

AB-DLO Thema's 3

Hoe ecologisch kan de landbouw worden?

**Themadag KLV, AB-DLO en PE
gehouden op 21 november 1995
te Wageningen**

A.J. Haverkort en P.A. van der Werff (Eds)



[Verkrijgbaarheid gedrukte versie](#)

[Abstract](#)

[Voorwoord](#)

[Artikelen](#)

© DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek,
Wageningen/Haren

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden gereproduceerd, in computerbestanden worden opgeslagen of uitgegeven in enige vorm, inbegrepen elektronisch, mechanisch, reprografisch of fotografisch, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever: AB-DLO, Postbus 14, Wageningen, Nederland.

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Exemplaren van de gedrukte versie van dit document kunnen worden besteld door overmaken van f 50,- per stuk op onze Postbankrekening, nummer 3577859 op naam van AB-DLO Wageningen, onder vermelding van "*Hoe ecologisch kan de landbouw worden?*".

Het boek is ook verkrijgbaar via de boekhandel



Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

AB-DLO Thema's 3. DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), Wageningen/Haren, 144 pp.

Het boek bevat 8 hoofdstukken die zijn gepresenteerd op de themadag "Hoe ecologisch kan de landbouw worden?". Deze dag is georganiseerd in Wageningen in november 1995 door de studiekering 'Ecologie en Fysiologie van de Plantaardige Productie' van de Koninklijke Landbouwkundige Vereniging, het DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) en de C.T de Wit Onderzoekschool Productie-Ecologie.

In dit boek zetten de auteurs een groot aantal vraagtekens bij de gangbare en bij de ecologische manieren van teelt van akkerbouw-, groente-, en fruitgewassen. Oplossingsrichtingen worden gezocht in het soort bedrijf (bedrijfsstijl, gewassenkeuze en vruchtwisseling) dat het meest past bij milieuvriendelijke productie. De stikstof- en fosforkringlopen worden besproken evenals teeltmaatregelen om de uitspoeling te beperken door het goed beheren van de organische stof in de bodem en de rol van de veehouderij. Perspectieven van ziekteverendheid van gewassen en benutting van parasitisme worden besproken. Ten slotte wordt het ontwerpen en toetsen van nieuwe ecologische teeltsystemen van initiatie tot en met implementatie besproken.



Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Voorwoord

Het onderwerp ecologisering van de landbouw staat al enkele decennia in de maatschappelijke belangstelling. De doelstellingen waren vooral gericht op het vermijden van ongewenste neveneffecten van de gangbare landbouw. Het vinden van een passende wetenschappelijke benadering bleek niet eenvoudig te zijn. Zowel het strikt analytische,

als het sterk holistische onderzoek miste de methodologieën om de maatschappelijke vragen kwantitatief en objectief te beantwoorden.

Er is thans zowel vanuit de vraagzijde als vanuit het onderzoek aanzienlijke vooruitgang geboekt. Door een verbeterde vraagstelling, te weten een duidelijk geformuleerde doelstelling voor de onderscheiden functies in het landelijk gebied voor de wensen van de consument, kon er meer richting gegeven worden aan complexe problemen. In het wetenschappelijk onderzoek zijn er aanzienlijke vorderingen gemaakt met systeembenaderingen in het experimenteel en model-onderzoek, die kunnen leiden tot optimalisatie van landbouw en landgebruik en tot verkenning van opties op prototypen voor nieuwe vormen van multifunctioneel landgebruik en duurzame landbouwsystemen. Uniek is de huidige onderzoeksaanpak, waarbij ontwikkelingsonderzoek op praktijkbedrijven samengaat met systeemgericht proces- en modelonderzoek. Om ecologisch en economisch duurzame oplossingen te vinden voor een landbouw, die voldoet aan scherpe criteria voor voedselkwaliteit, milieubescherming en natuurontwikkeling zal een 'redesigning' van produktiesystemen nodig zijn. Dit vergt gecombineerd fundamenteel-strategisch en praktijkgericht onderzoek. Om tot de meest optimale vernieuwing van systemen te komen is er enerzijds ruimte voor creatief onderzoek nodig en anderzijds een interactie met beleid en praktijk om de haalbaarheid zo groot mogelijk te maken.

Op initiatief van de Studiekring Ecologie en Fysiologie van de Plantaardige Productie van de Koninklijke Landbouwkundige Vereniging (KLV) is deze themadag georganiseerd in samenwerking met het Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) en de Onderzoeksschool Produktie-Ecologie (PE) van de landbouwuniversiteit in Wageningen. Wij zijn de organisatoren en de inleiders erkentelijk voor de wijze waarop ze dit thema inhoud hebben gegeven. Een maatschappelijk geëngageerde en wetenschappelijk verifieerbare aanpak is nodig om een evenwicht te vinden tussen droom en werkelijkheid om de landbouw verder te ecologiseren.

J.H.J. Spiertz
(directeur AB-DLO)

prof dr.ir. J. Bouwma
(directeur PE-LUW)



Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Inhoud

[Doelen van de landbouw](#)

E. A. Goewie en J.D. van der Ploeg

[Fosforkringloop en ecologische aspecten van de fosfaathuishouding](#)

P.A. van der Werff, Th.B.M. Dekkers en O. Oenema

[De stikstofkringloop: keten of vergiet?](#)

J. Schröder en J. Vos

[Wat mogen we verwachten van biologische bestrijding van plantepathogenen?](#)

M. Gerlagh, P.H.J.F. van den Boogert en J. Köhl

[Architectuur van agro-ecosystemen; consequenties voor plagen, ziekten, antagonisten en onkruiden](#)

C.J.H. Booij, W. van der Werf, W. Joenje en J.Theunissen

[Prototypering van ecologische bedrijfs- en teeltsystemen met een nieuwe balans tussen theoretisch en praktisch onderzoek](#)

P. Vereijken en M.J. Kropff

Voortgaande vernieuwing in de landbouw: het samenspel van prototyping en toekomstverkenning

W.A.H. Rossing, F.G. Wijnands en A.T. Krikke

Melkveehouderij en Milieu: Wat zijn de vooruitzichten?

H. van Keulen, H.F.M. Aarts, C. Hermans en J. de Wit

- **Doelen van de landbouw**

- INLEIDING
- VAN LINEAIR DENKEN NAAR CYCLISCH DENKEN
- DUURZAAMHEID ALS WETENSCHAPPELIJK INTEGRATIEKADER
- EEN MODEL VOOR DUURZAAMHEID
- BELEIDSAGENDA
- REFERENTIES

- **Fosforkringloop en ecologische aspecten van de fosfaathuishouding**
 - INLEIDING
 - FOSFORKRINGLOOP EN BALANSEN
 - FOSFORVORMEN IN DE BODEM
 - FOSFAATBESCHIKBAARHEID
 - BIOLOGISCHE STIMULERING VAN DE FOSFAATBESCHIKBAARHEID EN -
OPNAME
 - VERBETERING VAN DE FOSFAATBENUTTING OP BEDRIJFSNIVEAU
 - CONCLUSIES EN PERSPECTIEVEN
 - REFERENTIES

- **De stikstofkringloop: keten of vergiet?**
 - **INLEIDING**
 - **N-OVERSCHOT IN DE AKKERBOUW**
 - **STUURBAARHEID VAN HET N-OVERSCHOT**
 - **DE MILIEUBELASTING DOOR AKKERBOUWBEDRIJVEN**
 - **MAATREGELEN OM HET N-OVERSCHOT TE VERLAGEN**
 - **CONCLUSIE**
 - **REFERENTIES**

- **Appendix**
 - **DEFINITIES:**

- **Wat mogen we verwachten van biologische bestrijding van plantepathogenen?**

- INLEIDING
- DE HUIDIGE SITUATIE
- VOORBEELDEN UIT ONDERZOEK
- DISCUSSIE
- CONCLUSIE
- REFERENTIES

- **Architectuur van agro-ecosystemen; consequenties voor plagen, ziekten, antagonisten en onkruiden**
 - INLEIDING
 - INTERNE GEWASSTRUCTUUR
 - INTERCROPPING SYSTEMEN
 - BOUWPLAN EN SCHAAL
 - GEWAS EN OMGEVING
 - CONCLUSIES
 - REFERENTIES

- **Prototypering van ecologische bedrijfs- en teeltsystemen met een nieuwe balans tussen theoretisch en praktisch onderzoek**
 - INLEIDING
 - PROTOTYPERING VAN BEDRIJFSSYSTEMEN OP VOORHOEDEBEDRIJVEN
 - PROTOTYPERING VAN TEELTSYSTEMEN
 - AFSLUITING
 - REFERENTIES
 - APPENDIX I
 - APPENDIX II
 - APPENDIX III: AGRO-ECOLOGISCHE OPZET ALS DEEL 5 VAN DE IDENTITEITSKAART VAN HET ECOLOGISCH PROTOTYPE VOOR DE AKKERBOUW/GROENTETEELT IN FLEVOLAND

- **Voortgaande vernieuwing in de landbouw: het samenspel van prototyping en toekomstverkenning**
 - INLEIDING
 - ONTWIKKELINGSSTADIUM DUURZAME LANDBOUW IN OPEN TEELTEN
 - VAN ONTWERP TOT PRAKTIJK
 - AFRONDING
 - DANKWOORD
 - REFERENTIES

- **Melkveehouderij en Milieu: Wat zijn de vooruitzichten?**

- INLEIDING
- DIERLIJKE PRODUKTIESYSTEMEN
- NUTRIËNTENBALANSEN IN MELKVEEHOUDERIJSYSTEMEN
- CONCLUSIES
- REFERENTIES

Doelen van de landbouw

E. A. Goewie (1) en J.D. van der Ploeg (2)

¹ *LUW-vakgroep Ecologische Landbouw, Haarweg 333, 6709 RZ Wageningen*

² *LUW-vakgroep Sociologie, Hollandseweg 1, 6706 KN Wageningen*

Samenvatting

De overheid scherpt de criteria en normen voor bescherming van onze leefomgeving stap voor stap aan. De landbouw moet zich daarbij aanpassen. Het landbouwkundig onderzoek ontwikkelt kennis om dat aanpassingsproces moge lijk te maken. Op grond van diepgaand onderzoek kiest de overheid voor geïntegreerde landbouw als ontwikkelingsperspectief.

Toch lijkt de praktijk de geïntegreerde landbouw niet breed te dragen. De praktijk lijkt zich af te vragen of geïntegreerde produktiewijzen ook een antwoord geven op vragen over verbetering van de afzetmarkt, dierenwelzijn, natuurbescherming, imago, arbeidsvreugde en politieke besluiten, zoals quoteringsmaatregelen. Immers de markt vraagt daar om. Bestaande doelstellingen voor de landbouw voldoen niet meer. Dit artikel identificeert nieuwe doelstellingen voor de Nederlandse landbouw. Eerst wordt het begrip duurzaamheid vertaald in een eenvoudig model. Aan de hand van het model wordt aan getoond dat het maatschappelijk arrangement bepaalt welke vorm van landbouw daarbij hoort. Met behulp van het model kan worden geïndiceerd dat de landbouw net zo ecologisch kan worden als het principe 'de vervuiler betaalt' en 'de macro energiebalans' toelaten.

Dit artikel besluit met twee conclusies. Geïntegreerde landbouw kan ecologischer worden door meer nadruk op de mogelijkheden voor extensivering van de produktie. Ecologische landbouw kan economischer worden door meer nadruk op intensivering van de produktie. Beide vormen van landbouw moeten zich onafhankelijk van elkaar, naar elkaar toe ontwikkelen. De resultante is een duurzame bedrijfsvorm. Die bedrijfsvorm adresseert alle maatschappelijke eisen aan de landbouw. De landbouw wijzigt haar doelstelling en wordt in plaats van export-gericht, multifunctioneel.

INLEIDING

De titel van ons symposium is een retorische vraag. Retorisch, omdat het ecologisch gehalte van onze landbouw net als het duurzaamheidsgehalte van onze samenleving, afhankelijk is van het maatschappelijke arrangement dat mensen samen bereid zijn te maken (WRR, 1994). In Nederland is het maatschappelijke arrangement ten gunste van de ecologische landbouw nog niet mogelijk (Tabel 1). Uit Tabel 1 blijken alléén de agrariërs tot omschakelen bereid. Uit het jaarverslag van SKAL (1995) blijkt het areaal ecologisch beteelde grond inderdaad toe te nemen . Een snellere toename wordt vermoedelijk afgeremd door gebrek aan zicht op meer afzetmogelijkheden en door gebrek aan kennis (Van der Meer et al., 1991).

Tabel 1: Sectoren, keuzes en argumenten

SECTOR	KEUZE	ARGUMENT
Politiek	Scheiden landbouw en natuur; landbouw uit productie nemen	Hoge produktie op kleiner areaal is technisch mogelijk; de geïntegreerde benadering ontlast het milieu; er komt meer ruimte voor natuur
Landbouwbeleid	Specialiseren; meer technologie; sturen op afstand; marktgeoriënteerde ontwikkeling	Marktgestuurde en gespecialiseerde ontwikkeling diversificeert de toelevering, verhoogt de kwaliteit en verlaagt de prijs van landbouwprodukten
Landbouw organisaties	Meer milieu, natuur en betere produktie met meer technologie en minder kosten; mogelijk gemaakt door een overheid die de landbouw steunt	Er mag geen sprake zijn van kapitaalvernietiging; minder overheidsbemoeienis, laat de markt en de techniek hun werk doen
Milieu- en natuur- organisaties	Het AMK-keurmerk in plaats van EKO	Met AMK neemt de omzet van milieu-vriendelijke produkten toe. We kiezen liever voor minder van 'het slechte'. Het milieu-effect wordt sneller bereikt dan met EKO

Landbouwkundig onderzoek	Specialiseren en technologiseren	Geld voor overleving van eigen instituties moet uit de markt komen, dus wie betaalt bepaalt. Landbouwkundige produktie is niets anders dan industriële produktie
--------------------------	----------------------------------	--

Landbouw- onderwijs en	Omgaan met technologie; efficiënt beheer van externe hulpbronnen en bewaken van kosten	Sluit aan bij de behoeften van onderwijsvragenden en geldschieters. Het ontbreekt ons trouwens aan kennis, inzicht didactiek om met hogere integratie-niveaus te kunnen omgaan
------------------------------	--	---

Handels- Organisaties	Beperkte produktdiversificatie vanwege bulkafhandeling; produkten moeten in een voldoende breed assortiment, op alle tijdstippen van het jaar, voor een goede prijs, met met hoge kwaliteit, op tijd en in voldoende omvang geleverd kunnen worden	Coöperatieve opzet vergt een beleid van 'eigenaars' eerst; overleving van eigen instituties; Nederlandse consumenten zijn minder belangrijk dan buitenlandse afzetmogelijkheden
--------------------------	--	---

Grootwinkel- bedrijven	Alleen leveren waarvoor een duidelijke markt bestaat; voldoende omzet staat kleine marges per produkt toe; het produkt moet op elk tijdstip van het	Alleen dat leveren waar de consument in voldoende grote aantallen om vraagt; wij kunnen niet om onze
---------------------------	---	--

jaar, in voldoende hoeveelheden, met goede kwaliteit op tijd geleverd kunnen worden

toeleveringscontracten heen en daarom 'eigen merk eerst'

Consumenten

Liever veel voor een lage prijs; voldoende keuzemogelijkheden; topkwaliteit is minder belangrijk dan de prijs; gezondheidsbeleving aan produkten (persoonlijk en voor kinderen) is belangrijker dan natuur-, milieu- en Derde-Wereld-doelstellingen; overal verkrijgbaar; snel toepasbaar en gemakkelijk

Weinig tijd vereist snel kunnen verkrijgen en snel kunnen bereiden voor weinig geld

Agrariërs

Omschakelen naar geïntegreerd of ecologisch. We durven dat niet vanwege afzet- en financieringsproblemen, alsmede de vereisten van inverteerders en contractpartners

De arbeidsvreugde kan toenemen en kosten kunnen worden verlaagd; er wordt een beroep gedaan op ondernemerschap en vakmanschap; de lange afzetketen neemt onze inkomsten weg

Met name de gangbaar producerende agrariërs vragen om kennis die aansluit op hun overegend technologisch georiënteerde ervaringen (Wijnands et al., 1995). Agrariërs die potentieel bereid zijn om te schakelen naar ecologische landbouw kunnen hun kennisbehoefte bovendien niet vertalen in een gefinancierde vraag naar onderzoek. Toch is dat de eis (LNV e.a., 1995). Blijft de ecologische landbouw als ondersteuning voor de ontwikkeling van een duurzame landbouw daarom een marginale bezigheid? Ja, zolang het doel van de Nederlandse landbouw zich niet wijzigt. Nee, wanneer de doelstelling van de Nederlandse landbouw een meervoudige wordt.

Wij zouden ons artikel nu misschien wel kunnen afsluiten. We hebben namelijk vastgesteld dat de samenleving niet op andere doelstellingen van de landbouw uit is.

Voorbeeld

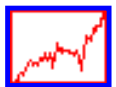
Ook het EKO-produkt uit Nederland blijkt in het buitenland niet te worden vertrouwd (Spangenberg en De Wit, 1995). Dat imago hangt samen met het slechte imago van alle Nederlandse landbouwprodukten in het buitenland. Desondanks heeft Nederland gekozen voor de invoering van het Agro-Milieu Keurmerk (AMK). Het ziet er naar uit dat die omschakeling wordt uitgelegd als het bewijs dat het EKO-merk in Nederland als te streng wordt ervaren. Buitenlandse consumenten lijken te denken dat het AMK-merk de rommelmarges voor de Nederlandse landbouw helpt open houden. De Nederlandse consument daarentegen is wel blij met het AMK. Dat voldoet inderdaad aan de eisen van: gemakkelijk en overal verkrijgbaar voor een redelijke prijs. Een ander onderzoek toont aan dat Nederlandse consumenten ook niet geïnteresseerd zijn in hormoonvrij vlees (Anonymus, 1995). Evenmin lijkt dierenwelzijn invloed uit te oefenen op het aankoopgedrag door consumenten. De discussie over dierenwelzijn ervaart men als de wens van actiegroepen (Terzake, 1995).

Is er dan niet iets méér over het doel van de landbouw te zeggen? Misschien wel, maar dan moeten we de vraag van ons symposium gaan interpreteren.

De vraag van ons symposium verraadt voor ons gevoel enige wanhoop. Wij lezen in die vraag: 'We willen best, maar geef ons onderzoekers een argument waarom we onze beperkte middelen moeten besteden aan onderzoek over vergaande ecologisering van de Nederlandse landbouw'. Laten we vanuit bovenstaande interpretatie opnieuw naar de titel van ons symposium kijken.

Als we de discussie over de ecologisering van de landbouw in Nederland bekijken, krijgen we de indruk dat velen die met landbouw te maken hebben, denken dat ecologisering van de landbouw als ultiem ontwikkelingsperspectief geen extra aandacht behoeft, *omdat alle landbouw op den duur toch ecologisch wordt (Fig. 1) (Landbouwschap, 1989)*. En inderdaad, alles wijst in die richting. Criteria en normen voor de bescherming van mens en milieu worden stap voor stap strenger. De landbouw ontwikkelt zich voorzichtig binnen de aangescherpte eisen. Het gebruik van kunstmest en bestrijdingsmiddelen neemt af en overheid en onderzoek hebben gekozen voor de ontwikkeling van geïntegreerde landbouw als ontwikkelingsperspectief voor de gehele Nederlandse landbouw (LNV, 1992). Toch lijkt de samenleving nog niet tevreden. Onder landbouwers lijkt zelfs het draagvlak voor grootschalige invoering van geïntegreerde bedrijfssystemen gering (Trip en Uineken, 1994). Met andere woorden, het lijkt erop dat geïntegreerde vormen van agrarische produktie in de praktijk worden beleefd als tussenstations voor de stap naar een landbouw met optimale vermindering van kunstmatige externe inputs. Als die bewering juist is mogen we ons nu afvragen waarom dat zo is.

We zullen die vraag nu bespreken. Eerst zullen we het probleem in een onderzoeksvraag omzetten. Dan analyseren we de onderzoeksvraag aan de hand van een simpel model.



[Figuur 1](#)

Tenslotte trekken we conclusies die invloed zouden kunnen hebben op de agenda van het wetenschapsbeleid en het wetenschappelijk onderzoek van overheid en onderzoeksinstelling. We hopen dan ook een antwoord te hebben gegeven op de vraag in de titel van onze bijdrage aan dat symposium.

VAN LINEAIR DENKEN NAAR CYCLISCH DENKEN

Een geïntegreerd producerende agrariër, die naar produktiemethoden blijft streven welke onafhankelijk zijn van kunstmatige externe inputs, lijkt de navolgende overwegingen te koesteren.

* Een agrariër is een vrije ondernemer die vakmanschap paart aan arbeidsvreugde. Steeds meer technologie in het bedrijf maakt hem afhankelijk van anderen. Zijn vakmanschap erodeert tot die van procesbewaker (Van der Ploeg, 1991).

* Geïntegreerde produktiemethoden zijn ontwikkeld onder ideale proefomstandigheden. Is zo'n veldsituatie wel representatief voor mijn bedrijfssituatie? (Trip en Uineken, 1994).

* Onze afzetmarkt ligt voornamelijk in kwaliteitsbewuste landen (Duitsland, Scandinavië, Japan, Oostenrijk). Consumenten in die landen willen niet alleen een fraai-ogend produkt, maar willen daar ook iets aan beleven. De definitie van kwaliteit verbreedt zich van produkt- naar produktiemethode. We kunnen dat maar beter vòòr zijn. Dan behouden we de markt (Zimmermann en Borgstein, 1993).

* Onze inzichten met betrekking tot de gezondheid van mens, dier, plant en ecosysteem worden elke dag groter. De gevolgen van chronische belasting van zenuwstelsel, immunitie-systeem, voortplantings-systeem en grote ecosystemen als zeeën en klimaten, door lage residuen van chemische stoffen worden bekender. Dat heeft effect op de strengheid van wet- en regelgeving voor de bescherming van mens en omgeving (Gezondheidsraad, 1995). We kunnen dus niet door blijven gaan met toepassen van chemische hulpmiddelen in open systemen als bodems, water en lucht (LNV, 1990).

* De negatieve effecten van onze landbouw zijn voornamelijk het gevolg van te intensieve produktiepraktijken. Om los van de grond te kunnen blijven produceren moeten wij een beroep blijven doen op geïmporteerde hulpmiddelen als energie, veevoeder en chemie. Het beste wat wij produceren gaat het land weer uit. De bijprodukten blijven als het slechtste van onze produktiemethoden in ons land achter (Winsemius, 1986).

De vijf hierboven geïdentificeerde punten twijfelen aan de langetermijn perspectieven van de kapitaalintensieve landbouwmethoden. Het lijkt erop dat de omvang van de potentiële produktie van een agrarisch produktiesysteem ook door maatschappelijke factoren moet worden beïnvloed (Goewie, 1995). We zoeken dus naar een produktiemodel dat het beste van de geïntegreerde benadering paart met het beste van die produktiemethoden welke ondernemerschap, bedrijfsidentiteit, imago en vergaande onafhankelijkheid van geïmporteerde grondstoffen tevens tot ontwerp-doel hebben.

Vereijken (1994), Goewie (1994a), Lampkin (1994) en Bouma (1993) suggereren een agrarisch produktiemodel met een ecosysteem gerichte grondslag. Daarin staat het gebruik van regenererbare hulpbronnen en het zelfregulerend vermogen van natuurlijke systemen centraal. Zij zien agrarische produktie uitdrukkelijk niet als een vorm van industriële produktie. Landbouw is namelijk een produktiemethode die haar eigen produktiemiddelen voortbrengt (Goewie, 1993). Er is immers geen koe zonder kalf en geen zaad zonder gewas. Het agro-ecosysteem, waar doorschakelende geïntegreerd producerende landbouwers naar zoeken, draagt dus als kenmerk dat het cyclisch denken in de plaats komt van het lineaire denken. De agrarische produktie op een bepaalde plaats is eindig. Wat moeten we ons bij zo'n vorm van landbouw nu voorstellen?

DUURZAAMHEID ALS WETENSCHAPPELIJK INTEGRATIEKADER

Wereldwijd is aanvaard dat onder andere de landbouw duurzaam moet worden en dat de biodiversiteit overal op

aarde moet toenemen (UNCED, 1992). Wat betekenen duurzaamheid en biodiversiteit?

Van Dale zegt over 'duurzaam': 'een weinig vergankelijke verkrijgbaarheid van doelstellingen'. Het begrip 'duurzaamheid' draagt dus een cyclisch karakter. Passen we dat toe op de landbouw dan zouden we kunnen zeggen dat een duurzame landbouw altijd in staat moet zijn te produceren zonder de kwaliteit en kwantiteit van de productie-omgeving onomkeerbaar te veranderen. Tijdens de UNCED-conferentie in Rio de Janeiro in 1992 is duurzaamheid landgebruik nadrukkelijk in verband gebracht met biodiversiteit (UNCED, 1992). Meer biodiversiteit betekent: meer rekening houden met natuurlijke variaties. Dus geen landbouwpraktijken meer die de neiging hebben de natuurlijke verschillen in de productieomgeving te nivelleren (Goewie, 1994b).

Conclusie: we zoeken naar een landbouw die zichzelf reinigt, buffert en in stand houdt, naar een landbouw die de biotische en a-biotische diversiteit in het landelijk gebied niet nivelleert en naar een landbouw die zelf grenzen stelt aan haar productie-omvang.

Een duurzame landbouw zoals zojuist voorgesteld ontmoet onmiddellijk twee problemen. Hoe weten wij wanneer het productiesysteem te veel expandeert en wat kan de zin nog zijn van een landbouw die niet meer bijdraagt aan de ontwikkeling van het nationaal inkomen? Laten we op zoek gaan naar criteria die aangeven wanneer de voordelen van landbouw omslaan in haar nadeel. Voor de beantwoording van hiervoren gestelde vragen hanteren twee criteria:

- toepassing van het principe 'de vervuiler betaalt'. Dat wil zeggen: de kosten voor milieubelasting kunnen alleen worden goedge maakt als daar voldoende inkomsten tegenover staan. Met andere woorden als een productieproces meer kost aan reparatie van milieu en natuur dan dat productieproces aan inkomsten heeft opgebracht, dan is dat productieproces zinloos; het voordeel is omgeslagen in zijn nadeel;
- bepaling van de macro-energiebalans met betrekking tot de landbouw. Dat wil zeggen: als de distributie van een pakket landbouwprodukten meer kost aan fossiele brandstoffen dan datzelfde pakket aan fotosynthese-energie heeft weten vast te leggen, is de bijbehorende productie omvang zinloos; de zin van landbouw slaat om in zijn nadeel.

EEN MODEL VOOR DUURZAAMHEID

Van een duurzaam producerend agrarisch bedrijf mag worden verwacht dat het zonder onomkeerbare schade aan natuurlijke hulpbronnen (bodem, water, lucht, organismen en ecosystemen) altijd een bepaalde productie haalt (Stoyke en Waibel, 1994). De behoefte aan hulpmiddelen als bestrijdingsmiddelen, kunstmest, energie, beregening en mogelijk ook gemanipuleerde genen mag in een duurzaam bedrijf als minimaal worden gesteld. Zo'n bedrijf maakt maximaal gebruik van de mogelijkheden die natuurlijke hulpbronnen hem leveren. Denk in dit verband aan stikstofbinding door vlinderbloemigen, bevorderen van fosfaatopname door middel van mycorrhizen of aan biologische gewasbescherming.

Als de agrarische productie geheel afhankelijk is van kunstmatige hulpmiddelen die van buiten het bedrijf komen, dan spreken wij over 'externe inputs'. Als een bedrijf afhankelijk is van de natuurlijke hulpbronnen in en om het bedrijf, dan spreken wij over 'bedrijfsgebonden of wel interne inputs'.

Bedrijfsgebonden inputs zijn in principe natuurlijke hulpbronnen. Het kenmerk van natuurlijke hulpbronnen is hun 'levende' karakter, dat wil zeggen, de bronnen reguleren hun eigen systemen. De lucht buffert plaatselijk voorkomende concentraties milieuvreemde stoffen. Dat geldt ook voor het oppervlakte water. Een bodem reguleert zijn eigen reiniging. Dat doen gezonde bossen, sloten en zeeën ook. Mensen en dieren beschikken over een eigen immuuniteitsysteem, waarmee zij hun eigen gezondheid handhaven. Planten beschikken over een zelfordende

mogelijkheid om ziekten en plagen te voorkómen. Kortom, levende systemen beschikken over zelfreinigende en zelfregulerende eigenschappen.

We mogen nu beweren dat duurzaamheid (D) een altijd aanwezige, kwalitatief goede, natuurlijke hulpbron veronderstelt. Duurzaamheid is dus te beschouwen als een functie van zelfregulerende vermogens (z) van natuurlijke systemen ($D \gg f[z]$). Zelfregulering van duurzame systemen is afhankelijk van biodiversiteit (b).

Voorbeeld

Een voorbeeld: zelfreiniging van oppervlaktewater is mogelijk doordat de organismen in dat water onderling met elkaar in verband staan door middel van een voedingsketen. De aantallen van een soort worden in principe gereguleerd door het principe van 'eten en gegeten worden'. Als er teveel fosfaten in het water komen, worden bepaalde algen in hun groei gestimuleerd. Dat aantal draagt bij aan ontregeling van de voedingsketen en dus aan de ontregeling van de oppervlaktewaterkwaliteit.

Duurzaamheid in een agrarisch bedrijf is dus positief gecorreleerd met de omvang van de in dat bedrijf aanwezige biodiversiteit ($D \gg f[b]$).

Als een bedrijfssysteem gebruik maakt van externe inputs (bestrijdingsmiddelen, kunstmest, diergeneesmiddelen), dan mag worden aangenomen dat een negatieve uitwerking heeft op de aanwezigheid van het aantal organismen (naar soort en omvang)

in dat bedrijf. Bij een afnemende biodiversiteit, neemt het zelfregulerend vermogen van dat bedrijfssysteem af. De afname van het zelfregulerend vermogen is omgekeerd evenredig met de omvang van de gebruikte externe inputs. Die omvang kunnen we uitdrukken in de kosten die een agrariër voor deze inputs moet maken ($K[e]$). Met andere woorden: hoe hoger de kosten voor externe inputs op het bedrijf, des te lager het zelfregulerend vermogen van het bedrijfssysteem ($K[e] \gg \{1/D\}$). Maar dan geldt ook: hoe lager de kosten voor externe inputs op het bedrijf, des te meer het bedrijf moet leunen op de interne inputs van het bedrijf en dus ook op het zelfregulerende vermogen van de natuurlijke hulpbronnen binnen het bedrijfssysteem ($K[i] \gg D$). Door substitutie van D met $K[i]$ ontstaat de vergelijking

$$K[e] = 1 / K[i]$$

In Figuur 2 is de vergelijking grafisch weergegeven. Theoretisch is $K[i]$ uit te drukken in de omvang van de produktie waar de agrariër van moet afzien, om zijn interne hulpbronnen niet te zeer te belasten. Hoe meer hij dus van produktie afziet, des te groter zijn derving van inkomsten. Dit getal kan worden beschouwd als de kosten die de agrariër moet maken om geheel op interne inputs te kunnen terugvallen.

Voorbeeld

Een aardappelteler in de ecologische landbouw kan besmettingen door Phytophthora niet met chemische hulpmiddelen voorkomen. Hij kan alleen gebruik maken van resistente rassen en van een andere teeltperiode, namelijk van die periode waarin het gevaar van besmetting door Phytophthora niet groot is. De teler kiest in de eerste plaats voor een resistent ras. Als dat ras minder opbrengt dan een niet-gangbaar ras neemt hij dat verlies. Verder start hij/zij de teelt zo vroeg mogelijk (teeltvervroeging). In principe beëindigt hij de teelt vòòr het moment waarop Phytophthora besmettingen veelvuldig gaan voorkomen (meestal midden augustus). Hij beëindigt de teelt

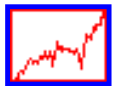
door het loof tijdig te doden. Hij ziet dus af van de laatste kilogrammen die een verdere teelt nog mogelijk kan maken. De ecologische teler neemt dus een verlies aan opbrengst, maar wint aan ruimte om het veld weer tijdig in conditie te brengen en aan kwaliteit door geen bestrijdingsmiddelen te gebruiken.

De hellingshoek die een raaklijn aan de kromme in Figuur 2 maakt kan worden beschouwd als een maat voor duurzaamheid van een bedrijfsysteem. We kunnen nu alle vormen van landbouw rangschikken naar hun vermoedelijke mate van duurzaamheid.

Geheel links van de curve bevinden zich bedrijfssystemen die we volgens onze definitie, in principe als weinig zelfregulerend kunnen beschouwen. Dat wil zeggen, er zijn veel externe inputs (kapitaal, chemie, energie, krachtvoer, enz.) nodig om het bedrijfssysteem te laten produceren. Die externe inputs moeten van buiten het bedrijf worden gehaald. Buiten dat bedrijf ontstaan dus tekorten die door verstoring van evenwichtsprocessen (bijvoorbeeld in lucht, bodem, water, klimaten) moeten worden gecompenseerd.

Voorbeeld

Om de enorme export aan veehouderij producten te kunnen realiseren, moet Nederland veel vee houden. De veestapel van ons land kan niet worden gevoed met wat ons eigen land aan veevoeder kan voortbrengen (Produktschap voor Veevoeder, 1991). Het veevoer wordt daarom geïmporteerd en hier opgewerkt. Voor de productie van ons veevoer is een veelvoud van het Nederlandse teeltareaal nodig in het buitenland. Via veevoerimport halen wij ook de mineralen, die via de mest van onze veestapel in het milieu komt, binnen. Die mineralen kunnen niet worden teruggebracht naar hun plaats van herkomst. In het buitenland ontstaan dus in principe minerale tekorten en in een Nederland overschotten. Het overschot aan stikstof spoelt in Nederland uit en komt terecht in de Noordzee. Volgens de gegevens van de Noordzee-conferentie in 1994 is Nederland verantwoordelijk voor 28 % van de stikstofvervuiling van de Noordzee. Die vervuiling leidt tot compensaties die de voedselketens in zee verstoren.



Figuur 2

Niet-zichzelfregulerende bedrijven kenmerken zich in Figuur 2 door hellingshoeken van meer dan 45°. Geheel rechts bevinden zich bedrijfssystemen die we als zelfregulerend kunnen beschouwen. De niet-zichzelf-regulerende bedrijven zijn evenwel het meest produktief. Natuurlijke systemen zijn in verregaande mate zelfregulerend, maar niet produktief. In het optimum van de hyperbool in Figuur 2 (daar waar de raaklijn een hoek van 45° maakt met de x- en y-as) is waarschijnlijk sprake van een produktiesysteem dat duurzaam is naar de maatstaven van de samenleving. Immers, in dat punt zullen de financiële verliezen als gevolg van minder produktie worden gecompenseerd door minder produktiekosten. Het maatschappelijk arrangement, noodzakelijk voor wat de samenleving duurzaam vindt, is in dat punt het best denkbaar.

In de onderzoekstraditie die hier te lande als 'bedrijfsstijlenonderzoek' bekend is geworden, en waarin de comparatieve benadering centraal staat, is steeds gewezen op de grote empirische variatie in de verhouding $K(e) / (K(i) + K(e))$ (Van der Ploeg, 1990). Die variatie is niet alleen *tussen* sectoren en bedrijfsstelsels zoals geduid in Figuur 3 te onderkennen, ze is met name ook *binnen* de verschillende bedrijfssystemen waarneembaar. Zo blijkt uit omvangrijk Italiaans onderzoek ($n = 1743$) dat de geduide verhouding, die ook wel als 'externalisatiegraad' wordt aangeduid (Van der Ploeg, 1990; Saccomandi, 1991) varieert van een *gemiddelde* van 29,2 % in de moderne bloementeel, via 20,3 % in de tuinbouw en 19,1 % in de fruitteelt, naar 17,2 % in de melkveehouderij. Rond deze

gemiddelden is echter steeds sprake van een forse variantie. De variantie bedraagt respectievelijk 60,2; 69,5; 69,6 en, in het geval van de veehouderij 59,4 (Benvenuti et al., 1992). Binnen elke sector geldt dat men gaande van de bergen naar de vlakte een sterk stijgende gemiddelde externalisatiegraad aantreft. Doch ook binnen elke hoogtezone (bergen, heuvels, vlakte) herhaalt zich per sector weer het fenomeen van de grote variantie. Een dergelijke variantie blijkt evenzeer waarneembaar in tropische landbouwstelsels (De Steenhuijzen Piters, 1995). Ook in Nederland is die variantie vele malen blootgelegd (Van der Ploeg, 1994).

De sterk variërende 'externalisatiegraad' kan beslist niet als een 'neutraal' fenomeen worden beschouwd. Afgezien van de hiervoor reeds geduide duurzaamheids-implicaties die zijn verbonden aan een groter dominantie van $K(e)$, zijn er de nodige aanwijzingen dat met een stijgende externalisatiegraad de energetische efficiëntie daalt (De Roest en Sauda, 1987). De efficiëntie waarmee de interne hulpbronnen worden benut (te associëren met $K(i)$) daalt a fortiori (Van den Dries, in druk; Portela, 1994 en Cristovao et al., 1994). Daar staat tegenover dat de economische efficiency ($BPW/[K(i) + K(e)]$) lijkt te stijgen met een stijgende externalisatiegraad (Benvenuti et al., 1992). Dat is 'niet verbazingwekkend' aldus de aangehaalde auteurs, die verwijzen naar de *tendance lourde* van een doorgaande specialisatie in de landbouw. Wel verbazingwekkend is dat uit meer recent onderzoek steeds vaker naar voren komt dat onder de huidige prijsregimes de bedrijven met een lage externalisatiegraad (die dus meer naar 'rechts' langs de hyperbool van Figuur 2 zijn gesitueerd) een vergelijkbare economische efficiency (en derhalve vergelijkbare of betere inkomens) realiseren dan bedrijven die zich kenmerken door een hoger externalisatiegraad (Landbouwniversiteit, AVM/CCLB, IKC/V NRLO, 1993). Wij zouden hier de hypothese willen suggereren dat dit opmerkelijke, nieuwe verschijnsel niet enkel is terug te voeren op de beweging van dalende prijzen en stijgende kosten die de meer geïndustrialiseerde landbouw thans ondergaat bij een gelijktijdige rem op de groei. Wat naar onze mening evenzeer meespeelt is dat de 'kunst van het boeren' (i.e. het optimaal benutten van de interne hulpbronnen waarover een bedrijf beschikt, waaronder ook uitdrukkelijk begrepen het lokale ecosysteem) in toenemende mate wordt herontdekt en geleidelijk aan verder wordt ontwikkeld (aanwijzingen daarvoor zijn onder meer te vinden in LUW, AVM/ CCLB en IKC/V 1993: 22, Tabel 3.2).

Figuur 2 laat zien hoe ecologische landbouw en geïntegreerde landbouw zich ten opzichte van een economisch-biologisch 'ideaal' functionerend bedrijfssysteem verhouden.

De figuur laat twee conclusies toe. Ten eerste: geïntegreerde landbouw is een weg, die de huidige bedrijfssystemen minder afhankelijk maakt van chemie en energie afkomstig van buiten het agrarisch bedrijf. De methoden die daarbij horen zijn: efficiëntie verhoging van externe inputs door middel van kapitaal, techniek, unificerende modellerings-methoden en optimalisatie van de produktie. Die weg gaat uit van produktiefuncties die onder laboratorium-omstandigheden zijn vastgesteld. Geïntegreerde landbouw leidt tot geleidelijke nivellering van de variaties in de produktieruimte (Bouma en Finke, 1993). Ten tweede: ecologische landbouw is een weg, die agro-ecosystemen afhankelijker maken van bedrijfsgebonden inputs. De methoden die daarbij horen zijn: stuurbaar maken van abiotische en biotische kringlopen en efficiëntie-verhoging van interne inputs, onder bedrijfseconomische randvoorwaarden. Deze weg gaat uit van produktiefuncties die door ervaringen uit de praktijk zijn vastgesteld (Vierhout en Van der Werff, 1989). Ecologische produktiesystemen accepteert de variaties in de produktieruimte met handhaving van een renderende produktie (Vandermeer, 1995).

In de ecologische landbouw heerst de opvatting, dat alle natuurlijke processen binnen een agro-ecosysteem onderling wezenlijk van elkaar afhankelijk zijn (LNV, 1992). De landbouwer heeft onze inziens, de verantwoordelijkheid om het verloop van deze processen te begeleiden en te stimuleren en wel zodanig dat natuurlijke interacties worden behouden en biomassa wordt geproduceerd. Dat type van bedrijfsmanagement is hoofdzakelijk gericht op de kwaliteit van het welzijn van plant, dier en mens, nu en in de toekomst. Ecologische landbouw is dus niet gelijk aan een gangbare landbouw-zonder-chemische inputs (Goewie, 1995). Het is zeker niet

gelijk aan de blanco toets in gangbaar agronomisch veldonderzoek.

We komen nu aan de beantwoording van de vraag in de titel van onze voordracht.

De landbouw wordt optimaal ecologisch wanneer:

- het herstel van de daarbij behorende vernietiging van natuurlijke hulpbronnen binnen een straal van een bepaald aantal kilometers niet méér kost dan diezelfde produktie op de markt aan inkomsten heeft weten te genereren en
- de distributie van die produktie niet méér aan fossiele brandstoffen vraagt dan datzelfde pakket aan zonlicht-energie heeft weten vast te leggen.

De geïntegreerde landbouw kan dus nog ecologischer worden, namelijk door haar produktiemethode verder te extensiveren. De ecologische landbouw kan dus nog economischer worden, namelijk door produktiemethode verder te intensiveren.

Het voorgaande vertaalt zich nu in een agenda voor ontwikkeling van duurzaamheid in landbouwbeleid.

BELEIDSAGENDA

We bespreken drie onderdelen van de agenda: de agenda voor het beleid, die voor het onderzoek en die voor het onderwijs.

Beleidsagenda

- * Ten aanzien van beleidsdoelstellingen: ecosysteem-gestuurde landbouw en technologie gestuurde landbouw worden beide gezien als aantrekkelijke ontwikkelingsperspectieven voor de tot-stand-koming van duurzaamheid in de landbouw. De landbouw krijgt een multifunctionele doelstelling.
- * Ten aanzien van beleidsaanpak: er moet veel aandacht worden besteed aan een onafhankelijke en professionele vorm van voorlichting aan consumenten over ecologische en geïntegreerde produktiewijzen. De opkomst van AMK is rampzalig voor de verdere ontwikkeling van EKO.
- * Ten aanzien van beleidsinstrumenten: voor de ontwikkeling van een duurzame landbouw is kennis essentieel. Voor elke gulden die naar de ontwikkeling van geïntegreerde methoden gaat moet ook een gulden gaan naar de ontwikkeling van de ecologische landbouw.

Onderzoeksagenda

- * Ten aanzien van reken- en modelleermethodieken: op korte termijn moet veel aandacht worden gegeven aan de verdere ontwikkeling van het N-DICEA model (Habets en Oomen, 1995). Het is absoluut noodzakelijk dat we nutriëntendynamieken kunnen doorrekenen voor produktiesituaties waarin geen kunstmest of bestrijdingsmiddelen worden gebruikt.
- * Ten aanzien van ontwerpmethodieken: bestaande methoden moeten verder worden geprofessionaliseerd,

gevalideerd en overdraagbaar gemaakt.

* Ten aanzien van de bodem: er is veel behoefte aan meer kennis over het gedrag en beheer van organisch stof in de bodem.

* Ten aanzien van teelt: er is behoefte aan een goed georganiseerd programma over gemengde teelten.

* Ten aanzien van veehouderij: vanuit het welzijn der dieren moeten aangepaste productiesystemen en huisvestingsvormen worden ontworpen.

* Ten aanzien van bedrijfssystemen: er moet een herwaardering komen voor gemengde bedrijfsvoering.

* Ten aanzien van ecologie en natuurbescherming: er is behoefte aan inzicht over de mogelijkheden van vèrgaande ecologisering van alle in de landbouw gebruikte produktiefactoren.

* Ten aanzien van pathogenenbeheersing in teelten van gewas en dier: er moet een vorm van gewas- en dierbescherming worden gevonden die steunt op ecosysteemregulering, respectievelijk diervriendelijkheid.

* Ten aanzien van de ontwikkeling van agrarisch ondernemerschap: er moeten gebruikvriendelijke, interactieve, managementondersteunende systemen komen die aansluiten bij de lokale situatie van de agrariër.

Onderwijsagenda

* Ten aanzien van leerdoelen: naast onderwijs over de techniek van landbouw bedrijven, moet er veel aandacht komen voor de ontwikkeling van agrarisch ondernemerschap. Het is belangrijk dat ondernemers vaardiger worden om beslissingen

te kunnen nemen in complexer wordende teeltomstandigheden.

* Ten aanzien van leerwegen: ontwikkel bestaande docenten door bijscholing en stages.

* Ten aanzien van leermiddelen: stel middelen ter beschikking voor scholingsmogelijkheden in complexe leersituaties. Er zijn nieuwe leervormen nodig. De didactiek behorend bij duurzaam denken is niet ontwikkeld.

Randvoorwaarden

Om het bovenstaande te kunnen nastreven is het van het grootste belang dat iedereen de voordelen van een geëcologiseerde landbouw inziet. Ook is het produktief dat de aanhangers van geïntegreerde en ecologische produktiewijzen van elkaars kennis gebruik maken.

REFERENTIES

Anonymus (1995)

Hormoonvrij vlees zegt consument weinig. De Boerderij 29 augustus 1995.

Benvenuti, B., S. Antonello, C. de Roest, E. Sauda & J.D. van der Ploeg (1992)

Produttore agricolo e portere; modernizzazione delle relazioni sociali ed economiche e fattori detriminanti dell' imprenditorialita agricola, CNR/IPRA , Rome, 1992.

Bouma, J. & P.A. Finke (1993)

Origin and nature of soil resource variability. In: Soil specific crop management. Proceedings of first workshop of the American Society of Agronomy.

Cristovao, A., H. Oostindie & F. Perreira (1994)

Practices of endogenous development in Barroso, Northern Portugal.

In: J.D. van der Ploeg & A. Long; Born from Within: practices and perspectives of endogenous development, Van Gorcum, Assen.

Dries, A. van der (in press)

Waterefficiency levels in Northern Portugese irrigation systems. In: G. van Dijk & J.D. van der Ploeg. Beyond modernization. The impact of endogenous development; Van Gorcum, Assen.

Gezondheidsraad (1995)

Niet alle risico's zijn gelijk. Kanttekeningen bij de grondslag van de risicobenadering in het milieubeleid. Advies van een commissie van de Gezondheidsraad. Publicatie Gezondheidsraad nummer 1995/06.

Goewie, E.A. (1993)

Ecologische landbouw: een duurzaam perspectief? Intreerede Landbouwuniversiteit Wageningen.

Goewie, E.A. (1994a)

De acrobaat, de tuinder en de consument: beschouwingen over de mogelijkheden voor duurzaamheid in de glastuinbouw. In: Met stem en pen. Opstellen over de land- en tuinbouw aangeboden aan Ir. A.J. Vijverberg, 77 - 92. Uitgave proefstation voor de Groenteteelt onder glas. Naaldwijk.

Goewie, E.A. (1994b)

Duurzame landbouw heeft weinig baat bij genetische modificatie. Bionieuws 4 (13 augustus): 2.

Goewie, E.A. (1995)

Inleiding in de ecologische landbouw. Collegedictaat voor het eerste trimester van het cursusjaar 1995 - 1996.

Habets, A.S.J. & G.J.M. Oomen (1993)

Modeling nitrogen dynamics in crop rotations in ecological agriculture.

In: J.J. Neeteson & J. Hassink (Eds), Nitrogen mineralization in agricultural soils. Proceedings of a symposium held at the Institute for Soil Fertility Research, Haren, 19 - 20 april 1993; 255 - 268.

Heselmans, M. (1995)

Genetisch gemodificeerde voeding nu ook op Nederlandse markt. Wageningen Universiteitsblad nummer 25, 31 augustus 1995.

Lampkin, N. & S. Padel (1994)

The economics of organic farming, an international perspective. CAB International, Oxon. UK.

Landbouwschap (1989)

Om schone zakelijkheid. Perspectieven voor de agrarische sector in Nederland.

Verslag van de adviescommissie perspectieven voor de agrarische sector in Nederland. Den Haag.

Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie (1990)

Meerjarenplan gewasbescherming. Uitgeverij SDU. Den Haag.

Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie (1992)

Sectornota Plantaardige produktie 1992 - 1994. SDU Uitgeverij.

Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie (1992)

Notitie Biologische Landbouw. Tweede kamer. Vergaderjaar 1992 - 1993, 22 817, nr. 1.

Landbouw, Natuurbeheer en Visserij Ministerie, Ministerie van Economische Zaken en Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1995)

Nota kennis in beweging. Tweede kamer stuk 24 229, nr. 1.

LUW, AVM/CCLB, IKC/V (1993)

It kearpunt foarby. Bouwstenen voor het agrarische ontwikkelingsplan Friesland; Wageningen, Leeuwarden.

Meer, C.L.J. van der, H Rutten & N.A. Dijkveld Stol (1991)

Technologie in de landbouw: effecten in het verleden en beleidsoverwegingen in de toekomst. Uitgave Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid. Den Haag.

NRLO (1994)

Meerdere vergelijkingen en vele onbekenden. Rapport 94/1.

Ploeg, J.D. van der (1991)

Landbouw als mensenwerk: arbeid en technologie in de agrarische ontwikkeling. Uitg. Coutinho.

Ploeg, J.D. van der (1990)

Labour, markets and agricultural production. Westview Press. Boulder and Oxford.

Ploeg, J.D. van der (1994)

Agricultural production and employment: different practices and perspectives:

68 - 92. In: C.A.H. Verhaar & P.M. de Klaver (Eds). The function of the economy and labourmarket in the perifere region/ The case Frisland. Friesche Academie.

Portela, E. (1994)

Manuring in Barroso: a crucial farming practice. In: J.D. van der Ploeg & A. Long; Born from Within: practices and perspectives of endogenous development, Van Gorcum, Assen

Produktschap voor Veevoeder (1991)

Importcijfers voor veevoeder. In: Informatiebulletin diervoeder. Statistische Jaarcijfers.

Roest, C. de & S. Sauda (1987)

I bilanci energetici nelle aziende di latte. IBA/ENEA. Rome.

Saccomandi, V. (1991)

Istituzioni di economia del mercato dei prodotti agricoli. READA. Rome.

SKAL (1995)

Jaarverslag SKAL 1994.

Steenhuijsen Piters, B. de (1995)

Diversity of field farmers, explaining yield variations in Northern Cameroon. Proefschrift, Landbouwniversiteit Wageningen.

Stoyke, C. & H. Waibel (1994)

Deintensification strategies of cereal farms in lower Saxony: a contribution towards more sustainable farming systems. In: Rural and farming systems analysis. European perspectives. J.B. Dent and M.J. McGregor (Eds), pag. 145 - 158.

Terzake, Stichting (1995)

Verslag van het sectordebat in de vleeskalverhouderij en vleesveehouderij. Uitgave Stichting Terzake.

Trip, E. & O.J.W. Uniken (1994)

Introductie geïntegreerde akkerbouw: een meerdimensionale benadering. Afstudeerverslag voor de Faculteit Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen van de Technische Universiteit Eindhoven.

United Nations Conference on Environment & Development (1992)

Promoting sustainable agriculture and rural development. Agenda 21.

Hoofdstuk 14. 14 juni 1992.

Vandermeer, J. (1995)

The ecological basis of alternative agriculture. Department of biology. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.

Ventura, F. & H. van der Meulen (in druk)

In: G. van Dijk & J.D. van der Ploeg. Beyond modernization. The impact of endogenous development; Van Gorcum, Assen.

Vierhout, T. & P.A. van der Werff (1989)

Biological agriculture, an appropriate way of farming. In: Appropriate technology in industrialized countries. Delft. University Press.

Visser, P. (1994)

Van de rest kun je mooi slavinken maken. De Volkskrant 24 november 1994.

Vereijken, P., H. Kloen & R. Visser (1994)

Innovatieproject Ecologische Akkerbouw en Groententeelt. Eerste voortgangsrapport in samenwerking met 10 voorhoedebedrijven. AB-DLO rapportnr. 28.

Wetenschappelijke Raad voor het regeringsbeleid (1994)

Duurzame risico's: een blijvend gegeven. Adviesnummer 1994/4. Den Haag.
SDU Uitgeverij.

Wijnands, P.G., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, S.R.M. Janssens, J.J. Schröder & K.B. van Bon (1995)



Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw; beknopt overzicht technische en economische resultaten. Uitgave
PAGV, nummer 196.

Winsemius, P. (1986)

Gast in eigen huis: beschouwingen over milieumanagement. Uitgeverij Samson.

Zimmermann, K.L. & M.H. Borgstein (1993)

Strategisch marketingplan voor de afzet van biologische levensmiddelen.

LEI-DLO Mededelingen, nummer 481.  [Volgende artikel](#)  [Inhoudsopgave](#)

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Fosforkringloop en ecologische aspecten van de fosfaathuishouding

P.A. van der Werff (1), Th.B.M. Dekkers (1) en O. Oenema (2)

¹ LUW-vakgroep Ecologische Landbouw, Haarweg 333, 6709 RZ Wageningen

² DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), Postbus 129, 9750 AC Haren/Wageningen

Samenvatting

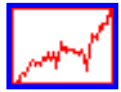
Op aarde kunnen we een fosforkringloop onderscheiden op een geologische tijdschaal van miljoenen jaren die wordt gedomineerd door abiotische processen. Op korte termijn van een paar jaar tot enkele honderden jaren bestaat een fosforkringloop op biogeochemische tijdschaal die wordt gedomineerd door biologische en geochemische processen. Het huidige gebruik van fosfor in de landbouw heeft gevolgen voor de lange-termijnkringloop door een versnelde verwerking van fosfaathoudende apatieten en versnelde afvoer naar mariene fosfaatvoorraden. De landbouwkundige verliezen zijn hoger naarmate de fosfaattoestand van de bodem op een hoger niveau wordt gehouden.

Om de fosforverliezen door uitspoeling en fixatie in de landbouw te verminderen zal de fosfaattoestand van de bodem naar een relatief laag niveau moeten worden gebracht.

Om dan nog een rendabele landbouwproductie te realiseren zal de effectiviteit van de P-bemesting en de P-opname door het gewas moeten worden verhoogd. Bij het streven naar voldoende fosfaatopname door gewassen bij een lagere fosfaattoestand van de bodem kunnen biologische processen een grote rol spelen. In het onderzoek wordt met name gekeken naar fosfatase-productie door wortels en micro-organismen, fosfaatmineralisatie door regenwormen en fosfaatmobilisatie door *Arbusculaire Mycorrhiza*-schimmels. In het ontwikkelingsverloop van het gewas wordt de fosfaatopname door middel van biologische processen in toenemende mate belangrijk. De bijdrage aan de opname van fosfaat door biologische processen kan in Nederland 25 % bedragen, waardoor de efficiëntie van het fosfaatgebruik kan stijgen. Hiermee gepaard gaat een beperkte daling van de opbrengst van 5-15 %. De mondiale fosfaatvoorraad zal hierdoor minder worden aangesproken door de landbouw in technologisch verder ontwikkelde landen zodat het fosfaatgebruik op bodems met een ernstig fosfaattekort kan toenemen. Op korte termijn leidt dit tot een vermindering van de milieubelasting door Puitspoeling. Op middellange termijn levert een vermindering van fosfaatgebruik in de industrielanden een bijdrage aan een duurzame voedselproductie op mondiale schaal en het kan op langere termijn gezien de versnelde afvoer van fosfaat naar de zeebodem afremmen.

INLEIDING

Fosfor is sinds de ontwikkeling van de intensieve veehouderij en de intensivering van de melkveehouderij een nutriënt dat in ruime mate voorhanden is in de Nederlandse landbouw. Doordat de huidige veehouderij slechts ten dele grondgebonden is wordt er van buiten Nederland veel fosfaat aangevoerd in de vorm van veevoer. Daarnaast is er ook een aanzienlijke aanvoer van fosfaatkunstmest. Het fosfaatoverschot op intensieve veehouderijbedrijven is dan ook zeer groot (Oenema en Van Dijk, 1994). In de grondgebonden veehouderij en in de plantaardige produktie die zich beperkingen oplegt wat betreft de aanvoer van meststoffen is het fosfaatoverschot echter veel lager (Van der Werff, 1993). Ook in andere Westeuropese landen is er een fors P-overschot, al is de hoogte van het overschot niet zo hoog als in Nederland. Buiten Europa, vooral in Afrika, is plaatselijk sprake van een tekort op de P-balans.



[Figuur 1](#)

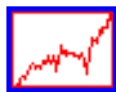
De voorraden fosfaathoudende gesteenten die worden gebruikt voor de produktie van fosfaatmeststoffen zullen de eerstvolgende twee eeuwen geleidelijk uitgeput raken (Bockman et al. 1990). Het gevolg is dat de prijs van fosfaatmeststoffen zal gaan stijgen en dat de energie-inzet om fosfaten te winnen moet worden vergroot. Bij de produktie van kunstmestfosfaat en na toediening van fosfaatmeststof op het land komen elementen en metalen als cadmium vrij, die in hoge mate milieubelastend zijn. Uit- en afspoeling van fosfaat naar het oppervlaktewater leidt tot eutrofiëring en daarmee samenhangende effecten. Er zijn derhalve meerdere redenen om zuiniger met fosfaat in de landbouw om te gaan dan tot nu toe gebeurde. In dit artikel wordt globaal aangegeven hoe bijgedragen kan worden aan de 'ecologisering van de fosforkringloop'. Onder 'ecologisering van de fosforkringloop' wordt verstaan het beter benutten van de in het systeem reeds aanwezige fosfor bij gelijktijdige vermindering van de aanvoer van fosfor. Allereerst wordt ingegaan op de verschillende fosforkringlopen en stromen in de wereld en in landbouwgrond. Daarna wordt ingegaan op de beschikbaarheid van fosfaat in grond en hoe die verbeterd kan worden, onder andere door biologische stimulantia.

FOSFORFRINGLOOP EN BALANSEN

De fosforkringloop op geologische tijdschaal wordt gedomineerd door abiotische processen, zoals verwerking, erosie en precipitatie. Door verwerking en erosie wordt jaarlijks circa 21 Tg P ($1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g} = 1 \text{ miljoen ton}$), via rivieren naar de oceanen getransporteerd (Fig. 1). Bijna al het fosfor wordt gebonden in en aan bodemdeeltjes (particulair fosfor) naar de oceaan vervoerd. Via de atmosfeer wordt ook nog eens 1 Tg P per jaar naar de oceanen getransporteerd (Fig. 1).

Uiteindelijk komt al het aangevoerde fosfor als neerslagen van calciumfosfaten en organisch gebonden fosfor op de bodem van de oceaan terecht. De oceanobodem is dan ook het grootste fosforreservoir aan de aardkorst. Door 'uplift' komt de oceanobodem na verloop van miljoenen jaren weer aan het aardoppervlak terecht, waar het bloot wordt gesteld aan verwerking en erosie. Daar begint de geologische kringloop van het fosfor weer opnieuw. De gemiddelde verblijftijd van fosfor in de geologische kringloop is in de orde van grootte van enkele miljarden jaren. Ondanks de continue aanvoer van fosfor naar de oceaan is fosfor waarschijnlijk altijd (mede) beperkend geweest voor de produktie van mariene biota.

Door toename van erosie en van het gebruik van fosforhoudende meststoffen is in deze eeuw de grootte van het fosfaattransport naar de oceanen vermoedelijk fors toegenomen. De hoeveelheid gemakkelijk 'mijnbaar' ruwfosfaat neemt langzamerhand af en de hoeveelheid P in sedimenten neemt langzamerhand toe. Eén deel van de van de geologische kringloop wordt versneld, het effect van uplifting, dat voorafgaat aan de vorming van 'mijnbaar' ruwfosfaat, echter niet.



[Figuur 2](#)

Biogeochemische kringlopen van fosfor worden door biologische en fysisch-chemische processen gedomineerd. Ze worden gekenmerkt door relatief korte omloopsnelheden. De gemiddelde verblijftijd van fosfor in de organische stof van éénjarige gewassen is hooguit enkele jaren, in die van meerjarige gewassen enkele tientallen jaren en in de organische stof van de bodem in de orde van grootte van enkele honderden jaren. De verblijftijd van opgelost anorganisch fosfor in de bodem is slechts enkele uren. De biogeochemische kringloop van fosfor is gekoppeld aan die van koolstof en stikstof. Stikstof en fosforgehalten in planten reguleren mede de fotosynthesesnelheid. Op ecosysteemniveau bepaalt de snelheid van ophoping van organische stof in de bodem van natuurlijke systemen de hoeveelheid beschikbaar fosfor (Schlesinger, 1991). Het fosfor dat meedoet aan de biogeochemische kringloop is grotendeels in organische vorm, oftewel het organisch gebonden fosfor is het meest actieve fosfor.

Figuur 2 toont de biogeochemische fosforkringloop van beweid grasland. In vergelijking met stikstofstromen zijn fosforstromen minder snel te beïnvloeden.

De bodem is het belangrijkste fosforreservoir. Een groot deel van het in de bodem aanwezige fosfor is in organisch gebonden vorm. Het overige deel is anorganisch fosfor.

De hoeveelheid opgelost fosfor in de bodemoplossing bedraagt hoogstens enkele kg P per ha. Grasland kan per jaar enkele tientallen kg P per ha uit de bodem opnemen. Via melk en vlees wordt echter slechts een fractie (enkele kg per ha per jaar) van de door het vee uit gras opgenomen fosfor afgevoerd. Het grootste deel keert via de mest naar het grasland terug.

In de akker en tuinbouw is de fosforafvoer groter, jaarlijks wordt daar met het gewas enkele tientallen kg fosfor per ha afgevoerd tot een maximum van ongeveer 100 kg per ha bij drie teelten in de vollegrondstuinbouw (Meeuwissen et al., 1988).

