. Naast regulering via maximale teeltfrequenties werd er ook veel chemisch bestreden, getuige de inzet van grote volumes grondontsmettingsmiddelen tot in de jaren '80. We staan nu voor de opgave weer een wending in te zetten waarbij het de vraag is of slechts 180 graden terug of doordraaien de oplossing is. In de biologische landbouw is het uitgangspunt dat bodemziekten en daarbij inbegrepen aaltjes, geen probleem kunnen zijn vanwege het natuurlijk samengaan van biologische landbouw en bodemweerstand. Een aanlokkelijk perspectief dat ondernemers maar al te graag aanvaarden vanwege de toch al talrijke obstakels die bij omschakeling naar een biologische teeltwijze moeten worden genomen. Het is echter een gevaarlijk uitgangspunt dat onnodig tot productie- en kwaliteitsverlies leidt.

Een gezonde grond wemelt van de aaltjes en hun vijanden. In Nederland komen ongeveer 1200 aaltjessoorten voor. In een gezonde bodem zitten er 30 tot 40 aaltjes in een milliliter grond. Dat betekent een gemiddelde van 40 miljard per hectare met een gezamenlijk gewicht van zo'n 50 kg. Slechts een fractie is schadelijk voor planten. Deze plantenparasieten hebben het ondergronds ook nog zwaar te verduren. Zij worden belaagd door aaltjesvangende schimmels, springstaarten, bacterieziekten, virussen en carnivore aaltjes (Foto 2).

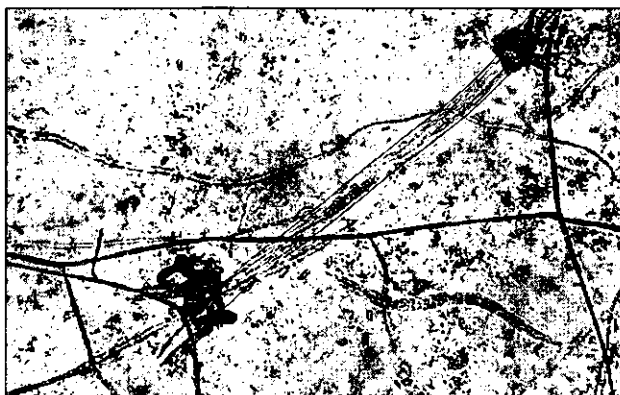


Foto 1. Aaltje gevangen door schimmel

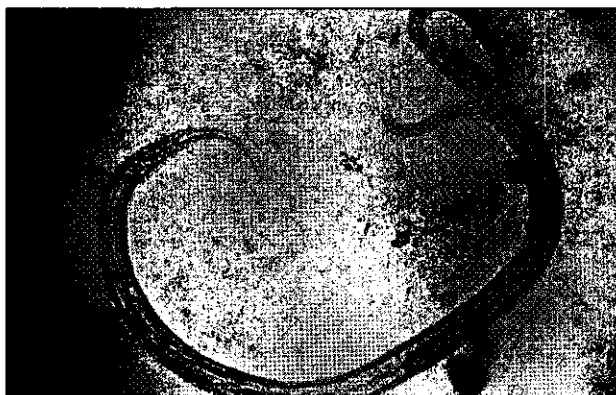
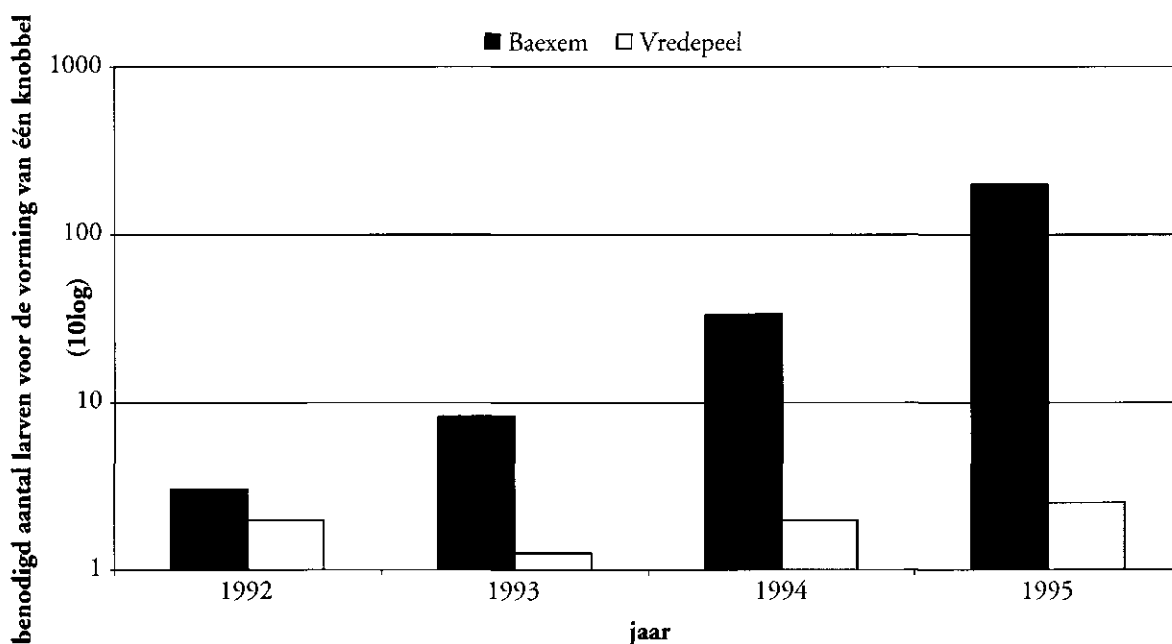


Foto 2. Carnivoor aaltje



Figuur 1. Knobbelvormingsefficiëntie van *Meloidogyne fallax* op sla te Baexem en Vredepeel (1992-1995)

Bodemweerstand ontstaat door een samenspel van biotische en abiotische factoren met als resultaat dat zelfs bij aanwezigheid van ziekteverwekkers de schade in het gewas beperkt blijft. Ook vanuit de Nederlandse praktijk kennen we daarvan voorbeelden.

Onderzoek van het IRS heeft laten zien dat de schimmel *Verticillium chlamydosporium* de eieren van bietencysteaaltjes zo sterk kan parasiteren dat de besmetting terugloopt. Helaas ontstaat dit controlemechanisme pas nadat er enkele oogsten opbrengstverliezen zijn opgetreden. Het lukt tot op heden niet deze schimmels preventief te introduceren in percelen en zo de zware oogstverliezen te voorkomen. Ook is het opvallend dat de vermeerderingscijfers van het bietencysteaaltjes in de IJsselmeerpolders hoger liggen dan op de oude cultuurgronden in Nederland. Het IRS geeft het najlén van de antagonisten in de nieuwe grond als mogelijke verklaring.

Op het PAGV proefveld te Baexem waren er in 1995 vijftig keer zoveel maïswortelknobbelaaltjes nodig om nog één knobbel op een slawortel te veroorzaken dan vijf jaar eerder (Figuur 1).

Tegelijkertijd trad dit fenomeen op locatie Vredepeel niet op. Plant Research International vond in de grond van Baexem een groot aantal soorten aaltjesparasiterende schimmels maar kon geen hoofdoorzaak aanwijzen. Ondanks de verlaagde agressiviteit van de populatie was de kwaliteit van de consumptie aardappelen ook in het laatste jaar 1995 zeer slecht. Het zich opbouwende antagonisme was voor de teler nog onvoldoende om zonder risico te telen.

Veel van de natuurlijke vijanden van aaltjes zijn zo gespecialiseerd dat ze zich alleen handhaven bij hoge besmettingsniveaus van het plantparasitaire aaltje. Er ontstaat uiteindelijk wel een stabiel opbrengstniveau maar dat is econo-

misch zelden acceptabel. Onderzoek naar geschikte natuurlijke belagers vindt op bescheiden schaal plaats maar heeft nog niet geleid tot werkende producten.

Biologische bodemweerstand is een erkend fenomeen maar het valt nog niet te voorspellen of de bodemweerstand zich voldoende snel ontwikkelt om een omschakelende teler uit de problemen te houden. Een planmatige aanpak gericht op

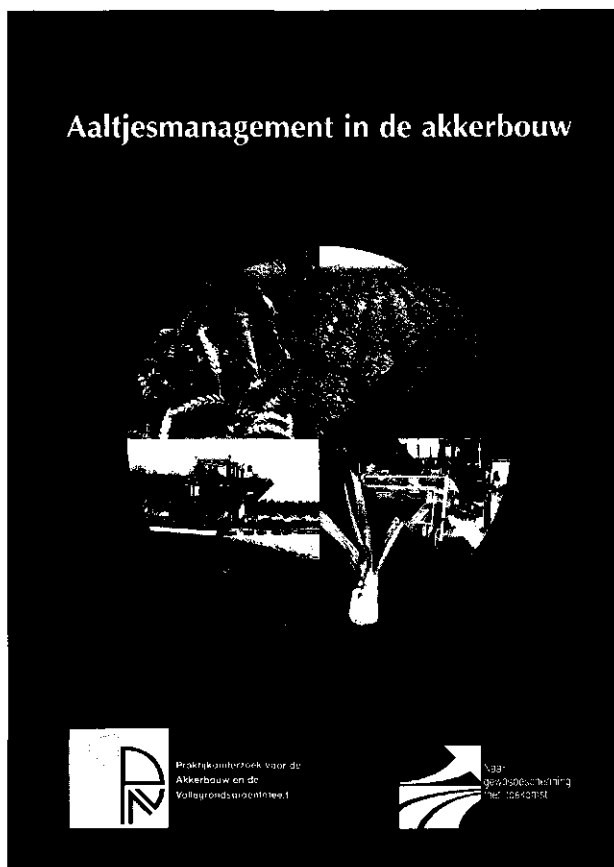


Foto 3. Planmatige aanpak

preventie is daarom een noodzakelijke basis voor de biologische bedrijfsvoering. Kernpunten hierbij zijn bedrijfshygiëne, uitgangsmateriaal, teeltfrequentie en vruchtvolgorde. Voor een volledig overzicht wordt verwezen naar de PPO brochure aaltjesmanagement in de akkerbouw (Foto 3).

## 2. Planmatige aanpak

### 2.1 Uitgangsmateriaal

Bedrijfshygiëne als basis voor ziektepreventie is bekend. Minder wordt er stil gestaan bij het plantmateriaal als bron van een aaltjesbesmetting. Aaltjes kunnen meeliften in en aan het plantmateriaal. Zodra plantgoed wordt geleverd met aanhangende grond kan daarin het hele aaltjesassortiment aanwezig zijn. Stengel- en bladaaltjes worden met zaad en in bloemknoppen verspreid. De wortelknobbelaaltjes *Meloidogyne chitwoodi* en *Meloidogyne fallax* vestigen zich o.a. in aardappelknollen en de bloembodems van gladiolen (Foto 4).

Besmet pootgoed maar ook vroeg doodgebrande consumptieaardappels zijn gevuld met aaltjes zonder dat er aan de buitenkant iets opvalt. Introductie van deze soorten op het bedrijf betekent naast risico's op kwaliteitsbederf in aardappel, ook het einde van de peen- en schorsenerenteelt (Foto 5).

Het is noodzaak de gezondheidsstatus van uitgangsmateriaal van alle waarborgen te voorzien. De wettelijke maatregelen zijn slechts het absolute minimum en zijn onvoldoende basis om verspreiding van ziekten met uitgangsmateriaal te voorkomen.

### 2.2 Teeltfrequentie

De ruime teeltfrequentie wordt nogal eens aangevoerd als argument waarom aaltjes geen rol spelen in de biologische landbouw.

Het verlagen van de teeltfrequentie van een gewas heeft echter alleen een gunstige uitwerking op de besmettingen met cysteaaltjes. Cysteaaltjes zijn in de aaltjeswereld een zeer uit-

zonderlijke groep. Ze zijn vergaand gespecialiseerd en slechts vermeerderend op één of enkele gewassen.

In de biologische aardappelteelt is aardappelmoehed bij een aardappelteeltfrequentie van 1:6 geen probleem. Tenminste wanneer de 1:6 niet wordt verstoord door aardappelopslag. Aardappelopslag van vatbare rassen die er half juli nog staat doet de natuurlijke sterfte van dat seizoen en daarmee de ruime vruchtwisseling teniet.

Op biologische bedrijven waar bieten worden geteeld komt meer en meer kool en rode biet voor in het bouwplan. Dit zijn waardplanten voor het bietencysteaaltje waardoor een zesjarige rotatie met biet en kool voor het aaltje een te hoge waardplantfrequentie van 1:3 oplevert. Bij geplante kool zal er, vanwege de aaltjesvrije start in de perspot, in het veld niet snel schade ontstaan. Gezaaide kool en rode biet zijn wel kwetsbaar. Kiemplanten vallen weg door een vroege aantasting.

Dit probleem doet zich nog sterker voor bij het geel bieten-cysteaaltje dat meer op de lichtere gronden voorkomt.

### 2.3 Vruchtvolgorde

De meeste aaltjessoorten zijn niet zo gespecialiseerd als cysteaaltjes en hebben een brede waardplantenreeks. Deze polyfage soorten zijn niet te bestrijden met een ruime vruchtwisseling. Er zijn teveel gewassen waar ze zich op kunnen vermeerderen. De oplossing zit hier in het gericht kiezen van de vruchtvolgorde, zowel van de hoofdgewassen als de groenbemesters. De kunst is een schadegevoelig gewas te laten vooraf gaan door een gewas dat geen hoge dichtheden achterlaat. Bij een doordachte vruchtvolgorde hoort een afdoende onkruidbestrijding. Ook onkruiden zijn waardplanten voor veel polyfage aaltjessoorten en verstoren de strategisch gekozen vruchtvolgorde. Dit betekent niet dat elk onkruidje in kiemplant stadium hoeft te worden aangepakt. De meeste aaltjessoorten hebben minimaal 5 tot 6 weken nodig om een levenscyclus te voltooien.

Vandaar dat korte teelten als sla, spinazie en conservenerwten zelden hoge aaltjesdichtheden opbouwen. Na de oogst moet dan via grondbewerking de wortelgroei worden gestopt. Als na de oogst van de sla de potkluitjes in onbe-



Foto 4. Aardappel gevuld met het maïswortelknobbelaaltjes *Meloidogyne chitwoodi*



Foto 5. *Meloidogyne chitwoodi* op peen



Foto 6. Voorvrucht is allesbepalend

werkte grond blijven staan, gaat de aaltjesontwikkeling wel door.

Schadegevoeligheid en waardplantgeschiktheid zijn twee onafhankelijke eigenschappen van een gewas. Alle combinaties van schadegevoeligheid en mate van waardplantgeschiktheid komen voor. De beschikbare informatie is door PPO bij elkaar gebracht in het aaltjesschema zoals o.a. opgenomen in de brochure aaltjesmanagement in de akkerbouw (Molendijk, maart 2000). Het onderzoek is erop gericht witte vlekken in onze kennis over waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid in te vullen.

Praktijk is dat de gewaskeuze voor een perceel door de acute vraag van de markt wordt bepaald.

Toch zit hier een kwetsbare plek voor het biologische bedrijf. Wanneer er structurele fouten zitten in de vruchtvolgorde is het teveel gevraagd dit door een nog op te bouwen bodemweerstand te laten corrigeren (Foto 6).

### 3. Vlinderbloemigen meer dan stikstofbinding

Het is onmogelijk om de grote diversiteit op de biologische bedrijven te vangen in een typisch biologisch bouwplan. Wel zijn er elementen die vaak terugkeren en die voor aaltjes zeer sturend zijn. Bijvoorbeeld de ruime plaats die granen innemen, kunstweide met klavers en het gebruik van vlinderbloemigen in het algemeen. Op basis van deze gewassen is het te verwachten dat op de zand en zavelgronden tot 20% afslibbaar met name vrijlevende wortelaaltjes (*Trichodoriden*), wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne hapla* en *Meloidogyne chitwoodi*) en het wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*) opbrengst en kwaliteit negatief beïnvloeden. Op gronden zwaarder dan 30% zijn het vooral cysteaaltjes en stengelaaltjes van belang.

Vanuit de jaren vijftig en zestig is bekend dat met name klavers verschillende aaltjessoorten tot hoge dichtheden opvoeren en leiden tot problemen in de volgteelten.

In de huidige biologische landbouw spelen vlinderbloemigen weer een belangrijke rol in de stikstofvoorziening. PPO heeft van een aantal actuele vlinderbloemige gewassen en rassen de waardplantstatus via potproeven bepaald (Tabel 1).

Het merendeel van de onderzochte vlinderbloemigen laten hoge dichtheden plantenparasitaire aaltjes na. *Pratylenchus penetrans* heeft op alle klavers een sterke vermeerdering. De meeste klavers zijn ook voor de drie wortelknobbelaaltjes goede waardplant. De enige positieve uitzonderingen zijn witte klavers (met name het ras Aran), die matige tot slech-

Tabel 1. Waardplantstatus vlinderbloemigen

Gewas	Ras	<i>Pratylenchus penetrans</i>	<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	<i>M. fallax</i>	<i>M. hapla</i>	<i>Paratrichodorus teres</i>	Tabaks Ratel Virus
Alexandrijnse Klaver	Carmel	nb	***	***	***	•	***
	Lexa	***	***	***	***	•	***
	Tabor	***	***	***	***	•	***
Perzische klaver	Archibald	***	***	***	***	-	***
	Felix	***	***	***	***	•	***
Witte klaver	Aran	***	•	•	•	***	•
	Retor	***	**	**	**	***	***
	Rivendel	nb	**	•	•	•	***
Voederwikke	Hifa	nb	-	**	***	•	-

\*\*\* = sterke vermeerdering

\*\* = matige vermeerdering

• = slechte vermeerdering

- = geen vermeerdering

nb = niet bekend/onderzocht

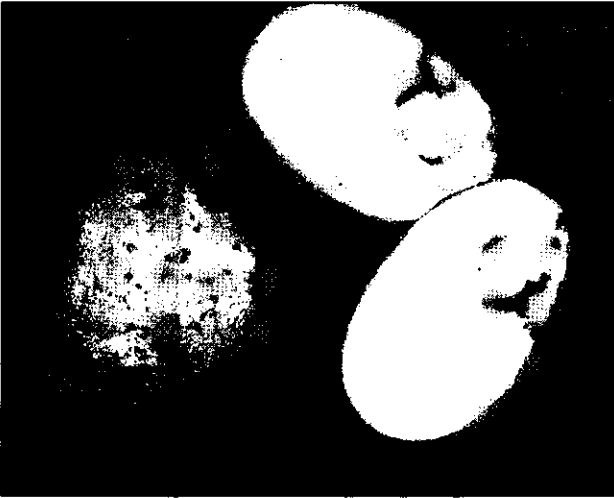


Foto 7. Kringrigheid via *Trichodoriden* overgebracht

te vermeerdering van de wortelknobbelaaltjes geven. Voederwikke (Hifa) lijkt geen waardplant voor *Meloidogyne chitwoodi*, een matige waard voor *Meloidogyne fallax*, terwijl het voor *Meloidogyne hapla* een goede waardplant is. Abawi (2000) meldt sterke vermeerdering van *Pratylenchus penetrans* op wikke. Bij *Paratrichodorus teres* zijn Alexandrijnse klavers en Perzische klavers veel minder vermeerderend dan de witte klavers. Omdat deze gewassen wel het TabaksRatelVirus kunnen vermeerderen blijven deze groenbemesters risicovol voor bijvoorbeeld aardappelen (Foto 7).

Een positieve uitzondering voor *P. teres* is voederwikke, waar zowel het aaltje als het virus slecht op vermeerderen. Potproeven geven een goede eerste indicatie. Deze zullen moeten worden bevestigd in veldproeven. Vanuit aaltjes-oogpunt is ook op basis van actuele gegevens de teelt van klavers op de lichte gronden nog steeds een risico. Een illustratie hiervan vanuit het biologische systeem te Vredepeel waar witte klaver (Alice) als onderzaai in Triticale

wordt ingezet (Figuur 2). In het voorjaar 2000 werd de uitgangssituatie gemeten. Vervolgens werd triticale met klaver als onderzaai geteeld. Op een aantal stroken werd na de oogst van de triticale de grond bewerkt en er triticale als groenbemester gezaaid. Op de overige perceelsdelen groeide de klaver als groenbemester door en werd pas na de winter, tegelijkertijd met de heringezaaide triticale, ondergeploegd. De klaver laat in het voorjaar 2001 schadelijke besmettingen van diverse plantparasieten achter. Wanneer vlinderbloemigen voor de stikstof voorziening op lichte gronden noodzakelijk zijn, blijven gewassen of rassen die een mindere hoge aaltjes vermeerdering geven gewenst.

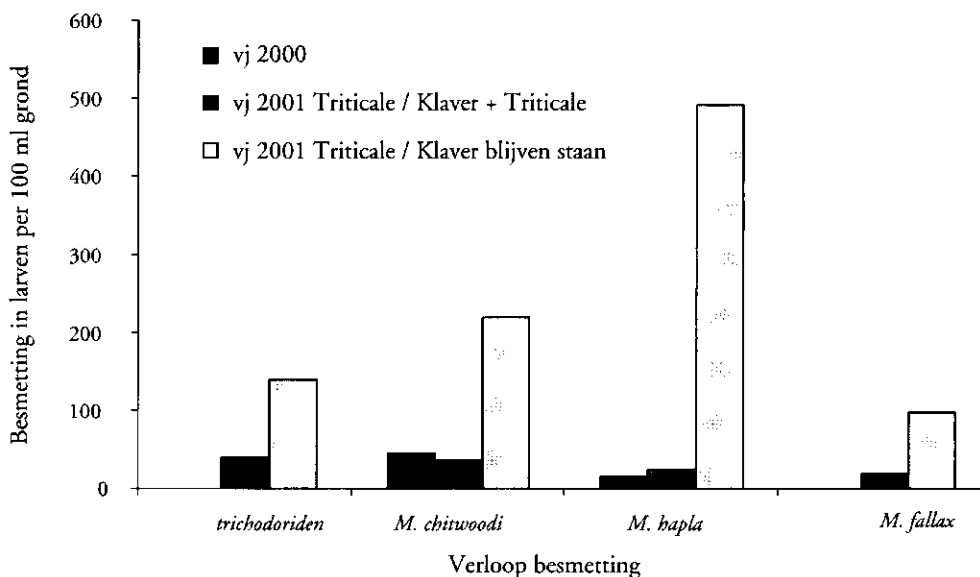
#### 4. Aaltjesbestrijding is maatwerk

Gebaseerd op kennis van de biologie van de soorten zijn er specifieke maatregelen te nemen waardoor het ook bij aanwezigheid van schadelijke aaltjessoorten mogelijk is met minimale schade te telen zonder zich afhankelijk te maken van zich ontwikkelende bodemweerstand.

Een algemene maatregel die tegen veel bodemziekten werkt is de biologische grondontsmetting. Door grote hoeveelheden vers organisch materiaal in de grond te brengen en het oppervlak af te dekken met plastic ontstaat zuurstofloosheid. De chemische reacties die de zuurstofloze vertering oproept is dodelijk voor het bodemleven.

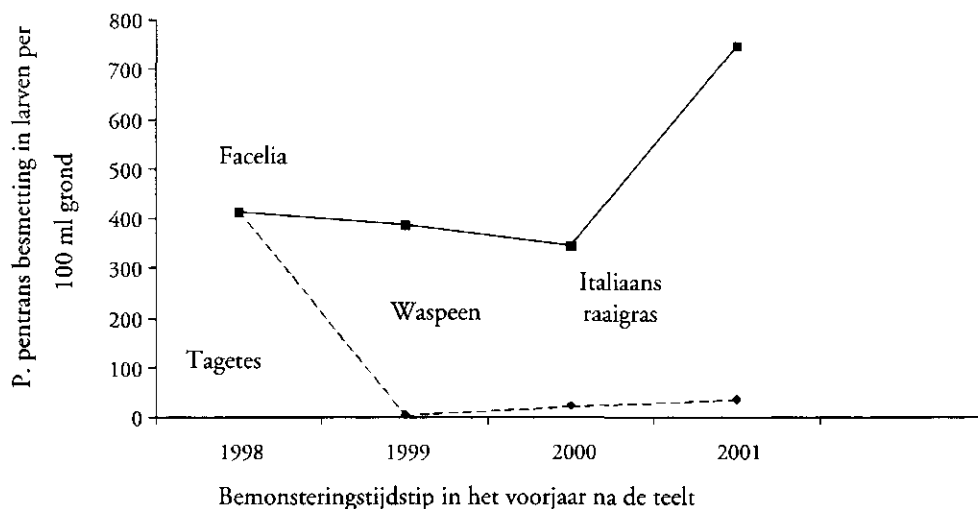
Grotendeels gebaseerd op hetzelfde principe leidt onder water zetten tot aaltjesdoding. De toelaatbaarheid van deze milieuvriendelijke maar bodemleven dodende maatregelen is voor de biologische landbouw in discussie.

Juist voor moeilijke bodemziektenkundige situaties is het wenselijk dat een vangnet als de biologische grondontsmetting tot het beschikbare gereedschap behoort.



Figuur 2. Aaltjesontwikkeling onder klaver tegenover triticale als groenbemester





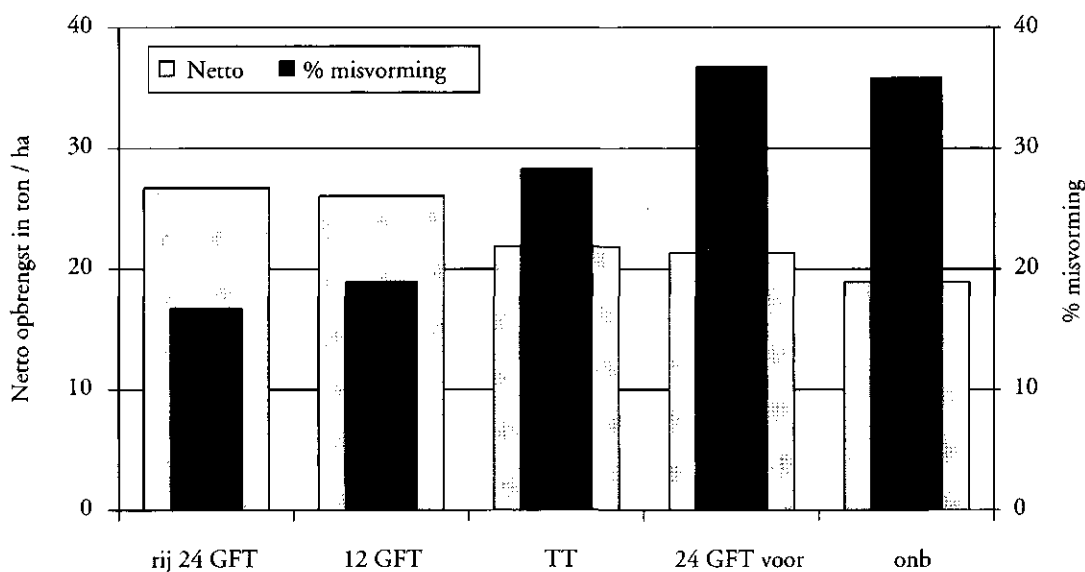
Figuur 3. Verloop van de *Pratylenchus penetrans* populatie na de teelt van Tagetes of Facelia in 1998 tot voorjaar 2001

Andere voorbeelden van breedwerkende maatregelen zijn er niet. Wel zijn er voorbeelden van specifieke maatregelen die tegen één enkele soort of aaltjesfamilie effectief zijn.

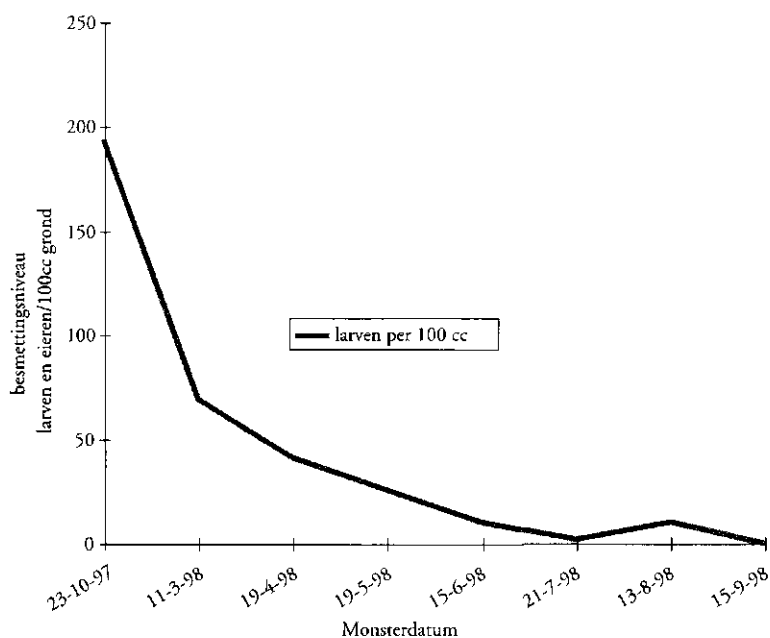
Een bekend voorbeeld is het bestrijdingseffect van *Tagetes patula* (afrikaantje) tegen *Pratylenchus penetrans*. Doordat deze soort tot in de kern van de tageteswortel binnendringt brengt *P. penetrans* een chemische reactie teweeg die dodelijk is voor de binnendringer. Aaltjessoorten die niet zo diep binnendringen of alleen de buitenste cellen aanpakken hebben hier geen last van. *Paratrichodorus teres* vermeerdert zich zelfs sterk op Tagetes zodat bij aanwezigheid van dit aaltje Tagetes niet geteeld moet worden voorafgaand aan de voor dit aaltje gevoelige gewassen. Recent onderzoek toont aan dat Tagetes zo'n effectieve bestrijder is van *P. penetrans* dat één Tagetes teelt afdoende is om een aantal jaren van dit wortelziekaaltje gevrijwaard te blijven (Figuur 3).

In 1998 werden op een met *P. penetrans* besmet perceel een deel van de veldjes ingezaaid met Tagetes en het andere deel met Facelia. Volgens verwachting daalde de besmetting onder Tagetes tot onder aantoonbaar. Ondanks de teelt van goede waardplanten als Waspeen en Italiaans raaigras blijven de besmettingen op de in 1998 met Tagetes beteelde veldjes zeer laag. Een mogelijke verklaring is dat de besmetting door Tagetes zo ver worden verlaagd dat het jaren duurt voordat via natuurlijke vermeerdering de niveaus weer meetbaar zijn.

Op de mariene zandgronden blijkt organische stof een steuntje in de rug bij de beheersing van *Paratrichodorus teres* (figuur 4). Door GFT na het ploegen breedwerpig (12GFT) of in de rij (rij24GFT) over het land uit te brengen gaat de opbrengst en knolkwaliteit omhoog. Tuinturf (TT), of GFT uitgebracht voor het ploegen (24GFTvoor) heeft deze posi-



Figuur 4. Effect van organische stof op opbrengst en kwaliteit van pootaardappelen in geval van een besmetting met *Paratrichodorus teres*



Figuur 5. Natuurlijke sterfte van *Meloidogyne chitwoodi* onder braak

tieve bijwerking niet. Een reductie van het % misvorming van 35% bij onbehandeld (onb) naar 15% waardoor de netto opbrengst 10 ton toeneemt, is een hele verbetering maar niet afdoende om bij zware besmettingen met *P. teres* aardappelen te kunnen telen.

Wortelknobbelaaltjes zetten hun eieren af in eipakketten die slechts kortstondig bescherming bieden.

In tegenstelling tot cysteaaltjes kennen ze geen ruststadia. Ze hebben daarom groeiende planten nodig om op te kunnen overleven. Wanneer er zwart gebraakt wordt zullen de uitgekomen larven geen voedsel vinden en zakt de populatie sterk in (Figuur 5). Verlaten van zaai blijkt daarom voor wortelknobbelaaltjes een mogelijkheid, schade te verminderen.

## 5. Zicht op gezonde teelt

Er is veel aan gelegen meer grip te krijgen op bodemweerstand. LNV richt daarom het gewasbeschermingsonderzoek 2002-2005 in het kader van 'Zicht op gezonde teelt' op het verhogen van de intrinsieke weerstand van de teelten. Onderzoek naar de factoren die bodemweerstand bepalen en de mogelijkheden deze te manipuleren maken daar onderdeel van uit.

Wanneer gerichte stimulering van de bodemfauna mogelijk wordt, vormt het onderdeel van de regulering en bestrijding van plantenparasitaire aaltjessoorten.

Bodemweerstand is op dit moment te onbegrepen om stuurbaar of afroepbaar te zijn. Door de bodemgezondheid kritisch te volgen en planmatig aan te pakken kunnen voorspelbare valkuilen worden vermeden en is er meer zicht op een gezonde teelt dan slechts bij blind vertrouwen op de bodemweerstand alleen

## 6. Literatuur

- Abawi G.S. & T.L. Widmer, 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied soil ecology*; 15 (1): 37-47.
- Blok W., J.G. Lamers, T.C. Coenen, L.P.G. Molendijk, C.P. Slomp & A.J. Termorshuizen. Biologische grondontsmetting ter bestrijding van bodempathogenen. *Gewasbescherming* 4, 72-74.
- Conijn, C.G.M., L.P.G. Molendijk, M. Schepman, A.Th. Koster, A.M.E. Schenk, B. Kroonen-Backbier, F.J. Gommers & H.Brinkman. Afrikaantjes en wortellessieaaltjes: afrikaantjes dodelijk voor wortellessieaaltjes. *Gewasbescherming*, Vol. 27, no. 4, p. 106-110.
- Hartsema, O. & L.P.G. Molendijk, 1998. Integrated control of Trichodorids and spraing disease (tobacco rattle virus) in potatoes. *Nematologica* 44 5; 506-507.
- Heijbroek, W., 1983. Some effect of fungal parasites on the population development of the beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schm.) *Med. Fac. Lanbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent*, 48:2, 433-439.
- Molendijk, L.P.G., 1999. Aaltjes beheersings strategie bewijst zich in de praktijk. *PAV Bulletin Akkerbouw*, oktober p 4-8.

- Molendijk, L.P.G., 2000. Aaltjesmanagement in de akkerbouw. Brochure uitgebracht door kerngroep MJP-G, 36 p.
- Papert A., C.J. Kok & L.P.G. Molendijk. Natural decline of *Meloidogyne fallax* at its type location. *Nematologica* 44 5; p 553.
- Stemerding, S., & K. Kuiper, 1968. Aaltjes in land- en tuinbouw. N.V. Uitgeverij. W.E.J. Tjeenk Willink, Zwolle, 178 pp.

# Het spanningsveld tussen beheren en beheersen van onkruiden op biologische bedrijven

Rommie van der Weide<sup>1</sup>, Bert Lotz<sup>2</sup>, Piet Bleeker<sup>1</sup> & Roel Groeneveld<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

<sup>2</sup> Plant Research International, Wageningen

## 1. Inleiding

Kruiden in gewassen zijn een alternatief voedsel voor sommige gewasbelagers en bezitten soms natuurwaarde. Als onkruiden in gewassen kunnen ze echter opbrengst en kwaliteitsverlies geven en enorme aantalen zaden produceren. Het saneren van veronkruiding duurt meerdere jaren en vereist in biologische teelten grote aantallen uren handwieden.

Er zijn preventieve maatregelen die in hetzelfde seizoen de onkruidbestrijding kunnen vereenvoudigen. Gunstige effecten worden bereikt met planten in plaats van zaaien; het aanpassen van rijafstanden; de keuze van zaaitijdstip en het aanleggen van een vals zaaibed en het afdekken van werktuigen die bij de (vals) zaaibedbereiding worden gebruikt. Voorbeelden van de bijdrage die deze maatregelen opleveren worden gegeven.

In de teelt kan in diverse gewassen onkruid bestreden worden door eggen en of branden, schoffelen en aanaarden. Sinds 1998 is er sprake van een nieuwe innovatiegolf in de apparatuur voor mechanische onkruidbestrijding. Door het gebruik van vingerwieder in plaats van eg kan het aantal resterende uren handwieden met 30 tot 60% worden teruggebracht. Dit is echter nog onvoldoende om de door de overheid gewenste groei in de biologische teelt door te

zetten. Daarom zal op volle kracht doorgewerkt moeten worden aan innovatieve ontwikkelingen en de toepassing daarvan.

De totale tijdsinvestering in handmatig wieden van onkruiden in de Nederlandse biologische landbouw bedroeg in 1998 circa 223.000 uur. (Het meeste handwiedwerk wordt uitgevoerd in de gewassen ui en peen (zie Tabel 1). Als in 2010 het areaal, zoals in de beleidswens geformuleerd is, gegroeid is tot 10% van het totale landbouwareaal en extra handwiedwerk door sanering van herbiciden in de gangbare landbouw geschat wordt op 10 uur per ha, betekent dit een tijdsinvestering van circa 2.880.000 uur per jaar. Dit staat gelijk aan 10 weken werk door 7200 arbeidskrachten (Van der Weide, 2000). Beschikbaarheid en organisatie van zoveel flexibele arbeidsinzet vormt ook nu al een zeer belangrijk knelpunt in de biologische teelt (Lotz *et al.*, 2000).

Verskillende onderzoeken zijn uitgevoerd naar wat biologische telers in Nederland ervaren als belangrijkste onkruidsoorten (Tabel 2). Vogelmuur wordt van de eenjarige onkruidsoorten geprioriteerd als het belangrijkste onkruid of de soort die de meeste inzet noodzakelijk maakt om het te bestrijden. Nader onderzoek toonde aan dat in

Tabel 1. Uren handwieden in biologisch geteelde gewassen (Van der Weide, 2000)

Gewas (groep)	Areaal (ha) in NL in 1998	Handwieden (uren per ha)		
		Flevoland	Landelijk	BIOM
Granen	3000	7	5	12
Aardappel	700	2	7	9
Suikerbiet	340	85	73	82
Peulvruchten	320	25	15	42
Ui	250	110	175	177
Peen	250	115	155	152
Koolsoorten	190	27	30	45
Bladgewassen	64		55	47

het Innovatieproject in Flevoland, gemiddeld over de deelnemende bedrijven, bijna de helft van de inzet in handwieden gericht was op bestrijding van vogelmuur (Vereijken *et al.*, 1998). Tabel 2 laat verder zien dat de verschillende prioriteringslijsten, zowel voor eenjarige als meerjarige soorten, sterke overeenkomst vertonen. Daarbij zijn de verschillen tussen de BIOM-bedrijven (project Biologische Landbouw, Innovatie en Omschakeling, Wijnands *et al.*, 1999) op zand- en kleigrond niet groot.