De fosforkringlopen zijn deze eeuw in sterke mate beïnvloed door transport van fosfor van het ene land naar het andere. Het gaat daarbij om twee vormen van transport.

1. Winning van ruw fosfaaterts en transport naar landen waar dit fosfaaterts met inzet van fossiele energie wordt ontsloten tot kunstmest en het transport van fosforhoudende meststoffen naar landen waar ze in de landbouw worden toegediend. Dit transport omvat een zeer grote Pstroom. Op jaarbasis gaat het momenteel om 21 à 22 Tg P per jaar dat als ruw fosfaat wordt gewonnen. Ruim de helft daarvan wordt ontsloten via zuren tot goed oplosbare en direct werkzame P-houdende kunstmest. In totaal wordt circa 80 % van het

gewonnen ruw fosfaat als meststof in de landbouw gebruikt en de rest voor technische en industriële doelen. De winning van ruw fosfaat en het gebruik van P-houdende anorganische meststoffen vertoonden in de laatste jaren een dalende tendens. Tussen 1973 en 1978 steeg de produktie van ruw fosfaat nog van 13,6 naar 22,6 Tg (Lehr, 1980). In 1988 was de produktie 21,4 Tg. Als het huidige, licht dalende, gebruik van ruw fosfaat wordt voortgezet dan is er nog een voorraad gemakkelijk winbaar ruw fosfaat die voldoende is voor circa 200 jaar (Bockman et al. 1990).

2. Het transport van fosfor in landbouwprodukten die worden geëxporteerd van het land waar ze zijn geproduceerd naar landen waar deze produkten worden gebruikt als voedsel voor mens en dier is ook een forse Pstroom. Cooke (1988) berekende dat de ontwikkelde landen in 1984 netto circa 0,05 Tg P per jaar aanvoerden uit ontwikkelingslanden. De verschillen tussen landen en continenten zijn zeer groot (Tabel 1). Als het gaat om produkten die door dieren worden genuttigd, dan komt

het grootste deel van het aangevoerde fosfor via de mest van deze dieren op het land terecht. Bij verwerking tot menselijk voedsel komt een belangrijk deel in het riool, in oppervlaktewater en in huishoudelijk afval terecht.

Tabel 1. Aanvoer en afvoer van fosfor (in Gg; 1 Gg = 1.000.000.000 g) via koffie, cacao, thee, tabak, jute, rubber, sojabonen, aardnoten, bananen, oliehoudende cakes, copra, aardappelen, maïs, rijst en tarwe per regio in het jaar 1984 (Cooke, 1988)

Regio	Aanvoer	Afvoer	Nettoafvoer
Afrika	81	7	- 74
Noord- en Centraal Amerika	3	376	+ 373
Zuid-Amerika	0	138	+ 138
Azië	161	31	130
Europa	276	36	240

Oceanië	1	31	+ 30
USSR	117	0	117
Totaal	639	619	20

In Nederland is de aanvoer van fosfor via import van fosforhoudende meststoffen en landbouwprodukten al vele jaren veel groter dan de afvoer via landbouwprodukten. In de vorige eeuw werden reeds fosforhoudende meststoffen in Europa aangevoerd om de landbouwproductie te verhogen. De grootste hoeveelheden werden in Nederland omstreeks 1950 aangevoerd. Tussen 1950 en 1990 nam de aanvoer van fosfor via meststoffen af van 52 tot 32 Gg per jaar. Daarentegen nam de aanvoer van fosfor via import van landbouwprodukten toe van circa 12 Gg in 1950 tot circa 92 Gg in 1990. De fosforbalans van de Nederlandse landbouw voor het jaar 1990 toont een overschot van circa 82 Gg (Tabel 2) tegen 22 Gg in 1950.

Gemiddeld over alle landbouwgrond in Nederland was het overschot in 1990 circa 40 kg P per ha. Tussen bedrijven en regio's komen grote verschillen voor (Oenema en Van Dijk, 1994). Ook in ons omringende landen is de fosforaanvoer groter dan de afvoer. Voor Groot-Brittannië bedroeg het cumulatieve fosforoverschot tussen 1837 en 1957 circa 750 kg per ha (Cooke, 1967). Voor Duitsland berekenden Weissbach en Ernst (1994) dat het cumulatieve fosforoverschot tussen 1950 en 1994 gemiddeld 1100 kg P per ha landbouwgrond was. In Nederland is de nettoaanvoer nog groter geweest. Reijerink et al. (1993) berekenden dat het P-overschot in de zandgronden van oost-, centraal en zuid-Nederland op grasland gemiddeld 1200 kg was en op maïsland gemiddeld 3060 kg P per ha gedurende de periode 1950 - 1990. De fosforaanrijking van Europese landbouwgronden vindt vooral plaats in de vorm van ijzer en aluminiumfosfaatverbindingen (zie onder).

Tabel 2. Aanvoer en afvoer van fosfor (in Gg per jaar) in de Nederlandse landbouw in 1990 (CBS, 1992)

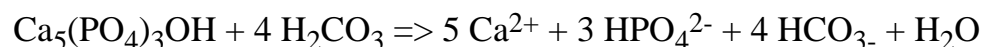
Aanvoer	Gg per jaar	Afvoer	Gg per jaar
Meststoffen	33	plantaardige produkten	17
Mengvoer	92	dierlijke produkten	34

Ruwvoer	2	mengvoer huisdieren	2
Atmosferische depositie	2	mengvoer	4
Gewasresten	4		
Diversen	3		
Totaal	139		57

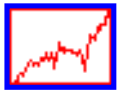
Op veel natte zandgronden heeft dat geleid tot fosfaatverzadiging van de gronden en vervolgens tot een milieukundig onaanvaardbaar hoge uitspoeling van fosfor naar grond en oppervlaktewater (Sharpley en Withers, 1994). In West-Europa is op veel percelen de fosfaattoestand zó hoog dat daar jarenlang zonder fosforbemesting een hoge gewasproductie kan worden gerealiseerd (Tunney et al. 1995).

FOSFORVORMEN IN DE BODEM

Veranderingen in verschijningsvormen van fosfor in de bodem tijdens bodemvorming zijn schematisch weergegeven in Figuur 3. Aangenomen is dat in het moedermateriaal fosfor alleen in de vorm van apatiet aanwezig is. Apatiet is het belangrijkste fosforhoudende primaire mineraal. Het verweert relatief gemakkelijk volgens:



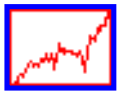
waarbij opgelost en plantbeschikbaar HPO_4^{2-} en H_2PO_4^- vrijkomen. Deze fosfaationen zijn bijzonder reactief; de hoeveelheid opgelost fosfor in de bodem bedraagt hooguit enkele kg per ha. Het bij verwerking vrijgekomen fosfor wordt geadsorbeerd aan ijzer en aluminium-oxy-hydroxyden en aan randen van kleimineralen. Dit fosfor is in principe beschikbaar voor opname door plantewortels. Een ander deel precipiteert in ijzer en aluminiumverbindingen. Dit fosfor is niet of nauwelijks beschikbaar; er wordt dan gesproken over 'gefixeerd' en 'occluded' fosfor. In kalkrijke gronden lost apatiet slecht op. Het wèl opgeloste fosfor in kalkrijke gronden wordt vooral geadsorbeerd aan calciumcarbonaat.



[Figuur 3](#)

De dynamische interacties tussen fosfor in de bodemoplossing en andere fosforfracties in de bodem zijn schematisch weergegeven in Figuur 3. Op korte termijn bepalen adsorptie desorptie, precipitatie/oplossing en, ten dele, fosforopname door plantewortels de fosforconcentratie in de bodemoplossing. De andere processen, immobilisatie/ mineralisatie en vastefase diffusieprecipitatie verlopen langzamer. Op termijn bepalen deze processen mede de concentratie opgelost fosfor in de bodemoplossing en daardoor de hoeveelheid beschikbaar fosfaat voor opname door plantewortels.

Hoe hoger de fosforconcentratie in de bodemoplossing, hoe groter de hoeveelheden fosfor die worden geadsorbeerd, geprecipiteerd en gefixeerd en hoe groter de hoeveelheid die uit de bouwvoor naar de ondergrond kan uitspoelen. De totale hoeveelheid fosfor die kan worden geadsorbeerd, geprecipiteerd en gefixeerd hangt af van de bodemsamenstelling (klei, ijzer, aluminium en kalkgehalten) en grondwaterstand. In zandgronden is het oxalaatextraheerbaar ijzer plus aluminiumgehalte een goede maat voor het totaal fosfaatbindend vermogen van de grond. Als de verhouding (in molen) ijzer en aluminium versus fosfor 0,5 bedraagt, dan is de bodem verzadigd met fosfor. Zandgronden hebben een fosforbindend vermogen dat varieert van circa 1000 kg P per ha voor de natte, ijzerarme zandgronden tot meer dan 5000 kg P voor diep ontwaterde, leemhoudende zandgronden. De snelheid van fosforvastlegging via vastefase diffusie precipitatie neemt in de loop der tijd af. In fosfaatarme maar ijzerrijke zandgronden kunnen aanvankelijk honderden kg P per ha per jaar worden vastgelegd; na enkele jaren van forse P-bemesting niet meer dan enkele kg P.



[Figuur 4](#)

Zonder aanvoer van fosfor neemt de totale hoeveelheid fosfor in de bodem langzaam af door afvoer van biomassa en door uitspoeling. Uitspoeling van fosfor is weliswaar gering, omdat de hoeveelheid opgelost fosfor gering is, maar op den duur leidt het wel tot verarming van de bodem. De verarming van de bodem verloopt het snelst in humide gebieden. In de verweerde bodems van de natte tropen is fosfor dan ook vaak het element dat de primaire produktie het meest beperkt.

Ecologisch gezien is fosfor dan ook een belangrijk nutriënt. In drogere gebieden zijn de fosforverliezen meestal gering. In de prairies van Noord-Amerika, bijvoorbeeld, is de hoeveelheid fosfor in de bodem relatief groot (Tiessen et al., 1983). Dat is tevens de reden dat daar decennia lang relatief hoge tarweopbrengsten gerealiseerd kunnen worden zonder bemesting. De hoeveelheid fosfor in de bodem neemt dan wel gestaag af. Het blijkt dat vooral de hoeveelheid organisch gebonden fosfor afneemt. Het anorganisch (calcium, ijzer en aluminiumgebonden) fosfor is blijkbaar niet beschikbaar voor een tarwe-gewas.

Het dilemma is dat naarmate de concentratie van fosfor in de bodemoplossing hoger is en de plantewortels gemakkelijker fosfor kunnen opnemen, de 'verliezen' door uitspoeling, adsorptie, precipitatie en fixatie toenemen (Fig. 4). Ook als de fosfaattoestand, uitgedrukt in Pwgetal of P-Algetal, van de bodem gelijk blijft, treden er 'landbouwkundig onvermijdbare verliezen' op. Bij een Pwgetal in het traject 30 tot 60 mg P₂O₅ per

liter grond variëren de landbouwkundig onvermijdbare verliezen van circa 25 tot 70 kg P_2O_5 per ha per jaar (10 tot 30 kg P) (Oenema en Van Dijk, 1994). Uit recente studies blijkt dat bij een Pwgetal van 30 mg P_2O_5 per liter grond de uitspoeling van fosfor uit de bouwvoor van zandgrond circa 5 tot 10 kg P_2O_5 (2 tot 5 kg P) per ha per jaar bedraagt (Chardon, ongepubliceerd; Van der Salm en Breeuwsma, 1995; Van der Zee, 1995). Door vastefase diffusieprecipitatie (fixatie) wordt momenteel variërend van 0 kg in fosfaatrijke en ijzerarme zandgronden tot circa 50 kg P_2O_5 per ha per jaar in ijzerrijke zandgronden aan het reservoir van beschikbaar fosfor onttrokken (Van der Zee, 1995). Uit de studies blijkt dat hoe hoger het Pwgetal is, hoe hoger de onvermijdbare verliezen door uitspoeling en fixatie zijn.

Om de uitspoeling van fosfor uit de bovengrond naar de ondergrond en grond en oppervlakte-water tot een milieukundig aanvaardbaar niveau te brengen, zal de fosfaattoestand zo laag mogelijk moeten zijn. Voor een milieukundig aanvaardbaar niveau van Puitspoeling is een fosfaattoestand van Pwgetal groter dan 30 mg P_2O_5 per liter grond te hoog. Momenteel heeft meer dan 80 % van de akkerbouwpercelen een Pwgetal > 30 . Hoewel niet direct vergelijkbaar, is de situatie voor grasland ongeveer gelijk; meer dan 50 % heeft een fosfaattoestand van ruim voldoende en hoger. De fosfaattoestand van de Nederlandse landbouwgrond zal dus naar een lager niveau moeten worden gebracht. Naar welk niveau precies is op dit moment niet duidelijk, wel dat het fors lager is dan een Pwgetal van 30 mg P_2O_5 per liter grond.

Er is relatief veel bekend over de processen die plaatsvinden bij accumulatie van fosfor in grond. Helaas is er relatief weinig bekend over de omgekeerde route. Als de afvoer groter is dan de aanvoer daalt de fosforconcentratie in de bodemoplossing en neemt de fosfaattoestand van de bodem af. Door desorptie en oplossing vindt buffering plaats, maar het is nog onduidelijk hoe snel het geadsorbeerde, geprecipiteerde en gefixeerde fosfor weer terugkeert als opgelost fosfor in de bodemoplossing. Dat er een relatie is met de fosforconcentratie in de bodemoplossing en dus met de fosfaattoestand is wel duidelijk. Alleen bij een lage fosfaattoestand kan dit fosfor terugkeren in de bodemoplossing. De resultaten van in productie genomen prairiegronden geven aan dat het anorganisch fosfor niet snel vrijkomt, maar het is niet bekend of dat ook geldt voor de nu fosforrijke zandgronden in Nederland. Omdat veel gronden in Nederland een relatief hoge P-toestand hebben en een groot deel van de bindingscapaciteit van de bodem voor fosfor reeds bezet is, zijn de onvermijdbare verliezen door fixatie nu kleiner dan in het verleden. Dit betekent dat er nu waarschijnlijk een groter deel van het toegediende fosfor voor het gewas beschikbaar is dan in het verleden. De condities voor ecologisering van de fosforkringloop, dat wil zeggen het beter benutten van de reeds aanwezige fosfor, zijn momenteel dus relatief gunstig.

FOSFAATBESCHIKBAARHEID

Het fosfor in de bodem is in vijf pools onder te verdelen (zie ook Fig. 4) in volgorde van toenemende beschikbaarheid:

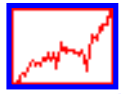
- 'occluded' en aan ijzer en aluminium gefixeerd fosfaat
- mobiliseerbaar, geprecipiteerd anorganisch fosfaat (calciumfosfaat)

- fosfaat als onderdeel van organische stof
- geadsorbeerd fosfaat
- wateroplosbaar anorganisch fosfaat

De opname van fosfor door de plantewortel wordt bepaald door:

- (i) de fosforconcentratie bij de wortel,
- (ii) de diffusie van opgelost fosfor naar de plantewortels en
- (iii) het vrijkomen van fosfor uit de vaste fase van de bodem.

Vershillende factoren kunnen deze processen beïnvloeden. Belangrijk daarbij zijn: de fosfaattoestand, structuur, pH en vochtgehalte van de grond, het wortelstelsel van de plant, mycorrhizae, beschikbaarheid van andere essentiële nutriënten en temperatuur. Naarmate de fosfaattoestand lager is, worden de andere factoren belangrijker, m.a.w. als de plantewortel bij een lage fosfaattoestand voldoende fosfor wil opnemen, dan zullen bijvoorbeeld structuur en pH van de grond en de voorziening met andere nutriënten goed moeten zijn. Bovendien moet de fosforhoudende meststof zo dicht mogelijk en op het juiste moment bij de plantewortel worden gebracht, opdat de fosforconcentratie bij het worteloppervlak zo hoog mogelijk is en diffusie van meststof naar plantewortel geen limiterende stap is.



[Figuur 5](#)

Om de beschikbaarheid van fosfor in de grond te bepalen, wordt een groot aantal verschillende extractiemethoden toegepast (Tunney et al. 1995). Bij vrijwel alle methoden vertoont de relatie tussen de hoeveelheid geëxtraheerd fosfor en de fosforbemesting nogal wat spreiding. Gemeenschappelijk is dat boven een zekere kritische waarde van het geëxtraheerd fosfor de reactie op fosforbemesting zeer gering is en beneden die waarde de reactie zeer sterk varieert (Fig. 5). Dat laatste wordt onder andere veroorzaakt door andere factoren dan de fosfaattoestand die de opname van fosfor door de plant bepalen, zoals hiervoor aangegeven. Voor aardappelen ligt de kritische waarde bij een P_w getal van circa 25 mg P_2O_5 per liter (Fig. 5). Boven een P_w getal van circa 25 mg P_2O_5 per liter is een reactie op fosforbemesting meestal afwezig. Dit komt overeen met het ervaringsfeit dat in veel van de veldproeven, die in de laatste decennia in West-Europa zijn uitgevoerd, geen reactie op fosfaatbemesting wordt waargenomen (Weissbach and Ernst, 1994; Tunney et al. 1995; S. Vermeulen, persoonlijke mededeling). Veel West-Europese landbouwgronden bevatten voldoende fosfaat om zonder P-bemesting een rendabele akkerbouw en graslandproductie te realiseren gedurende meer dan één jaar.

In de tuinbouw ligt de situatie anders. Veel groentegewassen hebben een ondiep wortelstelsel en een korte groeiperiode. Voor deze gewassen is het zeer moeilijk om een optimale gewasproductie te realiseren bij een

laag Pwgetal, gecombineerd met een geringe P-bemesting. De geadviseerde Pgiftten volgens de huidige P-bemestingsadviezen voor de vollegrondsgroenteteelt zijn ook veel hoger dan die volgens de P-bemestingsadviezen voor de akkerbouw bij vergelijkbaar Pwgetal. Dit betekent dat bij deze gewassen een grote inspanning geleverd moet worden om een rendabele gewasproductie te combineren met een milieukundig gezien acceptabele Ptoestand van de bodem. Bemesting met P in de plantrij en een goede bodemstructuur en zuurgraad zijn daarbij essentieel.

Van de toegediende fosforhoudende meststof wordt in het jaar van toediening meestal niet meer dan 10 % tot 25 % door de plant opgenomen. Dat geldt voor alle meststoffen, zowel voor organische meststoffen en meststoffen met 100 % inwater oplosbaar fosfor. Meestal is de beschikbaarheid van P uit organische meststoffen in het jaar van toediening lager dan die van goedoplosbare kunstmest, maar in de jaren daarna is dat juist andersom. De cumulatieve werking blijkt ongeveer gelijk te zijn, op den duur, al is dat niet eenvoudig experimenteel vast te stellen. Om met een minimale Paanvoer toch een rendabele productie te realiseren zal meer aandacht besteed moeten worden aan verhoging van de effectiviteit van P-houdende meststoffen in het jaar van toediening, zowel in praktijk als onderzoek.

Vrijwel alle gangbare analysemethoden ter bepaling van de fosfaatbeschikbaarheid in grond zijn gebaseerd op extractie van anorganisch fosfor. Bij ecologisering van de fosforkringloop wordt de fractie organisch gebonden fosfor relatief belangrijker. Het is dan ook de vraag of in de ecologische landbouw de nu gangbare analysemethoden wel altijd voldoende geschikt zijn. Er zal meer rekening gehouden moeten worden met de hoeveelheid gemakkelijk-mineraliseerbaar organisch gebonden fosfor. Om bij vermindering van de fosfoeraanvoer toch een hoge gewasopbrengst te realiseren, zal het in de bodem aanwezige fosfor beter benut moeten worden. Te hoge concentraties opgelost fosfor moeten worden voorkómen, omdat juist dan relatief veel fosfor in slechtbeschikbare vormen (b.v. stabiel anorganisch P; Fig. 2) wordt omgezet. Het fosfor dat via gewasresten en mest op de bodem terugkeert moet na mineralisatie snel kunnen worden geassimileerd door het groeiende gewas. Synchronisatie van mineralisatie van organisch gebonden fosfor in gewasresten en mest, en opname van fosfor door het gewas wordt belangrijker. De uitdaging voor de landbouw is om de overdracht van fosfor van het ene bodemreservoir in het andere bodemreservoir nauwkeurig te kwantificeren en te begrijpen. Met die kennis kan het bodemecosysteem beter gestuurd worden, opdat het reeds in de bodem aanwezige fosfor efficiënt kan worden benut.

BIOLOGISCHE STIMULERING VAN DE FOSFAATBESCHIKBAARHEID EN -OPNAME

Op de bedrijven met lage fosfaatbeschikbaarheid zullen processen van fosfaatmobilisatie en fosfaatopname plaats moeten vinden die via de gangbare analysemethoden (Pw, P-Al, enz.) niet voorspelbaar gemaakt kunnen worden. Dit betreft met name een aantal biologische bedrijven in Flevoland. Op deze bedrijven bleek de bodem met een zeer beperkte bemesting een P-Al-getal te hebben verkregen beneden 25 mg P₂O₅/100 g grond. Het Pw getal op deze bodems ligt tussen 4 en 8 mg P₂O₅/l grond. Deze waarden voorspellen een ernstig fosfaatgebrek voor de gewassen, dat echter in de praktijk in het geheel niet optreedt (Th.B.M. Dekkers, pers.med.).

Daarom wordt onderzocht op welke wijze de fosfaatopname daar geschiedt en of daar betrouwbare

voorspellingen zijn te doen voor de fosfaatbeschikbaarheid. Hiertoe moet een verder inzicht worden ontwikkeld in de biologische processen van fosfaatmobilisatie en fosfaatopname.

Wortelactiviteit en micro-organismen

De opname van fosfaat door de plant vindt plaats in een zone van enkele millimeters rondom de wortels. De opname is sterk afhankelijk van de pH, en is het grootst bij $\text{pH} = 5$. Een lokale pH-verlaging kan worden bereikt door koolzuurgas dat vrijkomt bij de wortelademhaling, door zure exudaten van de plant en door humuszuren. Planten met een uitgebreid fijn wortelstelsel, zoals de meeste Cruciferen (bijvoorbeeld koolzaad, gele mosterd, bladrammenas, koolgewassen) en Phacelia kunnen op deze wijze ook bij lage fosfaatbeschikbaarheid nog goed aan fosfaat komen. Deze planten scheiden soms ook organische zuren af, zoals appelzuur (Bloemhof, 1988) die fosfaat in de wortelomgeving kunnen vrijmaken uit organische verbindingen of uit calciumfosfaat. Andere gewassen, met name vlinderbloemigen, hebben een zeer hoge stofwisselingsactiviteit in de wortels door de activiteit van symbiotische bacteriën, zoals vlinderbloemigen. Dit resulteert ook in een locale verhoging van de fosfaatmobiliteit rondom de wortels.

De plant kan ook reageren op een beperkt fosfaataanbod door vergroting van de wortellengte per plant. In tarwe is op het proefbedrijf OBS in Nagele een tweemaal zo grote wortellengte per halm gevonden bij een Pw-getal van 20 mg P_2O_5 /l grond dan bij tarwe die groeide bij een Pw-getal van 45 (Vereijken, 1984).

In samenhang met een verhoogde wortelgroei en wortelactiviteit treedt een verhoging op van de microbiële activiteit door bacteriën die kunnen leven van wortellexudaten en van beschikbare verteerbare organische stof. Deze bacteriën produceren fosfatases, enzymen die fosfaat kunnen vrij maken door mineralisatie van organische stof.

Regenwormen

Regenwormen leveren een grote bijdrage aan de afbraak van organische stof. Ze zorgen daarmee voor accumulatie van fosfaat uit hun voedsel maar vooral voor een verbetering van de P-beschikbaarheid. Veel plantewortels concentreren zich rond wormengangen en profiteren daarmee van de verhoogd fosfaatbeschikbaarheid in de wormenexcrementen. Het P-Al-getal in veldjes met wormen is in 6 jaar van 6,0 tot 7,6 mg P_2O_5 / 100 g gestegen vergeleken met niet-wormen-veldjes op onbemeste percelen van het proefbedrijf Nz 27 in Zeewolde, in beheer bij Directie Flevoland Rijkswaterstaat (Dekkers, 1995). Hier werd een Pw-getal in de wormenuitwerpselen gevonden van 28 mg P_2O_5 / liter grond tegen 4 in de omringende grond bij een nagenoeg gelijk P-totaal-gehalte van 146 versus 132 mg P_2O_5 / 100 g grond (Van der Werff et al., 1995).

Regenwormen zijn afhankelijk van een ruim aanbod van jonge organische stof en een beperkte intensiteit van grondbewerking. Ze kunnen heel slecht tegen het gebruik van nematiciden en andere gewasbeschermingsmiddelen. Benutting van de wormenactiviteit is derhalve alleen mogelijk in bedrijfssystemen waar de wormenpopulaties zich kunnen ontwikkelen of handhaven.

Arbusculaire Mycorrhiza Fungi - AMF

Een biologisch complex proces van fosfaatopname is de activiteit van *Arbusculaire Mycorrhiza Fungi*. Reeds lang is bekend dat bij hogere planten de symbiose met wortelschimmels een doorslaggevende rol speelt bij de fosfaatopname. Bij bomen betreft het meestal ectomycorrhiza, die de wortel met hun hyfen omgeven als een mantel. In vele kruidachtige meerjarige en éénjarige gewassen gaat het om endo-mycorrhiza, die de wortel binnendringen met hun hyfen en binnenin de wortel blaasjes (vesicels) en boompjes (arbuscels) vertonen. De ontwikkeling van AMF is afhankelijk van de bodemtemperatuur en is beneden 10 °C beperkt. Zeer veel onderzoeksgegevens uit het buitenland betreffen bodems met een zeer lage directe fosfaatbeschikbaarheid zodat het niet voor de hand lag deze symbiose een rol toe te kennen in de moderne hoogproductieve (conventionele én biologische) Nederlandse landbouw (Ruissen, 1982). In de afgelopen 15 jaar bleek de AMF-kolonisatie van gewaswortels in de biologische landbouw vaak veel hoger dan in vergelijkbare conventionele bedrijven zoals is aangetoond op het proefbedrijf OBS in Nagele (Vereijken, 1984). In potproeven met zavelgrond uit Flevoland bleek dat bij een Pw-getal < 15 veldbonen met AMF een betere fosfaatopname en een hogere opbrengst vertoonden in vergelijking tot planten zonder AMF (Van der Werff & Buys, 1990). Ook andere proeven geven indicaties voor positieve effecten van AMF-kolonisatie op fosfaatopname en gewasgroei bij een Pw-getal van 15 à 18 mg P₂O₅ / liter grond.

In veldproeven met gerst bleek dat bij een Pw-getal van 4 - 8 de fosfaatopname significant beter was bij een AMF-kolonisatiegraad van de wortels van 75 % dan van 50 %. De variatie in kolonisatiegraad was verkregen door AMF-afhankelijke (veldboon) en AMF-onafhankelijke (suikerbiet) gewassen als voorvrucht. Hiermee was het infectiepotentieel, bestaande uit sporen en wortelresten met hyfen, aanzienlijk hoger na het voorgewas veldboon (Van der Werff et al., 1995). Uit de literatuur is bekend dat AMF een sterke bijdrage kan leveren aan de fosfaatopname in diverse gewassen. Berekeningen van Tarafdar and Marschner (1994) geven aan dat 24-33 % van de fosfaatopname bij wintertarwe werd gerealiseerd via AMF bij een P-voorziening in anorganische vorm. Bij organische P-voorziening bedraagt dit aandeel 48-59 % van de totale P-opname.

VERBETERING VAN DE FOSFAATBENUTTING OP BEDRIJFSNIVEAU

Met de kennis van de hiervòòr behandelde fenomenen en processen hebben we nog geen inzicht in de samenhang van de processen, zoals die zich kan voordoen in de loop van de ontwikkeling van het gewas. In veldproeven met gerst bleek steeds dat de relatie tussen Pw-getal dan wel P-AI-getal en fosfaatopname in het gewas in de eerste vijf weken na zaaien het sterkst was (Van der Werff et al., 1995; Dekkers, 1995). Uit Figuur 6 (Dekkers, 1995) wordt duidelijk dat na 48 dagen de fosfaatopname van het gewas in de velden met wormen minder snel toegenomen was dan in de velden zonder wormen. In de wormenvelden was waarschijnlijk meer fosfaat in organisch gebonden vorm voorhanden hetgeen meer enzymatische (wortel-activiteit - microorganismen in wortelomgeving - fosfatase) activiteit vereist om het op te kunnen nemen. In de wormenvelden bleek de wortellengte-dichtheid (uitgedrukt in cm wortel per cm³ grond) sterk toenam in vergelijking met de niet-wormenplots op 70 dagen na zaai. Het volgende fenomeen was tussen 48 en 98 dagen de AMF-kolonisatie van de wortels sterk toenam. Vanaf 70 dagen na zaai tot de oogst was er geen significant verschil meer in het fosfaatgehalte van de spruit ondanks verschillen in PAI zoals die aan het begin van de ontwikkeling wel terug te vinden zijn in het gewas.

Indicaties van relevante verschillen in andere gemeten parameters:

bij 36 dagen na zaai: P-Al verschil bemest <> onbemest gerelateerd aan P-opname

bij 48 dagen: sterke toename P-opname in niet-wormenplots

bij 70 dagen: wortellengtedichtheid toename in wormenplots

bij 48-98 dagen: sterke toename AMF-kolonisatie

bij 126 dagen: geen significante verschillen in gemeten variabelen

Om de beschreven veldwaarnemingen te toetsen hebben we in 1995 uitgebreide kasproeven met vlas gedaan. De gebruikte grond was afkomstig van hetzelfde veld als de gerstproef van 1993. Voor het inzetten van de proef is de mycorrhiza in de bodem gedood door gamma-bestraling. De bemesting was gelijk aan de hierboven beschreven veldsituatie met zomergerst: onbemest, kippemest op basis van onttrekking sinds 1988, rundermest met ruwfosfaat op basis van onttrekking sinds 1988. Deze veldsituatie werd aangevuld met behandelingen op basis van onbemeste grond met een gift van tripelsuperfosfaat op basis van de beschikbaarheid van het kippemest-P-Al-getal en driemaal deze hoeveelheid. In deze proef bleek wederom dat de initiële gewasontwikkeling sterk werd bepaald door de direct beschikbare fosfaat. Het gewas met AMF-kolonisatie bij alle bemestingsniveaus ging zich al spoedig veel beter ontwikkelen dan zonder AMF-kolonisatie. Het eindresultaat was een vrijwel gelijke gewasontwikkeling bij alle P-beschikbaarheidsniveaus én AMF, maar blijvend grote verschillen naar rato van fosfaatbemesting bij de niet met AMF-inoculum behandelde potten (Fig. 7).

In alle veld- en kasproeven die we bij lage fosfaatbeschikbaarheid hebben gedaan blijkt dat de fosfaattoestand van de bodem in het begin van de gewasontwikkeling verklarend is voor de fosfaatopname. Geleidelijk kunnen biologische interacties optreden die bijdragen aan de mobilisering en de opname van fosfaat. De complexere biologische relaties, zoals de symbiose tussen gewas en AMF-schimmel, treden later in de systeemontwikkeling op. Dit is te vergelijken met de ontwikkeling van pionier-systeem waar de abiotische omstandigheden systeembepalend zijn tot een ontwikkeld systeem met vele interne biotische relaties.

Een dergelijke ontwikkeling in het bodemecosysteem kan worden bevorderd in de vruchtwisseling op bedrijfsniveau. In zo'n samenhangend systeem treden bufferende effecten op en is het gewas in staat te reageren op verschillende omstandigheden van fosfaatbeschikbaarheid. Hiermee wordt het biologische deel van de biogeochemische fosforkringloop versterkt en worden de mogelijkheden van organisch fosfaat beter benut.

Op bedrijfsniveau liggen de mogelijkheden voor verbetering van de benutting van fosfor in het goed verzorgen van de structuur en de zuurgraad van de bodem, een goede verdeling van de mest en bemesting van P in de plantrij bij gewassen die een hoge fosforbeschikbaarheid nodig hebben. Een ruimer aandeel van gewassen die langer te velde staan, die zich niet bijzonder vroeg in het seizoen bij lage bodemtemperaturen moeten ontwikkelen en die opgroeien bij een beperkte fosfaatbeschikbaarheid geeft in aanvulling op de fysische en chemische optimalisatie een ruime mogelijkheid tot ecologiseren van de fosfaatopname.

Fosfaatopname op lange termijn

In grote lijnen kunnen we stellen dat enzymatische mobilisering van fosfaat optreedt bij een lage fosfaattoestand van de grond en een voldoende aanbod van organisch gebonden fosfaat, bij een grote activiteit van wortels en micro-organismen die fosfatase afscheiden. Dit is een proces van recycling van organisch fosfaat met zeer geringe verliezen omdat het beschikbaar komende fosfaat onmiddellijk kan worden opgenomen door het gewas. Op langere termijn zal er niet alleen een efficiënte biogeochemische kringloop van organisch fosfaat binnen het bedrijf nodig zijn, maar ook een efficiënt gebruik van fosfaat in de geologische kringloop zoals dat uit verwerking beschikbaar komt of uit anorganische fosfaathoudende meststoffen. In een situatie met een geringe directe beschikbaarheid kan met name AMF fosfaat beschikbaar maken uit zowel organische stof als uit calciumfosfaat. Indien we van de experimenten op 'De Schreef' in Oostelijk Flevoland (Remmelzwaal en Habekotté, 1986) uitgaan mogen we rekenen op een bijdrage uit de calciumfosfaat voorraad van 10 kg fosfaat/ha per jaar op termijn van 23 jaar, dat is 20 % van de totale fosfaatopname van 50 kg per ha per jaar voor een gemiddeld akkerbouwgewas. Uit het zelfde onderzoek blijkt ook dat de gemiddelde fosfaatonttrekking over de hele proefperiode bij lage beschikbaarheid 10 kg fosfaat/ha/jaar lager is dan bij een hoge beschikbaarheid. Aan het eind van de proef was het P-AI-getal 11 respectievelijk 40 mg P₂O₅/100 g grond bij lage en hoge beschikbaarheid. Bij de start was het P-AI-getal voor beide 20 mg P₂O₅/100 g grond. De op lange termijn noodzakelijke aanvulling van fosfaat over de 23 jarige proefperiode is in de fosfaatarme situatie 40 kg P₂O₅/ha per jaar en in de rijke situatie 60 kg P₂O₅/ha. De gewasopbrengst was wel lager in de variant met lage P-beschikbaarheid, namelijk 5 % (suikerbieten), 10 % (tarwe) tot 15 % (aardappelen) (Remmelzwaal en Habekotté, 1986).

De conclusie uit de combinatie van de genoemde onderzoeken is dat bij een beperkte fosfaatbeschikbaarheid (P-AI tussen 10 en 20) biologische fosfaatopnameprocessen worden gestimuleerd. Deze mechanismen treden op in volgorde van toenemende biologische samenhang en complexiteit van de processen en leiden op verschillende wijze tot een vrijwel gelijke fosfaatopname door het gewas uit moeilijk toegankelijke fosfaatpools. In dergelijke situaties is de gewasopname lager dan in een conventionele situatie met een ruime fosfaatbeschikbaarheid.

CONCLUSIES EN PERSPECTIEVEN

Biogeochemische kringloop

Uit de bovenvermelde gegevens van Remmelzwaal en Habekotté (1984) blijkt dat er op bodems met toegankelijke organische en anorganische fosfaatreserves een besparing van maximaal 33 % op de fosforinput is te realiseren indien niet wordt ingeteerd op de fosforvoorraad van de bodem. Hierdoor treden er minder verliezen op in de biogeochemische kringloop van de uit de geologische kringloop gedolven fosfaatreserves. Dit leidt tot een verhoging van de fosfaatefficiëntie van 22 - 30 %, afhankelijk van de gewassen met correctie voor de lagere gewasopbrengst. Door de toch noodzakelijke aanvulling van de fosfaatonttrekking toe te dienen aan de meest fosfaatbehoefte gewassen zoals aardappel, die geen of weinig gebruik maken van AMF, kan de opbrengstreductie nog worden beperkt. Aanvulling van fosfaat met restprodukten zoals thomasslakkenmeel en GFT-compost versterkt de recycling van fosfaat in deze kringloop en vermindert de

aanspraak op geologische reserves.

Om op de beschreven wijze de biogeochemische fosforkringloop te optimaliseren dienen in de bedrijfsvoering aanpassingen te worden gemaakt. Aanpassing van de grondbewerking en beperking van het gebruik van in de bodem werkzame gewasbeschermingsmiddelen zoals nematiciden en systemische fungiciden bevordert de overlevingskansen van wormen, AMF-schimmels en andere bodemorganismen die door hun activiteiten de beschreven processen ondersteunen (bijvoorbeeld Marinissen, 1995). De zorg voor een hoog infectiepotentieel bij de ontwikkeling van AMF-afhankelijke gewassen versnelt het effect van AMF op de fosfaatopname. Dit dient één van de overwegingen te zijn bij het vaststellen van de gewasrotatie.

Naast de AMF-activiteit moeten ook de mogelijkheden van diepwortelende gewassen met een fijn wortelstelsel, zoals *Phacelia*, worden benut om fosfaat uit diepere lagen te mobiliseren en in de bouwvoor als organisch gebonden fosfaat te laten bijdragen aan de organische-fosfaatpool.

Geologische fosforkringloop

Voor een duurzame landbouw op lange termijn is een langdurige beschikbaarheid van fosfaatrijke apatieten een vereiste zolang niet al. le fosfaat in de biogeochemische kringloop kan worden behouden vanwege onvermijdbare verliezen in de bodem en afvoer van fosfaat buiten het bereik van de landbouw. Het is voor de ontwikkeling van de wereldvoedselproductie noodzakelijk dat de fosfaatafvoer uit de nu fosfaatexporterende gebieden wordt aangevuld, zonodig uit de in apatiet-houdende gesteenten aanwezige reserves. In deze gebieden, waar fosfaat vaak sterk beperkend is voor de plantaardige productie, moet de voedselproductie ook op langere termijn mogelijk blijven of verhoogd worden.

REFERENTIES

Bloemhof, H. (1988)

The uptake of phosphate by rape (*Brassica napus*): simulation and experiments.
Report Wageningen Agricultural University.

Bockman, O.C., O. Kaarstad, O.H. Lie & I. Richards (1990)

Agriculture and fertilizers, Norsk Hydro, Oslo, 220 pp.

Bolan, N.S. (1991)

A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant & Soil* 134: 189-207.

CBS (1992)

Kwartaalbericht milieustatistieken 9: 1.

Cooke, G.W. (1988)

The intercontinental transfer of plant nutrients. In: Nutrient balances and the need for potassium. Proceedings of the 13th I.P.I. Congress in Reims. IPI, Bern, 267-287.

Cooke, G.W. (1967)

The control of soil fertility. Crosby, Lockwood & Sun Ltd, London, 526 pp.

Lehr, J.R. (1980)

Phosphate raw materials and fertilizers: Part I-A look ahead. In: F.E. Khasawaneh, E.C. Sample & E.J. Kamprath (Eds), The role of phosphorus in agriculture, 81-120.

Dekkers, Th.B.M. (1995)

Effect of organic manure and earthworms on the colonization of indigenous AM Fungi and phosphate uptake of barley in an organic farm. Proc. Granada.

Gerretsen, F.C. (1939)

Bodem bacteriologie in dienst van de land- en tuinbouw. Rijkslandbouwproefstation voor den akker- en weidebouw te Groningen.

Mackay, A.D., J.A. Springett, J.K. Syers & P.E.H. Gregg (1983)

Origin of the effect of earthworms on the availability of phosphorus in a phosphate rock.- Soil Biology and Biochemistry 15: 63-73.

Marinissen, J.C.Y. (1995)

Earthworms, soil-aggregates and organic matter decomposition in agro-ecosystems in The Netherlands. Thesis Landbouwniversiteit Wageningen.

Tarafdar, J.C. & Marschner H. (1994)

Phosphate activity in the rhizosphere and hyphosphere of VA Mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. Soil Biol. Biochem. 26(3): 387-395

Meeuwissen, P.C., R. Boeringa & P.A. van der Werff (1988)

Fosfaatnormering, mineralenbalansen en milieubelasting in de (biologische) vollegrondsgroententeelt. NRLO rapport nr 88/10, NRLO, 's Gravenhage.

Oenema, O. & T.A. Van Dijk (red.) (1994)

Fosfaatverliezen en fosfaatoverschotten in de Nederlandse landbouw. Project Verliesnormen, deelrapport I. VROM, Den Haag, 102 pp.

Reijerink J.G.A., A. Breeuwsma, H.H. Luesink & A. Kleijer (1993)

Rekenmodel voor de fosfaatverzadigingstoestand van mestoverschotgebieden. Rapport 241, SC-DLO, Wageningen, 101 pp.

Remmelzwaal A.J. & Habekotté, A. (1986)

23 Jaar P-bemestingsonderzoek op proefboerderij de Schreef in Oostelijk Flevoland RIJP rapport, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, en Rijksdienst voor IJsselmeerpolders, Lelystad.

Ris J. & B.J. van Luit (1973)

The establishment of fertilizer recommendations on the basis of soil tests.
Rapport 0 85, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, 52 pp.

Ruissen, M.A. (1982)
The development and significance of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas as influenced by agricultural practices.
PhD thesis, Wageningen Agricultural University.

Schlesinger, W.H. (1991)
Biogeochemistry, an analysis of global change. Academic Press Inc. London, 443 pp.

Sharpley A.N. & P.J. Withers (1994)
The environmentally-sound management of agricultural phosphorus. Fertilizer Research 39: 133-146.

Sissingh, H.A. (1971)
Analytical procedure of the Pw method for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. Plant & Soil 34: 483-486

Tiessen, H., J.W.B. Stewart & J.O. Moir (1983)
Changes in organic and inorganic phosphorus composition of two grassland soils and their particle size fractions during 60-90 years of cultivation. Journal of Soil Science 34: 815-823.

Tunney, H., A. Breeuwsma, P. Withers & P.A.I. Ehlert (1995)
Phosphorus recommendations and requirements for sustainable agriculture
(in press)

Van der Salm, C. & A. Breeuwsma (1995)
Fosfaatverliezen in kalkloze zandgronden, vergelijking van modelberekeningen en meetgegevens voor gras- en maïsland. Rapport 404, SC-DLO, Wageningen, 54 pp.

Van der Werff, P.A. & J. Buys (1990)
Zur Bedeutung der Mycorrhiza in alternativen Produktionssystemen.
In: Nährstoffdynamik und Nährstoffbilanzen in alternativ wirtschaftenden Betrieben. M. Kücke, (Ed.)-
Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft 113.

Van der Werff, P.A., P.A.M. van Amelsvoort, J.C.Y. Marinissen & P. Frissen (1995)
The influence of earthworms and Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza on the availability of phosphate in ecological arable farming. Acta Zoologica Fennica 196: 41-44.

Van der Werff, P.A. (red) (1993)
Milieu-emissies en mineralenbalansen van biologische gemengde bedrijven op zandgrond. Rapporten Vakgroep Ecologische Landbouw nr 93/6 ; VROM projectnr. 341.004. Landbouwuniversiteit Wageningen, vakgroep Ecologische Landbouw.

Van der Zee, S.E.T.M. & M.C. del Campillo (1995)

Uitspoeling en fixatie van fosfaat; overwegingen voor de balans van de bouwvoor. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, LUW. (rapport in voorbereiding)

Vereijken, P. (1984)

Verslag over 1982. Proefbedrijf Ontwikkeling Bedrijfs-Systemen. OBS-publicatie nr.3. Proefstation voor de akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad.

Walker, T.W. & J.K. Syers (1976)

The fate of phosphorus during pedogenesis. Geoderma 15: 1-19.

Weissbach, F. & P. Ernst (1994)

Nutrient budgets and farm management to reduce nutrient emissions.

In: L.'t Mannetje & J. Frame (Eds), Grassland and Society. Wageningen Pers, Wageningen. p. 343-360.

Willigen, P. de & M. van Noordwijk (1987)

Roots, plant production and nutrient use efficiency. PhD Thesis Wageningen Agricultural University.

 [Vorige artikel](#)  [Volgende artikel](#)  [Inhoudsopgave](#)

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

De stikstofkringloop: keten of vergiet?

J.J. Schröder (1) en J. Vos (2)

¹ *DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), Postbus 14, 6700 AA Wageningen/Haren*

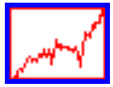
² *LUW-vakgroep Agronomie, Haarweg 333, 6709 RZ Wageningen*

Samenvatting

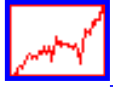
In de Nederlandse landbouw wordt jaarlijks ruim 400 kg meer stikstof (N) per ha aangevoerd dan afgevoerd in de vorm van produkten. Dit overschot op de N balans leidt tot een ongewenste milieubelasting. Hoewel N-verliezen onlosmakelijk met iedere vorm van landbouw verbonden zijn, is de omvang van het huidige N-overschot en de daaraan verbonden milieubelasting, in technische zin, niet onvermijdelijk. Tussen bedrijven bestaan grote verschillen in N-overschot. Deze verschillen zijn deels terug te voeren op bodem- en klimaatsomstandigheden, deels op de produktietak, de gewassenkeuze en de wijze van bemesting. Diverse maatregelen om het N-overschot en daarmee de N-verliezen in de akkerbouw te beperken, worden op hun perspectief beoordeeld. Bij gebruik van kunstmest zijn de verliezen per kg gegeven N geringer dan bij gebruik van organische meststoffen. Een akkerbouw die kunstmest om deze reden verkiest, draagt niet bij aan een nuttig hergebruik van bij- en afvalprodukten uit andere sectoren. De ecologische akkerbouw doet dat wel, met als prijs een groter verlies per kg gegeven N. Om de N-verliezen op ecologische bedrijven in absolute zin niet groter te laten zijn dan op gangbare bedrijven, moet op ecologische bedrijven terughoudender worden bemest.

INLEIDING

Stikstof (N) in de biosfeer is voor het overgrote deel aanwezig als organisch gebonden N in de bodem en in vegetaties; in de atmosfeer komt N voornamelijk voor als gasvormige N_2 . Via biologische en industriële binding, het gebruik van fossiele brandstoffen en bliksem wordt op wereldschaal naar schatting jaarlijks 241-433 miljoen ton N in de vorm van NO_x en NH_x in de biosfeer gebracht, voor een groot deel gerelateerd aan landbouwkundige activiteiten (Isermann, 1993). Vooralsnog is niet bekend in welke mate deze toevoer in de biosfeer, de afvoer naar de atmosfeer als gevolg van denitrificatie overtreft. Op een lager aggregatieniveau liggen de relaties tussen aanvoer en afvoer veel duidelijker. In Nederland worden de veelvuldige overschrijdingen van de concentratiedoelstellingen voor nitraat in het bovenste grondwater (11,3 mg NO_3 -N per liter) en totaal-N in zogenaamde stagnante, eutrofiëringse gevoelige oppervlaktewateren (2,2 mg N per liter), in direct verband gebracht met landbouwkundige activiteiten (Van Eck, 1995). Daarnaast wordt de landbouw medeverantwoordelijk gehouden voor de aantasting van de ozonlaag en het broeikas-effect ten gevolge van N_2O -emissie en de verzuring en eutrofiëring van voedselarme terrestrische en aquatische ecosystemen tengevolge van NH_3 -emissie. N_2O wordt gevormd als bijproduct bij de denitrificatie van nitraat tot N_2 . NH_3 komt voornamelijk vrij bij de productie, de opslag en het gebruik van dierlijke mest. Deze belasting van het milieu leidt in toenemende mate tot een appèl aan de landbouw om het N-gebruik aan een kritische blik te onderwerpen



Figuur 1a



Figuur 1b

in een (A) rurale en in een (B) geïndustrialiseerde samenleving

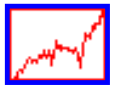
In landbouwproductiesystemen is N één van de opbrengstbeperkende factoren. Als tekorten niet worden aangevuld heeft dat vroeg of laat een negatief gevolg voor de ontwikkeling en produktie van gewassen. Met name bladvorming en fotosynthese blijven bij N-tekorten achter (Sinclair, 1990; Van Keulen & Stol, 1991). Naast dit directe effect op de opbrengst heeft N ook invloed op de wisselwerking tussen het gewas en ziekten, plagen en onkruiden. In sommige gevallen versterkt N het negatieve effect van schadelijke organismen, in andere gevallen, echter, verhoogt N de concurrentiepositie van het gewas.

Evenals bij fosfor (P), wordt bij N veelal van een kringloop gesproken. Het woord kringloop kan associaties oproepen dat één en ander 'vanzelf' verloopt en dat sprake is van een cirkelgang. De juistheid van dit beeld hangt in sterke mate af van de systeemgrenzen. Naarmate ruimtelijke grenzen enger gekozen worden (land > regio > bedrijf > perceel/stal > gewas/dier > produkt), is hiervan minder sprake. Zo bestaat er op stalniveau een groot verschil tussen de N-aanvoer in de vorm van voer en de N-afvoer in de vorm van melk, vlees of eieren. De kringloop wordt al meer benaderd als het overschot (voornamelijk mest en urine) op bedrijfs- of regioniveau wordt gebruikt voor de bemesting van gewassen en deze gewassen worden geconsumeerd door mens en dier. Nog sterker kan gesproken worden van een werkelijke kringloop als op regio- of landelijk niveau getracht wordt om industrieel afval (bierbostel, schuimaarde, schroten) of urbaan afval (rioolslib, GFT-compost) zoveel mogelijk opnieuw in de landbouw te benutten.

Ook in temporele zin kan meer gesproken worden van een cirkelgang naarmate de schaal groter is. Zo worden sommige gewassen gekenmerkt door de eigenschap een relatief gering deel van de N-aanvoer in oogstbare produkten om te zetten als gevolg van vastlegging in oogstresten. Bij een juiste behandeling van deze resten, kunnen volgteelten de N in oogstresten alsnog voor een deel benutten en kan de N-afvoer in oogstbare produkten de N-aanvoer, in dat specifieke deel van de rotatie, zelfs overtreffen. Zodoende kan op het niveau van rotaties vaak eerder van een kringloop gesproken worden dan op het niveau van individuele teelten. Figuur 1 geeft een beeld van de veelheid aan N-stromen in een landbouwproductiesysteem. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de oorspronkelijke situatie (Fig. 1A) waarin landbouw een redelijk gesloten systeem vormde (weliswaar verbonden met natuurlijke systemen via strooiselwinning en begrazing) en de huidige situatie (Fig. 1B) waarin verwerking en consumptie voor een groot deel buiten de eigenlijke landbouwsector plaatsvinden.

Het woord kringloop kan ook een beeld oproepen van een zekere geslotenheid ofwel de afwezigheid van lekkage. Zelfs bij ruim gekozen grenzen, waarbij Nederland als één groot landbouwbedrijf wordt opgevat, blijkt de N-aanvoer, de N-afvoer ruimschoots te overtreffen (Tabel 1). Het overschot van ruim 400 kg per ha steekt schril af bij dat van andere Noordwest-Europese landen. In Noorwegen, Zweden, Denemarken en Duitsland bedraagt het N-overschot, respectievelijk, 126, 103, 185 en 126 kg per ha (Isermann, 1993). Minder dan een kwart van de totale N-aanvoer wordt afgevoerd in de vorm van produkten. De grote bijdrage van krachtvoer in de nationale N-aanvoer verleidt velen tot de stelling dat het nationale overschot daalt als 'Nederland meer eigen krachtvoer zou telen'. Als dergelijke teelten zich zouden uitbreiden ten koste van het areaal gewassen waarvan het te oogsten deel het nationale systeem thans verlaat of toch al in het diervoer terecht komt (granen, gras), is het vermeende positieve effect van

'krachtvoer van eigen bodem' twijfelachtig. 'Krachtvoer van eigen bodem' verlaagt het nationale N-overschot bovendien alleen als dat hand in hand gaat met hergebruik van dierlijke mest ten koste van het gebruik van kunstmest (Meijer et al., 1991). De in dit kader relevante nutriëntenstromen worden zichtbaar gemaakt in Figuur 2.



[Figuur 2](#)

Bij dit alles dient wel te worden opgemerkt dat het Nederlandse landbouwareaal allesbehalve toereikend is om alle landbouwhuisdieren te kunnen voeden. Omgekeerd kan de in Nederland geproduceerde mest (in 1995 bevatte deze 196 miljoen kg fosfaat (Baltussen et al., 1994)), zelfs bij een precieze verdeling over alle beschikbare cultuurgrond (ca. 2 miljoen ha), onmogelijk milieukundig verantwoord gebruikt worden (Oenema & Van Dijk, 1994).

Balansoverschotten kunnen duiden op voorraadswijzigingen (voornamelijk ophoping in de bodem) of op verliezen naar de omgeving. Beide zijn tot op zekere hoogte ongewenst. Bij een voortdurende ophoping van N in de bodem (voornamelijk in organische vorm) komt men vroeg of laat in een situatie terecht waarin N in te grote mate op ongewenste momenten vrijkomt. Daarbij kan gedacht worden aan de nawerking van hoge mestgiften op maïsland (Whitmore & Schröder, 1995) of de N-mineralisatie die optreedt na het scheuren van oud, intensief beheerd grasland (Whitehead et al., 1990; Whitmore et al., 1992). In beide gevallen zal slechts een deel van de vrijkomende N voor plantaardige produktie kunnen worden benut en gaat de rest verloren. N-verliezen zijn behalve vanuit een economisch oogpunt, ook milieukundig ongewenst vanwege de eerder besproken negatieve gevolgen op de omgeving. Verlies van N uit landbouwproductiesystemen vraagt bovendien om compensatie in de vorm van (extra) bemesting. Daarvoor is industriële of biologisch N-binding nodig hetgeen een energievergend proces is. Resteert de vraag of N-verliezen, en daarmee N-overschotten, onvermijdelijk zijn of te beïnvloeden door aanpassingen van het nutriëntenmanagement.

N-OVERSCHOT IN DE AKKERBOUW

Inmiddels zijn er ook diverse N-balansen beschikbaar voor de akkerbouw als aparte sector (Tabel 2). De overschotten per ha zijn in dat geval geringer dan bleek uit de balans waarbij Nederland als een groot landbouwbedrijf, inclusief de veehouderijsector, werd opgevat.

Dit vloeit voor een deel voort uit het feit dat de omzetting van meststoffen in plantaardige produkten principieel doelmatiger verloopt dan de omzetting van plantaardige produkten in dierprodukten. Dat betekent dat een plantenteler uit de aard van de processen met geringere overschotten te maken heeft dan bijvoorbeeld een varkenshouder. Nog groter zijn de overschotten voor een melkveehouder. Deze wordt immers geconfronteerd met verliezen tijdens de omzetting van meststoffen in plantaardige produkten en met verliezen tijdens de omzetting van plantaardige produkten in dierprodukten (Fig. 3).

Een tweede verklaring voor de relatief geringe overschotten in de akkerbouw ligt in het feit dat niet-ecologische akkerbouwbedrijven gebruik maken van minerale meststoffen die met een hogere doelmatigheid kunnen worden omgezet in produkten dan mogelijk zou zijn bij gebruik van organische mest of N die door vlinderbloemigen is gebonden. Analoog, hebben intensieve veehouderijbedrijven soms een relatief gering overschot omdat ze de dieren alleen hoogverteerbare plantfracties voeren en overschotten die gepaard gaan met de teelt van krachtvoer, het voeren van (industriële) bijprodukten en het hergebruik van dierlijke mest, voor een deel afwentelen op bedrijven elders. Zo hebben grondloze veebedrijven, voor zover sprake is van ammoniakdichte stallen, alleen met de conversie van voer-N als maat voor hun doelmatigheid te maken. Deze kan tot 35-40 % worden verhoogd (pers. med. S. Tamminga).

Sectoraal wordt dus soms doelmatig geproduceerd ten koste van (extra) verliezen in andere sectoren.

Tabel 1. Stikstofbalans (in kg N per ha per jaar) en N-benutting (%) van de Nederlandse landbouw (naar Van der Meer, 1991)

N-drager	kg N per ha per jaar	
	Bijdragen	Totaal
Aanvoer:		
Kunstmest	249	
Krachtvoer	254	
Biologisch binding, zaaizaad, industriëel/urbaan afval	13	
Depositie	44	
TOTAAL		560
Afvoer:		
Produkten		133
Overschot		427
Benutting		24

Tabel 2. Stikstofbalans (in kg N per ha per jaar) en N-benutting (%) van Nederlandse akkerbouwbedrijven

Bron(a):	1		2		3				
	'86-'88		'90-'93						
Periode:									
'86-'90									
Regio(b):	noz	fle	noz	fle	noz	noz	fle		
file									
Systeem(c):	G	G	I	I	G	I	G		
I									
Aanvoer:									
Kunstmest	144	169	85	93	162	52	120	44	
Org. mest	59	39	92	76	90	126	88	102	
N-fixatie (d)	14	8	1	4	0	36	21	19	
Zaaizaad	-	-	4	4	-	-	-	-	
Depositie	38	35	39	35	35	35	35	35	
TOTAAL	255	251	221	212	287	249	264	200	
Afvoer:									
Produkten	115	120	95	141	137	116	152	131	
Benutting	45	48	43	67	48	47	58	66	

Bron(a):	4		5		6		7	
	'88-'91		'92-'94		'90-'91			
Periode:								
Regio(b):	file	file	file	file	diversen			

System(c) :		G	I	E	E	E
Aanvoer:	Kunstmest	181	103	0	0	14
	Org.mest	0	65	90	77	143
	N-fixatie (d)	0	0	90	-	-
	Zaaizaad	3	3	3	-	-
	Depositie	1	18	49	35	-
	TOTAAL	202	189	232	112	157
Afvoer:	Produkten	146	125	147	83	94
Overschot		56	64	85	29	63
Benutting		73	66	63	74	60

(a) 1 = Stouthart & Leferi 1994; 5=Begrote balans van Ecologisch Proefbedrijf 'De Lovinkhoeve'; 6 = ongepubliceerde gegevens van het Innovatieprojekt Ecologische Akkerbouw en Groenteteelt verstrekt door R. Visser; 7=LEI-boekhoudnet, geciteerd in Soorsma (1994)

(b) noz = Noordoostelijke zandgebied; fle=Flevoland

(c) G = gangbaar; I=geïntegreerd; E=ecologisch

(d) Biologische N-binding door vlinderbloemigen

Tussen de akkerbouwbedrijven uit de diverse studies bestaan grote verschillen in N-overschot. Voor een deel wordt dit veroorzaakt doordat in sommige balansen geen rekening gehouden wordt met de aanvoer door depositie, zaaizaad en pootgoed. Verder kan het niet-opnemen van de post biologische N-binding door vlinderbloemigen, met name op ecologische bedrijven waar het aandeel vlinderbloemigen relatief hoog is, tot een onderschatting van het N-overschot leiden.

Zelfs bij een uniforme berekeningswijze blijven er verschillen bestaan tussen bedrijven. Dit roept de vraag op of deze variatie toevallig is of aan managementsbeslissingen is toe te schrijven.

STUURBAARHEID VAN HET N-OVERSCHOT

Het N-overschot wordt door zowel de aan- als de afvoerposten op de balans beïnvloed. Gewassen verschillen sterk in de mate waarin aangeboden N wordt opgenomen ('de N recovery'). Greenwood et al. (1989) maken onderscheid tussen gewassen waarvan de N recovery min of meer constant is tot aan de economisch optimale N-gift en gewassen waarvan de N-recovery stijgt naarmate de N-gift lager is. Tot de eerstgenoemde gewassen, met een recovery van circa 70 %, behoren granen en (gemaaid) grasland (Greenwood et al., 1989), suikerbieten (Prins et al., 1988; Schröder & Ten Holte, 1995) en de meeste koolsoorten (Smit & Van der Werf, 1992), tot de tweede groep behoren een aantal groenten (Greenwood et al., 1989; Smit & Van der Werf, 1992), en wellicht aardappelen (Vos, 1995b; Schröder & Ten Holte, 1995), uien (Smit & Van der Werf, 1992) en maïs (Schröder & Ten Holte, 1992). Nader onderzoek is nodig om na te gaan of deze verschijnselen een fysiologische achter

Tabel 3. N-overschot (kg per ha) per gewas bij optimale bemesting

met kunstmest-N (naar Soorsma, 1994)

Gewas	N-overschot (kg/ha)
Graszaad	170
Zomergerst	32
Wintertarwe	71
Suikerbieten	82
Consumptieaardappel	101
Pootaardappel	45
Fabrieksaardappel	76
Snijmaïs	31
Korrelmaïs	71
Spruitkool	148
Knolselderij	140
Prei	125
Tulpen	77

grond hebben (Smit & Van der Werf, 1992), toe te schrijven zijn aan de heterogeniteit van het gewas (Greenwood et al., 1989) of de bodem (De Willigen et al., 1992) of een gevolg zijn van een aangepast bewortelingspatroon bij een geringe aanwezigheid van N (Schröder et al., 1993c). Voor beide door Greenwood onderscheiden gewastypen geldt, uiteraard, dat recoveries dalen bij overmatige N-giften. Daarom dient kritisch te worden nagegaan of de soms geobserveerde stijging van de N-recovery bij sub-optimale giften, geen artefact is van het gebruik van regressiemodellen die een te hoge optimale N-gift voorspellen (Cerrato & Blackmer, 1990). Naast de verschillen in N-recovery, onderscheiden gewassen zich van elkaar door de mate waarin opgenomen N wordt omgezet in oogstbare producten ('de N-harvest-index'). Suikerbieten en korrelmaïs hebben bijvoorbeeld een lage N-harvestindex vergeleken met aardappelen en wintertarwe. Tabel 3 geeft weer welke consequenties dit heeft voor het N-overschot van optimaal bemeste gewassen. Een vollediger overzicht van de Nrecovery (onder een enigszins aangepaste

definitie) en de N-harvest-index bij diverse gewassen wordt gegeven door Smit (1994).