Ook op de biologische bedrijven in het bedrijfs-systemenonderzoek wordt onkruid veelvuldig als knelpunt genoemd. Meer specifiek is de bestrijding van de éénjarige onkruiden vooral een knelpunt in de rij bij vooral ui, wortel, knolvenkel, suikerbiet en prei. Ook meerjarige onkruiden (naast bovengenoemde ook de akkerkers, akkermunt) veroorzaken de nodige bestrijdingsinspanningen omdat deze moeilijk mechanisch te bestrijden zijn. Ze hebben veel reserves in hun wortelstokken en lopen steeds opnieuw uit. Bij een ernstige besmetting kan het zelfs nodig zijn om geen gewas te telen en het onkruid gedurende een zwarte braakperiode terug te zetten, of een aantal jaren gras of luzerne te telen en regelmatig te maaien.

## 2. Noodzaak voor beheersing

Onkruid kan de opbrengst van het gewas beperken doordat het met het gewas concurreert om de beschikbare hoeveelheid licht, water en voedingsstoffen. De schade die hierdoor ontstaat is sterk afhankelijk van het concurrentievermogen van het gewas. In gangbare wintertarwe teelten bleek dat het niet bestrijden van onkruiden in wintertarwe slechts op iets minder dan de helft van de percelen opbrengstreducties veroorzaakt. Alleen bij hoge dichtheden van vroeg opkomende onkruiden kan de opbrengst van wintertarwe met 20% verminderd worden (Lotz *et al.*, 1990). Naast de granen is ook aardappel een concurrentiekrachtig gewas waar onkruiden slechts beperkt directe concurrentieschade opleveren. In meer open gewassen of met een trage begingroei zoals maïs kan de opbrengstreductie echter oplopen tot 70% (Van der Weide, 1993). Gehele misoogsten in de totaal niet concurrentiekrachtige gewassen als zaaiuien en wortelen kunnen echter ook voorkomen. Verder kunnen onkruiden effect hebben op het microklimaat (meer kans op nachtvorstschade; vochtiger gewas), de oogst bemoeilijken, drogings- en schoningskosten verhogen en de kwaliteit van het geoogste product verminderen. Sommige onkruidsoorten houden ziekten en plagen in stand of geven zelfs een vermeerdering, bijvoorbeeld door als tussenwaard op te treden voor aaltjes.

Tabel 2. Prioritering van onkruidsoorten op basis van subjectieve weging van schadelijkheid van het onkruid en relatieve inzet van bestrijding tegen het onkruid door verschillende groepen van experts (biologische telers uit Flevoland, deelnemers aan BIOM en onderzoekers op het biologische proefbedrijf de Lovinkhoeve). (Lotz *et al.*, 2000)

Flevoland (Vereijken <i>et al.</i> 1998)	BIOM (data F. Wijnands <i>et al.</i> , PAV Lelystad)		Lovinkhoeve, N.O.-polder (data Lotz & Groeneveld)
	Zandgrond	Kleigrond	
<i>Eenjarig</i>			
1 Vogelmuur	Vogelmuur	Vogelmuur	Vogelmuur
2 Straatgras	Melganzevoet	Melganzevoet	Herderstasje
3 Varkensgras	Perzikkruid	Perzikkruid	Perzikkruid
4 Klein kruiskruid	Straatgras	Kamillesoorten	Zwaluw tong
5 Herderstasje	Hanepoot	Straatgras	Klimopereprijs
6 Zwarte nachtschade	Klein kruiskruid	Zwarte nachtschade	Melganzevoet
7 Melganzevoet	Kleine brandnetel	Kleine brandnetel	Straatgras
<i>Meerjarig</i>			
1 Akkermelkdistel	Kweek	Akkerdistel	Akkerdistel
2 Akkerdistel	Ridderzuring	Kweek	Akkermelkdistel
3 Klein hoefblad	Akkerdistel	Akkermelkdistel	Klein hoefblad

Echter, onkruiden spelen niet altijd een negatieve rol. Andere kruiden in gewassen kunnen de aanwezigheid van de natuurlijke belagers van ziekten en plagen bevorderen en een alternatief voedsel zijn voor niet specifieke belagers als slakken, sommige luizen en springstaarten. Zo vonden Häni *(et al., 1990)* circa 40% minder vergelingsziekte in de bieten t.g.v. bevordering van antagonisten bij meer (on)kruiden russen de bieten. In studies naar de populatiebiologie van kleeftkruid door Van der Weide werd gevonden dat kiemplanten van deze soort in een jong graangewas door de slakken geprefereerd werden en in enkele gevallen voor meer dan 90% werden opgegeten. Verder kunnen grondbedekkende kruiden erosie verminderen en hebben bepaalde soorten natuurwaarde. Tenslotte zijn onkruiden een belangrijke voedselbron voor diverse op akkers voorkomende vogelsoorten (Wilson, 2001).

Om goed te kunnen profiteren van de positieve effecten die onkruiden kunnen hebben zou er een bedrijfszekere methode moeten zijn om ze alsnog te bestrijden indien nodig. Immers wanneer soorten in andere teelten in het bouwplan niet beheerst kunnen worden dan zal de zaadproductie van deze onkruidsoorten zoveel mogelijk voorkomen moeten worden. Helaas zijn er behalve het handmatig wieden in de gewas rij geen goede mogelijkheden om grotere onkruiden te verwijderen.

Daarom wordt in de biologische teelt de onkruidbestrijding al gericht op net bovenkomend onkruid.

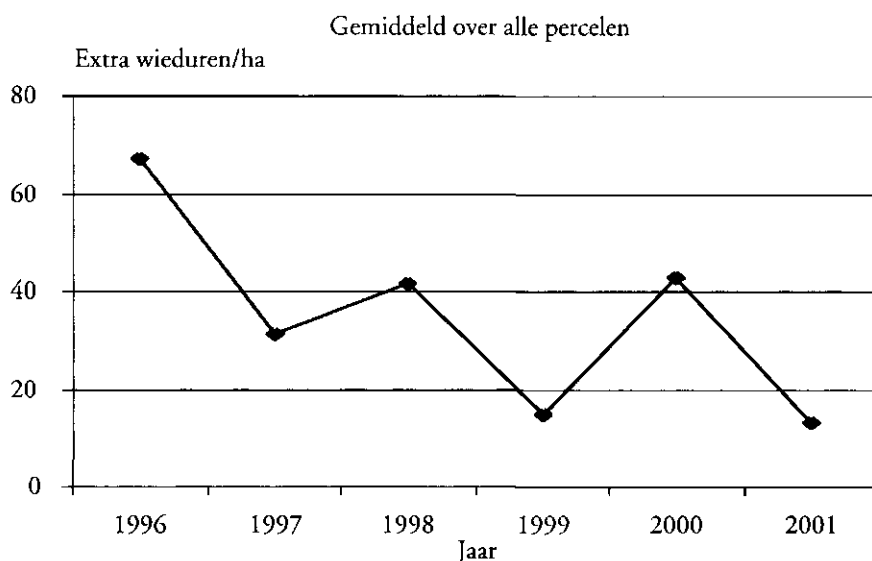
### 3. Preventie over de seizoenen

De éénjarige onkruiden die belangrijk zijn in de biologische teelt, bevatten opvallend veel soorten die in korte tijd zaad produceren (Tabel 3). Er zijn veel soorten die in een groot deel van het jaar kunnen kiemen. Heel belangrijke probleemveroorzakers in biologische teelten zoals vogelmuur en straatgras kunnen behalve dat, ook nog gedurende het hele jaar en in een relatief korte periode zaad produceren. Op de innovatiebedrijven in de Flevopolder werd waargenomen dat de problemen met vogelmuur met name ontstonden door zaadproductie van onopvallende planten in graangewassen, in een openvallende aardappengewas, in de groenbemesters en gedurende braakperiodes (Schotveld & Kloen, 1996)

De zaadproductie van een onkruidplant kan erg aanzienlijk zijn maar varieert enorm met de groeiomstandigheden die de onkruidplant heeft gehad. Zo heeft een volgroeide kleeftkruidplant afhankelijk van in welk gewas en hoeveel later dan het gewas de plant is opgekomen, slechts 5 zaden per plant tot 2000 zaden. De geringste zaadproductie wordt

Tabel 3. Biologische kenmerken van de belangrijkste éénjarige zaadonkruiden in biologische teelten (gegevens verzameld uit Roberts and Feast, 1973; Chancellor, 1986; van den Brand, 1984, 1985, 1986 en 1987; Foskningscenter Flakkebjerg, 1998; Hanf, 1983; Watkinson, 1996; Madsen en Streibig, 1999)

Soort	Max zaadproductie per plant (aantal/plant)	HI (% gewicht in zaad)	Gewicht duizend zaden (g)	Periode opkomst (maandnummers)	Periode zaadzetting (maandnummers)	% afname onkruid zaadvoorraad per jaar
Hanepoot	13.000		1,5	5, 6	7, 8, 9	50
Herderstasje	40.000	10-28	0,1	± jaar	5, 6, 7, 8, 9, 10	27
Kamille	34.000	1-6	0,3	3, 4, 5, 9, 10	7, 8, 9, 10	10
Kleine brandnetel	1.500		0,5	± jaar	7, 8, 9, 10	
Klein kruiskruid	7.000		0,3	± jaar	± jaar	34
Klimopereprijs	300		4,2	± jaar	4, 5, 6	18
Melganzevoet	500.000	22-48	0,7	3, 4, 5, 6	7, 8, 9, 10	11
Perzikkruid	800		2,7	4, 5, 6	7, 8, 9	
Straatgras	500		0,4	± jaar	± jaar	24
Varkensgras	200		2,7	3, 4, 5	7, 8, 9	16
Vogelmuur	15.000		0,6	± jaar	± jaar	26
Zwaluw tong	1.000	52-64	5,0	4, 5, 6	7, 8, 9, 10	
Zwarte nachtschade	330.000		0,8	5, 6, 7	8, 9, 10	37



Figuur 1. Uren extra handwieden op het biologische proefbedrijf De Lovinkhoeve om in speciaal daartoe gemarkeerde proefvelden elke zaadproductie van onkruiden te voorkomen. Het betreft handwieden dat komt bovenop de onkruidbestrijding (inclusief handwieden) die plaatsvindt op het reguliere biologische proefbedrijf

gevonden bij laat opgekomen planten in een concurrentiekrachtig gewas als zomergerst (Van der Weide, 1993). De beste schatting van het risico dat een plant geeft voor veronkruiding is daarom ook te kijken naar de grootte (biomassa) van de onkruiden. Onkruiden kenmerken zich door een relatief hoge investering in zaadproductie. Thompson (*et al.*, 1991) vindt verhoudingen tussen zaadgewicht en plantgewicht (HI, Harvest Index) voor diverse onkruidsoorten tussen de 15 en 45%. Een indicatie van de zaadproductie kan men krijgen met de volgende formule:

Schatting zaadproductie per plant =  
 $1000 * \text{versgewicht plant in gram} * (\text{HI}/100) * \text{fractie droge stof} / \text{drooggewicht duizend zaden in gram}$

Een aantal van de benodigde kengetallen staat in tabel 3. Voor een ruwe schatting voor de meeste soorten geldt: 150 \* versgewicht in gram.

Om problemen met onkruiden in het bouwplan te voorkomen is het belangrijk om zoveel mogelijk te voorkomen dat er een (nieuwe) besmetting optreedt. Dit houdt niet alleen in het proberen te voorkomen van zaadproductie van de onkruiden maar ook zorgen dat deze niet met machines, met zaaizaad of met de mest wordt aangevoerd. Op biologische bedrijven kan met name de aangevoerde vaste mest een bron van besmetting zijn. In stalmest gaan de onkruidzaden alleen dood na een warme compostering. De meeste onkruidsoorten in drijfmest zijn dood wanneer de laatste mest voldoende lang (ca. 4 maanden) in de put zit (Elema & Schepers, 1992).

Een eenmaal opgelopen hoge besmetting met onkruid raakt men niet zo snel weer kwijt. Op de Lovinkhoeve wordt vanaf 1996 onderzocht of het een werkbare strategie is om hand wieden op termijn terug te dringen door het

volkomen voorkomen van nieuwe onkruidzaadproductie (Lotz *et al.*, 2000). Sinds 1996 worden in alle gewassen van de 7 jarige rotatie een tweetal varianten apart geregistreerd: namelijk het aantal handwieden bij normale biologische teelt en het aantal uren dat extra nodig is om echt alle zaadproductie te voorkomen. Al hoewel het benodigde extra aantal uren wel daalt, is de grond na 6 jaar nog altijd niet zo opgeschoond dat er daadwerkelijk minder hand wieden gemaakt kunnen worden (Figuur 1). Opvallend daarbij is dat het aantal extra uren handwieden in 2000 weer steeg. In 2000 viel er relatief veel neerslag in de tweede helft van de maand mei. Dit is de periode waarin er normaliter veel mechanische onkruidbestrijding plaatsvindt, bijvoorbeeld in het gewas suikerbieten. Nadere analyse toont aan dat met name het schoffelen op het biologische bedrijf onvoldoende kon worden uitgevoerd of te weinig effectief bleek te zijn. Dit had ook effect op het te besteden aantal extra uren handwieden om alle zaadproductie te voorkomen: er moesten nu relatief meer planten handmatig verwijderd worden, omdat de bestrijding op het werkelijke bedrijf minder effectief was.

In bouwplanverband is het dus belangrijk om productie van onkruidzaad zoveel mogelijk te voorkomen. Bij de keuze van het bouwplan kan er rekening worden gehouden met de bestrijdingsmogelijkheden. Vaak wordt er gezegd dat maaien hakvruchten elkaar zouden moeten afwisselen. In algemene zin is het ook nuttig om te streven naar verscheidenheid om daarmee de selectie van probleem-onkruiden te voorkomen. Echter veel onkruidvermeerdering ontstaat vaak juist wat ongemerkt in de maaigewassen waar bijna nooit handmatig gewied wordt. De behandeling van de stoppel en de hoofdgrondbewerking is zeker zo belangrijk als de eventuele vruchtopvolging.

Tabel 4. Aantal uren handwieden per hectare resterend na de mechanische bestrijding na zaaien danwel uitplanten in paperpots van uien en bieten (gegevens A. Dekking, PPO-OBS te Nagele)

	Uien		Suikerbieten	
	zaai	plant	zaai	plant
1997	316	83		
1998	255	97		
1999	65	26	108	20
2000	96	30	32	18
2001			128	45

Soms wordt met een relatief vroege oogst een deel van het onkruidzaad met de maaidorser danwel het stro afgevoerd. Indien het onkruidzaad zolang mogelijk op het grondoppervlak kan blijven liggen in een stoppelgewas als bladramenas of tussen de suikerbieten, treden de grootste verliezen (tot 80% per 2 wekelijkse periode) hierin op door muizenvraat (mondellinge mededeling P. Westerman, Wageningen UR).

In Amerika werd in de biologische teelt goede ervaringen opgedaan met het inwerken van mengsels van specifieke groenbemesting gewassen die een antagonistische werking hebben tegen onkruidkieming en groei (Liebmann & Davies, 2000).

Een goed kerende hoofd grondbewerking is verder heel belangrijk (Hoogerkamp & Strijkers, 1990). Uit de 'non tillage' landbouw is bekend dat met name de grasachtige onkruiden hier enorm door toenemen en zelfs onbeheersbaar kunnen worden. Met een goed kerende ploegbewerking worden veel zaden begraven op diepten waar ze niet kunnen opkomen. Natuurlijk kunnen ook zadenrijke bodemlagen van een jaar met veronkruiding weer naar boven worden gehaald. Het lijkt zinnig om eventuele mislukkingen bij de onkruidbestrijding te registreren en te saneren door te spelen met ploegdiepte en gewaskeuze die past bij de te verwachten problemen.

#### 4. Preventie binnen het seizoen

Preventieve maatregelen die binnen een seizoen genomen kunnen worden om de onkruidbeheersing te vergemakkelijken hebben betrekking op:

- planten in plaats van zaaien;
- aanpassing van plantdichtheid en rijafstand;
- de timing en soort zaaibedbereiding;
- het tijdstip van zaai of planten;
- voorkiemen van pootgoed;
- mengteelten,
- het afdekken van de grond,
- de keuze voor concurrentiekrachtige rassen (snelle begingroei; veel blad en/of hoog).

Met planten in plaats van zaaien werd in het bedrijfssystemenonderzoek ervaring opgedaan met suikerbieten en met uien. Door het gewas in paperpots uit te planten kan in verhouding veel sneller begonnen worden met de mechanische onkruidbestrijding. Dit scheelde aanzienlijk in de resterende uren handwieden (zie tabel 4). Het planten kost echter ook veel (ca. € 1500,- bij bieten tot ca. € 3630,- bij zaauien) (Dekking, 1999 en Verstegen, 2000).

Het resultaat van de mechanische onkruidbestrijding kan soms aanzienlijk verbeterd worden indien de dichtheid in de rij en de rijafstand vergroot wordt. Om de onkruidzaadproductie in granen verder te reduceren, zaait men op de OBS zomergest op 25 cm rijafstand. Bij granen op 25 cm kan er ook tussen de rijen geschoffeld worden. Deze grotere rijafstand kost 2 à 3 procent opbrengst. Ook sommige graszaadsoorten (Borm, 1999 en Floot & Borm, 1998) en erwten (Van der Weide *et al.*, 1993) kunnen op afstanden geteeld worden waarbij schoffelen mogelijk is zonder noemenswaardige opbrengstconsequenties.

Met het maken van een vals zaaibed en ook door de keuze van werktuig en het afdekken van de werktuigen, zijn er goede mogelijkheden om de onkruiddruk in een gewas te verlagen (zie Tabel 5). Het vals zaaibed moet wel aangelegd worden in een periode dat de onkruiden goed willen kiemen en zo lang zijn dat de onkruiden ook echt gekiemd en opgekomen zijn. In de praktijk blijkt dat vooral mogelijk te zijn voorafgaand aan de teelt van de wat later gezaaide of geplante gewassen zoals, maïs, stamslabonen en ijssla (Bleeker & Van der Weide, 2001; Van der Weide *et al.*, 2001).

Ook het zaai- of planttijdstip van het gewas is belangrijk voor een effectieve onkruidbeheersing. Wanneer de wintertarwe relatief laat gezaaid wordt (na 1 november) is de duist en kamille in het vroege voorjaar vaak nog zo klein dat ze met (intensief) eggen weg te krijgen is. Na vroege zaai is dit veel moeilijker (Van der Weide *et al.*, 1993). In de vroege conservenerwten teelten zijn er meestal geen problemen met de relatief laat kiemende zwarte



Tabel 5. Het effect van een vals zaai-bed en de werktuigen wel of niet afgedekt waarmee het gekiemde onkruid op het valse zaai-bed wordt opgeruimd op de (relatieve) onkruidbezetting (gegevens PPO Lelystad).

Vals zaai-bed	Opruimen met	Afdekken	% reductie aantal onkruiden*		
			1999	2000	2001
Nee	Rotorkoep	Nee	0 (28,0) <sup>1</sup>	0 (52,5) <sup>1</sup>	0 (45,5) <sup>1</sup>
		Ja		63	69
4 weken	Glycofosfaat	Nee	69	68	74
		Rotorkoep	Nee	44	60
		Ja	74	73	81
	Schoffelen	Nee	74	53	85
		Ja		71	91

\* relatief t.o.v. plantbedbereiding zonder vals zaai-bed

<sup>1</sup> aantal onkruiden per m<sup>2</sup> circa 6 weken na bereiding echte zaai-/plantbed

nachtschade. Bij de latere teelten veroorzaken de giftige bessen van deze soort onoverkomelijke problemen. Wanneer de maïs relatief laat gezaaid wordt (half mei) is een volledig mechanische bestrijding beter haalbaar. Het aantal bewerkingen wordt met ca. 25 % gereduceerd en het uiteindelijke bestrijdingsresultaat voor handmatig wieden is beter. Bij gebruik van vroege maïsrassen heeft dit verder geen consequentie voor de opbrengst. (Weide *et al.*, 2001).

Voorgekiemde aardappelen hebben het veld circa 2 weken eerder dicht. Dit scheelt minimaal één mechanische bewerking. In combinatie met laat aanfrezen kan soms verdere mechanische bestrijding in het gewas dan verder helemaal achterwege blijven.

Ook met mengteelten kan onkruid in een gewas verder onderdrukt worden. Praktisch uitvoerbare mengteelten zijn echter moeilijk te vinden. Onder Zwitserse omstandigheden werden goed ervaringen opgedaan met een mengteelt van prei en bleekselderij. De periode waarin het onkruid mechanisch bestreden moest worden, kon met 10 dagen (1 tot 2 bewerkingen) bekort worden (Baumann, 2001).

Er zijn goede mogelijkheden om onkruiden tegen te gaan door de grond te bedekken, o.a. met het product Asolfil® (Kempenaar *et al.*, 2000). Hoewel dit vooral werkt voordat de eenjarige zaadonkruiden opgekomen zijn, kan dit ook aanzienlijke onderdrukking van meerjarige onkruiden zoals de akkerkers (kiek) geven. Op moment van schrijven is toepassing van het product nog aanmerkelijk duurder dan de meest voorkomende onkruidbestrijdingsmethoden in de biologische akkerbouw en vollegronds groenteteelt. Onderzoek met het doel de toepassing goedkoper te maken en om (positieve) nevenwerkingen vast te stellen is gestart. Ook moet nog duidelijkheid komen over het feit of een product als Asolfil® past in een teelt onder het EKO-label. Bodembedekking met stro of met niet afbreekbaar plastic is

wel toegestaan en wordt wel toegepast in de aardbeien en preiteelt.

Over de mogelijkheden voor een betere onkruidpreventie middels raskeuze is er beperkt voor de Nederlandse praktijk relevante kennis, bijvoorbeeld voor suikerbieten (Lotz *et al.*, 1991). Veelal zijn de ziekteresistenties en wensen van de afnemers echter doorslaggevend voor de raskeuze op biologische bedrijven.

## 5. Bestrijdingsmogelijkheden in de teelt

De afgelopen jaren is in diverse gewassen en in bedrijfsverband onderzocht welke mechanische en fysische apparatuur gebruikt kan worden, in hoeverre dat consequenties had voor de opbrengst en kwaliteit van het gewas en welk bestrijdingsresultaat dat had (Van der Weide *et al.*, 1993; Van der Weide *et al.*, 1995; Riensema, 1997; Bleeker, 1999 en 2000; Hammink, 2000; de Jager, 2001; Bleeker *et al.*, 2001).

De bestrijding van onkruiden in biologische teelten bestaat meestal uit:

- opruimen van alle bovenstaand onkruid tot zo kort mogelijk voor de opkomst of planten van het gewas door eggen (in o.a. maïs, peulvruchten, geplante groenten); verlaat aanaarden (aardappelen) en branden (in o.a. uien, witlof en wortelen);
- in de gewas rij eggen tegen klein onkruid zodra het gewas de egbewerking zonder al te grote plantverliezen kan doorstaan (aardappelen, granen en maïs met aangepaste instelling en snelheid direct na opkomst al mogelijk; geplante gewassen zodra de planten vast staan; suikerbieten vanaf 4 echte blaadjes);

Tabel 6. Percentage onkruidbestrijding na gebruik van verschillende machines in ijsbergsla en prei (PPO gegevens gemiddeld over 1998 en 1999 verzameld in Horst en in Lelystad)

	Ijsbergsla		Prei	
	Klei	Zand	Klei	Zand
Schoffel en eggen	73*	92	84	90
Schoffel met vingerwieder	88	97	90	93
Schoffel met torsiewieder	86	86	88	92
Chemisch	63	96	96	99

\* in 1998 was eggen niet mogelijk en werd alleen geschoffeld

- tussen de rijen schoffelen indien de rijafstand voldoende groot is;
- in de gewasrij (licht) aanaarden zodra het gewas voldoende formaat heeft om niet bedekt te raken (aardappel, suikerbiet, spruitkool, peulvruchten, prei en winterpeen);
- handmatig bestrijden van ontsnappende onkruiden in de gewasrij.

Het zoeken van de meest optimale instelling van de machines is erg belangrijk voor het verkrijgen van het beste resultaat. Met name bij de eg vraagt dit veel kennis (Van der Weide & Kurstjens, 1996). De eg werkt op de kleigrond in verhouding wat minder goed dan op zandgrond. Echter ook de gewassen staan op de kleigrond wat vaster, zodat er wat agressiever ingesteld kan worden. Omdat eggen alleen goed effectief is op onkruid kiemplanten, is het belangrijk dat er tijdig geëgd wordt. Het weer kan hier flink roet in het eten gooien, waardoor dit één van de belangrijkste oorzaken is van de grote verschillen in resterend handwied werk tussen de jaren. Na gebruik van eg en schoffel (niet na aanaarden) kan verder in bepaalde situaties gedurende enkele dagen na de bewerking meer risico op nachtvorstschade gelopen worden, doordat de losse bovenlaag isolerend werkt en voldoende uitstraling gedurende de nacht belemmert (Van der Weide *et al.*, 1997). In een deel van de groentegewassen

en andere kleinere gewassen zijn de (on)mogelijkheden van de eg nog onvoldoende in kaart gebracht.

Sinds 1998 heeft het onderzoek zich vooral gericht op de mogelijkheden van een aantal nieuwe machines die bruikbaar zijn voor de onkruidbestrijding in de rij. De vingerwieder en de torsiewieder (Foto 1) wordt naast de schoffel gebruikt met het doel om de onkruiden in de gewas rij mee te nemen. Nadeel hiervan is dat een precieze besturing tussen de gewasrijen nodig is en dat vaak langzamer gereden dient te worden. Beide machines hebben het voordeel boven de eg dat ze vanaf de zijkant onder de bladmassa van het gewas door werken. Hierdoor treedt minder beschadiging op en kunnen deze machines soms zelfs nog eerder gebruikt worden dan eggen. De vingerwieder heeft daarbij het voordeel dat het ook onkruiden uit de gewas rij kan verplaatsen. De torsiewieder is een in verhouding goedkope uitbreiding om op de schoffelbalk te monteren. Door gebruik van met name de vingerwieder bleek de onkruidbestrijding in sla en prei verder te verbeteren (zie Tabel 6). Naar de laatste inzichten kan door gebruik van de vingerwieder (Foto 2) in plaats van de eg het aantal resterend uren handwieden met 30 tot 60 % (afhankelijk van gewas) worden teruggebracht.

Tabel 7. Mogelijkheden voor de verbetering van de mechanische bestrijding van de onkruiden in de rij bij zaauien (gegevens PPO Lelystad)

	Resterend aantal uren handwieden per hectare		opbrengst uien in ton per hectare	
	2000	2001	2000	2001
Schoffelen	177	33	94	64
Schoffelen met kleine vingerwieder	73	24	89	60
Schoffelen met grote vingerwieder	47	18	90	62
Schoffelen met vingerborstelwieder		24		62
Schoffelen met torsiewieder	98		89	
Schoffelen met rotorwieder		11		61
Chemisch	30	14	89	65

Vanaf 2000 zijn er meer fabrikanten van vingerwieders en zijn er diverse (proef)modellen van aangepaste vingerwieder die onderzocht worden op hun bruikbaarheid bij smallere rijafstanden (Bleeker *et al.*, 2001 en zie Tabel 7) en in de bloembollenteelt (Koster *et al.*, 2001). Verder zijn er in 2001 wederom twee nieuwe machines voor onkruidbestrijding bijgekomen: de aangedreven eg naar een idee van Vollenberg door Christiaans op de markt gebracht en de rotorwieder ontwikkeld (Foto 3) door Cuppen en door Steketee geproduceerd. De rotorwieder zou met name op kleigrond een betere indringing en werking kunnen geven. De aangedreven eg (Foto 4) werkt beduidend agressiever tegen het onkruid. Ook van deze beide nieuwe machines zal in kaart gebracht moeten worden in hoeverre de verschillende gewassen in verschillende groeistadia hier tegen kunnen en wat de extra bijdrage in de onkruidbestrijding is.

Naast de recente ontwikkelingen in de mechanische onkruidbestrijding is er ook innovatie op het terrein van het afbranden. Er zijn perspectieven die nader onderzoek verdienen, om in de uien en in het witlof ook in een ouder gewas stadium te branden.

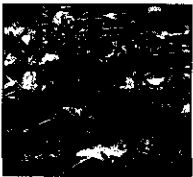


Foto 1. Torsiewieder boven de suikerbiet  
(werkend dan met de uiteinden 1-2 cm  
door de grond)



Foto 2. Twee type vingerwieders in de aardappelen

## 6. Conclusie

Onderzoek, innovaties en de toepassing daarvan om onkruid op biologische bedrijven te beheersen werpen reeds vruchten af. Om te voorkomen dat de door de overheid gewenste groei in de biologische teelt strandt op een hoge arbeidsbehoefte en economische danwel technische onmogelijkheden, moet echter op volle kracht doorgewerkt worden aan verdere innovatie in preventie en bestrijding van onkruiden.



Foto 3. Rotorwieder in actie in maïs

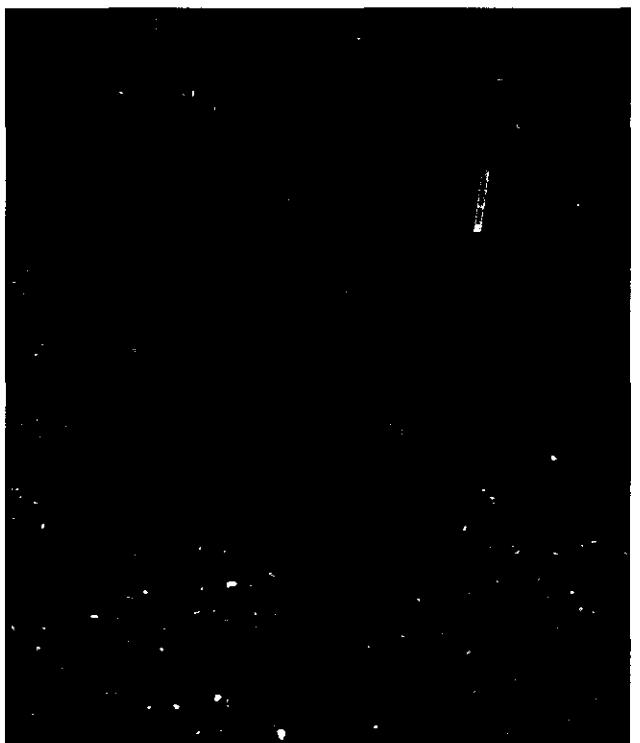


Foto 4. De aangedreven eg in actie in de maïs

## 6. Literatuur

- Baumann, D.T. 2001. Competitive suppression of weeds in a leek-celery intercropping system. Proefschrift Wageningen universiteit, Nederland, 190 pp.
- Bleeker, P.O. 1999. Mechanische onkruidbestrijders op een rij. *Boerderij/akkerbouw* 84, 15 juni, p. 20-21 AK
- Bleeker, P.O. & R.Y. van der Weide 2001. Vals zaaibed vermindert onkruiddruk goed. *Ekoland* 2001 p. 22-23.
- Bleeker, P.O. 2000. Mechanische onkruidbestrijding rukt snel op. *Groenten en fruit/ vollegrondsgroenten* p. 22-23.
- Bleeker, P.O., R. van der Weide & D. Kurstjens. 2001. Mechanische onkruidbestrijding óók in de rij. *Oogst tuinbouw* 4 mei, 2 pp.
- Borm, G.E.L., 1999. Zaaiteelt van Engels raaigras op kleigrond zonder herbiciden alleen op onkruidarme percelen verantwoord. *PAV-bulletin*, p.18-24.
- Chancellor, R.J., 1986. Decline of arbale weed seeds during 20 years in soil under grass and the periodicity of seedling emergence after cultivation. *Journal of applied ecology* 23, p. 631-637.
- De Jager, M., 2001. Supermarkt dwingt teler tot uitgekemde onkruidbestrijding. *Oogstplus landbouw* 6 april p. 10-11.
- Dekking, A., 1999. Planten zaaiuien brengt alleen onder optimale omstandigheden meer op. *Ekoland* 2, p. 18-19.
- Elema, A.G. & P.C. Scheepens, 1992. Verspreiding van onkruiden en plantenziekten met dierlijke mest: een risicoanalyse. Publikatie PAGV nr. 62, 76 pp.
- Floot, H.W.G & G.E.L. Borm, 1998. Invloed van rijafstand en onkruidbestrijding (westerwolds raaigras) *PAV- bulletin akkerbouw*, p. 34-36.
- Foskningscenter Flakkebjerg, 1998. *Ukrudtsbekaempelse i Landbruget*, 288 pp.
- Hammink, H., 2000. Schoon gewas zonder chemische hulp. *Boerderij/akkerbouw* 85/7, p. 4-6
- Häni, A., H.U. Ammon & S. Keller, 1990. Vom Nutzen der Unkrauter. *Landwirtschaft Schweiz* 3(4), p. 217-221
- Hanf, M., 1983. The arable weeds of Europe with their seedlings and seeds. *BASF Ludwigshafen*, 494 pp.
- Hoogerkamp, M. & J. Stryckers, 1990. *Handboek onkruidkunde*. Pudoc Wageningen, 234 pp.
- Kempenaar C., R.M.W. Groeneveld & L.A.P. Lotz, 2000. Toepassing van ASOLFIL® in land- en tuinbouw. Samenvattende rapportage teeltseizoen 2000. Nota 79. *Plant Research International, Wageningen UR*. 16 pp. + bijlage.
- Koster, A.T.J., L.J. van der Meer, J.E. Jansma & J.A.A. van Zuilichem, 2001. Grondafdekking en aangepaste vingerwieder mogelijke alternatieven. *Bloembolcultuur* nr 4, p. 38-39.
- Liebman, M. & Davis, A.S., 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research* 40: 27-47.
- Lotz L.A.P., R.M.W. Groeneveld & N.A.M.A. de Groot, 1991. Potential for reducing herbicideinputs in sugar beet by selecting early closing cultivars. *Brighton Crop Protection Conference - Weeds*, 3, pp 1241-1248.
- Lotz, L.A.P., M.J. Kropff & R.M.W. Groeneveld, 1990. Modelling weed competition and yield losses to study the effect of omission of herbicides in winter wheat. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38, p. 711-718.
- Lotz, L.A.P., R.M.W. Groeneveld & C. Kempenaar, 2000. Onkruidbeheersing als knelpunt in de biologische landbouw. *Gewasbescherming* 32/6, p. 157-160.
- Lotz, L.A.P., R.M.W. Groeneveld & J. Davies, 2000. Is zaadvoorraad onkruid uit te putten? *Onderzoek naar onkruidbeheersing met minder arbeid*. *Ekoland* 7/8 p. 24-25.
- Madsen, K.H. & J.C. Streibig, 1999. Modelling herbicide use in genetically modified herbicide resistant crops – 2, Danish Environmental protection agency: Environmental project 450
- Riensema, E., 1997. Mechanische onkruidbestrijding op bedrijfs- en gewasniveau onderzocht. *Ekoland* 3, p. 11-12.
- Roberts, H.A. & P.M. Feast, 1973. Changes in the number of viable weed seeds in soil under different regimes. *Weed research* 13, p. 298-303.
- Thompson, B.K., J. Weiner & S.I. Warwick, 1991. Size- dependent reproductive output in agroecological weeds. *Canadian Journal Botany* 69, p.442-446.
- Schotveld, E. & H. Kloen, 1996. Onkruidbeheersing in een multifunctionele vruchtwisseling. *Rapport 74 van AB-DLO, Wageningen*, 30 pp. + 5 bijlagen.
- Vereijken P.H., R.P. Visser & H. Kloen, 1998. Innovatie van de EKO-akkerbouw en groenteteelt met 10 voorhoedebedrijven (1991-1997). *DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek*. Rapport 88, AB-DLO.
- Verstegen, H., 2000. Biologische suikerbieten. *Plantafstanden paperpots vergeleken*. *Ekoland* 1, p. 10-11.
- Van den Brand, W.G.M., 1984. Biologie en ecologie van kleeftkruid (*Galium aparine*) *PAGV verslag* nr 19, 32 p.
- Van den Brand, W.G.M., 1985. Biologie en ecologie van melganzevoet (*Chenopodium album*) *PAGV verslag* nr 47, 33 pp.

- Van den Brand, W.G.M., 1985. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (*Solanum nigrum*) PAGV verslag nr. 35, 29 pp.
- Van den Brand, W.G.M., 1986. Biologie en ecologie van hanepoot (*Echinochloa crus-galli*) PAGV verslag nr. 52, 47 pp.
- Van den Brand, W.G.M., 1986. Opkomstperiodiciteit bij veertig eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele daarmee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. PAGV verslag nr. 53, 79 pp.
- Van den Brand, W.G.M., 1987 Biologie en ecologie van vogelmuur (*Stellaria media*) PAGV verslag nr. 69, 49 pp.
- Van der Weide, R.Y., 1993. Population dynamics and population control of *Galium aparine* L. proefschrift Wageningen Universiteit, 141 pp.
- Van der Weide, R.Y., P.M. Spoorenberg & H.K.J. Bosch, 1993. Themadag Duurzame onkruidbestrijding, PAGV themaboekje 15, 107 pp.
- Van der Weide, R.Y., D.A. van der Schans, A.T. Krikke & H. Liefjijn, 1995. Schone maïs met minder onkruidbestrijdingsmiddelen. PAGV themaboekje nr 19, p. 38-48
- Van der Weide, R.Y. & D. Kurstjens, 1996. Eginstelling en selectiviteit. Ekoland 16/4, p. 14-15.
- Van der Weide, R.Y., E. Bouma en K.H. Wijnholds, 1997. Vorstgevaar valt mee: Mechanisch onkruid bestrijden niet per sé riskant Boerderij/akkerbouw 8, p. 29-ak
- Van der Weide, R.Y., 2000. Herbicidenvrije teelt, illusie of realiteit? Workshop Duurzame vollegrondsgroenteteelt. PAV themaboekje 23, pagina's 46-49.
- Van der Weide, R.Y., M.G. van Zeeland & P.O. Bleeker, 2001. Onkruidbestrijding in maïs: laat zaaien en vals zaaibed als aanvulling. PPO bulletin Akkerbouw, p. 16-19.
- Watkinson, A.K., 1996. Plant population dynamics in Plant Ecology van M.J. Crawley (Eds.), Blackwell, 736 pp.
- Wijnands, E.G., J. Holwerda & H. Kloen, 1999. BIOM sluit goed aan op wensen biologische ondernemers. Ekoland 5, p. 22-23.
- Wilson, J.D., 2001. Weeds as a food resource for farmland birds: what, where and how many should we leave? British Crop Protection Conference, Brighton, p. 391-398.

**Bemesting**

# Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven

Jaap Schröder<sup>1</sup> & Wiepie van Leeuwen-Haagsma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Plant Research International, Wageningen

<sup>2</sup>Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

## Samenvatting

Landbouwkundige en milieukundige duurzaamheid hangen af van evenwichtige stoffenbalansen binnen en tussen bedrijven. Hieraan valt ook op biologische bedrijven nog veel te verbeteren. Bodemleven en bodemstructuur zijn daarbij middelen die aandacht verdienen om (het begrip van) de benutting van inputs te verhogen, maar zijn op zichzelf geen einddoelen. Bemestingsregiems gericht op een zo groot mogelijke bodemvruchtbaarheid, veel bodemleven, een hoog organische stofgehalte en een zo goed mogelijke structuur, leiden namelijk niet zonder meer tot de grootste benutting of de geringste verliezen. Een hoge benutting en een gering verlies zijn nu juist wel impliciete intenties van biologische landbouw en verdienen daarom volop aandacht. De biologische landbouw zou niet moeten aarzelen om daarbij mede te putten uit gangbare ervaringen, tenzij aannemelijk is gemaakt dat processen daar betekenisvol anders verlopen. Aannemende dat de wet van behoud van massa overal geldig is, is een reductie van de mineralenaanvoer vaak bijzonder effectief voor het beperken van verliezen naar het milieu. Om zo'n reductie niet gepaard te laten gaan met grote opbrengstverliezen, moet de benutting van de aangevoerde mineralen drastisch stijgen.

## 1. Inleiding

Biologische akkerbouwers en tuinders hebben hun handen vol om te voldoen aan allerlei wet- en regelgeving, nu en in de nabije toekomst. Daarbij valt te denken aan de EU-gebruiksnorm voor dierlijke mest van 170 kg N per ha per jaar, aan strengere eisen ten aanzien van de biologische herkomst van mest en aan de voorziene aanscherping van de MINAS-verliesnormen. In die hectiek is het verleidelijk te kiezen voor korte-termijn oplossingen. Dat soort oplossingen worden echter niet zelden vroeg of laat door nieuwe werkelijkheden ingehaald. De navolgende bijdrage beoogt daarom niet alleen oplossingen te schetsen waarmee de huidige groep biologische akkerbouwers en tuinders weer even uit de voeten kan, maar vooral oplossingen te benoemen waarmee de biologische landbouw als geheel langere tijd vooruit kan. Daarbij wordt teruggerepen op de intenties van de biologische landbouw. Deze laten zich samenvatten

in de termen 'gezond en veilig', 'natuurlijk', 'duurzaam', 'milieuvriendelijk' en 'integer'. Schröder *et al.*, (2002a) werkten deze termen elders in deze publicatie uit. Daarbij bleek dat het lastig is om geschikte maatstaven te ontwikkelen om te beoordelen of daadwerkelijk invulling gegeven wordt aan de intenties. Dat geldt niet in het minst ook voor de manier waarop tegen bodem en bemesting kan en moet worden aangekeken. Hoe geef je invulling aan het streven naar een geringe milieubelasting, bevordering van bodemvruchtbaarheid en het sluiten van kringlopen?

Veel biologische akkerbouwer en tuinders focussen zich op bodem en gewas; mest is daarbij het vertrekpunt en marktbaar gewas het eindpunt. Stikstof (N) en fosfaat ( $P_2O_5$ ) zijn in die optiek, al dan niet na tussenkomst van bodemmatrix en bodemleven, nodig voor bladvorming. Een tijdige bladvorming op haar berut bepaalt de lichtonderschepping en daarmee de opbrengst. Zo'n benadering kan uit het oog verliezen dat landbouwsystemen alleen dan duurzaam zijn als de aan- en afvoer van mineralen op termijn in evenwicht is, de aanvoer van buiten het bedrijf van vernieuwbare bronnen afkomstig is en de afvoer naar het milieu beneden aanvaardbare drempels ligt. Daarnaast is aandacht nodig voor het feit dat de schakels bodem en gewas, en in verband daarmee de voorziening met N en ( $P_2O_5$ ) deel uitmaken van een grotere kringloop: gewas-voet-dier-mest-mestbewaring-bodem-gewas.

Deze bijdrage staat daarom om te beginnen stil bij evenwichtige mineralenbalansen met als conclusie dat met name het gebruik van N meer aandacht verdient. Vervolgens worden globale suggesties voor zuinig N gebruik gegeven. Daarbij wordt verwezen naar andere bijdragen die ingaan op de details hiervan. Tenslotte wordt ingegaan op mineralenstromen tussen biologische sectoren.

## 2. In balans

### 2.1. De ene balans is de andere niet

De biologische landbouw heeft de intentie de aan- en afvoer van mineralen in evenwicht te laten zijn. Minder aanvoeren dan afvoeren leidt op termijn namelijk tot uitputting van de bodem, meer aanvoeren dan afvoeren kan de omgeving ontoelaatbaar belasten. Om te beoordelen of van dat evenwicht sprake is moeten balansberekeningen worden uitge-

## Wat komt er kijken bij balansberekeningen?

Analyses van de aan- en afvoer van mineralen kunnen op het nivo van de percelen of op het nivo van het gehele bedrijf worden uitgevoerd. In het eerste geval is sprake van een bodembalans, in het tweede geval van een bedrijfsbalans. De bodembalans is met name gericht op een analyse van de bodembelasting met als voornaamste aanvoerpost de meststoffen en als voornaamste afvoerpost de, al dan niet via vee, afgevoerde gewassen. In een bedrijfsbalans worden de binnen het bedrijf geproduceerde mest en de gegeten gewassen als interne stromen gezien en vervolgens buiten de analyse gelaten. In die balans zijn geïmporteerde meststoffen en voeders en geëxporteerde landbouwproducten de voornaamste balanstermen (Tabel 1).

Het is niet altijd duidelijk of een term in de balans moet worden opgenomen en, zo ja, of die term tot de afvoerposten of tot het overschot gerekend moet worden. In een evenwichtssituatie, bijvoorbeeld, zal het vrijkomen van stikstof uit organische materiaal in de bodem (mineralisatie) op jaar- en rotatiebasis in evenwicht zijn met de jaarlijkse vastlegging (immobilisatie) in de vorm van gewasresten en bodemleven. In dat geval is opname in de balans op zichzelf niet nodig.

De positionering van termen op een balans hangt sterk af van het doel van de balans. Voor een juist beeld van de bodembelasting moeten gasvormige verliezen tot de afvoerposten gerekend worden, voor een juist beeld van de totale milieubelasting moet deze term liever deel uit

Tabel 1. Stikstofbalansen: bodembalans, complete bedrijfsbalans en MINAS balans

		Bodembalans	Bedrijfsbalans	
			Compleet	MINAS
Aanvoer	Geïmporteerde organische mest	x	x	x
	Binnen bedrijf geproduceerde organische mest	x		
	Geïmporteerde voeders		x	x
	Geïmporteerde dieren		x	x
	Geïmporteerde zaaizaad en pootgoed	x	x	x
	Kusntmest	x	x	x
	Biologische N-binding	x	x	(x) <sup>1</sup>
	Atmosferische depositie	x	x	
	Mineralisatie	x	x	(x) <sup>2</sup>
	Sedimentatie	x	x	
Afvoer	Geëxporteerde organische mest	x	x	x
	Geëxporteerde dieren, melk, wol, eieren, etc		x	x
	Geëxporteerde gewassen	x	x	x <sup>3</sup>
	Binnen bedrijf verwerkte gewassen	x		
	Gasvormige verliezen uit stal en opslag en bij beweiding	x		x <sup>4</sup>
	Gasvormige verliezen tijdens mesttoediening	x		
	Immobilisatie	x	x	
	Erosie	x	x	



Tabel 1. Vervolg

Surplus	Gasvormige verliezen uit stal en opslag en bij beweiding		x	
	Gasvormige verliezen tijdens mesttoediening		x	x
	Voorraadswijzigingen <sup>5</sup>	x	x	
	Ophoping / uitmijning	x		x
	Niet-oppervlakkige denitrificatie	x	x	x
	Uitspoeling	x	x	x
	+/- correctie voor tekorten en systematische fouten			x

<sup>1</sup> in studie voor akkerbouwmatig geteelde vlinderbloemigen (Velthof *et al.*, 2000. Van der Burgt, 2001)

<sup>2</sup> in studie voor grasland op veengrond (Velthof *et al.*, 2000)

<sup>3</sup> forfaitair 165 kg N per ha per jaar voor alle akkerbouwgewassen

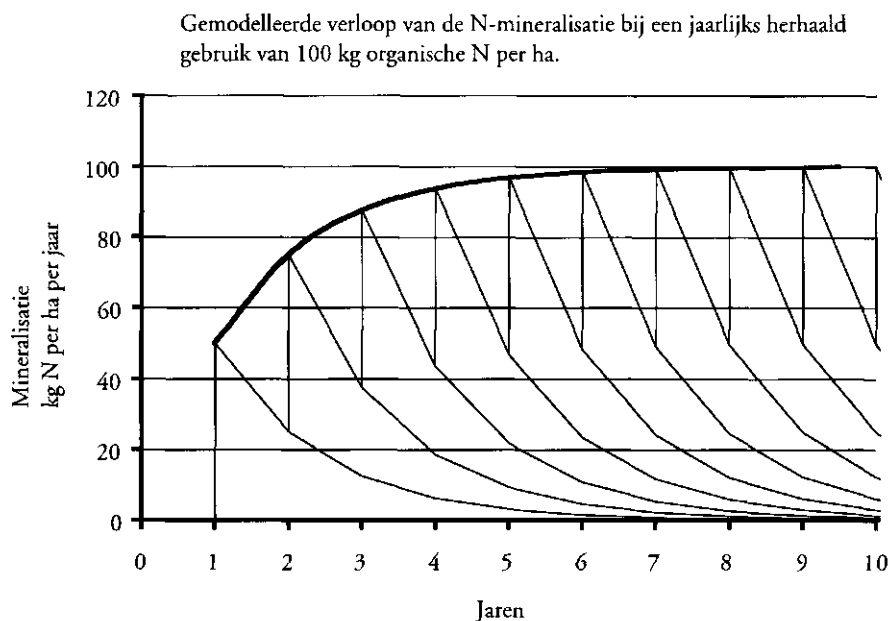
<sup>4</sup> geschat op basis van dierdichtheid en grasland/bouwland verhouding (Anonymus, 1997)

<sup>5</sup> wijzigingen van N voorraad in veestapel (bodembalans) of op erf (mest, voeders, dieren, uitgangsmateriaal, meststoffen) en bodem (bedrijfsbalans)

maken van het overschot. Als het doel is de actuele uitspoelingsrisico's te bepalen hoort ook de tijdelijke vastlegging (bijvoorbeeld van bedrijven die recent zijn overgestapt op organische bemesting) bij de afvoerposten te worden opgenomen. Aandacht voor de compleetheid en opbouw van balansen is cruciaal, met name bij vergelijking van bedrijfssystemen of bedrijven onderling. Daarnaast biedt een balans duidelijker aanknopingspunten voor het verlagen van verliezen naarmate de balans completer is (Schröder *et al.*, 2002b).

MINAS is een sterk vereenvoudigde balans. In MINAS ontbreken bij de aanvoer vooralsnog de posten depositie, biologische N-binding en mineralisatie. Verder mogen akkerbouwers en tuinders een jaarlijkse afvoer van 165 kg N en 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha aannemen. Op de meeste bedrijven ligt de werkelijke afvoer ongeveer 30-40 kg N en 15-25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha lager (Schröder & Corré, 2000; Van der Schoot & Van Dijk, 2001). Veehouders mogen verder onder voorwaarden nog een zogenaamde diergebonden N-correctie op het berekende overschot in

minderung brengen (Anonymus, 1997). Hoewel er tussen bedrijven grote verschillen bestaan wat betreft de in MINAS ontbrekende of geschatte aan- en afvoerposten, is besloten deze aspecten buiten de heffingsgrondslag te houden. Het in het kader van MINAS te berekenen verschil tussen aanvoer en afvoer (het overschot) wordt uiteindelijk vergeleken met een grondsoortafhankelijk toelaatbaar overschot (de MINAS-verliesnorm). De achtergrond van dit onderscheid in grondsoort is gelegen in met name verschillen in denitrificatie. Zo de toegelaten verliezen al een garantie voor milieukwaliteit vormen, geldt dat daarom hoogstens gemiddeld (op een hoger schaalniveau worden depositie en biologische N-binding namelijk in gemiddelde zin verdisconteerd) maar niet op het nivo van individuele bedrijven (Schröder & Corré, 2000; Schröder *et al.*, 2000).



Figuur 1. Cumulatieve N-mineralisatie van jaarlijks gebruik van organische mest (naar Schröder *et al.*, 2001)

voerd. De berekeningen zijn lastig (zie kader pagina 142 en 143) en kunnen zonder goede afspraken gemakkelijk tot spraakverwarringen leiden.

De Nederlandse overheid heeft gekozen voor een vereenvoudigde balans met een daaraan gekoppeld aangifte- en heffingssysteem: MINAS. Die vereenvoudiging heeft tot gevolg dat het op papier berekende verschil tussen aanvoer en afvoer (het MINAS-overschot), zal verschillen van het werkelijke verschil. Aan de aanvoerszijde, bijvoorbeeld, behoeft de door vlinderbloemigen gebonden N vooralsnog niet te worden ingeboekt. Juist op biologische bedrijven komen deze vlinderbloemigen relatief veel voor. Aan de afvoerszijde mogen akkerbouwers en tuinders een jaarlijkse afvoer van 165 kg N en 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha inboeken terwijl de werkelijke afvoer tientallen kg lager is (zie kader pagina 142 en 143). Dit geldt in nog sterkere mate voor op biologische bedrijven omdat de opbrengsten daar tot enkele tientallen procenten achterblijven.

De genoemde vereenvoudigingen leiden ertoe dat het MINAS-overschot het werkelijke overschot in de regel zal onderschatten. Zelfs onder dit voor de biologische landbouw milde MINAS regiem blijken veel biologische bedrijven overigens nog niet aan de voor 2003 beoogde verliesnormen te voldoen (Water, 1999; Wijnands & Van Leeuwen-Haagsma, 2000; Van der Burgt, 2001). Een uitzondering hierop vormt de situatie waarin BIOM-deelnemers zich in 2000 bevonden.

## 2.2 Mineralisatie in evenwicht met vastlegging?

Of een bepaald overschot met milieubelasting gepaard gaat wordt overigens mede bepaald door de, in MINAS ontbrekende, balanstermen mineralisatie en immobilisatie. Juist in overgangssituaties als waarin recent omgeschakelde biologi-

sche bedrijven of bedrijven op recent ontgonnen poldergronden zich bevinden, is het de vraag of van een dergelijk evenwicht al sprake is. De nalevering kan daar groot zijn (mineralisatie > immobilisatie) zodat ook de afvoer hoger is dan in een evenwichtssituatie. Niet-opname van de term in de balans onderschat dan het overschot respectievelijk de milieubelasting. Daar staat tegenover dat een verhoging van het overschot als gevolg van de vervanging van kunstmest door organische mest in eerste instantie niet milieubelastend behoeft te zijn omdat een deel van de aanvoer pas op termijn mineraliseert (Wijnands & Van Leeuwen-Haagsma, 1997). Vroeg of laat, echter, komen de aanvoer en de afbraak van organische N met elkaar in evenwicht. De jaarlijkse aanvoer is dan gelijk aan de (gesommeerde staartjes) mineralisatie van eerder gegeven mestgiften. Figuur 1 laat dat geschematiseerd zien voor een perceel waarop jaarlijks organische mest wordt toegediend. Van de mest-N die in jaar 1 wordt toegediend, mineraliseert in het eerste jaar na toediening maar een deel. Voor de in jaar 2 gegeven mest geldt vanzelfsprekend hetzelfde. In aanvulling daarop mineraliseert ook een deel van het restant dat aan het einde van jaar 1 nog aanwezig was. In jaar 3 gaat het om de eerste jaars mineralisatie van de in jaar 3, de tweede jaars mineralisatie van de in jaar 2 en de derde jaars mineralisatie van de in jaar 1 gegeven mest; enzovoort. De opbouw van zo'n organische N-buffer lijkt aantrekkelijk omdat de betreffende bodem, ook na bijvoorbeeld een extreem natte periode, nog voldoende mineralen levert. Daar staat tegenover dat buffers ook leveren op plaatsen en tijdstippen waar aan mineralen geen behoefte bestaat. Ruim bemesten omwille van de opbouw van bodemvruchtbaarheid, kan dan ook nooit een argument zijn om op enig moment niet ook aandacht te schenken aan een evenwichtige balans van aan- en afvoer.

### 2.3 Gebruiksnorm, overschot en milieukwaliteit

Zelfs in situaties waarin mineralisatie en immobilisatie met elkaar in evenwicht zijn, staat niet vast of de voor 2003 voorziene toelaatbare N- en P-verliesnormen voldoende garantie vormen voor een lage milieubelasting (Schröder *et al.*, 2000). Om de intenties ten aanzien van 'duurzaamheid' en 'milieuvriendelijkheid' waar te maken, zijn aanpassingen van MINAS (forfaits, aanvullende posten, verliesnormen) op termijn niet uit te sluiten. Alleen zo zal MINAS een betrouwbare maat voor de milieuverdiensten van biologische bedrijven zijn. Dan zal ook blijken dat dit verdere aanpassing van de bedrijven vergt. Zo valt, geredeneerd vanuit de intenties van biologische landbouw, moeilijk uit te leggen waarom het op termijn verantwoord is om op alle grondsoorten jaarlijks 20 kg per ha meer  $P_2O_5$  toe te dienen dan er wordt afgevoerd. Evenmin valt aannemelijk te maken dat met de voor 2003 voorgestelde verliesnormen van 60-100 kg N per ha, in alle situaties voldaan kan worden aan grond- en oppervlaktewaterdoelstellingen.

Hoewel uit het voorgaande blijkt dat de zeggingskracht van een mineralenoverschot voor de milieubelasting met veel mitsen en maren omgeven is, geldt dat nog veel sterker voor maatstaven die zich tot niet meer dan één balanstern beperken. Toch is dat precies wat de EU-gebruiksnorm voor dierlijke mest doet. Zij gaat uit van de aanvechtbare veronderstelling dat het gewenste milieuresultaat gerealiseerd wordt bij een mestgift van maximaal 170 kg N per ha in de vorm van dierlijke mest. Terugredenerend vanuit de intenties van biologische landbouw kan echter aannemelijk gemaakt worden dat dit in de ene situatie een te ruime gift is en in de andere situatie een onnodig krappe gift.

## 3. Het N-tekort

### 3.1 Oorzaak

De verhouding tussen N en  $P_2O_5$  in afgevoerde akker- en tuinbouwproducten bedraagt ongeveer 2,6 kg N per kg  $P_2O_5$ . Om aan- en afvoer met elkaar in evenwicht te houden moeten mineralen min of meer in deze verhouding beschikbaar gesteld worden. In de biologische landbouw vormen mest en vlinderbloemigen daarvoor de voornaamste sturingsmogelijkheid. Vooral vaste mesten bevatten relatief weinig N per kg  $P_2O_5$  in het bijzonder als de beoordeling beperkt wordt tot de hoeveelheid werkzame N (Tabel 2). Dat betekent dat er in biologische landbouwsystemen per definitie van een relatief N-tekort sprake is. In de huidige praktijk wordt dit tekort op verschillende wijze 'opgelost'. Een weinig duurzame oplossing is het overdoseren van dierlijke mest omdat dan onnodig veel  $P_2O_5$  en kalium ( $K_2O$ ) wordt toegediend. Interen op de N-voorraad die bijvoorbeeld in een gangbaar verleden kan zijn opgebouwd, is evenmin duurzaam. Er valt daarom niet te ontkomen aan het opnemen van voldoende vlinderbloemigen in het bouwplan. De noodzaak hiertoe is groter naarmate mest met een lagere N/ $P_2O_5$  verhouding gebruikt wordt en er bij de productie, de bewaring en het gebruik van de mest minder aandacht gegeven wordt aan het behoud van N. Het belang hiervan zal de komende jaren toenemen, niet in het minst omdat de toenemende vraag biologische mest tot een schaars product zal maken.

### 3.2 Berekening van vlinderbloemigen-aandeel

De voornoemde ontwikkelingen laten zich schetsen met de volgende scenariostudie (Tabel 3). In scenario's 1 en 2 is voor mestsoorten met N/ $P_2O_5$  verhoudingen van, respec-

Tabel 2. De verhouding tussen N en  $P_2O_5$  in akker- en tuinbouwgewassen, in vlinderbloemige voedergewassen en in diverse mestsoorten bij gebruik op korte termijn (werkzaamheid van N in het eerste jaar na toediening) en op lange termijn (werkzaamheid van N inclusief de nawerking van mest die in eerdere jaren is gegeven) (naar Van Dijk, 1999)

Product	Op basis van: Totale inhoud	Werkzame deel:	
		Op korte termijn	Op lange termijn
Akker- en tuinbouwgewassen	2,6	-	-
Vlinderbloemige voedergewassen	5,5	-	-
Rundveedrijfmest	2,7	0,9-1,8	1,2-2,3
Rundvee vaste mest	1,8	0,6-0,9	1,0-1,5
Varkensdrijfmest	1,7	0,6-1,2	0,8-1,4
Varkens vaste mest	0,8	0,3-0,5	0,5-0,7
Geiten vaste mest	1,6	0,6-0,9	0,9-1,5

Tabel 3. De invloed van aangescherpte regelgeving rond mineralenbalansen op de toelaatbare N-giften in de vorm van dierlijke mest en het ambitienivo van de N-benutting op bedrijfsniveau in diverse scenario's (cursief en onderstreept de begrenzende randvoorwaarde)

		Scenario:					
		1	2	3	4	5	6
EU	Mestgebruiksnorm, kg N / ha	170	170	170	170	170	170
MINAS	Verliesnorm, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	20	20	0	0	0	0
	Verliesnorm, kg N / ha	60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	60-100
	Inboeken N-fixatie, kg N / ha	0	0	160	160	160	160
	Grondslag afvoer akkerbouw <sup>1</sup>	Forf	Forf	Act	Act	Act	Act
Mestsoort	N / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gehalte	2,7	1,7	2,7	1,7	2,7	1,7
Aandeel vlinderbloemigen	%	0	0	0	0	0	0
Mestgebruik:	Kg N / ha	<u>170</u>	145	125	78	126	84
Minas overschot	Kg N / ha	5	-20	5	-42	5	-44
	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	-2	<u>20</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Volledig overschot	Kg N / ha	84	59	39	-8	58	81
	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	20	42	3	3	3	3
N-benutting, alle inputs	%	59	67	76	107	<u>70</u>	<u>70</u>

<sup>1</sup> Forf = forfaitaire afvoer van 165 kg N per ha per jaar; Act = feitelijk gerealiseerde afvoer

tievelijk, 2,7 ('dunne rundveemest') en 1,7 ('vaste rundveemest') nagegaan hoeveel dierlijke mest binnen de voorziene regelgeving mag worden aangevoerd. Die regelgeving bestaat in beide scenario's uit een EU-mestgebruiksnorm van 170 kg N per ha uit dierlijke mest, een MINAS verliesnorm (2003) van 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar voor alle grondsoorten, en een MINAS verliesnorm van 60 kg N per ha per jaar voor uitspoelingsgevoelige en 100 kg N per ha per jaar voor niet-uitspoelingsgevoelige gronden. Bij scenario's 1 en 2 is verder verondersteld dat de door vlinderbloemigen gebonden N in 2003 nog niet hoeft te worden ingeboekt en dat als afvoercijfers forfaits van 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 165 kg N per ha per jaar mogen worden opgegeven. Uit de berekeningen in scenario's 1 en 2 blijkt dat bij gebruik van mest met een verhouding van 2,7 de volledige EU-gebruiksnorm voor dierlijke mest (170 kg N per ha per jaar) kan worden benut. Bij gebruik van mest met een verhouding van 1,7 is niet de EU-gebruiksnorm maar de MINAS fosfaatverliesnorm beperkend voor de N-beschikbaarheid. In dat geval moet de mestgift namelijk beperkt blijven tot 145 kg N per ha per jaar. Bij beide scenario's worden hoge eisen gesteld aan het welslagen van de N-benutting: zo'n 60 tot 65% van alle aangevoerde N-bronnen dienen in nuttig product te worden omgezet. Alleen als dat lukt kan het bouwplan in beginsel zonder vlinderbloemigen. Deze relatief

riante positie is feitelijk een gevolg van de huidige systematiek van MINAS waarin gerekend mag worden met hoge forfaitaire afvoercijfers en bovendien jaarlijks 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha mag worden overgedoseerd (de fosfaatverliesnorm). In scenario's 3 en 4 is nogmaals gerekend met dezelfde twee mestsoorten, maar nu bij een fosfaatverliesnorm van 0 kg per ha en werkelijke afvoercijfers. In dat geval zal het gebruik van dierlijke mest met 125 en 78 kg N per ha per jaar voor, respectievelijk, mest met een N/ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verhouding van 2,7 en een verhouding van 1,7, veel lager uitkomen dan de EU-gebruiksnorm van 170 kg N per ha. Met name bij gebruik van mest met weinig N per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> wordt de verlangde benutting onrealistisch hoog en zullen opbrengsten onder invloed van N-gebrek daarom vroeg of laat dalen. In scenario's 5 en 6 is daarom verkend hoe groot het aandeel vlinderbloemigen in het bouwplan zou moeten zijn om op een meer realistische N-benutting van 70% uit te komen. Uit de berekeningen blijkt dat de mestsoort een sterke invloed heeft op het benodigde aandeel vlinderbloemigen. Het stijgt van 8% bij gebruik van mest met een N/ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verhouding van 2,7 tot 38% bij gebruik van mest met een verhouding van 1,7. Onder aanname dat op termijn voor een vlinderbloemig hoofdgewas luzerne een N-binding van 160 kg N per ha in MINAS moet worden ingeboekt (Van der Burgt, 2001), is opnieuw ook het MINAS N-overschot

Tabel 4. Aan- en afvoerbalans voor N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg per ha per jaar) bij een laag, matig en hoog (d.w.z. volgens EU-gebruiksnorm gemaximaliseerd) gebruik van organische mest (Ekologisch Proefbedrijf H.J. Lovinkhoeve, Marknesse (bouwplan; luzerne-luzerne-bieten-graan-aardappelen-graan-bollen), 1996-1998, ongepubliceerde gegevens Schröder)

Element	Bemestingsnivo	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
		Laag	Matig	Hoog	Laag	Matig	Hoog
Aanvoer	Mest	51	106	171	22	44	73
	Depositie	38	38	38	1	1	1
	Zaaizaad	3	3	3	0	0	0
	Binding*	48	47	47	0	0	0
	TOTAAL	140	194	259	23	45	74
Afvoer		113	118	124	42	45	44
Overschot	Totaal	26	76	135	-19	0	29
	MINAS**	-104	-49	16	-40	-18	11
Benutting	(%)	81	61	48	180	100	66
Overschot / kg afvoer	(kg/kg)	0,23	0,64	1,09	-0,44	0,00	0,66

\*N-binding 47-48 kg N per ha bedrijfsoppervlakte per jaar, vastgesteld ten opzichte van niet-vlinderbloemige gewasvensters binnen vlinderbloemige

\*\* inclusief de forfaitaire bijdrage N-binding van 46 kg N per ha per jaar (t.w. 160 kg N per ha vlinderbloemigen op 2/7 deel van het bouwplan van de H.J. Lovinkhoeve (Van der Burgt, 2001)) en op basis van forfaitaire afvoer van de niet-voedergewassen

berekend. Dit overschot blijft nog steeds ver onder de binnen MINAS toelaatbare stikstofverliesnorm van 60-100 kg N per ha per jaar, zodat er op de desbetreffende akker- en tuinbouwbedrijven ruimte resteert om GFT aan te voeren en eventueel meer vlinderbloemigen op te nemen dan hier is berekend. De noodzaak van vlinderbloemigen neemt overigens nog verder toe naarmate de atmosferische N-depositie, als voorzien, afneemt. Bij dit alles moet vanzelfsprekend wel rekening worden gehouden met vruchtwisselings-technische eisen. Op dit moment bedraagt het areaal vlinderbloemigen op biologische akker- en tuinbouwbedrijven niet meer dan 10-15%. Klaarblijkelijk is de verleiding groot om deze gewassen te vervangen door lucratievere gewassen en met (extra) mest in de N-behoefte te voorzien. Op termijn echter zal mest alleen te koop zijn voor degenen die als tegenprestatie voer en strooisel kunnen leveren aan de veehouder. Zo'n ontwikkeling noodzaakt tot uitbreiding van het areaal granen en kunstweiden (gras, klaver, luzerne) op biologische akker- en tuinbouwbedrijven en een intensieve uitwisseling van grondstoffen en percelen. Een illustratie van zo'n toekomstig bouwplan met bijbehorende balans staat vermeld in Tabel 4. Een optie is ook om het aandeel vlinderbloemigen op melkveehouderijbedrijven te maximaliseren (Van Loo & de Vos, 2002), waarbij deze bedrijven via de export van mest als het ware de stikstoffabriek vormen voor biologische akkerbouwers en tuinders.

## 4. Meststofkeuze

### 4.1 N-werking van mest

Mestsoorten verschillen sterk, alleen al wat betreft de verhouding waarin de diverse N-verbindingen, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O en organische stof er in voorkomen. Bij de definitie van eisen aan de mineralenverhouding, zou een gespecialiseerd biologisch akker- of tuinbouwbedrijf zich idealiter moeten laten leiden door de afvoer van N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en K<sub>2</sub>O, de bodemvruchtbaarheidstoestand (i.c. de wens tot reparatie of sanering), onvermijdelijke verliezen (uitspoeling, vastlegging, vervluchtiging) en onvermijdelijke bronnen (verwerking, mineralisatie, depositie) en verder door de mogelijkheid om met vlinderbloemigen in een resterend N-tekort te voorzien. Daarop is in de voorgaande paragraaf ingegaan. Daarnaast kunnen eisen gesteld worden aan de vorm waarin N in de mest aanwezig is. In beginsel moet de N in het groeiseizoen wateroplosbaar zijn om opgenomen te kunnen worden, terwijl N in het winterhalfjaar bij voorkeur gebonden moet zijn om verliezen tegen te gaan. Vanuit dit gezichtspunt moeten keuzes mede bepaald worden door het toedieningstijdstip. Bij najaarstoediening kan de keuze dan op vastere mestsoorten vallen, bij voorjaarstoediening, echter, kan de N bij gebruik van vastere mesten, vanuit de gewasbehoefte bezien, onvoldoende tijdig beschikbaar komen. In dat geval verdienen drijfmest of zelfs gier de

Tabel 5. Maximale stikstofwerking (%) van diverse dierlijke mesten in afhankelijkheid van toedieningstijdstip en de termijn waarover dierlijke mest gebruikt wordt (naar Lammers, 1983)

Mestsoort	Toedieningstijdstip en gebruiksduur:			
	Voorjaar, op korte termijn	Voorjaar, op lange termijn	Najaar, op korte termijn	Najaar, op lange termijn
Rundveedrijfmest	55-65	75-85	30-40 (15)*	50-60 (35)*
Rundvee vaste mest	40-50	70-80	30-40	55-65
Varkensdrijfmest	65-75	75-85	35-45 (20)*	45-55 (30)*
Varkens vaste mest	50-60	70-80	40-50	60-70
Geiten vaste mest	50-60	75-85	35-45	65-75

\* tussen haken de werking zonder groenbemester

voorkeur (Van Delden *et al.*, 2002). Dunnere mestsoorten laten zich bovendien nauwkeurig verdelen en plaatsen. Overigens kunnen ook drijfmesten redelijk verliesarm in het najaar worden uitgereden zolang maar voldoende aandacht gegeven wordt aan hun 'organisatie' met behulp van groenbemesters en/of gewasresten. Tabel 5 geeft een globale indruk van de N-werking van dierlijke mest: vaste mesten werken pas op termijn ongeveer even goed als dunne mest, dunne mest werkt bij voorjaarstoediening beter dan bij najaarstoediening, tenzij een groenbemester gebruikt wordt. Gebruik van organische mest zonder verliezen (i.e. werking 100%) is een illusie: enig ammoniakverlies of verlies als gevolg van ontijdige mineralisatie is namelijk onvermijdbaar.

#### 4.2 Organische stof-voorziening

Bij keuzevraagstukken rond dierlijke mest doen zich diverse dilemma's voor. Zo kennen vastere mesten als voordeel dat per kg gegeven  $P_2O_5$  veel organische stof wordt toegediend, maar als nadeel dat per kg  $P_2O_5$  beduidend minder N wordt toegediend (Tabel 6). Op de bezwaren van dat laatste is in de voorgaande paragrafen gewezen. Het is dan ook de vraag in hoeverre het altijd terecht is om vooral aan mest de taak toe te dichten om de organische stof balans in orde te krijgen. Ook de bouwplansamenstelling speelt daarin immers een belangrijke rol. Kiezen voor vaste mest in een graanarm bouwplan impliceert feitelijk dat de weinig lucratieve graanteelt die benodigd is voor de productie van het stro respectievelijk de organische stof, aan een ander wordt overgelaten. Bij een strooiselbehoefte van bijvoorbeeld 1000 kg per dier per jaar, is voor iedere 25 ton stalmest ongeveer 1 ha graanstro nodig. Kiezen voor dunne mest brengt omgekeerd met zich mee dat niet de mest maar het bouwplan de organische stof balans kloppend moet maken.

In de praktijk zal het niet verstandig zijn om bij één mestsoort te zweren. Het gaat er om tot een gebalanceerde mix van diverse mestsoorten, met inbegrip van composts, te

komen binnen wettelijke mogelijkheden, eigen wensen, mogelijk geachte toedieningstijdstippen en gewaseisen. Mest en compost zouden daarbij voor de akkerbouwer en tuinder geen sluitstuk moeten zijn om de tekortkomingen van een bouwplan te compenseren. Het zal net zo goed nodig zijn om het bouwplan aan te passen aan de beschikbare meststoffen. Dat betekent dat ook de gewaskeuze bij moet dragen aan het in stand houden van de bodemvruchtbaarheid, waaronder de organische stofvoorziening. Verder moet de gewaskeuze het mogelijk maken dat de mest überhaupt (ergens) op een biologische wijze geproduceerd kan worden. Daarop wordt in paragraaf 5 nader ingegaan.

#### 4.3 Mest en bodemleven

Bij de meststofkeuze spelen meer criteria dan alleen de onderlinge verhoudingen van mineralen en organische stof. In dunne mesten bestaat ongeveer 50% van de N uit ammonium, terwijl dit in vaste mesten hooguit 20% is. Om ammoniakvervluchtiging te beperken moeten dunne mesten daarom volgens de wet met zogenaamde emissiearme technieken worden uitgereden. Daarvoor wordt dikwijls zware loonwerk-apparatuur gebruikt waarbij structuurbederf kan optreden die de benutbaarheid van mest onder druk kan zetten. In hoge concentraties is ammonium bovendien dodelijk voor het bodemleven. Juist dit bodemleven vormt een centraal punt in het gedachtengoed van veel biologische boeren. Om deze reden opteren een aantal deskundigen en telers voor productie en gebruik van ammonium-arme vastere mesten die volgens hen geen emissiearme toediening behoeven (Van Bruchem *et al.*, 1999; Boer, 2000; Eshuis *et al.*, 2001). Zij wijzen daarbij op het feit dat gebruik van vaste mest het bodemleven en de mineralisatie doet toenemen. Op zichzelf is dat zo, maar deze verschijnselen vormen geen bewijs dat de N-benutting door gewassen verbetert bij gebruik van vastere mest. Immers, kiezen voor vaste mest brengt weliswaar met zich mee dat per kg aangevoerde N meer N uit mineralisatie beschikbaar

Tabel 6. Samenstelling van enkele dierlijke mestsoorten en compost en de (soms bovenwettelijke) Naanvoer bij diverse fosfaatgebruiksnormen

Mestsoort	Nm/Ntot	Ntot/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Org stof/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Org stof/N	Kg N-aanvoer bij een gebruiksnorm (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) van:		
					45	65	85
Rundveedrijfmest	0,54	2,72	37	13	123	177	231
Rundvee vaste mest	0,23	1,82	40	22	82	118	154
Varkendrijfmest	0,58	1,71	14	8	77	111	146
Varkens vaste mest	0,20	0,83	18	21	38	54	71
Geiten vaste mest	0,30	1,63	35	21	73	106	139
Rundveegier	0,94	20,0	50	3	900	1300	1700
Varkensgier	0,94	7,2	6	1	325	469	614
GFT	0,09	2,30	51	22	103	149	195

zal komen, maar hier staat tegenover dat per kg aangevoerde N een geringer deel direct werkzaam is omdat vaste mest relatief weinig ammonium bevat ten opzicht van dunne mestsoorten. De ammonium die er nog wel in zit kan trouwens nog steeds door vervluchtigingsverlies verloren gaan als geen emissie-arme toedieningstechniek wordt gebruikt. Verder zijn er geen duidelijke aanwijzingen dat een gewijzigd bodemleven een betekenisvol effect heeft op de N-benutting. Uit Zwitsers onderzoek bleek bijvoorbeeld dat langdurig biologisch beheerde akkers (20 jaar) weliswaar een hoger organische stof gehalte hadden, meer bodemleven bevatten en meer N mineraliseerden dan langdurig gangbaar beheerde akkers, maar dat dit voor de omzetting van dierlijke mest en benutting van dierlijke mest door het gewas, geen betekenisvol gevolg had. (Langmeijer *et al.*, 2001). Zelfs al zou de benutting in de schakel bodem-gewas toenemen bij gebruik van vastere mesten, dan nog kan niet uitgesloten worden dat daarvoor een prijs betaald wordt elders in de keten. Zo kan de productie, bewerking (compostering) en bewaring van vaste mest met veel N-verlies gepaard gaan zoals ook blijkt uit de lagere N/ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verhoudingen van deze mestsoorten. Bokhorst & Ter Berg (2001) rapporteren dat tijdens compostering in de praktijk gemiddeld 40% van de aanvankelijk aanwezige N verloren gaat. Vanwege de eerdere constatering dat alles op alles gezet zou moeten worden om N in het systeem te houden, verdienen stal- en bewaringssystemen waarbij de mest sterk aan de lucht wordt blootgesteld een kritische beoordeling. Daarbij zullen overigens wel afwegingen gemaakt moeten worden tussen N-benutting en dierenwelzijn (i.c. uitloopmogelijkheden, bedding). Tenslotte zullen ook de ziekteverwekkende eigenschappen van meststoffen in de afweging betrokken moeten worden. Overigens is de kennis hierover incompleet en kan niet worden uitgesloten dat eisen aan ziekteverweering zich minder goed verdragen met eisen aan N-leverend vermogen (Postma *et al.*, 2001). Uit het voorgaande blijkt dat de benutting van N bij voorkeur geëvalueerd

moet worden in het verband van alle bedrijfsschakels: gewas-voer-dier-mest-mestbewaring-bodem-gewas. Een evaluatie die zich beperkt tot slechts één schakel past niet echt bij de intentie van de biologische landbouw om zaken integraal in een groter verband te willen beoordelen.