Omdat gewassen zo verschillen in het N-overschot waarmee hun teelt gepaard gaat, heeft het bouwplan een grote invloed op het N-overschot op bedrijfsniveau. Verder oefent ook de meststoffenkeuze invloed op het overschot uit. Organische meststoffen zijn namelijk meer dan minerale meststoffen met een aantal onvermijdelijke verliezen behept. Organische mest bevat naast gebonden N dikwijls ammonium-N waarvan een deel vervluchtigt, ook bij onmiddellijk inwerken of injectie. Bovendien wordt organische mest op kleigrond meestal in het najaar uitgebracht teneinde structuurschade (en daarmee een verminderde N-afvoer door de gewassen) te voorkomen. Dit heeft tot gevolg dat een deel van de minerale N in de mest gedurende de winter aan afspoelings-, uitspoelings- en denitrificatieverliezen blootstaat. Ook bij voorjaarstoediening van organische mest, echter, is slechts een deel van de aanvoer daadwerkelijk voor het gewas beschikbaar. Een deel van de mest is namelijk moeilijk afbreekbaar en komt pas beschikbaar aan het einde van het groeiseizoen (Wadman & Ehlert, 1989) of op langere termijn (Dilz et al., 1990; Whitmore & Schröder, 1995). Bovendien kan de toediening van verse organische mest denitrificatieverliezen vergroten (Guenzi et al., 1978). Eén en ander heeft tot gevolg dat de N-werkingscoëfficiënt van dunne mestsoorten, ook bij injectie, in de regel niet hoger is dan 50-70 % bij voorjaarstoediening en 10-30 % bij najaarstoediening (Lammers, 1983). De korte-termijnwerking van GFT zal zelfs niet hoger zijn dan 10 % (Van Lune et al., 1993).

Ook de N die vlinderbloemigen binden wordt onvollediger benut dan een vergelijkbare hoeveelheid kunstmest-N. Dat heeft, evenals bij organische mest, te maken met het feit dat de synchronisatie van de mineralisatie en opname door volgteelten moeilijk te sturen is. Het tijdstip en de wijze waarop het materiaal ingewerkt wordt, spelen daarbij naar verwachting een belangrijke rol.

Bij jarenlang gebruik van organische mest (van dierlijke oorsprong of in de vorm van gewasresten) kan de benutbaarheid toenemen door een geaccumuleerde nawerking van de diverse bronnen van organische stof die in de voorafgaande jaren aan de bodem zijn toegevoegd. Een benutbaarheid als die van kunstmest-N zal echter nooit helemaal bereikt worden zoals eerder is aangegeven.

Schröder et al. (1993a) verkenden de gevolgen van bouwplansamenstelling en meststoffenkeuze op het N-overschot van akkerbouwbedrijven bij optimale bemesting. De berekende N-overschotten op bedrijfsniveau varieerden daarbij van 81-159 kg N per ha (Tabel 4). De in de N-deskstudie (Van Eck, 1995) vermelde waarde van 150 kg N per ha (inclusief depositie) bij 'goed landbouwkundig gebruik' en met gebruik van organische mest, valt binnen dit bereik. In diezelfde studie werd ook geconcludeerd dat de meeste intensieve vollegrondsgroentebedrijven en bollenbedrijven onder vergelijkbare omstandigheden een N-overschot van circa 190 kg per ha kunnen bereiken.

Hoewel er consensus bestaat over het feit dat overmatige N-giften in de vorm van kunstmest of organische mest, het N-overschot en de N-verliezen onnodig vergroten, lijkt er een blinde vlek te zijn voor het feit dat sub-optimale N-giften het N-overschot kunnen verlagen. Ook in de N-deskstudie (Van Eck, 1995) wordt hierop, met uitzondering van grasland, niet ingegaan. Uit een verkenning van Schröder et al. (1993a) bleek dat een reductie van de N-gift met 40 kg per ha beneden het optimum, het N-overschot van een akkerbouwbedrijf met circa 30 kg per ha deed dalen. Vos (1995a) kwam tot een vergelijkbare conclusie.

Tabel 4. N-overschot (kg per ha) en N-benutting (%) op bedrijfsniveau in relatie tot het bouwplan en de wijze waarop aardappelen en suikerbieten bemest worden

(Schröder et al., 1993)

Gewasaandeel (%):* Mestscenario: **

wt	sb	aa		KM	V66	H66	H33
50	25	25	Overschot	81	108	159	112
25	25	50		90	148	***	***
50	25	25	Benutting	65	58	49	58
25	25	50		63	51	***	***

* wt = wintertarwe, sb = suikerbieten, aa = aardappelen

** KM = volledig kunstmest, V66 = N-gift aan aardappelen en suikerbieten (op basis van N-totaal) voor 66 % ontleend aan drijfmest die in voorjaar is toegediend, H66 = idem, maar najaarstoediening, H33 = idem, maar voor 33 % ontleend aan drijfmest die in najaar is toegediend.

*** herfsttoediening van dierlijke mest niet toegestaan op zandgrond waar bouwplannen met 50 % aardappelen worden aangetroffen.

In zijn onderzoek leidde een reductie van de N-gift met 53 kg per ha, tot een verlaging van het overschot met 37 kg per ha. Genoemde verkenningen zijn wel met onzekerheden omgeven omdat de lange-termijneffecten van een suboptimale bemesting op de opbrengst en N-afvoer onzeker zijn (zie bijvoorbeeld Motavalli et al., 1992). Om diezelfde reden verdienen de N-balansen van bedrijven die recent op een lager bemestingsniveau zijn overgestapt, blijvende aandacht. Dit kan in het bijzonder gelden voor ecologische bedrijven in Flevoland waar de bodem een groot naleveringsvermogen heeft. In balanstermen is er dan immers sprake van een voorraadswijziging. Deze zijn op korte termijn lastig te detecteren omdat alleen de bouwvoor al 4000-8000 kg organisch gebonden N per ha kan bevatten.

Rekenmodellen kunnen uiterst behulpzaam zijn bij het doorrekenen van de lange-termijngevolgen van een bepaalde bemestingsstrategie (Wolf et al., 1989; Groot & Verberne, 1990; Bradbury et al., 1993; Whitmore & Schröder, 1995).

In het voorgaande is aangegeven dat N-overschotten in sterke mate stuurbaar zijn. Toch resteren er bij constant management ook verschillen tussen jaren. Zo varieerde de berekende N-afvoer door aardappelen onder deelnemers aan het vierjarige Introductieproject Geïntegreerde Akkerbouw in het Noordoostelijk Zandgebied, van 138 kg per ha in 1992 tot 172 kg per ha in 1990. Voor hun collega's in Flevoland bewoog de afvoer zich tussen 174 kg N per ha in 1990 en 193 kg N per ha in 1992 (Schröder et al., 1994).

DE MILIEUBELASTING DOOR AKKERBOUWBEDRIJVEN

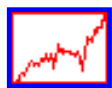
Grondwatermeetnet

Het N-overschot is een indirecte maat voor de milieubelasting omdat het voorbijgaat aan de aard van de verliezen. Meer directe metingen van de belasting van het grondwater op akkerbouwbedrijven zijn schaars maar geven aan dat

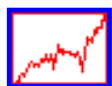
er reden voor bezorgdheid is. Het gemiddelde nitraatgehalte van het bovenste grondwater onder bouwland op zandgrond bedroeg in 1992 circa 30 mg NO₃-N per liter (Van Eck, 1995). Dit komt goed overeen met metingen in eerdere jaren (Steenvoorden & Van Duijvenbooden, 1991). Een dergelijke concentratie is bijna driemaal zo hoog als de doelstelling.

Drainwater

Metingen van de nitraatconcentratie van het drainwater op de akkerbouwbedrijven van de OBS in Nagele en het Innovatieproject Ecologische Akkerbouw en Groenteteelt, wijzen op grote verschillen tussen gewassen. Probleemgewassen in dit opzicht zijn aardappelen, uien en vlinderbloemigen, terwijl na maaiweiden, granen en suikerbieten in het algemeen lage nitraatgehalten worden gevonden. Evenals bij het N-overschot, heeft het bouwplan daarom een sterke invloed op de bedrijfsgemiddelde emissie via drains. Op bedrijfsniveau werden tussen 1986 en 1990 op de OBS drainwaterconcentraties gevonden van circa 10, 7 en 4 mg NO₃-N per liter op, respectievelijk, het gangbare, het geïntegreerde en het ecologisch bedrijf (Wijnands et al., 1992). Op de Innovatiebedrijven Ecologische Akkerbouw en Groenteteelt werden in 1992 bedrijfsgemiddelde waarden tussen 9 en 25 mg NO₃-N per liter aangetroffen (Vereijken et al., 1994). In alle gevallen wordt doelstelling van stagnant, eutrofiëringsgevoelig oppervlaktewater (2,2 mg totaal-N per liter) daarmee ruimschoots overschreden.



[Figuur 4](#)



[Figuur 5](#)

Residuaire N

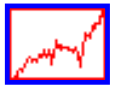
De hoeveelheid minerale bodem-N na de oogst ('residuaire N'), geeft een indicatie van verliezen die in de daarop volgende winter kunnen optreden. Gewassen nemen gedurende het winterhalfjaar niet of nauwelijks N op waardoor residuaire N, afhankelijk van de grondsoort en het neerslagoverschot, voor een deel zal uit- en afspoelen. Veelzeggend is dat van aanvankelijke verschillen bij de oogst in het volgende voorjaar doorgaans weinig meer is terug te vinden (zie bijvoorbeeld Hengsdijk, 1992). Met name op kleigrond bestaat er onzekerheid over de mate waarin dit verlies moet worden geboekt op de posten denitrificatie dan wel uitspoeling. Dit heeft te maken met methodologische problemen om N-uitspoeling (anders dan via de drains) op kleigrond nauwkeurig te meten. Op zandbouwland, echter, is het duidelijk dat N-verliezen gedurende de winter aan uitspoeling zijn toe te schrijven (Schröder & Dilz, 1987; Schröder et al., 1993b; Van Dijk et al., 1995). Ter bepaling van de gedachte: bij een grondwatervoeding van 300 mm per jaar, kan grondwater bij een inspoeling van meer dan 34 kg N per ha niet langer aan de doelstelling van 11,3 mg NO₃-N per liter voldoen. Overigens blijkt uit balansstudies dat N bij gewassen als aardappelen en maïs al tijdens het groeiseizoen zoek kan raken. Een geringe hoeveelheid residuaire N is dan ook niet altijd synoniem met de afwezigheid van verliezen. Ook bij normale weersomstandigheden wordt dikwijls een veel geringer deel van het saldo van aan- en afgevoerde N als residuaire N teruggevonden dan verklaard kan worden uit de vastlegging in wortels en stoppels (zie bijvoorbeeld Schröder & Ten Holte, 1992; J. Vos, ongepubliceerd).

Metingen van de hoeveelheid residuaire N zijn aanmerkelijk talrijker dan drainwatermetingen en hebben zowel in proeven als op praktijkpercelen plaatsgevonden. Proefresultaten geven aan dat na granen en suikerbieten bij optimale

bemesting 20-40 kg N per ha achterblijft in de bovenste 100 cm van het profiel. Na aardappelen, uien, vlinderbloemigen en maïs kunnen deze hoeveelheden oplopen tot 60-100 kg per ha (Prins et al., 1988; Neeteson, 1990; -, 1994; -, 1995; Schröder et al., 1993b). Suboptimaal bemesten leidt bij de eerstgenoemde gewassen nauwelijks tot een verdere verlaging van de hoeveelheid residuaire N. Bij aardappelen en maïs, echter, is er wel een verband gevonden tussen de

N-gift en residuaire N. De variatie is daarbij overigens groot (Fig. 4). De Commissie Stikstof (Goossens & Meeuwissen, 1990) stelde voor dat in eerste instantie naar een hoeveelheid residuaire N van maximaal 70 kg per ha (0-100 cm) gestreefd zou moeten worden om grondwater op regionale schaal aan de EG-richtlijn voor drinkwater (11,3 mg NO₃-N per liter) te laten voldoen. Voorts werd aannemelijk gemaakt dat dit voor het merendeel van de akkerbouwbedrijven haalbaar zou zijn zonder suboptimaal te hoeven bemesten.

Metingen op bedrijven die deelnamen aan het Introductieproject Geïntegreerde Akkerbouw, gaven aan dat dit in de praktijk lastiger kan zijn dan op basis van proefresultaten werd verondersteld (Schröder et al., 1994). Weliswaar was de rangorde van gewassen identiek aan die in proeven, het niveau van de hoeveelheid residuaire N lag echter gemiddeld tweemaal zo hoog (Fig. 5). Hiervoor bestaan diverse verklaringen. De verzamelde gegevens suggereerden dat op aardappelpercelen in sommige gevallen meer N was gegeven dan nodig volgens het advies.



[Figuur 6](#)

Ook hebben de droge zomers van 1991 en 1992 wellicht bijgedragen aan een verhoging van de hoeveelheid residuaire N. Na natte zomers, zoals in 1993, werden, overeenkomstig ervaringen bij maïs (Schröder et al., 1993b; Van Dijk et al., 1995), juist lagere hoeveelheden gevonden. Dit verschijnsel lijkt zowel toe te schrijven aan directe verliezen tijdens het groeiseizoen als aan het positieve effect van zomerneerslag op de opbrengst en onttrekking (Schröder et al., 1993b en 1994). Voorts toonden De Willigen et al. (1992) aan dat op praktijkpercelen vanwege de, in vergelijking met proefpercelen grotere heterogeniteit, bij eenzelfde N-gift meer residuaire N achterblijft. Het is overigens opvallend dat de hoeveelheid residuaire N bij deelnemers van het Innovatieproject Ecologische Akkerbouw en Groenteteelt (Vereijken et al., 1994), vergelijkbaar was met die bij deelnemers van het Introductieproject Geïntegreerde Akkerbouw (Schröder et al., 1994).

Van verschillende zijden is getwijfeld aan de doelmatigheid, billijkheid en controleerbaarheid van de hoeveelheid residuaire N als maat voor het beoordelen van het nutriëntenbeheer van ondernemers en werd residuaire N als indicator voor emissies in eerste instantie verworpen (Van Dijk, 1991; Corré, 1994). Daarbij is in de eerste plaats gewezen op de variatie tussen jaren en binnen percelen. Oorzaak hiervoor zijn behalve eerdergenoemde effecten van zomerneerslag en bodemheterogeniteit, mogelijk ook de gewasheterogeniteit; de gevonden ruimtelijke variatie van residuaire N kan soms namelijk in verband gebracht worden met de afstand tussen de voormalige gewasrij en de plaats van bemonstering (Aufhammer et al., 1991; Schröder et al., 1995; Clay et al., 1995). Verder richtte de kritiek zich op het ontbreken van een éénduidig verband tussen residuaire N en nitraatconcentraties van het bovenste grondwater. Dit manco hangt behalve van de bodem en het weer, ook af van het beheer van het desbetreffende perceel na de oogst. Daarbij kan gedacht worden aan het effect van grondbewerking (Stokes et al., 1992), het gebruik van meststoffen in nazomer en herfst, het mineralisatiegedrag van gewasresten (Van Erp et al., 1993) en de teelt van een groenbemester (Steffens & Vetter, 1984; Martinez & Guiraud, 1990). Na sommige gewassen die veel residuaire N achterlaten (aardappelen, uien, maïs) zijn de mogelijkheden voor het telen van een groenbemester echter geringer dan na granen die relatief vroeg het veld ruimen. Figuur 6 geeft weer dat de N-opbrengst van een groenbemester na graan aan de beschikbaarheid van N gerelateerd is, maar die na maïs vooral aan de temperatuur. Hoewel granen

gewoonlijk weinig residuaire N achterlaten, bestaat er ook na granen aanleiding een groenbemester te telen. Organische mest wordt op kleigrond namelijk bij voorkeur op graanstoppels toegediend. Overigens is het inmiddels de gewoonte om groenbemesters die hun N-behoefte volledig vanuit residuaire bodem-N dekken, vanggewassen te noemen.

Nu meer kennis beschikbaar is over de oorzaken van de variatie van de hoeveelheid residuaire N en over de effecten van het na-oogstbeheer op de mate waarin deze N leidt tot af- en uitspoeling, lijkt het niet terecht om residuaire N nu reeds definitief als één van de mogelijke indicatoren voor emissies te verwerpen.

Toelaatbaar N-overschot

De afgelopen jaren is de aandacht op beleidsniveau verschoven van residuaire bodem-N naar de mineralenboekhouding en de N-overschotten. In de N-deskstudie (Van Eck, 1995) is geconcludeerd dat kwaliteitsdoelstellingen voor grond- en oppervlaktewater op zandbouwland en kleibouwland niet gehaald zullen worden als het N-overschot (inclusief de aanvoer met depositie), meer dan respectievelijk, 10-115 en 35-200 kg per ha bedraagt.

De vermelde spreiding hangt af van de grondwaterstand (met name van belang op zandbouwland) en de arbitraire keuze of de norm voor oppervlaktewater (met name van belang op kleibouwland) al in de kavelsloot of pas in het afwateringskanaal bereikt dient te zijn.

Beide aspecten beïnvloeden namelijk het optreden van denitrificatie. De in de voorgaande paragraaf gepresenteerde balansen geven aan dat de jaarlijkse N-overschotten op akkerbouwbedrijven tussen 50 en 150 kg N per ha variëren, afhankelijk van bouwplan en mestgebruik. Daaruit kan worden opgemaakt dat met name intensieve akkerbouwbedrijven op zandgrond een probleem krijgen bij een diepe grondwaterstand en akkerbouwbedrijven op kleigrond in conflict met milieudoelstellingen kunnen komen bij gebruik van organische mest. Hierbij moet worden benadrukt dat een dergelijk conflict speelt bij de huidige opzet van bedrijven en voortvloeit uit de, voorshands gebruikelijke, maximalisering van het saldo.

MAATREGELEN OM HET N-OVERSCHOT TE VERLAGEN

Om het conflict tussen economie en milieu te verkleinen kunnen onder meer maatregelen op het niveau van de bouwplansamenstelling genomen worden. Daarnaast zijn er maatregelen die binnen gewassen kunnen worden genomen. Al eerder is aangegeven dat een reductie van de N-gift een zeer doeltreffende maatregel is om het N-overschot te beperken, zelfs als dit tot enige opbrengstderving leidt. Dat laatste moet uiteraard zoveel mogelijk worden voorkomen door de (beperkte) hoeveelheid meststoffen zo doelmatig mogelijk te gebruiken en lekken in het bedrijfssysteem, waar mogelijk, te dichten. Hiervoor bestaan diverse gereedschappen die nog niet alle benut worden. Voor een deel is dat het gevolg van ontbrekende kennis. In een aantal gevallen, echter, is de kennis voorhanden maar worden de maatregelen te duur gevonden.

Zelfs als alle denkbare maatregelen genomen worden zal er altijd een N-overschot blijven omdat verliezen, ingeval van N, onvermijdelijk zijn en, met andere woorden, de benutting van N nooit 100 % is. Boekhoudkundig kan het N-overschot in enig jaar nihil zijn (en de benutting 100 %), maar dit betekent wel dat er in dat jaar een wissel getrokken is op de lange-termijn bodemvruchtbaarheid.

Fijnregeling van de N-gift

In plaats van standaardgiften zou gestreefd moeten worden naar jaars- en perceelspecifieke giften. In dat kader zijn voor de belangrijkste akkerbouwgewassen bemestingsrichtlijnen opgesteld die rekening houden met de hoeveelheid minerale bodem-N in het vroege voorjaar (Neeteson, 1995). In de bemestingsrichtlijnen wordt in beperkte mate rekening gehouden met de voorgeschiedenis van het perceel. Voorbeelden hiervan zijn een korting op de N-gift na het onderwerken van een groenbemester bij suikerbieten of het regelmatig gebruik van dierlijke mest op maïsland (Sieling, 1992).

In sommige landen is dit verder uitgewerkt in rekenregels die recht doen aan alle mogelijke bronnen van N (Rémy & Viaux, 1982; Machet et al., 1990). In dat kader zou het aantrekkelijk zijn om het mineraliserend vermogen van een bodem te karakteriseren. Hassink (1995) verbeterde de voorspelling van mineralisatie op graslandgronden door organische stof te fraktioneren en het vermogen van een bodem om organische stof tegen mineralisatie te beschermen, nader te definiëren. Mogelijk biedt dit werk ook voor de akkerbouw aangrijpingspunten. Smit (1994), echter, relativeerde het belang van kennis van de mineralisatiesnelheid voor gewassen met een korte groeiduur.

In buitenlandse adviezen wordt soms rekening gehouden met de opbrengstverwachting. Daarbij wordt geredeneerd dat de N-gift geringer mag zijn bij lagere opbrengsten. Recente studies geven aan dat deze benadering de plank kan misslaan als niet tevens rekening wordt gehouden met de mate waarin een gewas N uit de bodem kan opnemen (Vanotti & Bundy, 1994a en b; Neeteson, 1995) of het mineralisatiepotentieel van een perceel (Stecker et al., 1995; Neeteson, 1995). Lage opbrengsten zijn soms namelijk gekoppeld aan een geringe benutbaarheid van minerale bodem-N (bijvoorbeeld in een nat klimaat en een ondiep bewortelbaar profiel) en een geringe mineralisatie. De analyse van gegevens van bemestingsproeven met driekwadrantenfiguren (Van Keulen, 1982), vormt een nuttig hulpmiddel bij het begrijpen van de gewasreacties.

In de ecologische landbouw is bijsturen lastiger dan in landbouwsystemen die van kunstmest gebruik maken omdat meststoffen (organische mest, vlinderbloemigen) noodzakelijkerwijs vaak ruim van te voren worden aangeboden. Dat betekent dat al in een vroeg stadium nauwkeurige schattingen van het N-leverend vermogen moeten worden gemaakt (Habets & Oomen, 1994). Dit neemt niet weg dat een regelmatige bepaling van de hoeveelheid minerale bodem-N op ecologische bedrijven zinvol is. Daarmee kan immers beoordeeld worden in hoeverre de bedrijfsvoering in volgende teelten moet worden aangepast.

In het kader van fijnregeling dienen er op ecologische bedrijven ook beslissingen te worden genomen over de mate waarin met organische mest dan wel met vlinderbloemigen in de N-aanvoer moet worden voorzien (Vereijken, 1994). Zonder kunstmest kan de gewasbehoefte namelijk onmogelijk alleen met organische mest worden gedekt. De verhouding van N, P_2O_5 en kali (K_2O) in oogstprodukten bedraagt namelijk ongeveer 3:1:3, terwijl de verhouding van effectief beschikbare N, P_2O_5 en K_2O in organische mest hooguit 3:2:6 is (en wel bij voorjaarstoediening van rundveedrijfmest). Bij gebruik van andere mestsoorten, bij najaarstoediening van organische mest of bij fosfaat- en kalitoestanden die om afbouw vragen, wordt de noodzaak om met vlinderbloemigen in de N-aanvoer te voorzien nog groter. Als aan dit soort overwegingen voorbijgegaan wordt, kan dit tot een ongewenste verrijking van de bodem met fosfaat en kali leiden.

Verbeteren van temporele afstemming

- toedieningstijdstip organische mest

Op gronden waar de hoofdgrondbewerking in het voorjaar kan plaatsvinden dient de toediening van organische mest tot na de winter te worden uitgesteld. Dit komt de recovery van N ten goede en verkleint de uitspoelingsverliezen (Schröder et al., 1993b). Op zandgronden is dan ook wettelijk voorgeschreven dat organische mest niet tussen 1

september en 1 februari mag worden toegediend. Bij laatgezaaide gewassen is het echter twijfelachtig of toediening in februari of begin maart voldoende garantie biedt voor een hoge recovery. Om N-verliezen in de vorm van denitrificatie of uitspoeling naar onbewortelde lagen te voorkomen, verdient uitstel van mesttoediening naar een later tijdstip de voorkeur. Op kleigrond is men huiverig voor voorjaarstoediening van organische mest en verkiest men najaarstoediening. In lopend onderzoek wordt bevestigd dat aan voorjaarstoediening risico's van structuurschade verbonden zijn. De eerste resultaten van een proef met maïs op rivierklei geven aan dat de recovery van N door voorjaarstoediening niet verbeterd wordt (Tabel 5). Daarbij kan een rol gespeeld hebben dat het voorjaar van 1994 extreem nat was.

- gebruik van groenbemesters

Uit onderzoeksgegevens van Hengsdijk (1992) en Postma (1995) blijkt dat de N-recovery van mest die in het najaar wordt toegediend vaak niet hoger is dan 20 %. Toevoeging van nitrificatieremmers heeft geen of slechts een gering effect (Van Enckevoort, 1988) en ook toevoeging van stro of het gebruik van groenbemesters draagt maar in beperkte mate bij aan een verbetering van de recovery (Hengsdijk, 1992; Postma, 1995). Dit wordt bevestigd door onderzoeksgegevens van Schröder & Ten Holte (1995). Zij vonden dat tijdig gezaaide grasgroenbemesters weliswaar in staat waren om circa 70 % van de minerale N die in het najaar is toegediend, op te nemen, maar dat van de N die in de bovengrondse delen van de groenbemester was opgeslagen (gemiddeld 96 kg per ha) door onbemeste suikerbieten en aardappel gemiddeld niet meer dan, respectievelijk, 40 en 30 % werd opgenomen.

De recovery van kunstmest-N (circa 100 kg per ha, voorjaarstoediening) bedroeg in diezelfde proeven circa 65 % en 45 % voor, respectievelijk, suikerbieten en aardappelen. Vermoedelijk speelt het te vroege inwerktijdstip (op kleigrond gewoonlijk november) daarbij een belangrijke rol (Thorup-Kristensen, 1994 en 1995).

De recovery van groenbemester-N kan hoger zijn wanneer het materiaal niet mineraliseert gedurende de winter. Zo vonden Van Dijk et al. (1995) dat maïs gemiddeld 70 en 50 % van de N uit, respectievelijk, ondergeploegde rogge en Italiaans raaigras opnam. Deze proef vond plaats op zandgrond waar het tijdstip van de hoofdgrondbewerking toelaat dat groenbemesters gedurende de winter intact blijven. Overigens kan het te lang intact laten van groenbemesters eveneens een negatief effect hebben op de N-beschikbaarheid voor volggewassen (Scott et al., 1987; Wagger, 1989a en b; Wyland et al., 1995). Dit is toe te schrijven aan het feit dat C-N quotiënten in het voorjaar snel kunnen toenemen. Dergelijk materiaal mineraliseert traag en kan, per saldo, zelfs tot tijdelijke N-immobilisatie leiden.

Tabel 5. Effecten van het uitstel van de hoofdgrondbewerking en de toediening van organische mest (RDM) van herfst naar voorjaar op de N-recovery en het N-overschot bij maïs op kleigrond (ongepubliceerde gegevens van Ten Holte; De Bouwing, 1994)

Tijdstip van		RDM	Kunstmest	N-recovery	N-overschot
Ploegen	Mesttoediening	(kg N per ha)	(kg N / ha)	(%)	(kg N / ha)
Herfst	-	0	150	41	-14
Herfst	Herfst	151	0	0	50
Herfst	Voorjaar	172	0	5	61

Voorjaar -	0	150	18	27
Voorjaar Herfst	151	0	7	44
Voorjaar Voorjaar	172	0	4	69



[Figuur 7](#)

Uit het voorgaande blijkt dat de onderschepping van N door groenbemesters niet zonder meer synoniem is met N-overdracht naar een volgende seizoen.

Uit Figuur 7 blijkt dat winterharde groenbemesters een gunstig effect op de nitraatuitspoeling kunnen hebben maar dat daar wel grenzen aan zijn; de uitspoeling onder matig bemeste maïs zonder groenbemester was geringer dan die onder overbemeste maïs met groenbemester.

Op korte termijn kan de teelt van een groenbemester ook zonder overdracht van N naar het volgende seizoen, de uitspoeling van nitraat verlagen. Er bestaan aanwijzingen dat dit niet per se alleen een gevolg is van een tijdelijke opslag als organisch gebonden N, maar dat de aanwezigheid van een gewas als zodanig, de denitrificatie kan vergroten (Scaglia et al., 1985; Vos et al., 1994)

- gedeelde N-giften

Volledig of gedeeltelijk uitstel van N-giften tot na opkomst van het gewas, kan de temporele afstemming tussen aanbod en behoefte in beginsel verder verbeteren. Bovendien kan de gift op die manier beter worden afgestemd op perceels- en jaarsspecifieke omstandigheden (Vos & Struik, 1992). De netto-mineralisatie in het vroege voorjaar kan namelijk sterk wisselen (Laurenz, 1994). Om de wenselijkheid van een aanvullende mestgift vast te stellen zijn diverse criteria in omloop waaronder bodemanalyse (bijvoorbeeld in de vorm van een Stikstofbijmeststelsel (Lorenz et al., 1985; Titulaer, 1994) en gewasanalyse. Dat laatste kan bijvoorbeeld met de bladsteeltjesmethode (Van Loon & Houwing, 1989) of met een recent beschikbaar gekomen draagbare chlorofylmeter (Vos & Bom, 1993). De aanleg van N-vensters, kleine onbemeste vakken binnen een perceel, is eveneens een vorm van gewasanalyse. Voorts zou onderzocht moeten worden of het gebruik van zogenaamde

N-verdunningscurven (Greenwood et al., 1990) een rol kunnen spelen bij de diagnose van N-tekorten.

Uitstel van de N-gift heeft niet alleen maar voordelen. Er zijn aanwijzingen dat met name rijenculturen met een aanvankelijk matig ontwikkeld wortelstelsel voor een optimale groei al vroeg in het seizoen over een hoge N-concentratie in het bodemvocht moeten kunnen beschikken (Greenwood et al., 1989). Bovendien bestaat het gevaar dat aanvullende N-giften onder bepaalde bodem- en weersomstandigheden te laat voor de plant ter beschikking komen. Uitgestelde giften kunnen in dat geval leiden tot meer residuaire N (Jokela & Randall, 1989). Berekeningsmogelijkheden kunnen de doelmatigheid van uitgestelde giften dan ook aanmerkelijk vergroten.

Bij gewassen en bedrijfssystemen waarin slechts van organische mest gebruik gemaakt wordt, kan toediening van meststoffen na opkomst bovendien gewasschade veroorzaken. Doorgaans wordt namelijk gebruik gemaakt van zwaardere apparatuur en moet de mest worden ingewerkt om ammoniakverliezen te voorkomen.

- uitstel van de zaaitijd

Akkerbouwers hebben de gewoonte hun gewassen te zaaien zodra de grond dat toelaat. Dit komt de opbrengst en een tijdige oogst ten goede. Als gevolg hiervan zijn gewassen in een jong stadium vaak blootgesteld aan koude en natte weersomstandigheden en is de snelheid waarmee N wordt opgenomen, aanvankelijk gering. Uitstel van het zaaitijdstip (en daarmee van het toedieningsmoment van meststoffen) zou een bijzondere vorm van een betere temporele afstemming kunnen bieden. Gewassen zouden dan immers beter in staat zijn om aangeboden N te benutten omdat deze minder bloot staat aan verliezen, temeer omdat wortels de bodem sneller doorgroeien naarmate de bodemtemperatuur hoger is. Bovendien valt niet uit te sluiten dat het tijdsverloop van de opname van N bij uitgestelde zaai beter aansluit bij het mineralisatiepatroon van de bodem (Smit, 1994) zodat met een geringere N-gift kan worden volstaan. Onderzoek hiernaar vertoont tegenstrijdige resultaten. In tegenstelling tot Schröder et al. (1995) vonden Van der Schans et al. (1995) dat maïs bij verlate zaai geen geringere behoefte aan een aanvullende N-gift had.

- beheer van gewasresten

In de niet-geogoste delen blijft bij sommige gewassen meer dan 100 kg N per ha achter (Smit, 1994; Neeteson, 1994). Afhankelijk van de C-N-quotiënten, de bodem, de behandeling (verkleinen, mengen, wijze en tijdstip van inwerken) en in mindere mate het weer (Whitmore, 1994), kan hiervan een groot deel verloren gaan. Een zorgvuldig beheer van gewasresten kan bewerkstelligen dat de N-mineralisatie zo goed mogelijk aansluit bij de opname van N door volgteelten. Volgteelten kunnen in dat geval bestaan uit een hoofdgewas of een groenbemester. Ook kan overwogen worden om de gewasresten te verwijderen en deze te composteren of te vervoederen.

Ruimtelijke afstemming

De geringe bewegelijkheid van P verklaart waarom de groei van planten vaak positief reageert op de toediening van P naast de rij (Arnold & Ten Hag, 1982). Gewassen waarvan de zijdelingse beworteling aanvankelijk beperkt is, reageren soms ook gunstig op de plaatsing van N. Dit komt vanzelfsprekend alleen tot uiting bij een beperkte beschikbaarheid van N. Bij maïs bestaan hierover uitgebreide gegevens (Schröder & Ten Holte, 1992). N blijkt aanvankelijk met name uit bodemcompartimenten vlak onder de plantrij te worden opgenomen. De horizontale concentratiegradiënt die als gevolg hiervan ontstaat, wordt niet steeds instantaan genivelleerd ondanks de spreekwoordelijke bewegelijkheid van N. Droogte kan daarbij een rol spelen (De Willigen, 1994).

Minerale meststoffen zijn vanuit een technisch oogpunt aanmerkelijk eenvoudiger als rijenbemesting toe te dienen dan organische mest. Om na te gaan of ook organische mest niet toch als rijenbemesting kan worden gegeven, heeft de afgelopen twee jaar onderzoek plaatsgevonden bij maïs (Schröder et al., 1995). Vooral bij lage mestgiften en een beperkte P-voorziening had rijenbemesting een gunstig effect op de opbrengst. Hoewel deze resultaten meer op een P- dan op een N-effect wijzen, had rijenbemesting ook een gunstig effect op de N-recovery. De gangbare teeltwijze van maïs (dat wil zeggen breedwerpig gegeven organische mest in combinatie met een rijenbemesting met kunstmestfosfaat), ging gepaard met een relatief gering N-overschot maar een ruim fosfaatoverschot. Afzien van de kunstmestfosfaat verlaagde het P-overschot maar verhoogde het N-overschot (als gevolg van een geringere N-afvoer). Werd organische mest in plaats van breedwerpig als rijenbemesting gegeven, dan werd een deel van de opbrengstderving teniet gedaan en was het N-overschot vergelijkbaar met dat van de gangbare teeltwijze. De N-recovery van de mest verbeterde eveneens (Tabel 6). Dit gunstige effect van een verbeterde P-voorziening op de benutting van N werd ook door Schlegel & Havlin (1995) gevonden. Het spiegelbeeld van dit verschijnsel is wel dat de eerder bepleite reductie van de N-aanvoer, de P-benutting onder druk kan zetten.

Tabel 6. Relatieve drogestofopbrengst van maïs, de recovery van mest-N (%) en het overschot van N (kg N/ha) en fosfaat (kg P2O5/ha) in relatie tot de wijze van mesttoediening (Schröder et al., 1995)

Mestgift (m ³ /ha)	P-kunstmest (kg P2O5/ha)	Toedieningswijze	Relatieve drogestof- opbrengst	N-recovery	Overschot	
					N	P2O5
25	30	breedwerpig	100	26	-33	20
25	0	breedwerpig	89	23	-18	-5
25	0	rijenbemesting	97	37	-33	-7

CONCLUSIE

In deze bijdrage is besproken dat verliezen van N uit landbouwproductiesystemen onvermijdelijk zijn en dat een regelmatige aanvulling in de vorm van meststoffen en biologische binding daarom noodzakelijk is. Aangegeven is echter, dat de omvang van het huidige Noverschot en de daaraan verbonden verliezen, allerm minst vastliggen. De in het beleid gehanteerde term 'onvermijdbaar verlies' suggereert dan ook ten onrechte dat sprake zou zijn van een natuurwet met een unieke getalswaarde. Maatregelen om de verliezen te verlagen worden echter maar in beperkte mate genomen omdat de kennis daarover onvoldoende toepasbaar is of de economische stimulans vooralsnog ontbreekt.

Ontmenging van de landbouw in sterk gespecialiseerde bedrijven kan tot gevolg hebben dat afzonderlijke sectoren zich niet langer hoeven in te spannen voor een nuttig hergebruik van bij- en afvalprodukten. Gebruik van kunstmest door akkerbouwers en hoogverteerbare voeders door veehouders zijn in die zin analoge verschijnselen. In beide gevallen wordt daarmee sectoraal doelmatig geproduceerd, zij het ten koste van extra verliezen elders. Ogenscheinlijk ontdoen sectoren zich daarmee van het, in de titel van deze bijdrage aangehaalde beeld van een vergiet. Van een keten is echter niet langer sprake.

Een streven naar minimale N-verliezen hoeft niet te betekenen dat bij een zware financiële belasting van N-overschotten, het gebruik van dierlijke mest, slib en GFT in de akkerbouw definitief tot het verleden zal behoren en dat kringlopen daarmee ongesloten blijven. Immers, als akkerbouwers organische mest accepteren in ruil voor een toeslag op het door veehouders af te nemen graan ('graan voor mest-contracten') of de door huishoudens af te nemen groenten ('groente voor GFT-contracten'), kan het economisch aantrekkelijker zijn om organische mest te gebruiken, eventueel in combinatie met een suboptimale N-bemesting, dan om met kunstmest in de N-aanvoer te voorzien. Deze nieuwe 'gemengde' bedrijven verdienen dan ook alle aandacht. Op die manier krijgt de stikstofkringloop weer meer het karakter van een keten.

Ontegenzeggelijk stelt het gebruik van organische mest hoge eisen aan het vakmanschap van de gebruiker als men verliezen wil beperken en het beeld van een vergiet wil vermijden. Dat beeld wordt mede bepaald door de hoogte van de N-aanvoer ofwel de mate waarin men het vergiet tot de rand toe vol wil hebben.

REFERENTIES

Arnold, G.H. & B.A. ten Hag (1982)

Rijembemesting met fosfaat bij snijmaïs. *Bedrijfsontwikkeling* 13: 403-408.

Aufhammer, W., E. Kübler & H.W. Becker (1991)

Stickstoffaufnahme von und Stickstoffverlagerungspotential unter Maisbeständen. *Mais-DMK* 4: 30-32.

Baltussen, W.H.M, R. Hoste, P.H. Hotsma & B.A. ten Hag (1994)

Productie van dierlijke mest en de waarde ervan voor de akkerbouw.

In: L.A. den Hartog & J.A.M. Voermans (Eds), *Naar veehouderij en milieu in balans: varkens, FOMA-DLO, Wageningen*, 63-70.

Bradbury, N.J., A.P. Whitmore, P.B.S. Hart & D.S. Jenkinson (1993)

Modelling the fate of nitrogen in crop and soil in the years following application of ¹⁵N-labelled fertilizer to winter wheat. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 363-379.

Cerrato, M.E. & A.M. Blackmer (1990)

Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 82: 138-143.

Clay, D.E., C.C. Carlson, P.W. Holman, T.E. Schumacher & S.A. Clay (1995)

Banding nitrogen fertilizer influence on inorganic nitrogen distribution. *Journal of Plant Nutrition* 18: 331-341.

Corré, W.J. (1994)

Bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het najaar als instrument voor het te voeren stikstofbeleid. *Rapport 21, AB-DLO, Haren*, 39 pp.

Dilz, K., J. Postmus & W.H. Prins (1990)

Residual effect of long-term application of farmyard manure to silage maize. *Fertilizer Research* 26: 249-252.

Dijk, W. van, J.J. Schröder, L. ten Holte & W.J.M. de Groot (1995)

Effecten van wintergewassen op verliezen en N-benutting bij de teelt van snijmaïs. *Verslag 201, PAGV, Lelystad*, 112 pp.

Dijk, T.A. (1991)

Naar geïntegreerde bemesting op bedrijfsniveau. *NMI, Wageningen*, 60 pp.

Eck, G. van (1995)

Stikstofverliezen en stikstofoverschotten in de Nederlandse landbouw. Rapport van de technische werkgroep toelaatbaar stikstofoverschot. *LNV, VROM, V&W, Landbouwschap en Centrale Landbouworganisaties, Den Haag*, 115 pp.

Enckevoort, P. van (1988)

Nitrificatieremmers en nitraatuitspoeling bij toediening van dierlijke mest. III Werking van nitrificatieremmers en hun effect op de N-huishouding van de bodem. *Nota 193, IB-DLO, Haren*, 58 pp.

Erp, P. van, A.P. Whitmore & P. Wilting (1993)

Mineralisatie van stikstof uit gewasresten van suikerbieten na de oogst. *Meststoffen* 1993: 64-70.

- Faassen, H.G. van & G. Lebbink (1994)
Organic matter and nitrogen dynamics in conventional versus integrated arable farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 51: 209-226.
- Goossensen, F.R. & P.C. Meeuwissen (1990)
Advies van de Commissie Stikstof in opdracht van de ministeries van LNV, V&W, VROM. DLO, Wageningen, 93 pp.
- Greenwood, D.J., K. Kubo, I.G. Burns & A. Draycott (1989)
Apparent recovery of fertilizer-N by vegetable crops. *Soil Sci. Plant Nutr.* 35: 367-381.
- Greenwood, D.J., G. Lemaire, G. Gosse, P. Cruz, A. Draycott & J.J. Neeteson (1990)
Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Annals of Botany* 66: 425-436.
- Groot, J.J.R. & E.L.J. Verberne (1990)
Lange-termijn effecten van verlaagde stikstofbemesting op bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst. *Meststoffen* 1/2, 14-19.
- Guenzi, W.D., Beard, W.E., Watanabe, F.S., Olsen, S.R. & L.K. Porter (1978)
Nitrification and denitrification in cattle manure amended soil. *Journal of Environmental Quality* 7: 196-202.
- Habets, A.S.J. & G.J.M. Oomen (1994)
Modeling nitrogen dynamics in crop rotations in ecological agriculture.
In: J.J. Neeteson & J. Hassink (Eds), *Nitrogen mineralization in agricultural soils*.
AB-DLO Thema's 1, Wageningen, 255-268.
- Hassink, J. (1995)
Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soils. Proefschrift LUW, Wageningen, 250 pp.
- Hengsdijk, H. (1992)
Najaarstoediening van dierlijke mest op kleigrond. Verslag 149, PAGV, Lelystad, 111 pp.
- Isermann, K. (1993)
Territorial, continental and global aspects of C, N, P and S emissions from agricultural ecosystems.
In: R. Wollast, F.T. Mackenzie & L. Chou (Eds), *Interactions of C, N, P and S Biochemical Cycles and global change*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 79-121.
- Jokela, W.E. & G.W. Randall (1989)
Corn yield and residual nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agronomy Journal* 81: 720-726.
- Keulen, H. van (1982)
Graphical analyses of annual crop response to fertilizer application. *Agricultural Systems* 9: 113-126.
- Keulen, H. van & W. Stol (1991)
Quantitative aspects of nitrogen nutrition in crops. *Fertilizer Research* 27: 151-160.
- Lammers, H.W. (1983)

Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland Wageningen, Consulentenschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw, 44 pp.

Laurenz, L. (1994)

Stickstoffdüngung zu Mais mit Hilfe der Nmin-Methode -Umweltschonend und Kostensparend.
In: Versuchsergebnisse 1994, Landwirtschaftskammer Westfalen Lippe Kreisstelle Coesfeld, 29-39.

Loon, C.D. van & J.F. Houwing (1989)

Optimalisering van de stikstofvoeding van consumptie-aardappelen. PAGV-publicatie 42, PAGV, Lelystad, 90 pp.

Lorenz, H.J., J. Schlaghecken & G. Engl (1985)

Gezielte Stickstoffversorgung. Das kulturbegleitende Nmin Sollwerte System. Deutscher Gartenbau 13: 646-648.

Lune, P. van, J. Hassink, B. van Luit & K.W. Smilde (1993)

Onderzoek naar de landbouwkundige waarde van VAM GFT-landbouwcomposts.
N- en P-werking en afbraak organische stof. Nota DLO-Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, 81 pp.

Machet, J.M., P. Dubrulle & P. Louis (1990)

Azobil: a computer program for fertilizer N recommendation based on a predictive balance sheet method.
In: A. Scaife (Ed.), Proceedings of First Congress of the European Society of Agronomy. Paris, 5-7 December 1990.
ESA, Comar, 2, S2-P21.

Martinez, J. & G. Guiraud (1990)

A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. Journal of Soil Science 94: 5-16.

Meer, H.G. van der (1991)

Stikstofbalansen.
In: H.G. van der Meer (Ed.), Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maïsland. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 10, DLO, Wageningen, 5-12.

Meijer, W.J.M., J.J. Schröder & H. F.M. Aarts (1991)

Uitwisseling van veevoer en mest biedt nieuwe kansen aan de akkerbouw en de veehouderij. Spil 95-98: 95-97.

Motavalli, P.P., L.G. Bundy, T.W. Andraski & A.E. Peterson (1992)

Residual effects of long term nitrogen fertilization on nitrogen availability to corn. Journal of Production Agriculture 5: 363-368.

Neeteson, J.J. (1990)

Development of nitrogen fertilizer recommendations for arable crops in the Netherlands in relation to nitrate leaching. Fertilizer Research 26: 291-298.

Neeteson, J.J. (1994)

Residual soil nitrate after application of nitrogen fertilizers to crops.
In: D.C. Adriano, A.K. Iskandar & I.P. Murarka (Eds), Contamination of groundwaters. Advances in Environmental Science. Science Reviews, Norhtwood, United Kingdom, 347-365.

Neeteson, J.J. (1995)

Nitrogen management for intensively grown arable crops and field vegetables.

In: P.E. Bacon (Ed.), Nitrogen fertilization in the environment. Marcel Dekker, New York, 295-325.

Oenema, O. & T.A. van Dijk (1994)

Fosfaatverliezen en fosfaatoverschotten in de Nederlandse Landbouw. Rapport van de technische werkgroep P-deskstudie. LNV, VROM, V&W, Landbouwschap en Centrale Landbouworganisaties, Den Haag, 102 pp.

Postma, S. (1995)

Toediening van dierlijke mest op loess, dal- en lichte zavelgrond. Verslag 197, PAGV, Lelystad, 111 pp.

Prins, W.H., K. Dilz & J.J. Neeteson (1988)

Current recommendations for nitrogen fertilisation within the E.E.C. in relation to nitrate leaching. Proceedings 276 of the Fertiliser Society, 27 pp.

Rémy, J.-C. & Ph. Viaux (1982)

The use of nitrogen fertilizers in intensive wheat growing in France. Proceedings of the Fertiliser Society 211: 67-92.

Scaglia, J., R. Lensi & A. Chalamet (1985)

Relationship between photosynthesis and denitrification in planted soil. Plant & Soil 84: 37-43.

Scott, T.W., J. Mt. Pleasant, R.F. Burt & D.J. Otis (1987)

Contributions of ground cover, dry matter and nitrogen from intercrops and cover crops in a corn polyculture system. Agronomy Journal 79: 792-798.

Schans, D.A. van der, W. van Dijk & O. Dolstra (1995)

Invloed van plantverdeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstofbenutting door maïs tijdens de jeugdgroei. Verslag 191, PAGV, Lelystad, 105 pp.

Schlegel, A.J. & J.L. Havlin (1995)

Corn response to long-term nitrogen and phosphorus fertilization. Journal of Production Agriculture 8: 181-185.

Schröder, J.J. & K. Dilz (1987)

Cattle slurry and farmyard manure as fertilizers for forage maize.

In: H.G. van der Meer, R.J. Unwin, T.A. van Dijk & G.C. Ennik (Eds), Animal manure on grassland and fodder crops. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 137-156.

Schröder, J.J. & L. ten Holte (1992)

Stikstofbenutting en -verliezen in maïsteeltsystemen.

In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (Eds), Stikstofstromen in agro-ecosystemen, CABO-DLO, Wageningen, 71-85.

Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, & F.G. Wijnands (1993a)

Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: een theoretische verkenning. Rapport 186, CABO-DLO, Wageningen, 25 pp.

Schröder, J.J., L. ten Holte, H. van Keulen & J.H.A.M. Steenvoorden (1993b)

Effects of nitrification inhibitors and time and rate of slurry and fertilizer N application on silage maize yield and losses to the environment. *Fertilizer Research* 34: 267-277.

Schröder, J., J. Groenwold & T. Zaharieva (1993c)

Root growth and development of maize during the juvenile stage -rhizolab experiments in 1992 and 1993-. Rapport 20, AB-DLO, Wageningen, 64 pp.

Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, & F.G. Wijnands (1994)

Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: resultaten 1990-1993. Rapport 26, AB-DLO, Wageningen, 47 pp.

Schröder, J.J. & L. ten Holte (1995)

Effects of cover crops on the yield of potatoes and sugar beets.

In: J.J. Schröder (Ed.), Long term reduction of nitrate leaching by cover crops. Proceedings of 1st Workshop of EU Concerted Action 2108, AB-DLO, Wageningen (in prep.)

Schröder, J.J., L. ten Holte & G. Brouwer (1995)

Rijenbemesting met drijfmest. Rapport 44, AB-DLO, Wageningen, 46 pp.

Sinclair, T.R. (1990)

Nitrogen influence on the physiology of the crop.

In: R. Rabbinge, J. Goudriaan, H. van Keulen, F.W.T. Penning de Vries & H.H. van Laar (Eds), Theoretical Production Ecology: reflections and prospects. Simulation Monographs 34, Pudoc Wageningen, 41-55.

Sieling, E.R.M. (1992)

Stikstofbemestingsrichtlijnen voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond, Lelystad, Informatie- en Kenniscentrum-Akker- en Tuinbouw, 30 pp.

Smit, A.L. & A. van der Werf (1992)

Fysiologie van stikstofopname en -benutting: gewas- en bewortelingskarakteristieken.

In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (Eds), Stikstofstromen in agro-ecosystemen, CABO-DLO, Wageningen, 51-70.

Smit, A.L. (1994)

Stikstofbenutting.

In: A.J. Haverkort, K.B. Zwart, P.C. Struik & P.H.M. Dekker (Eds), Stikstofstromen in de Vollegrondsgroenteteelt. Themaboekje 18, PAGV, Lelystad, 9-22.

Soorsma, H. (1994)

Bandbreedte stikstofeindnormen 2000 cluster AT; werkdocument Technische Projectgroep Toelaatbaar

Stikstofoverschot N-desk studie. IKC-AT, Lelystad, 75 pp.

Stecker, J.A., D.D. Buchholz, R.G. Hanson, N.C. Wollenhaupt & K.A. McVay (1995)

Tillage and rotation effects on corn yield response to fertilizer nitrogen on aqualf soils. *Agronomy Journal* 87: 409-415.

Steenvoorden, J.H.A.M. & W. van Duijvenbooden (1991)

Nitraatuitspoeling.

In: H.G. van der Meer (Ed.), Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maïsland. DLO-reeks Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij (10). DLO, Wageningen, 105-123.

Steffens, G. & H. Vetter (1984)

Stickstoffverlagerung nach Gülledüngung mit und ohne Zwischenfruchtanbau. Landw. Forsch. Sonderheft 40: 355-362.

Stokes, D.T., R.K. Scott, C.H. Tilston, G. Cowie & R. Sylvester-Bradley (1992)

The effect of time of soil disturbance on nitrate mineralisation.

In: J.R. Archer, K.W.T. Goulding, S.C. Jarvis, C.M. Knott., E. Lord, S.E. Ogilvy, J. Orson, K.A. Smith and B. Wilson (Eds), Nitrate and Farming Systems. Aspects of Applied Biology 30: 279-282.

Stouthart, F. & J. Leferink (1992)

Mineralenboekhouding (incl. werkboeken voor begeleider en deelnemer), CLM, Utrecht, 20+33+57 pp.

Thorup-Kristensen, K. (1994)

The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops. Fertilizer Research 37, 227-234.

Thorup-Kristensen, K. (1995)

Effect of catch crop incorporation time on N availability for a succeeding crop.

In: J.J. Schröder (Ed.), Long term reduction of nitrate leaching by cover crops. Proceedings of 1st Workshop of EU Concerted Action 2108, AB-DLO, Wageningen (in prep.)

Titulaer, H.H.H. (1994)

Stikstofbijmeststelsysteem.

In: A.J. Haverkort, K.B. Zwart, P.C. Struik & P.H.M. Dekker (Eds), Stikstofstromen in de Vollegrondsgroenteteelt. Themaboekje 18, PAGV, Lelystad, 89-102.

Vanotti, M.B. & L.G. Bundy (1994a)

An alternative rationale for corn nitrogen fertilizer recommendations. Journal of Production Agriculture 7, 243-249.

Vanotti, M.B. & L.G. Bundy (1994b)

Corn nitrogen recommendations based on yield response data. Journal of Production Agriculture 7, 248-256.

Vereijken, P., H. Kloen & R. Visser (1994)

Innovatieproject Ecologische Akkerbouw en Groenteteelt. Eerste Voortgangsrapport. Rapport 28, AB-DLO, Wageningen, 95 pp.

Vos, G.J.M., I.M.J. Bergevoet, J.C Védý & J.A. Neyroud (1994)

The fate of spring applied fertilizer N during the autumn-winter period: comparison between winter-fallow and green manure cropped soil. Plant & Soil 160, 201-213.

Vos, J. & P.C. Struik (1992)

Crop response to nitrogen.

In: J.L. Meulenbroek (Ed.), Agriculture and environment in Eastern Europe and the Netherlands, Wageningen

Agricultural University, Wageningen, 195-205.

Vos, J. & M. Bom (1993)

Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. *Potato Research* 36: 301-308.

Vos, J. (1995a)

Nitrogen cycle related to crop production in cool and wet climates. Workshop Proceedings of COST 814 'Crop development for the cool and wet regions of Europe', 7-9 September 1995, Tromsø, Noorwegen (in prep.)

Vos, J. (1995b)

Nitrogen and the growth of potato crops.

In: A.J. Haverkort & D.K.L. MacKerrion (Eds), *Potato Ecology and modelling of crops under conditions limiting growth*. Current Issues in Production Ecology Vol. 3. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 115-128.

Wadman, W.P. & P.A.I. Ehlert (1989)

Environmental effects of organic manures in sugar beet production. IIRB Proceedings 1989, 52nd Winter Congress, Bruxelles. 93-101.

Wagger, M.G. (1989a)

Time of desiccation effects on residue composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agronomy Journal* 81: 236-241.

Wagger, M.G. (1989a)

Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. *Agronomy Journal* 81: 533-538.

Whitehead, D.C., A.W. Bristow & D.R. Lockyer (1990)

Organic matter and nitrogen in the unharvested fractions of grass swards in relation to the potential of nitrate leaching after ploughing. *Plant & Soil* 123, 39-49.

Whitmore, A.P., N.J. Bradbury & P.A. Johnson (1992)

The potential contribution of ploughed grassland to nitrate leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 39: 221-233.

Whitmore, A.P. (1994)

Modellering van stikstofverliezen na de oogst.

In: A.J. Haverkort, K.B. Zwart, P.C. Struik & P.H.M. Dekker (Eds), *Stikstofstromen in de Vollegrondsgroenteteelt*. Themaboekje 18, PAGV, Lelystad, 70-79.

Whitmore, A.P. & J.J. Schröder (1995)

Modelling the change in soil organic C and N in response to applications of slurry manure. Submitted to *Plant & Soil*.

Wijnands, F.G., B.M.A. Kroonen-Backbier, Y. Hofmeester, W.K. van Leeuwen-Haagsma,

J. Boerma & G.J.M. van Dongen (1992)

Ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen.

In: Themadag Bedrijfssystemen voor een akkerbouw met toekomst. PAGV-Themaboekje 14, PAGV, Lelystad, 216 pp.

Willigen, P. de, W.P. Wadman & M. van Noordwijk (1992)

Modelberekeningen omtrent de risico's aan minerale stikstofopbouw in het najaar bij enige akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten.

In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (Eds), Stikstofstromen in agro-ecosystemen, CABO-DLO, Wageningen, 87-101.

Willigen, P. de (1994)

Een model voor de opname en uitspoeling van stikstof in de teelt van spruitkool en prei.

In: A.J. Haverkort, K.B. Zwart, P.C. Struik & P.H.M. Dekker (Eds), Stikstofstromen in de Vollegrondsgroenteteelt. Themaboekje 18, PAGV, Lelystad, 58-69.

Wolf, J., C.T. de Wit & H. van Keulen (1989)

Modeling long-term crop response to fertilizer and soil nitrogen. I. The model. Plant & Soil 120, 11-22.

Wyland, L.J., L.E. Jackson & K.F. Schulbach (1995)

Soil-plant nitrogen dynamics following incorporation of a mature rye cover crop in a lettuce production system.

Journal of Agricultural Science (Cambridge) 124, 17-25.

Appendix

DEFINITIES:

minerale N (kg per ha) : $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$ in de bodem of $\text{NH}_3\text{-N}$ in organische mest.

N-aanvoer (kg per ha) : som van N in meststoffen, biologisch gebonden N, N in diervoeders, zaaizaad en pootgoed en atmosferische N-depositie die het bedrijf of perceel binnenkomt.

N-afvoer (kg per ha) : N die het bedrijf of perceel in de vorm van producten verlaat.

N-overschot (kg per ha) : verschil tussen N-aanvoer en N-afvoer.

N-balans (-) : boekhouding van aan- en afvoerposten.

N-benutting (kg per kg) : N-afvoer uitgedrukt als percentage van de N-aanvoer.

N-opbrengst (kg per ha) : N opgenomen in het gewas (inclusief de oogstbare gewasrest, maar doorgaans exclusief onoogstbare gewasrest zoals afgevallen blad, stoppels, wortels).

N-harvest-index (-) : met het gewas afgevoerde N uitgedrukt als percentage van de N-opbrengst.

N-gift (kg per ha) : N gegeven in de vorm van kunstmest of organische mest.

N-recovery (kg per kg) : het verschil in N-opbrengst tussen een bemest en onbemest gewas, uitgedrukt als percentage van de N die verstrekt is als meststof (op basis van de totale N-inhoud) of als groenbemester (doorgaans alleen de N in bovengrondse delen).

N-verlies (kg per ha) : N die het landbouwproductiesysteem verlaat als N_2 , NO_x of NH_3 .

N-immobilisatie (kg per ha) : N tijdelijk vastgelegd in micro-organismen.

N-mineralisatie (kg per ha) : omzetting van organisch gebonden N in minerale N.

N-vastlegging (kg per ha) : N tijdelijk vastgelegd in micro-organismen en/of groenbemesters.

N-binding (kg per ha) : N gebonden door vrijlevende organismen en vlinderbloemigen.

N-denitrificatie (kg per ha) : minerale N omgezet in N_2 , NO of N_2O .

N-vervluchtiging (kg per ha) : gasvormig verlies van NH_3 .

N-depositie (kg per ha) : droge en natte atmosferische depositie van NH_3

beschikbare N (kg per ha) : hier (Fig. 4): som van minerale N (vóór bemesting), kunstmest-N en NH_3 -N in organische mest.

residuaire N (kg per ha) : minerale N aanwezig in de bodem na de oogst

N-werkingscoëfficiënt (-) : het effect van een organische meststof op de (N-)opbrengst uitgedrukt als percentage van een kunstmestgift met eenzelfde N-inhoud.

N-nalevering (kg per ha) : omzetting van organisch gebonden N in minerale N vanuit een in of na (een) eerdere teelt (en) aangelegde voorraad (organische mest, groenbemester, gewasrest).

 [Vorige artikel](#)  [Volgende artikel](#)  [Inhoudsopgave](#)

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Wat mogen we verwachten van biologische bestrijding van plantepathogenen?

M. Gerlagh, P.H.J.F. van den Boogert en J. Köhl

DLO-Instituut voor Planteziektenkundig Onderzoek (IPO-DLO), Postbus 9060, 6700 GW Wageningen

Samenvatting

Voor biologische bestrijding van plantepathogenen is een ecologische benadering essentieel. Met drie voorbeelden uit IPO-DLO-onderzoek worden mogelijkheden van biologische bestrijding van belangrijke ziekten geïllustreerd. In geval van de grauwe schimmel (*Botrytis* spp.) is gewasbehandeling met een competitieve saprofyt, *Ulocladium atrum*, erop gericht *Botrytis* van zijn substraat voor sporulatie, dood weefsel, te beroven. Hierdoor vertraagt de epidemie-opbouw. Bij *Rhizoctonia solani* wordt gebruik gemaakt van de mycoparasiet *Verticillium biguttatum*, die de vorming van sclerotiën van *R. solani* belet. Toepassing bij groenrooien van pootaardappelen bestrijdt effectief de gevreesde lakschurft. Verder kan de mycoparasiet door terugdringing van sclerotiënvorming het overleven van *R. solani* op gewasresten beperken, wat resulteert in geringere toekomstige aantastingen. Ook bij sclerotiënrot wordt een mycoparasiet toegepast om overleving van sclerotiën, in dit geval van *Sclerotinia sclerotiorum*, tegen te gaan. Toepassing vindt plaats wanneer een gewas is aangetast of op gewasresten na de oogst. Terugdringing van bodembesmetting leidt ook hier tot een beperking van toekomstige aantasting. Bij witlof blijkt directe bestrijding van sclerotiënrot tijdens bewaring en trek mogelijk.

Kansen en beperkingen van biologische bestrijding worden besproken in vergelijking met chemische middelen.

INLEIDING

Wanneer een KLV-studiekring en een DLO-instituut samen een themadag organiseren onder de titel 'Hoe ecologisch kan de landbouw worden?', mogen we rustig van een strikt rationeel ecologisch uitgangspunt vertrekken. Dit leidt onmiddellijk tot de constatering dat elke ons vertrouwde vorm van landbouw zondigt tegen ecologische principes door beperking van differentiatie in ruimte (grote homogene velden) en tijd (krappe rotaties). Hoewel diversiteit niet per se stabiliteit inhoudt, is grote homogeniteit inherent instabiel. Dit kan leiden tot ernstige epidemieën.

In de natuur komen verschijnselen voor die pathogenen inperken:

- 'decline', dat wil zeggen een natuurlijke teruggang van een ernstige epidemie door opgewekt antagonisme. Het verschijnsel is bekend bij parasieten en pathogenen, maar de aanduiding als 'decline' is sterk met ziekten verbonden.
- fylosfeer-effect, wat inhoudt dat de microflora op het blad necrotrofe pathogenen beconcurrereert door onder andere voedselcompetitie, eventueel ook antibiose. Eenzelfde verschijnsel speelt een rol in de carposfeer, en, ondergronds, in de rhizosfeer.

Bij een ecologische benadering van actieve gewasbescherming gaan we in de leer bij in de natuur optredende processen. Zijn er essentiële schakels in de levenscyclus van het pathogeen, waar het kwetsbaar is voor aanvallen? En valt een interventie op dit punt te combineren met een rationele en efficiënte landbouwkundige praktijk?

DE HUIDIGE SITUATIE

Bij de bestrijding van planteziekten richt chemische bestrijding zich traditioneel in de eerste plaats op voorkóming van infectie. Pas met de komst van systemische middelen werd curatief handelen soms ook mogelijk. Vele klassieke schimmelbestrijdingsmiddelen hebben zó'n brede werking, dat een correcte bepaling van het ziekte-veroorzakende organisme niet eens strikt noodzakelijk is om toch resultaat te boeken. Hier tegenover staat de denklijn van biologische bestrijding: het ingrijpen richten op het versnellen of versterken van natuurlijke processen. Dit vóóronderstelt kennis van het pathogeen en zijn omgeving, en daarbij relevante processen. Daarbij dienen zich twee zwaarwegende beperkingen aan:

de duur van de potentiële en effectieve interactie-tijd, en de bereikbaarheid van de plaats van de gewenste interactie (Fokkema, 1993). Zo is de fylosfeer een zeer extreem milieu; er heerst vrijwel permanent voedselschaarste, en het klimaat is uitermate wisselend, en voor schimmels meestal vijandig (droog, UV-straling). Daardoor is het praktisch ondoenlijk de microflora in de fylosfeer langdurig te wijzigen. Dit neemt niet weg, dat de fylosfeer-microflora van nature een belangrijke rol speelt in het beperken van infectie door consumptie van infectie-stimulerende voedingsstoffen (stuifmeel, honingdauw, bladexudaat), zodat vernietiging van de fylosfeer-microflora door breedwerkende chemische middelen ziekten door voor deze middelen ongevoelige pathogenen kan bevorderen (Fokkema, 1976; Dik et al., 1991). Het effect van interacties tussen pathogenen en biologische bestrijdings-organismen in de fylosfeer wordt verder beperkt, doordat het pathogeen onder infectie-bevorderende omstandigheden zich in enkele uren in de gastheer in veiligheid kan brengen. Dus is er in het algemeen middels concurrerende micro-organismen geen succes te verwachten van maatregelen gericht op voorkóming van infectie, niet bij regelmatige toediening aan de fylosfeer, noch bij doelbewuste toediening na landing van het pathogeen.

Toch zijn er hoopvolle varianten, wanneer beperkingen zoals in de fylosfeer niet zo'n rol spelen: na-oogst-behandeling van fruit, zoals appel, perzik, citrusvruchten (Wilson & Wisniewski, 1989; Wilson et al., 1994); wondbehandeling (Köhl et al., 1991) en zaadcoating. In deze gevallen kan een concurrerende microflora worden aangebracht op het juiste tijdstip en in grote doses. Verder is het fysische milieu, zeker bij na-oogst-behandeling en bij toepassing als zaadcoating, beter te regelen dan op het blad van een gewas. De grote discrepantie tussen antagonistische activiteit op laboratoriumschaal en werkzaamheid in praktijksituaties - ieder die zich met biologische bestrijding bezighoudt maar al te zeer bekend - doet zich in deze situaties veel minder voor. Bij de biologische bestrijding van bodemorganismen is hun moeilijke bereikbaarheid vaak een zwak punt. Het zogenaamde groenrooien van aardappelen is een inventieve manier van afrekenen met deze handicap.

Aangezien er de laatste jaren wegens de toegenomen aandacht voor milieu-aspecten een stroom voordrachten en publikaties is geweest onder andere over de bovengenoemde ziektebestrijdings-methoden, zullen wij hierop niet verder ingaan, doch aan de hand van lopend onderzoek enkele essentiële ecologische benaderingen illustreren.

VOORBEELDEN UIT ONDERZOEK

De eerste vraag luidt: 'Wat zijn de strategieën van het pathogeen?'. Wij stellen deze vraag met betrekking tot enkele zeer schadelijke en veelvoorkomende (groepen van) pathogenen.

1. *Botrytis*, meeldauw, roest. Deze pathogenen, bekend als r-strategisten (Andrews & Harris, 1986), hebben gemeen

dat zij veel sporen produceren in korte cycli, leidend tot snelle verspreiding en veel nieuwe sporen, en dus een snelle toename van de ernst van de aantasting. Voor overleving zijn ze aangewezen op restanten van gekoloniseerd weefsel, waarbij een nieuwe epidemie start vanuit een zeer laag niveau.

2. *Rhizoctonia* en *Sclerotinia*. Deze pathogenen, K-strategisten, produceren sclerotia voor langdurig overleven. Er is geen duidelijke of slechts een beperkte, éénmalige rol voor sporen.

Hoe kunnen we hierop inspelen? Voor de eerste groep zal het doel zijn het terugdringen van de massale sporenproductie, want daar ligt de kracht van de pathogenen. Bij de tweede groep richten we ons primair op het overleven van de sclerotieën. Deze doelen worden bij de volgende voorbeelden nagestreefd door de inzet van concurrenten tegen het necrotrofe pathogeen *Botrytis* en mycoparasieten tegen de biotrofen meeldauw en roest, alsmede tegen *Rhizoctonia* en *Sclerotinia*.

Voorkómen van massale vorming van sporen

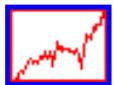
Het necrotrofe pathogeen *Botrytis*

Botrytis cinerea veroorzaakt grote economische schade door aantasting van de bovengrondse plantedelen in een reeks van gewassen zoals aardbeien, druiven, erwt en bloemisterijgewassen. Voor het vuur in tulp en lelie zijn de soortspecifieke *B. tulipae* en *B. elliptica* verantwoordelijk.

Levenscyclus van *Botrytis*

Botrytis spp. overleven in de vorm van mycelium in gewasresten en dode plantedelen

van meerjarige gewassen (Braun & Sutton, 1987) of in de vorm van sclerotieën (Nair & Nadtotchei, 1987). Onder gunstige omstandigheden worden conidiën gevormd die primaire infecties in het gewas veroorzaken. Na de infectie moeten necrotrofe pathogenen zoals *Botrytis* spp. het planteweefsel door middel van toxinen en enzymen doden om het weefsel vervolgens te kunnen koloniseren. Pas daarna is productie van sporen voor een verdere verspreiding van het pathogeen in het gewas mogelijk. Later in de epidemie vormen naast de al genoemde gewasresten, en het door *Botrytis* spp. gedood planteweefsel ook natuurlijk afgestorven plantedelen zoals bloembladeren potentiële bronnen van conidiën. Hoewel conidiën van *Botrytis* spp. bijna altijd in de lucht aanwezig zijn, is de snelle toename van de ziekte in een gewas alleen te verklaren door de overmatige productie van conidiën in het al aangetaste gewas. Het reduceren van de conidiënproductie, in de hier geïllustreerde proef nagestreefd door het verwijderen van dood blad of toepassing van een antagonist, leidt daarom tot een vertraagde ziekte-ontwikkeling in het gewas (Fig. 1; Jordan & Pappas, 1977; Köhl et al., 1995b).



[Figuur 1](#)

Concurrenten van *Botrytis* op afgestorven planteweefsel

Er bestaat een groot aantal schimmels dat in staat is necrotisch weefsel te koloniseren en uiteindelijk af te breken. Vaak is er een successie van verschillende groepen van schimmels tijdens de decompositie van bladweefsel en van gewasresten te constateren (Pfender & Wootke, 1988). Een aanzet voor de ontwikkeling van een systeem voor

biologische bestrijding is uit deze pool van saprofytische schimmels die te selecteren welke in staat zijn met *Botrytis* spp. om het substraat te concurreren. Gevolg van een succesvolle competitie met *Botrytis* spp. in het necrotisch weefsel zal een gereduceerde kolonisatie van het weefsel door *Botrytis* spp. zijn, met als gevolg een verminderde sporulatie van het pathoogeen. Op deze manier zal de verdere verspreiding in het gewas geremd worden. Als eisen voor een ideale antagonist voor een dergelijke toepassing zijn te noemen:

* Sterk concurrentievermogen tegenover mycelium van *Botrytis* spp. De antagonist moet in staat zijn weefsel te koloniseren al of niet in aanwezigheid van *Botrytis* spp. en de myceliumgroei van het pathoogeen in dit weefsel te onderdrukken.

* Overleven van omstandigheden waarbij schimmelgroei niet mogelijk is, zoals droogte of extreem hoge of lage temperaturen.

* Snelle hergroei na zulke rustfasen.

Voor een aantal necrotrofe pathogenen zijn antagonistische schimmels gebruikt met als doel de sporenproductie van het pathoogeen te reduceren. De antagonisten *Athelia bombacina* en *Chaetomium globosum* onderdrukken de productie van ascosporen van *Venturia inaequalis* op dode appelbladeren (Heye & Andrews, 1983) en *Limonomyces roseipellis* onderdrukt de productie van vruchtlichamen (ascocarpen) van *Pyrenophora tritici-repentis* op tarwestro (Pfender, 1988; Pfender et al., 1993). Op het IPO-DLO wordt het gebruik van saprofytische schimmels ter voorkoming van sporulatie van *Botrytis* spp. en het gevolg hiervan op de ziekteontwikkeling in het gewas onderzocht.

De antagonist *Ulocladium atrum*

Een groot aantal saprofyten is geïsoleerd uit necrotische bladdelen en vervolgens getoetst op hun vermogen de sporulatie van *Botrytis* spp. te onderdrukken. Deze selectie werd uitgevoerd op dode uiebladeren onder geconditioneerde omstandigheden. De met *Botrytis* spp. en een dag later met de antagonisten bespoten dode, necrotische bladeren werden vochtig geïncubeerd, maar de vochtperiode werd onderbroken door droge perioden. Op deze manier werd de in het veld vaak optredende afwisseling van bladnat- met droge perioden gesimuleerd. Slechts enkele antagonisten waren in staat ook na herhaald uitdrogen van het substraat nog succesvol met *Botrytis* spp. te concurreren (Köhl et al., 1995c). Bekende antagonisten zoals *Gliocladium* spp. en *Trichoderma* spp. waren na een droogteperiode niet meer effectief waardoor hun slechte werkzaamheid onder veldomstandigheden te verklaren is (Fig. 1 en Fig. 2).

Uit deze proeven kwam een saprofytische schimmel, *Ulocladium atrum*, als de meest effectieve naar voren. In vervolgonderzoek werd gevonden dat de antagonist niet alleen op uiebladeren werkzaam is maar op necrotisch weefsel van een breed scala van gewassen, zoals geranium, begonia, cyclaam, lelie, aardbei en kiwi. Ook is het antagonisme effectief tegen verschillende *Botrytis*-soorten.

In een serie veldproeven onder verschillende weersomstandigheden werd gevonden dat conidiën van *U. atrum* binnen enkele uren tijdens een bladnatperiode kunnen kiemen en de schimmel necrotische bladeren goed kan koloniseren (Köhl et al., 1995a). Vervolgens waren bladeren waarin *U. atrum* aanwezig was geen geschikt substraat meer voor *Botrytis* om te koloniseren en sporen te produceren (Fig. 2). Deze resultaten geven aan dat de antagonist *U. atrum* een geschikte kandidaat is voor de ontwikkeling van een produkt voor de biologische bestrijding van ziekten veroorzaakt door *Botrytis* spp.

Biotrofen (roest, meeldauw)

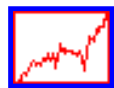
Biotrofen springen zeer zorgvuldig om met hun gastheer. In de biotrofe fase is geen andere mogelijkheid van interventie denkbaar, dan door verhoging van de weerstand van de gastheer, hetzij door genetische verandering (resistentieveredeling), hetzij door het opwekken van geïnduceerde resistentie (Kuc & Strobel, 1992). Wel zijn er mogelijkheden tot verminderen van sporulatie door directe parasitering van mycelium en sporen door mycoparasieten. De LUW-vakgroep Fytopathologie heeft hieraan veel onderzoek gedaan (Hijwegen, 1988; Verhaar, 1995). Een ernstig probleem blijft het feit dat het pathogeen deels gevestigd is in het blad van de gastheer, terwijl de mycoparasiet in veel sterkere mate blootstaat aan de grillen van het klimaat. Met name een lage relatieve vochtigheid is beperkend voor de effectiviteit van parasitering.

Voorkómen van vorming of overleven van sclerotiën

Rhizoctonia

De bodembewonende pathogene schimmel *R. solani* is voor zijn overleving afhankelijk van de vorming van sclerotiën die onder gunstige omstandigheden (temperatuur en bodemvocht) op of in de directe nabijheid van de waardplant kiemen om deze vervolgens te koloniseren. Met name de jonge plantedelen, zoals hypocotylen van kiemplanten, ondergrondse stengels, blijken het meest gevoelig voor infectie. Dit gebeurt door gespecialiseerde infectiestructuren, zogenaamde infectiekussens, van waaruit fijne infectiehyfen het onderliggend planteweefsel binnendringen. Vanuit een lokale infectie groeit de schimmel ectotroof verder om elders opnieuw een infectie te beginnen. Op deze manier vormt het pathogeen een uitgebreid netwerk van onderling verbonden schimmeldraden.

Binnen het netwerk worden nieuwe sclerotiën afgezet, met name op de opslagorganen van reserve-voedsel van de waardplant, zoals knol, bol en penwortel. Het tijdstip van productie van sclerotiën valt samen met de natuurlijke veroudering van de waardplant. Naast sclerotiën en infectiekussens vormt *R. solani* een hymenium (basidiocarp) als onderdeel van de levenscyclus. Basidiosporen kunnen een rol spelen bij bovengrondse (wind-)verspreiding, welke vooral in de vochtige tropen tot bovengrondse aantasting leidt ('sheath blight' bij rijst en 'web blight' bij boon; Jones & Belmar, 1989; Thurston, 1984). In de gematigde streken is verspreiding door basidiosporen van minder belang en bovengrondse aantasting door *R. solani* komt zelden voor.



Figuur 2

Tabel 1 Effect van een lokale infectie (5 mm diameter) van het *Rhizoctonia solani* netwerk (90 mm diameter) door *Verticillium biguttatum* op de productie van sclerotiën op cellulose-nitraat agar in Petrischalen. (LSD 0,05 = 11,6)

Isolaten
van *R. solani*
van tulp

Totale oppervlakte van sclerotiën (mm²)
per 90 mm diameter *Rhizoctonia*-kolonie

R. solani alleen

Verticillium biguttatum

		M73	M92	M95	M98
2tR-12	233,5	3,3	2,7	34,0	5,6
2tR-118	238,7	39,4	16,0	42,3	27,8
2tR-144	173,1	56,9	33,3	52,7	40,1

(De bladeren werden in het veld bespoten, gedurende 6 dagen blootgesteld aan veldomstandigheden en vervolgens geïncubeerd in vochtige kamers.)

(Kolommen met gelijke letters zijn niet verschillend; $P < 0,05$.)

(90 mm diameter) door *Verticillium biguttatum* op de productie van sclerotiën op cellulose-nitraat agar in Petrischalen. ($LSD_{0,05} = 11,6$)

Aan de strategie van ectotrofe groei en productie van persistente sclerotiën op vermeerderingsmateriaal dankt het pathogeen zijn overleving en daarmee een bijzonder succesvol bestaan in tal van akkerbouw- en tuinbouwgewassen wereldwijd.

Gewasschade als gevolg van *R. solani* omvat kiemval (slechte opkomst), afsnoeringen van ondergrondse stengels en stolonen of bladaantasting met als gevolg opbrengstverliezen. In de aardappelpootgoedteelt leidt de vorming van sclerotiën op de jonge knollen (lakschurft) tot kwaliteitsverlies van het oogstbaar product.

Aangrijpingspunten voor antagonisten in de levenscyclus van *R. solani*

Voor de verspreiding en overleving van *R. solani* is netwerkvorming van het mycelium van groot belang ten behoeve van translocatie van nutriënten, bijvoorbeeld voor de productie van sclerotiën. Verbreking van het netwerk kan ter plekke maar ook elders binnen het netwerk grote gevolgen hebben. Door minder infectiekussens is er minder infectie, en door minder sclerotiën wordt de overleving beperkt. Dit zogenaamde afstandseffect kan door mechanische (Neate, 1994) maar ook door biologische factoren (Van den Boogert & Deacon, 1994) veroorzaakt worden. Een goed voorbeeld vormt het effect van de mycoparasitaire schimmel *Verticillium biguttatum* die op Petrischalen bij een zeer lokale infectie met een haard van 5 mm diameter de sclerotiumvorming binnen het hele netwerk (90 mm diameter) vrijwel geheel kan onderdrukken (Tabel 1).

Dit onderdrukkend effect wordt toegeschreven aan de 'nutrient sink'-werking, waarbij de mycoparasiet ten koste van de gastheer-schimmelnutriënten aan het hyfen-netwerk onttrekt ten behoeve van zijn eigen groei en sporulatie.

Naast ingrijpen in het netwerk kunnen antagonisten ook een rol spelen bij het terugdringen van kolonisatie en infectie. Effectieve antagonisten moeten dan in staat zijn ondergrondse delen van de plant vooruit te koloniseren om zodoende het pathogeen buiten te sluiten. Uit de literatuur is een aantal voorbeelden bekend van *Trichoderma* en *Gliocladium* spp. die na zaadcoating de rhizosfeer bijvoorbeeld van katoen en radijs (Harman & Nelson, 1994; Howell, 1982) bezetten en *R. solani* door middel van competitie en/of fungitoxische werking van de metabolieten gliovirine en gliotoxine belemmeren bij kolonisatie en infectie.

***Verticillium biguttatum* als biologisch gewasbeschermingsmiddel**

Van de antagonisten die van nature in en op sclerotiën voorkomen is de eerder genoemde mycoparasiet *V. biguttatum* in een aantal opzichten de ideale antagonist om groei van *R. solani* en, nog belangrijker, de vorming van sclerotiën te verminderen. De mycoparasiet is in staat de vorming van sclerotiën te onderdrukken en/of de vitaliteit ervan te verminderen (Van den Boogert & Jager, 1984). Zijn ten opzichte van *R. solani* relatief lage groeisnelheid van 2 versus 20 mm per dag, bij een relatief hoge minimum temperatuur van 13 versus 1 °C, en zijn obligate mycoparasitaire karakter maken *V. biguttatum* echter minder geschikt om kolonisatie en infectie door *R. solani* onder alle omstandigheden te voorkómen (Van den Boogert & Velvis, 1992).

Tabel 2 Effect van toepassing van *Verticillium biguttatum*-sporen tijdens groenrooien op lakschurftvorming en de vitaliteit van de sclerotiën van *R. solani* (significante reductie bij $P < 0,01$; t-test)**

Proefveld	Lakschurft-index (0-100)		Vitaliteit (%)	
	Controle (water)	<i>V. biguttatum</i>	Controle (water)	<i>V. biguttatum</i>
Slootdorp (1991)	39	20**	67	7
Rolde (1991)	29	10**	85	7
De Krim (1991)	23	2**	54	0
Rolde (1992)	14	5**	37	9
Munnekezijl	51	36**	92	26
Slootdorp (1992)	45	42	84	66
Creil (1993)	8	1**	88	0
Creil (1994)	37	24**	94	43

De mycoparasiet is relatief eenvoudig op agarbodems te kweken voor experimentele doeleinden en biedt daarmee uitzicht op een commercieel verantwoorde productie. Bovendien is *V. biguttatum* goed te combineren met andere antagonisten (*Trichoderma*, *Gliocladium* en *Pseudomonas* spp.) en specifieke fungiciden tegen Oömyceten (*Phytophthora infestans* en *P. erythroseptica*) en *R. solani*, waardoor een brede inzetbaarheid van *V. biguttatum* tot de mogelijkheden behoort (Van den Boogert & Kastelein, 1994). Onderzoek aan *V. biguttatum* op IPO-DLO heeft aangetoond dat zeker twee toepassingen perspectief bieden a) in de poot aardappelteelt tegen lakschurft en b) in diverse gewassen als fytosanitaire maatregel.

ad a. In de pootgoedteelt

Groenrooien als loofdodingsmethode in de poot aardappelteelt (Van den Boogert et al., 1994) biedt de mogelijkheid om de jonge knollen te bereiken met sporen van *V. biguttatum*. Niet alleen de gerichte toepassing op de jonge knollen maar ook het tijdstip van groenrooien is van cruciaal belang: namelijk vlak vóór de natuurlijke afsterving van de aardappelplant, waarbij lakschurftvorming nog geen kans heeft gekregen. Deze vorm van toediening, tijdens groenrooien, heeft als resultaat minder lakschurft en de lakschurft die toch gevormd wordt is minder vitaal (Tabel 2).

ad b. Fytosanitaire maatregel

Gewasresten van de waardplant worden als een belangrijk overlevingssubstraat voor *R. solani* beschouwd. Door geïnfecteerde gewasresten te bespuiten met sporen van *V. biguttatum* wordt de vorming van sclerotiën voorkomen en daarmee de mogelijkheid van overleving van het pathogeen in de grond. Uit Tabel 3 blijkt dat de overleving op gewasresten sterk vermindert door behandeling met de mycoparasiet. In de pootaardappelteelt biedt groenrooien een ideale mogelijkheid om naast de knollen ook de gewasresten doelgericht te behandelen. In principe is deze fytosanitaire maatregel (biologische ontsmetting) relevant voor andere toepassingen en teelten, zoals bijvoorbeeld bij het biologisch ontsmetten van pootgoed vlak voor het inschuren. Echter, de technische uitvoering ervan hangt af van de mogelijkheden om het oogstbaar produkt of de gewasresten doelgericht te raken met een sporensuspensie.

Tabel 3 Effect van toepassing van *Verticillium biguttatum* tijdens groenrooien op de overleving van *R. solani* op gewasresten (stolonen/wortels) na een verblijf van 50 dagen in de grond. (Significante reductie bij $P < 0,01$; t-test).**

Proefveld	Vitaal <i>R. solani</i> inoculum op gewasresten		(%; N=50)
	Controle (water)	<i>V. biguttatum</i>	
Creil (1993)	16	2	**
Rolde (1993)	24	0	**
Kollum (1994)	66	28	**

Sclerotinia

Vanuit in de grond overlevende sclerotiën ontstaan, meestal samenvallend met de bloei van een gewas, vlak boven de grond vruchtlichamen (z.g. apotheciën). De hierop gevormde sporen worden door de lucht verspreid en infecteren bloemen of verzwakte plantedelen, waarna de schimmel door direct contact in de gezonde plant verder groeit. Het is duidelijk, dat de omvang van de epidemie samenhangt met het aantal sclerotiën in de bodem. De aanpak die zich bij biologische bestrijding richt op beperking van productie en overleven van sclerotiën, is bepalend voor de 'eisen' die aan een antagonist gesteld worden:

- * hij moet het mycelium zodanig verzwakken, dat er geen energie overblijft voor vorming van reserves (sclerotiën);
- * hij moet sclerotiën verzwakken of doden. In dit laatste geval valt te denken aan werking tegen reeds in de bodem aanwezige sclerotiën, of tegen sclerotiën die zich vormen op een ziek gewas;
- * hij moet in staat zijn tot overleven en infecteren onder zeer variabele milieu-omstandigheden (temperatuur, relatieve vochtigheid);
- * hij moet gemakkelijk kweekbaar zijn, wil hij ooit kans maken op praktische toepassing.

De literatuur vermeldt veel potentiële antagonisten die zijn aangetroffen op mycelium of sclerotiën van *Sclerotinia*. De meest serieuze kandidaten zijn *Sporidesmium sclerotivorum* en *Coniothyrium minitans*, gespecialiseerde

mycoparasieten van *Sclerotinia* spp. Beide zijn matig effectief wat betreft het verzwakken van mycelium; hun groeisnelheid ligt veel lager dan van *Sclerotinia*, zodat deze zich bij voldoende aanbod van voedsel aan de invloed van de antagonisten kan onttrekken door snelle groei. Beide zijn dodelijk voor geïnfecteerde sclerotiën onder ruim variërende condities, maar alleen *S. sclerotivorum* kan in niet-steriele grond naar sclerotiën toegroeien (Adams, 1989). Dit voordeel in vergelijking met *C. minitans* wordt teniet gedaan door een zeer trage groei en hoge eisen aan het substraat, waardoor hij moeilijk op grote schaal te kweken is. Voorts is aangetoond dat zich op sclerotiën voedende insecten in staat zijn sporen van *C. minitans* over te dragen (Whipps & Budge, 1993), wat tot een vergelijkbaar resultaat kan leiden als bij actieve groei van de schimmel door de grond.

Tabel 4. Effect van behandeling van een door sclerotiënrot aangetast bonegewas met *Coniothyrium minitans* in 1990 op bodembesmetting met sclerotiën (aantal sclerotiën per 100 m rijlengte) in latere jaren (cijfers vanaf 2 jaar na behandeling), en aantasting van een in rotatie 4 jaar later weer geteeld gewas boon (tussen haakjes: aantal zieke boneplanten per 100 m rijlengte). Het effect van *C. minitans* is alle jaren significant; $P < 0,05$.

Behandeling	Jaar			
	1992	1993	1994	1995
<i>C. minitans</i>	11	26	4 (265)	20
Onbehandeld	100	95	14 (482)	80

Onderzoek aan *C. minitans* op IPO-DLO en veel andere plaatsen (Canada, U.K., Roemenië, Duitsland; zie Whipps & Gerlagh, 1992) heeft aangetoond dat deze mycoparasiet perspectief biedt voor de biologische bestrijding van *Sclerotinia* spp.

We geven in het kort drie benaderingen weer:

- I. toediening aan bodem of gewas met de bedoeling infectie te voorkómen;
- II. bespuiting van een ziek gewas om massale bodembesmetting met sclerotiën te voorkómen;
- III. toediening aan een geïnfecteerd gewas om uitbreiding van de ziekte af te remmen.

Ad I. De meest frequente toepassing zoals die uit de literatuur naar voren komt, is bespuiting van een gewas en vooral toediening aan de bodem om daardoor de infectie van het gewas te verminderen. Toedienen aan de bodem mikt op toevallig in contact komen van *C. minitans* met sclerotiën. Aangezien dit veel materiaal kost, en nooit alle sclerotiën worden geraakt, is het effect beperkt, en het perspectief troebel. Een uitzondering vormt toepassing tegen *Sclerotinia minor* als component van 'smet' in sla, waarbij alleen zeer oppervlakkig gelegen sclerotiën een rol spelen.

Ad II. Bespuiting van een ziek gewas leidt tot een zeer hoog percentage infectie van sclerotiën door *C. minitans*. De bereikbaarheid van de sclerotiën in deze fase is groot, en vereist geen speciale maatregelen. In een vijfjarige proef op ROC de Waag bleek deze benadering inderdaad de bodembesmetting met sclerotiën drastisch te beperken, met een daling van de aantasting van een vatbaar gewas in latere jaren tot gevolg (Tabel 4; cijfers verkregen door

sommering over 10 veldjes per behandeling). Uit een oogpunt van duurzaam landgebruik is dit welhaast een ideale situatie, immers de bodembesmetting wordt geleidelijk teruggedrongen: exact het tegendeel van wat jarenlange teelt in te nauwe rotaties heeft bewerkt. Tegen deze methode pleit, dat de ziekte-incidentie van het behandelde gewas niet bleek te dalen, de ernst van de aantasting overigens wel enigszins, vermoedelijk doordat het pathogeen de antagonist bij infectie te snel af is, maar later wel de gevolgen van parasitering ondervindt, dus verzwakt wordt.

Ad III. Directe bestrijding van *Sclerotinia* bleek mogelijk bij witlof. *Sclerotinia* treedt hier vaak zeer schadelijk op als bewaarziekte, maar ook tijdens de trek. Bespuiting van witlofpennen na de oogst en vóór de bewaring met sporen van *C. minitans* deed in semi-praktijkproeven niet onder voor de standaard-behandeling met een dicarboximide-fungicide (Tabel 5, experiment A en B), tenzij het gewas reeds te velde volkomen 'versleten' was (Tabel 5, experiment C). Dat directe remming van infectie van witlof door *Sclerotinia* in de als A en B aangeduide proeven mogelijk blijkt, wordt toegeschreven aan een synergistisch effect van resistentie van de wortel, waardoor *Sclerotinia* slechts langzaam vordert, en de antagonist, die het vertraagde pathogeen wèl kan 'bijhouden'.

Tabel 5. Effect van toediening van *Coniothyrium minitans* aan witlof te velde en aan witlofpennen op wegval door sclerotienrot (% aangetast) tijdens bewaring en trek, in vergelijking met onbehandeld en fungicide. Voor de drie experimenten zijn de gegevens afkomstig van minimaal 200 (exp. A) en maximaal meer dan 1000 (exp. B) pennen per behandeling. (- = geen waarnemingen)

Behandeling	Experiment A		Experiment B		Experiment C	
	Bewaring	Trek	Bewaring	Trek	Bewaring	Trek
Onbehandeld	4,6	22,6	0,9	2,1	5	52
<i>C. minitans</i> op gewas	6,6	4,7	-	-	4	44
<i>C. minitans</i> op pennen	3,1	0,6	0,3	0,6	3	42
Fungicide	3,2	5,4	0,5	0,3	1	6

DISCUSSIE

Tot slot willen we de sterke en zwakke kanten van biologische bestrijding afwegen ten opzichte van een chemische behandeling en/of onbehandeld.

1. Biologische bestrijding is niet gericht op het volledig uitroeien van het pathogeen. Ecologisch gezien is volledige uitschakeling van één der partners in een interactie onbestaanbaar. Wat dat betreft is het verklaarde doel dus minder absoluut dan bij fungicide-gebruik. Deze minder stringente aanpak heeft ook voordelen, omdat juist hoge selectiedruk vaak leidt tot resistentieproblematiek, bij moderne, specifieke fungiciden een groot probleem.

2. *V. biguttatum* en *C. minitans* worden pas actief als er (voldoende) pathogeen aanwezig is. Zij zijn daarin dus inherent minder effectief dan fungiciden idealiter kunnen zijn. Voor de aanpak van *Botrytis* is de situatie anders. Een antagonistische saprofyt kan zowel 'natuurlijk' afgestorven weefsel als door *Botrytis* gedood weefsel

- koloniseren. Daardoor kan de eerste infectie vanuit bronnen binnen het veld worden teruggedrongen. In dat opzicht ligt de aanpak zelfs een stap voor op een fungicide. Dit geldt niet voor die primaire infecties die afkomstig zijn van bronnen buiten het veld. Doch vaak zijn juist bronnen in het veld van het grootste belang (Braun & Sutton, 1987).
3. In tegenstelling tot de chemische bestrijdingsmiddelen stellen biologische bestrijdingsmiddelen hoge eisen aan omgevingsfactoren als temperatuur en vochtigheid. Het na toepassing van een biologisch bestrijdingsmiddel overleven tot het moment van activiteit kan kritisch zijn: het falen van directe infectie-voorkoming wordt er mede door verklaard. Het meest riskant wordt de situatie wanneer de omstandigheden tijdens de toepassing gunstig zijn voor de kieming van de sporen van de aangebrachte antagonist, terwijl het doel-organisme (nog) ontbreekt. Vervolgens worden er bij bovengrondse toepassingen immers hoge eisen gesteld aan o.a. droogte-, hitte- en UV-resistentie van het gevormde mycelium. Formulering kan helpen de overleving van het aangebrachte middel te verbeteren. In en op de bodem is uitdrogen minder een probleem, maar de bodemmicroflora en de mycofage mesofauna kunnen een rechtstreekse bedreiging vormen.
4. Zowel *V. biguttatum* als *C. minitans* zijn ecologisch biotroof: zij sterven weer uit bij afwezigheid van de gastheer. Zij zoeken de gastheer niet actief op, wat, zoals we zagen, een handicap is bij toepassing als bodembehandeling. Van de sterke kanten van deze antagonisten wordt echter ten volle geprofiteerd door toepassing van *V. biguttatum* onder andere bij groenrooien of bij de bewaring van poters, en van *C. minitans* op de bovengrondse delen van een gewas.
5. Mycoparasieten zijn zeer selectief, *U. atrum* als saprofyt is dat juist niet. De laatste is dus in principe geschikt tegen meerdere necrotrofe pathogenen, een voordeel dat hij deelt met breedwerkende fungiciden.
6. In vergelijking met *Rhizoctonia* en *Sclerotinia* groeien de antagonisten *V. biguttatum* en *C. minitans* relatief langzaam, waardoor het pathogeen nog enige tijd een voorsprong kan behouden. Partiële resistentie van de waard kan in zulke gevallen door het afremmen van het pathogeen de effectiviteit van de antagonist verhogen. Ook andere combinaties van biologische bestrijding, b.v. met fytosanitaire maatregelen of lage concentraties van chemische middelen, maken biologische middelen soms toepasbaar, terwijl zij op zichzelf onvoldoende effect sorteren. Een mooi voorbeeld is het uitstekende *Rhizoctonia*-onderdrukkende effect van een combinatie van *V. biguttatum* en een sterk verlaagde dosis fungicide (Jager & Velvis, 1989).
7. De hier behandelde biologische bestrijdingsmiddelen zijn eigen aan het systeem. Zij werden geïsoleerd van dood blad, respectievelijk van sclerotiën van *Rhizoctonia*, respectievelijk *Sclerotinia*. In eerste aanleg kunnen ze dus als onschadelijk worden aangemerkt.
8. De antagonisten kunnen hun effectiviteit sterk verhogen door een eigen epidemie-opbouw (vermeerdering op dood organisch materiaal, respectievelijk op het pathogeen; vandaaruit verspreiding).
9. Bij een nieuwe ontwikkeling die bekend staat als 'Biorational Control', waarbij specifieke componenten van biologische bestrijdings-organismen worden gebruikt als biofungicide (antibiotica, metabolieten) of werkzaam middel (celwand-splitsende enzymen) wordt getracht het pathogeen gevoeliger te maken voor meer klassieke chemische middelen. Voor deze laatste benadering bestaat veel belangstelling vanuit de genees- en voedingsmiddelenindustrie omdat zij de 'know how' voor productie bezitten.

CONCLUSIE

Hoe ecologisch kan de landbouw worden? We hebben een aantal kansrijke voorbeelden van biologische bestrijding van frequent voorkomende planteziekten besproken. In de uitgewerkte voorbeelden hielden, in vergelijking met fungiciden, sterke en zwakke punten met betrekking tot mogelijke toepassing van de antagonisten elkaar voldoende in evenwicht om deze vergelijking met fungiciden aan te durven. Bij sommige andere belangrijke ziekten zien we voorlopig minder perspectief. Voorts is het mogelijk het effect van

V. biguttatum, zoals genoemd, te versterken met een lage dosis fungicide. Ook in andere gevallen zou verenigbaarheid van biologische bestrijdingsmiddelen met bepaalde fungiciden tot aanbeveling strekken. We hebben dan de bouwstenen voor een waarlijk geïntegreerde teelt. In alle gevallen blijft bij toepassing van biologische bestrijders directe infectie door het pathogeen, het gebied waar fungiciden sterk zijn, mogelijk. Voorts dienen we ons te realiseren dat een biologisch bestrijdingsmiddel vooral zinvolle toepassing kan vinden, indien hij tegen het voornaamste pathogeen van een gewas kan worden ingezet. Wanneer andere belangrijke ziekten gelijktijdig een rol spelen, en niet bestreden worden door het biologische middel, blijft biologische bestrijding van een deel van de belagers al gauw een leuke hobby. Doordat bij het tegengaan van sporulatie van *Botrytis* spp. een saprofyt wedijvert om het door het necrotrofe pathogeen gedode weefsel, kan deze benadering wel breder worden ingezet: in principe worden alle necrotrofen geremd in hun epidemie-opbouw.

Slechts zelden zal er op korte termijn financieel gewin zijn in vergelijking met fungiciden, waarbij men vaak kan kiezen uit breedwerkende middelen. Juist tegen dominante pathogenen als *Botrytis*, *Rhizoctonia* en meeldauw worden echter steeds vaker specifieke fungiciden ingezet. Resistentie-, residu- en milieuproblemen, verbonden aan de gangbare bestrijding van planteziekten, scheppen zeker ruimte voor kansvolle toepassingen van biologische gewasbescherming bij een aantal van de ernstigste ziekten in land- en tuinbouw. Succesvolle biologische bestrijding van zulke belangrijke ziekten is essentieel voor vergroting van het aandeel biologische teelten, waarvan het areaal in Nederland tot dusverre schamel afsteekt bij dat van de gangbare teelten. De ervaring leert dat volhardend onderzoek soms wordt beloond met onverwachte openingen.

REFERENTIES

Adams, P.B. (1989)

Comparison of antagonists of *Sclerotinia* species. *Phytopathology* 79: 1345-1347.

Andrews, J.H. & R.F. Harris (1986) r- and K-selection and microbial ecology. *Advances in Microbial Ecology* 9: 99-147.

Boogert P.H.J.F. van den & J.W. Deacon (1994)

Biotrophic mycoparasitism by *Verticillium biguttatum* on *Rhizoctonia solani*. *European Journal of Plant Pathology* 100: 137-156.

Boogert, P.H.J.F. van den & G. Jager (1984)

Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 3. Inoculation of seed potatoes with different fungi. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 90: 117-126.

Boogert P.H.J.F. van den, P. Kastelein & A.J.G. Luttikholt (1994)

Green-crop-harvesting, a mechanical haulm destruction method with potential for disease control of tuber pathogens in potato. In: T. Martin (Ed.), *Seed treatment: Progress and Prospects*. BCPC Monograph 57, 237-246.

- Boogert, P.H.J.F. van den & H. Velvis (1992)
Population dynamics of the mycoparasite *Verticillium biguttatum* and its host *Rhizoctonia solani* in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 157-164.
- Braun, P.G. & J.C. Sutton (1987)
Inoculum sources of *Botrytis cinerea* in fruit rot of strawberries in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology* 9: 1-5.
- Dik, A.J., N.J. Fokkema, & J.A. van Pelt (1991)
Consumption of aphid honeydew, a wheat yield reduction factor, by phyllosphere yeasts under field conditions. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 97: 209-232.
- Fokkema, N.J. (1976)
Antagonism between fungal saprophytes and pathogens on aerial plant surfaces. In: C.H. Dickinson & T.F. Preece (Eds), *Microbiology of aerial plant surfaces*. Academic Press, London, 487-507.
- Fokkema, N.J. (1993)
Opportunities and problems of control of foliar pathogens with micro-organisms. *Pesticide Science* 37: 411-416.
- Harman, G.E. & E.B. Nelson (1994)
Mechanisms of protection of seed and seedling by biological seed treatments: Implications for practical disease control. In: T. Martin (Ed.), *Seed treatment: Progress and Prospects*. BCPC Monograph 57: 237-246.
- Heye, C.C. & J.H. Andrews (1983)
Antagonism of *Athelia bombacina* and *Chaetomium globosum* to the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 73: 650-654.
- Hijwegen, T. (1988)
Effect of seventeen fungicidal fungi on sporulation of cucumber powdery mildew. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 94: 185-190.
- Howell, C. R. (1982)
Effect of *Gliocladium virens* on *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and damping-off of cotton seedlings. *Phytopathology* 72: 496-498.
- Jager, G. & H. Velvis (1989)
Naar een geïntegreerde bestrijding van *Rhizoctonia solani*. *Gewasbescherming-Dossier* 2: 40-43.
- Jones, R.K. & S.B. Belmar (1989)
Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia spp.* isolated from rice, soybean and other crops grown in relation with rice in Texas. *Journal of Plant Diseases and Protection* 95: 81-107.
- Jordan, V.W.L. & A.C. Pappas (1977)
Inoculum suppression and control of strawberry *Botrytis*. *Proceedings British Crop Protection Conference - Pests and Diseases* 34:1348.

Köhl, J., W.M.L. Molhoek, & N.J. Fokkema (1991)

Biological control of onion neck rot (*Botrytis aclada*): protection of wounds made by leaf topping. *Biocontrol Science and Technology* 1: 261-269.

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., C.H. van der Plas, W.M.L. Molhoek, & 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, & N.J. Fokkema (1995c)

Selection of antagonists suppressing sporulation of *Botrytis allii* and *B. cinerea* after interrupted wetness periods. *European Journal of Plant Pathology* (in druk).

Kuc, J. & N.E. Strobel (1992)

Induced resistance using pathogens and nonpathogens. In: E.C. Tjamos, G.C. Papavizas & R.J. Cook (Eds), *Biological control of plant diseases - Progress and challenges for the future*. Plenum Press, New York, 295-303.

Nair, N.G. & A. Nadtotchei (1987)

Sclerotia of *Botrytis* as a source of primary inoculum for bunch rot of grapes in New South Wales, Australia. *Journal of Phytopathology* 119: 42-51.

Neate, S.M. (1994)

Soil and crop management practices that affect root diseases and crop plants.

In: C.E. Pankhurst, B.M. Daube, V.V.S.R. Gupta & P.R. Grace (Eds), *Soil biota management in sustainable farming systems*. CSIRO Press, 96-106.

Pfender, W.F. (1988)

Suppression of ascocarp formation in *Pyrenophora tritici-repentis* by *Limonomyces roseipellis*, a basidiomycete from reduced-tillage wheat straw. *Phytopathology* 78: 1254-1258.

Pfender, W.F. & S.L. Wootke (1988)

Microbial communities of *Pyrenophora*-infested wheat straw as examined by multivariate analysis. *Microbial Ecology* 15: 95-113.

Pfender, W.F., W. Zhang & A. Nus (1993)

Biological control to reduce inoculum of the tan spot pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* in surface-borne residues of wheat fields. *Phytopathology* 83: 371-375.

Sutton, J.C. (1990)

Epidemiology and management of *Botrytis* leaf blight of onion and gray mold of strawberry: a comparative analysis. *Canadian Journal of Plant Pathology* 12: 100-110.

Thurston, D. (1984)

Tropical plant diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, USA, 208 pp.

Verhaar, M.A. (1995)

Towards a model for the tritrophic system: cucumber, powdery mildew, mycoparasite. Proceedings Third EFPP Conference on environmental biotic factors in integrated plant disease control, Poznan, 5-9 September 1994, 579-581.

Whipps, J.M. & S.P. Budge (1993)

Transmission of the mycoparasite *Coniothyrium minitans* by collembolan *Folsomia candida* (Collembola: Entomobryidae) and glasshouse sciarid *Bradysia* sp. (Diptera: Sciaridae). Annals of Applied Biology 123: 165-171.

Whipps, J.M. & M. Gerlagh (1992)

Biology of *Coniothyrium minitans* and its potential use in disease biocontrol. Mycological Research 96: 897-907.

Wilson, C.L., A. El Ghaouth, E. Chalutz, S. Droby, C. Stevens, J.Y. Lu, V. Khan & J. Arul (1994)

Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. Plant Disease 78: 837-844.

Wilson, C.L. & M.E. Wisniewski (1989)

Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: an emerging technology. Annual Review of Phytopathology 27: 425-441.

 [Vorige artikel](#)  [Volgende artikel](#)  [Inhoudsopgave](#)

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Architectuur van agro-ecosystemen; consequenties voor plagen, ziekten, antagonisten en onkruiden

C.J.H. Booij (1), W. van der Werf (2), W. Joenje (2) en J. Theunissen (1)

¹ *DLO-Instituut voor Planteziektenkundig Onderzoek (IPO-DLO), Postbus 9060, 6700 GW Wageningen*

² *LUW-vakgroep Theoretische Productie-Ecologie, Postbus 430, 6700 AK Wageningen*

Samenvatting

Diversificatie van gewassen, gewasstructuur en ruimtelijke structuur van het agrarisch landschap wordt beschouwd als een belangrijk kenmerk van een meer ecologische landbouw. Het ruimtelijke ontwerp of de architectuur van het agro-ecosysteem heeft belangrijke consequenties voor de interactie tussen gewassen, plagen, ziekten en onkruiden en heeft daarnaast effect op milieu-emissies en de ruimte voor natuurwaarden.

Teeltsystemen en teeltmaatregelen hebben via de structuur en het groeipatroon van gewas en bodem invloed op de ontwikkeling van plagen en ziekten, en op de dichtheid en effectiviteit van natuurlijke vijanden. Hiervan kan binnen de ecologische landbouw meer gebruik gemaakt worden. Verschillende vormen van intercropping lijken ook in de gematigde streken met succes toegepast te kunnen worden. In groenten/klover-systemen en katoen/tarwe-systemen zijn goede resultaten bereikt met de onderdrukking van zuigende insecten. Beheer en aanleg van emissiebeperkende akkerrandstroken en zoomvegetaties worden vanuit het beleid gestimuleerd en kunnen naast natuurfuncties belangrijke landbouwkundige effecten hebben. Hierbij spelen tripartiete interacties tussen kruiden, plagen en natuurlijke vijanden een belangrijke rol.

INLEIDING

Hoewel er vele definities voor ecologische landbouw in omloop zijn, kan ecologiseren van de landbouw worden gekenmerkt door een streven naar kwaliteitsproductie met een minimaal gebruik van energie en grondstoffen, en vermindering van negatieve effecten op het natuurlijk milieu. Hoewel dit streven op verschillende manieren gerealiseerd kan worden is een verminderd gebruik van bestrijdingsmiddelen en kunstmest een belangrijke randvoorwaarde. Daarnaast is het een maatschappelijke keuze de landbouw te extensiveren en in het landelijke gebied naast de productiefunctie, de natuur- en recreatiefuncties te versterken. Er wordt daarbij gekozen voor minimalisatie van input en emissies per oppervlakte en mogelijk niet per eenheid produkt. De architectuur ofwel het ruimtelijk ontwerp van het agrarisch landschap en de agroecosystemen is daarbij een essentieel aspect. Extensivering en diversificatie worden door velen als belangrijke middelen beschouwd om de doelstelling van ecologische landbouw te verwezenlijken. Dat ecologische functies in hoge mate beïnvloed worden door de ruimtelijke ordening, schaal en gevarieerdheid in het landschap leidt geen twijfel. We hebben hier echter te maken met een hoge mate van complexiteit, waarbij de wetenschappelijke inzichten beperkt zijn.

Terwijl in de tropen al lang gebruik gemaakt wordt van ruimtelijke ordening van agroecosystemen (agroforestry, mengteelten en stripteelt) zijn agroecologen in de monocultures van de gematigde gebieden zich pas het laatste decennium intensief met deze materie bezig gaan houden. De toenemende aandacht voor diversificatie en

herwaardering van de natuurpotenties in het landelijke gebied heeft één en ander in een stroomversnelling gebracht. De mogelijkheid om met de huidige generatie computers ruimtelijke processen door te kunnen rekenen geeft daaraan een extra dimensie.

In dit artikel zullen enkele voorbeeldstudies worden gepresenteerd die laten zien welke effecten de ruimtelijke structurering van agrosystemen kan hebben op het gebied van gewasbescherming en biodiversiteit.

INTERNE GEWASSTRUCTUUR

De ruimtelijke structuur van het gewas als ecosysteem wordt in hoge mate bepaald door de temporele ruimtelijke groeikarakteristiek van het gekozen gewas(mengsel)/ras(mengsel), de aanwezigheid van onkruiden, plantdichtheid, samenstelling van de strooisellaag en de bodem(oppervlakte) structuur.

Er zijn talloze voorbeelden van teeltmaatregelen die via de structuur van bodem en gewas het optreden van ziekten, plagen en onkruiden beïnvloeden. Naast de vele onderzoekresultaten zijn er diverse ervaringen uit de praktijk die door de ecologische landbouw nog maar ten dele worden benut. De mogelijkheden voor ziekten, plagen, onkruiden en antagonisten om zich te vestigen en uit te breiden worden primair beïnvloed door vele factoren in het gewas zelf. Naast de vatbaarheid van het gewas speelt ook de gewasstructuur daarbij een belangrijke rol.

Zo zal in rassenmengsels de verspreiding van bepaalde schimmelfysio's beperkt worden door de grotere afstand tussen vatbare planten (Wolfe, 1985). Een zelfde effect kan plaatsvinden bij verlaging van de plantdichtheid waarbij behalve de afstand ook het microklimaat verandert. De zaaidatum en daarmee het groeipatroon van het gewas gedurende het seizoen kan een belangrijk effect hebben op het schade risico zoals bij een aantal graanziekten (Bastiaans & Daamen, 1994). Een verkorting van de periode dat het gewas op het veld staat heeft veelal een verlaging van het risico tot gevolg. Daar staat tegenover dat een langere gewasvrije periode de overlevingskansen van natuurlijke vijanden van bladluizen kan verkleinen en dat de plantdichtheid de concurrentie verhoudingen tussen gewas en onkruid beïnvloedt.

Groenbemesters en tussenteelten kunnen meerdere functies vervullen tijdens de gewasvrije periode. Naast het vasthouden van nutriënten, verbetering van bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid kunnen dergelijke maatregelen de overleving van antagonisten sterk bevorderen.

In complexe meerjarige systemen zoals de fruitteelt heeft het snoeiregime een sterke invloed op de scheutvorming en de structuur van bomen. Evenals in andere gewassen zorgt een snelle aanwas van scheuten of blad voor meer aantasting door zuigende insecten. Door verschillende snoeiregimes en groeiregulatie kunnen insectenplagen afgeremd, danwel gestimuleerd worden.

Ook bodembewerking kan een belangrijke rol spelen bij het behoud van natuurlijke vijanden. Slechts weinig soorten zijn bestand tegen frequente en diepe bodembewerking. Voor spinnen is bijvoorbeeld aangetoond dat een intensieve bewerking even desastreus kan zijn voor de populatie als een bespuiting met een breedwerkend insecticide. Het lijkt aannemelijk dat de bodemstructuur en samenstelling van de strooisellaag van grote invloed is op de reproductie en overleving van spinnen en loopkevers die op de toplaag van de bodem zijn aangewezen.

Een probleem bij de ontwikkeling van nieuwe ecologische teeltsystemen is dat eenzelfde maatregel op diverse problemen een verschillend effect kan hebben. Het is dan ook van belang dat bij onderzoek en toepassing in de praktijk men zich niet alleen richt op het evalueren van één op één relaties, maar bij voorkeur alle belangrijke problemen uit het ziekte/plaag/onkruid-complex analyseert.

INTERCROPPING SYSTEMEN

Prei/klaver- en kool/klaver-systemen

Het gebruik van teelten waarbij ten minste twee al dan niet oogstbare gewassen binnen een teeltsysteem worden geteeld (intercropping en mixed cropping) kent reeds een lange traditie in de tropen maar wordt in mindere mate in de gematigde streken toegepast. Veel van deze systemen leiden tot betere oogsten en/of verminderde kans op ziekten en plagen. Hoewel de voordelen dus duidelijk zijn, zijn de mechanismen nog slecht begrepen (Altieri & Letourneau, 1982; Andow, 1991). Ervaringen in mengteelten en in meer natuurlijke ecosystemen hebben geleid tot het ecologisch paradigma dat er een relatie bestaat tussen diversiteit en stabiliteit. De gevonden verbanden tussen stabiliteit, biologische diversiteit en ruimtelijke diversiteit (heterogeniteit) zijn weliswaar vooral correlatief en empirisch van aard, maar vormen toch een leidraad voor de ecologische landbouw.

De ervaring dat ook in agroecosystemen diversificatie kan leiden tot een verminderde kans op problemen met ziekten en plagen, wordt enerzijds toegeschreven aan een verminderd vestigingssucces in een complex systeem en anderzijds aan een toename van het aantal individuen en soort natuurlijke vijanden.

In de vollegrondsgroententeelt hebben intensivering, cosmetische kwaliteitsnormen en produktieverhoging geleid tot veelvuldig gebruik van bestrijdingsmiddelen. De reeds lang beschikbare methoden voor geleide bestrijding van ziekten en plagen worden weliswaar steeds meer toegepast maar de doelstellingen voor een ecologische teelt worden daarmee lang gehaald. Tevens blijkt de effectiviteit van middelen af te nemen door toenemende ongevoeligheid bij de plaaginsekten.

Om tot een ecologisch verantwoord systeem te komen is door het IPO-DLO en AB-DLO geëxperimenteerd met diversificatie in de vorm van intercropping. Daarbij wordt een systeem gehanteerd waarbij groentegewassen als prei en kool worden gecombineerd met ondergrondse of witte klaver als tussengewas. Hierbij wordt de klaver gezaaid voordat de kool of prei geplant wordt. Een dergelijke mengteelt blijkt een sterk remmend effect te hebben op diverse plagen. In kool gaat het daarbij om koolvlieg, trips en diverse rupsensoorten terwijl in prei trips en preimot de belangrijkste plagen zijn. Een zeer lastig bestrijdbare plaag als trips blijkt door intercropping in prei met sterk gereduceerd te kunnen worden (Fig. 1).

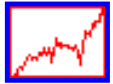
Hoewel de totaalopbrengst in kg/ha in het intercropping systeem wordt verlaagd, is de produktkwaliteit, en daarmee de financiële opbrengst op de veiling, beduidend hoger dan in een onbehandeld systeem zonder klaver (Theunissen 1994, Theunissen, Booij en Lotz, 1995). Door verdere optimalisering (o.a. door gedeelde lichte bijbemesting) van het systeem lijkt het haalbaar te zijn zonder bestrijdings-middelen een kwaliteitsprodukt te telen met een opbrengstniveau dat de huidige intensieve teelt benadert.

Er zijn aanwijzingen dat het insektenonderdrukkende effect van dit intercropping-systeem in prei en kool vooral toe te schrijven is aan een veranderde fysiologie van de

preiplanten onder invloed van concurrentie. De vestiging van plaaginsekten wordt weliswaar licht verminderd, maar met name de reproductie en groei van gevestigde insekten lijkt sterk verminderd.

Hoewel uit proeven bleek dat ook een aantal natuurlijke vijanden duidelijk meer voorkwamen in de intercropping plots, lijken de deze te weinig specifiek en onvoldoende gesynchroniseerd met de plagen om een belangrijke bijdrage aan de onderdrukking te leveren. Mogelijk speelt een combinatie van factoren een rol. Nader onderzoek zal hierover

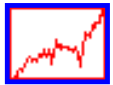
uitsluitel moeten geven.



[Figuur 1](#)

Tarwe/katoen-systeem

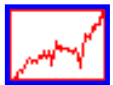
Een fraai voorbeeld van hoe diversificatie effect kan hebben op insektenplagen is het katoen/tarwe-relay-intercroppingsysteem zoals wordt toegepast in China. China produceert en consumeert ongeveer een kwart van alle katoen in de wereld. De meeste katoen ($\pm 85\%$) wordt verbouwd in de Noordoostelijke laagvlakte in het gebied langs en tussen de gele rivier en de Jangtse, tussen de 30^e en 40^e breedtegraad. Het areaal in dit gebied is drie en half miljoen ha en de hectare opbrengst bedraagt ongeveer 800 kg lint (zaadpluis). Andere belangrijke gewassen in deze regio zijn tarwe en maïs. Gedurende de laatste 20 jaar is een groot deel van de katoenteelt in monocultuur vervangen door een mengteelt met tarwe (Fig. 2).



[Figuur 2](#)

De tarwe wordt in oktober gezaaid en in juni geoogst. De tarwe wordt gezaaid in strips van een halve meter (drie rijen) met kale grond ertussen. De katoen wordt in april gezaaid in de kale grond tussen de tarwestrips. Na de oogst van de tarwe groeit de katoen uit tot een volledig gesloten gewas. Voordeel van dit systeem is dat op het land waar men katoen zaait tevens de teelt van tarwe mogelijk is, zij het geringere opbrengst. De opbrengst van katoen in mengteelt benadert die van die monocultuur maar is iets lager door een iets latere zaaidatum en competitie met de afrijpende tarwe bij het begin van de groei.

De mengteelt heeft grote consequenties voor het optreden van insektenplagen. In de mengteelt is katoenluis, *Aphis gossypii*, nauwelijks een probleem, terwijl dit insect in monocultures zeer snel schadelijke populatiegroottes kan opbouwen (Fig. 3). Daarom wordt er in monocultures meerdere bespuitingen per week toegepast in de zaailingfase. De intensieve en eenzijdige chemische bestrijding in monocultures heeft tot een onhoudbare situatie geleid, door de ontwikkeling van resistentie tegen pesticiden (Xia, 1995). De mengteelt biedt een oplossing voor dit probleem.



[Figuur 3](#)

Het gunstige effect van mengteelt berust waarschijnlijk op een complex van mechanismen. Een zeer belangrijk mechanisme zijn 'excursies' naar de naburige katoen zaailingen van generalistische natuurlijke vijanden die zich ontwikkeld hebben op graanluizen in de tarwe. Zo worden op katoen in mengteelt reeds in een vroeg stadium larven en adulten van het 7stips lieveheersbeestje aangetroffen, evenals spinnen. In katoenmonocultures komen deze predatoren ook voor, maar later dan in de mengteeltkatoen en in lagere aantallen.

In het veld en door modelbouw kan men aantonen dat met name de vroege predatie van grote invloed is op de populatieopbouw van plagen. Modellen laten zien dat de effectiviteit van een predator exponentieel afneemt met het tijdstip waarop hij actief wordt. Een belangrijk effect van mengteelt is dat de plaagonderdrukking door predatoren wordt vervroegd door het bekorten van de migratieafstand tussen bron- en doelgebied van de predator. Daarmee

wordt de effectiviteit verhoogd en wordt een dikwijls genoemde 'zwakte' van predatoren als biologische bestrijder ondervangen, namelijk dat ze pas komen als de plaagpopulatie al uit de hand is gelopen, en dat ze veeleer oogsten dan dat ze problemen voorkomen. Mengteelt maakt predatoren proactief.

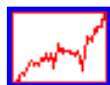
Later, als de tarwe is afgerijpt en er geen graanluizen meer beschikbaar zijn als voedsel, gaan predatoren massaal migreren. Er worden dan zowel in mono als mengcultures van katoen grote aantallen lieveheersbeestjes aangetroffen, die katoenluispopulaties van elke omvang kunnen opruimen. In de monocultures is dan echter de belangrijkste schade al aangericht. Een tweede populatieremmend mechanisme in mengcultures is dat de vestiging en herverdeling van luizen in mengteelt wordt bemoeilijkt doordat ze vaak op de tarweplanten belanden.

Heel anders is het effect van mengteelt op het noctuïde motje *Heliothis armigera*, de gevreesde cotton bollworm. Mengteelt bevordert namelijk niet alleen het overstappen van generalistische predatoren maar ook van generalistische plagen, zoals *Heliothis*, die vier generaties in een jaar heeft. De vierde generatie rupsen kan door vraat aan de katoenvruchten, met daarin het waardevolle zaadpluis, tot totaal opbrengstverlies leiden. De mengteelt bevordert aanvankelijk de aantasting van katoen door *Heliothis*, doordat de overstap van de eerste naar de tweede generatie in de mengteelt gemakkelijker is dan bij teelt in monocultures, waarbij een migratie van veld tot veld nodig is. Het plaaginducerend effect van de mengteelt wordt gelukkig gecompenseerd door het talrijker voorkomen van natuurlijke vijanden in de mengteelt. Het nettoeffect op *Heliothis* hangt sterk van de omstandigheden af en kan zowel positief als negatief uitvallen.

De mengteelt van katoen en tarwe is een typisch voorbeeld waarbij de potenties van biologische buffering door diversificatie goed worden benut. Daar veel natuurlijke vijanden met meerdere generaties per jaar hebben migreren tussen voedselbronnen lijkt dit systeem breder toepasbaar. In Europa is onderzoek gedaan naar vergelijkbare systemen zoals een combinatie van boon en sla, waarbij de op boon opgebouwde populatie natuurlijke vijanden zich na de oogst verplaatst naar de jonge sla en luisproblemen voorkomt (Nunnenmacher, in press). De timing van dit soort systemen en opbouw van voldoende aantallen predatoren in het startgewas zijn doorslaggevend voor het succes.

BOUWPLAN EN SCHAAL

Een gevarieerder bouwplan en een ruime rotatie leiden vaak maar zeker niet altijd tot een verminderd risico op ziekten en plagen. Veel hangt af van de gekozen vruchtwisseling en de keuze van te verbouwen gewassen en rassen. Voor veel ondergrondse schimmelziekten en aaltjes is bekend dat bepaalde vruchtopvolgingsschema's risico's met zich meebrengen. Voor deze gevallen kan een goede vruchtopvolgning veel problemen voorkomen. Veel bovengrondse schimmels en insectensoorten zijn gewasspecifiek en slechts een klein aantal soortengroepen zoals trips en bepaalde luizen en schimmels hebben een brede waardplantreeks. Daar veel ziekten en plaagorganismen zich in verschillende mate actief verspreiden zijn vooral de aanwezigheid van bronpopulaties en de interne biologische weerstand van het systeem meer bepalend voor het optreden van problemen. Natuurlijke vijanden zijn vaak minder gewasspecifiek, maar hun talrijkheid, reproductie en overleving kan sterk van gewas tot gewas verschillen (Fig. 4). Dat hangt samen met de beschikbaarheid van voedsel (prooi), microklimaat en gewasspecifieke teeltmaatregelen (Booij & Noorlander 1992). Een groot aandeel gewassen in het bouwplan die antagonisten weinig overlevingskansen bieden, zal het algehele populatieniveau op bedrijfsschaal verkleinen en daarmee de risico's voor plaagontwikkeling vergroten.



[Figuur 4](#)

Onderzoek aan generalistische predatoren in de grootschalige akkers van Zuidelijk Flevoland heeft laten zien dat populatiedichtheden van bijvoorbeeld loopkevers van gewas tot gewas sterk verschilt en dat de vruchtopvolging van groot belang is voor de populatie dynamica van jaar tot jaar. De voorjaarspopulatie die de luispopulaties moet helpen onderdrukken is sterk afhankelijk van de dichtheid in de voorvrucht en de overwinteringscondities. De condities voor loopkevers in het veld worden weerspiegeld het gewicht van individuen en het aantalsverloop gedurende het seizoen. Bodembewerking, oogsttijdstop, bespuitingen en de aanwezigheid van bodembedekking zijn van doorslaggevende betekenis voor de overleving en daarmee de handhaving van hoge dichtheden in het veld. Herverdeling van deze dieren die vooral lopend verplaatsen wordt bemoeilijkt door grootschaligheid en barrières als sloten en wegen.