## 5. Benutting van N kan hoger

### 5.1 Timing

Of er daadwerkelijk N-tekorten optreden bij een terughoudend gebruik van mest, hangt niet alleen af van de aard en samenstelling van de mest en het aandeel vlinderbloemigen in het bouwplan. De kans op N-tekort kan ook worden verkleind door maatregelen die de benutting van de aangevoerde N vergroten (Schröder & Vos, 1995). Sinds jaar en dag zijn er toevoegmiddelen te koop die de benutting van mest heten te verhogen. Hun werking is twijfelachtig en slecht gedocumenteerd (Postma *et al.*, 2001). Er zijn maatregelen met een aanmerkelijk zekerder effect. Daaronder vallen bijvoorbeeld maatregelen gericht op een correcte afstemming in de tijd tussen het aanbieden en vrijkomen van N enerzijds, en de opnamekarakteristieken van gewassen anderzijds. Vaste mesten geven hun N te laat af als ze strorijk zijn (hoge C/N verhouding) en pas laat in de winter of het voorjaar zijn uitgereden. Meststoffen met veel gemakkelijk beschikbare N moeten anderzijds niet al te vroeg in het voorjaar worden gegeven omdat de N dan al verloren gaat voordat sprake kan zijn van opname door een gewas. Bij toediening van dunne mestsoorten in de nazomer moet voldoende tijd reteren om de uitspoelbare delen met groenbemesters vast te leggen. Mestgiften moeten daarbij de opnamecapaciteit van de groenbemester niet overschrijden. Groenbemesters moeten vervolgens zo behandeld worden dat hun N-inhoud te vroeg noch te laat vrijkomt. Grondsoort en aard van de groenbemester moeten bij die afwegingen

betrokken worden. Van Leeuwen-Haagsma & Schröder (2002) gaan hierop elders in deze publicatie dieper in.

### 5.2 Plaatsing

De N-benutting is ook gediend met aandacht voor de plaats in de bouwvoor waarop meststoffen worden toegediend. Het volvelds toedienen van mest bij de teelt van gewassen met een ruime rijenafstand of het te diep wegploegen van mest, kunnen de benutbaarheid onder druk zetten. De plaats van bemesting moet daarom mede worden ingegeven door de ruimtelijke verdeling van wortels en de ruimtelijke verdeling van de N die uit andere bronnen mineraliseert. Die verdeling wordt ook bepaald door de bodemstructuur en de mate waarin men slaagt deze structuur te behouden. De Willigen *et al.*, (2002) geven elders in deze publicatie een nadere analyse van deze ruimtelijke aspecten.

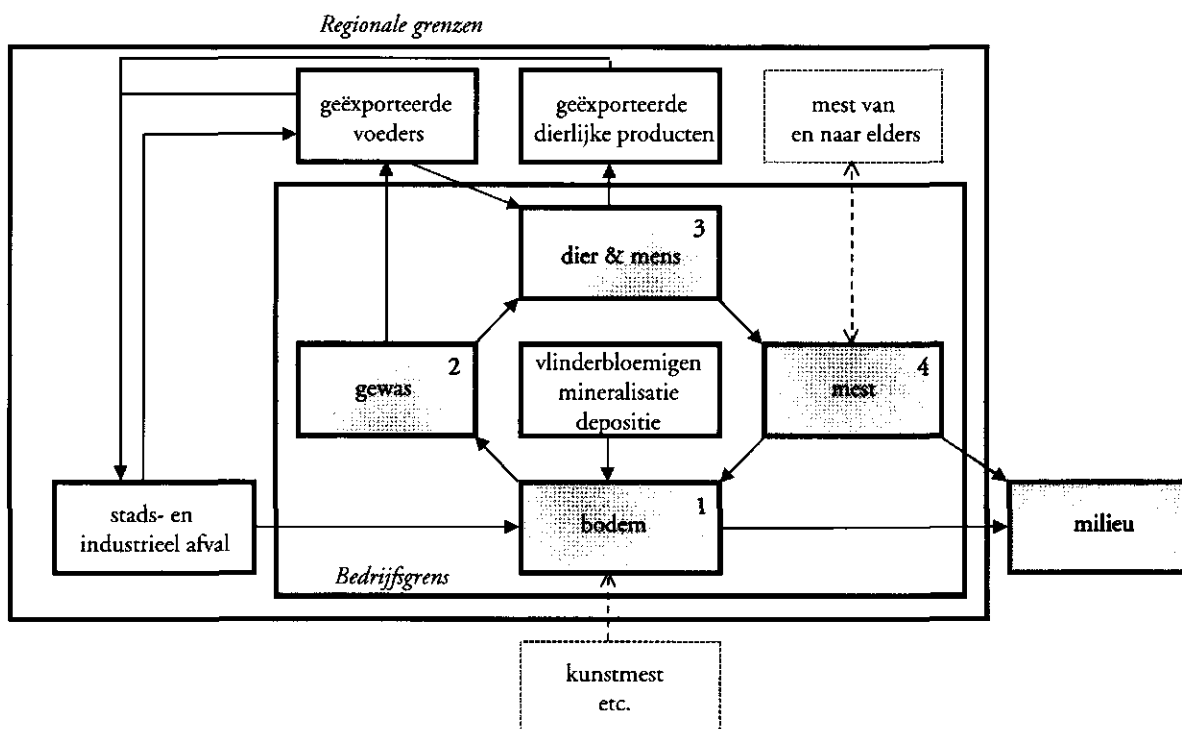
### 5.3 Toedeling aan gewassen

Deze bijdrage ging tot nu toe voornamelijk in op keuzevraagstukken op bedrijfsnivo. De benutting van N is vanzelfsprekend ook afhankelijk van de juiste keuzen op gewas-nivo: hoe zet ik meststoffen en gewassen in slimme volgorden, bezien vanuit de opnamebehoefte en opnamecapaciteit van de gewassen in de tijd, en de bemestende waarde van gewasresten, groenbemesters en eerder gegeven organische meststoffen. Het komt er daarbij op aan dat een zo goed mogelijke inschatting gemaakt wordt van de N die in de loop van de tijd uit diverse bronnen vrijkomt. Zwart & Koopmans (2002) geven een overzicht van de beschikbare schattingsmethoden. Het toedelingsvraagstuk (welk gewas

krijgt mest, hoeveel, wanneer?) wordt lastiger naarmate de beschikbare hoeveelheden kleiner zijn. Immers, tot op heden volstond een benadering waarbij ieder gewas of perceel min of meer krijgt wat het behoeft. Populair gezegd komt dat neer op 'gangbaar advies met een korting, onder verrekening van alle N-bronnen'. Bij een krappere beschikbaarheid van meststoffen moet die benadering mogelijk plaatsmaken voor een strategie waarbij de mest vooral wordt gegeven aan de financieel meest responsieve gewassen. De N verliezen vanuit percelen waarop deze ruim bemeste gewassen staan, worden dan op bedrijfsnivo goedge maakt door onbemeste, niet-belastende gewassen. Daarvoor is per gewas detailkennis nodig van de wijze waarop marktbaar opbrengst en verliezen per eenheid meststof reageren. Eén en ander houdt vanzelfsprekend wel verband met de vraag op welke ruimtelijke schaal men (milieu)doelen gerealiseerd wilt zien. Dit soort optimaliseringsvraagstukken komt aan bod in de bijdrage van Van de Sanden *et al.*, (2002).

### 5.4 Verschillen tussen gewassen

Terugkerend naar de vraag hoe de benutting te verhogen, kan tenslotte gewezen worden op de effecten van de gewaskeuze en bouwplansamenstelling (Schröder & Vos, 1995) en op de betekenis van genotypische variatie binnen gewassen. Mogelijk zijn er rassen waarvan het opnamepatroon van mineralen, beter aansluit bij de dynamiek waarmee de mineralen in het biologische systeem vrijkomen. Den Nijs *et al.*, (2002) gaan in op de vraag in hoeverre hier al praktische handvatten voor bestaan.



Figuur 2. Mineralenstromen in een gemengd bedrijfssysteem (Schröder *et al.*, 1998)



Tabel 7. Omvang van de biologische sectoren in Nederland, verdeeld naar areaal in 2000 (bron: CBS)

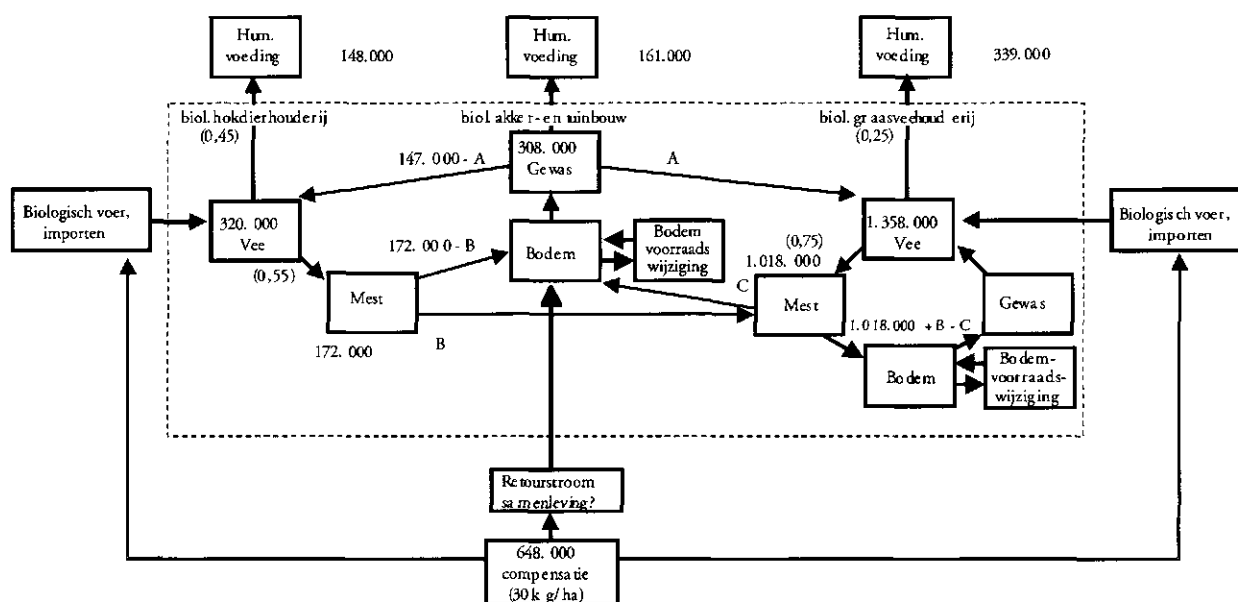
Sector	Naar aantal		Naar areaal	
	(-)	(%)	(ha)	(%)
Akkerbouw	75	9	3069	9
Tuinbouw	130	16	480	1
Blijvende teelt	45	6	333	1
Graasdier	424	52	24590	75
Hokdier	20	2	112	1
Combinaties	118	15	4093	13
Totaal	812	100	32676	100

## 6. Gemengde bedrijven

De intenties van biologische landbouw komen het sterkst tot hun recht in een gemengd bedrijfssysteem waar gewassen en dieren via mest en bodem met elkaar interacteren (Bos, 1998; Schröder *et al.*, 2002a; -, 2002b). Idealiter wordt daarbij ook aandacht geschonken aan het sluiten van kringlopen tussen bedrijfssystemen en de samenleving (Figuur 2). In de huidige praktijk benaderen lang niet alle biologische bedrijven dit ideaalbeeld. De biologische graasveehouderij, goed voor de helft van de bedrijven en 75 procent van het areaal, komt nog enigszins in de buurt van dit ideaal, maar de overige biologische bedrijven zijn gespecialiseerd (Tabel 7). Specialisatie wordt soms gerechtvaardigd onder verwijzing naar de hogere mineralenbenutting van gespecialiseerde bedrijven. Schröder *et al.*, (2002b) toonden

aan dat dit een schijneffect is dat verdwijnt als de benutting op een hoger schaalniveau dan het individuele bedrijf plaatsvindt.

Tegen specialisatie bestaan overigens geen principiële bezwaren zolang de uitwisseling van mest, voer en strooisel maar op een andere manier tot stand komt. Hier schort het nog wel aan. Biologische veehouders kopen hun voer deels bij gangbare plantentelers en biologische plantentelers kopen hun mest vooralsnog onder meer bij gangbare veehouders. In 1999 verdween naar schatting 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha naar de samenleving in de vorm van biologisch voedsel (Schröder, 2001). Van een retourstroom vanuit de samenleving is echter nauwelijks sprake. Zonder compensatie vanuit het buitenland (ruwfosfaat, slakkenmeel) of vanuit gangbare bedrijven, zou deze 'lekkage' naar de samenleving op termijn tot uitputting van de bodem leiden.



Figuur 3. Fosfaatstromen (kg fosfaat per jaar) bij optimale koppeling van gespecialiseerde bedrijven zoals mogelijk zou zijn in 1999 (Schröder, 2001)

Vanuit de akker- en tuinbouw keerde in 1999 circa 147.000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> naar de veehouderij terug in de vorm van voeders (Figuur 3). Dat is veel minder dan de hoeveelheid fosfaat die in 1999 nodig was om de biologische veehouderij in zijn huidige omvang (1,6 GVE per ha grasland en voedergrassen) te laten produceren. Dat betekent dat de biologische veehouderij in Nederland verre van zelfvoorzienend is ten aanzien van de fosfaat (Schröder, 2001). Op termijn zou of de biologische veestapel moeten dalen of het areaal biologische voedergrassen moeten stijgen. De laatste jaren bestaat echter de tendens dat de biologische veestapel groeit en het areaal biologische akker- en tuinbouwgewassen daalt.

Uit het voorgaande stijgt het beeld op dat van gesloten kringlopen nog geen sprake is en dat de groei van gewasarealen en dieren aantallen niet met elkaar in de pas lopen. In het licht van aanscherpende regelgeving (verplichting om in

2002 20% van de mest en 80-90% van het voer van biologische herkomst te laten zijn) wordt hard gewerkt aan een betere samenwerking tussen akkerbouwers, tuinders en veehouders (Nauta *et al.*, 1999; Hendriks & Oomen, 2000). Veel minder aandacht wordt geschonken aan het organiseren van retourstromen vanuit de samenleving terwijl dit een principiële lekkage vanuit biologische bedrijven is die om permanente compensatie vraagt. Evenmin bestaat er aandacht voor de compensatie die elders buiten Nederland nodig is bij toenemende import van voedsel, voer en strooisel door Nederlandse biologische producenten en verwerkers. De globalisering die zich ook in de biologische landbouw voordoet, bemoeilijkt de realisering van de intentie om tot 'kloppende', controleerbare systemen met zoveel mogelijk gesloten kringlopen te komen.

## 7. Literatuur

- Anonymus, 1997. MINAS Melkveehouderij. Brochure LNV-Bureau Heffingen, Projectgroep Communicatie Mest- en Ammoniakbeleid. Ede, 4 pp.
- Boer, M., 2000. Biologische landbouw en mestwetgeving. Rapport 169, Wetenschapswinkel, Wageningen Universiteit, 87 pp.
- Bokhorst, J. & C. ter Berg, 2001. Handboek Mest en Compost, Louis Bolk Instituut, Driebergen, 292 pp.
- Bos, J.F.F.P., 1998. Mixing specialized farming systems in Flevoland. In: Van Keulen, H., E.A. Lantinga, H.H. van Laar (Eds.) Mixed farming systems in Europe. APMinderhoudhoeve reeks nr 2, 13-21.
- De Willigen, F.B.T. Assinck, J.A. de Vos. & W. van Dijk, 2002. Timing en plaatsing van organische mestgiften in de akkerbouw. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.). In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Den Nijs, A., A. Balkema, L. van den Brink, R. van de Broek, C. Kik, E. Lammerts van Bueren, H. Löffler, E.N. van Loo & A. Osman, 2002. Beter aangepaste rassen voor de biologische landbouw door veredelingsonderzoek. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.). In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Eshuis, J., M. Stuiver, F. Verhoeven & J.D. van de Ploeg, 2001. Goede mest stinkt niet. Wageningen Universiteit, 138 pp.
- Hendriks, K. & G. Oomen, 2000. Biologische productie: veel grondstoffen nog gangbaar. *Ekoland* 4, 22-23.
- Lammers, H.W., 1983. Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland. Consulentenschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw, Wageningen, 44 pp.
- Langmeijer, M., A. Oberson, M. Kreuzer, P. Mäder, D. Dubois & E. Frossard, 2001. Does the farming system affect the nitrogen fertiliser value of animal manure?. INRA 11th Nitrogen Workshop, Book of Abstracts, Reims, 257-258.
- Nauta, W, G.J. van der Burgt & T. Baars, 1999. Partners farm, a participatory approach to collaboration between specialized organic farms. In: Oleson, J.E. (Eds.). Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings of an international workshop. Danish Research Centre of Organic Farming, Darcov Report 1/1999, 149-158.
- Postma, J., K.B. Zwart, J.A. de Vos & J.J. Schröder, 2001. Bodemleven: van doel op zich naar inzetbaar middel. Rapport 42, Plant Research International, Wageningen, 26 pp.
- Schröder, J.J. & J. Vos, 1995. De stikstofkringloop: keten of vergiet? In: A. Haverkort & P.A. van der Werff (Eds.) Hoe ecologisch kan de landbouw worden? AB Thema's 3, Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheids-onderzoek AB-DLO, Wageningen, 37-63.
- Schröder, J.J., 2001. Fosfaatstromen in de biologische landbouw: allesbehalve een kringloop. *Ekoland* 1, 18-19.
- Schröder, J.J. & W.J. Corré, 2000. Sterkte-zwakte analyse van het Mineralen Aangifte Systeem. In: J.J. Schröder & W.J. Corré (Eds.) Actualisering N- en P-deksstudie t.b.v. Ministeries van LNV, VROM en VW. Rapport 22, Plant Research International, Wageningen, 119-128.
- Schröder, J.J., O. Oenema & S. Pietrzak, 1998. Nitrogen cycling and nitrogen surpluses in mixed farming systems: what are the determinants? In: Van Keulen, H., E.A. Lantinga, H.H. van Laar (Eds.) Mixed farming systems in Europe. APMinderhoudhoeve reeks nr 2, 121-128.

- Schröder, J.J., W.J. Corré, O. Oenema, O. Schoumans, M. Smits, F. Verstraten, J. Willems, P. Boers, R. Schils & P.H.M. Dekker. Confrontatie van beoogde verliesnormen met milieukwaliteitsdoelstellingen. In: J.J. Schröder & W.J. Corré (Eds.) Actualisering N- en P-deksstudie t.b.v. Ministeries van LNV, VROM en VW. Rapport 22, Plant Research International, Wageningen, 159-166.
- Schröder, J.J., A.G. Jansen & G.J. Hilhorst, 2001. Lange-termijn effect van een krappe bemesting bij snijmaïs; veldonderzoek De Marke en modelonderzoek. Rapport 37, Plant Research International, Wageningen, 40 pp.
- Schröder, J.J., F.G. Wijnands & R. Booij, 2002a. Intenties van biologische landbouw en de rol van onderzoek. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.). In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, H.F.M. ten Berge, H. van Keulen & J.J. Neeteson, 2002b. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *European Journal of Agronomy* (geaccepteerd).
- Van Bruchem, J., Schiere, H. & Van Keulen, H., 1999. Dairy farming in the Netherlands in transition towards more efficient nutrient use. *Livestock Production Science* 61: 145-153.
- Van Delden, A., J.J. Schröder, M.J. Kropff, C. Grashoff & R. Booij, 2001. Simulation of attainable potato yield under different organic nitrogen management strategies: model development and explorations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (geaccepteerd).
- Van de Sanden, P.A.C.M., F. van Evert, H. Smid, R. Stokkers, W.A. Rossing, M. van Ittersum & G. van de Ven, 2002. Biologische landbouw en milieu: modelmatig verkennen van mogelijkheden en knelpunten. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.). In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Van de Schoot, J.R. & W. van Dijk, 2001. Afvoer van stikstof en fosfaat geen vast gegeven. *PPO Bulletin* 3, 11-15.
- Van der Burgt, G.J., 2001. Mineralenbalansen. In: Koopmans, C. & G.J. van der Burgt (Eds.) Mineralenbenutting in de biologische landbouw; een integrale benadering, Rapport LB5, Louis Bolk Instituut, 57-60.
- Van Dijk, W., 1999. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Publicatie 95, PAV, Lelystad, 59 pp.
- Van Leeuwen-Haagsma, W. & J.J. Schröder, 2002. Groenbemesters en rustgewassen: noodzakelijke bouwstenen voor een optimale vruchtwisseling. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Van Loo, E..N. & A..L.F. de Vos, 2002.. Interacties tussen gras en klaver: literatuur- en modelonderzoek naar effecten van eigenschappen van gras en klaver en van managementkeuzes op klaveraandeel, productiviteit en stikstofstromen van gras-klavermengels. Rapport 35, Plant Research International, Wageningen, 60 pp.
- Velthof, G.L., J.J. Neeteson, H.G. van der Meer & O. Oenema, 2000. Schatting van de netto-stikstofmineralisatie en biologische stikstofbinding in landbouwgronden. Rapport 177, Alterra, Wageningen, 35 pp.
- Water, K., 1999. Eindverslag 1999. Project Introductie Mineralenboekhouding voor Biologische Landbouwbedrijven. DLV, Zwaagdijk, 26 pp.
- Wijnands, F.G. & W. Van Leeuwen-Haagsma, 1997. Vergelijking drijfmest kunstmest. *PAV Bulletin Akkerbouw*, september 1997, 24-28.
- Wijnands, F.G. & W. Van Leeuwen-Haagsma, 2000. Bemesting op biologische bedrijven nog vaak onevenwichtig. *PAV Bulletin Akkerbouw*, december 2000, 36-40.
- Wijnands, F.G. & F. van Koesveld, 2002. Achtergrond, opzet en resultaten van BIOM. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.). In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Zwart, K.B. & C. Koopmans, 2002. Stikstofdynamiek in de biologische landbouw: modellen of rekenregels? In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.). In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.

# Stikstofdynamiek in de biologische landbouw: modellen of rekenregels?

Kor Zwart<sup>1</sup> & Chris Koopmans<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Alterra, Wageningen

<sup>2</sup> Louis Bolk Instituut, Driebergen

## 1. Inleiding

Biologische telers maken bijna uitsluitend gebruik van organische meststoffen, zoals dunne mest, potstalmest, gecomposteerde stalmest en compost. Alleen in dunne mest zit een aanzienlijke hoeveelheid minerale stikstof, in de overige mestsoorten komt stikstof hoofdzakelijk in organische vorm voor. Daarnaast bevat ook vinasse-kali een aanzienlijke hoeveelheid minerale stikstof, maar dit product wordt zelden in grote hoeveelheden gebruikt. Aangezien planten alleen stikstof in minerale vorm kunnen opnemen, moet de organische stikstof dus eerst worden gemineraliseerd. Naast de voedingsstoffen uit mest maakt de biologische teelt ook in belangrijke mate gebruik van de voedingsstoffen die van nature, of door eerdere bemestingen en teelten in de organische stof van bodem zitten. Maar ook deze komen pas vrij en ter beschikking van planten nadat de organische stof is gemineraliseerd. Men zou dus kunnen stellen dat biologische teelten voor hun stikstofvoorziening zeer sterk afhankelijk zijn van de mineralisatie.

Telers, inclusief de biologische, hebben er baat bij wanneer zij weten of er voldoende voedingsstoffen voor de teelt ter beschikking komen en ook of dat tijdig gebeurt. Gangbare telers kunnen anders ingrijpen met maatregelen zoals meer of minder bemesten of een tussentijdse bemesting met kunstmest toepassen. Biologische telers staan minder mogelijkheden ter beschikking. Als bij biologische telers de mest eenmaal is aangebracht is ingrijpen veel moeilijker geworden. Een extra bemesting is mogelijk, bijvoorbeeld met bloedmeel. In theorie zou ook een extra bemesting met dunne mest of de vloeibare fractie daarvan mogelijk zijn, maar toedienen daarvan in een groeiend gewas kan alleen met technisch geavanceerde middelen. Bij een extra gift met bloedmeel wordt de wijze waarop de voedingsstoffen beschikbaar komen opnieuw bepaald door mineralisatie. Biologische telers zijn daarom wellicht meer afhankelijk van de effecten van een éénmalige, vooraf toegediende bemesting.

Niet alleen voor het gewas, maar ook voor het milieu is een goede kennis omtrent mineralisatie van belang. Een teveel aan mest, of het toedienen op een verkeerd tijdstip kan leiden tot uitspoeling van voedingsstoffen, of, bij stikstof, tot emissies naar de atmosfeer.

Mineralisatie is een gecompliceerd biologisch proces. De snelheid waarmee het verloopt is afhankelijk van temperatuur, vocht, een aantal bodemeigenschappen en van de aard en samenstelling van de organische stof die, hetzij recent als mest, of langer geleden aan de bodem is toegediend, of daarin van nature aanwezig is. Bovendien kan de stikstof die vrijkomt bij de mineralisatie ook weer uit de bewortelbare zone verloren gaan voordat de planten de kans hebben gekregen om het op te nemen. Als gevolg van uitspoeling verdwijnt stikstof naar diepere lagen in de bodem en als gevolg van denitrificatie wordt het omgezet in een vorm die planten niet kunnen opnemen. Daarnaast zijn er organische producten, zoals stro en papiercellulose, die eerst minerale stikstof uit de bodem opnemen (immobiliseren), en die pas in een later stadium overgaan tot netto mineralisatie.

Het gevolg hiervan is dat het vaak moeilijk is om precies aan te geven hoeveel minerale stikstof er op elk moment van het jaar in de bodem aanwezig zal zijn. Toch is deze informatie zeer waardevol voor de teler. Op basis daarvan kan hij besluiten om meer of minder mest te gebruiken, een andere mestsoort te kiezen, vaker of minder vaak te bemesten of het tijdstip van de bemesting aan te passen. Dit zijn vooral zaken die op vrij korte termijn spelen, het lopende of komende teeltseizoen. Daarbij moet men in het achterhoofd houden dat het voor biologische telers niet eenvoudig is om in te grijpen op de korte termijn. Er zijn niet zoveel biologische mestsoorten geschikt om tijdens de teelt toe te dienen. Voor biologische telers kan het daarom ook van groot belang zijn om zodanig te bemesten dat de bodemvruchtbaarheid op langere termijn goed blijft, zonder dat die gepaard gaat met grote verliezen naar grondwater of atmosfeer.

In de loop van de jaren zijn er diverse methoden ontwikkeld om, ondanks de complexiteit van het systeem, telers toch behulpzaam te zijn bij het nemen van beslissingen rond de bemesting. Daarbij gaat het soms om relatief eenvoudige methoden (rekenregels) en in andere gevallen om meer ingewikkelde computermodellen. Het voordeel van de eenvoudige methoden is dat er relatief weinig gegevens noodzakelijk zijn om ermee te kunnen werken. Het voordeel van de meer ingewikkelde systemen is dat ze vaak op meerdere vragen antwoord kunnen geven en dat ze ook op een klei-

neren tijdschaal dan een teeltseizoen opereren. Daardoor kunnen met behulp van de meer ingewikkelde systemen 'voorspellingen' op korte termijn worden gegeven. De 'voorspellingen' van de meeste rekenregels gelden vaak alleen maar voor langere perioden zoals bijvoorbeeld een teeltseizoen

In het huidige onderzoek is een aantal van deze methoden met elkaar vergeleken. De centrale vraag daarbij was of het voor het goed voorspellen van de voorraad minerale stikstof in de bodem noodzakelijk was om van complexe simulatieprogramma's gebruik te maken, of dat ook meer eenvoudige rekenregels zouden kunnen volstaan. Daarbij zijn een 'eenvoudige' methode en twee meer ingewikkelde methoden gebruikt. De 'eenvoudige' methode bestond uit de rekenregels die in het verleden door het IKC zijn ontwikkeld (Lammers, 1983, 1984, Beijer & Westhoek, 1996), die als voordeel hebben dat ze op maandbasis zijn, waardoor berekeningen op redelijk korte termijn kunnen worden gemaakt.

De uitkomsten daarvan zijn vergeleken met de uitkomsten van twee computer simulatiemodellen NDI-CEA en ROTASK.

## 2. Methodiek

### 2.1 De rekenmethoden

#### 2.2.1 IKC-rekenregels

Het IKC heeft enkele jaren geleden het rapport 'Meststoffen voor de rundveehouderij' uitgebracht met de eigenschappen van een groot aantal meststoffen, waaronder organische meststoffen (Beijer & Westhoek, 1996). Hoewel in eerste instantie geschreven voor de veehouderij, wordt ook uitleg gegeven voor de toepassing van deze regels voor bouwland.

De berekeningen zijn gebaseerd op eerdere berekeningen van Lammers (1983).

De stikstofwerking van de organische mest kan met behulp van tabellen worden bepaald. Daarbij wordt rekening gehouden met de samenstelling van de mest (minerale fractie  $N_m$  en de organische fractie die in het eerste jaar na toediening beschikbaar komt  $N_e$ , en de organische fractie die in de jaren daarna beschikbaar komt  $N_r$ ) en het tijdstip van toedienen.

Tussen toedienen en gewasopname verdwijnt een deel van  $N_m$  door emissie naar de atmosfeer als ammoniak,  $N_2$  of  $N_2O$  en door uitspoeling. De ammoniak emissie is afhankelijk van de toedieningstechniek; elke techniek heeft een vast percentage ammoniakemissie. Voor denitrificatie hanteert Lammers (1983) een vast percentage van 17 % van  $N_m$  voor zand en 38% voor klei, onafhankelijk van tijdstip van toediening. De uitspoeling is wel afhankelijk gesteld van toedieningstijdstip en neemt af van oktober tot maart. Uitspoeling is ook grondsoortafhankelijk en in zand ongeveer twee keer zo hoog als in klei.

Voor de werking van de fractie  $N_e$  zijn eveneens tabellen opgesteld. Deze zijn afgeleid met behulp van mineralisatieformules die rekening houden met samenstelling van de mest en bodemtemperatuur (Lammers, 1983, 1984). Van de fractie  $N_e$  komt 63% beschikbaar in het teeltseizoen. Van de fractie  $N_r$  wordt aangenomen dat die uiteindelijk in zijn geheel mineraliseert, waarbij eveneens 63% van deze fractie in het teeltseizoen beschikbaar komt.

Om ook met de IKC regels voor een willekeurige dag de hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor te berekenen was het noodzakelijk om een aantal aanpassingen aan te brengen. De details daarvan staan in Zwart (2001). Er moesten berekeningen op dagbasis worden gemaakt. Voor de mineralisatie zijn daarvoor de oorspronkelijke gegevens van

Tabel 1. Benodigde invoer voor de spreadsheet XCLNCE.

Onderdeel	Invoer	Opmerkingen
Weer	(neerslag maandgemiddelde) temperatuur (maandgemiddelde)	
Bodem	Zand of klei % organische stof	
Mest en compost	hoeveelheid dag van toediening droge stof organische stof N-totaal N-NH <sub>4</sub>	forfaitaire waarden zijn beschikbaar in de spreadsheet
Gewasproductie en groenbemesters	bruto opbrengsten N-totaal gewasresten	ook hier zijn forfaitaire waarden beschikbaar
Irrigatie	dag van toediening en hoeveelheid plus N-gehalte	

Lammers (1983, 1984) gebruikt. De nitraatuitspoeling en denitrificatie zijn zodanig aangepast dat per dag berekend wordt welke fractie van N-mineraal er verdwijnt, op basis van de gegevens uit Lammers (1983) en Beijers & Westhoek (1996). Daarbij wordt dus niet alleen rekening gehouden met de N-mineraal uit mest maar ook met die welke door mineralisatie ontstaat. Doordat N-mineraal in de bodem ook zeer sterk bepaald wordt door de gewasopname, moest ook daar rekening mee worden gehouden. Dat is gedaan met behulp van literatuurgegevens van de maximum N-opname van een gewas en een logistische opname curve voor stikstof. Voor meerjarige gewassen en gewassen die overwinteren wordt door middel van een Arrheniusvergelijking rekening gehouden met het effect van temperatuur op de opname. Voor overige details van de beschrijving van dit programma, genaamd XCLNCE, wordt verwezen naar Zwart (2001). Om XCLNCE te laten rekenen is slechts een gering aantal gegevens noodzakelijk (Tabel 1).

### 2.1.2 Simulatiemodellen

#### NDICEA

Het model NDICEA staat voor Nitrogen Dynamics In Crop rotations in Ecological Agriculture (Habets & Oomen, 1994). Het model is ontwikkeld ten behoeve van het doorrekenen van de gehele rotatie. Op basis van de

bedrijfsvoering, de opbrengsten en het weersverloop over de jaren kan worden gereconstrueerd hoe de stikstofhuishouding in een bodem verloopt. De processen zijn dynamisch gemaakt door ze afhankelijk te maken van de pH van de grond en de wekelijkse veranderingen van temperatuur en vocht.

Met het model wordt het mogelijk de langjarige effecten van een bepaald management door te rekenen. Het model NDICEA bestaat uit de integratie van drie onderdelen:

- 1 de mineralisatie van stikstof op basis van de afbraak van de organische stof,
- 2 een waterbalans en daarmee stikstoftransport in de bodem en
- 3 gewasgroei en daarmee de water- en stikstofopname door het gewas. De stikstof die uit de mineralisatie vrijkomt wordt verrekend met de opname door het gewas, de berekende stikstofuitspoeling en de berekende denitrificatie (gebaseerd op Bradbury *et al.*, 1993). Dit geeft uiteindelijk het minerale stikstofgehalte van de grond als een belangrijke uitkomst van het model.

Centraal in het model staat de afbraak van de organische stof en de interactie van organische stof met de gehele stikstofdynamiek. Daardoor kunnen de meerjarige effecten van organische mest, oogstresten en groenbemesters worden berekend. Dit onderdeel van het model is vooral gebaseerd op het werk van Kortleven (1963) en Janssen (1984). De

Tabel 2. Benodigde invoer voor het simulatiemodel NDICEA

Onderdeel	Invoer	Opmerkingen
Weer	neerslag (wekelijks) temperatuur (wekelijks) standaard gewasverdamping (E-Makkink, wekelijks)	locatie zelf of anders dichtstbijzijnde meteo station
Bodem	textuur % organische stof pH laagste grondwaterstand hoogste grondwaterstand	op basis van veldwaarneming wordt een verdeling in 2 lagen vastgesteld
Mest en compost	hoeveelheid week van toediening droge stof organische stof N-totaal N-NH <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en K <sub>2</sub> O (eventueel)	forfaitaire waarden zijn in het model beschikbaar
Gewasproductie en groenbemesters	bruto opbrengsten 4 momenten van de groeicurve droge stof N-totaal droge stof gewasresten N-totaal gewasresten	ook hier zijn forfaitaire waarden beschikbaar
Grondbewerking en irrigatie	week en aard van de bewerking week van toediening en hoeveelheid plus N-gehalte	

mineralisatie van stikstof wordt berekend op basis van de aard en de hoeveelheid organische stoffen zoals organische meststoffen, groenbemers, oogstresten en de bodemorganische stof.

Hierbij gaat het model er van uit dat alle soorten organische stof op vergelijkbare wijze worden afgebroken maar de ene organische stof gevoeliger is voor afbraak dan de andere. De ene organische stof begint daarom als het ware net met de afbraak terwijl de andere al in een vergevorderd stadium van afbraak is. In welk stadium een organisch materiaal zich bevindt wordt gekarakteriseerd door de 'initial age'. Deze is verwant met de humificatie coëfficiënt en zal bepalend zijn voor de hoeveelheid organische stof die er na verloop van tijd nog over is. Oude organische stof in de grond kan een initial age van 25 jaar hebben; jongere van 5 jaar, stalmest 2,5 jaar en oogstresten van 1 jaar. De afbraaksnelheid hangt behalve van de initial age ook af van de temperatuur en het vochtgehalte van de grond. Daarnaast is de berekening aangepast door een effect van textuur en zuurgraad op de mineralisatiesnelheid op te nemen. Of er bij de afbraak ook stikstof vrijkomt hangt samen met de koolstof-stikstof verhouding van de organische stof (C/N-verhouding). Immobilisatie, dat wil zeggen tijdelijke vastlegging van stikstof is mogelijk, bijvoorbeeld na het onderploegen van stro.

In de waterbalans wordt uit de neerslag, berekening en gewasverdamping het vochtgehalte van de bodem en de eventuele uitspoeling of capillaire opstijging berekend. De waterbalans hangt voor een groot deel af van de textuur. Deze is meestal wel bekend op de bedrijven en zou anders gemeten kunnen worden. Op basis van deze gegevens zijn in het model forfaitaire waarden opgenomen aangaande de waterbalans, voornamelijk gebaseerd op de pF-curve. Daarnaast kunnen parameters ingevoerd worden die de relatie leggen tussen de waterbeweging en de stikstofbeweging: niet altijd neemt stromend water een evenredig deel van de aanwezige minerale stikstof mee.

Voor de opname van stikstof door de gewassen zijn eenvoudige groeicurves in het model opgenomen. Deze bestaan uit drie trajecten:

- Het begin van de stikstofopname (een of meerdere weken na zaaien of poten) tot volle gewasgroei. In deze periode neemt de stikstofopname lineair toe met de tijd.
- De volle gewasgroei waarin de stikstof opname evenredig is met de gewasverdamping
- De afrijpingsfase. Bij een aantal gewassen neemt de stikstofopname de laatste weken van de groei tot de oogst af, bijvoorbeeld bij granen.

Tabel 3. Benodigde invoer voor het simulatiemodel ROTASK

Onderdeel	Invoer	Opmerkingen
Weer (dagelijks)	neerslag (dagelijks) temperatuur (dagelijks) straling (dagelijks)	locatie zelf of anders dichtstbijzijnde meteo station
Bodem (per bodemlaag)	Textuur of pF curve % organische stof of C % organisch N Bulkdichtheid N-mineraal in profiel	Er kunnen meerdere lagen worden gedefinieerd
Gewas (afhankelijk van module)	Temperatuursom Drogestofverdeling Optimum en minimum N-gehalte N-opnamepatroon Datum van zaaien/poten en oogstdatum	
Mest en compost	hoeveelheid dag van toediening droge stof organische stof N-totaal N-NH <sub>4</sub>	forfaitaire waarden zijn in het model beschikbaar
Groenbemers	Hoeveelheid Dag van onderwerken droge stof N-totaal droge stof gewasresten	ook hier zijn forfaitaire waarden beschikbaar
Irrigatie	dag van toediening en hoeveelheid	

NDICEA levert berekeningen op weekbasis.

Om het model te kunnen laten werken moet een aantal bedrijfsgegevens worden ingevoerd (Tabel 2).

### ROTASK

ROTASK is eveneens een dynamisch simulatiemodel, dat bestaat uit dezelfde componenten als NDICEA, maar de componenten mineralisatie en gewasopname zijn verschillend van NDICEA. ROTASK onderscheidt drie verschillende organische fracties: makkelijk en moeilijk afbreekbaar en resistente organische stof met elk hun eigen afbraaksnelheid. NDICEA kent slechts een fractie, waarvan de afbraaksnelheid daalt met de tijd (Janssen, 1984). Verder wordt in ROTASK, in tegenstelling tot NDICEA, ook de gewasgroei dynamisch berekend op basis van de invallende straling.