Met name in een grootschalige landbouw zullen lage of door insecticiden gedecimeerde populaties van natuurlijke vijanden op het ene perceel slechts langzaam aangevuld worden door individuen van betere percelen. Met name geldt dit voor antagonisten met een beperkt verspreidingsvermogen. Hoewel bij extensivering in de ecologische landbouw schaalvergroting op bedrijfsniveau gewenst lijkt, is het zaak een kleinschaliger patroon van percelen te handhaven om natuurlijke vijanden meer kans te geven en tevens een aantrekkelijk landschap in stand te houden.

Dit laatste geldt vooral voor soorten die zich vooral buiten de akker reproduceren of daar overwinteren. Voor de agrarische infrastructuur betekent het, dat ook in een grootschalig gebied de percelen voldoende smal (b.v. < 100 m) zouden moeten zijn, bij een onbepaalde lengte. Naarmate de bedrijfsvoering grootschaliger wordt zullen meer eisen gesteld moeten worden aan het interne beheer van de gewassen om natuurlijke vijanden op een relatief stabiel en hoog niveau te houden (zie ook interne gewasstructuur). In bepaalde gewassen binnen de rotatie is het bijvoorbeeld mogelijk een assortiment aan (onkruid) soorten (en daarmee waardplanten, c.q. voedsel voor insecten en vogels) aanwezig te laten. De relatie tussen onkruiden, plagen en antagonisten is echter complex, waardoor de kosten en baten moeilijk zijn in te schatten. De beschikbare kennis daarover is weinig samenhangend en vooral beschrijvend. Effectieve manipulatie van dat soort oecologische relaties heeft daardoor nog een te smalle basis. Hier ligt een belangrijk terrein voor multidisciplinair toegepast onderzoek.

We hebben, vooral in extensievere systemen, te maken met een grote verscheidenheid aan onkruiden, plagen en natuurlijke vijanden met elk een eigen dynamiek op een verschillende schaal in ruimte en tijd.

GEWAS EN OMGEVING

Inpassing van de agrarische bedrijfsvoering in een aantrekkelijk landschap, het versterken van algemene natuurwaarden (biodiversiteit) en vermindering van ongewenste emissies bestrijdingsmiddelen en nutriënten naar sloten, bermen en grondwater, zijn belangrijke beleidlijnen voor de komende jaren. Twee belangrijke instrumenten daarbij zijn het creëren van spuitvrije randstroken met een verlaagd nutriënteniveau in het gewas (akkerranden) en het verbeterd beheer en aanleg van zoom en slootkantvegetaties.

Het lijkt niet onwaarschijnlijk dat een ecologisch beheer van perceelsranden in de toekomst verplicht zal worden gesteld. Regelgeving en voorschriften voor mest- en spuitvrije randstroken zijn hiertoe in voorbereiding. Uit metingen komt naar voren dat een gewasstrook van 1 meter breed de verliezen van bestrijdingsmiddelen naar de omgeving voor een groot deel kunnen voorkomen; verbeterde spuit en strooi-apparatuur is hierbij onmisbaar (De Snoo & Udo de Haes, 1994).

Verlaagde niveaus aan nutriënten en herbiciden in de laatste meters gewas leiden tot een zekere opbrengstderving (opbrengst in de randrijen bij gangbare bedrijfsvoering is overigens altijd al zo'n 10 % of meer lager dan volvelds). Door de grotere onkruiddruk (concurrentie) loopt dit in sommige gewassen wel op tot 100 % (bieten; De Snoo & Udo de Haes, 1994).

In een veldproef met in de 4 m randstrook permanent graan (Smeding et al., 1990), werd over 5 jaar steeds zo'n 50 a 60 % (soms meer) opbrengstverlies gevonden (Fig. 5).

Geleidelijk werden bepaalde onkruidsoorten lastig (hier b.v. wikkes, zwaluw-tong). Het blijkt dat vooral weglaten van bemesting opbrengstderving tot gevolg heeft. Ook op deze nogal arme zandgronden is het graan echter zeer competitief.

Ook in praktijkproeven in de Achterhoek bleek graan als gewas in de randstrook goed te hanteren. Een verhoogde ziekten en plaagdruk in het aangrenzende gewas werd niet gerapporteerd. Boeren gaven vanwege inpasbaarheid echter de voorkeur aan noinput grasstroken. Gras is meer geschikt veevoer en tevens onkruidonderdrukkend.



[Figuur 5](#)

De biologische verscheidenheid blijft echter na 5 jaar nogal beperkt. Voor de fauna en recreant aantrekkelijke soorten zouden wellicht kan bij inzaai kunnen worden geïntroduceerd.

Zoomvegetatie

Naast de bewerkte en met gras of een ander gewas ingezaaide akkerrandstrook heeft ook de aanwezigheid en het beheer van permanente zoomvegetaties betekenis voor het agroecosysteem. Verminderde emissies van met name nutriënten heeft vermindert ook hier de produktie van biomassa en brengt verschuivingen teweeg in de soort samenstelling; met name de onkruidsoorten (kweek, distels, brandnetel) worden minder vitaal en meer gewaardeerde soorten kunnen er in principe een plek vinden. Bij zorgvuldig maaien en minder verstoring zullen ongewenste soorten minder optreden en zal daardoor de verspreiding naar de akker verminderen.

Tabel 1 Aantal soorten insecten op verschillende in houtwallen voorkomende boomsoorten (kevers, wantsen, bladwespen, luizen, vlindertjes enz., naar Zwölfer et al., 1981, vereenvoudigd).

Boomsoort	Aantal soorten insecten
wilg	213
meidoorn	163
sleedoorn	137
hazelnoot	112
rozen	103
lijsterbes	72
vuilboom	45
kamperfoelie	40
vlier	15
gelderse roos	17

Tabel 2 Aantal gespecialiseerde fytofage dieren op akkerbegeleidende

plantensoorten (Heydemann et al., 1983)

Plantesoort	Aantal fytofage dieren	Plantesoort	Aantal fytofage dieren
kweek	81	vergeet-mij-nietje	23
kruiskruid	76	spurrie	12
knoopkruid	51	akkerwinde	8
straatgras	41	akkerandoorn	6
varkensgras	40	akkerereprijs	4
vogelmuur	36	klimopbladereprijs	4
herik	31	veldereprijs	4
perzikkruid	28	groene naaldaar	2
melkdistel	28	grote ereprijs	1
klein hoefblad	25		
zwarte nachtschade	17		
klaproos	15		
akkerviooltje			

Evenals bij het beheer van onkruiden in het veld (zie boven) is de interactie tussen zoomvegetaties en het optreden van ziekten, plagen en natuurlijke vijanden in het veld complex en nauwelijks gekwantificeerd. Dat zoomvegetaties belangrijke bronnen zijn van bepaalde natuurlijke vijanden staat echter buiten kijf.

Binnen de gewasrotatie kan de onkruiddruk in een randstrook worden beheerst door erop toegesneden mechanische bestrijding; het gaat meestal om kweek en distels welke eventueel pleksgewijze kunnen worden bestreden. Hiermee zal in de praktijk verdere ervaring moeten worden opgedaan.

Natuurwaarden

Naast de landbouwkundige effecten op productie, gewasbescherming en emissie, hebben akkerrandstroken en zoomvegetaties met name een belangrijke functie bij het in stand houden en bevorderen van specifieke en algemene natuurwaarden en biodiversiteit. (Joenje, 1991). Deze elementen in het systeem vormen een potentieel leefmilieu voor vele al dan niet voor het agrarisch gebied specifieke soorten planten, vogels en zoogdieren. De tabellen 1 en 2 laten zien dat ook talloze insectensoorten hiermee verbonden zijn, waarvan een aantal tevens een positieve dan wel negatieve functie kunnen hebben in de agrarisch productie.

Voorals de overheid boeren beheer(s)vergoeding gaat betalen voor geproduceerde natuur of als de produktiekosten worden verdisconteerd in de produkt prijzen is het van groot belang te weten welke natuurwaarden en diversiteit gewenst zijn in termen van recreatieve waarde, ecologische functie en belang voor natuurbehoud. Het resultaat zal op een of andere manier gemeten, gewaardeerd en gecontroleerd moeten kunnen worden.

Methodes hiervoor zijn o.a. ontwikkeld bij het Centrum voor Landbouw en Milieu, waarbij wordt getracht via een formule een objectief, ecologisch waarderingscijfer vast te stellen. Daarin zijn de natuurwaarden in getallen uitgedrukt betrekking hebbend op:

- groepen plantensoorten (herkenbaarheid, relatieve zeldzaamheid, aantrekkelijkheid)
- dieren (vlinders, zoogdieren, vogels, amfibieën, reptielen) in verschillende boerenbiotopen

- zeldzaamheid (aantal uurhokken van de 1677 die NL telt)
- trend (mate van voor of achteruitgang van populaties)
- internationale betekenis (volgens een aantal criteria).

Ook in de prioriteitennota (Min.van LNV, 1995) is sprake van een natuurkwaliteitsbenadering. Gezocht wordt er naar een methode om een basiswaarde (ANK, algemene natuurkwaliteit) en een streefwaarde (per regio of biotoop) vast te stellen, bij het bereiken waarvan een beloning kan volgen. De studie naar methodiek en uitvoerbaarheid van deze beleidsvoornemens is nog volop in ontwikkeling.

Aan de LUW-vakgroep Ecologische Landbouw wordt in opdracht van LNV een stappenprotocol ontwikkeld om een Natuurplan op te stellen voor biologische bedrijven. Het plan voorziet o.a in het versterken van natuurlijke elementen in het landschap, zoals (re)constructie van houtwallen, heggen, poelen of solitaire bomen, met inbegrip van de inrichting van erf en gebouwen.

Effecten van de genoemde beleidsplannen en activiteiten kunnen geleidelijk op landschapsniveau structureel zichtbaar worden en zullen naar verwachting leiden tot een aantrekkelijker en biologisch rijker landelijk gebied. De minder zichtbare, functionele aspecten van de betrokken agroecosystemen bijvoorbeeld m.b.t. de water en nutriëntenhuishouding en de inzet van pesticiden, zullen echter bepalend zijn voor het bereiken van duurzaam, multifunctioneel landgebruik.

CONCLUSIES

Succesverhalen over produktiviteit, bijdrage aan de Nederlandse export, kwaliteit/prijs-verhoudingen hebben lang het imago van de Nederlandse landbouw hoog gehouden.

Nog steeds kan Nederland bogen op een technisch hoogontwikkelde landbouw en bijbehorende infrastructuur met een groot economisch belang. Het succes van dezelfde landbouw heeft echter een aantal onbedoelde neveneffecten die zich steeds meer tegen zich keert. Eenzijdige produktiefuncties en hoge emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen hebben geleid tot vervuiling, biologische en landschappelijke verarming van het landelijke gebied. Dat deze problemen door technologische innovaties en optimalisering op middenlange termijn opgelost kunnen worden lijkt onwaarschijnlijk.

Terecht wordt door de maatschappij geëist dat de landbouw zich ontwikkelt tot een duurzame schone economische activiteit. Hoe deze toekomstige landbouw er precies uit zal zien weet niemand en het tempo waarin veranderingen zullen plaatsvinden zal primair afhangen van de nationale en internationale sociaal-economische ontwikkelingen.

Initiatief van ecologische en biologische boeren, en ook het bedrijfssysteem-onderzoek hebben laten zien dat met toepassing van bestaande kennis veel mogelijk is. Een verdere versterking en integratie van ecologische en landbouwkundige kennis op het gebied van gewasgroei, nutriëntenbeheer en de interactie tussen plagen, ziekten, onkruiden en antagonisten biedt voldoende perspectief om duurzame, schone en aantrekkelijke agroecosystemen te ontwikkelen en te verbeteren. Het ook in de niet-agrarische ecologie steeds sterker wordende besef dat ruimtelijke processen en structuur sleutelfactoren zijn bij het functioneren van (agro)ecosystemen zal helpen om deze systemen beter in te richten. Recente onderzoekresultaten laten zien dat vanuit dit perspectief is voor ecologische innovaties. Aspecten als ruimtelijke diversificatie en integratie van natuur en landbouw verdienen daarom de volle aandacht van de agroecologie.

REFERENTIES

Altieri M.A. & D.K. Letourneau (1982)

Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop protection* 2: 497-501

Andow D.A. (1991)

Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561-586.

Bastiaans L. & R.A. Daamen (1994)

The role of crop husbandry practices in wheat production for disease control. *Proceedings Brighton Crop Protection Conference 1994*: 1169-1174

Booij, C.J.H. & J. Noorlander (1992)

Farming Systems and insect predators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40: 125-135.

Centrum voor Landbouw en Milieu (1994)

Een meetlat voor Natuur. CLM publikatie no. 169, Utrecht.

Joenje, W. (1991)

Perspectives for nature in Dutch agricultural landscapes. *Proc. BCPCWeeds*, 365376.

Kleijn, D. (1995)

Effecten van drift van herbicide en kunstmest op de soortenrijkdom van een graslandvegetatie. (deze publ.)

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (1995)

Nota 'Dynamiek en vernieuwing', Den Haag, april 1995.

Nunnenmacher L. (1996)

Management of faba-bean strips in a horticultural ecosystem and its effect on aphids and their predators. *Biological Agriculture and Horticulture* (in press).

Smeding, F.W. (in prep.)

Protocol voor Natuurplan Biologische Bedrijven. Vakgroep Ecologische Landbouw, LU Wageningen.

Smeding, F. & W. Joenje (1990)

Onbespoten en onbemeste perceelsranden in graanakkers.

In: J M van Groenendael, W. Joenje & K V Sykora: 10 jaar Zonderwijk en VPO. Wageningen, 129134.

Snoo, G.de & H.A. Udo de Haes (1994)

Onbespoten akkerranden, voor natuur, milieu en bedrijf. *Landschap* 11, 1732.

Theunissen J. (1994)

Intercropping in field vegetable crops: pest management by agrosystem diversification - an overview. *Pesticide Science* 42: 65-68.

Theunissen J., C.J.H. Booij & A.P. Lotz (1995)

Effects of intercropping cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia Experimentalis et Applicata*

74: 7-16.

Xia, J.Y. (1995)

An integrated cotton insect pest management system for cottonwheat intercropping in North China.
In: Proceedings International Cotton Research Conference, Brisbane, Australia, 13-17 Februari 1994.

Wolfe, M.S. (1985)

The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. Annual Review of
Phytopathology 23: 251-273.

 [Vorige artikel](#)  [Volgende artikel](#)  [Inhoudsopgave](#)

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Prototypering van ecologische bedrijfs- en teeltsystemen met een nieuwe balans tussen theoretisch en praktisch onderzoek

P. Vereijken (1) en M.J. Kropff (1, 2)

¹ *DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), Postbus 14, 6700 AA Wageningen/Haren*

² *LUW-vakgroep Theoretische Productie-Ecologie, Postbus 430, 6700 AA Wageningen*

Samenvatting

Door een team van onderzoekers wordt vanuit verschillende disciplines gewerkt aan de prototypering van ecologische bedrijfs- en teeltsystemen. Het prototypen bestaat uit het ontwerpen, toetsen en verbeteren van de systemen.

Op bedrijfsniveau wordt daartoe gewerkt met voorhoedebedrijven in Flevoland, terwijl op teeltsystemenniveau modelmatig en experimenteel onderzoek op proefbedrijven in samenhang wordt uitgevoerd, waarbij de bedrijfscontext nauwlettend in het oog wordt gehouden.

In deze bijdrage wordt eerst aandacht besteed aan de benadering die is ontwikkeld voor de prototypering van ecologische bedrijfssystemen, waarbij wordt uitgegaan van kwantitatieve doelstellingen met betrekking tot de voedselvoorziening, werkgelegenheid, inkomen, milieu, natuur, landschap en welzijn.

Vervolgens wordt besproken hoe interdisciplinair onderzoek op teeltsystemenniveau wordt uitgevoerd voor het oplossen van problemen en het verder ontwikkelen van ecologische bedrijfssystemen. Daarbij wordt een nieuwe balans tussen theoretisch/ modelmatig en praktisch onderzoek aangebracht waarbij voor problemen op bedrijfs- en teeltniveau oplossingen worden gegenereerd.

INLEIDING

De intensivering van de landbouw in Nederland en andere industrielanden heeft geleid tot een toename van de productie waarvan het einde nog geenszins in zicht is door de toenemende kennis en verbetering van productieomstandigheden. Maar het succes van een zekere voedselproductie, die het niveau van zelfvoorziening in Europa reeds lange tijd overschrijdt, heeft diverse keerzijden. Naast sociaal-economische problemen zijn er in toenemende mate problemen met milieu, natuur en landschap als gevolg van de intensivering.

In Nederland worden deze problemen aangepakt door landbouwsystemen te ontwikkelen die aan meerdere doelstellingen voldoen: naast het produceren van voldoende voedsel gaat het om de productie van voedsel van een goede kwaliteit, het beheer van het landelijk gebied en het op een duurzame wijze omgaan met natuurlijke

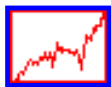
hulpbronnen water, bodem en lucht.

Daartoe zijn geïntegreerde landbouwsystemen ontwikkeld die door meer inzet van kennis en arbeid minder inzet van markt- en milieubedervende produktiemiddelen en een verbetering van de kwaliteit mogelijk maken (Vereijken en Wijnands, 1990). Prototypes werden ontwikkeld op proefbedrijven en getest op voorhoedebedrijven (Wijnands et al., 1995). De nadruk lag daarbij op efficiëntere bemestingsstrategieën, een gewasbescherming met een efficiënter gebruik van chemische middelen en een vruchtwisseling met een lage behoefte aan externe hulpmiddelen. Ook is onderzoek gestart naar de ontwikkeling van landbouwproductiesystemen voor de lange termijn, die voldoen aan zeer stringente ecologische randvoorwaarden (Vereijken et al., 1994).

De ombuiging van de intensivering in de landbouw heeft geleid tot een toenemende vraag naar nieuwe onderzoeksmethoden en technieken voor de ontwikkeling van betere bedrijfs- en teeltsystemen. Kon vroeger vaak worden volstaan met het ontwikkelen van een nieuwe techniek voor een bepaald gewas zoals aardappel of suikerbiet (een nieuw bestrijdingsmiddel, een nieuwe wijze van bemesten, nieuwe rassen), voor geïntegreerde en vooral voor ecologische systemen dienen consistente teeltsystemen te worden ontwikkeld in het kader van een veel bredere set van doelstellingen.

Om aan deze vraag te voldoen moet in het landbouwkundig onderzoek analyse samengaan met synthese met een nieuwe balans tussen theoretisch en praktisch onderzoek. Dit vergt een nieuwe visie en nieuwe methoden van de betrokken onderzoekers. Kortweg komt dit neer op een evenwichtig samenspel van praktisch en theoretisch onderzoek bij het ontwerpen, toetsen en verbeteren van ecologische prototypes voor bedrijfs- en teeltsystemen (Fig. 1). Met dit stuk willen we de nieuwe aanpak presenteren voor zover deze is uitgewerkt op bedrijfsniveau en gepland is op teeltniveau.

Deze nieuwe aanpak wordt sinds 1991 gevolgd door het AB-DLO bij de prototypering van ecologische akkerbouwbedrijven in samenwerking met 10 praktijkbedrijven onder EKO-keurmerk in Flevoland (Vereijken, Kloen en Visser, 1994). De verkregen prototypes zullen vanaf 1996 op teeltniveau worden uitgewerkt op het proefbedrijf 'De Lovinkhoeve' bij Marknessse (Flevoland), in het kader van het AB-DLO/IPO-DLO-onderzoeksprogramma 'Optimalisering van geïntegreerde en biologische productiesystemen'. In dit programma worden de onderzoeksvragen op het niveau van teeltsystemen vastgesteld op grond van de problemen die worden geïdentificeerd in het bedrijfssystemenonderzoek, zodat het onderzoek oplossingen genereert die direct bijdragen aan de verbetering van de bedrijfssystemen (Fig. 1). De gevolgde aanpak op bedrijfsniveau wordt eerst uiteengezet. Daarbij wordt de methodologie voor prototypering van bedrijfssystemen, zoals ontwikkeld in het genoemde programma, in detail besproken. Naast deze benadering zullen modelmatige verkenningen op bedrijfsniveau worden uitgevoerd in het programma, waarbij gebruik gemaakt wordt van optimaliseringstechnieken. De methoden die daartoe zijn ontwikkeld en de synergistische rol van prototypering en modelmatige verkenning worden besproken in de bijdrage van Rossing et al. in dit boek. Vervolgens wordt de aanpak besproken van het te starten onderzoek op teeltniveau.



[Figuur 1](#)

PROTOTYPERING VAN BEDRIJFSSYSTEMEN OP VOORHOEDEBEDRIJVEN

Met financiering van de EU wordt sinds 1991 door een team van ABDLO een prototype ontwikkeld voor de akkerbouw en groenteteelt in Flevoland (Centrale Zeeklei). Dit gebeurt vanuit een ecosysteemgerichte visie: landbouw is beheer van het platteland als multifunctionele agro-ecosystemen, gericht op een duurzame voorziening van de thuismarkt met voedsel- en andere natuurprodukten. Een dergelijke visie kan praktisch worden als consumenten en producenten de verantwoordelijkheid gaan delen. Daarbij zorgen de producenten voor ecologisch verantwoorde produkten onder keurmerk en kopen de consumenten geen andere dan deze produkten en betalen daarvoor de benodigde, en vanwege de toegevoegde waarde ook passende, prijzen.

De evolutie van wereldmarktgerichte landbouw naar ecosysteemgerichte landbouw is ingrijpend en omvattend en vergt dus vele jaren. Daarom is geïntegreerde landbouw een zeer welkome overbrugging en verdienen het agromilieukeur en hectaretoeslagen voor natuurprestaties alle steun als een eerste stap in de richting van gedeelde maatschappelijke verantwoordelijkheid voor de landbouw en het platteland en de daarbij in te zetten technologie.

Biologische landbouw met het Europees erkende EKO-keurmerk vormt een goede aanzet voor ecosysteemgerichte landbouw, maar vertoont nog vele tekorten. Er is vooral tekort aan kwaliteitsproductie (zonder gebruik van pesticiden), nutriëntenbeheer (met uitsluitend organische plantevoeding) en beheer van natuur en landschap (verweven met de productie en vermarkt met de produkten). Met gerichte innovatie in samenwerking met voorhoedebedrijven kan biologische (middelen) landbouw worden verbeterd tot ecologische (doelen) landbouw, conform de ecosysteemgerichte visie.

Methodische weg naar ecologische prototypen

Voortbouwend op de eerste ervaring op het proefbedrijf OBS te Nagele in Flevoland (Vereijken, 1992) is de prototypering uitgewerkt in een methodische weg van vijf formele stappen (Vereijken 1994, 1995):

- (1) maak een rangorde in 6 algemene doelen, onderverdeeld in 20 specifieke doelen als basis voor een prototype waarin de strategische tekorten van de bestaande systemen zijn goedge maakt (Rangorde van Doelen als deel 1 van de identiteitskaart van het prototype);
- (2) zet de 10 hoofddoelen om in meervoudige doel-maatstaven om ze te kwantificeren en om de meervoudige doel-methoden vast te stellen die nodig zijn om de gekwantificeerde doelen te bereiken (Maatstaven en Methoden als deel 2 van de identiteitskaart);
- (3) ontwerp een theoretisch prototype door de maatstaven aan de bedrijfsmethoden te koppelen en de methoden in dit verband te ontwerpen totdat ze klaar zijn voor een eerste toetsing (Theoretisch Prototype als deel 3 en Multifunctioneel Vruchtwisseling Model als hoofdmethode en deel 4 van de identiteitskaart);
- (4) leg het prototype uit in de praktijk en toets en verbeter het tot de doelen, zoals ze zijn gekwantificeerd in de maatstaven, zijn bereikt (Agro-ecologische Uitleg als deel 5 van de identiteitskaart);
- (5) verspreid het prototype door groepen voorhoedebedrijven (10 - 15 bedrijven), regionale netwerken (15-30 bedrijven) en tenslotte door nationale netwerken (geheel van regionale netwerken) met een geleidelijke verschuiving in de begeleiding van onderzoekers naar voorlichters.

De uitkomsten van bovengenoemde vijf stappen worden uitgedrukt in delen van een identiteitskaart van een prototype, om de samenwerking binnen het team en de uitwisseling met partners (voorhoedebedrijven, andere

teams) en doelgroepen te dienen.

Op deze wijze wordt de jaarlijkse voortgang in het EU-netwerk voor prototypering van Geïntegreerde en Ecologische Akkerbouw Bedrijf Systemen in beeld gebracht (Vereijken, 1994 en 1995).

Op basis van de identiteitskaart van ons ecologisch prototype voor de akkerbouw en groenteteelt op de Centrale Zeeklei kan de methodische weg van prototypering nader worden toegelicht.

Rangorde van doelen (stap 1)

Tabel 1 toont de 6 algemene waarden of belangen die in de landbouw betrokken zijn, met een onderverdeling naar 3 tot 5 specifieke waarden of belangen. De eerste stap die je onderneemt als ontwerper van bedrijfssystemen is je rangorde van doelen vast te stellen binnen dit kader, gelet op de tekorten van de bestaande systemen in de doelregio en de gerichte bijdrage die jouw prototype dient te leveren om de situatie op korte termijn (geïntegreerd systeem) of lange termijn (ecologisch systeem) te verbeteren. De procedure is eenvoudig: in de eerste ronde waardeer je de algemene doelen van 6 tot 1 in afnemende volgorde van belangrijkheid. In de tweede ronde waardeer je de specifieke doelen binnen ieder algemeen doel van 3 tot 1 in afnemende volgorde van het belangrijkheid (bij voedselvoorziening met 3, 2, 1, 0 en 0 omdat er 5 specifieke doelen zijn, niet 3).

Op deze wijze hebben we de rangorde van doelen opgemaakt als stap 1 in het Flevoland-project (Fig. 2).

Tabel 1 Algemene en specifieke waarden en belangen in de landbouw (vereenvoudigd uit (Vereijken, 1992))

Tabel 1 Algemene en specifieke waarden en belangen in de landbouw (vereenvoudigd uit (Vereijken, 1992))

Algemeen	Waarden en belangen		
	specifiek	algemeen	specifiek
Voedselvoorziening		Abiotisch milieu	
	- kwantiteit		- bodem
	- kwaliteit		- water
	- stabiliteit		- lucht
	- duurzaamheid		
	- betaalbaarheid		
Werkgelegenheid		Natuur/Landschap	
	- bedrijfsniveau		- flora
	- regionaal niveau		- fauna
	- nationaal niveau		- landschap
Basisinkomen/Winst		Gezondheid/Welzijn	
	- bedrijfsniveau		- boerderijdieren
	- regionaal niveau		- plattelandsbevolking

Kwantificeren van doelen en vaststellen van methoden (stap 2)

Na het plaatsen van de doelen in een rangorde (stap 1) kun je de top 10 van de specifieke doelen transformeren in een geschikt stel maatstaven om ze te kwantificeren (stap 2). Aldus kunnen de gekwantificeerde doelen worden gebruikt als gewenste resultaten bij het toetsen en verbeteren (stap 4). Gegeven het enorme aantal mogelijke maatstaven, zijn er twee belangrijke redenen om er zo weinig mogelijk te gebruiken. Allereerst spaart het tijd en geld. Ten tweede verzekert een groot aantal maatstaven niet dat de doelen worden geïntegreerd. Dit is van wezenlijk belang, want de doelen kunnen op vele wijzen strijdig zijn. Daarom kun je beter eerst een beperkt aantal meervoudige doelmaatstaven vaststellen om ervoor te zorgen dat de doelen voldoende worden geïntegreerd. Aanvullend kun je nog specifieke maatstaven vaststellen voor die doelen, die niet of slechts ten dele worden gedekt door de meervoudige doelmaatstaven.

Voor een prototype waarin mogelijk strijdige doelen voldoende worden geïntegreerd is een geschikt stel bedrijfsmethoden vereist. De huidige methoden dienen meestal 1 of 2 van je doelen maar benadelen de overigen. Chemische gewasbescherming is een duidelijk voorbeeld. Daarom zoek je allereerst naar integrerende methoden die de kloof overbruggen tussen strijdige doelen en de overige doelen niet benadelen. Aanvullend kun je specifieke methoden vaststellen voor belangrijke specifieke doelen die onvoldoende worden gedekt door de meervoudige doelmethoden.

Aldus hebben we de doelen gekwantificeerd en de methoden vastgesteld als stap 2 in het Flevoland project (Appendix I). Uitgangspunt is de top 10 van de specifieke doelen (zie tabel in Appendix I) zoals die eenvoudig uit de rangorde der doelen (Fig. 2) kan worden opgemaakt door de cijfers voor de specifieke doelen te vermenigvuldigen met het cijfer voor hun algemeen doel. De 15 maatstaven (zie kader in Appendix I) zijn ontwikkeld in het kader van het EU netwerk c.q. dit project, behalve PBR, KBR, NBR, NDW en NO.

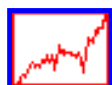
Ontwerpen van theoretisch prototype en methoden in deze context (stap 3)

De meeste methoden moeten ontworpen of herontworpen worden, omdat ze niet bestaan of nog niet klaar zijn voor gebruik. Maar je kunt ze niet onafhankelijk van elkaar ontwerpen en ook niet in willekeurige volgorde, omdat ze meervoudige doelen moeten dienen binnen een consistent bedrijfssysteem en elkaar moeten versterken. Daarom moet je in stap 3 eerst in een theoretisch prototype de methoden aan de maatstaven koppelen voor de doelen die ze moeten helpen te bereiken, voordat je verder gaat met het ontwerpen van de afzonderlijke methoden.

Aldus hebben we een theoretisch prototype ontworpen en de methoden in deze context voor de ecologische akkerbouw/groenteteelt in Flevoland (Fig. 3). Dit theoretische prototype toont de hoofd- en nevenmethoden voor het bereiken van de gewenste resultaten voor ieder doel c.q. in iedere maatstaf. Anderzijds toont het theoretische prototype welke maatstaven worden gesteund door iedere methode en geeft het zodoende aan wat de omvattende betekenis is van iedere methode.

Zoals in de meeste ecologische prototypen binnen het EU netwerk, speelt ook in ons ecologisch prototype voor de akkerbouw/groenteteelt in Flevoland een Multifunctioneel Vruchtwisseling Model (MVM) een centrale rol. Vandaar dat MVM als hoofdmethode het eerst moet worden ontworpen, om te voorzien in een evenwichtig 'team' van gewassen dat slechts een minimum aan hulpmiddelen vereist die vervuילend zijn en/of gebaseerd op fossiele

energie (nutriënten, pesticiden, machines, brandstof) om de bodemvruchtbaarheid te handhaven en daarmee gewasvitaliteit als de basis voor kwaliteitsproductie. Appendix II toont MVM in een bedrijfsspecifieke variant voor voorhoedebedrijf no. 6 in ons Flevoland-project.



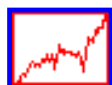
[Figuur 2](#)

In het ecologisch prototype voor akkerbouw/groenteteelt in Flevoland is de kwaliteit van het abiotisch milieu en de handhaving daarvan het hoofddoel, vóór natuur/landschap en voedselvoorziening.

Al worden pesticiden vervangen door niet-chemische maatregelen, toch blijft het milieu een eerste zorg, omdat de bodemvruchtbaarheid voornamelijk dient te worden gehandhaafd door hergebruik van organisch afval. Omdat organische meststoffen meestal nutriënten bevatten in verhoudingen die niet overeenkomen met de behoefte van de gewassen, kan ophoping en uiteindelijk uitspoeling van bepaalde nutriënten slechts worden vermeden door uitgekiend nutriëntenbeheer, gericht op landbouwkundig gewenste en ecologisch aanvaardbare nutriëntenvoorraden in de bodem.

Natuur/landschap is het tweede hoofddoel, aangezien de huidige biologische landbouw geen expliciete richtlijnen en technologie heeft voor dit steeds schaarsere goed. Een ecologische infrastructuur kan voorzien in dit tekort en ecologisch bewuste consumenten bewegen tot omschakeling op ecologische producten. In Flevoland zal de ontwikkeling van een ecologische infrastructuur zich concentreren op een flora van de slootkanten die aantrekkelijk is voor mens en dier.

Voedselvoorziening is het derde hoofddoel, met name een optimaal evenwicht tussen kwantiteit en kwaliteit, als een onmisbare basis voor basisinkomen/winst en gezondheid/welzijn. Dit evenwicht noemen we kwaliteitsproductie. Het vereist een nieuwe en hoogwaardige technologie, met name een Multifunctioneel Vruchwisseling Model als de belangrijkste vervangende methode voor externe middelen zoals pesticiden.



[Figuur 3](#)

In het ecologisch prototype voor de akkerbouw/groenteteelt in Flevoland worden de top 10 doelen zoals gekwantificeerd in 15 maatstaven bereikt door 4 meervoudige doelmethoden, die worden ontworpen en geoperationaliseerd in deze volgorde:

1. Multifunctioneel Vruchwisseling Model (MVM) is de hoofdmethode om de gewenste resultaten te bereiken in Kwaliteit Productie Indices (KPI Produkt)⁻¹ zonder pesticidengebruik (Milieu Blootstelling aan Pesticiden = 0), Netto Overschot (NO) en Bodem Bedekking Index (BBI). P en K Beschikbare Reserves (PBR, KBR), N Beschikbare Reserves (NBR), N Drainage Water (NDW) en Vogel Soorten Diversiteit (VSD).
2. Ecologisch Nutriënten Beheer (ENB) is de hoofdmethode om de gewenste resultaten te bereiken in P en K Jaarlijkse Balansen, P en K Beschikbare Reserves, N Beschikbare Reserves en N Drainage Water. Bovendien is het een nevenmethode voor Kwaliteit Productie Indices (zonder Milieu Blootstelling aan Pesticiden) en Netto Overschot.

3. Ecologisch Infrastructuur Beheer (EIB) is de hoofdmethode om de gewenste resultaten te bereiken in Ecologische Infrastructuur Index (EII), Vogel Soorten Diversiteit, Plantaardige Doelsoorten Diversiteit (PDD), Plantaardige Doelsoorten Verdeling (PDV) en Bloem Dichtheid (BD). Bovendien is het een nevenmethode voor Kwaliteit Productie Indices (zonder Milieu Blootstelling aan Pesticiden) en Netto Overschot.

4. Bedrijf Structuur Optimalisatie (BSO) is de afrondende methode om het gewenste resultaat in Netto Overschot te bereiken, als de huidige hoeveelheden land, arbeid en kapitaalgoederen van een voorhoedebedrijf dat niet kunnen met het agro-ecologisch geoptimaliseerd prototype.

De ontwerpprocedure voor MVM is als volgt:

1. Identificeer en karakteriseer mogelijke gewassen voor je regio of je bedrijf (format A):

- maak een lijst van minstens 10 gewassen in afnemende volgorde van winstgevendheid en vermarktbaarheid;
- karakteriseer de gewassen in hun mogelijk rol in het MVM in biologische, chemische en fysieke termen.

2. Ontwerp een MVM op basis van (1) waarbij tegelijk aan een multifunctioneel stel eisen wordt voldaan (format B):

- vul het eerste rotatieblok met gewas no. 1;
- vul de volgende blokken onder handhaving van de biologische bodemvruchtbaarheid door gewasfrequenties te begrenzen tot £ 16,7% en gewasgroepfrequenties tot £ 33,3 %;
- vul de volgende blokken onder handhaving van de fysieke bodemvruchtbaarheid door consistent een gewas met een hoog cijfer voor bodembedekking (erosiegevoelige gronden) of voor effect op bodemstructuur (verdichtingsgevoelige gronden) te plaatsen na een gewas met een laag cijfer;
- vul de volgende blokken in onder handhaving van de chemische bodemvruchtbaarheid door consistent een gewas met een lage Noverdracht te plaatsen voor een gewas met een lage Nbehoefte en een gewas met een hoge Noverdracht te plaatsen voor een gewas met een hoge Nbehoefte;
- vul afzonderlijke blokken met 2 of 3 gewassen met overeenkomende kenmerken, als dit nodig is vanwege beperkte arbeids- of afzetcapaciteit;
- zorg ervoor dat gewasopvolgingen haalbaar zijn in termen van oogsttijd, oogstresten en opslag van de voorvruchten.

Toetsen en verbeteren van het prototype in de praktijk (stap 4)

Stap 4 is het toetsen en verbeteren van het prototype totdat de doelen zoals gekwantificeerd in de maatstaven zijn bereikt. Het is de meest bewerkelijke en dure stap, die minstens een volledige rotatie vereist van het prototype over ieder veld (minstens 6 jaar voor ecologische prototypen). Daarom is het essentieel dat je alle voorgaande stappen met de grootste zorgvuldigheid hebt genomen. Het is dan ook nuttig om de voorgaande stappen nog eens kritisch

door te nemen voordat je verdergaat met stap 4:

- Dekt je rangorde van doelen (stap 1) werkelijk de tekorten van de huidige systemen (in ons project is dit biologische akkerbouw/groenteteelt volgens EKO-richtlijnen) in de regio, dus heb je niet te lage klassering voor 'nieuwe' doelen zoals natuur/ landschap en te hoge klassering voor 'oude' doelen zoals basisinkomen /winst, zodat je zeker bent dat je werkelijk vernieuwt en niet slechts een beetje vooroploopt bij de hoofdgroep van de bedrijven?
- Heb je in stap 2 echt de doelen goed getransformeerd in het juiste stel meervoudige doelmaatstaven, dus heb je niet te weinig en vooral ook niet teveel maatstaven; heb je elk doel goed gekwantificeerd, dus niet meer, maar zeker ook niet minder ambitieus dan nodig en heb je het benodigde stel methoden goed vastgesteld, dus niet te veel enkelvoudige en te weinig meervoudige doelmethoden?
- Moet je theoretisch prototype niet worden bijgesteld als gevolg van eventuele bijstellingen in stappen 1 en 2?

Toetsing van een prototype betekent het uitleggen op een proefbedrijf of op een groep voorhoedebedrijven en nagaan of de bereikte resultaten overeenkomen met de gewenste resultaten. Als je alle methoden van je prototype hebt ontworpen is een eerste uitleg niet moeilijk op een proefbedrijf, als een eventuele begeleidingscommissie en de bedrijfsleider het aanvaardbaar achten. Maar in het algemeen is er meer tijd nodig om te komen tot een eerste uitleg op voorhoedebedrijven.

1. Je formeert een voorhoedegroep:

- belangstelling wekken door artikelen in agrarische vakbladen of door lezingen op bijeenkomsten voor agrarische ondernemers;
- ondernemers met potentiële voorhoedebedrijven uitnodigen voor studiebijeenkomsten;
- selecteren van ondernemers voor de voorhoedegroep op basis van algemene criteria zoals voltijds werkzaam op bedrijven van voldoende omvang, met passende produktie-activiteiten en daarvoor geschikte grondsoort, gelegen in de doelregio, enz. maar ook agro-ecologische criteria zoals aaneengesloten bedrijfsoppervlak, geschikte indeling van het bedrijf en management criteria zoals vakbekwaam en bereid verder te gaan dan de huidige richtlijnen voor het EKO-keurmerk.

2. Je maakt een variant van het prototype c.q. de onderliggende methoden voor ieder voorhoedebedrijf, in interactie met de ondernemer:

- variant van het Multifunctioneel Vruchtwisseling Model;
- variant van Ecologisch Nutriënten Beheer;
- variant van Ecologisch Infrastructuur Beheer.
- enz.

De hoofdtaak van bedrijfssysteemontwerpers is het ecologiseren van de landbouw door fysisch-chemische methoden te vervangen door biologische methoden. Dit vereist een passend concept van een bedrijf; een ecologisch

bedrijf is een agro-ecologisch geheel dat bestaat uit een 'team' van gewassen in voortdurende rotatie en interactie, met hun vergezellende (goedaardige of schadelijke) flora en fauna.

De taak van de ontwerper kan dus worden gespecificeerd als het ontwerpen van een vruchtwisseling met een maximum aan positieve en een minimum aan negatieve interacties tussen de gewassen. Deze interacties bepalen in hoge mate de fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid en vandaar de vitaliteit en kwaliteitsproductie van de gewassen. Echter, een Multifunctioneel Vruchtwisseling Model heeft weinig invloed op semi-bodemgebonden en door de lucht verspreid schadelijke soorten. Daarom dient een agro-ecologisch optimale opzet van een ecologisch bedrijfssysteem te voldoen aan de volgende aanvullende criteria:

1. Veldaangrenzing = 1;

Alle velden van een bedrijf moeten aan elkaar grenzen, om een agro-ecologisch geheel te verkrijgen als voorwaarde voor een agro-ecologische zelfstandigheid c.q. identiteit.

2. Veldomvang ≥ 1 ha;

Om een prototype bedrijfssysteem te verkrijgen met voldoende agro-ecologische identiteit moeten de velden als onderdelen een minimale omvang hebben.

3. Veldlengte/breedte ≥ 4 ;

Ronde of vierkante velden dragen optimaal bij aan de agro-ecologische identiteit van een bedrijf. Daarom moet de lengte/breedte verhouding binnen een maximum blijven om het verlies aan identiteit te beperken.

4. Vruchtwisselingblokken ≥ 6 ;

Hoe korter de vruchtwisseling, des te groter is de biologische stress op de gewassen evenals de behoefte aan externe hulpmiddelen om deze stress te beheersen. Daarom is het aantal blokken in de vruchtwisseling aan een minimum gebonden (temporele dimensie van de vruchtwisseling).

5. Aangrenzing van opeenvolgende blokken = 0;

Schadelijke semi-bodemgebonden soorten moeten worden verhinderd hun waardgewas te volgen door een vruchtwisseling zonder aangrenzing van opeenvolgende blokken om ervoor te zorgen dat de gewassen niet van jaar tot jaar slechts worden verplaatst naar een aangrenzend veld (ruimtelijke dimensie van de vruchtwisseling).

6. Ecologische Infrastructuur ≥ 5 % bedrijfsoppervlak;

Door de lucht verspreide en semi-bodemgebonden nuttige insecten en spinnen hebben een ecologische infrastructuur nodig die in tijd en ruimte continuïteit verschaft in voedselaanbod en verblijfplaats.

Op basis van deze agro-ecologische criteria is het ecologisch prototype voor akkerbouw/ groenteteelt in Flevoland uitgelegd op 10 voorhoedebedrijven. Appendix III toont bedrijf 6 als voorbeeld en toont eveneens een staatje met de laagste en hoogste scores binnen de groep voor de agro-ecologische criteria.

Door het prototype uit te leggen kan het worden getoetst. Door het te toetsen wordt duidelijk in hoeverre voor ieder van de maatstaven de gewenste resultaten zijn bereikt. Als er een gat is tussen bereikt en gewenst resultaat dient het prototype gericht te worden verbeterd, door bijstelling van de betrokken hoofdmethoden en/of nevenmethoden conform het theoretisch prototype.

De gaten tussen bereikte en gewenste resultaten kunnen voortkomen uit een of meer van de volgende oorzaken: de methode in kwestie is niet voldoende uitgewerkt, of niet uitvoerbaar door de ondernemer of niet werkzaam. In positieve termen: je bent klaar met stap 4 (toetsen en verbeteren) als het prototype in zijn geheel en de methoden in het bijzonder aan deze 4 opeenvolgende criteria voldoen.

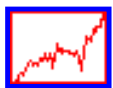
Een methodische weg om prototypen te verbeteren houdt dus in:

1. Ga na welke maatstaven een gat vertonen tussen bereikte en gewenste resultaten.
2. Ga na in het theoretisch prototype welke methoden hierbij betrokken zijn.
3. Ga na aan welke criteria nog niet wordt voldaan door de betrokken methoden:
 - klaar voor gebruik;
 - uitvoerbaarheid door de ondernemers;
 - aanvaardbaar voor de ondernemers;
 - werkzaam.
4. Verbeter de methoden gericht op grond van deze criteria.
5. Leg het prototype opnieuw uit en toets opnieuw.

Verspreiding van het prototype in de regio (stap 5)

Deze stap moet nog worden uitgewerkt. Indien wordt geprototypeerd op voorhoedebedrijven wordt alvast een belangrijke aanzet gegeven. Het interactiemodel tussen het wetenschappelijk team en de voorhoedegroep in Flevoland lijkt ons ook een veilig en werkzaam model voor de opschaling van 10 tot circa 50 voorhoedebedrijven (Fig. 4).

In deze tweede fase kan het prototype c.q. de nieuwe technologie aan de landbouwvoorlichting worden overgedragen, zodat deze kan zorgdragen voor de verdere verspreiding.



[Figuur 4](#)

Prototypen en modelmatige verkenningen op bedrijfsniveau

De gepresenteerde formele prototypingstechniek voor het ontwerpen van bedrijfssystemen is gebaseerd op bestaande kennis en bestaat uit het stap voor stap ontwikkelen van bedrijfssystemen. Daarbij is kennis zo kwantitatief mogelijk gemaakt. Veel stappen zijn echter nog gebaseerd op expertkennis en ervaring van de ontwerpers, waarvoor verdere onderbouwing nodig is (bijvoorbeeld de eisen die gesteld worden in stap 3 en stap 4). Vanwege deze benadering (die in elke stap inzichtelijk is voor iedereen) wordt echter risico vermeden, waardoor daadwerkelijk prototypen voor bedrijven worden ontworpen die op voorhoedebedrijven kunnen worden aangelegd. Door prototypen op voorhoedebedrijven te testen komen vragen op onderliggend niveau boven, waardoor het teeltsystemenonderzoek snel kan inspelen op vragen en problemen (Fig. 1). Daarnaast wordt er in het programma gewerkt aan de ontwikkeling van formele Meervoudige Doelprogrammeringstechnieken voor modelmatige verkenningen van ecologische bedrijfssystemen. Deze verkenningen kunnen leiden tot opties die niet op grond van ervaringsfeiten naar boven zouden komen, waardoor toetsing op proefbedrijven eerst noodzakelijk is. Tevens kunnen 'trade-offs' tussen doelstellingen op voorhand zichtbaar gemaakt worden met deze technieken. Verschillende methoden zijn daartoe ontwikkeld voor de geïntegreerde landbouw (Habekotté en Schans, in voorbereiding) en de bloembollenteelt (Jansma et al., 1995). Een probleem daarbij is de grote hoeveelheid coëfficiënten die nodig zijn (inputs en outputs van systeemcomponenten) evenals inzichten op onderliggend niveau; bijvoorbeeld de N-overdracht in verschillende rotaties. Voor verkennende studies geeft die benadering echter mogelijkheden om opties die bij de prototyping niet zijn onderkend op hun bruikbaarheid te toetsen.

PROTOTYPERING VAN TEELTSYSTEMEN

De prototyping van teeltsystemen in de hiervóór beschreven benadering is vooral gericht op het verkleinen van het vaak aanzienlijke verschil tussen veldopbrengst en vermarktbaar opbrengst, in de vorm oogst-, sorteer- en kwaliteits- c.q. prijsverliezen (Fig. 5). Kwantitatieve schattingen van de haalbare veldopbrengst ontbreken echter. Volgens het onderzoeksteam en de betrokken voorhoedebedrijven is er bij de meeste gewassen eveneens een groot verschil tussen de actuele en de haalbare veldopbrengst als gevolg van vaak nog onbegrepen interacties tussen bemesting en ziekten, plagen en onkruiddruk. Een aansprekend voorbeeld is het grote verschil tussen haalbare en actuele veldopbrengst bij consumptie-aardappel in de vorm van vroegtijdig afsterven van het loof tengevolge van aantasting door *Phytophthora*.

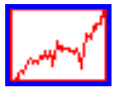
Oplossingen voor dit soort problemen vereisen een kwantitatief inzicht in oorzaken van te lage kwaliteitsproductie. Deze oplossingen zullen een complex en preventief karakter hebben omdat in tegenstelling tot gangbare teeltsystemen er geen gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest gebruikt worden. Dit heeft enige belangrijke problemen tot gevolg:

- a. Voor de nutriëntenvoorziening, die is gebaseerd op hergebruik van organisch afval c.q. mest, beschikken we over beduidend minder sturingsmogelijkheden dan bij het gebruik van kunstmest, waardoor het afstemmen van vraag en aanbod (noodzakelijk voor een optimale benutting en een vermindering van de milieubelasting) zeer moeilijk is en veel nieuwe kennis vereist.
- b. Het MVM vormt de basis voor de beheersing van ziekten en plagen. De grondbewerking en nutriëntenvoorziening spelen echter ook een belangrijke rol. Veel kennis van hun complexe interacties hebben we nodig voor het minimaliseren van de effecten van ziekten en plagen. Ook voor onkruidbeheersing is meer inzicht vereist in de oorzaken van de grote verschillen in arbeidsinzet tussen de voorhoedebedrijven en in de mogelijkheden om de druk van eenjarige en meerjarige onkruiden op termijn te verminderen.

Om deze redenen zijn in het kader van het AB-DLO/IPO-DLO-onderzoeksprogramma, door het AB-DLO projecten

gestart, waarbij de genoemde problemen kwantitatief worden onderzocht in ecologische teeltsystemen in rotatieverband (Grashoff, Lotz, Meijer, Hassink, Schröder, ongepubliceerd). De gevolgde aanpak is weergegeven in Figuur 1. Door prototyping gebaseerd op zoveel mogelijk kwantitatieve kennis en inzichten en expert kennis worden bedrijfssystemen uitgelegd en getoetst op voorhoedebedrijven zoals eerder besproken. Daarnaast worden verschillen tussen haalbare en vermarktbaar opbrengsten geanalyseerd op een speciaal ingericht proefbedrijf 'De Lovinkhoeve'. Op grond hiervan en op grond van problemen die geïdentificeerd worden op de voorhoedebedrijven worden prioriteiten voor het teeltkundig onderzoek gesteld. Dat onderzoek wordt zodanig ingericht dat prototypes voor betere teeltsystemen ontwikkeld kunnen worden gebaseerd op inzichten in de onderliggende processen. De resultaten kunnen dan vervolgens worden ingebouwd in de prototypevarianten van de voorhoedebedrijven.

In het onderzoek dat is gericht op de verbetering van teeltsystemen worden in eerste instantie oorzaken van het verschil tussen haalbare en actuele veldopbrengsten c.q. kwaliteitsproductie systematisch geanalyseerd. Daarnaast worden de belangrijkste teeltproblemen op de voorhoedebedrijven geanalyseerd en worden teeltprototypes ontworpen teneinde de problemen op te lossen.



[Figuur 5](#)

Daartoe worden de volgende produktieniveaus onderscheiden:

1. Potentiële gewasopbrengst (bepaald door daglengte, straling, temperatuur en variëteit);
2. Haalbare gewasopbrengst (potentiële gewasopbrengst gelimiteerd door water en nutriënten);
3. Actuele gewasopbrengst (haalbare gewasopbrengst gekort door ziekten, plagen en onkruiden);
4. Vermarktbaar opbrengst (actuele gewasopbrengst gekort door oogst-, sorteer- en kwaliteits- c.q. prijsverliezen).

Deze produktieniveaus zijn nog niet gekwantificeerd in ecologische teeltsystemen maar er is veel kennis over de produktieniveaus 1 en 2 vanuit de gangbare teelten die is samengevat in dynamische gewasgroeimodellen. Teneinde deze produktieniveaus te kwantificeren in een ecologisch prototype, is een experiment gestart op het AB-DLO proefbedrijf 'De Lovinkhoeve' in een 7-jarige vruchtwisseling ontworpen volgens MVM (Appendix II).

In dat experiment worden in alle 7 gewasblokken behandelingen aangelegd om de produktieniveaus 2, 3, en 4 te kwantificeren voor alle gewassen. Daartoe worden vaste plots aangelegd in 3 herhalingen waarin ziekten en plagen al dan niet bestreden worden bij drie N-niveaus: de standaard vastgesteld middels het ENB-systeem (Vereijken, Kloen en Visser, 1994), een behandeling met verminderde Ninput en een behandeling met verhoogde Ninput. Deze behandelingen zullen de vruchtwisseling volgen. Met gewasgroeimodellen zullen de proefresultaten worden geanalyseerd. Vervolgens zullen de modellen worden gebruikt om de teeltsystemen te optimaliseren.

Vooraf omdat water veelal niet een opbrengstlimiterende factor is en omdat er goede simulatiemodellen voor het potentiële produktieniveau beschikbaar zijn zullen met behulp van bestaande simulatiemodellen de potentiële opbrengsten worden gekwantificeerd. Voor de overige niveaus zullen zo eenvoudig mogelijk doch ecofysiologisch gebaseerde modellen worden ontwikkeld gebaseerd op bestaande modellen en geparаметeriseerd.

De modellen zullen als hulpmiddel worden gebruikt voor de eco-fysiologische analyse van de oorzaken van de verschillen tussen de opbrengstniveaus in de verschillende behandelingen.

Ervaring met deze benadering waarbij modelmatig en experimenteel werk geïntegreerd wordt uitgevoerd voor het oplossen van teeltkundige knelpunten is onder meer opgedaan in een samenwerkingsproject met het International Rice Research Institute (Kropff et al., 1994a). In dat onderzoek werd met behulp van modellen de haalbare opbrengst (die vanwege de irrigatie gelijk was aan de potentiële opbrengst) van rijst geschat en door modelmatige analyse van experimentele gegevens vastgesteld dat onvoldoende opname van N de oorzaak was van het grote verschil tussen haalbare en actuele opbrengsten (3 t/ha). Modellen werden vervolgens gebruikt om N-bemestingsstrategieën te ontwikkelen waarbij de haalbare opbrengst gehaald kan worden met minimale N-inputs (Kropff et al., 1994b).

Oplossen van essentiële problemen

Naast de systematische analyse van opbrengstniveaus wordt onderzoek verricht aan essentiële problemen of knelpunten in teeltsystemen. De opbrengstderiving door *Phytophthora* in aardappel is als een van de essentiële problemen op de voorhoedebedrijven geïdentificeerd die de oorzaak is van het grote verschil tussen haalbare en actuele opbrengsten. Daartoe wordt in de standaardbehandelingen in 1996 een aantal extra behandelingen aangelegd om de interacties tussen *Phytophthora* en nutriëntenvoorziening in detail te analyseren.

Gedetailleerde gewasfysiologische metingen zullen worden verricht en analyses van

de nutriëntenvoorziening worden uitgevoerd met behulp van simulatiemodellen. Met de modellen zullen prototypes worden ontworpen die beter aan de gesteld doelstellingen zouden voldoen. Deze prototypes zullen vervolgens getest worden op het proefbedrijf en/of de voorhoedebedrijven. Prioriteiten voor dit gedetailleerde onderzoek worden jaarlijks bijgesteld en geëvalueerd.

Een ander essentieel probleem dat aangepakt wordt met behulp van modellen en experimenten is het probleem van de onkruidbeheersing, waaraan op de voorhoedebedrijven veel arbeidstijd wordt besteed. Met behulp van modellen (Kropff en Van Laar, 1993) zullen verschillende strategieën worden verkend en getest met behulp van lange-termijn-experimenten.

AFSLUITING

De hier besproken prototypingstechnieken en modelmatige benaderingen zijn gericht op de ontwikkeling van nieuwe bedrijfs- en teeltsystemen voor ecologische landbouwsystemen die voldoen aan een brede range van doelstellingen. De prototypingstechniek op bedrijfsniveau is reeds ver uitgewerkt en geïmplementeerd. Dat maakt het mogelijk een onderzoekprogramma te ontwikkelen waarbij modelmatig en experimenteel onderzoek naar de verbetering van teeltsystemen gericht is op het oplossen van problemen die op de voorhoedebedrijven als persistent en essentieel zijn geïdentificeerd. Dit verhaal geeft duidelijk een momentopname waarbij de samenhang tussen bedrijfssystemen-onderzoek en onderzoek voor de verbetering teeltsystemen in ontwerp wordt geschetst. Daarbij is het prototypingsonderzoek op bedrijfsniveau in de grootste mate van detail besproken. Door de geïntegreerde benadering met een nieuwe balans tussen modelmatig en praktijkonderzoek zal het in de toekomst mogelijk zijn opties te verkennen voor de ontwikkeling van landbouwsystemen die voldoen aan een breed bereik van maatschappelijke doelstellingen in het traject geïntegreerde landbouw-ecologische landbouw teneinde innovatieve en kwantitatieve antwoorden te kunnen geven op de vraag: 'Hoe ecologisch kan de landbouw worden?'.

REFERENTIES

- Jansma, J.E., W.A.H. Rossing, F.J. de Ruijter & J. Schans (1994)
De bol aan de rol: verkenning van ontwikkelingsrichtlijnen voor duurzame bloembollenteelt. Wetenschapswinkel Rapport 103, 60 pp.
- Kropff, M.J., K.G. Cassman, S. Peng, R.B. Matthews & T.L. Setter (1994a)
Quantitative understanding of yield potential.
In: Breaking the yield barrier. K.G. Cassman (Ed.), IRRI, Los Baños, 21-38.
- Kropff, M.J. & H.H. van Laar (Eds), (1993)
Modeling Crop-Weed Interactions. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, The International Rice Research Institute, Los Baños, The Philippines, 274 pp. ISBN 0851987451 and 9712200388.
- Kropff, M.J., H.H. van Laar & R.B. Matthews (Eds), (1994b).
ORYZA1: An ecophysiological model for irrigated rice production.
SARP Research Proceedings, IRRI, Wageningen, 110 pp., ISBN 90-73384-23-0.
- Vereijken, P. & F.G. Wijnands (1990)
Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk PAGV Lelystad, publikatie no 50, 85 pp.
- Vereijken P. (1992)
Een methodische weg naar duurzame bedrijfssystemen. Landbouwtijdschrift - Revue de l'Agriculture 45: 553-566
- Vereijken P., H. Kloen & R. Visser (1994)
Innovatieproject ecologische akkerbouw en groenteteelt (Eerste Voortgangsrapport). AB-DLO rapport 28, Wageningen, 95 pp.
- Vereijken P. (1994)
Designing prototypes (Progress Report 1). Research Network for EU and associated countries on Integrated and Ecological Arable Farming Systems, AB-DLO Wageningen, 87 pp.
- Vereijken P. (1995)
Designing and testing prototypes (Progress Report 2). Research Network for EU and associated countries on Integrated and Ecological Arable Farming Systems. AB-DLO Wageningen, 90 pp.
- Wijnands, F.G., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen S.R.M. Janssens, J. Schröder & K.B. van Bon (1995)
Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw. PAGV-verslag 196, 121 pp.

APPENDIX I

- Kwantificering van doelen en vaststellen van methoden als deel 2 van de identiteitskaart van het ecologisch prototype voor akkerbouw/ groenteteelt in Flevoland ([Definities](#))

* PW- en K getallen zijn de gebruikelijke maatstaven voor P en K Beschikbare Reserves in Nederland. Voor K hangt het optimale bereik af van de gehalten aan klei en organische stof, zodat het varieert van bedrijf tot bedrijf.

** Als PBR of KBR in het optimale bereik verkeert, behoort PJB of KJB gelijk te zijn aan 0 (evenwichtsbemesting).

In het ecologisch prototype voor akkerbouw/groenteteelt in Flevoland wordt de top 10 van specifieke doelen gekwantificeerd door 15 **maatstaven** met een meervoudig doel-karakter. Definities in het kort:

1.1 Milieu Blootstelling aan Pesticiden - bodem (MBP-bodem) = actieve stof (kg ha^{-1}) * 50 % afbraaktijd (dagen).

1.2 P beschikbare reserves (PBR) = $P_w = \text{mg l}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ in de bouwvoor, 1:60 geëxtraheerd met water.

P Jaarlijkse Balans (PJB) = P aanvoer/P afvoer.

1.3 K Beschikbare Reserves (KBR) = K-getal = $\text{mg K}_2\text{O}$ per 100 g luchtdroge grond uit de bouwvoor, 1:10

geëxtraheerd met 0,1 n HCL.

K Jaarlijkse Balans = K aanvoer/K afvoer.

1.4 N Beschikbare Reserves (NBR) = $\text{Kg ha}^{-1} \text{ N}$ min in de laag 0-100 cm aan het begin van de periode met neerslagoverschot c.q. N-uitspoeling.

2.1 Ecologische Infrastructuur Index (EII) = percentage van het bedrijfsoppervlak dat wordt beheerd als een netwerk van lineaire en niet-lineaire habitats en corridors voor wilde fauna, met inbegrip van bufferstroken.

2.2 Plantaardige Doelsoorten Diversiteit (PDD) = aantal soorten met opvallende bloeiwijze naar kleur en/of vorm, aantrekkelijk voor mens en dier.

2.3 Plantaardige Doelsoorten Verdeling (PDV) = gemiddeld aantal doelsoorten/100 m Ecologische Infrastructuur.

3.1 Kwaliteit Productie Index (KPI) $\text{gewasproduct}^{-1} = \text{Kwaliteit Index (KI)} * \text{Productie Index (PI)} \text{ gewasproduct}^{-1} = (\text{verkregen prijs kg}^{-1}/\text{topkwaliteit prijs kg}^{-1}) * (\text{vermarkte kg ha}^{-1}/\text{veldproductie kg ha}^{-1}) \text{ gewasproduct}^{-1}$.

4.1 Milieu Blootstelling aan Pesticiden - water (MPB-water) = (MPB) - bodem * mobiliteit. Mobiliteit = K_{0s}^{-1} en K_{0s} = verdelingscoëfficiënt van het pesticide over drogestof- en waterfracties van de bodem/organischestoffractie van de bodem.

4.2 N Drainage Water (NDW) = Nmin mg l^{-1} in het drainagewater, gemiddeld over de periode van neerslagoverschot.

5.1 Bodem Bedekking Index (BBI) = mate waarin de bodem is bedekt door gewas of gewasrest gedurende een bepaalde periode ($0 < \text{BBI} < 1$).

5.2 Bloem Dichtheid (BD) = gemiddeld aantal bloemen/m Ecologische Infrastructuur, aantrekkelijk voor mens en dier.

5.3 Vogel Soorten Diversiteit (VSD) = Aantal Soorten standvogels en trekvogels op het bedrijf.

6.1 Netto Overschot (NO) = totale geldelijke opbrengsten minus alle kosten, met inbegrip van een paritaire betaling van alle arbeidsuren.

10.1 Milieu Blootstelling aan Pesticiden-lucht (MBP-lucht) = actieve stof (kg ha^{-1}) * dampdruk (Pa bij 20-25 °C)

De top 10 doelen (in 15 maatstaven) worden bereikt door 4 meervoudige doelmethoden:

1. Multifunctioneel Vruchtwisseling Model (MVM) is een bedrijfsmethode met een zodanige afwisseling van gewassen (in tijd en ruimte), dat hun vitaliteit en kwaliteitsproductie met een minimum aan overige maatregelen kan worden veiliggesteld.
2. Ecologisch Nutriënten Beheer (ENB) is een bedrijfsmethode met een zodanige afstemming van aanvoer op afvoer van nutriënten, dat de bodemvoorraden passen in streeftrajecten, die landbouwkundig gewenst en ecologisch aanvaardbaar zijn.
3. Ecologische Infrastructuur Beheer (EIB) is een zodanige aanleg en beheer van een netwerk van landschapselementen op een bedrijf, dat het toegankelijk en leefbaar is voor de wilde flora en fauna en aantrekkelijk is voor de mensen van stad en platteland.
4. Bedrijfs Structuur Optimalisatie (BSO) is een meestal onmisbare methode om een agro-ecologisch geoptimaliseerd prototype ook economisch optimaal te krijgen, door de minimaal benodigde hoeveelheden land, arbeid en kapitaalgoederen te bepalen, die nodig zijn voor het gewenste Netto Overschot.

APPENDIX II

Multifunctioneel Vruchtwisseling Model als deel 4 van de identiteitskaart van het ecologisch prototype voor akkerbouw/groenteteelt in Flevoland

A. Selectie van gewassen door voorhoedebedrijf 6 (gewassen op volgorde van winstgevendheid)

B. Multifunctioneel Vruchtwisseling Model van Voorhoedebedrijf 6.

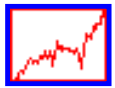
- 1) Genetisch en fytopathologisch verwante groepen, zoals granen, vlinderbloemigen, nachtschadeachtigen, ganzevoetachtigen, schermbloemigen en lelies. Alle opeenvolgende blokken met meerjarige gewassen worden geteld als 1 blok.
- 2) Geen bedekking in herfst en winter = -4, geen bedekking in herfst of winter = -2 overigen = 0 (groenbemesters inbegrepen).
- 3) Granen, grassen en luzerne = 3; wortel-, bol- en knolgewassen = 1; overigen = 2.
- 4) Verdichting door maaien in de zomer = -1 en herfst = -2; rooien in de zomer = -2 en in de herfst = -4.

5) N afvoer door geoogst produkt vanuit de bodemreserves: vlinderbloemigen = 0. Overige: $25-50 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1} = 1$, $50-100 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1} = 2$, $100-150 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1} = 3$, $150-200 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1} = 4$ enz.

6) N-overdracht is de verwachte netto N bijdrage aan het volggewas op basis van N restant in de bodem na de oogst, N-mineralisatie vanuit gewasresten en N verliezen door uitspoeling en denitrificatie. In dit waarderingscijfer moet de nawerking van groenbemesters zijn inbegrepen. N-overdracht $< 50 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1} = 1$, $50-100 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1} = 2$, $150-200 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1} = 3$ enz.

7) N-behoefte (blok x) = N-afvoer (blok x) minus N-overdracht (blok x-1) N-behoefte is de netto aanvoer op basis van mest.

APPENDIX III: Agro-ecologische opzet als deel 5 van de identiteitskaart van het ecologisch prototype voor de akkerbouw/groenteteelt in Flevoland



[Figuur](#)

[← Vorige artikel](#) [→ Volgende artikel](#) [↑ Inhoudsopgave](#)

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Voortgaande vernieuwing in de landbouw: het samenspel van prototypering en toekomstverkenning

W.A.H. Rossing (1), F.G. Wijnands (2) en A.T. Krikke (2)

¹ *LUW-vakgroep Theoretische Produktie-Ecologie, Postbus 430, 6700 AK Wageningen*

² *Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV), Postbus 430, 8200 AK Lelystad*

Samenvatting

De maatschappelijke zorg over ongewenste neveneffecten van landbouwkundige productie op milieu en natuur heeft in alle ‘open teelten’-sectoren van de Nederlandse landbouw geleid tot onderzoek naar duurzame bedrijfssystemen. In dit onderzoek zijn twee planmatige benaderingen te onderscheiden: prototypering en modelmatige verkenningen. Essentieel in beide benaderingen is dat normatieve doelstellingen worden gescheiden van technische en biologische relaties, zodat een confrontatie ontstaat tussen wat mogelijk is en normatief wenselijk. Bij de ontwikkeling van maatschappelijk gewenste, duurzame productiesystemen kunnen vier fasen worden onderscheiden: ontwerp, testen en verbeteren, implementatie op kleine schaal, en implementatie op grote schaal. In deze bijdrage wordt deze fasen besproken, met speciale aandacht voor de synergetische rol van prototypering en modelmatige verkenningen. De fasen worden geïllustreerd met voorbeelden uit de akkerbouw en de bloembollenteelt.

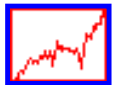
INLEIDING

De Nederlandse landbouw is zeer succesvol gebleken in het verhogen van opbrengsten per eenheid van oppervlak. De gehanteerde produktietechnieken blijken echter tot onaanvaardbare belasting van het milieu en tot achteruitgang van natuur- en landschapswaarden te leiden. Deze negatieve effecten bedreigen niet alleen direct of indirect medegebruikers van de groene ruimte, maar zijn ook een bedreiging voor de continuïteit van de landbouw zelf. De maatschappelijke zorg hierover wordt weerspiegeld in de overheidsbeleidsnota's 'Structuurnota Landbouw' (Anonymus, 1990) en 'Meerjarenplan Gewasbescherming' (Anonymus, 1991). Teneinde landbouwkundige productie op een duurzame leest te schoeien zijn bedrijfssystemen nodig waarin naast bedrijfseconomische doelstellingen ook expliciet doelstellingen worden nagestreefd op het gebied van milieu, volksgezondheid, landschap en natuur. Deze doelstellingen zijn, in ieder geval ten dele, strijdig. Daarmee is het zoeken naar duurzame productiesystemen veelal equivalent met het zoeken naar een *acceptabel* compromis tussen de verschillende doelstellingen op basis van gangbare en experimentele produktietechnieken.

Ontwikkeling van duurzame productiesystemen vereist zicht op de doelstellingen van landbouwkundige productie, kennis van de relatie tussen produktietechnieken en doelstellingen, en gestructureerde verkenning en praktische ontwikkeling van bedrijfssystemen die tegemoet komen aan de gestelde doelen. Praktische ontwikkeling vindt plaats in het zogenaamde prototyperen (Vereijken, 1994). Deze planmatige aanpak komt aan de orde in de bijdrage

van Vereijken en Kropff in dit boek. Verkenning van kansrijke bedrijfssystemen is mogelijk met modelmatige methoden op basis van lineaire programmering. De interactieve meervoudige doelprogrammering (IMDP), een instrument afkomstig uit studies op regionaal niveau (De Wit et al., 1988), maakt zichtbaar welke de biofysische mogelijkheden zijn voor realisatie van doelstellingen (Schans, 1991; Van de Ven, 1994; Rossing et al., 1995). Bij bedrijfsstructuur-optimalisatie (BSO, Bos et al., 1992) richt de aandacht zich op de rol van bedrijfsstructuur en -inrichting bij het realiseren van een acceptabel bedrijfseconomisch resultaat.

Bij de ontwikkeling van duurzame produktiesystemen kunnen vier fasen worden onderscheiden: ontwerp, testen en verbeteren, implementatie op kleine schaal, en implementatie op grote schaal (Fig. 1; zie ook Vereijken, 1992). In deze bijdrage bespreken we deze fasen, met speciale aandacht voor de synergetische rol van prototyping en modelmatige verkenningen hierin. Per fase worden eerst doel en aanpak beschreven. Na dit conceptuele kader volgen een illustratie en, waar nodig, een bespreking. De illustraties zijn ontleend aan de akkerbouw, met name het project "Introductie geïntegreerde akkerbouw in de praktijk" en aan de bollenteelt, met name het project "Toekomstperspectieven voor milieuvriendelijke bollenteelt". Deze sectoren en projecten worden in een intermezzo kort voorgesteld. Allereerst wordt een beknopt overzicht gegeven van de stand van ontwikkeling van duurzame produktiesystemen in een aantal open teelten in Nederland.



[Figuur 1](#)

ONTWIKKELINGSSTADIUM DUURZAME LANDBOUW IN OPEN TEELTEN

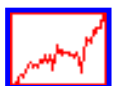
In Figuur 2 is weergegeven hoe ver een aantal sectoren gevorderd is bij de ontwikkeling van produktiesystemen die voldoen aan meerdere doelstellingen. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen prototyping en modelmatige verkenningen met IMDP en BSO.

De prototyping is het verst gevorderd in de geïntegreerde akkerbouw waar de grootschalige implementatie vrijwel is afgerond.

De overige sectoren bevinden zich in het stadium van testen en verbeteren, hetgeen plaatsvindt op proefbedrijven.

Prototyping van ecologische akkerbouw vindt momenteel plaats in een samenwerkingsverband tussen praktijkbedrijven en onderzoek (Vereijken en Kropff in dit boek).

Ervaring met modelmatige verkenningen bestaat in de bloembollenteelt en de akkerbouw.



[Figuur 2](#)

In de bloembollenteelt vormde een studie met IMDP het instrument bij het organiseren van de discussie tussen bollentelers en milieuorganisaties over mogelijke ontwerpen voor milieuvriendelijker produktiesystemen (Jansma et al., 1994; zie intermezzo).

In de akkerbouw werd BSO toegepast op de resultaten van twee onderzoeksprototypen. Daarbij werd nagegaan in welke mate opschaling leidt tot verbetering van het bedrijfseconomisch resultaat. De resultaten waren wegbereidend voor de overgang van testen en verbeteren naar kleinschalige implementatie (Bos et al., 1992; zie intermezzo).

Op basis van de resultaten van deze kleinschalige implementatie werd vervolgens met IMDP geanalyseerd welke perspectieven bestaan voor verdergaande realisatie van milieudoelen (Habekotté en Schans, in druk; zie intermezzo).

Intermezzo

'Geïntegreerde akkerbouw van prototype tot praktijk'

Voor de akkerbouwsector worden prototypen van geïntegreerde akkerbouwsystemen ontwikkeld op regionale basis. Sinds 1979 wordt op het OBS te Nagele het theoretisch prototype voor kleigronden getest en verbeterd, terwijl sinds 1986 op het project Borgerswold en sinds 1989 op het ROC Vredepeel respectievelijk het prototype voor de noordoostelijke zand- en dalgronden en het prototype voor de zuidoostelijke zandgronden wordt ontwikkeld. Het onderzoek wordt uitgevoerd als bedrijfssystemenonderzoek waarbij de ontwikkeling van systemen op (semi) praktijkschaal in een bedrijfscontext voorop staat (Wijnands et al., 1992). De economische perspectieven van deze prototypes zijn vergelijkbaar met de gangbare praktijk (Bos et al., 1992). Op basis hiervan werd besloten tot aanscherping van het theoretisch prototype dat ten grondslag lag aan het bedrijfssystemenonderzoek, enerzijds door beter toesnijden van het prototype op beheersing van grondgebonden ziekten en plagen en anderzijds uit het scherper stellen van de na te streven bovengrens aan pesticidgebruik. De vernieuwde prototypes werden in 1991 te Nagele en Borgerswold (Boerma en Hofmeester, 1992) in uitvoering genomen en in 1993 te Vredepeel (Kroonen-Backbier et al., 1994). De resultaten van het bedrijfssystemenonderzoek gaven samen met de overheidsplannen voor de ontwikkelingsrichting van de landbouw in het algemeen (Anonymus, 1990) en de gewasbescherming in het bijzonder (Anonymus, 1991) aanleiding tot het starten van een vierjarig project (1990-1993) gericht op het evalueren van de regiospecifieke geïntegreerde prototypes van akkerbouwbedrijfssystemen op zogenaamde innovatiebedrijven in de praktijk. Als onderdeel van dit project werd een studie verricht naar de perspectieven van verdergaande realisatie van milieudoelen door de akkerbouw in de centrale zeeleiregio en het noordoostelijk zand- en dalgrondgebied. Hierbij werd gebruik gemaakt van IMDP (Habekotté en Schans, in druk). De resultaten van de innovatiebedrijven fungeerden als toetssteen voor deze modelstudie. Ook in de praktijk bleek geïntegreerde akkerbouw tot goede resultaten te leiden, al werden duidelijk regioverschillen geconstateerd in het niveau van de resultaten. Het project gaf een goed inzicht in benodigde uitwerking van het algemene prototype naar specifieke bedrijven en ondernemers (Wijnands et al., 1995). Op grond van deze ervaring, die de begeleidende voorlichtingsdienst (Dienst Landbouw Voorlichting, DLV) zich ook eigen had gemaakt, en tegen de achtergrond van het covenant dat tussen het Landbouwschap en het Ministerie van LNV in voorbereiding was (Anonymus, 1993), werd eind 1992 besloten reeds in 1993 met de grootschalige invoering van geïntegreerde akkerbouw te beginnen (Anonymus, 1992). In dit driejarige project (1993-1995) worden 500 akkerbouwers begeleid door de handelshuizen en de DLV. Doel van het project is om met name de overheidsdoelstellingen ten aanzien van gewasbescherming en de implementatie van geïntegreerde akkerbouw te verwezenlijken.

'Toekomstperspectieven voor milieuvriendelijke bollenteelt:

een proeve van systeemontwerp'

In de bloembollenteelt vindt ontwikkeling van bedrijfssystemen die tegemoet komen aan milieutechnische en

bedrijfseconomische doelstellingen plaats op twee proefbedrijven in de belangrijkste produktiegebieden op zandgrond: het noordelijk zandgebied van Noord-Holland (proefbedrijf 'De Noord' in Sint-Maartensbrug) en de Bollenstreek (proefbedrijf 'De Zuid' in Hillegom). Op beide bedrijven worden geïntegreerde produktiesystemen ontwikkeld met een verschillende mate van onmiddellijke toepasbaarheid in de praktijk. Daarnaast is er sinds 1992 op De Zuid en sinds 1995 op De Noord een ecologisch systeem in ontwikkeling waarin produktie van bloembollen met SKAL keurmerk wordt beoogd (Stokkers en Van den Berg, 1993; Stokkers, pers. mededeling). Het onderzoek heeft geresulteerd in twee regionale prototypes die gereed zijn voor invoering in de praktijk (Stokkers, pers. mededeling). Anders dan in de akkerbouw wordt niet gekozen voor invoering van deze prototypes als totaalconcept. De sector lijkt de voorkeur te geven aan de begeleide invoering van het Milieupraktijkplan als onderdeel van het Milieuconvenant met de rijksoverheid (Anonymus, 1995a). Bij verbreiding van de ervaringen van de proefbedrijven naar de praktijk wordt gemikt op voorhoedebedrijven op het gebied van bodemgezondheid en bodemvruchtbaarheid, en op demonstratiebedrijven waar deelgebieden worden belicht. Naast deze sector-brede ontwikkelingen, zijn er decentrale initiatieven. Eén ervan, het Bollenoverleg, stond aan de basis van het in deze bijdrage als illustratie gebruikte onderzoeksproject.

Het Bollenoverleg is een platform voor discussie tussen leden van de Werkgroep Jonge Bollentelers enerzijds en leden van de Milieufederatie van de provincies Noord- en Zuid-Holland en het Milieuoverleg Duin- en Bollenstreek anderzijds. In dit in 1991 gestarte overleg wordt een visie ontwikkeld op milieuvriendelijke bloembollenteelt en de wijze waarop deze kan worden bereikt. Toen de discussie dreigde te stranden in gebrek aan synthese van kennis over produktietechnieken en hun bedrijfseconomische en milieuhygiënische gevolgen, besloot men de hulp van Wageningen te zoeken. Via bemiddeling van de Wetenschapswinkel van de Landbouwuniversiteit werd een onderzoeksproject aanbesteed bij de LUW-vakgroep Theoretische Produktie-ecologie en het DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO).

Doel van het project was te verkennen welke technische mogelijkheden er zijn om tot realisatie van zowel economische als milieuhygiënische doelstellingen te komen op bedrijfsniveau bij een planningshorizon van 10-15 jaar. Het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek in Lisse was nauw betrokken bij het uitwerken van produktietechnieken. Het Bollenoverleg gaf direct en via de Begeleidingscommissie sturing aan het onderzoek. Resultaten werden geformuleerd als twee ontwikkelingsrichtingen, één gericht op vermindering van de inzet van pesticiden, de ander gericht op vermindering van het N-overschot. Het onderzoek is een nuttig instrument gebleken bij het op gang brengen van de discussie (Anonymus, 1995a). De resultaten (Jansma, 1994; De Ruijter en Jansma, 1994; Jansma et al., 1994) worden momenteel (september 1995) omgewerkt tot praktijkexperimenten onder auspiciën van het Bollenoverleg. Tevens beoogt het Bollenoverleg het afsluitende rapport te gebruiken als basis voor verdere discussie binnen de sector.

VAN ONTWERP TOT PRAKTIJK

Fase 1: Ontwerp

Ontwerp - Kader

Doel van de ontwerpfase is het ontwikkelen van een 'schetsontwerp' en een 'theoretisch prototype' van een duurzaam bedrijfssysteem (Fig. 1). Met het schetsontwerp doelen we op het resultaat van verkenningen met IMDP. Het theoretisch prototype komt voort uit prototyping. Schetsontwerp en theoretisch prototype hebben een verschillende rol tijdens de ontwerpfase. Idealiter vullen de twee achterliggende benaderingen elkaar aan. De aanpak die ten grondslag ligt aan beide wijzen van ontwerpen is vergelijkbaar, en laat zich samenvatten in vier

stappen (zie Fig. 1): vaststellen van doelstellingen, vaststellen van parameters en randvoorwaarden, kwantificeren van produktietechnieken en samenstellen van schetsontwerp of theoretisch prototype.

1. Doelstellingen

Als eerste stap wordt de globale doelstelling van ontwikkeling van duurzame bedrijfssystemen nader gespecificeerd in doelstellingen op bedrijfseconomisch, milieutechnisch, landschappelijk en sociaal-economisch terrein. Doelstellingen worden in eerste instantie ontleend aan beleidsnota's. Een verdere verfijning in algemene en specifieke doelstellingen heeft plaatsgevonden bij het ontwerpen van prototypen in de akkerbouw (Vereijken, 1994; zie ook de bijdrage van Vereijken en Kropff in dit boek).

2. Parameters en randvoorwaarden

Als tweede stap worden de doelstellingen hanteerbaar gemaakt door keuze van de parameters, dat wil zeggen grootheden die kwantitatieve toetsing mogelijk maken. Zo kan de doelstelling minimalisatie van pesticideninzet beoordeeld worden in termen van inzet van kg actieve stof conform de beleidsdoelstelling (Anonymus, 1991), punten op de milieumeetlat (Reus en Pak, 1993) of op basis van Levenscyclusanalyse (LCA, Heijungs, 1992). Het aantal parameters wordt beperkt door te selecteren op parameters die betrekking hebben op meerdere doelstellingen tegelijk. Zo beoogt de LCA een integrale maat voor het milieueffect van een stof te geven, zowel wat betreft milieuverontreiniging als wat betreft energiegebruik bij productie en toepassing.

Het is zinvol onderscheid te maken tussen parameters en randvoorwaarden.

De randvoorwaarden geven eisen weer met betrekking tot de benutting van hulpbronnen. Zo mag een bedrijfssysteem niet méér arbeid vragen dan beschikbaar is.

In duurzaamheidsvraagstukken komen randvoorwaarden ook voor in de vorm van balansen met evenwicht als eis, bijvoorbeeld op het gebied van organische stof, nutriënten en afwisseling van rooi- en maaivruchten. Tenslotte worden randvoorwaarden gebruikt om minimale of maximale streefwaarden voor doelstellingen aan te geven. In deze zin vormen de randvoorwaarden de grenzen van wat duurzaam wordt geacht. Omdat tenminste voor een deel van de randvoorwaarden geen objectieve grondslag bestaat, verdienen de gevolgen van de keuze van de randvoorwaarden zorgvuldige analyse. Voorkómen moet worden dat kansvolle bedrijfssystemen uitgesloten worden van discussie door in een vroeg ontwerpstadium te strikte, normatieve randvoorwaarden te hanteren. Bij de formulering van een theoretisch prototype worden uiteindelijk aan alle doelstellingen onder- en bovengrenzen opgelegd, zodat toetsing van de effectiviteit van het prototype mogelijk wordt.

3. Produktietechnieken

De volgende stap, die veelal de grootste tijdsinvestering vergt, is het vaststellen van produktietechnieken en het karakteriseren van hun bijdrage aan elk van de doelstellingen en randvoorwaarden. Bij het ontwerpen van een theoretisch prototype wordt produktietechnieken gecombineerd tot samenhangende strategieën op hoofdterreinen van de bedrijfsvoering, zoals gewasbescherming, bemesting, vruchtwisseling en grondbewerking.

In de IMDP benadering worden produktietechnieken gekarakteriseerd door hun bijdragen aan de doelstellingen en de inzet van produktiemiddelen die hiervoor nodig is. Het vaststellen van deze zogenaamde input/output-relaties gebeurt met een 'doel-georiënteerde' benadering. Dat wil zeggen dat de inputs worden afgeleid van een beoogd

niveau van gewasopbrengst (het doel). Hierdoor wordt bewerkstelligd dat inputs in realistische verhoudingen worden gecombineerd, afgeleid uit productie-ecologische kennis. Centraal in het bepalen van de input/output-relaties staat dus het produktieniveau. De hoogte hiervan wordt bepaald door de combinatie van produktiesituatie en produktietechniek (Fig. 3). Het scala van produktietechnieken wordt bepaald door de stand van de techniek en de verwachte ontwikkeling daarin binnen de tijdshorizon waarop de studie betrekking heeft. Naast deze temporele begrenzing van de studie is de ruimtelijke schaal van belang: veld, bedrijf, (supra-)regio of sector. Hoge inzet van bestrijdingsmiddelen in één gewas kan op bedrijfsniveau worden ‘verdund’ door lage inzet in andere gewassen.



[Figuur 3](#)

De produktiesituatie op een specifieke locatie wordt gekarakteriseerd door fysische factoren: klimaat, water beschikbaarheid en bodemkarakteristieken zoals compactie, watervasthoudend vermogen en helling. De produktietechniek omvat alle inputs die gebruikt worden van zaai tot zaai, en die leiden tot het beoogde opbrengstniveau.

In goede produktiesituaties kan een hoog produktieniveau worden gerealiseerd met een gegeven productie-techniek. In slechte produktiesituaties zijn grotere inputs nodig om hetzelfde produktieniveau te realiseren, zo dit überhaupt haalbaar is.

4. Schetsontwerp en theoretisch prototype

In IMDP studies vormen doelstellingen, randvoorwaarden en input-output relaties per gewas de ingrediënten waarmee een lineair programmeringsmodel de bedrijfssystemen formuleert die een acceptabel compromis tussen de doelstellingen opleveren.

Of een bedrijfssysteem acceptabel is, kan in directe interactie met belanghebbenden worden afgewogen aan de hand van een schetsontwerp. Gebruikelijker is dat een groot aantal alternatieven wordt doorgerekend en de uitruil tussen doelstellingen (het 'speelveld') in kaart wordt gebracht.

De laatste stap bij het opstellen van het theoretisch prototype is koppelen van de produktietechnieken aan parameters zodat duidelijk wordt welke methode hoofdverantwoordelijk is voor een parameter. Vervolgens kunnen de methoden uitgewerkt worden tot ze klaar zijn voor de eerste test. Daarmee is een kansrijk ontwerp gereed dat in de praktijk verder getest en geoptimaliseerd kan worden.

Ontwerp - Illustratie: Ontwerp van geïntegreerde produktiesystemen in de bloembollenteelt met IMDP

Doelstellingen en parameters

Vertrekpunt in de ontwerpfase waren een aantal door het Bollenoverleg (zie intermezzo) onderscheiden aandachtsvelden waarop men knelpunten verwachtte bij de realisatie van milieuvriendelijker bollenteelt. Uit deze probleemvelden werden doelstellingen op bedrijfseconomisch en milieutechnisch vlak afgeleid, die door het Bollenoverleg werden besproken en geaccordeerd (Tabel 1).

Randvoorwaarden

Randvoorwaarden werden geformuleerd wat betreft bedrijfsomvang, het gewassenscala, de mogelijkheid (klei) grond met optimale bodemgezondheid bij te huren ('de reizende bollenkraam') en verwachte overheidsnormen op het gebied van pesticideninzet en nutriënteninzet. Aangenomen werd dat kennisintensieve arbeid alleen geleverd kan worden door de vaste arbeidskrachten (VAK), terwijl kennisextensieve arbeid naar behoefte in te huren is. Daarnaast werd toediening van nutriënten beperkt door normatieve grenzen te stellen aan onvermijdbare verliezen (P_2O_5 en K_2O) of door een balans van input en output (N).

Tabel 1. Doelstellingen bij het verkennen van mogelijkheden voor duurzame bloembollenteelt, zoals geformuleerd in overleg met Bollenoverleg en Begeleidingscommissie

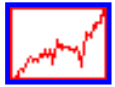
Probleemveld	Doelstelling	Parameter
Gewasbescherming	Pesticideninzet op bedrijfsniveau [minimalisatie]	kg actieve stof per ha (1)
Bemesting	Stikstofoverschot op bedrijfsniveau [minimalisatie]	kg N per ha
Inkomen (2)	Opbrengst minus toegerekende kosten [maximalisatie]	gulden per bedrijf

(1) Het Bollenoverleg gaf de voorkeur aan de LevensCyclusAnalyse-methode voor het meten van de pesticideninzet. Deze methode bleek echter nog onvoldoende operationeel.

(2) In bedrijfseconomische termen betreft het een bruto bedrijfssaldo.

Produktietechnieken

Produktietechnieken werden per gewas geformuleerd door combinatie van vier karakteristieken: 'produktiesituatie', 'teeltfrequentie', 'gewasbescherming en cultivar', en 'Nbemesting' (Fig. 4). Van elke karakteristiek werd een aantal varianten onderscheiden. Combinatie van varianten van verschillende karakteristieken resulteerde in een produktietechniek voor het betreffende gewas, welke wordt weergegeven in kentallen, de input/ output-relaties. Een belangrijke output is de opbrengst aan marktbaar bollen ('leverbaar') daar deze de target vormt waar de benodigde inputs en verkregen outputs van worden afgeleid (doel-georiënteerde benadering, zie boven). De feitelijk leverbare opbrengst wordt berekend door de potentiële opbrengst te vermenigvuldigen met het effect van produktiesituatie, teeltfrequentie, gewasbescherming en cultivar, en N-bemesting. Kwantificering van deze effecten vond plaats door analyse van proeven (met name gewasbescherming en N-bemesting) en door consultatie van experts (met name potentiële opbrengst, produktiesituatie en teeltfrequentie). Door combinatie met 'standaard inputs en outputs' zijn op deze wijze produktietechnieken voor tulp, lelie, hyacint, narcis en wintertarwe gekarakteriseerd, variërend van inpasbaar tot futuristisch (voor terminologie zie Stokkers en Van den Berg, 1993).



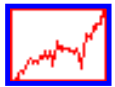
Figuur 4

Naast gewasspecifieke produktietechnieken werden bouwplanmaatregelen onderscheiden. Deze hebben een plaats tussen twee opvolgende gewassen en hebben betrekking op bestrijding van bodemgebonden ziekten en plagen, vastleggen van stikstof en voorkomen van winderosie (Fig. 4).

De produktietechnieken per gewas, de bouwplanmaatregelen en de randvoorwaarden werden in een lineair programmeringsmodel (Schans, in druk) gecombineerd tot bedrijfsstrategieën (Fig. 4), zodat confrontatie met de doelstellingen mogelijk wordt. Resultaten werden verkregen in drie rekenrondes. In de eerste ronde werd iedere doelstelling afzonderlijk geoptimaliseerd, zonder restricties op de overigen. Dit leverde de grenzen voor markt en milieu (Fig. 5a). In de tweede ronde werd het speelveld binnen deze grenzen verkend. Uitgaande van de pesticideninzet en het Stikstofoverschot horend bij het hoogste bedrijfssaldo, werd stapsgewijze pesticideninzet en Stikstofoverschot verlaagd tot het in de eerste ronde bepaalde minimale niveau. Iedere stap leidt tot een nieuwe optimale bedrijfsstrategie. Op deze wijze werd duidelijk in welke mate markt- en milieu-doelstellingen met elkaar in conflict zijn (Fig. 5b). In de derde ronde werden ontwikkelingsrichtingen aangegeven. Vanuit een uitgangssituatie, in dit geval de beoogde overheidsnormen voor het jaar 2000, werd in kaart gebracht welke bedrijfssystemen leiden tot verdere terugdringing van Pesticideninzet en N-overschot (Fig. 5c). In de derde ronde ligt het accent dus op de wijze waarop de bedrijfsstrategieën veranderen bij verandering van keuze tussen markt en milieu.

Resultaten

De verkenningen werden uitgevoerd voor verschillende randvoorwaarden. Ter illustratie van de benadering worden hier resultaten gepresenteerd voor een bedrijf van 15 ha op zandgrond, 3 VAK, mogelijkheid tot grondhuur en keuze uit wintertarwe en de vier bolgewassen.



Figuur 5

Optimalisering van iedere doelstelling afzonderlijk laat zien dat er conflict bestaat tussen markt en milieu, en dat de door de overheid voorgenomen normen voor 2000 technisch realiseerbaar zijn (Tabel 2). De bedrijfsstrategie behorende bij de beoogde normen voor 2000 bestaat uit een 1:3 bouwplan tulp-lolie-wintertarwe op zand, en 11 ha tulp op kleigrond. De bolgewassen worden intensief geteeld, wintertarwe wordt extensief geteeld.

De snelheid waarmee het bedrijfssaldo afneemt bij grotere realisatie van een milieudoelstelling is afhankelijk van de uitgangssituatie en van de betreffende milieudoelstelling. Terugdringing van milieueffecten vanuit het punt met het hoogste saldo tot het punt van de beoogde normen voor 2000, gaat gepaard met zo'n 4 % daling van het bedrijfssaldo.

Een qua vermindering van N-overschot en pesticideninzet ongeveer even grote volgende stap leidt evenwel tot een daling van het saldo met 25 tot 50 %. Terugdringing van pesticideninzet lijkt, althans aanvankelijk, minder inkomen te kosten dan terugdringing van N-overschot.

Perspectief

De resultaten van de verkenningen beogen niet een blauwdruk te zijn voor herinrichting van bedrijven of van de sector. Ook dient bij de interpretatie van de resultaten te worden bedacht dat het scala mogelijke gewassen beperkt was. De bijdrage van de verkenningen bestaat uit het gestructureerd en transparant tegenover elkaar zetten van doelstellingen en mogelijkheden.

Tabel 2. Resultaten van optimalisering naar iedere doelstelling afzonderlijk zonder beperking op te leggen aan de overige, voor een bedrijf van 15 ha zandgrond met 3 VAK en de mogelijkheid tot bijhuren van kleigrond. Op zand kan naast tulp, lelie, hyacint en narcis ook wintertarwe in het bouwplan worden opgenomen. Op klei kan narcis of tulp worden geteeld. De uiterste waarden op het zandgedeelte van het bedrijf zijn vet gedrukt.

Doelstellingen	Bedrijfssaldo index(1)	N-overschot kg N/ha		Gewasbescherming kg a.s./ha	
		zand	klei	zand	klei
maximaal bedrijfssaldo	104	195	134	73	12
minimaal N-overschot	2	55	134	8	12
minimale Pesticideninzet	-4	169	134	0	12

(1) Het bedrijfssaldo is geïndexeerd. Hierbij is het bedrijfssaldo behaald met de bedrijfsstrategie die nog juist voldoet aan de (verwachte) overheidsnormen op 100 gesteld. De waarde van de index is nul als het bedrijfssaldo nul is.

Tabel 3. Illustratie van conflicterende doelen bij gewassenkeuze bij een inpasbare teeltwijze

Doelstelling	Rangorde
Saldo	hyacint > lelie > tulp > narcis > tarwe
Pesticide inzet	tarwe < narcis < tulp < lelie < hyacint
N-overschot	tarwe < narcis < hyacint, tulp < lelie

Uit de schetsontwerpen blijkt dat strategische beslissingen (b.v. grondhuur, opnemen rustgewas) een veel groter effect hebben bij het op peil houden van bedrijfssaldo, dan aanpassingen in de tactische sfeer (lagere pesticiden- of

N-inzet per gewas).

Ook werd de ‘nieuwe’ blik op gewassenkeuze in duurzame produktiesystemen positief beoordeeld, waar naast het saldo per kg leverbaar produkt ook het N-overschot en de pesticideninzet per kg leverbaar produkt beoordeeld moet worden (zie illustratie in Tabel 3). Tevens werd duidelijk dat bij grondhuur afwenteling van milieuproblemen naar andere sectoren een punt van aandacht dient te zijn (zie Tabel 2). De basis voor deze conclusies wordt geleverd door de input/output-relaties. Het lijkt dan ook zinvol deze informatie eveneens los van de optimalisaties op een gebruikersvriendelijke manier toegankelijk te hebben, ter versterking van de discussiefunctie van het schetsontwerp.

Ontwerp - Bespreking

Het schetsontwerp beoogt een instrument te zijn bij maatschappelijke discussie over omschakeling van de bedrijfsvoering met ondernemers en onderzoekers in een vroeg stadium. Een grote mate van kwantitatief detail in de bouwstenen van het schetsontwerp biedt de mogelijkheid tot beargumenteerde beantwoording te komen van ‘wat-als’-vragen. Op deze wijze wordt de speelruimte geschetst die dienstig is bij het ontwerp van een theoretisch prototype. Expliciete aandacht voor bedrijfsstructuur en -inrichting via BSO verdient nadere aandacht in deze fase. Het theoretisch prototype vormt de basis voor het empirisch ontwikkelingsonderzoek in de hierop volgende fase van testen en verbeteren. Een effectieve test vereist een grote mate van detail in de eisen die worden gesteld aan realisatie van de doelen. De mate van kwantitatief detail in de produktietechnieken kan beperkt blijven door het onderscheiden van produktietechnieken in functionele categorieën. Essentieel in de ontwerpmethoden is dat normatieve doelstellingen worden gescheiden van technische en biologische relaties in een bedrijfssysteem. Zo ontstaat een confrontatie tussen wat technisch mogelijk is en normatief wenselijk.

Fase 2: Testen en verbeteren

Testen en verbeteren - Kader

De tweede fase (Fig. 1) heeft twee doelen: 1. het regiospecifiek testen en verbeteren van prototypes door empirisch onderzoek, en 2. het verkennen van kansen en bedreigingen vanuit economisch en productie-ecologisch perspectief. De basis voor een succesvolle testfase is het ontwerp van het bedrijf in tijd en ruimte. Dit heeft niet alleen betrekking op de vruchtwisseling maar ook op de agro-ecologische samenhang en opzet van het bedrijf. In deze context worden vervolgens de gewasbescherming, bemesting, grondbewerking en eventueel het management van de ecologische infrastructuur geoptimaliseerd. De benodigde duur van deze fase hangt af van de doelstellingen, de aard van de parameters die als toetssteen dienen en de mate waarin produktietechnieken reeds uitgekristalliseerd zijn.

Bij het testen en verbeteren van het theoretische prototype wordt vastgesteld in hoeverre de produktietechnieken voldoende uitgewerkt, aanvaardbaar en uitvoerbaar zijn. Waar nodig worden produktietechnieken aangepast totdat de doelen gerealiseerd zijn, zoals deze in de boven- en ondergrenzen van parameters beschreven zijn. De aandacht gaat uit naar realisatie van agronomische en ecologische doelen. Realisatie van bedrijfseconomische streefwaarden is in eerste instantie van ondergeschikt belang en komt bij BSO aan de orde. Deze fase kan zowel plaatsvinden op proefbedrijven als in samenwerking met goed gemotiveerde ondernemers in de praktijk. Een voorbeeld van deze laatste werkvorm is in de bijdrage van Vereijken en Kropff in dit boek aan de orde gesteld.

In deze fase wordt via intensieve meetprogramma’s veel kennis gegenereerd over de verschillende produktietechnieken: hun inpasbaarheid in de bedrijfsvoering, hun effectiviteit in relatie tot de doelstellingen en conflicten met andere methoden en doelstellingen. Veelal vindt ook aanvullend detailonderzoek plaats. Deze informatie vindt directe toepassing bij het verbeteren van het theoretisch prototype, vult de bestaande generieke

kennis van input-output relaties aan, en maakt het mogelijk in modelstudies produktietechnieken uit te ruilen wanneer een andere balans van de doelstellingen nagestreefd wordt.

De perspectieven van het prototype kunnen worden verkend met accent enerzijds op bedrijfseconomie en anderzijds op productie-ecologie. Met behulp van BedrijfsStructuurOptimalisatie (BSO) kunnen de bedrijfseconomische perspectieven van het ontwikkelde prototype worden bekeken. Populair gezegd wordt bij BSO een bedrijf ontdaan van zijn bedrijfsuitrusting (machines, gebouwen), grond en arbeid. Wat overblijft zijn de gerealiseerde in- en outputrelaties en informatie over het bijbehorende type machines. Met een lineair programmeringsmodel wordt bij BSO dan weer een bedrijf 'opgebouwd' dat een zo hoog mogelijk, en in elk geval positief, netto bedrijfsresultaat heeft (zie illustratie). Optimaliseert BSO de bedrijfsstructuur bij de bedrijfsspecifieke, gegeven produktietechnieken, IMDP-modellen doen feitelijk het omgekeerde. Zij verkennen bij een gegeven bedrijfsstructuur de technische en productie-ecologische mogelijkheden om aan de gestelde doelen te kunnen voldoen. IMDP-studies zouden dus zeer wel toegepast kunnen worden op de resultaten van de hierboven beschreven BSO-studies. Zo ontstaat een beeld van de economische en productie-ecologische ontwikkelingsperspectieven voor bedrijven in de betreffende regio, gebaseerd op de resultaten van het regiospecifieke prototype.

Testen en verbeteren - Illustratie: BedrijfsStructuur-Optimalisatie (BSO)

Een getest regiospecifiek prototype dat agronomisch en ecologisch aan de streefwaarden voldoet, dient ook bedrijfseconomisch perspectief te hebben. De bestaande bedrijfsstructuur en -inrichting kan daarbij een belangrijke belemmering vormen. Om de perspectieven te kunnen bestuderen is de BedrijfsStructuur-Optimalisatie (BSO) methode ontwikkeld die inzichtelijk maakt bij welke verhouding tussen bedrijfsoppervlakte, bedrijfsuitrusting en beschikbare arbeid het prototype minimaal een netto bedrijfsresultaat van nul realiseert. Deze methode is gebruikt voor het verkennen van de perspectieven van de geïntegreerde prototypes voor het centrale zeeleigebied (Nagele, Bos et al., 1992) en voor de noordoostelijke zand- en dalgronden (Borgerswold, Hofmeester et al., 1995), en is in voorbereiding voor de zuidoostelijke zandgronden (Vredepeel, Kroonen-Backbier et al., in voorbereiding). In de studies wordt uitgegaan van een bedrijf met één ondernemer. Gezocht is naar een bedrijfsstructuur die economisch concurrerend is met de gangbare variant op de proefbedrijven. Onderkend werd dat de gangbare systemen niet duurzaam zijn vanuit een aantal niet-economische doelstellingen. De vergelijking werd echter zinvol geacht voor het creëren van draagvlak voor geïntegreerde akkerbouw in de sector. In de methode worden 3 stappen onderscheiden:

1. Het opstellen van een bedrijfsmodel (optimalisatiemodel) met randvoorwaarden ten aanzien van:

- beschikbare Vaste ArbeidsKrachten (VAK) en losse arbeid;
- de uitvoerbaarheidsfactor van bewerkingen (met name bepaald door weersomstandigheden);
- de produktietechnieken zoals ze in het prototype gebruikt zijn; deze kunnen eventueel bijgesteld worden als gevolg van uitruil tussen arbeid en mechanisatie en dienen een weergave te zijn van de meest actuele teelttechniek;
- het netto bedrijfsresultaat, dat minimaal nul moet zijn. Alleen dan worden de produktiefactoren grond, arbeid en kapitaal voldoende beloond en is een bedrijfsopzet gerealiseerd die ook economisch duurzaam is.

2. Het opstellen van een representatieve en betrouwbare databank van in- en outputs gebaseerd op het agronomisch

en ecologisch geoptimaliseerd prototype bevattende:

- als inputs: mechanisatie, meststoffen, pesticiden enz. met geactualiseerde prijzen;
- als outputs: marktbaar opbrengsten van hoofd- en bijproduct met verwachte en geactualiseerde prijzen;
- marges van in- en outputs inclusief prijzen.

3. Toepassing van het model in interactie met ontwerpers en ondernemers:

- in een eerste ronde wordt vastgesteld welke bedrijfsstructuur nodig is uitgaande van het onveranderde prototype;
- intermediaire rondes worden uitgevoerd als het gewenste positieve bedrijfsresultaat niet behaald kan worden, waarbij o.a. vruchtwisselingsvarianten doorgerekend worden die het karakter van het vruchtwisselingsmodel van het prototype niet aantasten, maar economisch meer soelaas bieden;
- laatste rekenrondes zijn bestemd voor het vergroten van de uitvoerbaarheid door uitruil tussen met name arbeid, mechanisatie en herbiciden;
- tenslotte worden de marges vastgesteld van de perspectieven van het prototype, gebaseerd op spreiding in in- en outputs.

De BSO-studies voor Nagele en Borgerswold zijn uitgevoerd na afsluiting van vijf jaar prototype-ontwikkeling (1986-1990). Tijdens deze fase van testen en verbeteren zijn teeltresultaten van gewassen incidenteel negatief beïnvloed door maatregelen die niet systeemgebonden zijn. Zo verstoren experimenten en fouten in de bedrijfsvoering de inputs en outputs van een teelt. Bij voorbeeld, de ontwikkeling van een betrouwbare methode voor het toedienen van organische mest resulteerde eenmalig in een opbrengstdaling bij suikerbieten. In overleg met de ontwerpers van het regionale prototype werd een databank van representatieve in- en outputgegevens samengesteld van actuele, goed geteste produktietechnieken.

Tabel 4. Bedrijfseconomische resultaten (gld/ha) geïntegreerde akkerbouw in Centraal kleigebied en Noordoostelijk zand- en dalgebied: optimale bedrijfsstructuur (Bos et al., 1992; Hofmeester et al., 1995).

	Centraal kleigebied 60 ha	Noordoostelijk zand- en dalgebied 70 ha
Financiële opbrengsten (a)	7700	4030
Uitgangsmateriaal	750	340
Meststoffen	160	160
Gewasbescherming	290	250
Arbeidskosten	1480	1030
Machines en werktuigen	1380	810
Overige kosten	3770	2440

Totale kosten (b)	7830	5030
Netto-bedrijfsresultaat (a-b)	-130	-1000

Uit de eerste berekeningen voor het prototype Nagele werd duidelijk welke de benodigde werktuigen zijn voor de gewasverzorging. Bij analyse van de hieruit voortvloeiende arbeidsbehoefte bleek dat er ten gevolge van mechanische onkruidbestrijding in het voorjaar een grote arbeidspiek optrad die niet te ondervangen was door grotere machines of door verschuiving van de timing van werkzaamheden. In overleg met de ontwerpers werd een alternatieve strategie voor de onkruidbestrijding in suikerbieten toegelaten, waarbij twee bewerkingen in de betreffende piekperiode werden vervangen door één chemische. Dit was mogelijk, omdat de nagestreefde reductie van actieve stof in deze bedrijfsopzet ruimschoots werd gehaald.

In het prototype voor het noordoostelijk zand- en dalgebied bleek de gewassenkeuze binnen de multifunctionele rotatie te leiden tot een lage financiële opbrengst als gevolg van aanpassingen in het markt- en prijsbeleid van de Europese Unie voor peulvruchten en granen en door een geringe oppervlakte van het hoogsalderende gewas suikerbieten. Daarop werd de teelt van peulvruchten binnen de randvoorwaarden van de systemen vervangen door braak en een uitbreiding van het areaal suikerbieten. Hierdoor verbeterden de economische resultaten aanmerkelijk, met 500 gulden per hectare.

Met de op deze wijze bijgestelde en geactualiseerde input-output relaties werd vervolgens gezocht naar een bedrijfseconomisch rendabele structuur. Voor het centrale zoekgebied bleek dat bij een bedrijfsoppervlakte van ruim 60 ha een geïntegreerde bedrijfsvoering rendabel was (Tabel 4). Bedrijfsstructuur-optimalisaties op basis van gangbare bedrijfsvoering resulteerden in een vergelijkbare bedrijfsomvang. Veel bedrijven in de regio zijn kleiner dan 60 ha. Dat betekent dat bij vergelijkbaar bouwplan als in het prototype de huidige bedrijfsgrootte ontoereikend is om de economische continuïteit te waarborgen.

Voor het noordoostelijk zand- en dalgebied bleek het netto-bedrijfsresultaat van het geïntegreerde bedrijfssysteem ook bij bedrijfsgroottes van 70 ha negatief te blijven (Tabel 4). Bij deze bedrijfsomvang was het bedrijfsresultaat echter concurrerend met het gangbare systeem. Voorlopige resultaten laten zien dat ook verdere vergroting van de bedrijfsomvang niet tot een positief bedrijfsresultaat leidt. Dit betekent dat voor deze regio perspectieven voor aanvulling van het bedrijfsresultaat ontwikkeld moeten worden via neveninkomsten of andere productieactiviteiten, hetgeen in de regio al de nodige aandacht heeft.

Fasen 3 en 4: Invoering in de praktijk

Fase 3: Implementatie op kleine schaal

Tijdens de 1^e fase van invoering in de praktijk worden de op proefboerderijen ontwikkelde regiospecifieke, agronomisch en ecologisch verbeterde prototypen getest en waar nodig verbeterd met een groep van goed gemotiveerde praktijkondernemers onder uiteenlopende bodem-, bedrijfs- en managementomstandigheden. Zo ontstaan bedrijfsspecifieke varianten van de regionale prototypes. Dit dient twee doelen: evaluatie van de mate waarin het regiospecifieke prototype haalbaar en acceptabel is in de praktijk, en verzamelen van kennis die nodig is om de regiospecifieke prototypes onder uiteenlopende omstandigheden en op grote schaal veilig en succesvol te kunnen implementeren. Nauwe samenwerking tussen onderzoek, voorlichting en een groep goed gemotiveerde ondernemers is een noodzakelijke randvoorwaarde voor doorstroming van de verzamelde kennis in de volgende

fase.

Van de bedrijven die agronomisch en ecologisch aan de gestelde doelen voldoen, kan vervolgens de bedrijfsstructuur en -inrichting worden geoptimaliseerd (BSO). Op deze wijze wordt zichtbaar wat de gevolgen van de prototyping voor de bedrijfsstructuur zijn om de agronomisch en ecologisch geprototypeerde systemen ook economisch haalbaar te maken. Mogelijkheden voor verdergaande verbetering in agronomisch opzicht worden verkregen door de economisch geoptimaliseerde bedrijfssystemen te confronteren met de bedrijfssystemen uit IMDP-verkenningen. Hierdoor ontstaat een economisch, productie-technisch en productie-ecologisch beeld van de bandbreedte voor perspectieven van de nieuwe bedrijfssystemen.

Fase 4: Implementatie op grote schaal

Het doel van deze fase is om zo snel en efficiënt mogelijk het op kleine schaal geteste prototype grootschalig te introduceren. Dit kan alleen succesvol zijn als de regiospecifieke, geteste kennis voorhanden is en de agrarische gemeenschap (ondernemers, voorlichting, onderwijs, afnemende en toeleverende industrie) in voldoende mate gemotiveerd is en vertrouwd is met (elementen van) het nieuwe prototype. Aan deze voorwaarden wordt voldaan wanneer in de voorgaande fase voldoende aandacht gegeven is aan kennisdoorstroming. Het verdient aanbeveling deze fase in de vorm van één project uit te voeren waardoor duidelijke doelen gesteld kunnen worden en er een infrastructuur is die uitwisseling van kennis en ervaring waarborgt.

Implementatie - Illustratie: Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw en Akkerbouw op weg naar 2000

Rond 1990 waren de op de proefboerderijen ontwikkelde regiospecifieke prototypes klaar voor een eerste test op kleine schaal in de praktijk: de innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw. Het betrof een vierjarig project waarin voorlichting (DLV, IKC-agv) en onderzoek (PAGV, AB-DLO, LEI-DLO) samenwerkten. Om voldoende variatie in bodem-, bedrijfs- en managementsomstandigheden te verkrijgen werden vijf regionale groepen samengesteld met elk circa 8 bedrijven (totaal 38 bedrijven). Zij werden intensief begeleid door daartoe opgeleide bedrijfsdeskundigen (DLV). Door middel van het onderzoeksprogramma werden de haalbaarheid van de streefwaarden en de acceptatie van de produktietechnieken van het prototype in de praktijk geëvalueerd.

De omschakeling van de innovatiebedrijven naar geïntegreerde akkerbouw is voorspoedig verlopen. De produktietechnieken van het geïntegreerde prototype werden over het algemeen geaccepteerd, waar nodig aangepast aan de bedrijfsspecifieke situaties. Uitzonderingen vormden technieken die nog onvoldoende uitgekristalliseerd waren (kriekneuzer bij aardappeloogst) of regiospecifieke situaties die afweken van die op de proefboerderijen (duistprobleem in Noord-Nederland en stuif- en vorstproblematiek in Noordoost-Nederland). In deze situaties werden *ad hoc*-oplossingen gevonden die niet altijd even gunstig bijdroegen aan de gestelde doelen. Op deze punten werd dan ook nader detailonderzoek geïnitieerd.

De bemestingsstrategie resulteerde in sanering van de overschotten op de P- en K-balans. Ondanks een sterke daling van het N-overschot (35-115 kg/ha) bleek de hoeveelheid rest-N na de oogst regelmatig 70 kg per hectare te overschrijden, zodat in het algemeen de potentiële N-verliezen door uitspoeling nog niet voldoende beheerst worden. De pesticideninzet (alle categorieën) werd ten opzichte van de bedrijfsspecifieke pre-projectperiode met circa 2/3 verminderd. Dat overtreft de MJP-G normen voor 2000. Bedrijfseconomisch was er een verbeterde noch verslechterde concurrentiepositie ten opzichte van de (gangbare) burens aantoonbaar. Deze resultaten betekenen dat over het algemeen op deze 38 praktijkbedrijven dezelfde resultaten behaald werden als op de proefboerderijen. In deze zin bleek het prototype ook in de praktijk doeltreffend.

Was voor vele ondernemers (en voorlichters) in Nederland in 1990 geïntegreerde akkerbouw een vaag begrip passend bij proefboerderijen, door dit project kreeg de geïntegreerde akkerbouw regionaal een eigen gezicht en plaats. Op grond van de verzamelde ervaring en kennis konden zowel op bedrijfs- als op gewasniveau verbeterde beschrijvingen van de geïntegreerde aanpak opgesteld worden (vele publikaties, maar met name Van Bon et al., 1994). Daarmee was de kennis voorhanden om geïntegreerde akkerbouw onder uiteenlopende omstandigheden te kunnen invoeren (Wijnands et al., 1995).

Aan de minimum-voorwaarden voor een succesvolle grootschalige introductie van geïntegreerde akkerbouw kon door de succesvolle test op kleine schaal reeds eind 1992 voldaan worden. In 1993 werd dan ook door het Landbouwschap en het Ministerie (LNV) een driejarig project gestart om de geïntegreerde werkwijze te verbreden naar een veel grotere groep bedrijven (ca. 500), het project 'Akkerbouw op weg naar 2000' (Anonymus, 1992). Doel van de financiers is om door de introductie van geïntegreerde teeltmethoden de overheidsdoelstellingen ten aanzien van gewasbescherming en bemesting te helpen verwezenlijken. De innovatiebedrijven vormen in de Akkerbouw 2000-groepen de spil voor uitwisseling van kennis en ervaring. In vergelijking met het hieraan voorafgaande project is de begeleiding van de ondernemers meer groepsgewijs, minder individueel en aanzienlijk minder intensief. De begeleiding wordt verzorgd door de DLV en de (met name aardappel-) handelshuizen. Eerste resultaten zullen binnenkort verschijnen (Anonymus, 1995c).

Implementatie - Bespreking

De wijze waarop de invoeringsfase uitgevoerd kan worden, hangt af van de motivatie voor, de kennis van en de ervaring met de nieuwe prototypes van zowel individuele ondernemers als van de sector als geheel. Motivatie moet worden ontleend aan bewustwording van de problemen waarvoor de landbouw zich gesteld ziet in zowel agronomisch, milieukundig als economisch opzicht. De visies hierop verschillen en de via de media hierover gevoerde discussie is eerder verwarrend dan verhelderend. Bewustwording van de noodzaak tot verandering leidt tot verandering van houding en bij voldoende perspectiefrijke alternatieven ook tot gedragsverandering. De alternatieven zijn in dit geval de ontwikkelde prototypen. Het eigen maken van kennis van de nieuwe systemen en met name het gaandeweg ervaring opdoen volgen 'vanzelf' als positieve motivatie aanwezig is.

Ondersteuning vanuit de sector is noodzakelijk omdat hier het draagvlak moet ontstaan voor een succesvolle invoering van toekomstgerichte bedrijfssystemen. Bovendien komt uit sectororganisaties vaak een deel van de benodigde financiële middelen. Complicerende factor is dat dergelijke systemen hun doelstellingen gedeeltelijk putten uit beleidsvisies en daarmee in de ogen van de sector een politieke lading krijgen.

In de akkerbouw bood het ontwikkelde prototype voldoende perspectief en kon met ondersteuning op sectorniveau een groep ondernemers gevonden worden die in voldoende mate de doelstellingen onderschreven om ook concrete aanpassingen in de bedrijfsvoering door te willen voeren. Als ervaringsfeit van de begeleiders en bevestigd in een afsluitende enquête van het project bleek dat de ondernemers zich in de loop van het project steeds sterker bewust waren geworden van met name de landbouw-milieuproblematiek (Van Weperen et al., 1995). Daardoor nam de motivatie toe, al werd de geringe morele steun door collega-ondernemers vaak als demotiverend ervaren.

Anders dan in de akkerbouw lijkt de bloembollensector introductie van een prototype niet te ondersteunen (zie intermezzo). In plaats daarvan kiest men de weg van begeleide introductie van onderdelen, zoals gespecificeerd in het Milieuconvenant met de rijksoverheid. Dit heeft als risico dat onderdelen van het bedrijfssysteem onvoldoende op elkaar worden afgestemd waardoor kansen onbenut blijven. Hier ligt een duidelijk aanknopingspunt met prototyping op proefboerderijen en modelmatige verkenningen. Het modelmatig onderzoek consolideert immers

innovatieve kennis vanuit het prototyperingswerk, waardoor het mogelijk wordt zicht te houden op de potentie van de systemen in hun geheel. Tevens kan worden bijgedragen aan vergroting van de motivatie en kennis van individuele ondernemers, bijvoorbeeld door middel van (computer-ondersteund) onderwijs.

AFRONDING

De prototypering en de hier besproken modelmatige verkenningen zijn vormen van toekomstonderzoek (Schoonenboom, in druk). Prototypering is instrumenteel toekomstonderzoek waarin vanuit de huidige situatie wordt getracht één gewenste toekomst te realiseren. In verkenningen wordt, ongeacht de huidige situatie, nagegaan welke mogelijke toekomsten er bestaan op het gebied van duurzame bedrijfssystemen. In deze bijdrage is betoogd dat interactie tussen beide vormen wederzijds versterkend werkt. De prototypering vergroot de kennisbasis voor modelmatige verkenningen, welke op hun beurt de keuze voor één bepaald prototype plaatsen tegen de achtergrond van alternatieve keuzen. Prototypering zonder verkenningen leidt tot ‘bijziend’ onderzoek. Verkenningen zonder prototypering resulteren in ‘verziendheid’. De gewenste ‘bifocale’ scherpte wordt verkregen door combinatie van benaderingen.

Tussen de ‘open teelten’-sectoren bestaan momenteel grote verschillen in ontwikkelingsstadium op weg naar duurzame bedrijfssystemen. Het verst gevorderd is de geïntegreerde akkerbouw, die de projectmatige, grootschalige introductie zelfs dit jaar afsluit. De gekozen weg in de akkerbouw bleek vruchtbaar en efficiënt. Voor andere sectoren kan dit aanleiding zijn een soortgelijke weg te kiezen. Uit het voorbeeld van de bloembollenteelt blijkt dat dit niet altijd mogelijk zal zijn. De te kiezen weg is afhankelijk van de beleving van de noodzaak tot invoering en de perceptie van de perspectieven ervan, zowel door individuele ondernemers als door de sector als geheel. In die zin dienen niet alleen de systemen rijp te zijn voor de praktijk maar dient de praktijk ook rijp te zijn voor de systemen. Nu het onderzoek naar bedrijfssystemen die voldoen aan meerdere doelstellingen in de meeste sectoren zo’n vier jaar op gang is, zal de aandacht gericht moeten worden op de motivatie van ondernemers en de sectoren en zullen in samenspraak tussen onderzoek en praktijk passende instrumenten moeten worden ontwikkeld. Het is plausibel dat daarbij zowel groot- als kleinschalige werkvormen zullen worden gekozen. In beide gevallen kan ‘monitoring’ van ontwikkelingen in de praktijk door prototypering en modelmatige verkenningen bijdragen aan een kritische reflectie op bereikte doelen en aldus aan voortgaande vernieuwing van de landbouw.

DANKWOORD

De auteurs bedanken Anton Haverkort, Rob Stokkers en Wopke van der Werf voor constructief commentaar op een eerdere versie van dit manuscript.

REFERENTIES

Anonymus (1990)

Structuurnota Landbouw: Overheidsbeslissing. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Staatsdrukkerij Uitgeverij, Den Haag, 174 pp.

Anonymus (1991)

Meerjarenplan Gewasbescherming: Overheidsbeslissing. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Staatsdrukkerij Uitgeverij, Den Haag, 137 pp. + 133 pp. bijlagen.

Anonymus (1992)

Akkerbouw naar 2000, Milieu en Bedrijf. Uitgave Landbouwschap, Den Haag, 8 pp.

Anonymus (1993)

Bestuursovereenkomst uitvoering MeerJarenPlan Gewasbescherming. Uitgave Landbouwschap, Den Haag, 27 pp.

Anonymus (1995a)

Overeenkomst uitvoering milieubeleid bloembollensector. Projectsecretariaat Doelgroepenoverleg Bloembollensector.

Anonymus (1995b)

Bollentelers en milieuactivisten: 'Wetenschap heeft samenwerking verstevigd'. 6700, Periodiek van het Kenniscentrum Wageningen, 3-4.

Anonymus (1995c)

Akkerbouw 2000 themanummer. IKC-informatie akkerbouw en vollegrondsgroententeelt. Uitgave IKCagv nr. 5, Lelystad (in voorbereiding).

Boerma, J. & Y. Hofmeester (1992)

Bedrijfssystemen-onderzoek Borgerswold, invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1991. PAGV verslag nr 146, Lelystad, 49 pp.

Bon, K.B., F.G. Wijnands, I.A. Schönherr & I. Hidding (1994)

Telen met perspectief, teeltstrategieën gericht op een duurzame akkerbouw. Kerngroep MJPG. Uitgave IKC-agv nr. 21, Lelystad, 75 pp.

Bos, A., S.R.M. Janssens & A.T. Krikke (1992)

Analyse van de economische resultaten.

In: Anonymus, Themadag bedrijfssystemen voor een akkerbouw met toekomst, 1992, PAGV-themaboekje 14, Lelystad, 126181.

Diversen (1995)

Geïntegreerde boomkwekerij, bedreiging of kans. Artikelenserie in De Boomkwekerij nrs. 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 33, 35, 37, 39, 41.

Dolmans, N.G.M. (1993)

Integrated forest nursery production.

In: R. Perrin & J.R. Sutherland, Diseases and insects in forest nurseries, INRA editions, 247-254.

Groot, M. & A.M.E Schenk (1994)

Nog niet duidelijk welk bedrijfssysteem het meeste oplevert. De Fruitteelt 8: 42-44.

Habekotté, B. & J. Schans (in druk)

Modelmatige verkenning van mogelijkheden voor de geïntegreerde akkerbouw. Deelstudie voor het project 'Introductie Geïntegreerde akkerbouw'. AB-DLO rapport.

Ham, M. van den, B.M.A. Kroonen-Backbier, W.K. van Leeuwen-Haagsma, J.A.J.M. Rovers & M.H. Zwart-Roodzant (1995)

Resultaten bedrijfssystemen-onderzoek intensieve vollegrondsgroenten 1991-1993. PAGV verslag nr. 186, Lelystad, 198 pp.

Heijungs, R. (editor) (1992)

Milieugerichte levenscyclusanalyses van producten. Centrum voor Milieukunde, Leiden, 100 pp.

Hofmeester, Y., A. Bos, F.G. Wijnands, A.T. Krikke & B.J.M. Meijer (1995)

Bedrijfssystemen-onderzoek Borgerwold 1986-1990. PAGV-verslag nr. 204, 212 pp.

Jansma, J.E. (1994)

De bol in de knel. Landbouwniversiteit Wageningen en AB-DLO, Wetenschapswinkelrapport 101, 29 pp. + 1 bijlage.