### Mineralisatie van organische stof in de bodem

ROTASK onderscheidt dus drie verschillende organische fracties in meststoffen met elk hun eigen afbraaksnelheid. De afbraaksnelheid van de organische stof in de bodem is gelijk aan die van de resistente mestfractie. Verder wordt de mineralisatie bepaald door de temperatuur en het vochtgehalte.

### Watertransport

De wijze van berekenen van watertransport van ROTASK en NDICEA zijn vergelijkbaar

### Gewasgroei (en daarmee water- en stikstofopname)

ROTASK kan gebruik maken van verschillende elders ontwikkelde concepten van gewasgroei en de bijbehorende stikstofopname zoals LINTUL en SUCROS.

### LINTUL (Light Interception and Utilization)

LINTUL is een eenvoudig algemeen gewasmodel, dat de drogestof productie simuleert als resultaat van lichtonderschepping en light use efficiency, met een vaste constante voor de omzetting van lichtenergie in biomassa. LINTUL simuleert de potentiële groei, maar er zijn uitbreidingen gemaakt door koppelingen aan modellen voor water, stikstof en ziektes.

### SUCROS (Simple and Universal Crop growth Simulator)

SUCROS is eveneens een eenvoudig en universeel mechanistisch gewasgroei-model. Het simuleert de potentiële groei van een gewas. De snelheid van drogestofproductie is een functie van straling, temperatuur en gewaseigenschappen. De basis van de productie is de fotosynthese als functie van onderschept invallend licht en straling. In versie SUCROS2 kan de groei tevens worden gesimuleerd onder watergelimiteerde omstandigheden. ROTASK levert resultaten op dagbasis. De gegevens ingevoerd worden om ROTASK te kunnen laten werken staan in Tabel 3.

## 2.2 Werkwijze

De centrale vraag die gesteld werd was:

*Wat is het gehalte aan minerale stikstof in de laag 0-30 cm en in de laag 30-60 cm van verschillende biologische percelen op verschillende tijdstippen in het jaar?*

Om een goede vergelijking mogelijk te maken is voor alle drie berekeningmethoden dezelfde set gegevens gebruikt, die afkomstig waren van 14 percelen uit de biologische akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en bloembollenteelt. De teelt en managementgegevens van de betreffende bedrijven zijn verzameld evenals de mestgift en mestsamenstelling plus de opbrengst van de percelen en de hoeveelheid stikstof die was opgenomen door het gewas. Verder is gebruik gemaakt van de weersgegevens van het dichtstbijzijnde KNMI weerstation. In één geval is gebruik gemaakt van de werkelijke neerslaggegevens van het bedrijf, terwijl de overige gegevens van het KNMI station afkomstig waren. Daarnaast zijn de percelen op geregelde tijdstippen in het jaar bemonsterd en onderzocht op gehalten aan minerale stikstof. De berekende gehalten aan minerale N zijn vergeleken met de gemeten waarden.

## 3. Resultaten

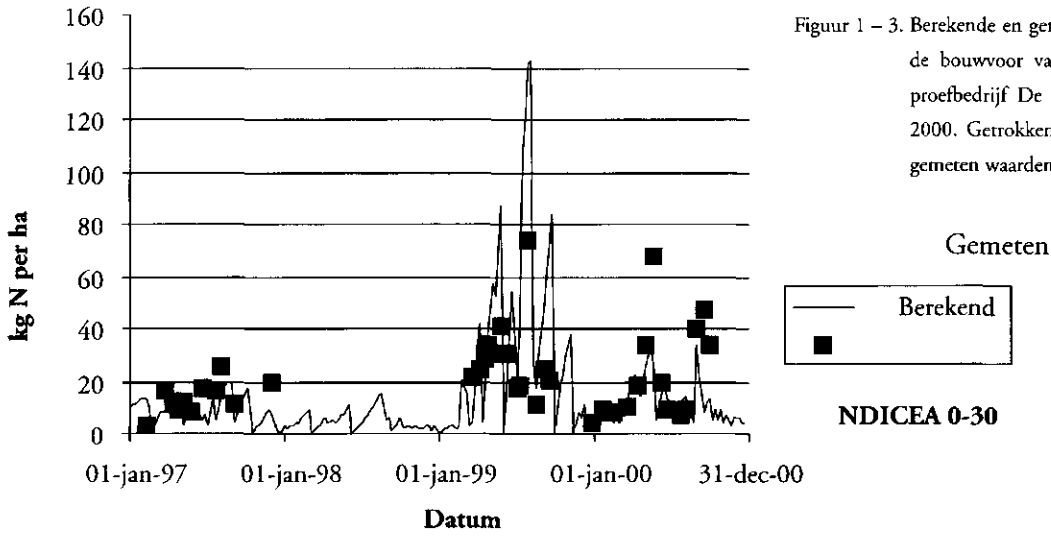
### 3.1 Bloembollenproefbedrijf De Noord

Er zijn gedurende meerdere jaren achtereenvolgend veel gegevens verzameld van het bloembollenproefbedrijf De Noord. De resultaten van een perceel met biologische bollenteelt worden getoond in Figuur 1 (NDICEA), 2

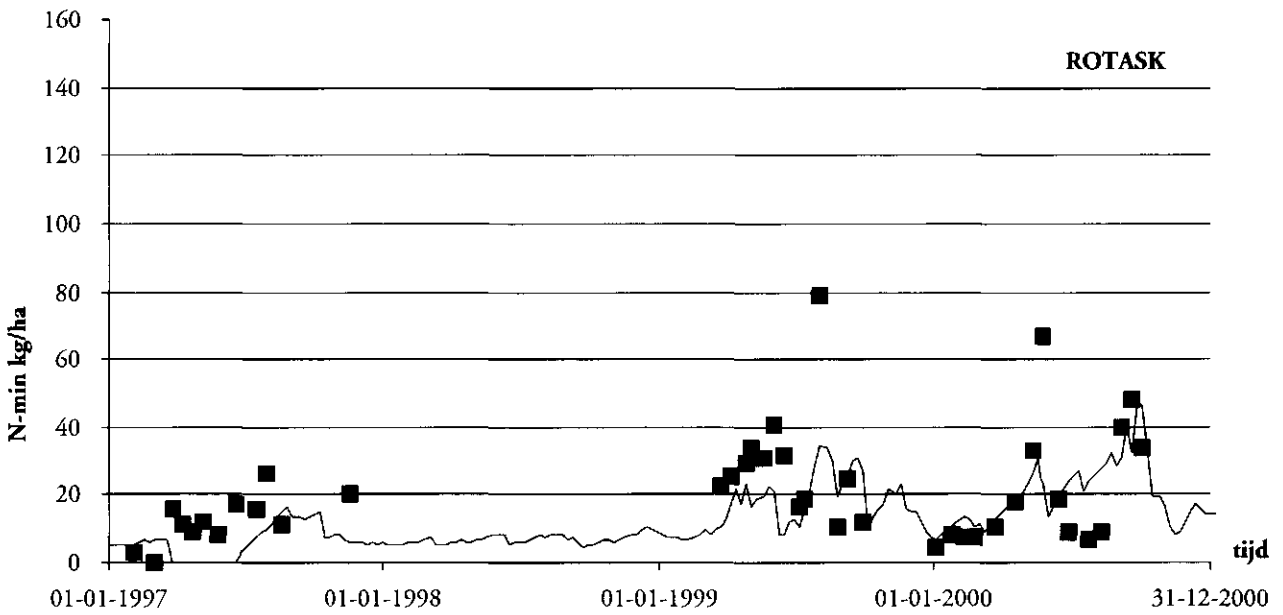
Tabel 4. Gemeten en berekende N-mineraal in de laag 0-30 cm (kg N per ha)

N-mineraal 0-30 cm	Gemiddeld	Standaardfout van het gemiddelde verschil
Gemeten	45.7	
NDICEA	54.3	3.3
ROTASK	41.0	3.6
XCLNCE	84.0	4.0

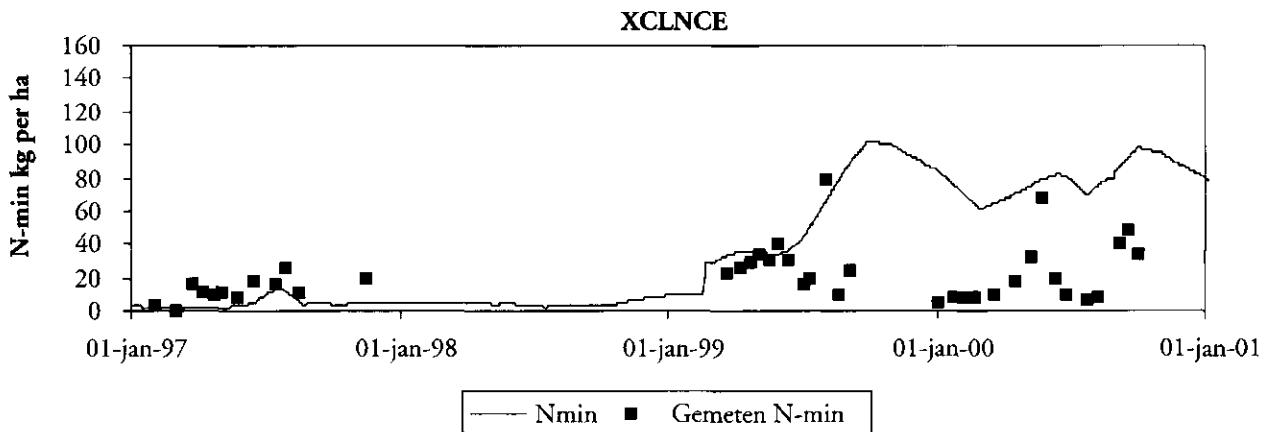




Figuur 1. NDICEA



Figuur 2. ROTASK



Figuur 3. XCLNCE, bij gebruik van vaste gemiddelde uitspoeling en denitrificatie gedurende de wintermaanden (Lammers, 1983, Beijer en Westhoek, 1996)

Tabel 5. Het percentage berekende waarden voor de laag 0-30 cm dat binnen 10, 25, 50 of 100 kg van de gemeten waarden valt

	Afwijking ten opzichte van de gemeten waarde			
	10 kg	25 kg	50 kg	100 kg
NDICEA	41	55	70	90
ROTASK	22	38	72	94
XCLNCE	16	20	38	72

Tabel 6. Berekende N-mingehaltes (kg per ha) in mei voor de bovenste 30 cm van De Noord na toediening van bloedmeel in november of maart, bij een natte of een droge winter

Toediening in	winter	NDICEA	ROTASK	XCLNCE
November	droog	4	25	12
November	nat	4	32	7
Maart	droog	30	35	20
Maart	nat	30	35	20

(ROTASK) en 3 (XCLNCE). De resultaten van NDICEA laten zien dat het berekende N-mineraal patroon redelijk overeenkomt met het gemeten patroon. Hetzelfde geldt voor ROTASK, behalve voor de hoge gemeten waarden. De resultaten van XCLNCE wijken sterk af van de gemeten waarden, met name in het laatste jaar (Figuur 3). De berekende XCLNCE lijn is vloeiender van karakter dan die van de simulatiemodellen, wat veroorzaakt wordt door de vaste neerslag maandgemiddelden. Als rekening wordt gehouden met de werkelijke neerslag, de gemiddelde evapotranspiratie voor Noordholland kan de uitspoeling beter worden geschat. Dan wordt het berekende patroon grilliger, maar belangrijker is dat de berekende resultaten beter worden. (Figuur 4).

### 3.2 Alle percelen

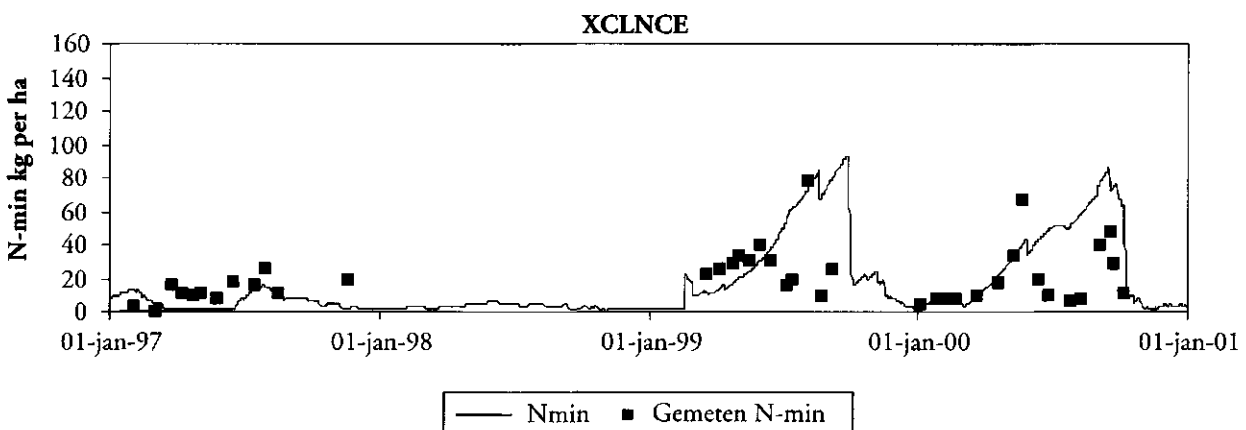
De berekende en gemeten resultaten van alle 14 percelen die in het onderzoek waren betrokken zijn samengevat in Tabel 4, waarin de gemiddelde gemeten N-min waarde van de laag 0-30 cm is vergeleken met die van de drie berekeningswijzen. De gemiddelde gemeten waarde bedroeg 41.5 kg N per ha. ROTASK berekende een iets lager gemiddelde, met een afwijking zowel naar boven als naar beneden. NDICEA berekende altijd een iets hoger gemiddelde en de XCLNCE

vertoonde de grootste afwijking naar boven. De resultaten van XCLNCE weken het meest af van de gemeten waarden; NDICEA berekende een te hoog en ROTASK een te laag gehalte.

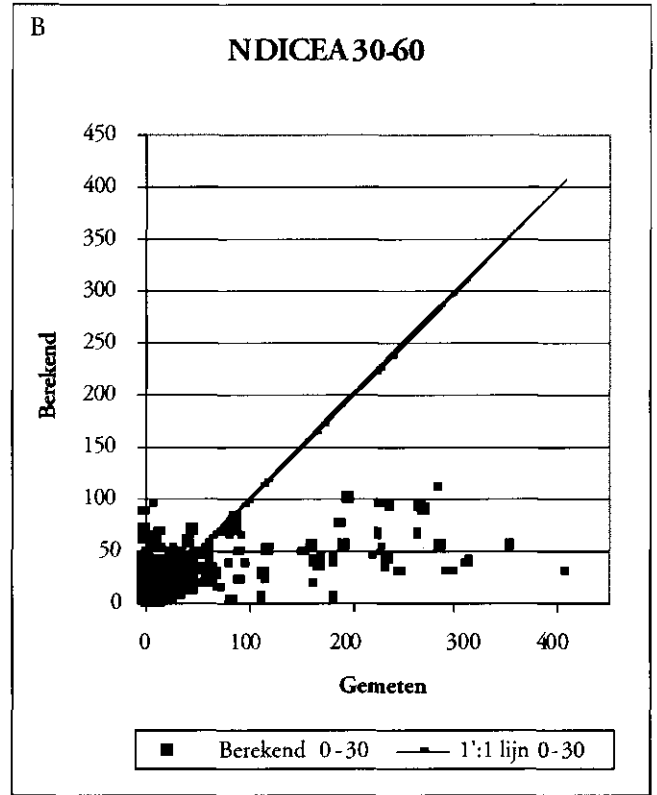
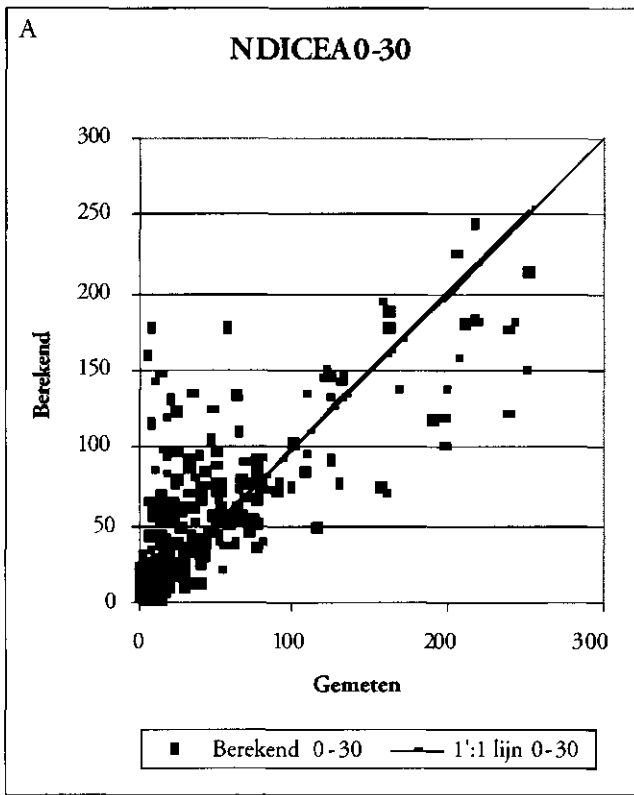
Het percentage berekende gehalten dat minder dan respectievelijk 10, 25, 50 of 100 kg afweek van de gemeten waarden staat weergegeven in Tabel 5. In Figuur 5 t/m 7 zijn de gemeten waarde op de X-as is uitgezet tegen de berekende waarde op de Y-as voor de lagen 0-30 cm en 30-60 cm. Tevens is de lijn uitgezet waarop alle punten zouden liggen indien de berekende waarden exact overeenkwamen met de gemeten waarden (1:1 lijn).

Met XCLNCE kan slechts 1 bodemlaag worden berekend, in dit geval de laag 0-30 cm.

Samengevat zien de resultaten van NDICEA er het beste uit gevolgd door die van ROTASK. In ROTASK worden de hoge N-mineraal waarden onderschat. De grootste afwijking vertoont XCLNCE, vooral in het gebied van de lage N-min waarden. Dit wordt vooral veroorzaakt door het gebruik van vaste maandgemiddelden voor de neerslag. Daardoor wordt geen rekening gehouden met de uitspoeling als gevolg van zware buien of een groot neerslagover-



Figuur 4. Berekende waarden volgens XCLNCE bij berekening van de uitspoeling wanneer gebruik wordt gemaakt van de werkelijke neerslag op De Noord en gemiddelde evapotranspiratiecijfers voor Noord Holland



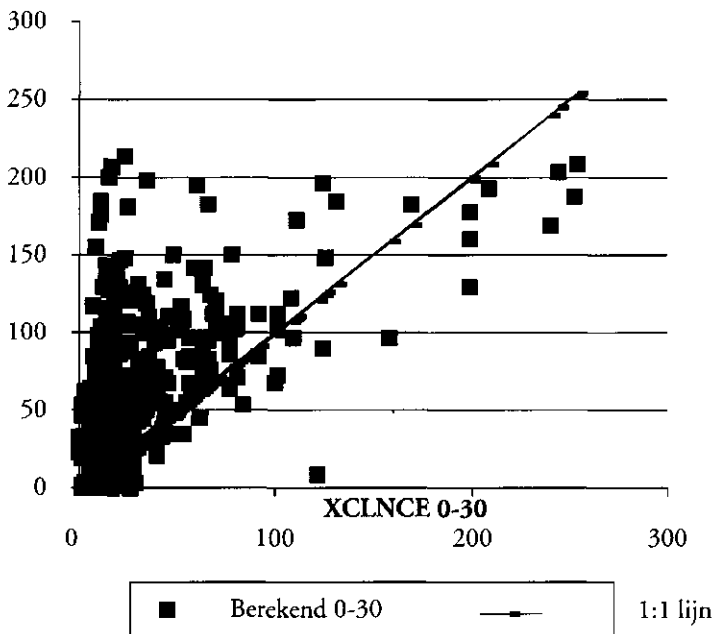
Figuur 5. NDICEA

schot gedurende een bepaald gedeelte van de maand (Zwart, 2001).

De berekende gehalten van de laag 30-60 cm van NDICEA en ROTASK wijken sterk af van de gemeten waarden. Beide modellen berekenen voor situaties met meer dan 100 kg N per ha, een te laag gehalte. De oorzaak kan liggen in de berekening van de uitspoeling, die te hoog zou kunnen zijn.

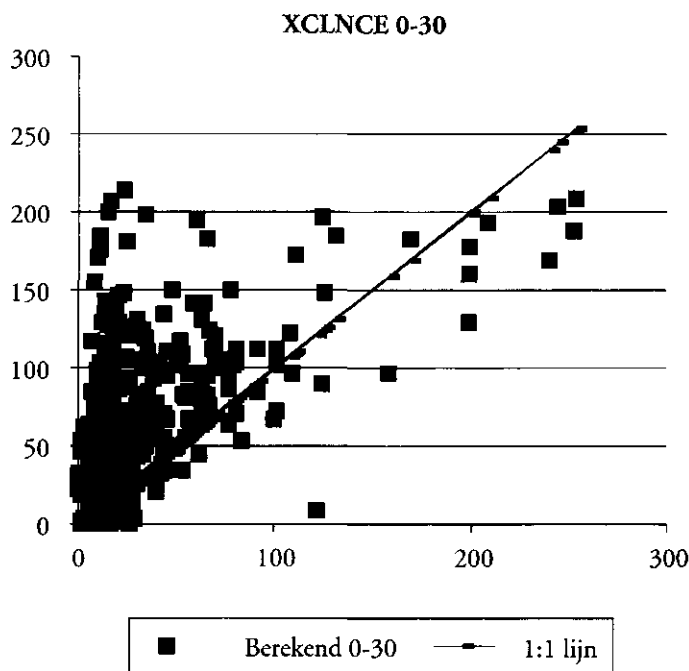
### 3.3 Aanpassing van de bemesting

Met behulp van alledrie de methoden is het mogelijk om te berekenen wat het effect is van verandering in teeltmanagement, zoals mestsoort, hoeveelheid mest, tijdstip van toediening en vruchtopvolging, op de bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst. Ook kunnen lange-termijn veranderingen op het gebied van organische stof worden berekend. De resultaten van de scenario's die daarvoor zijn ontworpen, worden in het laatste jaar van het project (2002) gepubli-



Figuur 6. ROTASK

Figuur 5 - 7. Berekende en gemeten waarden voor N mineraal in de laag 0-30 (A) en 30-60 cm (B) van verschillende percelen van biologische telers. De getrokken lijn is de 1:1 lijn die zou gelden als alle berekende waarden exact overeenkwamen met de gemeten waarden



Figuur 7. XCLNCE (alleen de laag 0-30, met standaard uitspoeling en denitrificatie volgens Lammers (1983) en Beijer en Westhoek (1996))

ceerd. Voor het bloembollen proefbedrijf De Noord is reeds een aantal berekeningen uitgevoerd voor het tijdstip van bemesting met bloedmeel. Normaliter wordt bloedmeel in het najaar aan voorjaarsbloeiers (tulp, narcis en krokus) toegediend. Berekend is wat het effect is van het toedienen in najaar of voorjaar waarbij een natte en droge winter zijn vergeleken met een lage en een hoge temperatuur op de beschikbaarheid voor de bollen in het voorjaar erop. De klimaatgegevens die werden gebruikt zijn gegevens uit verschillende klimaatjaren. Daaruit bleek dat bij hoge neerslag, maar ook bij een relatief geringe neerslag er zoveel N-mineraal uit bloedmeel was uitgespoeld uit de bouwvoor dat de bollen er geen gebruik meer van konden maken. Het effect van de temperatuur was gering. De berekeningen wezen uit dat een voorjaarstoediening effectiever zou zijn dan een najaarstoediening. Een natte winter had uiteraard weinig effect op de uitspoeling na een voorjaarstoediening. (Tabel 6).

Op basis van deze resultaten is het afgelopen jaar een experiment op De Noord uitgevoerd, waarbij een braakveldje bloedmeel werd toegediend, volledig door de grond gemengd, boven op de grond aangebracht en bovenop een strodek aangebracht. In een controle-experiment werd geen bloedmeel toegediend. Het N-min gehalte in de laag 0-30 cm werd vervolgens gevolgd. Uit de metingen bleek inderdaad dat de stikstof uit bloedmeel zeer snel beschikbaar kwam. De voorspelling van de berekeningen blijken experimenteel dus te kloppen. Op basis daarvan wordt het thans afgeraden om bloedmeel in het najaar toe te dienen. Voor de overige bedrijven en teelten moeten nog vergelijkbare berekeningen worden uitgevoerd op het gebied van mestgift, vruchtopvolging etc.

#### 4. Samenvatting en conclusies

Voor het schatten van de beschikbare hoeveelheid minerale stikstof uit organische mest zijn drie berekeningssystemen met elkaar vergeleken door gebruik te maken van gegevens die afkomstig waren van diverse praktijk- en proefpercelen uit de biologische akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en bollen teelt. NDICEA en ROTASK zijn dynamische simulatiemodellen en XCLNCE is een spreadsheet die is ontwikkeld op basis van meer eenvoudige rekenregels. Voor alle berekeningen gold dat er een positief verband bestond tussen de gemeten en de berekende hoeveelheden minerale stikstof. Echter, NDICEA overschatte de aanwezige voorraad gemiddeld gesproken, terwijl ROTASK deze onderschatte. Schattingen op basis van XCLNCE gaven gemiddeld een nog sterkere overschatting van voorraden dan NDICEA. Bij het opzetten van XCLNCE bleek dat gebruik maken van dagelijkse neerslaggegevens en standaard evapotranspiratie gegevens, het resultaat aanzienlijk werd verbeterd (Zwart, 2001). Die aanpassing is nog niet verwerkt in de resultaten die hier werden gepresenteerd, behalve voor het biologische bloembollenperceel op de Noord. De 'voorspelling' van de situatie onder de bouwvoor bleek voor de dynamische simulatiemodellen veel minder nauwkeurig te zijn dan voor de bouwvoor zelf.

Wanneer de rekenmethoden redelijk betrouwbare resultaten geven ligt waarschijnlijk hun grootste kracht in het doorrekenen van bemestingsscenario en teeltsenario's. Immers voor biologische telers zijn korte-termijn ingrepen vaak moeilijk realiseerbaar. Het grootste voordeel van rekenen voorafgaand aan meten is dat experimenteel onderzoek naar verschillende bemestingen en teeltsystemen tijdrovend is en

bovendien erg duur. Ook moet men de variatie van gemeten waarden niet onderschatten.

Bovendien is het mogelijk om ook andere aspecten van de teelt door te rekenen, zoals emissie van stikstof naar het grondwater, denitrificatie en lange-termijn organische stofontwikkeling in de bodem.

Daarom kan voorzichtig worden geconcludeerd dat het gebruik van dergelijke rekenmodellen behulpzaam kan zijn, niet alleen voor biologische teeltsystemen maar ook voor andere.

## 5. Literatuur

- Beijer, L. & H. Westhoek, 1996. Meststoffen in de rundveehouderij, samenstelling werking en gebruik. Informatie- en Kennis Centrum Landbouw, Ministerie van LNV.
- Bradbury, N.J., A.P. Whitmore, S. Hart & D.S. Jenkinson, 1993. Modelling the fate of nitrogen in crop and soil in the years following application of <sup>15</sup>N-labelled fertilizer to winter wheat. *Journal of Agricultural Science* 121: 363-379
- Habets, A.S.J. & G.J.M. Oomen, 1993. Modelling van de stikstofdynamiek binnen gewasrotaties in de biologische landbouw: N-DICEA. Wageningen universiteit, 45 pp.
- Janssen, B.H., 1984. A simple model for calculating decomposition and accumulation of 'young' soil organic matter. *Plant and Soil*, 76, 297-304
- Jongschaap, R.R.E., 1996. ROTASK 1.0: a dynamic simulation model for continuous cropping and tillage systems: reference manual. AB-DLO rapport, 40 pp.
- Kortleven J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Verslagen Landbouwkundig Onderzoek 69
- Lammers, H.W., 1983. Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland. Wageningen, consulentenschap voor bodemaangelegenheden in de landbouw, 44 pp.
- Lammers, H.W., 1984. Een berekende N-werkingscoëfficiënt voor diverse organische mestsoorten. *De Buffer* 1984-5, 169-197
- Zwart, K.B., 2001. XCLNCE, een Excel spreadsheet voor stikstof en koolstof in de bodem, op basis van rekenregels. Alterra rapport in druk

# Timing en plaatsing van organische mestgiften in de biologische akkerbouw

Peter de Willigen<sup>1</sup>, Wim van Dijk<sup>2</sup>, Bram de Vos<sup>1</sup> & Marius Heinen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Alterra, Wageningen

<sup>2</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

## 1. Inleiding

In de biologische en geïntegreerde landbouw is een groot gedeelte van de nutriënten afkomstig uit organische mest. Afhankelijk van de mestsoort is een groter of kleiner deel van de nutriënten aanwezig in organische vorm en dient dus eerst te worden omgezet in voor de plant opneembare anorganische (minerale) vorm. Deze omzetting wordt bewerkstelligd door micro-organismen en is daarmee afhankelijk van de omstandigheden die de activiteit van micro-organismen bepalen. Vooral bodemtemperatuur en vochtgehalte zijn in dit opzicht belangrijk. Idealiter zou mineralisatie van nutriënten zodanig moeten optreden, dat deze, zowel wat tijdstip als plaats betreft, correspondeert met de behoefte van het gewas en met de positie van het wortelstelsel. Bij toediening van mest spelen dus met andere woorden twee aspecten een rol: het tijd- en het plaatsaspect.

De verwachting is dat door een verbeterde toediening van organische meststoffen, wat betreft tijdstip en plaats in de bodem, de benutting door het gewas geoptimaliseerd kan worden. Door een hogere opname van nutriënten door het gewas wordt de opbrengst verhoogd of kan eenzelfde opbrengst worden gerealiseerd met minder mest. Beide opties houden de nutriëntenverliezen naar de omgeving laag.

Dit artikel zal het tijd- en plaatsaspect behandelen, en illustreren met zowel modelberekeningen als experimentele resultaten.

## 2. Modelbeschrijving

### 2.1 Algemeen

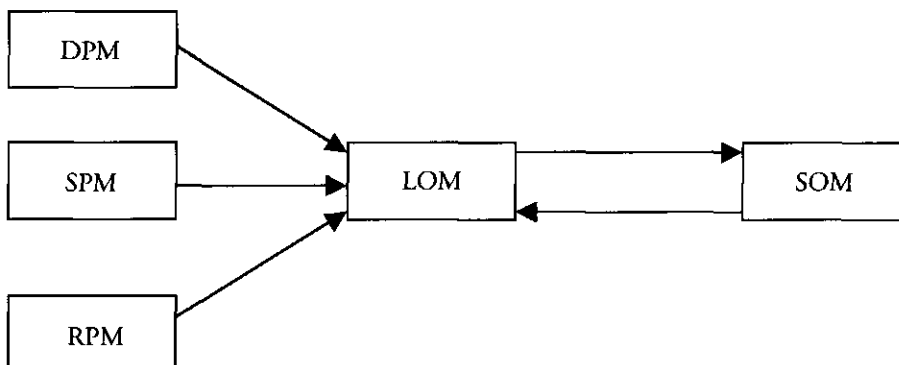
De modelberekeningen zijn toegespitst op stikstofaanbod en -opname. Deze berekeningen zijn gemaakt met het model FUSSIM2 (Heinen & De Willigen, 1998) dat water- en stoffentransport en -opname berekent, en het aan FUSSIM2 gekoppelde model MOTOR (Whitmore, 1995), dat de netto mineralisatie (bruto mineralisatie minus immobilisatie) berekent.

Voor details van opzet, veronderstellingen en oplosmethode van beide modellen wordt verwezen naar de eerder genoemde publicaties. Hier zullen alleen enige onderdelen van de modellen worden besproken.

### 2.2 Fussim2

Dit model beschrijft de N-opname die wordt bepaald door de transportmogelijkheden van N naar de wortels en de vraag door het gewas. Transport van N vindt plaats via het watertransport waarmee opgeloste stoffen waaronder N worden meegevoerd en als gevolg van concentratiegradiënten. De laatste ontstaan bijvoorbeeld doordat de wortels N opnemen waardoor de N-concentratie daalt in de nabije omgeving van de wortels. Het watertransport hangt af van de wateropname door plantenwortels die wordt berekend met behulp van de wortel- en bodemweerstand en de transpiratie.

Fussim2 houdt rekening met zowel de verticale als horizontale verdeling van vocht en nutriënten. In het



Figuur 1. Schema van het modelconcept voor organischestofdynamiek

Tabel 1. Parameters van de organische stof module

Bron	Afbraakconstante (per dag)	Omzettingscoëfficiënt(-)	C/N (-)	Product
DPM	1.15E-3	0.4	6	LOM
SPM	4.93E-4	0.3	150	LOM
RPM	1.64E-5	1.0	100	LOM
LOM	2.70E-4	0.25	15	SOM
SOM	1.40E-5	0.2	11.5	LOM

verticale vlak is het maaiveld de bovengrens terwijl de ondergrens naar wens kan worden ingesteld, bijvoorbeeld de grondwaterstand, de diepte van de ondoorlatende laag, enzovoort. De grenzen van het horizontale vlak hangen veelal af van de gewasstructuur. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan de bewortelde zone aan weerszijden van een gewasrij.

Het model kan ook in één-dimensionale vorm gebruikt worden, zoals in paragraaf 3 gebeurt.

### 2.3 Motor

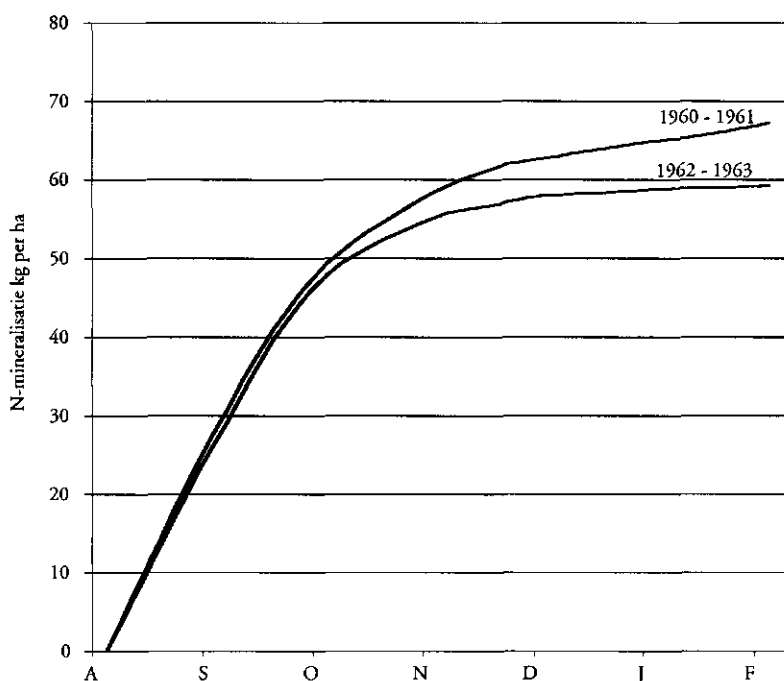
Motor beschrijft het N-aanbod via de opbouw en afbraak van organische stof. De hier gebruikte module is ontleend aan Verberne *et al.*, (1995) en is schematisch weergegeven in Figuur 1. De aan de bodem toegevoegde organische stof (gewasresten, organische mest) wordt verdeeld in drie fracties: makkelijke afbreekbaar (DPM), structureel (SPM) en resistent materiaal (RPM). De organische stof in de bodem wordt verdeeld in de labiele (LOM) en een stabiele fractie (SOM). Uit DPM, SPM en RPM wordt LOM gevormd, terwijl uit LOM SOM wordt gevormd. Welk deel van de ene fractie wordt omgezet in de andere wordt

aangegeven met de omzettingscoëfficiënt. De snelheid waarmee dit plaatsvindt hangt af van de temperatuur en het vochtgehalte. Uit de afbraak en opbouw van de organische stofcomponenten is het vrijkomen of vastleggen van minerale stikstof te berekenen met behulp van het C/N-quotiënt van de fracties. Tabel 1 toont de waarde van de parameters.

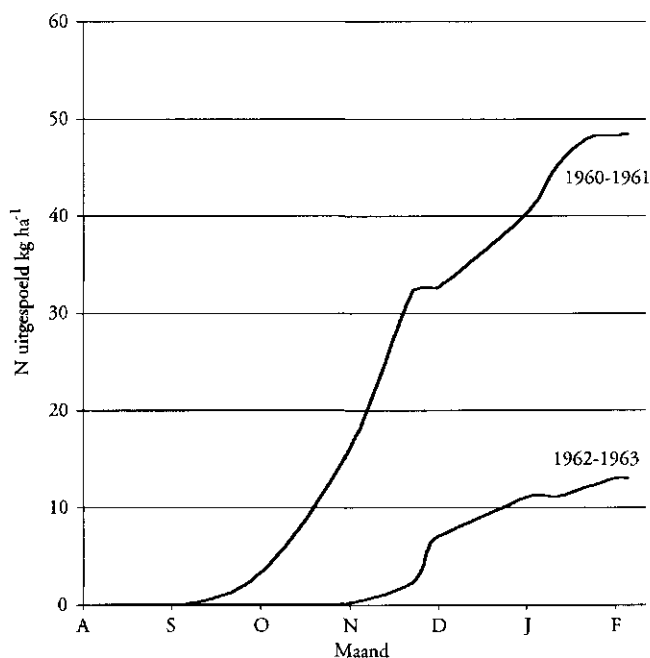
## 3. Synchronisatie van aanbod en vraag

### 3.1 Algemeen

Planten nemen stikstof op in anorganische vorm vanuit de bodemoplossing. Deze stikstof wordt aangevuld via mineralisatie uit organisch materiaal (organische stof bodem, gewasresten en organische mest). Voor een optimale productie is het van belang dat de omvang van de mineralisatie in de tijd zo goed mogelijk overeenkomt met het opnamepatroon van het gewas. Een belangrijk sturingsinstrument hierbij is het toedieningstijdstip van organische mest. Hierbij spelen een tweetal aspecten een rol, nl. de verliezen tussen toediening en aanvang van het



Figuur 2. Verloop mineralisatie op een zandgrond (Zandb1, Wösten *et al.*, 2001) van een in de herfst aangewende gift van 18 ton vaste rundermest in een seizoen met hoge temperatuur (1960-1961) en één met lage temperatuur (1962-1963)



Figuur 3. Het verloop van de uitspoeling op een zandgrond (Zandb1) in de seizoenen 1960-1961 en 1962-1963

groeiseizoen (van belang bij herfsttoediening) en het mineralisatiepatroon gedurende het groeiseizoen.