Jansma, J.E., W.A.H. Rossing, F.J. de Ruijter & J. Schans (1994)

De bol aan de rol. Landbouwniversiteit Wageningen en AB-DLO, Wetenschapswinkelrapport 103, 60 pp. + 5 bijlagen.

Kroonen-Backbier, B.M.A., Y. Hofmeester & F.G. Wijnands (1994)

Bedrijfssystemen-onderzoek Vredepeel. Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1993. PAGV-verslag 176, Lelystad, 112 pp.

Reus, J.A.W.A. & G.A. Pak (1993)

An environmental yardstick for pesticides. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 58(2a): 249-255.

Rossing, W.A.H., J.E. Jansma, F.J. de Ruijter & J. Schans (1995)

Between market and environment: exploring options for environmentally friendlier flower bulb production systems. Abstract International Plant Protection Congress, Den Haag, 2-7 juli 1995.

Ruijter, F.J. de & J.E. Jansma (1994)

Modelmatige beschrijving van productie- en milieuv variabelen van bloembolgewassen met behulp van het rekenmodel TCG_CROP. DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) en TPE-LUW Wageningen, Rapport 17, 38 pp. + 15 bijlagen.

Schans, J. (1991)

Optimal potato systems with respect to economic and ecological goals. *Agricultural Systems* 37: 387-397.

Schans, J. (in druk)

MGOPT_CROP, a multiple goal linear programming model for optimisation of crop rotations, AB-DLO en PE.

Schenk, A.M.E. (1993)

Development of IFP systems for apple, survey of three years research. *Acta Horticulturae* 347: 33-40.

Schenk, A.M.E. (1994)

Wellicht een systeem waar muziek in zit, onderzoek naar teeltssystemen voor schurftresistente rassen van start. De

Fruitteelt: 13-25.

Schenk, A.M.E. (1995)

Development of an integrated and biological growing system for resistant apple cultivars. IOBC/WPRS Bulletin: International symposium on IFP, 1995 (in press).

Schoonenboom, I.J. (in druk)

Overview and state of the art of scenario studies for the rural environment. Paper presented at the lustrum symposium of the DLO-Winand Staring Centre, Wageningen, the Netherlands, September 1994.

Stokkers, R. (1991)

Onderzoekplan geïntegreerde bedrijfssystemen bloembollenteelt de Noord 1991-1996. Rapport nr. 77, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek (LBO), Lisse, 72 pp.

Stokkers, R. & H. van den Berg (1993)

Onderzoekplan geïntegreerde bedrijfssystemen bloembollenteelt de Zuid: 1992-1997. Rapport nr. 81, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek (LBO), Lisse, 72 pp.

Ven, G.W.J. van de (1994)

A mathematical approach for comparison of environmental and economic goals in dairy farming at the regional scale.

In: L. 't Mannetje & J. Frame (Eds), Grassland and Society. Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation (EGF), Wageningen, 6-10 juni 1994, Wageningen Press, Wageningen, 453457.

Vereijken, P. (1992)

A methodic way to more sustainable farming systems. Netherlands Journal of Agricultural Science 40: 209-223.

Vereijken, P. (1994)

Designing prototypes. Progress report 1. Progress reports of research network on integrated and ecological arable farming systems for EU and associated countries. AB-DLO, Wageningen, 87 pp.

Vereijken, P., H. Kloen & R. Visser (1994)

Innovatieproject Ecologische Akkerbouw en Groententeelt. Eerste voortgangsrapportage in samenwerking met 10 voorhoedebedrijven in Flevoland. AB-DLO Wageningen, Rapport 28, 95 pp. en 4 bijlagen.

Weperen, W. van, N. Röling, K. van Bon & P. Mur (1995)

Introductie geïntegreerde akkerbouw, het veranderingsproces. Uitgave IKC-agv, Lelystad, 56 pp.

Wijnands, F.G., B.M.A. Kroonen-Backbier, Y. Hofmeester, W.K. van Leeuwen-Haagsma, J. Boerma & G.J.M. van Dongen (1992)

Ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen.

In: Anonymus, Themadag bedrijfssystemen voor een akkerbouw met toekomst, 1992, PAGV-themaboekje nr. 14, Lelystad, 9-125.

Wijnands, F.G., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, S.R.M. Janssens, J.J. Schröder & K.B. van Bon (1995)

Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw, beknopt overzicht technische en economische resultaten. PAGV-

verslag nr. 196, Lelystad, 126 pp.

Wit, C.T. de, 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(3): 211-230.

 [Vorige artikel](#)  [Volgende artikel](#)  [Inhoudsopgave](#)

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

Melkveehouderij en Milieu:

Wat zijn de vooruitzichten?

H. van Keulen (1,2), H.F.M. Aarts (1), C. Hermans (3) en J. de Wit (4)

¹ *DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), Postbus 14, 6700 AA Wageningen/Haren*

² *Sectie Dierlijke Productiesystemen (DPS), LUW-vakgroep Veehouderij, Marijkeweg 40, 6709 PG Wageningen*

³ *DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO), Postbus 125, 6700 AC Wageningen*

⁴ *LUW-vakgroep Ecologische Landbouw, Haarweg 33, 6709 RZ Wageningen*

Samenvatting

Ecologisering van veehouderijssystemen roept in de eerste plaats vragen op met betrekking tot de betekenis van het begrip. We argumenteren dat we willen aansluiten bij de veelgebruikte karakterisering 'duurzaamheid' hoewel het niet erg duidelijk is wat we daaronder moeten verstaan. We bespreken een aantal pogingen om die karakteristiek te operationaliseren. We komen dan tot de conclusie dat het gebruik van balansen tussen de inputs en outputs van nutriënten één van de operationele manieren is om de mate van duurzaamheid te definiëren. Een aantal nutriëntenbalansen van veehouderijssystemen worden dan behandeld, om te laten zien wat de huidige situatie is en wat de mogelijkheden voor verandering zijn.

Er blijkt ruimte te zijn om inputs en outputs van nutriënten zodanig op elkaar af te stemmen dat verwacht mag worden dat duurzaamheid wordt 'vergroot'.

INLEIDING

De twee woorden die samen in de titel van deze bijdrage staan, zijn bijna niet meer los van elkaar te denken, zowel in de wetenschappelijke als de meer populaire literatuur van de laatste jaren. Het valt daarbij op, dat er veelal wordt aangegeven dat de twee woorden elkaars tegenpool zijn: wie 'hart' heeft voor (melk)veehouderij of er economisch van afhankelijk is, moet zich aan milieu wel weinig gelegen laten liggen, en wie 'hart' heeft voor het milieu, zou het liefst de melkveehouderij als landbouwkundige activiteit zien verdwijnen. Het is opmerkelijk dat deze situatie zich zowel voordoet in de (over het algemeen intensieve) systemen, zoals die in het Westen voorkomen, als in de extensieve systemen die op het platteland in de ontwikkelingslanden gebruikelijk zijn (De Haan and Blackburn, 1995). Er moet hierbij worden aangetekend dat 'intensief' en 'extensief' relatieve begrippen zijn, die vaak onvoldoende zijn gedefinieerd, omdat de mate van intensiviteit afhangt van de criteria die worden gebruikt, en die worden veelal niet expliciet beschreven.

In het Westen (de ontwikkelde wereld) heeft dit antagonisme tussen melkveehouderij en milieu heeft te maken met het feit dat de gangbare produktietechnieken gebaseerd zijn op het gebruik van grote hoeveelheden externe inputs (met name kunstmest en krachtvoer, cf. Tabel 1, Ketelaars en Van de Ven, 1992). Hierdoor worden aanzienlijke hoeveelheden niet expliciet beschreven.

Tabel 1. Stikstofbalans van de Nederlandse rundveehouderij in de periode 1950-1985 (106 kg) (1)

	Import	Export	NUE	
	Kunstmest	Krachtvoer	Melk/Vlees	
1950	70	8	36	0,46
1960	138	25	45	0,28
1970	277	52	56	0,17
1980	356	117	77	0,16
1985	379	153	83	0,16
1989	303	138	80	0,18

(1) *Bronnen*: Ketelaars en Van de Ven, 1992; Boons-Prins et al., 1995

Ook op het niveau van de politiek heeft deze problematiek rond de nutriëntenoverschotten grote aandacht en wordt getracht via beleidsmaatregelen deze terug te dringen. 'Mineralenboekhouding', 'uitrijverbod', 'inwerkplicht', 'verzuringnotitie', 'terugdringing ammoniakuitstoot', het zijn maar een paar van de begrippen die de laatste jaren de bemoeienissen van het beleid met de melkveehouderij karakteriseren (Aarts et al., 1988), die uiteindelijk hebben geleid tot de 'Integrale Notitie Mest-en Ammoniakbeleid' die op dit ogenblik als beleidsvoornemen bij de volksvertegenwoordiging ligt.

Eénzelfde conflict tussen milieu en (melk)veehouderij vinden we ook ten aanzien van 'extensieve' veehouderijssystemen in ontwikkelingslanden. De problematiek is daar echter 'omgekeerd' aan die in de Westerse landen, i.e. de export van nutriënten uit het systeem in de vorm van dierlijke producten is groter dan de import uit externe bronnen. Dit is een gevolg van het feit dat het economisch niet aantrekkelijk is deze externe inputs te gebruiken (cf. Wooning, 1992). De consequentie is dat de bodem systematisch wordt 'uitgemijnd', d.w.z de hoeveelheid nutriënten in het systeem neemt af (Stoorvogel en Smaling, 1990). Een recente studie in Zuid-Mali heeft aangetoond dat dit gebruik van bodemreserves zo'n 35 % bijdraagt aan het inkomen van de boeren (Van der Pol, 1992). Op termijn tast deze uitputting van de bodem de produktiecapaciteit aan, al moet hier niet al te dramatisch over worden gedaan, omdat door het gebruik van (kunst)mest, wanneer de economische omstandigheden zich wijzigen, de nutriëntenvoorraad weer vrij snel op peil kan worden gebracht. Het grootste gevaar zit erin dat tijdens deze neergaande spiraal tenslotte de verhouding produktie/exploitatie zo laag wordt dat er onvoldoende organisch materiaal overblijft om de bodem te beschermen tegen fysische degradatie (korstvorming, verlaging van de infiltratiecapaciteit, leidend tot hogere afstroming en daarmee gepaard gaande erosie). En het is veel moeilijker (en kapitaal-intensiever) om deze fysisch gedegradeerde gronden weer te regenereren (Breman et al., 1982).

In het kader van deze themadag willen we een overzicht geven van de huidige situatie binnen de melkveehouderij,

en proberen aan te geven in hoeverre aanpassingen van het systeem kunnen plaatsvinden in de richting van 'ecologisering'.

Het is de moeite waard om eerst eens te bekijken wat onder het begrip 'ecologisering' moet worden verstaan.

Wanneer we de titel van deze themadag als uitgangspunt nemen, zijn er, met betrekking tot melkveehouderij een paar vragen te stellen: (i) Wat is 'ecologisch' in deze context? (ii) Op welke wijze kunnen er veranderingen binnen veehouderijsystemen plaatsvinden zodat 'meer ecologische' systemen ontstaan?

Met betrekking tot 'ecologisch', kunnen we langs een aantal definities lopen:

In de 'Dikke Van Dale' wordt ecologie omschreven als 'leer van de betrekkingen tussen dieren en planten en de omgeving waarin zij leven'. Het daarvan afgeleide bijvoeglijk naamwoord, geeft wel 'ongeveer' aan waar het over gaat, maar het helpt ons niet veel verder naar het expliciteren van wat we moeten verstaan onder 'ecologisering' van landbouwkundige systemen.

Vereijken et al. (1994) spreken over een 'ecosysteemgerichte visie' op landbouwkundige produktiesystemen, en definiëren dat als: 'Landbouw is het multifunctionele beheer van het platteland als agro-ecosystemen met als doel een duurzame voorziening van de thuismarkt met voedsel en andere natuurprodukten. Dit behoort te berusten op eerbied en verantwoordelijkheid voor en kennis van de biosfeer, en te worden ondersteund door nationale en internationale wetten en overeenkomsten'.

Gliessman (1989) definieert 'agro-ecologie' als: de studie van agro-ecosystemen gebaseerd op ecologische principes, maar ook daar ontbreekt weer een duidelijke operationalisering van het begrip.

Op basis van het voorgaande, stellen wij voor als 'werkdefinitie van ecologisering' te gebruiken: 'aanpassing van de produktietechnieken en -omvang op een zodanige manier dat de draagkracht van het systeem (milieugebruiksruimte) niet wordt overschreden'.

Deze definitie houdt duidelijk in, dat één van de belangrijkste criteria dan de duurzaamheid van agronomische systemen wordt. Dat levert onmiddellijk weer een volgende vraag over definities op, want hoe moet duurzaamheid worden geconcretiseerd? De 'oorspronkelijke' definitie (WCED, 1987) legt de nadruk op het feit dat er binnen duurzame systemen kan worden voldaan aan de behoeften van de huidige generatie, zonder afbreuk te doen aan de mogelijkheden van toekomstige generaties om ook aan hun behoeften te voldoen. Er is sindsdien een zeer groot aantal definities (of omschrijvingen) van duurzaamheid gepubliceerd (TAC, 1987; Oram, 1988, De Wit, 1989; FAO, 1991, om maar een paar voorbeelden te noemen), maar we lijken er nog steeds niet geslaagd te zijn deze definitie voldoende 'handen en voeten' te geven om het begrip operationeel te maken. Recentelijk is er een aantal pogingen gedaan om expliciete criteria te formuleren voor het beoordelen van de duurzaamheid van veehouderijsystemen (Østergaard, 1995; De Wit et al., 1995).

Zoals in het voorgaande aangegeven, lijkt, met betrekking tot dierlijke produktiesystemen de balans van inputs en outputs van nutriënten één van de belangrijkste criteria voor duurzaamheid, omdat die aangeeft in hoeverre er sprake is van (deels onomkeerbare) veranderingen in de systemen, die aanleiding kunnen geven tot aantasting van het produktievermogen van de natuurlijke hulpbronnen. Deze imbalance van inputs en outputs van nutriënten kan zowel betrekking hebben op situaties waarin de inputs veel groter zijn dan de outputs, waardoor ofwel grote verliezen naar het milieu plaatsvinden, of accumulatie van nutriënten in het systeem (Ketelaars en Van de Ven,

1992; Schröder en Ten Holte, 1992), ofwel waar de outputs groter zijn dan de inputs en dus 'uitputting' van het systeem plaatsvindt (Stoorvogel en Smaling, 1990).

DIERLIJKE PRODUKTIESYSTEMEN

Veehouderij, waarvan melkveehouderij een gespecialiseerde vorm is, kan worden omschreven als het gebruik van planten en dieren om daarmee voor de mens nuttige dierlijke producten voort te brengen, waarbij de zon de energiebron vormt (Ketelaars, 1992). Voor de intensieve veehouderijsystemen in Westerse landen geldt echter dat een toenemend deel van de inzet van energie afkomstig is van fossiele energie (Meadows et al., 1992). De productie van een kg melk vergt op dit moment, afhankelijk van het produktiesysteem, tussen de 1 en 10 MJ fossiele energie (Tamminga, 1995). Dit fossiele energieverbruik draagt, via de productie van CO₂, bij aan het broeikas effect, en heeft daarmee negatieve consequenties voor het milieu. Het lijkt er echter op dat de bijdrage van uit de veehouderij afkomstige CO₂ aan het broeikas effect nauwelijks gewicht in de schaal legt, en dat de in deze systemen geproduceerde methaan (CH₄) veel belangrijker is.

We zullen ons daarom in deze bijdrage vooral richten op de rol van nutriënten in (melk)veehouderijsystemen, en proberen na te gaan wat de mogelijkheden zijn om daarin verbeteringen aan te brengen.

NUTRIËNTENBALANSEN IN MELKVEEHOUDERIJSYSTEMEN

Nutriëntenbalansen vormen een belangrijk hulpmiddel bij het bepalen van de mate van duurzaamheid van veehouderijsystemen. Om aan te geven wat de mogelijkheden en de vooruitzichten voor de toekomst zijn, zijn in Tabellen 2 en 3 de cijfers weergegeven voor de stikstof- en fosforbalansen voor gangbare bedrijven op zandgrond, vergeleken met de resultaten van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu 'De Marke', dat erop gericht is een melkveehouderijsysteem te ontwikkelen dat voldoet aan de milieunormen zoals verwacht op grond van huidige beleidsdocumenten (Aarts et al., 1988) en met het gemiddelde van 14 biologische bedrijven (Souwerbren, 1991).

Tabel 2. Stikstofbalansen (kg ha⁻¹) van gemiddelde gangbare melkveehouderijbedrijven op zandgrond (extensief en intensief), voor 'De Marke' als gemiddelde van twee seizoenen en voor 14 biologische melkveebedrijven

	extensief	intensief	'De Marke'	Biologische bedrijven ('92/'93 en '93/'94)
INPUTS				
kunstmest	311	359	74	7,2
krachtvoer	80	199	123	51,8
depositie	48	48	49	38
ruwvoer	9	90	-	23
overige*	6	10	12	73,9+)
TOTAAL	454	706	258	194,6

OUTPUTS

vlees	10	19	6	7,9
melk	42	94	68	47,4
ruwvoer	1	-	-	1,2
TOTAAL	53	113	74	56,5
OVERSCHOT	401	592	184	138,1
OVERSCHOT	48	32	16,6	15,0
(kg 10 ³ /kg FPCM#)				
Stikstofbenutting	0,12	0,16	0,29	0,29

+) inclusief aankoop van dierlijke mest, netto mineralisatie en symbiotische binding

#) meetmelk

Tabel 3. Fosforbalansen (kg ha⁻¹) van gemiddelde gangbare melkveehouderijbedrijven op zandgrond (extensief en intensief), voor 'De Marke' als gemiddelde van twee seizoenen en voor 14 biologische melkveehouderijbedrijven

	extensief	intensief	'De Marke' ('92/'93 en '93/'94)	Biologische bedrijven
INPUTS				
kunstmest	17	13	1,8	0,2
krachtvoer	15	36	21,4	9,8
depositie	1	1	1,0	0,9
ruwvoer	1	14	-	3,5
overige*	1	2	-	9,5+)
TOTAAL	35	66	24,2	23,8
OUTPUTS				
vlees	3	6	2,5	2,4
melk	7	16	10,0	7,8
ruwvoer	-	-	-	0,2
TOTAAL	10	22	12,5	10,4
OVERSCHOT	25	44	11,7	13,2
OVERSCHOT	2,9	2,4	1,7	1,4
(kg 10 ³ / kg FPCM#)				
Stikstofbenutting	0,285	0,33	0,48	0,44

+) inclusief aankoop van dierlijke mest en netto mineralisatie

#) meetmelk

Gangbare bedrijven op zandgrond vertonen aanzienlijke verschillen in nutriëntenbalansen: intensieve bedrijven

(gekaracteriseerd door een hoge veebezetting) hebben een stikstofoverschot van 592 en een fosforoverschot van 44 kg ha⁻¹, tegenover waarden van 401 en 25 kg ha⁻¹ voor extensieve bedrijven. Het is opvallend dat wanneer de overschotten worden betrokken op de hoeveelheid meetmelk, de waarde op de intensieve bedrijven aanzienlijk lager is dan op de extensieve bedrijven. Dat betekent dus dat intensivering niet noodzakelijkerwijs leidt tot lagere efficiënties, wanneer uitgedrukt per eenheid produkt (De Wit, 1992). Dit wordt ook geïllustreerd door de resultaten van de biologische bedrijven, die bij een nog 'extensievere' bedrijfsvoering (uitgedrukt in inzet van externe produktiemiddelen) geen hogere efficiëntie halen.

Op 'De Marke' en op de biologische bedrijven zijn de overschotten per eenheid van oppervlak aanzienlijk lager (zelfs nog een factor twee vergeleken met de extensieve bedrijven) dan op de gangbare bedrijven. Dit heeft vooral te maken met het feit dat op deze bedrijven de inzet van externe produktiemiddelen, met name kunstmest en krachtvoer veel lager is dan op de gangbare bedrijven, terwijl de output in melk en vlees niet navenant omlaag gaat.

Op 'De Marke' is de efficiëntie van nutriëntengebruik (Van Keulen et al., 1996; Van Keulen en Stol, 1993) voor stikstof bijna een factor twee hoger dan op de gangbare bedrijven, en is zelfs nog wat hoger dan op de biologische bedrijven. Voor fosfor zijn de efficiënties van 'De Marke' en de biologische bedrijven precies gelijk, en ook hier weer bijna het dubbele van die op de gangbare bedrijven. Zoals al gezegd, worden de 'alternatieve' systemen vooral gekenmerkt door een veel lager gebruik van externe produktiemiddelen en daarmee een lagere import van nutriënten. Het lijkt interessant na te gaan in hoeverre een dergelijke bedrijfsvoering invloed heeft op de nutriëntenbalansen op de lange termijn, omdat natuurlijk gemakkelijk het argument gebruikt kan worden dat op deze bedrijven, die nog maar betrekkelijk kort opereren, 'gekapitaliseerd' wordt op in het verleden opgebouwde reserves. Voorlopige resultaten geven aan dat er sprake is van een beweging naar een evenwichtssituatie: percelen die aan het begin van het onderzoek een hoge 'nutriëntenstatus' hadden, tenderen naar lagere waarden, terwijl voor percelen met een lage waarde het omgekeerde geldt.

CONCLUSIES

De hier gegeven analyse toont aan dat er uitdrukkelijk mogelijkheden zijn om de duurzaamheid van melkveehouderijsystemen te 'vergroten'. Er moet worden opgemerkt, dat het criterium dat is gebruikt nogal beperkt is, omdat sterke nadruk is gelegd op de nutriëntenbalansen als karakteristiek voor de mate van duurzaamheid.

Het verdient aanbeveling om verdere criteria in de beschouwing te betrekken: de economische levensvatbaarheid, de sociale accepteerbaarheid, enz.

Er moet daarbij onderscheid gemaakt worden tussen de technische mogelijkheden om de efficiëntie van nutriëntengebruik te verhogen (op verschillende integratieniveaus, i.e. individueel dier, kudde, bedrijf, regio, land) en de mogelijkheden om de verliezen van nutriënten te beperken. In het eerste geval gaat het vooral om biologische processen, waarbij gekeken moet worden naar de mogelijkheden om binnen de systemen de efficiëntie te verhogen, terwijl voor het tweede geval vooral het management een belangrijke rol speelt, omdat die de verliezen aanzienlijk kunnen verminderen.

Het is duidelijk dat veehouderijsystemen een belangrijke rol zullen blijven spelen in de toekomstige ontwikkelingen van de landbouw, omdat als gevolg van autonome ontwikkelingen de vraag naar dierlijke produkten zal blijven toenemen (Luyten, 1995; CTA, 1995), maar dat het de vraag is in hoeverre dit zal kunnen worden bevredigd door toename in produktie.

Het is dus een voortdurende vraag in hoeverre de maatschappelijke ontwikkelingen gelijke tred kunnen blijven houden met de technische ontwikkelingen.

REFERENTIES

- Aarts, H.F.M., E.E. Biewinga, G. Bruin, B. Edel & H. Korevaar (1988)
Melkveehouderij en milieu. Een aanpak voor het beperken van mineralenverliezen. CABO-Verslag nr. 79, CABO-DLO, Wageningen, 136 pp.
- Boons-Prins, E.R., H.G. van der Meer, J. Sanders, S. Tamminga, F. van Vugt & J.G. de Wit (1995)
Drastische verbetering van de efficiëntie van de nutriëntenbenutting in de dierlijke productie. NRLO-rapport 95/.. (in druk).
- Brandjes, P.J., J. de Wit, H.G. van der Meer & H. van Keulen, (1994)
Environmental impact of animal manure management. Report for WB/FAO study on Livestock and the Environment. IAC, Wageningen, The Netherlands, 47 pp.
- Breman, H., I.B. Cissé & M.A. Djitèye (1982)
Exploitation, dégradation et désertification. In: F.W.T. Penning de Vries & A.M. Djitèye, (Eds), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agricultural Research Reports 918, Pudoc, Wageningen, 525 pp.
- CTA (1995)
Are beasts a burden? Spore 58: 1-4.
- Gliessman, S.R. (1989)
Agro-ecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture. In: S.R. Gliessman (Ed.), Agro-ecology. Researching the ecological basis for sustainable agriculture. Ecological Studies 78, Springer Verlag, Berlijn, 3-10.
- Haan, C. de & H. Blackburn (1995)
The balance between livestock and the environment. Proc. Eighth Congr. Inst. Trop. Anim. Health and Prod., Berlin, Sept. 25-29, 1995 (in press)
- Hermans, C., (1993)
Twee duurzaamheidscriteria getoetst aan een gangbaar melkveebedrijf. Rapport nr. 143, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad, The Netherlands, 81 pp.
- Ketelaars, J.J.H.M. (1992)
Het aanzien van een duurzame veehouderij. In: F.W.T. Penning de Vries & J.H.J. Spiertz (Eds), Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor plantaardige productie, milieu en natuur. Agrobiologische Thema's 7, CABO-DLO, Wageningen, 71- 85.
- Ketelaars, J.J.M.H. & G.W.J. van de Ven (1992)
Stikstofbenutting en -verliezen in produktiegrasland. In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (Eds), Stikstofstromen in agro-ecosystemen. Agrobiologische Thema's 6, CABO-DLO, Wageningen, 33-49.

Keulen, H. van & W. Stol (1993)

Efficiëntie van water- en stikstofgebruik: een simulatiestudie. In: H. van Keulen & F.W.T. Penning de Vries (Eds), Watervoorziening en gewasproductie. Agrobiologische Thema's 8, CABO-DLO, Wageningen, The Netherlands, 17-39.

Keulen, H. van, H.G. van der Meer & I.J.M. de Boer (1996)

Nutrient balances in livestock production systems in the Netherlands. In: J. van Bruchem & A. Groen (Eds), Utilization of local feed resources in dairy cattle. Wageningen Press (in press).

Luyten, J. (1995)

Sustainable world food production and environment. Report 37, DLO-Research Institute for Agrobiological and Soil Fertility, AB-DLO, Wageningen.

Meadows, D.H., D.L. Meadows & J. Randers (1992)

Beyond the limits. Earthscan Publications Ltd., London, 300 pp.

Oram, P.A. (1988)

Moving toward sustainability. Building the Agro-ecological framework. Environment 30: 14-17, 30-36.

Østergaard, V. (1995)

Indicators to describe sustainability in dairy farming. In: Applied research for sustainable dairy farming, Proceedings of the Symposium, May 31 - June 2, 1995. Research Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry, 94-97.

Pol, F. van der (1992)

Soil mining: an unseen contributor to farm income in southern Mali. Bull. 325, Royal Tropical Institute, Amsterdam, 47 pp.

Schröder J. & L. ten Holte (1992)

Stikstofbenutting en -verliezen in maïsteeltsystemen. In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (Eds), Stikstofstromen in agro-ecosystemen. Agrobiologische Thema's 6, CABO-DLO, Wageningen, 71-85.

Stoorvogel, J.J. & E.M.A. Smaling (1990)

Assessment of soil nutrient depletion in Sub-Saharan Africa: 1983-2000. Vol. I: Main Report, Report 28, The Winand Staring Centre, Wageningen, 137 pp.

Souwerbren, P.S. (1991)

Biologisch melkveebedrijf is milieuvriendelijk, Ekoland 10: 18-20.

TAC (1987).

Sustainable agricultural development: implications for international agricultural research, TAC-Secretariat, FAO, Rome.

Tamminga, S. (1995)

Environmental impacts of nutritional strategies in ruminants (in press).

Vereijken, P.H., H. Kloen & R. Visser (1994)

Innovatieproject Ecologische Akkerbouw en Groenteteelt. Eerste Voortgangsrapport. In samenwerking met 10 voorhoedebedrijven in Flevoland. Rapport 28, AB-DLO, Wageningen.

WCED (1987)

Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford.

Wit, C.T. de (1989)

Problemen van duurzaamheid in de landbouw, Landbouwkundig Tijdschrift 101: 1820.

Wit, C.T. de (1992)

Resource use efficiency in agriculture, Agricultural Systems 40: 125-151.

Wit, J. de, J.K. Oldenbroek, H. van Keulen & D. Zwart (1995)

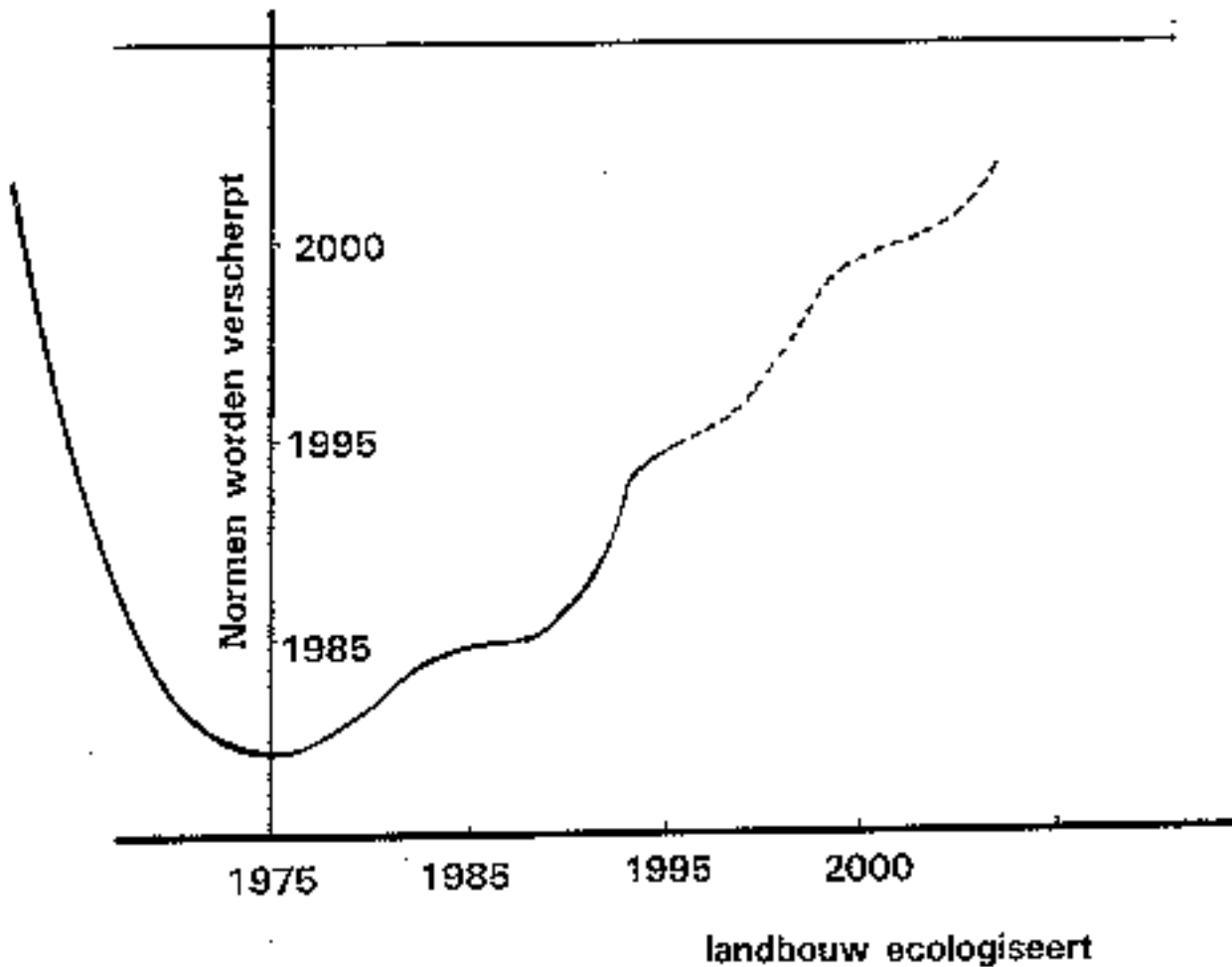
Criteria for sustainable livestock production: a proposal for implementation. Agriculture, Ecosystems and Environment 53: 219-229.

Wooning, A. (1992)

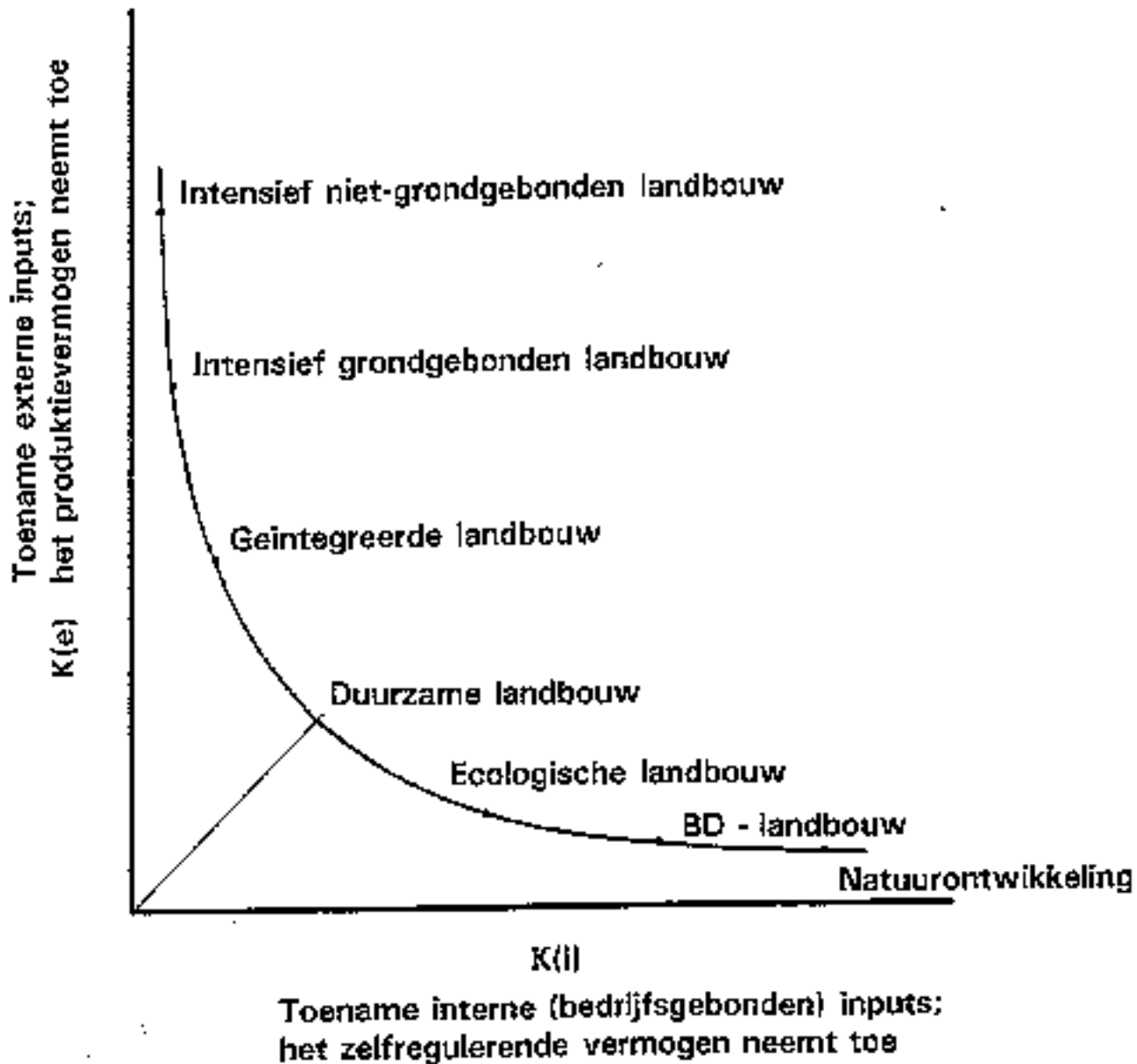
Le prix du bétail, de la viande, des produits laitiers et des engrais dans les pays Sahéliens. Rapports PSS, no. 1. AB-DLO, Wageningen, The Netherlands, 72 pp. + Ann.

 [Vorige artikel](#)  [Inhoudsopgave](#)

Last updated on 1995-12-22 by [Hugo Besemer](#)

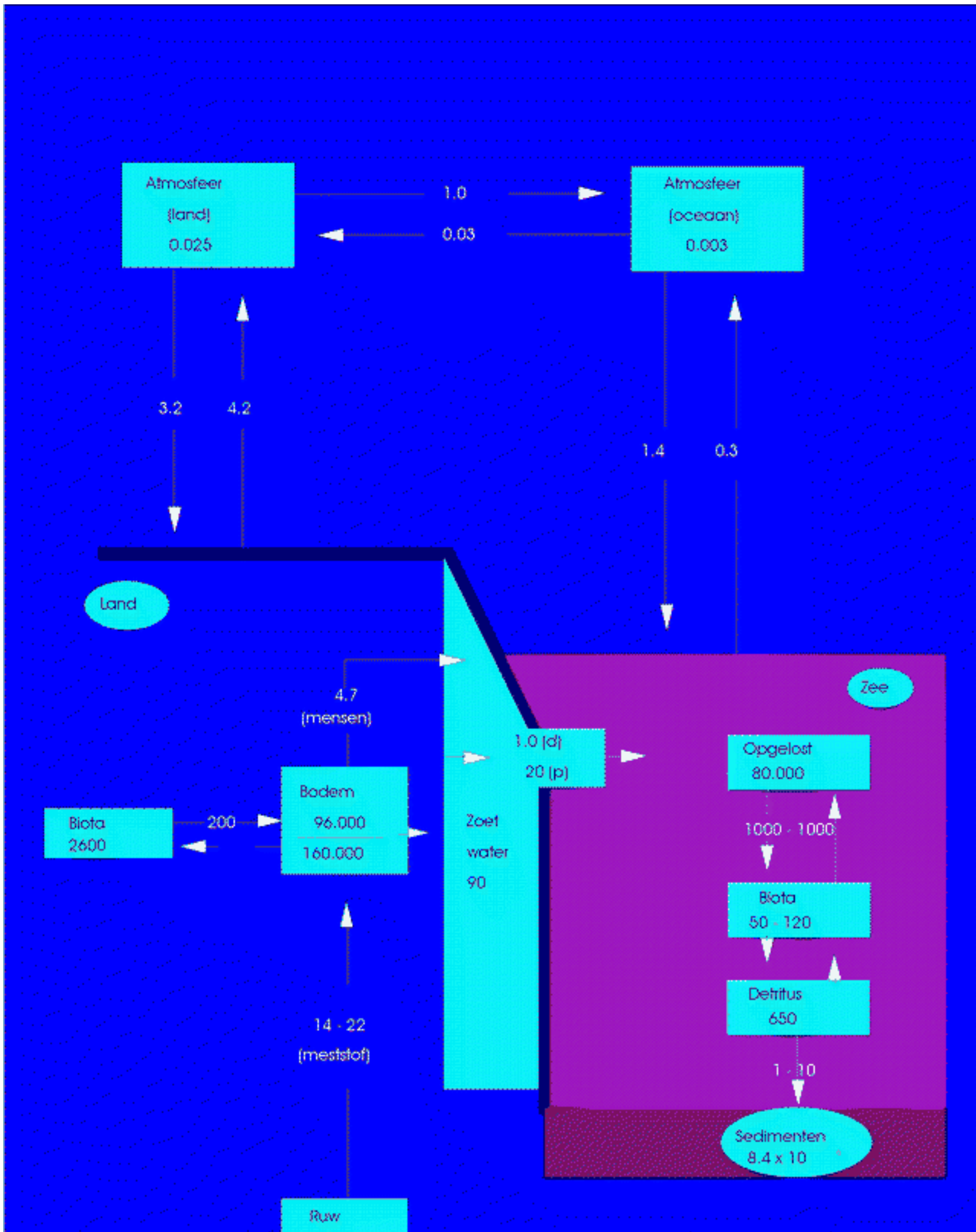


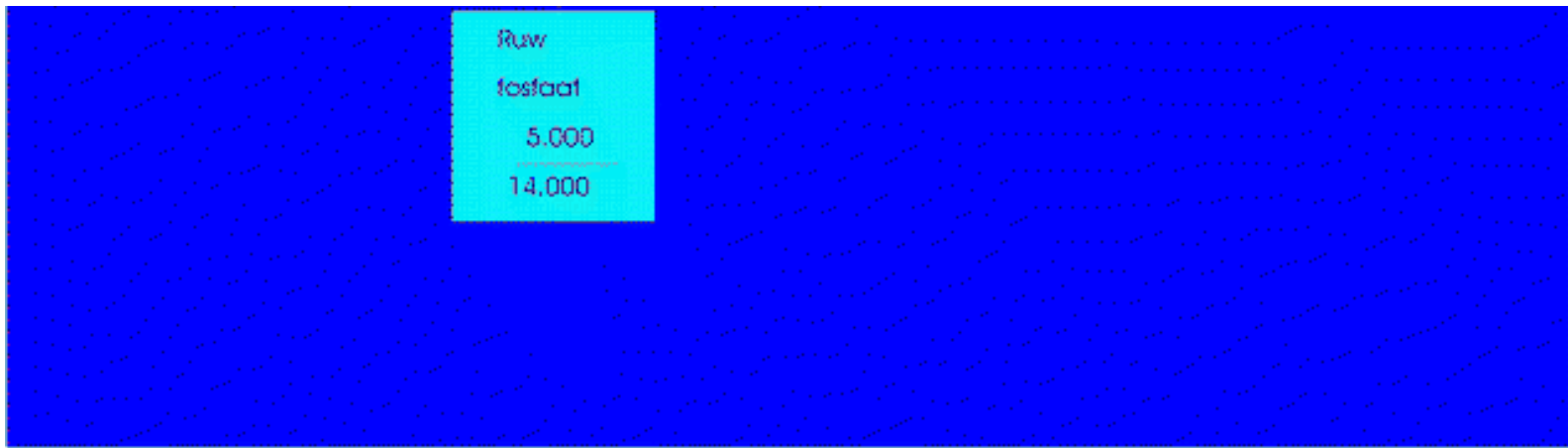
Figuur 1
 Aanschouwelijke presentatie van de opvatting van overheid, onderzoek en agrarisch bedrijfsleven over de ontwikkeling van de landbouw. Naarmate de maatschappelijke randvoorwaarden, ten aanzien van de bescherming van onze leefomgeving, scherper worden, des te meer de landbouw gedwongen wordt om op 'de ecologische toer' te gaan. 'Ecologisch' wil hier zeggen dat de afhankelijkheid van kunstmatige externe hulpbronnen (chemie, genen, kapitaal en technologie) afneemt ten gunste van een grotere afhankelijkheid van bedrijfsgebonden natuurlijke inputs (zelfbufferende vermogens van natuurlijke hulpbronnen, natuurlijke stikstofbinding, ecologie-gestuurde fosfaatvoorziening, productiebeheersing).



Figuur 2
 De kosten van externe inputs (K_e) afgezet tegen de kosten van interne inputs (K_i) voor een landbouwbedrijf. De hellingshoek van de raaklijn aan de hyperbool is een maat voor duurzaamheid van een produktie/beheerssysteem. Op de x-as neemt het vermogen tot zelfregulering toe. Op de y-as neemt het vermogen tot groei van de biomassa toe.

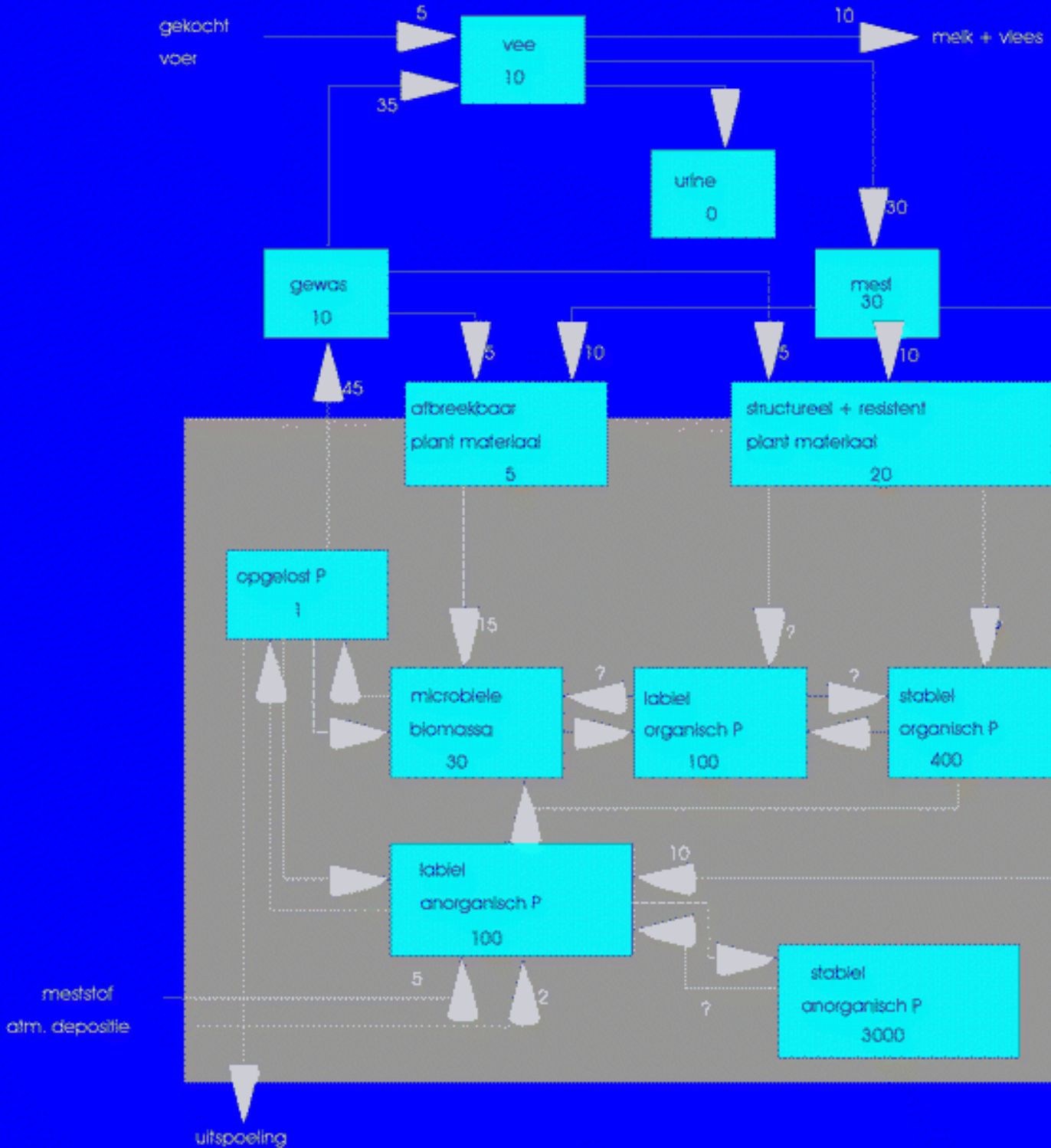
Figuur 1

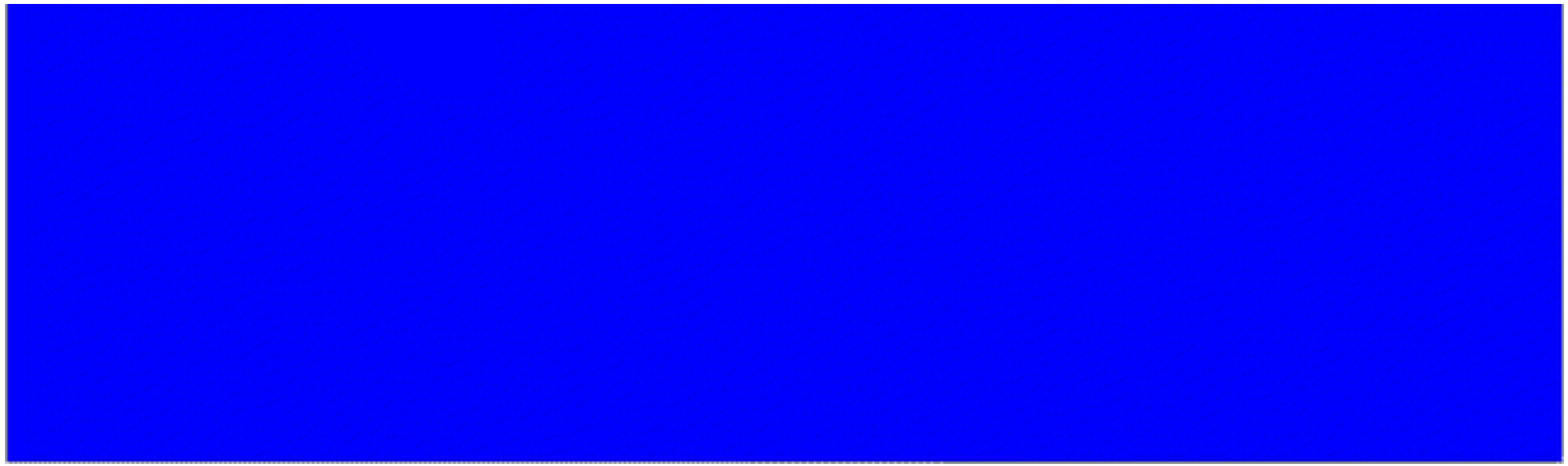




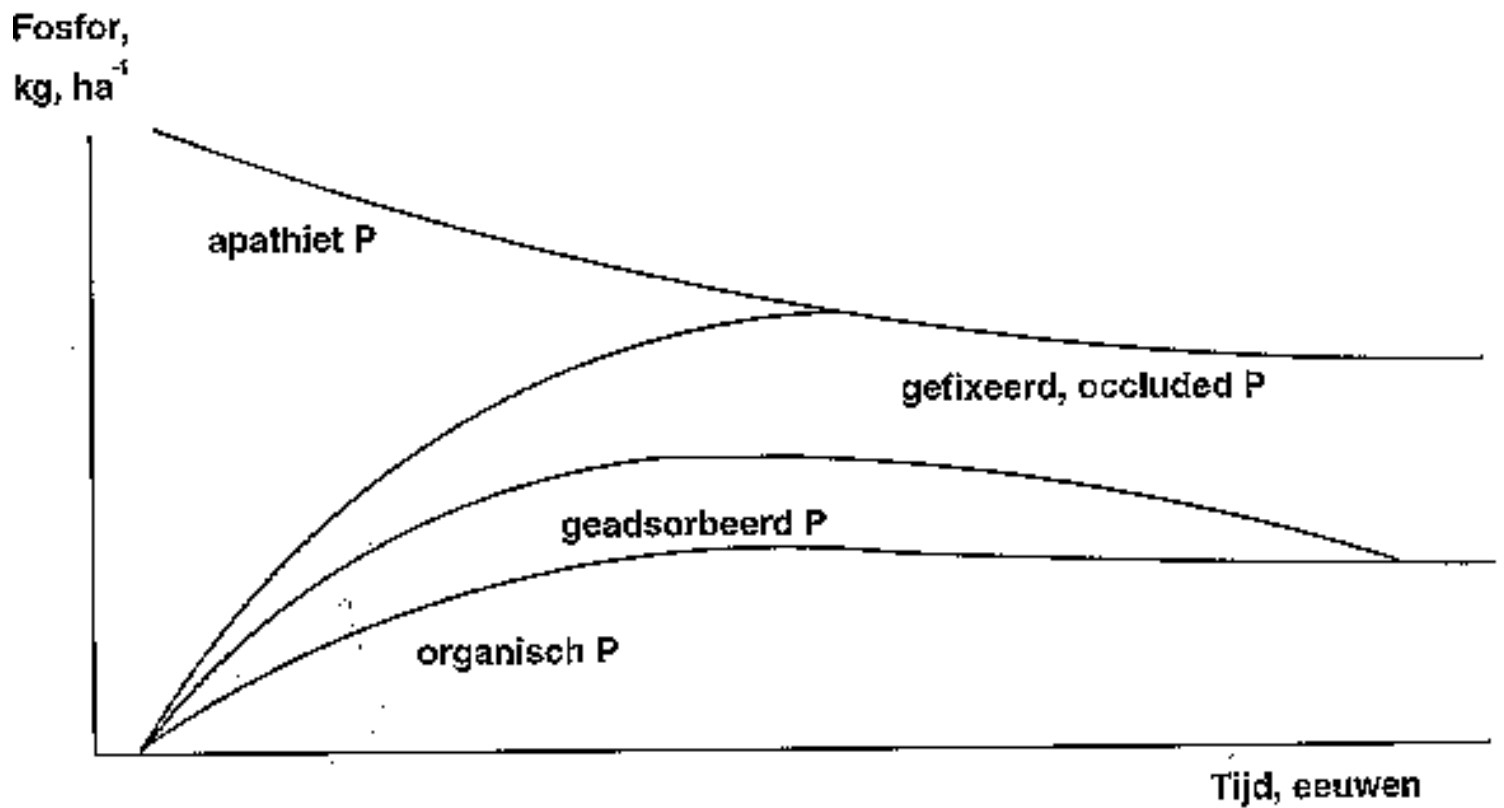
Figuur 1.
 Geologische fosfaatkringloop op wereldschaal. Hoeveelheden fosfor (P) in reservoirs zijn weergegeven in Tg ($1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g}$), P-stromen tussen reservoirs zijn weergegeven in Tg per jaar.

Figuur 2

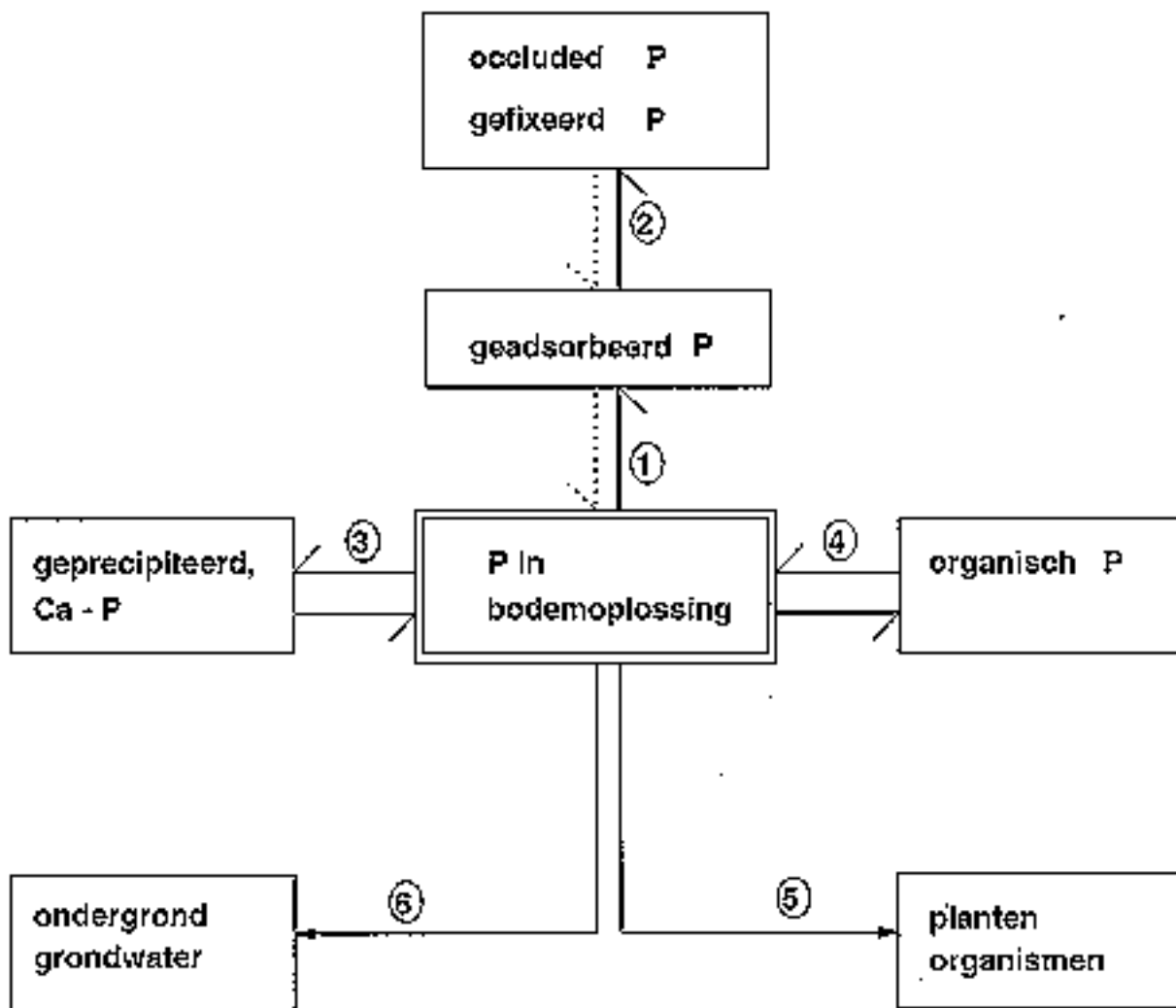




Figuur 2.
Biogeochemische kringloop van fosfor in beweid grasland. Hoeveelheden fosfor (P) in reservoirs zijn weergegeven in kg per ha, P-stromen tussen reservoirs zijn weergegeven in kg per ha per jaar, voor een modelsituatie.



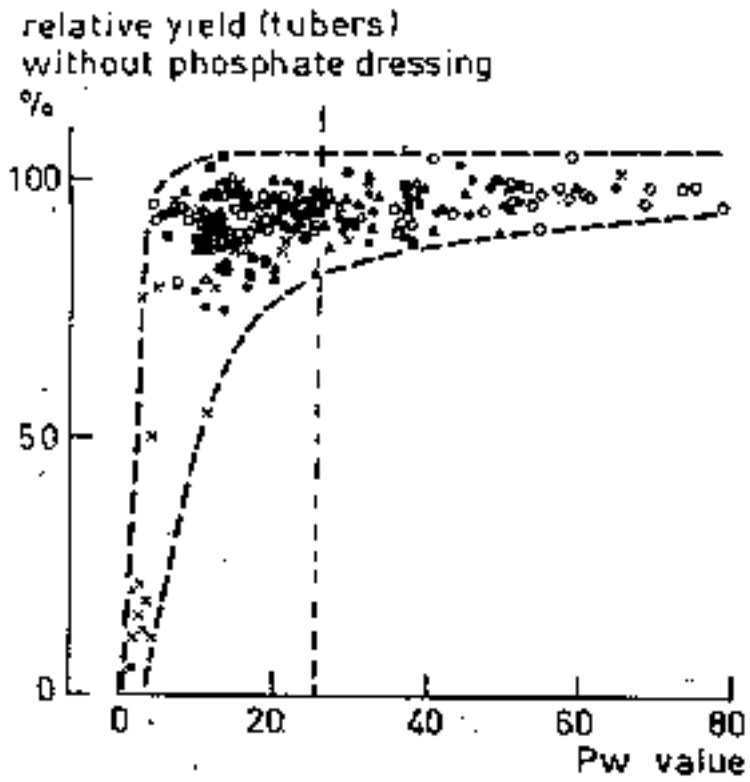
Figuur 3. Veranderingen in P-vormen in de bodem tijdens het proces van bodemvorming gedurende zeer lange perioden (duizenden jaren). Het moedermateriaal bevat in de uitgangssituatie alleen P in de vorm van het primaire mineraal apatiet (naar Walker and Syers, 1976).



>

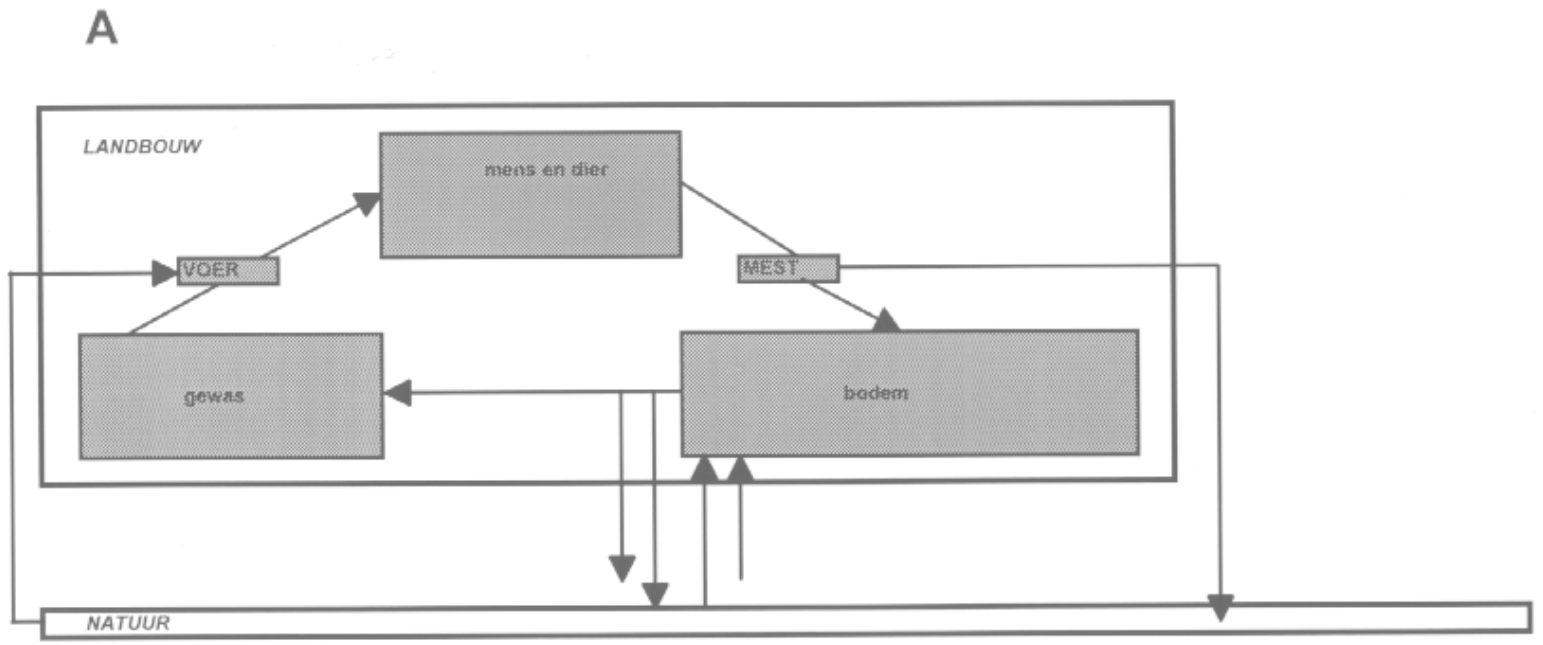
Figuur 4.