### 3.2 Aanwending van organische mest ver voor het groeiseizoen.

In een aantal situaties wordt organische mest ver voor het groeiseizoen toegediend. Dit is bijvoorbeeld het geval bij gebruik van drijfmest op kleigrond, waar vanwege risico's van structuurschade de mest vaak al in de herfst wordt toegediend. Ook vaste mest wordt vaak vroeg toegediend om de N tijdig vrij te laten komen. In beide situaties bestaat het risico van verliezen in de periode tussen aanwending en opname. Hoe groot de verliezen zijn hangt weer af van de weersomstandigheden, van de aard van de toegediende mest en enigzins van de grondsoort.

Om de invloed van temperatuur en neerslag op de hoogte van stikstofverliezen te illustreren zijn een aantal berekeningen gemaakt. Uitgangspunt is een bemesting van 18 ton per ha vaste rundermest met een totaal van 95 kg per ha organische stikstof gegeven begin September op een zandgrond (zandb1, Wöst *et al.*, 2001). Er is nagegaan hoeveel van de gemineraliseerde stikstof verloren is gegaan door uitspoeling in de periode oktober-maart. Onder uitspoeling wordt het transport over de ondergrens, die op 80 cm onder het maaiveld is ingesteld, verstaan. De mest wordt op basis van de koolstof/ stikstofverhouding (C/N quotiënt) verdeeld over drie fracties DPM, SPM en RPM (Verberne, 1995, zie ook Figuur 1). Uit beschikbare weersgegevens van het weerstation van de LUW in Wageningen over de jaren 1954-1999, is een keus gemaakt voor een natte warme winterperiode (1960-1961, gemiddelde temperatuur 7.4° C, totale neerslag 641 mm) en een koude droge winterperiode (1962-1963, gemiddelde temperatuur 1.0° C, totale neerslag 272 mm).

#### 3.2.1 Invloed van de temperatuur op mineralisatie en uitspoeling

Om de invloed van de temperatuur na te gaan is in eerste instantie is voor beide perioden stationair watertransport aangenomen met eenzelfde flux van water door het profiel: 1.5 mm per dag. Het vochtgehalte in het profiel was zo gekozen dat de mineralisatie alleen afhangt van de temperatuur.

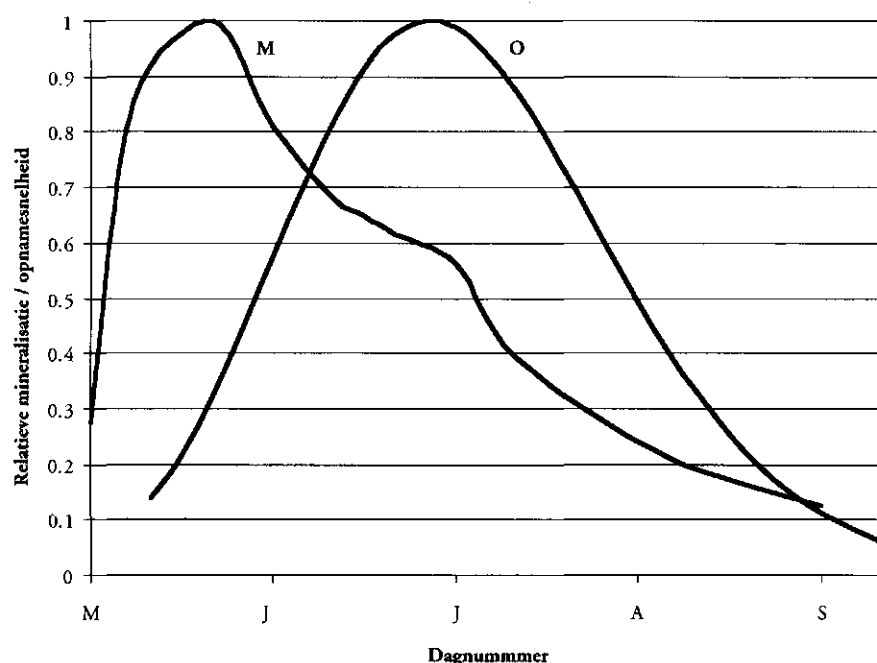
Figuur 2 toont de cumulatieve productie van minerale stikstof gedurende 150 dagen na 1 September (dag 244). In het begin (September en de eerste helft van October) ontlopen de temperaturen van de beide jaren elkaar niet zoveel waardoor de mineralisatie gelijk opgaat. Later worden de temperatuurverschillen groter wat uiteindelijk resulteert in een verschil van 8 kg per ha na 150 dagen.

De uitspoeling bleek voor beide seizoenen uiteen te lopen van 38 kg per ha in 1962-1963 tot 40 kg per ha in 1960-1961. Dit houdt in dat een groter percentage van de gemineraliseerde hoeveelheid verloren gaat in de periode 62-63 dan in 60-61 (64 en resp. 60%).

#### 3.2.2 Invloed van het weer op mineralisatie en uitspoeling

Natuurlijk verschilt het weer in beide perioden niet alleen wat de temperatuur betreft, ook andere weersvariabelen, waarvan hier de neerslag de belangrijkste is, vertonen verschillen. Er zijn daarom berekeningen gemaakt waarbij rekening is gehouden met alle relevante weersvariabelen. De mineralisatie blijkt nu vrijwel hetzelfde verloop te hebben als getoond in Figuur 2, de temperatuur is dus bepalend geweest voor de omzetting van organische stof.





Figuur 4. Verloop van mineralisatiesnelheid (aangeduid met M) van stikstof uit organische bemesting – relatief t.o.v. de hoogste waarde, en van de gewenste stikstof-opnamesnelheid (O) van een aardappelgewas

Niet alleen de neerslaghoeveelheid maar ook het neerslagpatroon is verschillend. In 1960-1961 valt vooral vanaf oktober veel meer regen. Dit komt tot uiting in de toename van de uitspoeling vanaf dit tijdstip, zoals in Figuur 3 te zien is. De totale uitspoeling in het seizoen 1960-1961 bedraagt 48 kg per ha (72% van de gemineraliseerde hoeveelheid), in het seizoen 1962-1963 bedraagt de uitspoeling slechts 13 kg per ha (22% van de gemineraliseerde hoeveelheid).

De voorbeelden maken duidelijk dat met name de neerslag in herfst en vroege winter bepaalt hoeveel uitspoelingsverliezen er optreden. Er kunnen aanzienlijke verliezen optreden in de orde van tientallen procenten van de aanvoer van organische N.

De resultaten van de modelberekeningen geven aan dat het gunstig kan zijn om mest pas in het voorjaar toe te dienen. Dit geldt nog sterker voor drijfmest omdat deze in verhouding meer minerale N bevat dan vaste mest. Daar waar op zandgrond drijfmesttoediening in het voorjaar standaard wordt toegepast bestaat er op kleigrond veel huiver vanwege de risico's van structuurschade. Onderzoekresultaten geven een wisselend beeld. Uit onderzoek van Titulaer (1997) op kleigrond bij zowel aardappelen als suikerbieten bleek dat voorjaarstoediening leidde tot een aanzienlijk betere benutting van N (Titulaer, 1997). Deze proeven zijn echter uitgevoerd op lichte kleigronden waar geen sprake was van structuurschade als gevolg van mesttoediening. Bij onderzoek op zware rivierkleigrond bij het gewas snijmais was dit wel het geval

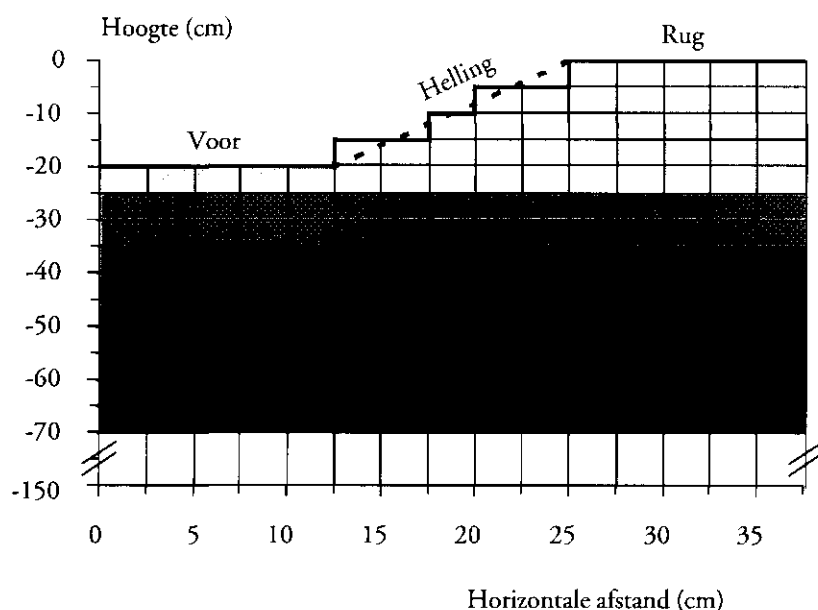
en pakte voorjaarstoediening niet veel beter uit dan herfsttoediening (Schröder & Van Dijk, 1995).

### 3.2 Aanwending vlak voor het groeiseizoen

Toediening van mest vlak voor het groeiseizoen verkleint weliswaar de kans op vroegtijdige uitspoelingsverliezen, de vraag is wel of het mineralisatiepatroon overeenstemt met de N-opname van het gewas. Hoe de mineralisatie en de opname-eis van het gewas verlopen gedurende het groeiseizoen wordt geïllustreerd in Figuur 4. Hierin worden de mineralisatiesnelheid van organische mest zoals bepaald door de temperatuur in een gemiddeld jaar en de eis van een aardappelgewas getoond als functie van de tijd, beide t.o.v. de hoogste waarde. De mest is verondersteld ongeveer een week voorafgaande aan de groei van het gewas te zijn gegeven. De mineralisatiesnelheid blijkt zijn maximum eerder te bereiken dan de eis van het gewas. Dat hoeft op zichzelf natuurlijk niets af te doen aan de beschikbaarheid, zolang geen verliezen vanuit de wortelzone optreden door uitspoeling en/of denitrificatie, maar naarmate verloop van mineralisatie en vereiste gewasopname verder uiteenlopen groeit ook het risico van verliezen.

## 4. Synlocalisatie van aanbod en vraag

Naast de eis van synchronisatie is er ook de eis van synlocalisatie, productie van anorganisch N moet in principe in wortelzone plaatshebben. Dat vergt niet alleen eisen aan tijdstip van bemesting maar ook aan plaats waar bemesting wordt toegediend. Plaatsing kan zowel in het



Figuur 5. Schematische voorstelling van een aardappelrug gebruikt voor het simulatiemodel FUSSIM2. De hokjes stellen de rekenelementen van het model voor. De arceringen stellen de laagverdeling voor

horizontale als het verticale vlak verschillen van een volveldstoediening.

#### 4.1 Effecten van verticale plaatsing

De Vos & Heinen (1999) hebben berekeningen gemaakt over de betekenis van verdeling van stikstof in een aardappelrug voor de mogelijkheden van opname van een aardappelgewas. De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het model FUSSIM2 (Heinen & De Willigen, 1998). Anders dan in de vorige voorbeelden is FUSSIM2 hier in 2-dimensionale vorm gebruikt om de geometrie van de aardappelrug te kunnen simuleren. Hieronder volgt een beknopte beschrijving van de gebruikte parameters en invoergegevens. Deze corresponderen met de omstandigheden van een proef zoals die in 1998 op de Lovinkhoeve heeft plaatsgevonden.

##### 4.1.1 Samenvatting invoergegevens

###### Geometrie en profielopbouw

Voor de simulatieberekening is gekozen om een aardappelrug gelegen midden tussen twee drains. Omdat er weinig verschillen in de horizontale verdeling van water zijn waargenomen kan worden volstaan met een simulatie van een enkele rug. De twee-dimensionale voorstelling van de aardappelrug is weergegeven in Figuur 5.

De elementen in Figuur 5 stellen de rekenenheden van FUSSIM2 voor. De totale diepte van het profiel (onder de rug) werd gesteld op 100 cm, met een constante grondwaterspiegel op 100 cm. De rijafstand was 75 cm, en de halve rijafstand werd beschouwd, waarbij de voor, de helling en de rug ieder 1/3 deel omvatten. Vanwege

symmetrieoverwegingen zijn de linker- en rechterrand ondoorlatend verondersteld. Aan de bovenrand vindt input van water via neerslag plaats en verdwijnt water door verdamping. De profielopbouw met bijbehorende fysische eigenschappen is die volgens De Vos (1997).

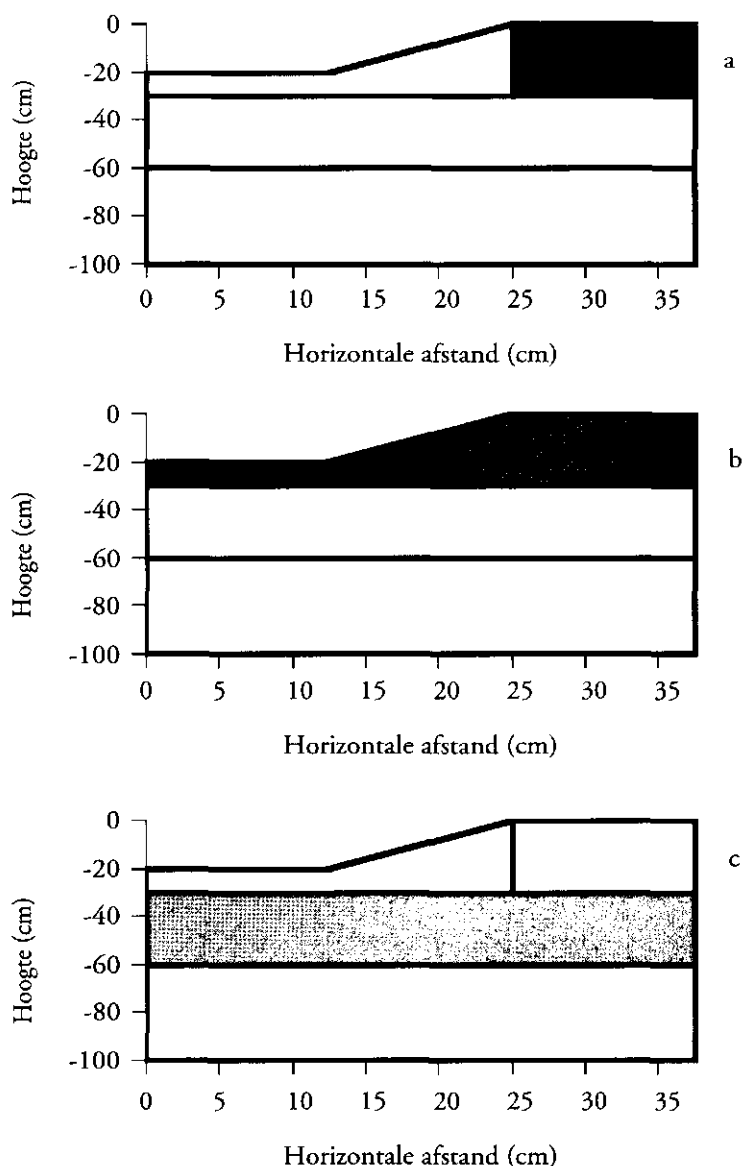
###### Gewasparameters

De benodigde *LAI*-gegevens zijn ontleend aan Van den Broek & Kabat (1995; jaar 1987, natte behandeling). De wortelgroei is gesimuleerd met een model (De Willigen *et al.*, 2002), dat wortelgroei beschrijft als een diffusieproces, met een constante dagelijkse toename aan wortelbiomassa van 1.76 kg per ha per dag (Jefferies, 1993) en een specifieke wortelsterftesnelheid 0.02 per dag.

###### Stikstof

Voor N geldt dat er over de linker-, rechter- en bovenrand geen transport plaatsvindt. Over de onderrand vindt alleen transport naar beneden plaats indien er water naar beneden stroomt; eenmaal uitgespoeld N zal dus niet meer terugkeren. Er is geen N-bemesting uitgevoerd, en er heeft geen N-depositie plaatsgevonden. Er werd niet gebruik gemaakt van de modules om (de)nitrificatie en ammonium adsorptie te berekenen.

De benodigde N-opnamesnelheid is berekend zoals weergegeven in Figuur 4. De berekeningen zijn gemaakt voor drie initiële verdelingen van de voorraad minerale stikstof (122 kg per ha) in de rug. In Figuur 6 zijn de drie verschillende initiële N<sub>min</sub> verdelingen weergegeven: a) alle N in de rug, of b) alle N gelijkmatig verdeeld over de laag 0-30 cm, of c) alle N in de laag 30-60 cm. Situatie c) zou zich voor kunnen doen wanneer N bemesting in het najaar heeft plaatsgevonden waarbij in een natte winter en voorjaar



Figuur 6. Schematische weergave van drie initiële Nmin verdelingen: a) in de rug, b) in de laag 0-30 cm (bovenin), en c) in de laag 30-60 cm (onderin)

de N is uitgespoeld naar diepere bodemlagen. Situatie c) kan zich ook voordoen indien de mest diep is ondergeploegd. Situaties a) en b) kunnen gezien worden als specifieke vormen van plaatsing van mest voorafgaand aan het poten.

De N-mineralisatiesnelheid is gebruikt zoals die is gemeten in de rug. Deze bedraagt afhankelijk van de tijd in het groeiseizoen 0.5-1 kg per ha per dag.

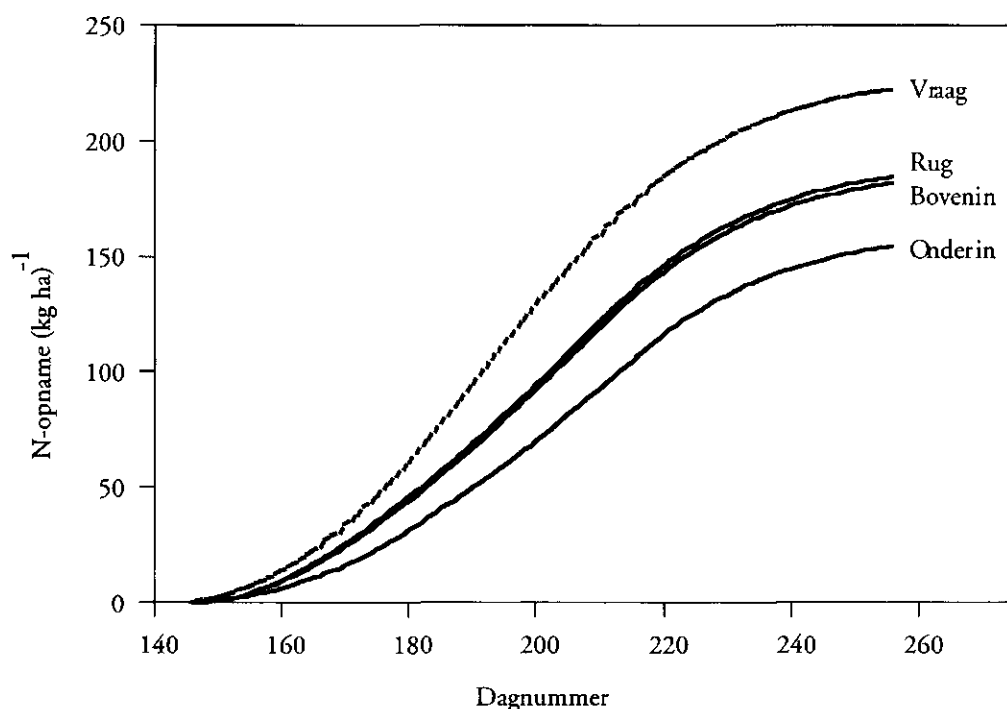
#### 4.1.2 Resultaten

De gerealiseerde N-opname voor de drie situaties is weergegeven in Figuur 7, waarin ook de opgelegde vraag (gelijk voor de drie situaties) is opgenomen. De gerealiseerde N-opname voor situatie c) is duidelijk een stuk lager dan die van situaties a) en b). Het verschil tussen situaties a) en b) is gering. Het is duidelijk dat voor het gewas aardappel, dat niet zo'n groot wortelstelsel ontwikkelt, het gunstig is om bij aanvang van de teelt de

initiële Nmin bovenin het bodemprofiel te hebben. Het resultaat kan niet zonder meer vertaald worden naar de praktijk. De berekeningen zijn bedoeld als illustratie met als aanname dat afgezien van de initiële N-verdeling alle overige omstandigheden gelijk aan elkaar zijn geweest.

Volledigheidshalve is in Tabel 2 de massabalans voor N voor de drie situaties gegeven. Er was geen noemenswaardige uitspoeling naar het grondwater, althans niet in het groeiseizoen, maar de behandeling C (bemesting onder de rug) laat tweemaal zoveel N achter, die vervolgens in herfst en winter kan uitspoelen.

De Willigen *et al.*, (1995) hebben bij eerdere simulaties gekeken naar het effect van de initiële N verdeling in de rug: uniforme verdeling in de laag 0-20 cm (ten opzichte van bovenkant rug) in vergelijking tot plaatsing van N in de bovenste 3 cm (rug, helling, voor). Er werd geen effect op



Figuur 7. Gerealiseerde N-opname bij drie verschillende initiële Nmin verdelingen gegeven een opgelegde vraag

N-opname gesimuleerd voor een matig lichte zavelgrond, maar wel een effect voor een leemarme fijne zandgrond. Voor de zandgrond had plaatsing in de eerste 3 cm, waar de worteldichtheid het hoogst was, een gunstig effect op de totale N-opname. Dit heeft te maken met de ongunstiger hydraulische eigenschappen van de zandgrond die eerder uitdroogt waardoor transport van relatief ver van de wortels gelocaliseerde stikstof wordt bemoeilijkt. Met andere woorden, conclusies over het nut van plaatsing moeten plaatsvinden in combinatie met het gekozen bodemtype.

Een ondiepe toediening van mest betekent vaak dat deze dan het beste na het ploegen kan worden toegediend. Een nadeel is dat de kans op structuurschade dan toeneemt omdat met relatief zware machines over geploegd land wordt gereden. Ervaringen bij het gewas snijmaïs, waarbij de mest zowel voor als na het ploegen is toegediend, waren sterk wisselend (Schröder & Ehlert, 1998). Er waren aanwijzingen dat met name in natte voorzomers mesttoediening na het ploegen gunstig was. Op natte, lage percelen pakte het in het algemeen minder goed uit. Waarschijnlijk speelt structuurschade dan een rol.

Bij aardappelen zijn ook goede resultaten geboekt met het toedienen van drijfmest tussen poten en opkomst (Uenk & de Boer, 1996; Pauw, persoonlijke mededeling). Door de mest vlak voor het aanaarden toe te dienen wordt deze door het aanaarden ondiep in de rug gewerkt.

#### 4.2 Effecten van horizontale plaatsing.

Met name bij gewassen die op een ruime rijenafstand worden geteeld mogen ook positieve effecten van horizontale plaatsing worden verwacht. Dit wordt bevestigd door onderzoek waarbij gewassen als snijmaïs, bonen, broccoli en prei gunstig reageerden op stikstof- en/of fosfaatrijenbemesting (van Geel, 1999). In genoemd onderzoek is meestal gebruik gemaakt van kunstmest omdat deze eenvoudig als rijenbemesting is toe te dienen. Bij snijmaïs zijn echter ook proeven uitgevoerd waarbij runderdrijfmest in de rij is toegediend (Tabel 3). In de proefserie van Schröder *et al.*, (1997) is eerst de mest toegediend en vervolgens is in een tweede werkgang de maïs vlak naast de mestsleuven gezaaid. In de proefserie van Van der Schoot & Van Dijk (2001) is gebruikt gemaakt van een machine waarbij de mesttoediening in één werkgang is gecombineerd met het zaaien van de maïs. Rijnenbemesting

Tabel 2. N-balans voor het voorbeeld met drie verschillende initiële Nmin verdelingen

Post	Rug	Bovenin (0-30 cm)	Onderin (30-60 cm)
Initieel	122	122	121
Mineralisatie	87	87	87
Opname	184	182	154
Eind	24	27	54

Tabel 3. Effect van toedieningswijze van runderdrijfmest op opbrengst en stikstof- en fosfaatoverschot van snijmaïs

Bron	Mestgift (m <sup>3</sup> /ha)	Opbrengst (ton ds/ha)		N-overschot (kg/ha)		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -overschot (kg/ha)	
		Volvelds	Rij	Volvelds	Rij	Volvelds	Rij
Schröder et al., 1997	0	10,10	-	-110	-	-46	-
	30	11,90	12,70	-23	-30	-5	-9
V/d Schoot & van Dijk, 2001	0	11,83	-	-106	-	-47	-
	15	11,70	13,24	-47	-65	-29	-33
	30	12,57	14,53	2	-29	-11	-15
	50	14,24	15,63	54	30	13	8

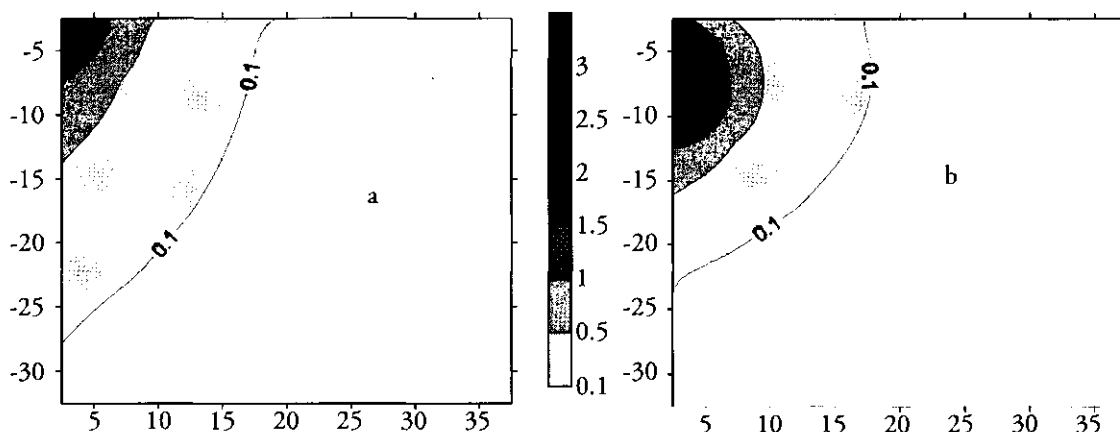
gaf een duidelijk beter resultaat dan volveldse toediening. De opbrengsten waren hoger, terwijl de stikstof- en fosfaatoverschotten afnamen. Uit de proefserie van Van der Schoot & Van Dijk bleek bijvoorbeeld dat rijenbemesting met 30 m<sup>3</sup> per ha een vergelijkbare opbrengst gaf met een volveldse gift van 50 m<sup>3</sup> per ha. Door de mest te plaatsen kon eenzelfde opbrengstniveau worden behaald met een lagere gift.

De wortelontwikkeling zelf wordt beïnvloed door de plaats van toedieningen van mest. Waar een wortelstelsel verhoogde concentraties nutriënten aantreft worden meer wortels gevormd (Drew, 1975). In Figuur 8 staan gegevens van Schröder *et al.*, (1996; 1997) over gevormde wortelstelsels van snijmaïs bij volvelds en bij rijenbemesting. De spreiding van het wortelstelsel in het geval van rijenbemesting is in verticale richting groter dan in horizontale, de wortels blijven dus dicht bij de plant. Bij volveldsbemesting is de spreiding in horizontale richting (iets) groter dan in verticale richting. Dit houdt in dat na verloop van tijd de wortels van de volveldsbehandeling stikstof onttrekken van grotere horizontale afstand dan de wortels bij rijenbemesting. De wortels zoeken als het ware de nutriënten op.

## 5. Discussie en conclusies

In de biologische landbouw is de gewasproductie sterk gebaat bij een efficiënt gebruik van nutriënten uit organische mest. Dit betekent dat aanbod en vraag, zowel in de tijd als in de ruimte, zo goed mogelijk op elkaar moeten worden afgestemd.

De eis van synchronisatie geldt vooral voor een nutriënt als stikstof, waarvan de meest algemeen voorkomende minerale vorm in de grond (nitraat) zich geheel in de bodemoplossing bevindt en met bijna dezelfde snelheid als water door het bodemprofiel naar beneden wordt gevoerd. Hoe langer de periode tussen mesttoediening en het zaaien of poten, des te groter de kans dat als gevolg van uitspoeling de stikstof al vroegtijdig in diepere lagen terecht komt. Dit geldt vooral voor drijfmest omdat deze in verhouding veel minerale N bevat. Ook uit oogpunt van ondiepe plaatsing kan drijfmest dus het beste zo kort mogelijk voor poten/zaaien worden toegediend. De situatie ligt anders bij vaste mest. Deze wordt meestal vroeger toegediend omdat er meer tijd nodig is om de N te laten vrijkomen. Door het veel geleidelijker beschikbaar komen van de N is echter ook de kans op uitspoeling geringer. De resultaten in paragraaf 3 laten echter zien dat ook bij herfsttoediening van vaste mest behoorlijke uitspoelingsverliezen kunnen optreden bij



Figuur 8. Lijnen van gelijke worteldichtheid onder snijmaïs na 30 dagen bij rijenbemesting (a) en bij volveldsbemesting (b). De positie van de plant is in de linkerbovenhoek, de verticale as geeft de diepte onder maaiveld, de horizontale de afstand van de plant. Naar gegevens van Schröder *et al.*, (1996; 1997)

bemesting in de herfst voorafgaande aan de teelt. Uitspoelingsverliezen zijn hier gedefinieerd als transport over de grens van 80 cm onder maaiveld. Dit is een gemiddelde van de grootste diepte die het wortelstelsel bereikt voor akkerbouwgewassen. Stikstof die over deze grens naar onderen verdwijnt kan verondersteld worden voorgoed buiten bereik van de wortels te zijn, al zal wel eens wat stikstof met capillaire opstijging de wortelzone worden teruggevoerd.

Toch is het ook in geval van een beweeglijk nutriënt als stikstof van belang dat zeker in het begin van de teelt, met een bescheiden omvang van het wortelstelsel, voldoende minerale stikstof aanwezig is in de nabijheid van de wortels (Van Delden *et al.*, 2001). De resultaten van paragraaf 4 laten zien, dat , ook al zou stikstof binnen de uiteindelijke grenzen van de wortelomvang blijven, het belangrijk is dat zeker in het begin van het groeiseizoen voldoende stikstof aanwezig is in de bovenste lagen, in het geval van aardappel in de rug (Figuur 6, Tabel 2). Met name bij gewassen die op een ruime rijenafstand worden geteeld speelt ook horizontale plaatsing een rol zoals bleek uit onderzoek bij snijmaïs.

Zowel modelverkenningen als veldonderzoek geven dus aan dat een juiste timing en plaatsing belangrijk is voor een goede benutting van nutriënten uit organische mest. Dit stelt echter wel eisen aan de toedieningstechniek. Bij voorjaarstoediening van mest op kleigrond is het belangrijk dat gebruik wordt gemaakt van lichte apparatuur met de juiste bandenspanning. Dit geldt ook wanneer op zandgrond de mest niet voor maar na het ploegen wordt toegediend teneinde de mest zo hoog mogelijk in de bouwvoor te krijgen. Rijenbemesting met dierlijke mest vergt nog meer aanpassingen om in één werkgang zowel de mesttoediening te kunnen combineren met het zaaien of poten.

Bij de hier gepresenteerde resultaten en discussie is aangenomen dat het primaire doel van de organische bemesting is het aanbod van stikstof op peil te brengen. Er kunnen echter ook andere redenen zijn om organische bemesting toe te passen: een beoogde verhoging van het organisch stofgehalte van de bodem, of een verhoogd peil van andere nutriënten dan stikstof, met name fosfor. Wat dat laatste betreft: net als in het geval van stikstof moet organische fosfor ook eerst door micro-organismen in anorganische vorm gebracht worden alvorens door wortels opgenomen te kunnen worden. Anders echter dan nitraat wordt fosfor sterk door de bodem gebonden (veel sterker nog dan de andere anorganische N-vorm, ammonium), en is daarom veel minder onderhevig aan uitspoelingsverliezen. Deze verliezen kunnen dan ook verwaarloosd worden waar het de voorraad opneembare fosfor betreft. Dat betekent niet dat zij verontachtzaamd kunnen worden uit oogpunt van milieuverontreiniging. Terwijl het toedieningstijdstip van

mest voor de P-voorziening normaliter van minder belang is vanwege de geringe beweeglijkheid van fosfor, is plaatsing in de naaste omgeving van de wortels, juist om die reden, van groot belang zeker op een grond met gering aanbod van beschikbaar P. Met enige overdrijving kan men stellen dat voor stikstof vooral synchronisatie van belang is en voor fosfor synlocalisatie.

De verliezen die hier in beschouwing genomen zijn hebben alleen betrekking op uitspoeling. Daarnaast kunnen er ook verliezen optreden door denitrificatie, of zolang minerale N zich in de vorm van ammonium bevindt door vervluchtiging. Deze verliezen zijn echter normaliter (veel) kleiner dan de verliezen door uitspoeling uit de bewortelbare zone, zeker in herfst en winter.

Resultaten van modelberekeningen hangen af van het gebruikte model. Dat geldt met name voor de keuze van het model van de organische stofhuishouding en stikstof-mineralisatie. Waar berekening van transport van water en opgeloste stoffen kan steunen op natuurkundige wetten, zijn de grondslagen van organische stofafbraak veel onzekerder. Het hier gebruikte model heeft een vorm die algemeen gebruikt wordt: de afbraaksnelheid van een bepaalde fractie van de organische stof wordt gegeven door het produkt van de hoeveelheid van die stof en een snelheidscoëfficiënt. Dit betekent dat , afgezien van correctie voor de omstandigheden, de grootste snelheid optreedt in de periode vlak na de gift. Bij gebruik van een ander model dan beschreven in paragraaf 2 zouden de resultaten kwalitatief hetzelfde zijn.

Biologische landbouw zal vanwege het door haar beoogde zuinige gebruik van mest alsmede de dalende beschikbaarheid van toegelaten mestsoorten, meer nog dan thans efficiënt moeten omgaan met nutriënten. In zo'n situatie moet kritisch worden nagegaan bij welke combinatie van bodem, weer en gewas, de benutting gediend is met bemestingsstrategien die beter inspelen op de ruimtelijke en temporele dynamiek van aanbod en vraag. Modelverkenningen kunnen behulpzaam zijn bij het identificeren van die combinaties. Toekomstig onderzoek zou zich moeten richten op de vraag wanneer van het wortelstelsel de grootste prestatie – in termen van opname per eenheid wortel – wordt verwacht. De grootste absolute opname-eis valt in het geval van aardappel blijkens Figuur 3 omstreeks het midden van het groeiseizoen. De grootste eis per lengte-eenheid wortel zou zich wel eens veel vroeger kunnen aandienen. Van dit tijdstip en van de snelheid en patroon van wortelontwikkeling hangt af waar, wanneer, en hoe de mest moet worden toegediend.

## 6. Literatuur

- De Vos, J.A., 1997. Water flow and nutrient transport in a layered silt loam soil. PhD Thesis, Wageningen Universiteit Wageningen, 287 pp.
- De Willigen, P., M. Heinen, & B.J. van den Broek, 1995. Modelling water and nitrogen uptake of a potato crop growing on a ridge. In: A.J. Haverkort & D.K.L. MacKerron (Eds.), *Potato ecology and modelling of crops under conditions limiting growth* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 75-89.
- Drew, C., 1975. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytologist* 75: 479-490
- Heinen, M., & P. de Willigen, 1998a. FUSSIM2 A two-dimensional simulation model for water flow, solute transport and root uptake of water and nutrients in partly unsaturated porous media, *Quantitative Approaches in Systems Analysis* No. 20, DLO Research Institute for Agrobiological and Soil Fertility and the C.T. de Wit Graduate School for Production Ecology, Wageningen, The Netherlands, 140 pp.
- Heinen, M., & P. de Willigen, 1998b. From potential to actual evaporation of water at the soil surface. Internal Note, AB-DLO, Wageningen, 5 pp.
- Jefferies, R.A. 1993. Cultivar responses to water stress in potato: effect of shoot and roots. *New Phytologist* 123:491-498.
- Schröder, J.J. & P.A.I. Ehlert, 1998. Fosfaatbeheer bij de teelt van maïs. In: *Duurzame melkveehouderij en fosfaatmanagement*, AB-DLO, rapport nr. 22, p. 87-99.
- Schröder J.J., J. Groenwold & T. Zaharieva, 1996. Soil mineral nitrogen availability to young maize plants as related to root length density distribution and fertilizer application method. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44: 209-225.
- Schröder, J.J., L. ten Holte & G. Brouwer, 1997. Response of silage maize to placement of cattle slurry. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 249-261.
- Schröder, J.J. & W. van Dijk, 1995. Maïs telen met minder verlies van mineralen. Themadag maïs, naar een evenwicht tussen milieu en economie, Themaboekje nr. 19, PAGV, Lelystad, p. 12-37.
- Titulaer, H.H.H., 1997. Verliesarme toediening van dierlijke mest op zavelgrond. *PAV-Bulletin Akkerbouw* 1997/3, p.6-8.
- Uenk, J.H. & H. de Boer, 1996. Mesttoediening op kleigrond in het voorjaar: bouwland en maïsland. Verslag van het demoproject 1995. Informatie- en Kenniscentrum Landbouw en Mestbank, Ede, 42 pp.
- Van Delden, A., J.J. Schröder, M.J. Kropff, C. Grashoff & R. Booi, 2001. Simulation of attainable potato yield under different organic nitrogen management strategies: model development and explorations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (geaccepteerd).
- Van den Broek B.J., & P. Kabat, 1995. SWACROP: dynamic simulation model of soil water and crop yield applied to potatoes. In: P. Kabat, B. Marshall, B.J. van den Broek, J. Vos, and H. van Keulen, *Modelling and Parameterization of the Soil-Plant-Atmosphere System*. Wageningen Pers, Wageningen: 299-333.
- Van Geel, W.C.A., 1999. Besparing op stikstof- en fosfaatgift door aanpassing bemestingsmethoden. In: *Naar maatwerk in bemesting*, themaboekje nr. 22, PAV, Lelystad, p. 56-66.
- Van der Schoot, J.R. & W. van Dijk, 2001. Rijenbemesting met dierlijke mest in maïs maakt kunstmest overbodig. *PPO-Bulletin Akkerbouw* 2001/2, p. 13-17.
- Whitmore, A.P., 1995. Modelling the mineralization and leaching of nitrogen from crop residues during three successive growing seasons. *Ecological Modelling* 81:233-241.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot & J. Stolte, 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Alterra-rapport 153, Alterra, Wageningen.

# Groenbemesters en rustgewassen: noodzakelijke bouwstenen voor een optimale vruchtwisseling.

Wiepie van Leeuwen-Haagsma<sup>1</sup> & Jaap Schröder<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad

<sup>2</sup> Plant Research International, Wageningen

## Samenvatting

Groenbemesters en rustgewassen zijn waardevolle bouwstenen voor een biologische vruchtwisseling. Om ze echter ook waardevol in te zetten is niet alleen een goede kennis van deze gewassen nodig maar ook van de overige gewassen in het bouwplan. Een groenbemester of rustgewas is immers een schakel tussen twee andere componenten van de vruchtwisseling. Op diverse aspecten van deze gewassen wordt in dit artikel verder ingegaan. Met name de relatie met de bemestingsaspecten wordt verder uitgediept. In het slothoofdstuk wordt ingegaan op een optimale gebruik van de bouwstenen in de vruchtwisseling en bedrijfsvoering.

## 1. Inleiding

Vruchtwisseling is 'een zinrijk uitgedachte vruchtopvolging waarin de opeenvolgende gewassen in hoge mate gunstig op elkaar aansluiten' (Agrarische Winkler Prins uit 1954). In vele voorgaande artikelen is erop gewezen dat een zorgvuldig samengestelde vruchtwisseling en een daarmee samenhangend bemestingsplan, de basis vormen van een gezonde en productieve biologische bedrijfsvoering (Wijnands *et al.*, 2002a; Wijnands *et al.*, 2002b; Schröder & Van Leeuwen-Haagsma, 2002).

De vruchtwisseling heeft twee hoofdfuncties: 1) het voorkomen en/of beheersbaar maken van ziekten, plagen en onkruiden en 2) het instandhouden en/of verbeteren van de bodemvruchtbaarheid. Bodemvruchtbaarheid heeft betrekking op de bodemstructuur, het bodemleven en de voorraden aan nutriënten en organische stof. De bodemvruchtbaarheid wordt bepaald door de wisselwerking tussen gewassen, bodem, grondbewerking, bemesting en weer (klimaat). Bodemvruchtbaarheid verandert voortdurend in tijd en ruimte.

Bemesting in een biologisch systeem bestaat vooral uit het toevoegen van organische stof aan de bodem (organische meststoffen, gewasresten en groenbemesters). De voedingsstoffen komen hieruit vrij via mineralisatie. Voor een deel verloopt de vertering van ingebrachte organische stof snel. Het restant (de zogenaamde effectieve organische stof) verteert langzaam en draagt bij aan het instandhouden van de bodem-organische stof. Bemesten in de biologische

landbouw is het beheren van organische stromen. Beheren is bepalen welke gewassen geteeld worden, welke groenbemesters, wat er met de gewasresten gebeurt en hoe en wanneer ze ingewerkt worden, welke organische meststoffen gebruikt worden, in welke hoeveelheden en wanneer toegepast, etc. Dat alles bepaalt de mate waarin en het tijdstip waarop voedingsstoffen vrijkomen.

De hoeveelheid nutriënten die met externe bronnen aangevoerd kan worden, is beperkt door wet- en regelgeving en door eisen die het keurmerk stelt. Aan het relatieve tekort aan N (Schröder & Van Leeuwen-Haagsma, 2002) kan ook tegemoet gekomen worden door N uit vlinderbloemigen, hetzij in de vorm van hoofdgewassen dan wel groenbemesters. Een goede planning van de volgorde van gewassen, het toedieningstijdstip van mest en de inzet van vlinderbloemige hoofdgewassen en groenbemesters, draagt eveneens bij aan het nuttig gebruik van de beperkt beschikbare N. Bovendien ontstaat dan een specifiek, bedrijfseigen dynamisch patroon van bodemvruchtbaarheid. Relevante en homogene condities voor ieder gewas zullen dan niet alleen ervoor zorg dragen dat de kwaliteitsproductie gewaarborgd is maar dat ook de gewenste milieutechnische kwaliteit veiliggesteld wordt. Dat betekent dat bemesting en vruchtwisseling op elkaar afgestemd moeten worden. Het één loopt in het ander over. Dit artikel gaat dieper in op de rol en functie van groenbemesters en de zogenaamde rustgewassen in dit spel.

## 2. Groenbemesters en rustgewassen

### 2.1 Welk type groenbemester of rustgewas?

Onder groenbemesters verstaan we: gewassen geteeld tussen twee hoofdteelten met als hoofddoel de bodemvruchtbaarheid in stand te houden. Het betreft dus een bedrijfsinterne functie in de vruchtwisseling. De teelt van een groenbemester is niet gericht op een verkoopbare productie, al kan het onder sommige omstandigheden een bijproduct zijn.

Rustgewassen worden zo genoemd vanwege de overwegend positieve effecten van het verbouwen van deze gewassen op alle aspecten van de bodemvruchtbaarheid. Het betreft granen en gras-klaver- of luzerne weides. Ook peulvruchten worden hier vaak toe gerekend.



De bijdrage aan het beheer van de bodemvruchtbaarheid door groenbemesters en rustgewassen bestaat uit verschillende aspecten:

- bodemstructuur; organische stof toevoer, doorworteling, erosiepreventie (zie paragraaf 2.3);
- bodemleven; beheer bodemgebonden ziekten en plagen (zie paragraaf 2.4);
- nutriëntenvoorraden; N beheer (binden van lucht-N of tijdelijke verpakking van minerale N uit het bodemprofiel) (zie paragraaf 3).

Daarnaast kan een goed geslaagde groenbemester of rustgewas bijvoorbeeld ook bijdragen aan onkruidonderdrukking binnen het bouwplan (paragraaf 2.3). Groenbemesters en rustgewassen kunnen waardplant zijn voor ziekten en plagen maar ook voor natuurlijke vijanden. Groenbemester kunnen daarmee een rol spelen bij het beheer van de functionele biodiversiteit op het bedrijf (zie Booij *et al.*, 2002). In de volgende paragrafen wordt eerst ingegaan op de keuze van een groenbemester of rustgewas en worden de aspecten onkruidonderdrukking, bodemstructuur en ziekten en plagen nader uitgewerkt. In hoofdstuk 3 wordt dieper ingegaan op de N-opname, -binding en -overdracht van en door groenbemesters en rustgewassen.

#### Keuze groenbemester en rustgewas

Afhankelijk van de positie in de vruchtwisseling ligt bij de keuze van een groenbemester of rustgewas het accent op één van de boven genoemde functies of op een combinatie van deze functies. De keuze van het type groenbemester of rustgewas is bovendien afhankelijk van de grondsoort en klimaatgebonden mogelijkheden. Dat levert een aantal gezichtspunten voor de keuze van groenbemesters of rustgewassen op:

#### Praktische en economische aspecten van de teelt:

- groenbemester: slagingskans in afhankelijkheid van vestigingskans (droogte) en lengte groeiperiode (temperatuur, licht) en waar relevant verdraagzaamheid voor onderzaai;

- groenbemester: vorstgevoeligheid (niet wenselijk als hoofdgrondbewerking pas in voorjaar hoeft plaats te vinden);
- rustgewassen: afzetmogelijkheden, financieel rendement, oogstzekerheid, stabiliteit opbrengsten;
- onkruidonderdrukking en praktische mogelijkheden tot beheersing van onkruid, bijdrage aan beheersbaarheid op bedrijfsniveau;
- kosten van de teelt, benodigde arbeid en mechanisatie, inpasbaarheid in bedrijfsorganisatie.

#### Bodemstructuur en organischestofvoorziening:

- groenbemester: bijdrage van ingewerkte biomassa aan organische stof voorziening; hoeveelheid en type (C/N quotiënt, verteerbaarheid) biomassa, bovengronds en ondergronds;
- noodzaak tot herstel van bodemstructuur in de bouwvoor en/of ondergrond;
- rustgewas: bijdrage oogst-, stoppel- en wortelresten aan organische stof voorziening; hoeveelheid en type (C/N quotiënt, verteerbaarheid) biomassa, bovengronds en ondergronds;
- rustgewas: risico's voor oogst onder slechte omstandigheden.

#### Bodemleven en biodiversiteit:

- rol bij het populatiebeheer van bodemgebonden ziekten en plagen, met name aaltjes, maar ook rizoctonia, sclerotinia, etc.;
- waardplantgeschiktheid voor ziekten en plagen zoals slakken, emelten en ritnaalden;
- waardplantgeschiktheid voor natuurlijke vijanden, dekking voor fauna.

#### Nutriënten en organische stofbeheer:

- groenbemester: capaciteit om N te binden uit de lucht of om N vast te leggen vanuit de beschikbare minerale N in het bodemprofiel;
- rustgewas: noodzaak N aanvoer van buitenaf of capaciteit om zelf N te binden: evt. mogelijkheid om via achterlaten van een deel van het gewas (laatste snede van luzerne of

Tabel 1. Belangrijkste rustgewassen en groenbemesters

Groenbemesters	Hoofdgewassen
Rode klaver	Gras-klaver
Witte klaver	Luzerne
Perzische klaver	Gras
Wikke	Erwt
Gele mosterd	Stamslabonen
Bladrammenas	Wintertarwe
Facelia	Zomertarwe
Raaigras	Zomergerst
Winterrogge	Haver
	Triticale

gras/klaver bijvoorbeeld) extra N over te dragen aan volggewas;

- wijze waarop N weer vrijkomt, benutbaarheid (passendheid bij) voor volggewas, verliezen;
- rustgewas: afvoer van P en K, dus de mate van uitputting van de nutriëntenvoorraden.

Tabel 1 geeft de belangrijkste groenbemesters en rustgewassen weer zoals deze in de praktijk gebruikt worden.

Een groenbemester kan zeer nuttig zijn en een hoge toegevoegde waarde in de vruchtwisseling hebben. Het is evenwel niet terecht om van groenbemesters te verwachten dat ze alle fouten die elders in de vruchtwisseling gemaakt zijn (zoals onevenwichtige balansen van nutriënten en organische stof, teveel structuurbedervende hoofdgewassen achter elkaar) goed maken.

## 2.2 Structuur en onkruidonderdrukking

De mate waarin gewassen/groenbemesters de structuur bevorderen heeft met name te maken met de met de aard en hoeveelheid van het achter gelaten materiaal en de diepte en intensiteit van beworteling. Hoe langer de groeiperiode des te langer gewassen de kans krijgen om hun wortelstelsel te ontwikkelen. Onder gunstige omstandigheden kunnen wortels 3 cm per dag groeien. De diepte en intensiteit van beworteling is afhankelijk van het gewas, de aanwezigheid van voedingsstoffen en de structuur. De hoeveelheid bovengrondse massa is niet altijd een goede maat voor de hoeveelheid ondergronds geproduceerde wortels. Granen en grassen produceren relatief veel wortels, kruisbloemige groenbemesters relatief weinig.

De mate van onkruidonderdrukking is zowel bij de hoofdgewassen als bij de groenbemesters een belangrijke eigenschap. Gewassen als gras-klaver, luzerne en gras en de groenbemesters gele mosterd, bladrammenas en winterrogge staan bekend als gewassen met een zeer goede onkruidonderdrukking. Gras-klaver, luzerne en gras (verbouwd als hoofdgewas) worden bovendien regelmatig gemaaid. Hierdoor is het ook mogelijk om wortelonkruiden effectief te bestrijden. Ook vlinderbloemige groenbemesters zijn goede onkruidonderdrukkers mits gezaaid onder dekvrucht. Zomergranen onderdrukken onkruid in het beginstadium weinig, maar goed als het gewas eenmaal gesloten is. Bovendien biedt het gewas uitstekende mogelijkheden het onkruid te bestrijden, zeker wanneer een ruimere rijafstand schoffelen mogelijk maakt. Wintergranen ontwikkelen zich in het najaar erg traag. In deze periode is er met name bij wintertarwe nauwelijks sprake van onkruidonderdrukking. Wanneer het gewas uit de winter komt is het onkruid vaak al te groot om nog te bestrijden met een eg. Triticale scoort wat dit betreft beter omdat deze in het najaar sneller de grond bedekt en in het voorjaar een dicht en voor onkruid verstikkend gewas vormt. De vlinderbloemige hoofdgewassen erwt en stamslaboon zijn slechte onkruidonderdrukkers. Mechanische onkruidbestrijding is mede daardoor niet altijd even effectief,

bovendien kunnen deze gewassen daarvan enige schade ondervinden.

## 2.3 Ziekten en plagen

Groenbemesters en rustgewassen kunnen ziekten en plagen aantrekken en vermeerderen. We zullen hier met name ingaan op de wisselwerking tussen groenbemesters, rustgewassen en de overige gewassen in het bouwplan. Door de vaak ruimere vruchtwisseling op de biologische bedrijven komen problemen met ziekten door het telen van groenbemesters en rustgewassen nauwelijks voor. Ziekten waar met de keuze van groenbemester en rustgewas wel rekening mee gehouden moet worden zijn voornamelijk Sclerotinia, rizoctonia en knolvoet. Anders dan ingeval van ziekten, wordt het gebruik van groenbemesters en rustgewassen de afgelopen jaren wel in verband gebracht met problemen veroorzaakt door slakken, emelten, ritnaalden en aaltjes.

### 2.3.1 Slakken

Meerjarige gewassen, zoals gras-klaver of luzerne, en teelten die de bodem lang bedekt houden, zoals groenbemesters en graszaad, bevorderen de opbouw van slakkenpopulaties, met name op zwaardere gronden. Bovendien lijkt klaver een extra aantrekkingskracht voor slakken te hebben. Grote populaties van de akkeraridslak (*Deroceras reticulatum*) kunnen veel schade aanrichten aan zowel jonge als volwassen planten van diverse gewassen. Eenmaal opgebouwde slakkenpopulaties zijn moeilijk tot een laag niveau terug te dringen.

Slakkenbestrijding vraagt om elkaar aanvullende maatregelen op verschillende plaatsen in het bouwplan. Zo kan een deel van de slakken en hun eieren bestreden worden door een groundbewerking tijdens drogend weer of tijdens strenge vorst. Door na het zaaien van een gewas de grond te rollen, kunnen slakken zich minder verplaatsen en zo minder schade aanrichten. Verder kan schade in gewassen beperkt worden door een teeltvrije zone aan te houden tussen een gevoelig gewas en o.a. groenstroken. Toch blijken deze maatregelen vaak verre van afdoende.

Om de populatie-opbouw af te remmen, moeten meer rigoureuze maatregelen getroffen worden. Indien gewasresten worden afgevoerd en dus niet ondergewerkt, verdwijnt er een voedselbron voor de jonge slakken gedurende de wintermaanden. Ditzelfde geldt voor het achterwege laten van de teelt van een groenbemester.

Een andere noodmaatregel is het wisselen van gewassen binnen de vruchtwisseling.

### 2.3.2 Emelten en ritnaalden

Emelten zijn de larven van langpootmuggen. De twee belangrijkste soorten in Nederland zijn *Tipula palidosa* en *T. oleracea*. De eerste soort zet haar eieren af in de periode augustus/september en de tweede soort in mei/juni en augustus/oktober. Door de teelt van groenbemesters en

rustgewassen tot laat in het seizoen, kan de populatie van emelten flink opbouwen. De emelten kunnen in het vroege voorjaar flink schade aanrichten aan de jonge (kiem)planten van diverse gewassen. Later in het seizoen is de schade beperkt.

Er zijn geen maatregelen die de emelten direct bestrijden. Indien de kans op schade in een (vroeg) gewas groot is, kan overwogen worden het gewas later te planten/zaaien, zodat de emelten uitgehongerd, danwel uitgevlogen zijn.

Ritnaalden zijn de larven van de kniptor. Het aantal gewassen waarin ze schade veroorzaken is groot: knol- en wortelgewassen (aardappelen, suikerbieten, wortelen) en graangewassen (tarwe, gerst, maïs en grasland). Het is van oudsher een bekend probleem dat zich voordoet op semi-permanent grasland. Na het scheuren van grasland kunnen ritnaalden in volggewassen meerdere jaren schade veroorzaken, de periode is afhankelijk van soort en geografische ligging. Recentelijk komen echter ook problemen voor na de teelt van graszaad en graangewassen, mogelijk door veranderingen in teeltmaatregelen of bestrijdingsmiddelen. De twee belangrijkste soorten in Nederland (*A. lineatus* en *A. obscurus*), zetten hun eitjes af in mei en juni, waarna ze na enkele weken uitkomen.

Ritnaalden in hun eerste levensstadia zijn gevoelig voor uitdrogen. Grondbewerking bij hogere temperaturen kan naar verwachting de populatie uitdunnen. Over de invloed van groenbemesters is niets bekend.

### 2.3.3 Aaltjes

Enkele groenbemesters staan als aaltjesbestrijder te boek. Met name bladrammenas wordt regelmatig aangeprezen als 'de aaltjesbestrijder'. Dat is echter te kort door de bocht. Een groenbemester die het éne aaltje beperkt kan een ander aaltje bevorderen. Bovendien bepalen teeltduur en de teeltperiode het uiteindelijke resultaat. Voor alle grondsoorten geldt dat in de strijd tegen het bietencysteaaaltje een resistent bladrammenas of een gele mosterd ras zeer doelmatig is in te zetten. Deze groenbemesters moeten echter wél de kans krijgen om hun werk te doen en dat lukt alleen bij een zaai vóór 1 augustus. In een warm najaar kan een latere zaai nog effect hebben. Bladrammenas of gele mosterd zonder resistentie blijft af te raden.

Met name op zand en zavelgronden is de groenbemester- en gewaskeuze maatwerk. De kans dat hier vrijlevende, wortelknobbel- of wortellesieaaltjes voorkomen is vrij groot.

Tabel 2. Waardplantgeschiktheid van de belangrijkste rustgewassen en groenbemesters voor de diverse aaltjessoorten

GEWASNAAM	Aardpelycysteaaaltje <i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i>	Witte bietencysteaaaltje <i>Heterodera schachtii</i>	Gele bietencysteaaaltje <i>Heterodera trifolii</i> f. sp. <i>Beta</i>	Noordelijk wortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne hapla</i>	Graswortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne naasi</i>	MaÛwortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne chitwoodi</i>	MaÛwortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne fallax</i> (bedr. tegelijk)	Wortellesieaaltje <i>Pratylenchus penetrans</i>	Graanwortellesieaaltje <i>Pratylenchus crenatus</i>	<i>Trichodorus</i> & <i>Paratrichodorus</i> spp.	Tabaksratelvirus
<b>hoofdgewassen</b>											
Eng raaigras/klaver							?				
Luzerne					?		?				
Engels raaigras											
Erwt (conserven)											
Stamslaboon											
Wintertarwe											
Zomertarwe											
Zomergerst											
Haver						?	?				
Triticale											
<b>groenbemesters</b>											
witte klaver				R	?	R	R		?	R	R
Perzische klaver					?				?	R	
Voederwikke			?		?	-			?		-
Gele mosterd									?		
Bladrammenas									?		
Facelia					-	?			?		
Italiaans raaigras											
Rogge zomerbraak											
Rogge herfstbraak											

Legenda Schade	
	Onbekend
	niet
	weinig
	matig
	sterk

Legenda Vermeerderend	
?	onbekend
-	actieve afname
-	niet
R	rasafhankelijk

In sommige gevallen helpt een groenbemester deze aaltjessoorten de winter door. Braak laten liggen van het land is tegen deze aaltjes de beste optie. Er is echter één uitzondering. Worteltesieaaltjes (*Pratylenchus*-soorten) zijn actief te bestrijden met afrikaantjes (*Tagetes patula*). Hoewel braak als bestrijdingsmethode met stip op nummer één staat zijn op zand- en zavelgrond veel redenen te bedenken om toch een groenbemester te zaaien waarbij de minst slechte optie gezocht moet worden. Hierbij is het belangrijk te weten welke aaltjessoort aanwezig is. Het is dus zaak regelmatig op vrijlevende aaltjes te bemonsteren. Mede bepalend is het gewas dat het volgende voorjaar en zelfs het jaar daarop, wordt geteeld. Hun schadegevoeligheid is van groot belang. Indien er vrijlevende aaltjes van de soort *Trichodoridus* of *Paratrichodorus* voorkomen, dan worden deze door bladrammenas en gele mosterd slecht vermeerderd (slechte waardplanten). Zij hebben nagenoeg hetzelfde effect als braak. Bladrammenas is dan de beste keuze, omdat deze ook het Tabaksratelvirus aanpakt (zie Tabel 2). Gras en rogge zorgen voor vermeerdering. Daardoor wordt de teelt van gevoelige gewassen in het voorjaar 'Russisch Roulette'. Komen Trichodoriden niet, maar het Noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*) wel voor, dan is bladrammenas een slechte keus en kan beter Engels raaigras gezaaid worden. Zo is er bij elke aaltjessoort en zelfs binnen de soorten weer een ander advies te geven.

In Tabel 2 staan de waardplantgeschiktheid van de belangrijkste groenbemesters en rustgewassen weergegeven. Simpel is de groenbemesterskeuze dus niet, maar met wat aandacht zijn er veel problemen te voorkomen. Ook zijn er geen algemene aaltjesbestrijders, zoals misschien verondersteld. Wél is er met resistentie tegen bieten-cysteaaltjes en met afrikaantjes tegen worteltesieaaltjes veel winst te behalen.

### 3. Stikstofopname, -binding en -overdracht

#### 3.1 Groenbemesters

##### 3.1.1 Stikstofopname en -binding

Niet-vlinderbloemige groenbemesters kunnen, afhankelijk van de lengte van hun groeiseizoen, in Nederland tussen de 0 en 150 kg N per ha opnemen. Dat hangt enigszins samen met de soort groenbemester maar veel meer nog van de groeiomstandigheden (Schröder *et al.*, 1996a). Die groeiomstandigheden betreffen het aantal resterende groeidagen (voornamelijk beperkt door temperatuur en beschikbaar licht) en de hoeveelheid beschikbare N. Bij late zaai zijn temperatuur en licht met name beperkend; iedere dag later zaaien dan 1 september kost aan bovengrondse opname circa 70 kg drogestof en 2 kg N per ha. Alleen bij tijdige zaai is de kans groot dat niet temperatuur en licht

maar het N-aanbod beperkend is voor de productiviteit van de groenbemester. Het N-aanbod bestaat uit de na de oogst van het hoofdgewas nog in het profiel aanwezige minerale N en de N die tijdens de groei van de groenbemester nog vrijkomt uit mineralisatie van gewasresten of bodemorganische stof. Natuurlijk kan er ook N ter beschikking komen uit een mestgift voorafgaande aan de zaai van de groenbemester of het hoofdgewas. Bovendien brengen grondbewerkingen in de herfst weer extra mineralisatie op gang.

Sommige hoofdgewassen laten na de oogst veel minerale N in de bodem achter omdat minerale N door de desbetreffende gewassoort matig benut wordt of omdat het gewas N-rijke resten achterlaat die gemakkelijk mineraliseren (Prins *et al.*, 1988; Neeteson, 1994; Schröder *et al.*, 1996b). Vooral bij een vroege oogst kunnen groenbemesters voorkomen dat deze N tezamen met de minerale N die in de vorm van mesttoediening eventueel in nazomer en herfst beschikbaar komt, volledig door uitspoeling en andere verliezen verloren gaat. Wel moet ervoor gewaakt worden dat de hoeveelheid beschikbare dan wel aangeboden N de opnamecapaciteit van de groenbemester niet overschrijdt. Zo laten aardappelen veel N achter vanwege de slechte benutting en blijft bij de teelt van erwten en stamslabonen veel N achter in de gewasresten. In dit type situaties is voldoende N aanwezig voor een groenbemester en is het toedienen van organische mest, met name drijfmest, overbodig. Die overmaat kan een groenbemester niet aan waardoor toch weer N-uitspoelingsverliezen zullen ontstaan

Vlinderbloemige groenbemesters kunnen N uit de lucht binden. Ze doen dit des te effectiever naarmate er minder N uit de grond beschikbaar is. Ook hier varieert de hoeveelheid N die in de bovengrondse biomassa opgenomen is van 0 tot circa 150 kg N per ha. Een groot gedeelte daarvan kan uit de N-binding afkomstig zijn en daardoor bijdragen aan het verrijken van het bedrijfsstelsel, de vruchtwisseling, met N. De N-binding varieert, afhankelijk van het N-aanbod uit de bodem en de soort vlinderbloemige, tussen 25 en 50 kg N per ton bovengrondse drogestof. De vuistregel voor het berekenen van de N binding: N binding in kg per ha =  $4/3 \times$  bovengrondse N opname. Dit reflecteert de relatief grote N berging in de ondergrondse delen van vlinderbloemige gewassen (zie ook Tabel 4).

##### 3.1.2 Stikstofoverdracht

In het voorgaande werd stilgestaan bij factoren die bepalen hoeveel N door een groenbemester wordt opgenomen of vastgelegd. Een qua N-inhoud succesvolle groenbemester, echter, vormt nog geen garantie voor een succesvolle beperking van de N-uitspoeling respectievelijk N-voeding van een volgteelt. Als de N, bijvoorbeeld, na het inwerken van de groenbemester en de daarop volgende vertering alsnog zou uitspoelen zou de groenbemester wat betreft het

Tabel 3. De invloed van de leeftijd van een groenbemester op de bovengrondse drogestof- en N-opbrengst (kg per ha) en de koolstof-stikstofverhouding (kg C per kg N in bovengrondse delen) (Mouraux *et al.*, 1993)

Soort	Leeftijd	Opbrengst		C / N
		Drogestof	Stikstof	
Winterrogge	1 februari	1470	51	12
	14 maart	2020	64	13
	15 april	5290	104	20
Italiaans raaigras	1 februari	1890	62	12
	14 maart	2570	78	13
	15 april	4610	94	20
Koolzaad	1 februari	1630	49	13
	14 maart	1690	61	11
	15 april	4910	105	19

voorkomen van verliezen vergeefs verbouwd zijn. Een te sterke vastlegging van N is evenmin gewenst omdat ook dan een volgteelt niet kan profiteren van de N die 'over de winter is heengetild'. Groenbemesters worden, grondsoort afhankelijk, in het late najaar of vroege voorjaar ingewerkt. Dan komt de vertering op gang en komt er N vrij. In welk tempo en in welke periode na het inwerken, is afhankelijk van vele factoren. We spreken van effectieve N overdracht wanneer de N beschikbaar komt als benutbare N voor het volggewas. Deze effectieve N-overdracht wordt bepaald door:

- inwerkstijdstip (of afvriestijdstip bij vorstgevoelige soorten!) en -methode;
- samenstelling van de organische stof: met name de C/N verhouding en de samenstelling van de stikstof- en koolstofverbindingen. Het C/N quotiënt is voornamelijk een functie van de gekozen groenbemestersoort, de bemesting en de leeftijd (de C opbrengst neemt in de loop van het seizoen namelijk sneller toe dan N-opbrengst (Tabel 3));
- temperatuur: bij een hoge (winter)temperatuur verloopt de vertering snel en bestaat kans op vroegtijdig verlies;
- grondsoort: vrijkomende N op zandgrond spoelt gemakkelijker naar diepere lagen dan op kleigrond, het is dus moeilijker om de N overdracht effectief te maken. Eén en ander is natuurlijk afhankelijk van het type volggewas;

- het volggewas: in welke periode neemt het volggewas N op, hoe effectief en uit welke bodemlagen, hoe verhouden de N-opname dynamiek van de volgteelt (lengte groeiseizoen, duur van periode met hoge N-behoefte) en de dynamiek van N-mineralisatie zich ten opzichte van elkaar?

Het is belangrijk hier even stil te staan bij de relatie tussen de snelheid van vertering en het C/N quotiënt:

- Hoe hoger het C/N quotiënt des te langzamer de vertering en daarmee het vrijkomen van N. Zo bevat een stoppel van gras/klaver of luzerne veel organische stof met een hoog C/N quotiënt. Daardoor zal de vertering langzaam verlopen. Dat betekent dat de N pas laat in het volgende groeiseizoen vrijkomt en er ook nog N vrijkomt in de volgende jaren;
- Een zeer laag C/N quotiënt zoals bij een klavergroenbemester heeft een snelle vertering tot gevolg en een reeds vroeg in het seizoen beginnende mineralisatie.

Om de relatie tussen C/N quotiënt en vertering beter te begrijpen moeten we wel naar de volledige plant kijken. Zo staat tegenover de redelijk verteerbare bovengrondse delen van Italiaans raaigras een relatief grote hoeveelheid wortel met een laag N-gehalte resulterend in een hoog C/N quotiënt van boven- en ondergrondse delen tezamen (Tabel 4). Dat is de reden waarom de vertering van Italiaans

Tabel 4. Verschil tussen de totale N-opbrengst (kg N per ha) en koolstof-stikstof verhouding (kg C per kg N) van groenbemesters bij wel en niet verrekening van de bijdrage van ondergrondse delen (alle groenbemesters genormaliseerd naar 2500 kg drogestof per ha in bovengrondse delen) (Schröder, 1997)

Soort	Bovengronds		Boven- en ondergronds	
	Stikstofopbrengst	C / N	Stikstofopbrengst	C / N
Italiaans raaigras	66	15	80	20
Winterrogge	77	13	91	16
Phacelia	77	13	92	14
Witte klaver	70	14	101	16
Bladrammenas	82	12	97	14
Gele mosterd	82	12	97	14

Tabel 5. De invloed van N-bemesting op de bovengrondse stikstofopbrengst (kg N per ha) en koolstof-stikstofverhouding (kg C per kg N in bovengrondse delen) van Italiaans raaigras in vergelijking tot rode klaver (na graan) en de bemestende waarde (kg N per ha) voor de volgteelten (hakvruchten) bij onderploegen in november (onderzoek kleigrond 1982-1989; Schröder *et al.*, 1997)

Soort	Kg N/ha	Bovengrondse stikstofopbrengst	C / N	Bemestende waarde (kg N per ha):	
				In eerste jaar	In tweede jaar
Ital. Raaigras	0	22	27	-2	3
Ital. Raaigras	100	93	16	51	7
Rode klaver	0	57	15	89	7
LSD ( $P < 0,05$ )		16	4		

raaigras soms traag verloopt. Bij klaver stijgt het C/N quotiënt daarentegen nauwelijks wanneer de ondergrondse delen mee in beschouwing worden genomen. Dat is te danken aan de relatief grote hoeveelheid N die in stoppels en wortels geborgen wordt (Tabel 4). Klavers leveren juist vanwege hun relatief grote N-berging in wortels en stoppels meer N aan de volgvruucht dan op grond van hun bovengrondse N opname verwacht zou worden.

In meerjarige proeven met zowel gras- als klavergroenbemester kwamen deze eigenschappen goed tot uiting in de bemestende waarde van de groenbemester (Tabel 5). Tabel 5 en Tabel 6 laten tevens zien dat ook de bemesting invloed uitoefent op de N-opbrengst en C/N quotiënten van groenbemesters: meer N-bemesting leidt tot een hogere N-opname en over het algemeen tot een lager C/N quotiënt.

### 3.1.3. Rekenregels

In Tabel 7 zijn op grond van zeer veel deelonderzoek, vuistregels gegeven voor de te verwachte nalevering van diverse groenbemesters. Basis voor deze vuistregels is dat maximaal 50% van de opgenomen bovengrondse N ter beschikking komt van het volggewas. Deze 50% wordt bereikt door alle soorten groenbemesters als deze na de winter worden ingewerkt en niet door vorst al op een eerder moment zijn aangerast. Bij inwerken in het najaar varieert het percentage werkzame N van 25 tot 50% van de bovengronds opgenomen hoeveelheid N. Van de groenbemesters met een laag C/N quotiënt (kruisbloemigen

en vlinderbloemigen) zonder een stoppel met veel C, gaat in het winterseizoen al een deel van de N verloren waardoor slechts 25% ter beschikking komt van het volggewas. Indien een vlinderbloemige in een gras- of graanstoppel is geteeld, kan de koolstof uit de stoppel de uit vertering vrijkomende N weer invangen en voor verlies behoeden. Daardoor neemt het werkings % weer toe. Zoals we gezien hebben is het C/N quotiënt van grassen relatief hoog met een langzame vertering tot gevolg. Dat betekent dat bij inwerken voor de winter er minder verloren gaat dan bij kruisbloemigen. Het werkingspercentage is dan 40%.

Bij praktische toepassing is het natuurlijk het beste de bovengrondse N-inhoud van groenbemesters te laten bepalen, zodat berekend kan worden wat aan nalevering verwacht mag worden. Dat is natuurlijk niet altijd mogelijk. Het is daarom goed enig inzicht te hebben in de relatie tussen de stand op het veld en de te verwachten N-opname. Als vuistregel mag gelden dat per 10 cm kruisbloemige 10 kg N per ha opgenomen is, per 10 cm gras 20 kg en voor de grootbladige witte klaver per 10 cm 30 kg. Een zware groenbemester (100 cm kruisbloemige, 40 cm gras of klaver) bevat derhalve circa 80-120 kg N per ha, een matige (30 cm kruisbloemige, 10 cm gras of klaver) 20-40 kg. De nalevering zal derhalve uiteenlopen van amper 10 kg voor een matige kruisbloemige die voor de winter ingewerkt wordt tot circa 60 kg N per ha voor een zware klavergroenbemester die met de graanstoppel wordt ingewerkt in de herfst of pas ingewerkt wordt in het voorjaar zonder vorstschade te hebben opgelopen.

Tabel 6. De invloed van N-bemesting van de voorvrucht op de bovengrondse drogestof- en stikstofopbrengst (kg N per ha) en koolstof-stikstofverhouding (kg C per kg N in bovengrondse delen) van Italiaans raaigras (Schröder & Ten Holte, 1996)

Kg N/ha op voorvrucht	Opbrengst		C / N
	Drogestof	Stikstof	
0	1980	34	23
50	1840	33	22
100	2550	50	20
150	2510	57	18
200	2923	72	16

Tabel 7. Vuistregels voor N nawerking van gewasresten en groenbemesters. Het % is van toepassing op de bovengrondse N inhoud van groenbemesters (Naar De Ridder 1995, Van Dijk 1999)

Groenbemesters	Inwerktijdstip	Werkzame N (%)	
		Inwerken voor winter	Inwerken na winter
Kruisbloemigen	voor winter	25	50
Grasachtigen	voor winter	40	50
Vlinderbloemige + gras/graanstoppel	voor winter	50	50
Vlinderbloemige puur	voor winter	25	50

Deze vuistregels geven een kwantitatieve indruk van wat verwacht mag worden. Er moet echter wel met verstand mee omgegaan worden: daarbij gaat het om de inzichten die in paragraaf 2.4.2 zijn weergegeven met betrekking tot de factoren die de effectieve overdracht naar het volggewas bepalen. De effectieve N overdracht van een groenbemester die laat N levert, is voor een vroeg gewas lager dan op grond van de rekenregel aangenomen wordt. Een deel van de geleverde N zal immers te laat zijn voor nuttig gebruik door het gewas. Als de (te) laat vrijkomende N vervolgens niet weer opgevangen wordt, zal deze alsnog de volgende winter verloren gaan. Groenbemester en volggewas moeten op elkaar afgestemd zijn (zie paragraaf 5).

## 3.2 Rustgewassen

### 3.2.1 Stikstofopname en -binding

Rustgewassen verschillen sterk in productiviteit en N-opname (Tabel 8). Granen nemen bij de opbrengstspreading zoals weergegeven in Tabel 8 tussen de 80 en 160 kg N op in het oogstbaar product. Daar komt nog circa 20 kg N per ha bij voor het stro (bij 4 ton stro). Zonder bemesting komt

graan door zijn goede benutting van de beschikbare N vaak nog tot een redelijke basisproductie. Afhankelijk van de vruchtbaarheid van de bodem ligt dit basisniveau ergens tussen 3 en 5 ton per ha.

De peulvruchten conservenerwt en stamslaboon kenmerken zich door een laag aandeel van de totale droge stof productie dat geoogst wordt. De afvoer van N met het product is slechts 20-50 kg N per ha. Doordat het gewas nog volop in de groei is, is het N-gehalte van de oogstresten hoog. De totale hoeveelheid N in de oogstresten varieert van 50-100 kg per ha voor stamslaboon tot 150-250 kg per ha bij conservenerwt. Daarnaast zijn er natuurlijk ook nog de relatief N-rijke stoppel- en wortelresten (met wortelknolletjes). Peulvruchten zijn niet alleen zeer variabel qua opbrengst (weinig stabiel) maar ook in de verhouding 'stro'-product. Vandaar dat de spreiding in de kengetallen zo groot is. De totale N-binding ligt bij stamslaboon duidelijk lager dan bij de erwten. Deze peulvruchten laten niet alleen veel N in de oogstresten achter, maar ook in het profiel. De restvoorraad na de oogst bedraagt respectievelijk 50-100 kg N per ha voor stamslaboon en 100-125 kg N voor conservenerwt.

Tabel 8 Vuistregels voor drogestof opbrengst, N-afvoer in product, N-binding, netto bijdrage N-balans bodem en N-min (0-90 cm) na de oogst van rustgewassen\* (Bronnen; OBS gegevens (ongepubliceerd), Van der Schans, 1988, Neuvel, 1992)

Gewas	Drogestof opbrengst (ton per ha)	N-afvoer in product (kg per ha)	N-binding (kg per ha)	Netto bijdrage N-balans (kg per ha)	N-min na oogst (kg per ha)
Gras-klover**	8 - 12	220 - 330	200 - 300	- 20 - 30	0 - 25
Luzerne	8 - 12	250 - 370	320 - 480	+ 70 - 110	0 - 25
Conserven-erwt***	0.8 - 1.2	25 - 50	145 - 290	+ 120 - 240	50 - 100
Stamslabonen****	0.7 - 1,0	20 - 35	110 - 160	+ 90 - 125	100 - 125
Gras	8 - 12	170 - 250	0	- 170 - 250	0 - 25
Wintertarwe	6 - 8	120 - 160	0	- 120 - 160	0 - 25
Zomertarwe	6 - 8	115 - 150	0	- 115 - 150	0 - 25
Zomergerst	5.5 - 6.5	80 - 100	0	- 80 - 100	0 - 25
Haver	6 - 7	120 - 140	0	- 120 - 140	0 - 25
Triticale	5.5 - 6.5	90 - 110	0	- 90 - 110	0 - 25

\* N-binding 40 kg per ton drogestof bovengronds, m.u.v. witte klover, deze bind 50 kg N per ton drogestof

\*\* gras klover voor 50% witte klover

\*\*\* 4 - 6 ton vers is 0,8 - 1,2 ton drogestof in product met 3 - 6 ton drogestof aan gewasresten

\*\*\*\* 8 - 12 ton vers is 0,7 - 1,0 ton drogestof in product met 2 - 3 ton drogestof aan gewasresten

Voor de peulvruchten en vlinderbloemige hoofdgewassen geldt vrijwel hetzelfde als voor de vlinderbloemige groenbemesters, namelijk dat de N binding varieert tussen de 25 en 50 kg N per ton drogestof die bovengronds geproduceerd is. In Tabel 8 is uitgegaan van 40 kg per ton drogestof, met uitzondering van witte klaver, deze bindt 50 kg per ton drogestof.. Ook hier is de vuistregel: - N binding in kg per ha =  $\frac{4}{3}$  x bovengrondse N-opname-, van toepassing.

Bij de voedergewassen luzerne, gras/klaver en gras kunnen hoge producties gerealiseerd worden waarbij relatief veel N wordt afgevoerd met het product (Tabel 8). Gras als rustgewas zal bemest moeten worden om tot voldoende productie te komen. De vlinderbloemige voedergewassen (gras/klaver en luzerne zijn efficiënte N binders. Ze hebben over het algemeen geen N-bemesting nodig om tot goede productie te komen. De N binding kan oplopen tot meer dan 400 kg N per ha. Na granen, gras/klaver en luzerne is de voorraad minerale N in het profiel uitgeput. Deze gewassen benutten alle minerale N in het profiel. De netto N bijdrage aan de bodem kan berekend worden door op de N-binding de N-afvoer in mindering te brengen. Alleen de luzerne en de peulvruchten leveren een netto bijdrage aan de bodem. De gras/klaver weet het verlies te beperken.

### 3.2.2 Stikstofoverdracht

Van alle in Tabel 8 weergegeven rustgewassen is er enkel bij de eerste drie; gras, gras/klaver of luzerne sprake van directe effectieve N-overdracht naar het volgende hoofdgewas. In paragraaf 3.1.2 is bij de behandeling van de N-overdracht van groenbemesters dieper ingegaan op de factoren die deze overdracht bepalen. De nalevering van de eerder genoemde gewassen komt tot stand door de in stoppel en wortelresten geborgen N. Deze hoeveelheid verschilt natuurlijk per gewas evenals het C/N quotiënt van deze massa. Door een laatste snede te laten staan en onder te werken kan de netto bijdrage aan de N-balans (zie 3.2.1.) positief worden (gras/klaver) of verder worden verhoogd (luzerne). Vanzelfsprekend neemt dan ook de effectieve N-overdracht in omvang toe. De laatste snede kan het beste gezien worden als een groenbemester die relatief veel wortelmasse heeft en daardoor een wat hoger C/N quotiënt (van de totale massa) heeft dan een groenbemester die pas na de teelt is ingezaaid of tot ontwikkeling komt. De verliezen gedurende de winter zijn dan ook zeer beperkt. Restanten van gras/klaver, luzerne of gras die ingewerkt worden verteren langzaam en leveren lang N na in het volgende groeiseizoen. Bij luzerne als pure vlinderbloemige zal een deel van de biomassa sneller verteren dan de rest. Het wordt dan ook aanbevolen luzerne niet te vroeg in de herfst in te werken om de effectieve overdracht van N te bevorderen. Alle andere gewassen dragen via hun stoppel- en wortelresten niet of nauwelijks bij aan de directe N-voorziening van het volggewas. Bij erwten en bonen blijft er relatief veel N achter in de bodem en in de gewas-, wortel-

en stoppelresten. Door de samenstelling van de gewasresten en het lage C/N quotiënt verteren deze echter snel na het inwerken. Er kan dus veel N verloren gaan in de winter. Tenzij, en daar is alle aanleiding toe gezien ook de hoge restvoorraden N-min in het profiel bij de oogst, er een groenbemester verbouwd wordt, die deze N kan opnemen. Het oogsttijdstip moet dit echter wel mogelijk maken. Bij tijdige zaai kan een groenbemester dan nog zeer veel N opnemen (zie paragraaf 4.2). Positief gevolg is daarbij dat de voorraad minerale N in het profiel sterk vermindert in de loop van de herfst waardoor de uitspoelingsverliezen beperkt blijven. Het zal duidelijk zijn dat het zinloos is een vlinderbloemige groenbemester in deze stoppels in te zetten. Graan (met uitzondering van triticale) leent zich uitstekend voor een onderzaai van klaver, daardoor wordt de herfstperiode optimaal benut om extra N in het systeem te brengen (zie paragraaf 4.1)

### 3.2.3 Rekenregels

Onderzoek aan de langjarige effectieve N-overdracht vanuit éénjarige of meerjarige gras/klaver, klaver en luzerne bestanden, vraagt een lange adem en een uitgebreide proefopzet. Dit type werk is in Nederland mondjesmaat uitgevoerd. De meest uitgebreide proefnemingen zijn op de Lovinkhoeve (Marknesse, zavelgrond) gedaan in verschillende periodes tussen 1953 en 1985. Slechts een deel van dit werk is verslagen. Op basis van de gepubliceerde (Grootenhuis, 1977) en ongepubliceerde resultaten (Vereijken, 1990) van de Lovinkhoeve en onderzoek van van Dijk (Van Dijk, 1998) naar de nalevering van grasland voor maïs, is Tabel 9 samengesteld. Hierin is de te verwachten N overdracht van één- en tweejarige luzerne of gras/klaver weergegeven voor diverse volgvruchten. Wederom zij er op gewezen dat hier met verstand mee omgegaan moet worden. Daarbij kunnen de inzichten uit paragraaf 3.1.2. behulpzaam zijn. Hoe langer de volgvrucht N opneemt en/of hoe intensiever en dieper deze wortelt, hoe beter deze langzaam vrijkomende N bronnen benut worden, hoe hoger dus de effectieve N-overdracht. Gras/klaver wordt hier weliswaar gelijk gesteld aan luzerne, toch mag op grond van Lovinkhoeve onderzoek verwacht worden dat de effectieve N-overdracht, met name voor de wat vroegere gewassen (categorie A en B in de tabel) wat achterblijft bij die van pure luzerne of klaver. Deze laatste is min of meer gelijk te stellen aan de luzerne. De eerste jaars nalevering van luzerne is vergelijkbaar voor zowel een éénjarige als een tweejarige luzerne. Het verschil ontstaat pas in de vervoljaren (Lovinkhoeve-proeven)



## 4. Proefresultaten groenbemesters

In het bedrijfssystemenonderzoek van het PPO zijn in de loop van de jaren op de 'praktijkpercelen' en in deelproeven veel gegevens verzameld van groenbemesters. De resultaten geven een indicatie van wat er in de praktijk in biologische systemen onder verschillende omstandigheden en op diverse grondsoorten mogelijk is. Dit hoofdstuk gaat in op de prestaties van de geteelde groenbemesters en waar mogelijk op de waarde voor de volgvruchten. Op het OBS wordt de nitraat-concentratie in het drainwater gemeten gedurende de winter. Dit gebeurt ook voor de vele varianten groenbemesters die beproefd zijn over de jaren. Wanneer in de rest van dit hoofdstuk gesproken wordt over N-uitspoeling wordt bedoeld op de gemiddelde nitraat-concentratie in het drainwater in de winter. Ter oriëntatie: de EU norm voor nitraatuitspoeling naar het grondwater is 50 mg nitraat per liter.

### 4.1 Klavers als onderzaai in granen

Op de zavelgrond van het proefbedrijf Ontwikkeling Bedrijfs-Systemen (OBS) te Nagele wordt graan in een uienbedden systeem geteeld om schoffelen mogelijk te maken. Klavers kunnen met name in dit systeem goed ondergezaaid worden. Dit gebeurt door ze in te zaaien als het graan 20-30 cm is, net voor/tijdens de laatste schoffel- of egbeurt. De klaver hoeft zich alleen te vestigen en te overleven. Zodra het graan begint af te rijpen, treedt meer licht toe en begint de klaver weer te groeien. Na de oogst van het graan groeit de groenbemester dan volledig uit en wordt begin november ingewerkt. De hoeveelheid N in de bovengrondse massa van de klavers kan oplopen tot ca. 145 kg N per ha. Dit wordt bereikt wanneer de klaver in het graan reeds goed gevestigd is, het graan vroeg geoogst wordt en de herfst zonnig is met voldoende vocht. Er is dan ruim 4 ton drogestof per ha gevormd. Bij late oogst, een matige stand van de klaver en slecht weer (te droog of te nat) blijft de opname steken bij ca. 35 kg N per ha. Gemiddeld bedraagt de opname 80-90 kg N per ha (Tabel 10). Dat is beduidend meer dan gras of gele mosterd na graan (zie 4.2). Uit jarenlange metingen op het OBS blijkt dat de N-uitspoeling in de winter na inwerken van de graan/klaverstoppel gemiddeld wat hoger is dan na het zeer arme gras of de gele mosterd, maar lager blijft dan 50 mg nitraat per liter. De graanstoppel met het hoge C/N quotiënt buffert de grote hoeveelheden stikstof die met de groenbemester ingewerkt worden.

De verschillen tussen de verschillende typen klavers zijn klein. Van rode- witte- en Perzische klaver is witte klaver de kleinste klaversoort. De rode is langer en de Perzische is het langst, tevens het meest stengelig. Perzische klaver is bij kleinere graansoorten (gerst) of -rassen dan ook niet altijd beheersbaar. Bij droog weer doet rode klaver het relatief wat beter dan witte klaver.

In het vollegrondsgroentesysteem te Westmaas (ook zavelgrond) is het teeltsysteem van de zomertarwe met onderzaai van witte klaver vergelijkbaar met het OBS. De opbrengst van de witte klaver verschilt dan ook nauwelijks tussen deze twee locaties (Tabel 10). Een te sterk ontwikkeld graan verstikt de klaver. Ook droogte kan klaver de das om doen. Deze combinatie was in 1999 bijvoorbeeld fataal in het biologisch systeem te Kooijenburg. Op zandgronden is de loofontwikkeling vaak weelderiger waardoor de klaver minder kansen krijgt. Daarom valt te overwegen in dergelijke situaties over te gaan op een ruimere rijafstand. Het luistert echter nauw omdat bij dit soort gemengde bestanden talloze variabelen in het spel zijn: zaaidichtheid en plantverband, ontvankelijkheid van één der componenten voor gebrek aan vocht of N, soorts- en raseigenschappen, en het 'leeftijdsverschil' als gevolg van de zaaitijd van beide componenten. Ook de weersomstandigheden bepalen hoe sterk de klaver onder het graan uitkomt. Vervolgens bepalen de groeiomstandigheden in de stoppel hoe zwaar de klaver wordt. Op de zandgrond van Meterik was de klaverteelt succesvol als onderzaai in graan.

Op de nalevering van deze klaver groenbemesters in een graanstoppel is ingegaan in paragraaf 3.1.2 en 3.1.3.

### 4.2 Overige groenbemesters

In Tabel 11 is voor een aantal groenbemesters onder uiteenlopende omstandigheden de N-opname weergegeven. Zoals vermeld in paragraaf 3.1.1. hangt de prestatie van een groenbemester sterk af van de klimatologische condities (vocht, licht temperatuur) gedurende het aantal beschikbare groeidagen en de hoeveelheid en de beschikbaarheid N. Zo is de drogestof opbrengst van raaigras geteeld na conservenerwt vier maal zo hoog als van raaigras ondergezaaid in graan. De N opname is zelfs vijf maal zo hoog. De uitgangssituatie voor raaigras na conservenerwt is veel gunstiger door de hogere N-min in de bodem na de oogst erwten, de N-mineralisatie uit de N-rijke gewasresten en een betere vochtvoorziening.

Gele mosterd of bladrammenas in een arme graanstoppel komen nauwelijks tot ontwikkeling door de lage N-

Tabel 9. Te verwachten nalevering (kg N per ha) uit luzerne en gras-klaver (bronnen, zie tekst)

Teeltduur luzerne/gras-klaver Jaar na scheuren		éénjarig			tweejarig		
		1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	3 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	3 <sup>c</sup>
Type volggewas*	A; bv. graan	65	15	10	45	35	25
	B; bv. aardappel	75	30	20	75	65	25
	C; bv. biet	85	40	30	85	70	55

\* categorie A: N-opname tot ca 1 juli, categorie B: N-opname tot ca 1 augustus, categorie C: tot ca eind september

Tabel 10. Bovengronde N-opname, drogestof productie en C/N quotiënt van verschillende klavers (bron: OBS, KB, WM en MV)

Jaren	Aantal waarnemingen	Locatie*	Voorvrucht	Klaversoort	Gemiddelde drogestof	Gemiddelde N-opname	Minimum N-opname	Maximum N-opname	C/N quotiënt
					ton per ha	kg per ha	Minimum	Maximum	
92-00	15	OBS	Graan**	Wit	2,3	82	32	145	11
91-00	9	OBS	Graan**	Rood	2,1	70	36	109	12
95-01	20	OBS	Zomergraan	Perzisch	2,8	82	46	128	13
98-01	8	WM	Zomertarwe	Wit	2,7	72	36	113	15
97-00	8	KB	Zomergraan	Wit	1,8	65	19	85	11
97-00	4	MV	Zomergraan	Wit	5,1	113	100	131	11

\* OBS: Ontwikkeling Bedrijfs-Systemen te Nagele; akkerbouwsysteem kleigrond; WM: Westmaas; vollegrondsgroentesysteem kleigrond; KB: Kooijenburg; akkerbouwsysteem zandgrond; MV: Meterikseveld; vollegrondsgroentesysteem zandgrond

\*\* vooral zomergraan, alleen begin jaren negentig nog wintergraan.

beschikbaarheid. Gele mosterd na zaaiuien treft weliswaar een hoge N-min aan na de oogst van de ui (Wijnands *et al.*, 1995) maar heeft vanwege het late tijdstip over het algemeen onvoldoende tijd om daar iets mee te doen (zie Tabel 11). Bladrammenas in de rijke erwten-stoppel presteert daarentegen goed.

De oogst van biologische poot- en consumptieaardappelen is ruim op tijd om een goed ontwikkelde groenbemester te telen. Bladrammenas geeft een redelijk resultaat in deze N-rijke stoppel. Het OBS heeft enige jaren wikke verbouwd na aardappel. Uit een directe vergelijking met gras als groenbemester bleek dat de wikke bij onderwerken slechts weinig meer N bevatte dan het gras. Nu was in dit voorbeeld, gezien de hoge N opname (Tabel 11) N wel erg in overvloed aanwezig. Wellicht dat in een iets armere situatie er wel enige N-opbrengst meerwaarde door de wikke gerealiseerd was.

Op het OBS is bij alle groenbemestervarianten ook de drainwaterconcentratie nitraat gemeten (Van Leeuwen-Haagsma & Wijnands, 1997), daaruit blijkt dat:

- Bij de directe vergelijking tussen gras en wikke in de aardappelstoppel het zeer lage C/N quotiënt van wikke tot een duidelijk hogere nitraatuitspoeling leidt (75-100 mg nitraat per liter) dan bij de grasvariant met een hoger C/N quotiënt (25-50 mg nitraat per liter). Op de eerste plaats is in een rijke aardappelstoppel een vlinderbloemige groenbemester misplaatst en op de tweede plaats is wikke zeer ongeschikt als groenbemester omdat het C/N quotiënt zo laag ligt dat de effectieve N-overdracht naar het volggewas veel lager is dan bij het gebruik van andere groenbemesters mogelijk zou zijn;
- Gele mosterd of gras in een arme graanstoppel tot zeer lage N verliezen via de drains leidt; de nitraatconcentratie van het drainwater is lager dan 25 mg nitraat per liter. Dat

Tabel 11. Bovengronde N-opname en C/N quotiënt van verschillende groenbemesters op de diverse bedrijfssystemen-locaties

Jaren	Aantal waarnemingen	Locatie*	Voorvrucht	Groenbemester	Droge stof	N-opname	min	max	C/N
					productie bovengronds ton/ha	Bovengronds gemiddeld kg per ha	kg per ha	kg per ha	
92-00	6	OBS	Aardappel	Wikke	2,6	109	55	178	10
96-01	7	OBS	Cons.erwt	Raaigras	3,5	101	55	193	13
92-00	6	OBS	Graan	Raaigras	0,9	21	12	38	17
98-00	5	KB	Aardappel/ Graan	Bladrammenas	2,1	45	15	83	14
99-00	4	MV	Diversen	Bladrammenas	2,4	83	62	106	10
00	2	OBS	Cons.erwt	Bladrammenas	3,5	89	85	94	16
98-00	2	WM	Aardappel/ knolvenkel	Bladrammenas	1,9	53	28	78	12
91-01	6	OBS	Diversen	Gele mosterd	2,4	82	37	167	11
92-95	5	OBS	Graan	Gele mosterd	1,7	37	17	57	16
91-00	7	OBS	Uien	Gele mosterd	0,7	29	7	67	8

\* OBS: Ontwikkeling Bedrijfs-Systemen te Nagele; akkerbouwsysteem op kleigrond  
WM: Westmaas; vollegrondsgroentesysteem op kleigrond  
KB: Kooijenburg; akkerbouwsysteem op zandgrond  
MV: Meterikseveld; vollegrondsgroentesysteem op zandgrond

is toe te schrijven aan het wat hogere C/N quotiënt van gras en gele mosterd in deze situatie. Gras heeft een soortgebonden hogere waarde, maar arme gele mosterd heeft ook een relatief hoge C/N quotiënt (zie ook nog eens Tabel 3 en vergelijk in Tabel 11 de verschillende gele mosterd varianten). Bovendien wordt een stoppel mee ingewerkt met een grote hoeveelheid C en een hoog C/N quotiënt. Dat buffert N verliezen;

- Gele mosterd na ui een te hoge N uitspoeling geeft (50-75 mg per liter), dit is deels te wijten aan de snelle vertering van de gele mosterd zelf en deels aan de resterende minerale N in het profiel die door de gele mosterd vanwege het gedwongen late zaaitijdstip niet meer voldoende benut is;
- Gras na erwt een lage uitspoeling geeft (0-25 mg per liter) ondanks de gemiddeld hoge N opname en bijbehorend lagere C/N quotiënt. Hierbij moet niet vergeten worden dat als zowel boven als ondergrondse massa mee in beschouwing genomen wordt het C/N quotiënt sterk stijgt (Tabel 4).

Deze voorbeelden illustreren de in de voorgaande paragrafen weergegeven wetmatigheden.

## 5. Inpassing in bedrijfsvoering

In de voorgaande hoofdstukken is duidelijk geworden dat rustgewassen en/of groenbemesters meerdere functies kunnen vervullen in een biologische bedrijfsvoering. Een biologische bedrijfsvoering is een systeem gericht op het gelijktijdig realiseren van een groot aantal uiteenlopende doelstellingen. Het realiseren van de doelstellingen is niet eenvoudig (Schröder *et al.*, 2002). Daarvoor zal de gehele bedrijfsvoering geoptimaliseerd moeten worden en dienen alle maatregelen op elkaar afgestemd te worden in een samenhangende aanpak. Aan veel van die doelstellingen kan een juist gebruik van groenbemesters en rustgewassen een goede bijdrage leveren. Denk daarbij aan:

- Het beheer van de bodemvruchtbaarheid in relatie tot duurzaamheid: structuur, bodemleven, beheersing bodemgebonden ziekten en -plagen, nutriëntenvoorraden, organische stof voorziening;
- Het veilig stellen van de gewenste milieukwaliteit, met name wat betreft ophoping en uitspoeling van nutriënten.
- Het verminderen van de afhankelijkheid van externe hulpmiddelen zoals meststoffen; het optimaliseren van bedrijfsinterne processen;
- Het bevorderen van de biodiversiteit, het beheersen en beheren van ziekten, plagen en onkruiden. groenbemesters en rustgewassen behoren te stabiliseren en te saneren, niet nog eens het probleem te vergroten.

Hoe nu de potentiële meerwaarde zo goed mogelijk te benutten. Daarvoor is allereerst het inzicht nodig dat het ontwerpen van een vruchtwisseling meer is dan het opstellen van een lijstje gewassen. Het gaat erom een

zodanige vruchtopvolging van gewassen en groenbemesters samen te stellen dat het geheel zoveel mogelijk meer is dan de som der delen. Groenbemesters horen bij dit ontwerp en dienen er dan ook in een keer in meegenomen te worden. Op de tweede plaats is het belangrijk in te zien dat vruchtwisseling en bemesting ten nauwste met elkaar verweven zijn. Het optimaliseren van de beschikbaarheid en benutting van nutriënten onder druk van gelimiteerde aanvoermogelijkheden vraagt om een goede afstemming van bemesting en gewasvolgordes (vruchtwisseling). In dit hoofdstuk worden een aantal gezichtspunten bij elkaar gebracht die behulpzaam kunnen zijn bij de planning van de plaats van groenbemesters en rustgewassen.

Bij de keuze van een groenbemester en rustgewas moeten we in de tijd naar achteren en naar voren kijken: 1) wat is de uitgangssituatie waarmee we beginnen en wat is in die situatie vereist of gewenst, 2) welke eisen stelt of mogelijkheden geeft het volggewas.

Om onnodige N-verliezen te voorkomen is het in ieder geval gewenst om daar waar gewassen veel N achterlaten (aardappel, ui, maïs, peulvruchten en dergelijke) waar mogelijk een (niet vlinderbloemige) groenbemester te verbouwen om de N vast te houden en 'over de winter' te tillen. Als dit een belangrijke functie is dient de teelt van voorvrucht zo ingericht te zijn dat een groenbemester voldoende groeikansen heeft om de aan hem gestelde taak (b.v. in termen van N-berging) te vervullen (denk aan maatregelen gericht op tijdige oogst, succesvolle onderzaai, beperken N-residuen). Dan heeft gras bij inzaai voor half augustus de voorkeur door een lagere uitspoeling ten opzichte van gele mosterd die makkelijk de stikstof loslaat (snel verteert). Na 15 augustus is er echter weinig andere keuze. Bij de keuze kan ook naar aspecten van bodemstructuur gekeken worden. Wanneer de grond bij de oogstbewerking intensief gezeefd is, is het bijvoorbeeld aan te bevelen een intensief wortelend gewas als gras in te zetten om de grond weer samenhang te geven.

Bij arme stoppels (weinig beschikbare N) is N conservering niet de eerste zorg. Het kan zijn dat een groenbemester op zijn plaats is om de bodem te beschermen en nog wat organische stof toe te voegen. Pure vlinderbloemigen horen niet in een dergelijke stoppel verbouwd te worden omdat door hun vrij lage C/N quotiënt teveel van de eerst gebonden N alsnog verloren zal gaan in de winter. Ze kunnen dan beter gemengd worden met gras. Daardoor verbetert de benutting van de totale N binding en wordt het C/N quotiënt verhoogd waardoor de effectieve N levering aan het volggewas verbetert. Dat is ook het geval wanneer een vlinderbloemige verbouwd wordt in een koolstof rijke stoppel zoals graan: de extra C buffert de uitspoelingsverliezen.

Daarmee zijn we gelijk aan het vooruit kijken. Want extra N in het systeem brengen is een toekomstgerichte functie, gericht op het volggewas. De aanvoer van N via mest is vanuit allerlei gezichtspunten gelimiteerd (Wijnands *et al.*,

2002a; Schröder & Van Leeuwen, 2002). De behoefte aan extra N wordt sterk bepaald door de keuzes die gemaakt worden in bouwplansamenstelling en mestvoorziening. De behoefte is des te groter naarmate er meer hoog N behoeftige gewassen in het bouwplan zitten en de gemiddelde N behoefte hoger wordt, naarmate het aandeel vaste mest in het totaal mestaanbod stijgt en naarmate de mest voornamelijk in het najaar wordt uitgereden. Extra N inbrengen kan via de conserveringsfunctie van niet vlinderbloemigen (het beschikbaar houden van toch al in het systeem aanwezige N) of door het inbrengen van extra N uit lucht binding. De kunst is natuurlijk deze extra N effectief over te dragen aan het volggewas. Dan bepaalt de aard van de N behoefte van het volggewas de keuze. Bestaat er vooral behoefte aan vroege N levering dan zijn klavers op hun plaats, bij behoefte aan latere levering voldoet gras uitstekend. Maar zoals we gezien hebben is deze keuze ook afhankelijk van de voorvrucht. De schakels moeten dus goed in elkaar passen. Ook moet verstandig omgegaan worden met het beheer van de groenbemesters, anders wordt aan het doel voorbij geschoten. Zo leidt vroeg inwerken van groenbemesters met een laag C/N quotiënt tot voortijdige N verliezen en kan laat inwerken van groenbemesters met een hoog C/N quotiënt niet alleen leiden tot een te late N levering, maar zelfs tot het wegvangen (immobiliseren) van minerale N uit andere bronnen. Ook kunnen groenbemesters op droogte gevoelige zandgronden teveel vocht verbruikt hebben en daarmee de groeikansen voor het volggewas vermindert hebben. Is de behoefte aan late levering ook qua hoeveelheid groot moet gedacht worden aan een luzerne of gras/klaver weide als voorvrucht. In de biologische landbouw zijn de mogelijkheden (nog) beperkt om gericht bij te kunnen bemesten in het gewas. Vooral bij late gewassen die lang N vragen is een verse organische stof bron die lang door mineraliseert een verzekeringspremie voor de stabilisering van goede prestaties in de betreffende teelt. De waarde van groenbemesters en rustgewassen mag dan ook nooit alleen afgelezen worden aan de directe teeltkosten of het saldo. Bij de beschouwing moet altijd minstens het effect op het volggewas meegenomen worden. Bij een vruchtwisseling gaat het immers om een teamprestatie. Dit speelt vooral bij de keuze van een rustgewas. Dan vechten korte termijn economische belangen tegen langere termijn voordelen. Zo lijkt het heel wat gunstiger om een verkoopbare erwt of stamslaboon te telen dan een gras/klaver met een laag saldo en allerlei akkerbouwvreemde beheers-elementen. Of is een graan met klaver te prefereren? De gras/klaver weide met 3 snedes afvoer, de stamslabonen met groenbemester en het graan met klaver dragen ongeveer evenveel bij aan de organische stof aanvoer (Van Leeuwen-Haagsma & Wijnands, 1998). Van de gras/klaver mag de meeste nawerking worden verwacht (zie paragraaf 3.2.3.). Door een laatste snede te laten staan neemt de organische stof aanvoer en nawerking zelfs nog toe. De gras/klaver lever

dan ook een netto bijdrage aan de N balans (zie paragraaf 3.2.1) evenals de stamslaboon met groenbemester terwijl graan/klaver neutraal is (N-opname graan gecompenseerd door N binding klaver).

Vaak wordt een rustgewas ingezet voor structuurherstel. Graan/klaver zal daar evenals gras/klaver zeker aan bijdragen, zij het op een verschillende manier. Stamslabonen leveren echter nauwelijks een positieve bijdrage, integendeel, doordat de oogst gedwongen is, is er zelfs een reëel risico op oogsten onder ongunstige omstandigheden met structuurbederf als gevolg. Bovendien is het niet altijd mogelijk een goede groenbemester te telen met verlies van stikstof tot gevolg (de andere twee kandidaten verliezen vrijwel geen N).

Voor een biologisch bedrijf is het hoge rendement van stambonen ten opzichte van gras-klaver-weides op korte termijn verleidelijk. Het is echter de vraag of daar niet in (toekomstige) volgteelten een prijs voor betaald moet worden. Graan met klaveronderzaai is een speler met veel capaciteiten waarbij echter een goede stand van de klaver van groot belang is voor een optimaal rendement voor de voorvrucht. Ook blijkt dat de stikstof in het volgende jaar al vroeg vrijkomt, zodat als navrucht gewassen met een vroege stikstofbehoefte het beste passen zoals uien en aardappel.

De keuze voor een bepaalde maaivrucht wordt dus door veel aspecten bepaald: het karakter van de beoogde voorvrucht, de afzetmogelijkheden van de mogelijke rustgewassen, de afstemming van nutriëntenaanbod en -behoefte, de bijdrage aan de organische stof voorziening, de invloed op bodemstructuur, het risico van stikstof uitspoeling en het over twee teelten heen bekeken nutriëntensaldo (aanvoer minus afvoer).

Het optimaliseren van de vruchtwisseling is dus geen eenvoudige kwestie. Het speelde in het BIOM adviestraject een hoofdrol (Wijnands *et al.*, 2002). Vele aspecten spelen een rol. Het moge echter ook duidelijk zijn dat optimalisatie van de nutriëntenvoorziening wellicht de hoofdrol opeist. Optimaliseren van de bemesting in de vruchtwisseling betekent het zorgvuldig plannen van groenbemesters, rustgewassen grondbewerkingen en volggewassen. Wanneer de vruchtwisseling met behulp van de beschreven inzichten zorgvuldig gepland wordt, ontstaat een vruchtwisseling- en nutriëntenmanagement specifiek dynamisch patroon van bodemvruchtbaarheid. Relevante en homogene condities voor ieder gewas zullen dan niet alleen ervoor zorg dragen dat de kwaliteitsproductie gewaarborgd is naar zullen ook de basis vormen voor het veilig stellen van de gewenste milieutechnische kwaliteit door het verlies aan nutriënten te minimaliseren.

# Karakteristieken van groenbemesters en rustgewassen

De verschillende groenbemesters en rustgewassen verschillen sterk in hun effecten op de bodemvruchtbaarheid, hieronder volgt een korte karakteristiek.

- Klavers en wikke: vlinderbloemige gewassen, goede N-bindings. Klaver geeft een matig intensieve doorworteling van met name de bouwvoor. Zodra het gewas goed ontwikkeld is, is de onkruidonderdrukking van zaadonkruiden goed. De wortel en stoppelresten hebben door de hoge N gehalten een relatief laag C/N quotiënt. De nalevering van N vindt dus al vroeg in het volgende groeiseizoen plaats. Door klavers gemengd te telen met gras wordt de uit de wortelknolletjes weglekkende N nog benut en wordt het C/N quotiënt van de totale biomassa hoger waardoor de vertering langzamer verloopt en de verliezen over de winter minimaal zijn. Klavers zijn uitstekend te gebruiken als onderzaai in granen (zie granen). Op lichtere gronden moet de relatie met aaltjesbeheer scherp in de gaten gehouden worden. Ook kunnen slakkenpopulaties zich onder deze groenbemesters vermeerderen;
- Kruisbloemigen: deze groenbemesters produceren relatief weinig wortels, maar de penwortels kunnen bij een voldoende lange groeiperiode doordringen tot onder de bouwvoor en daardoor bijdragen aan de structuurverbetering in de ondergrond. Meestal is de groeiperiode te kort voor deze bijdrage. Kruisbloemigen kunnen bij een goede stand goed onkruid onderdrukken. Na inwerken verloopt de vertering snel (relatief laag C/N quotiënt). Veel N gaat, wanneer de groenbemester al in de herfst ingewerkt wordt, al gedurende de winter verloren;
- Gras is een intensief wortelend gewas, de bouwvoor is goed doorworteld, daaronder vermindert het snel. Grassen benutten de aangeboden N efficiënt en laten dan ook vaak een leeg profiel achter. Door het vrij hoge C/N quotiënt van de boven- en ondergrondse massa samen, verloopt de vertering langzaam, zijn de winterverliezen beperkt en komt de N tot laat in het volgende groeiseizoen vrij. Op lichtere gronden moet de relatie met aaltjesbeheer scherp in de gaten gehouden worden. Ook kunnen slakkenpopulaties zich onder deze groenbemesters vermeerderen;
- Graan kan door de diepe en intensieve doorworteling voedingsstoffen vanuit het hele profiel opnemen en benutten en verbetert de bodemstructuur in de ondergrond. De wortel- en stoppelresten met een relatief hoog C/N quotiënt verbeteren de bodemvruchtbaar-

heid in de bouwvoor. De genoemde voordelen zijn duidelijk groter bij wintergraan dan zomergraan. Granen maken het profiel goed leeg wat betreft minerale N. In graan kan een klavergroenbemester ondergezaaid worden waardoor extra N in de bodem gebracht wordt. Voorwaarde voor het slagen van de klavergroenbemester is een voldoende open graangewas, waardoor het onkruidonderdrukkend effect van het gewas slechter is. Graan heeft in veel gevallen een mestgift nodig om tot voldoende kwaliteit en kwantiteit te komen. Het financiële saldo van graan is matig. Graan als groenbemester kent een relatief korte groeiperiode en bereikt dus niet alle voordelen zoals hierboven benoemd;

- Gras-klaver is een minder diep maar zeer intensief wortelend gewas en levert daardoor een grote bijdrage aan het verbeteren van de chemische en fysische bodemvruchtbaarheid van de bouwvoor. Ook gras/klaver benut alle minerale N in het profiel, de restvoorraad na de oogst is meestal klein (0-25 kg N per ha). Gras-klaver is een gewas waarin zowel zaad- als wortelonkruiden (m.u.v. ridderzuring) goed bestreden worden door onderdrukking en maaien. Door de eigen N-voorziening is bemesting niet nodig, maar het financiële saldo is laag. Door de laatste snede niet af te voeren kan nog eens een extra hoeveelheid organische stof en N in het systeem gebracht worden. De relatie met aaltjesbeheer moet scherp in de gaten gehouden worden op de lichtere gronden. Bovendien kan dit gewas leiden tot een opbouw van de slakkenpopulatie;
- Luzerne is een meerjarig vlinderbloemig gewas waar drie tot vier jaar van geoogst kan worden. Het gewas kan diep en intensief wortelen. Daardoor kan het gewas, net als graan, vanuit het hele profiel voedingsstoffen opnemen (lage rest hoeveelheden minerale N) en de bodemstructuur verbeteren. Zodra het gewas goed ontwikkeld is, is de onkruidonderdrukking van zowel zaad- als wortelonkruiden (m.u.v. ridderzuring) zeer goed. Een mestgift kan door de N-binding achterwege blijven. Het financiële saldo is zeer bescheiden;
- Peulvruchten worden ook vaak bij de rustgewassen gerekend doordat het maibare gewassen zijn die N kunnen binden. De doorworteling van deze gewassen is vaak beperkt en met name bij conservengewassen is behoorlijke structuurschade niet uitgesloten, omdat het oogstrijdstip bij contractteelten in hoge mate door anderen opgelegd wordt. Ondanks het vermogen N te binden is in veel gevallen een startgift gewenst. Het financiële saldo van deze gewassen is duidelijk hoger dan van de overige rustgewassen.

## 6. Literatuur

- Dijk, W. van, 1998. Door scheuren van grasland veel stikstof voor snijmaïs. Bulletin akkerbouw, november 1998. Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt, Lelystad, p 13-16.
- Dijk, W. van, 1999. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Publicatie nr. 95. Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt, Lelystad, 59 pp.
- Ester, A., 1995. Effect bodembedekkers op naaktslakken. Ekoland nr. 9, 10-11.
- Grootenhuis, J.A., 1977. Mehrjährige Versuchsergebnisse mit Sommergerste, Winterweizen, Speisekartoffeln und zuckerrüben ohne und mit Einschaltung von Leguminosen als Hauptfrüchte in die Fruchtfolge (1953 bis 1976). Proceedings van Symposium Produktion der Biomassa und Ertragsbildung der Feldfrüchte, Vol. 2 (Praag), 111-120.
- Hartsema, O., 2001. Groenbemesters als aaltjesbestrijder is maatwerk. Keuze van juiste groenbemester vergt de nodige aandacht en zorgvuldigheid. Boerderij/Akkerbouw 86, no.18, 10-11.
- Korthals, G. & R.Timmer, 2001. Klavers en aaltjes gaan soms te goed samen. Stikstofopname en aaltjesvermeerdering bij vlinderbloemige groenbemesters. Ekoland 7/8, 20-21.
- Leeuwen-Haagsma, W.K. van & F.G. Wijnands, 1997. Maak bij groenbemesters een goede keuze. OBS IV. Ekoland 7/8, 12-13.
- Leeuwen-Haagsma, W.K. van & F.G. Wijnands, 1998. Laagsalderende gewassen spelen hoofdrol in bouwplan. De kwaliteiten van diverse maaivruchten. Ekoland 6, 14-15.
- Mourraux, D., O. Cappellen, P. Scokart & J.F. Ledent, 1993. Culture de maïs: sous-semis et semis sous couvert. In: Carlier, L., J.P. Honnay & D. Mourraux (Eds.) Bodembedekking in de teelten maïs en suikerbieten. Instituut tot aanmoediging van het wetenschappelijk onderzoek in nijverheid en landbouw, Brussel, 21-56.
- Neuvel, J.J., 1992. Teelt van doperwten. Teelthandleiding nr. 48. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, 79 pp.
- Neeteson, J.J., 1994. Residual soil nitrate after application of nitrogen fertilizers to crops. In: Adriano, D.C., A.K. Iskandar & I.P. Murarka (Eds.) Contamination of groundwaters. Advances in Environmental Science, Science Reviews, Northwood, United Kingdom, 347-365.
- Prins, W.H., K. Dilz & J.J. Neeteson, 1988. Current recommendations for nitrogen fertilisation within the EEC in relation to nitrate leaching. Proceedings 276, The Fertiliser Society, London, 27 pp.
- Ridder, D.N. de, 1992. Bewust omgaan met mineralen. Akkerbouw. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw, Ede, 39 pp.
- Schans, D.A. van der, 1998. Teelt van luzerne. Teelthandleiding nr. 84. Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt, Lelystad, 55 pp.
- Schröder, J.J., 1997. Estimates of the carbon and nitrogen yield of shoots and roots of cover crops. In: Schröder, J.J. (Ed.) Second progress report of EU Concerted Action Long term reduction of nitrate leaching by cover crops. Note 53, AB-DLO, Wageningen, 81-94.
- Schröder, J.J. & L. ten Holte, 1996. Bemestingsonderzoek aan maïs en voederbieten. Rapport 63, AB-DLO, Wageningen, 37 pp.
- Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen & F.G. Wijnands, 1996b Nutrient surpluses on integrated arable farms. European Journal of Agronomy 5: 181-191.
- Schröder, J.J., L. ten Holte & B.H. Janssen, 1997. Non-overwintering cover crops: a significant source of N. Neth. J. Agric. Sci. 45: 231-248.
- Schröder, J.J., W. van Dijk & W.J.M. de Groot, 1996a. Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. Neth. J. Agric. Sci. 44: 293-315.
- Schröder J.J., F.G. Wijnands & R. Booi, 2002 Intenties van biologische landbouw en de rol van onderzoek. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Schröder, J.J. & W.K. van Leeuwen-Haagsma, 2002. Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Vereijken, P.H., 1990. Innovatie van ecologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, al dan niet in gemengd bedrijfsverband. CABO-verslag nr. 138. Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen, 62 pp.
- Wijnands, F.G., W.K. van Leeuwen-Haagsma & P. van Asperen, 1995. Stikstofverliezen; theorie en praktijk. IKC Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroente Nummer 5, 25-33
- Wijnands, F.G. & W.K. van Leeuwen-Haagsma, 2000. Plannen van bemesting is lastige klus. Combineren van goede opbrengst en minimale verliezen vergt veel rekenwerk. Ekoland 9, 22-23.

- Wijnands, F.G., W. Sukkel & C. Booi, 2002a. Bedrijfs- en teeltinrichting basis voor beheer ziekten, plagen en onkruiden. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.
- Wijnands, F.G., W.K. van Leeuwen-Haagsma & F. van Koesveld, 2002b. Op weg naar een Goede Biologische Praktijk; ervaringen en resultaten uit het BIOM project. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booi (Eds.) Biologische Landbouw onder de loep, PPO-Lelystad, publicatie PPO 303, 192 pp.