Schematische voorstelling van de interacties tussen Pfracties in de bodem. Opgelost P in de bodemoplossing heeft een centrale rol. De nummers in de figuur geven de interacties tussen de verschillende P-fracties weer: (1) adsorptie en desorptie, (2) vastefase diffusieprecipitatie en oplossing/desorptie, (3) precipitatie en oplossing van calciumfosfaten, (4) immobilisatie en mineralisatie, (5) diffusie van P naar en in plantewortel, en (6) uitspoeling van P naar de ondergrond.



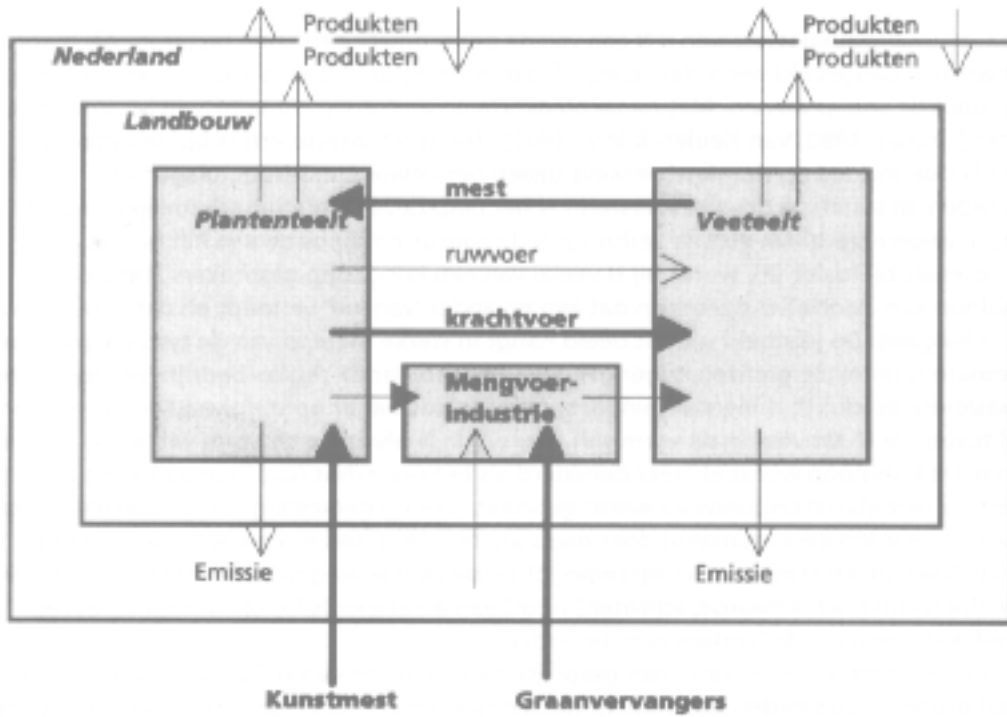
Figuur 5.
Reactie van de aardappelopbrengst op P-bemesting als functie van Pw-getal

(naar Ris en Van Luit, 1973)

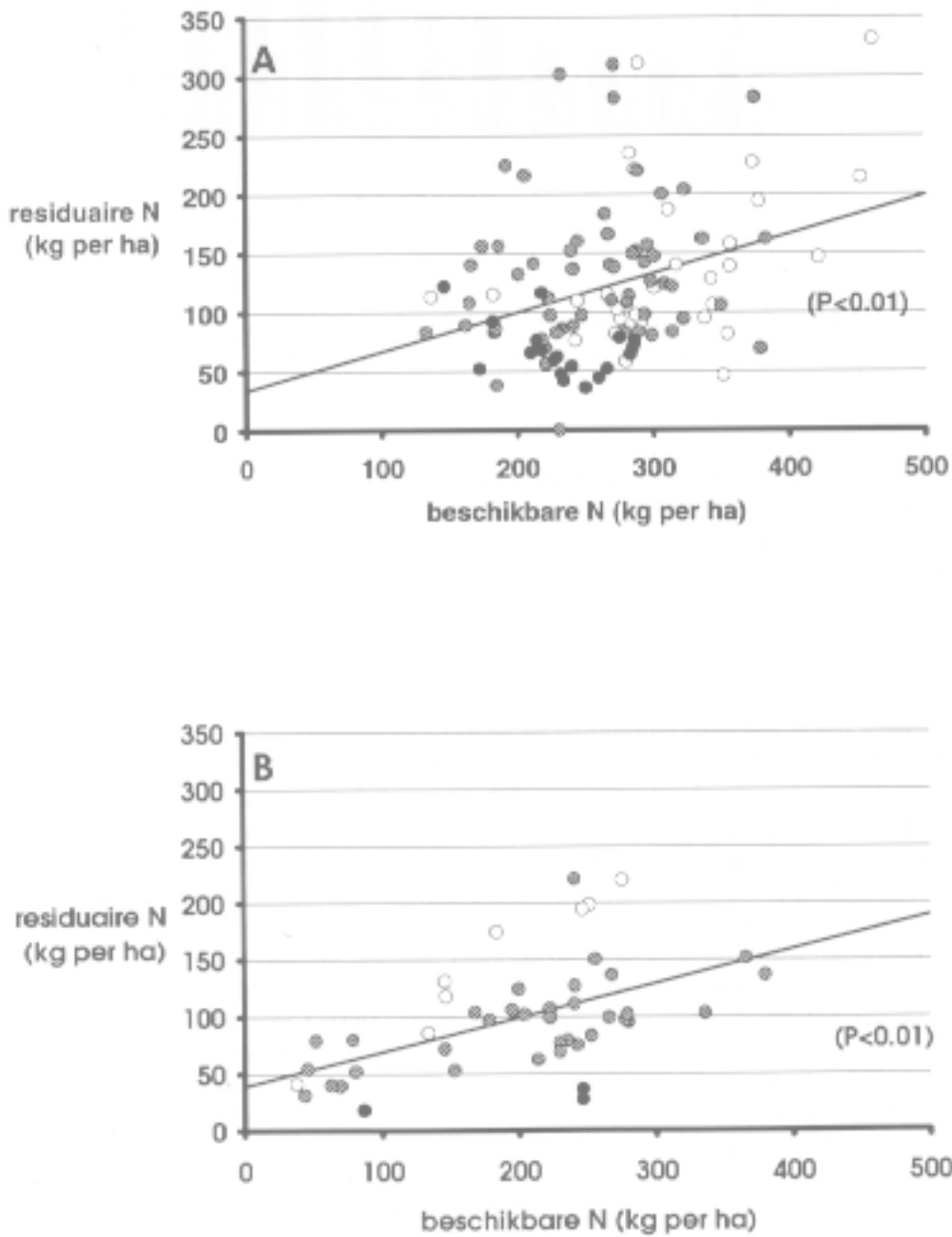


Figuur 1a Stikstofaanvoer en -afvoerstromen van een gemengd landbouwproductiesysteem in een rurale samenleving

Figuur 2

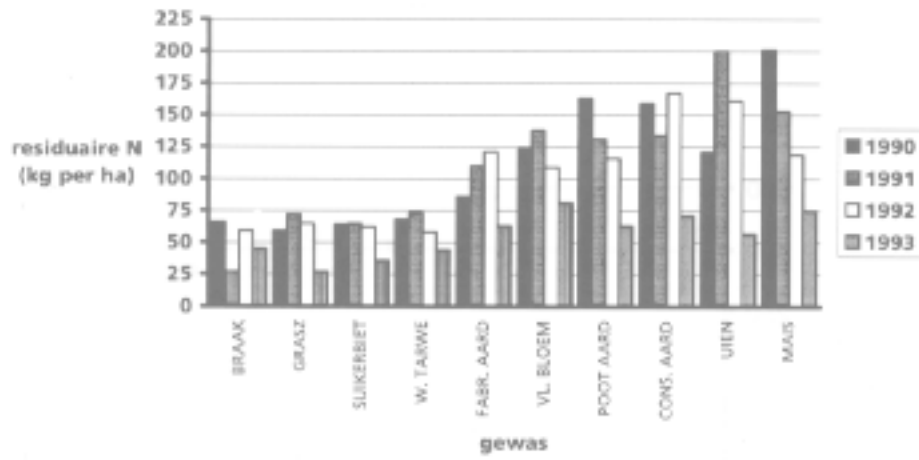


Figuur 2. Nutriëntenstromen die een rol kunnen spelen bij de teelt van krachtvoergewassen door Nederlandse akkerbouwers voor inlands gebruik

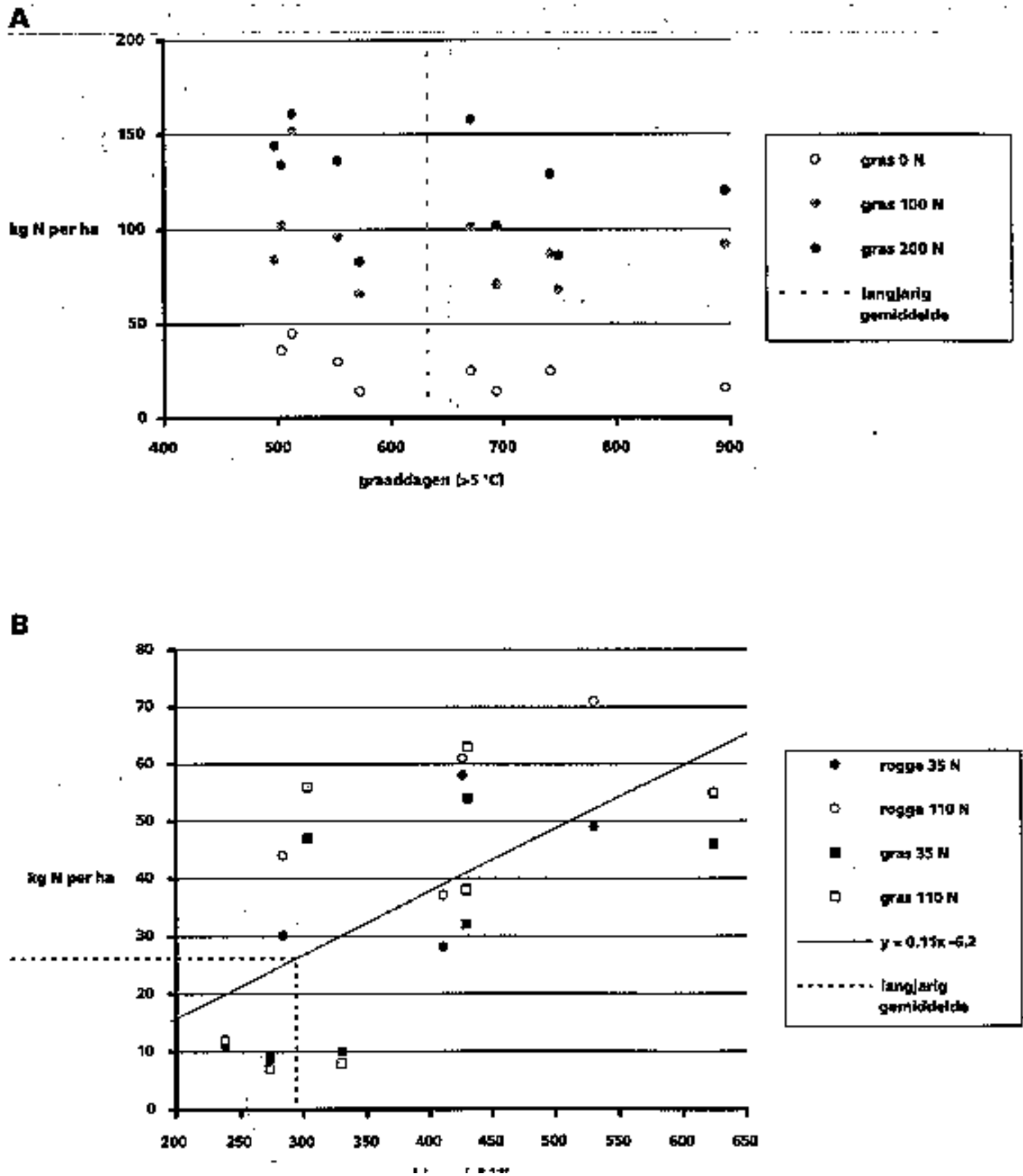


Figuur 4. Relatie tussen de hoeveelheid beschikbare N bij aanvang en de hoeveelheid residuaire bodem-N na de oogst (0-100 cm, ● = nat jaar, ⊗ = normaal jaar, ○ = droog jaar) bij aardappelen (A, (Schröder et al., 1994)) en maïs (B, (Schröder et al., 1993))

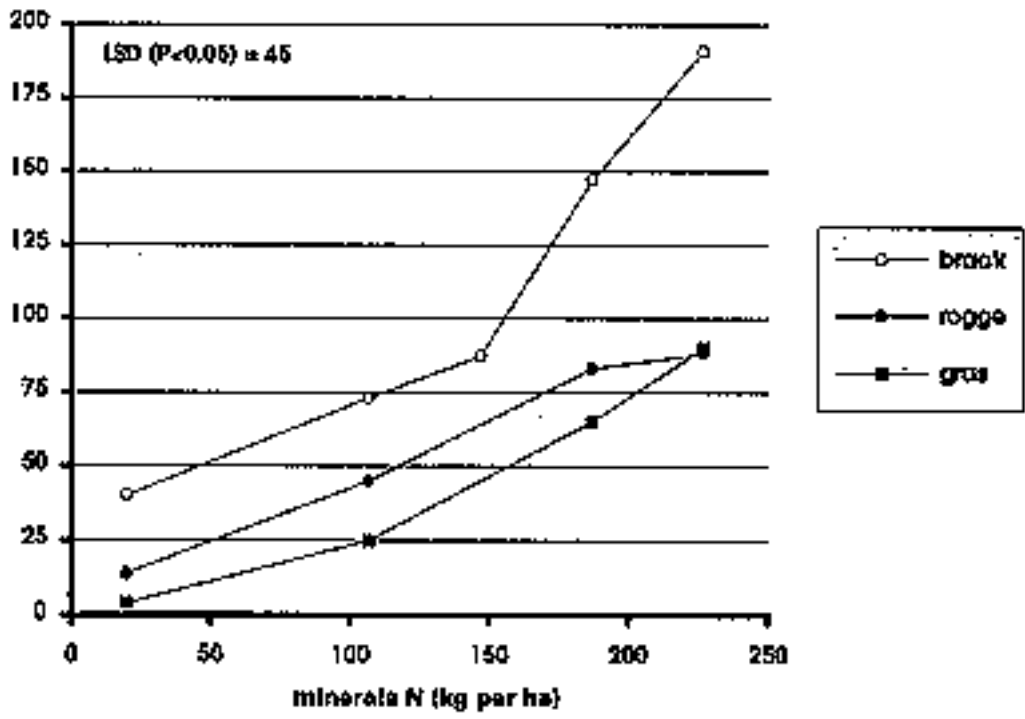
Figuur 5



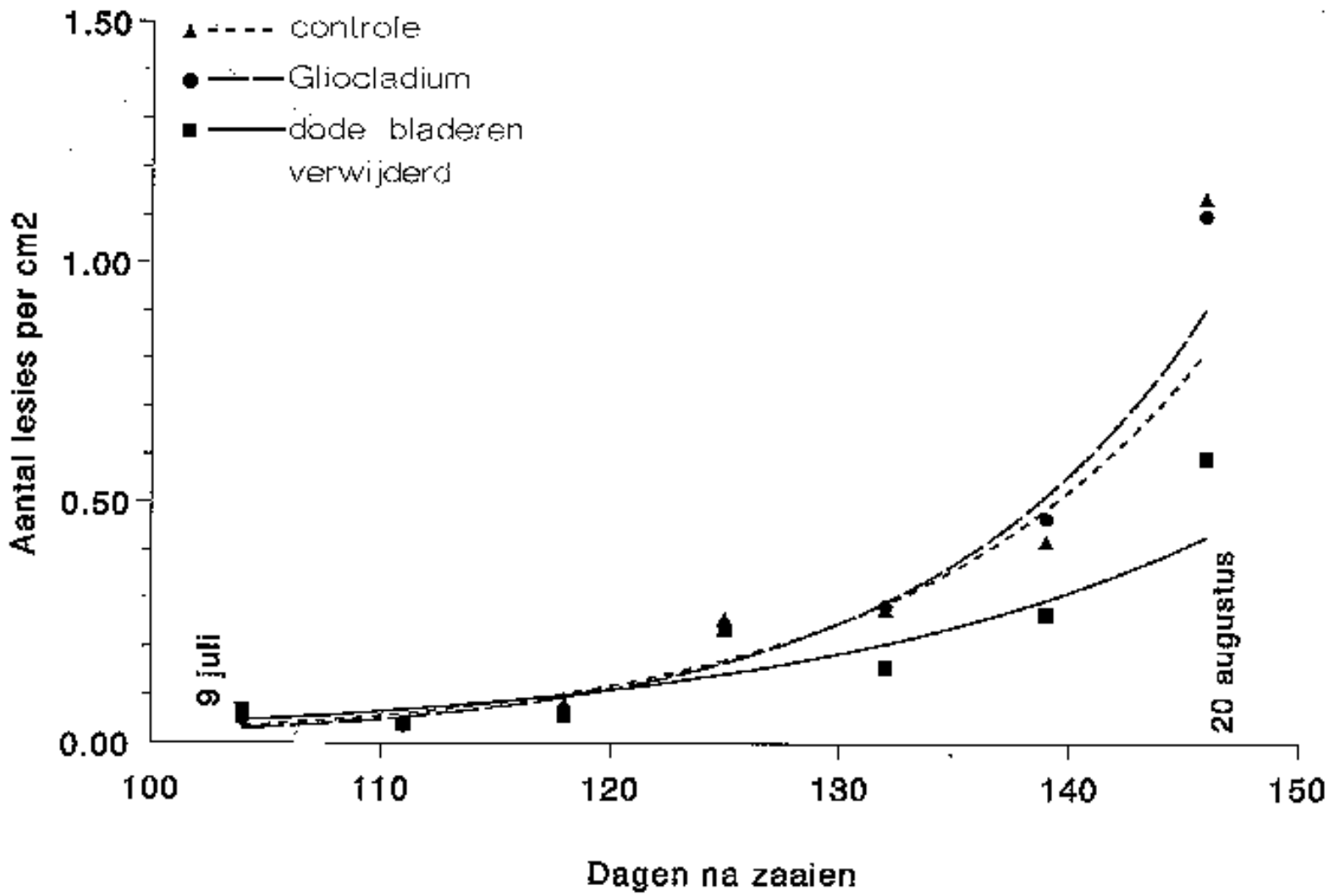
Figuur 5. Hoeveelheid residuaire N na de oogst (0-100 cm) na diverse gewassen op geïntegreerde akkerbouwbedrijven (Schröder et al., 1994)



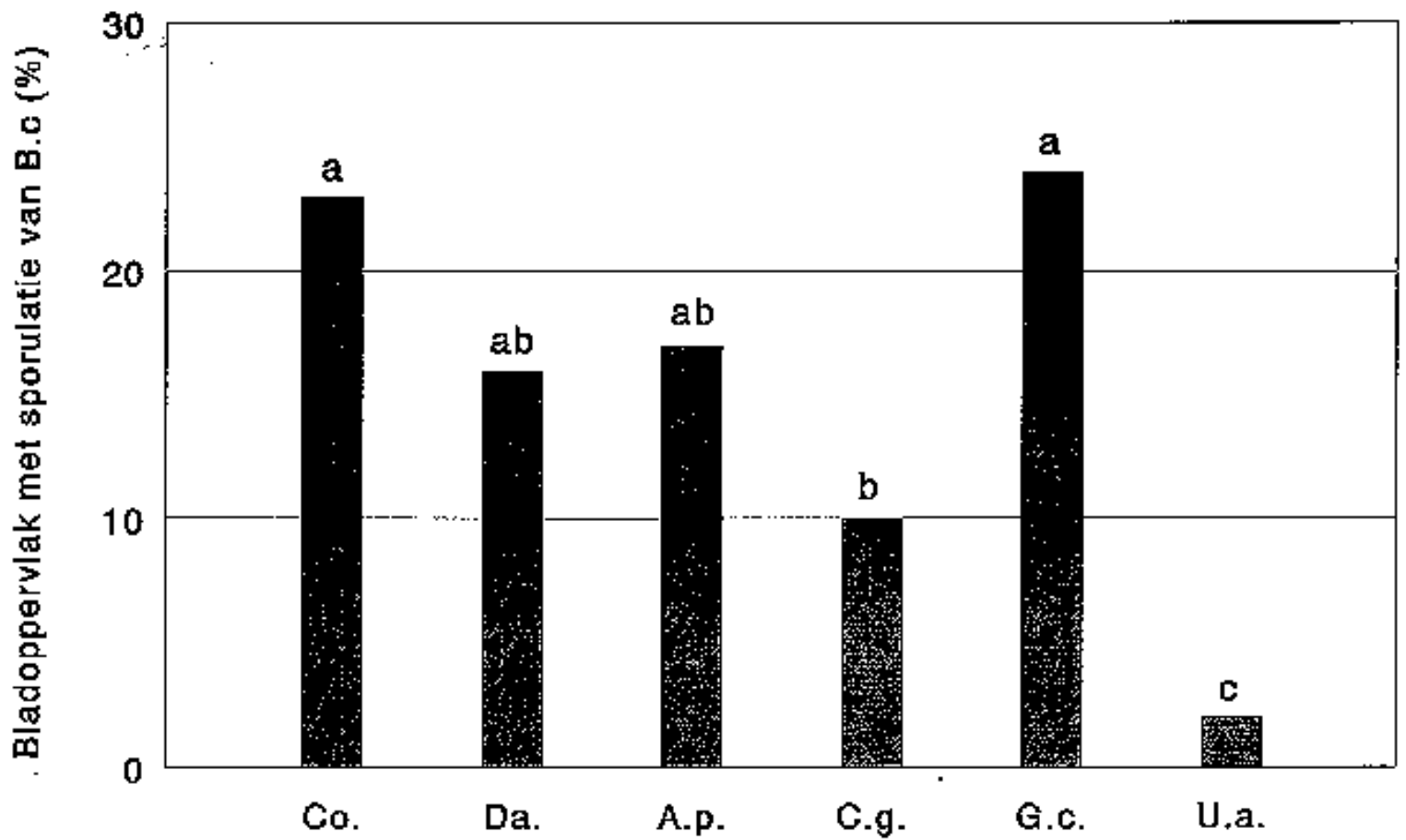
Figuur 6a, b Bovengrondse N-opbrengst van groenbemesters in relatie tot de N-beschikbaarheid en temperatuursom na (A) granen (Schröder & Ten Holte, 1995) en (B) maïs (Van Dijk et al., 1995)



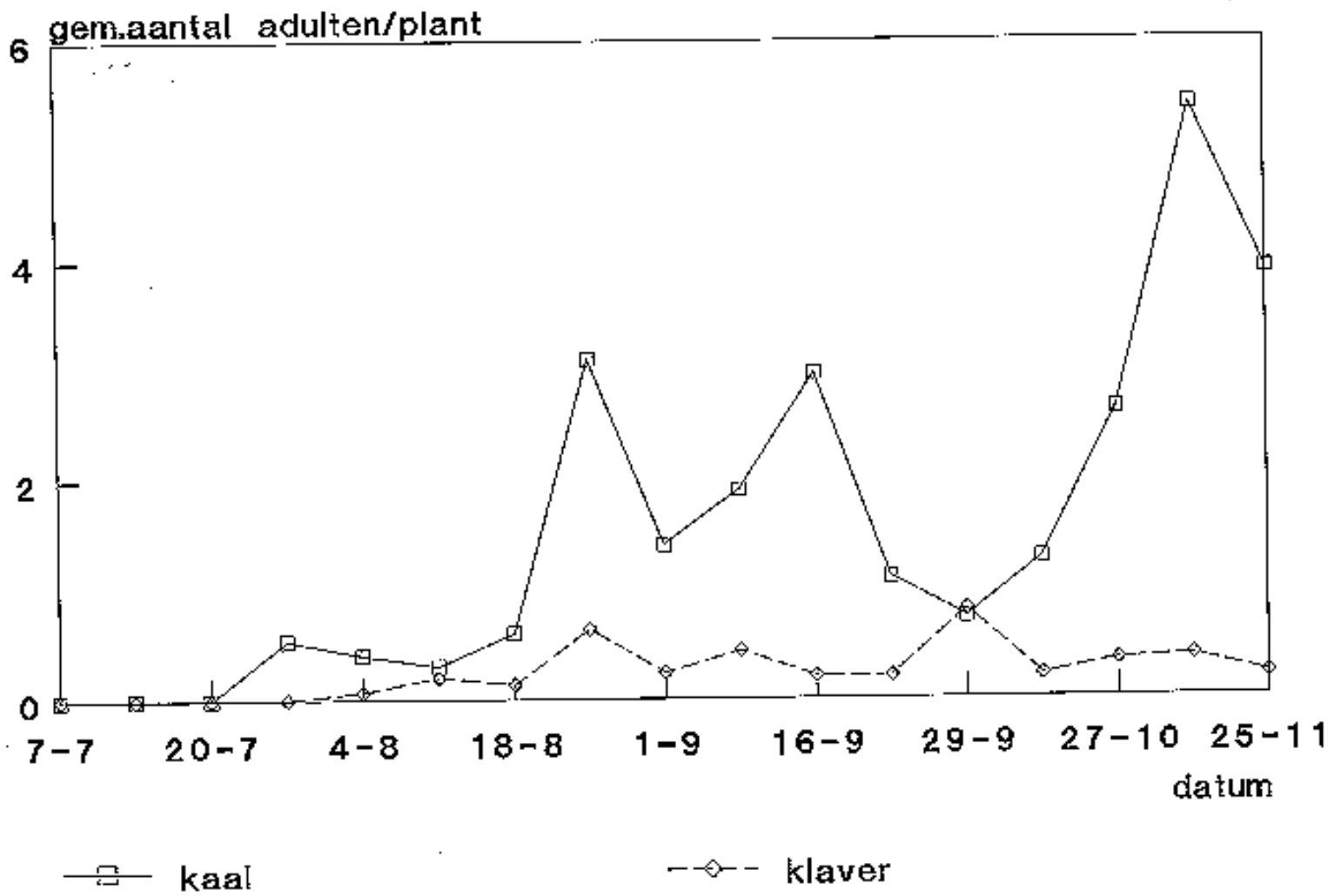
Figuur 7. Nitraatuitspoeling onder maïsland (diepte 100 cm, kg NO₃-N per ha) gedurende de winter in relatie tot de bemesting van maïs en de teelt van een groenbemester (vanggewas) (Van Dijk et al., 1995)



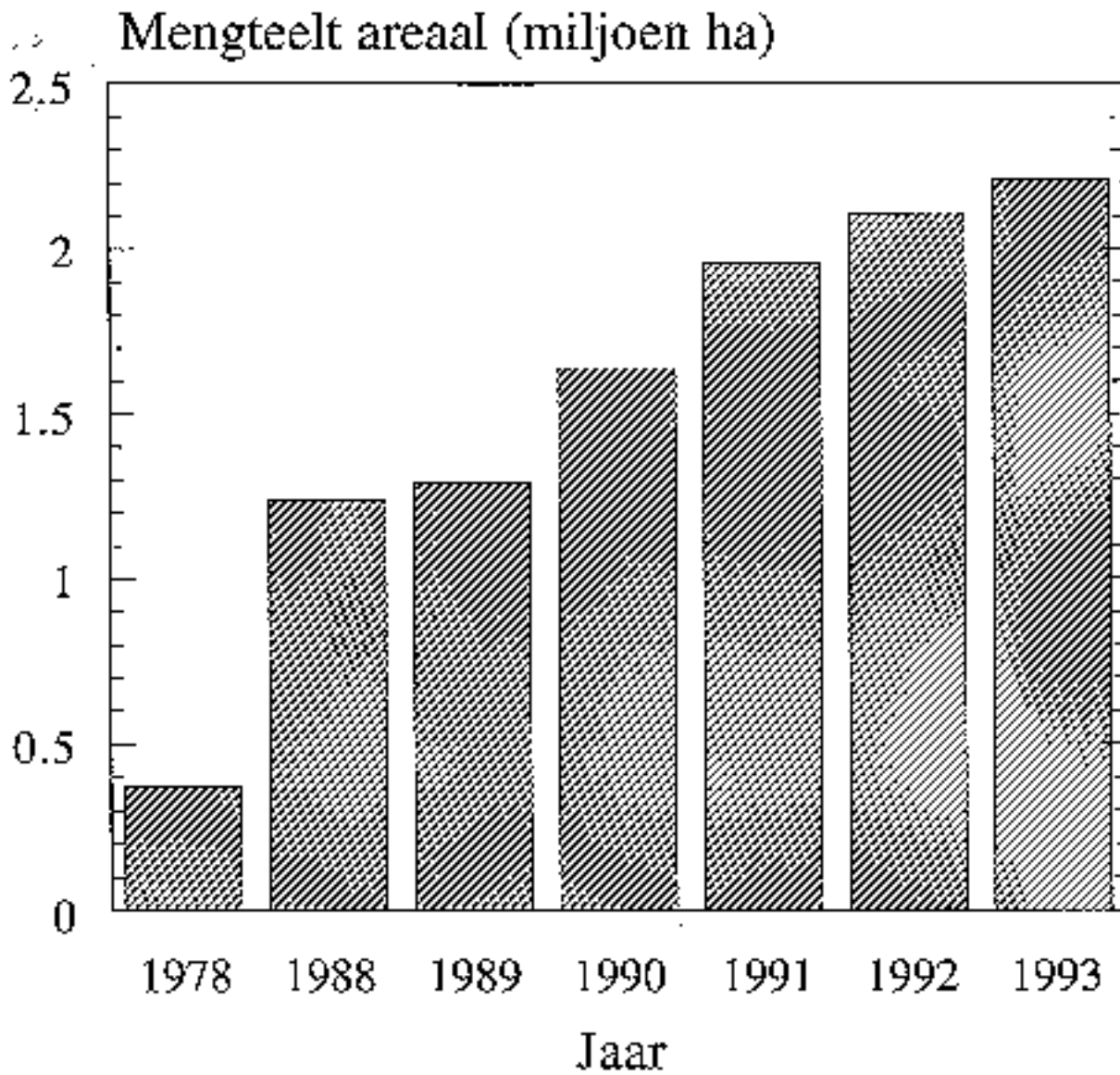
Figuur 1 Effect van het verwijderen van necrotische bladeren en van de antagonist *Gliocladium roseum* op de ontwikkeling van een epidemie van de bladvlekkenziekte in ui



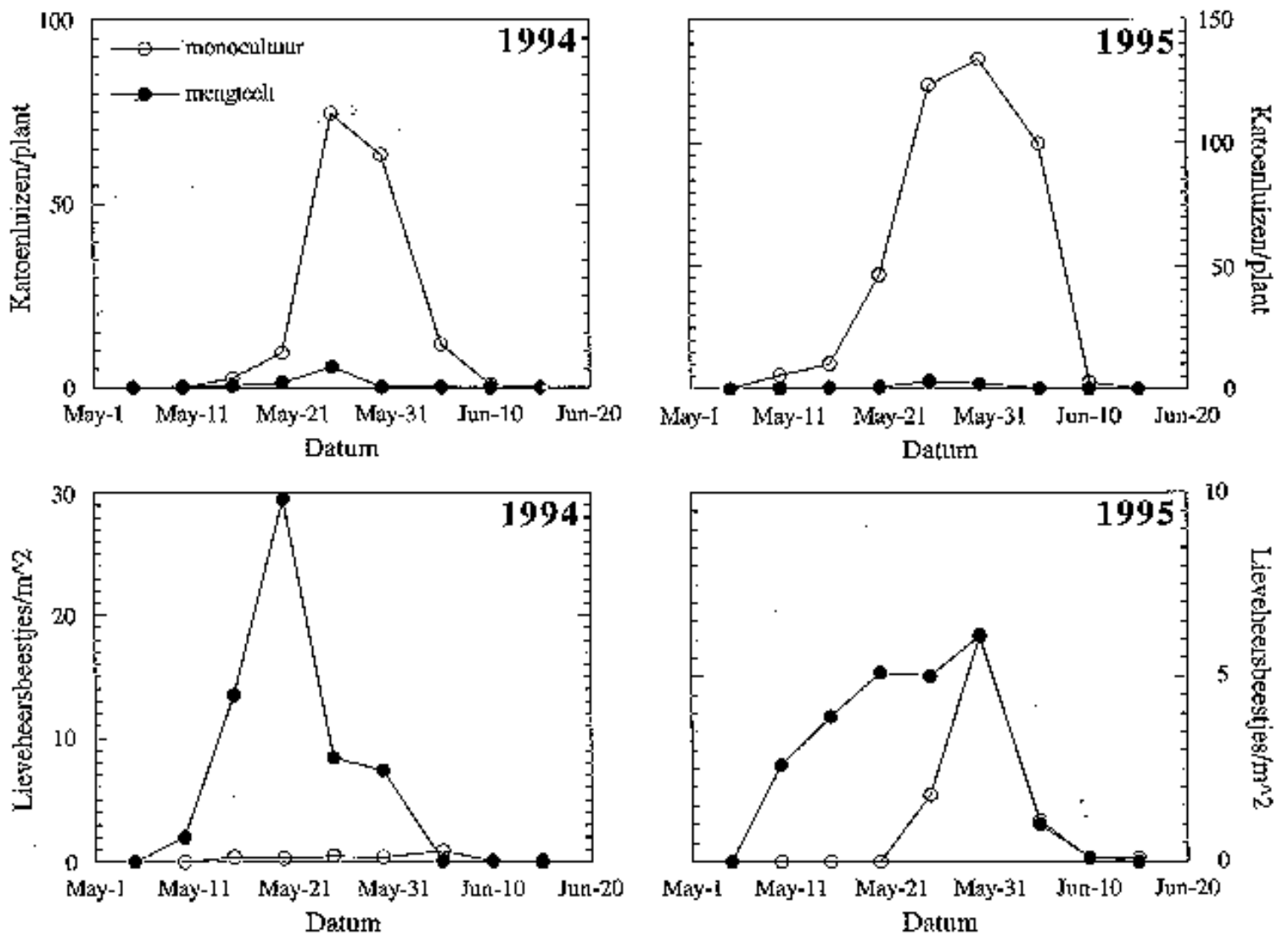
Figuur 2 Effect van de antagonisten *Aureobasidium pullulans* (A.p.), *Chaetomium globosum* (C.g.), *Gliocladium catenulatum* (G.c.) en *Ulocladium atrum* (U.a.) en van het fungicide Daconil M (Da.) op de bedekking van necrotische leliebladeren met conidioforen van *Botrytis cinerea* (B.c.) vergeleken met de controle-behandeling.



Figuur 1 Effect van ondergroei van klaver in prei op de ontwikkeling van trips (1994)

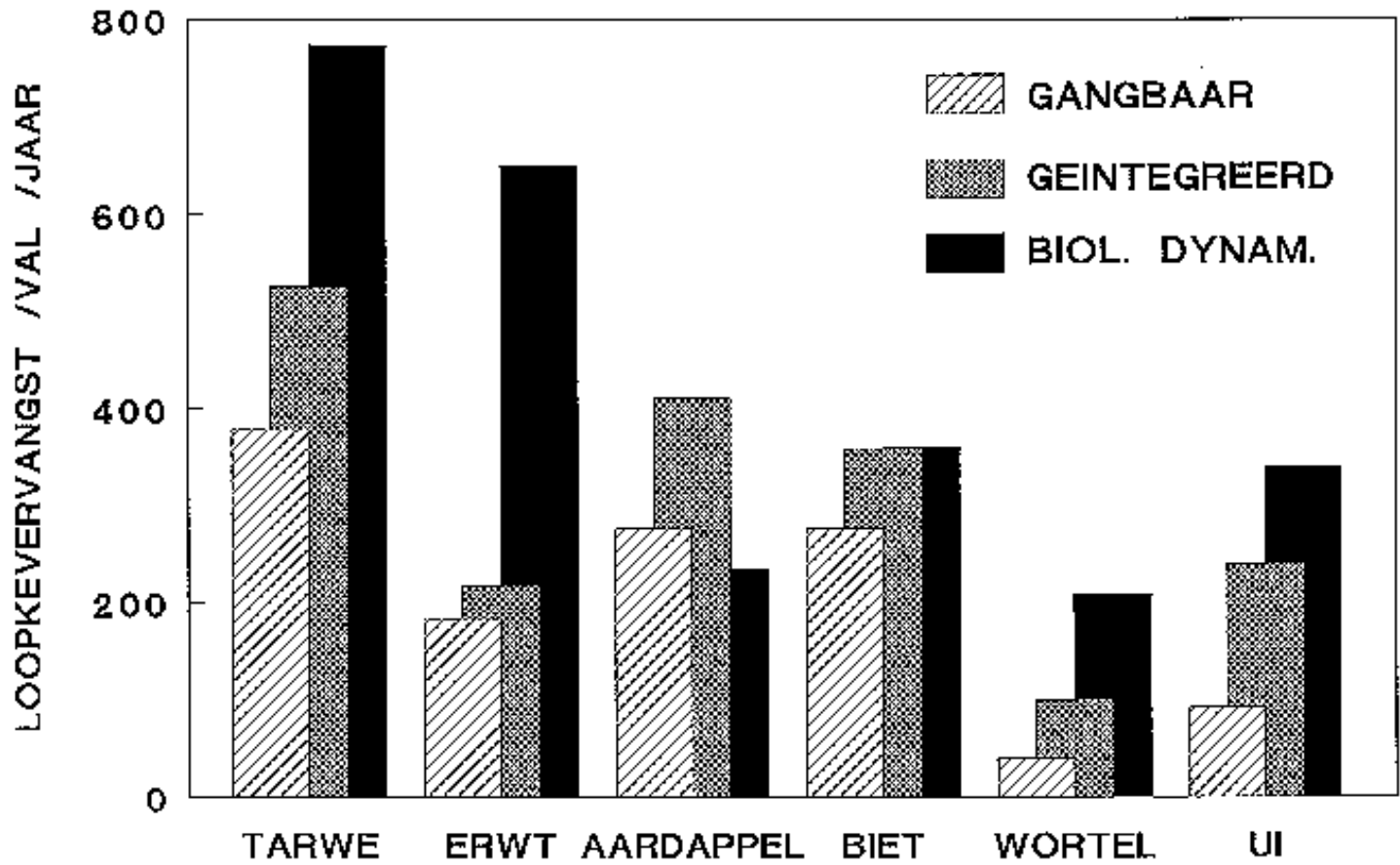


Figuur 2 Chinees katoenareaal waarop mengteelt wordt toegepast; 1978-1993. Bron: Xia (1995)

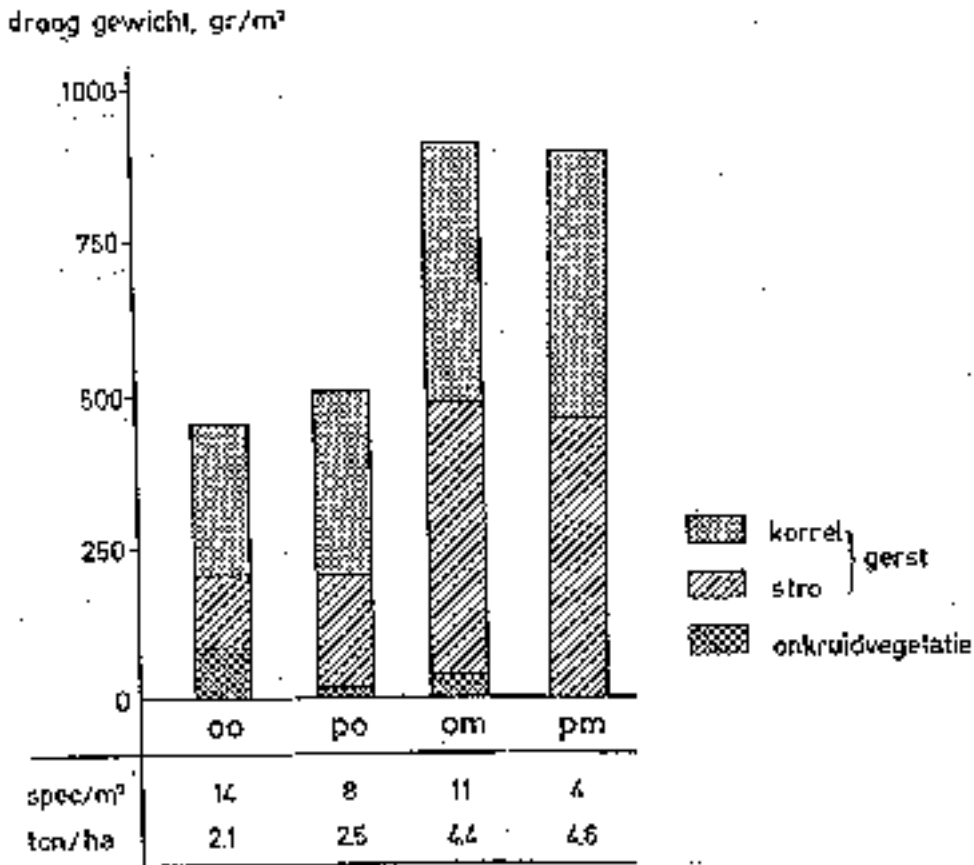


Figuur 3 Populatiodynamica van katoenluis en lieveheersbeestjes (*Coccinella septempunctata*) in katoen geteeld in monocultuur of mengteelt met tarwe in veldproeven in 1994 en 1995. Bron: J.Y. Xia, Cotton Research Institute, Anyang, Henan 455112, China.

SYSTEEM EFFECTEN OP LOOPKEVERS

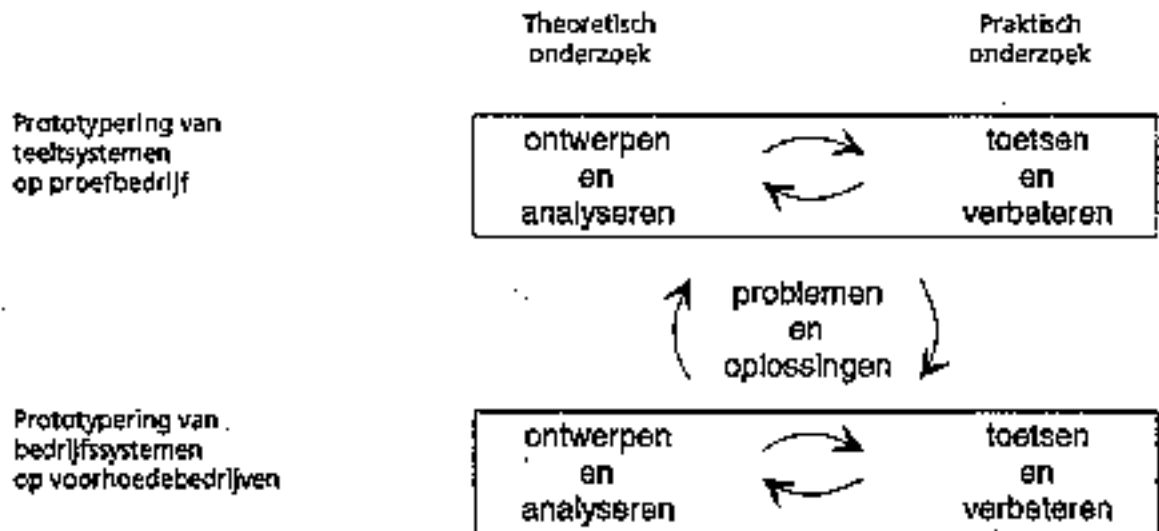


Figuur 4 Invloed van gewas en bedrijfssysteem op de talrijkheid/activiteit van loopkevers. Gegevens afkomstig van bedrijfssysteemonderzoek OBS Nagele (Booij & Noorlander 1992).

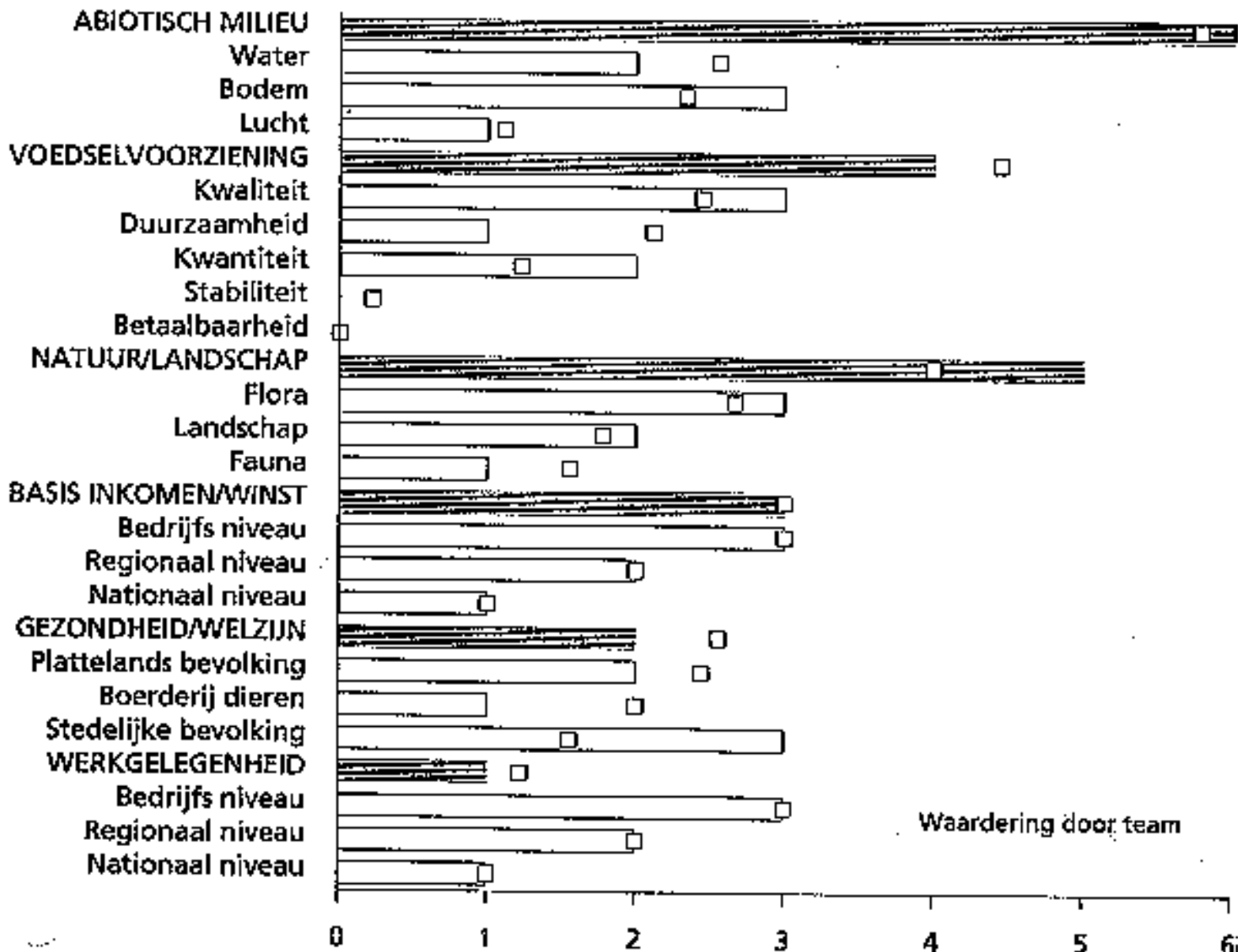


Figuur 5 Opbrengst van gerst (korrel, stro) en onkruid in drooggewicht per m², met +/- bemesting en +/- onkruidbestrijding (mechanisch of herbicide). Aantal onkruidsoorten, (spec/m²) en korrelopbrengst (t/ha) zijn apart weergegeven. oo = onbespoten, onbemest; po = bespoten, onbemest; om = onbespoten, bemest; pm = bespoten, bemest.

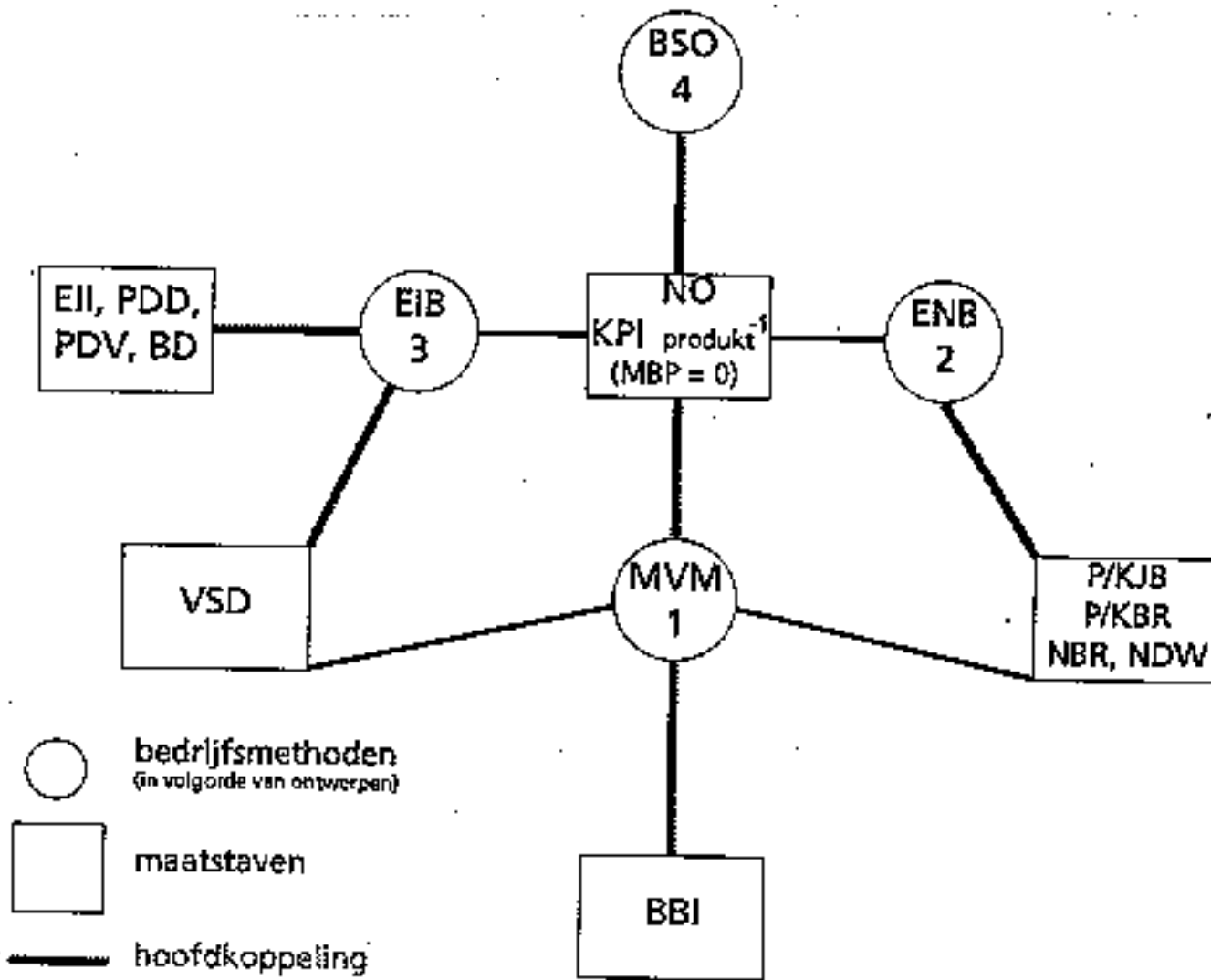
Figuur 1



Figuur 1 Omvattend onderzoekprogramma voor prototypering van ecologische teelt- en bedrijfssystemen met een nieuwe balans tussen theoretisch en praktisch onderzoek



Figuur 2 Rangorde van doelen als deel 1 van de identiteitskaart van het ecologisch prototype voor akkerbouw/groenteteelt in Flevoland (vierkantjes zijn gemiddelden van 9 ecologische prototypen uit EU-netwerk)



Figuur 3 Theoretisch prototype als deel 3 van de identiteitskaart van het ecologisch prototype voor akkerbouw/groenteteelt in Flevoland. Definities van afkortingen zijn gegeven in het onderstaande kader.

In het ecologisch prototype voor de akkerbouw/groenteteelt in Flevoland worden de top 10 doelen zoals gekwantificeerd in 15 maatstaven bereikt door 4 meervoudige doelmethoden, die worden ontworpen en geoperationaliseerd in deze volgorde:

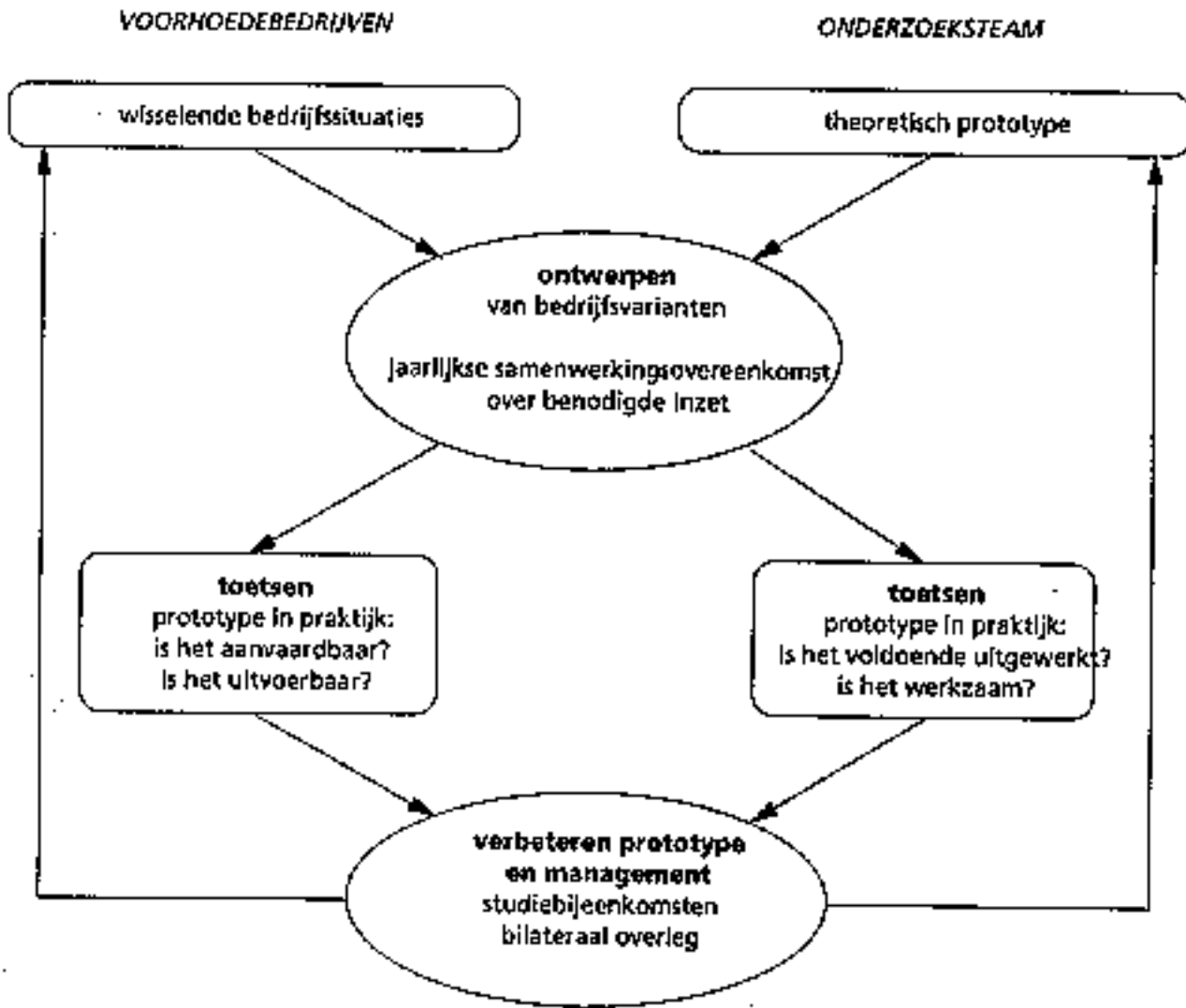
1. Multifunctioneel Vruchtwisseling Model (MVM) is de hoofdmethode om de gewenste resultaten te bereiken in Kwaliteit Productie Indices (KPI Produkt)⁻¹ zonder pesticidengebruik (Milieu Blootstelling aan Pesticiden = 0), Netto Overschot (NO) en Bodem Bedekking Index (BBI). P en K Beschikbare Reserves (PBR, KBR), N Beschikbare Reserves (NBR), N Drainage Water (NDW) en Vogel Soorten Diversiteit (VSD).

2. Ecologisch Nutriënten Beheer (ENB) is de hoofdmethode om de gewenste resultaten te bereiken in P en K Jaarlijkse Balansen, P en K Beschikbare Reserves, N Beschikbare Reserves en N Drainage Water. Bovendien is het een nevenmethode voor Kwaliteit Productie Indices (zonder Milieu Blootstelling aan

Pesticiden) en Netto Overschot.

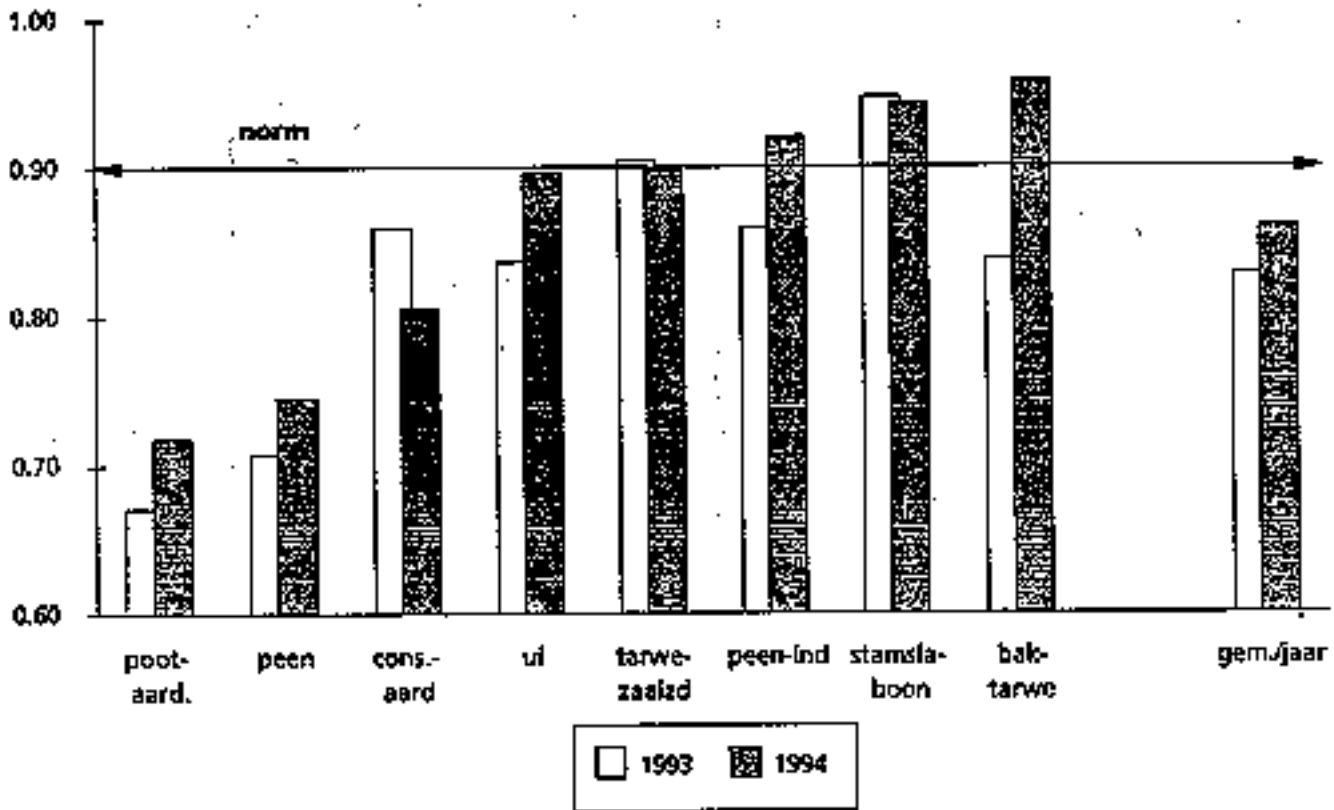
3. Ecologisch Infrastructuur Beheer (EIB) is de hoofdmethode om de gewenste resultaten te bereiken in Ecologische Infrastructuur Index (EII), Vogel Soorten Diversiteit, Plantaardige Doelsoorten Diversiteit (PDD), Plantaardige Doelsoorten Verdeling (PDV) en Bloem Dichtheid (BD). Bovendien is het een nevenmethode voor Kwaliteit Productie Indices (zonder Milieu Blootstelling aan Pesticiden) en Netto Overschot.

4. Bedrijf Structuur Optimalisatie (BSO) is de afrondende methode om het gewenste resultaat in Netto Overschot te bereiken, als de huidige hoeveelheden land, arbeid en kapitaalgoederen van een voorhoedebedrijf dat niet kunnen met het agro-ecologisch geoptimaliseerd prototype.



Figuur 4 Ontwerpen, toetsen en verbeteren van het prototype door samenwerking tussen voorhoedebedrijven en onderzoeksteam

Figuur 5



Figuur 5 Actuele kwaliteitsproductie op de voorhoedebedrijven met Kwaliteit Productie Index (KPI) als maatstaf

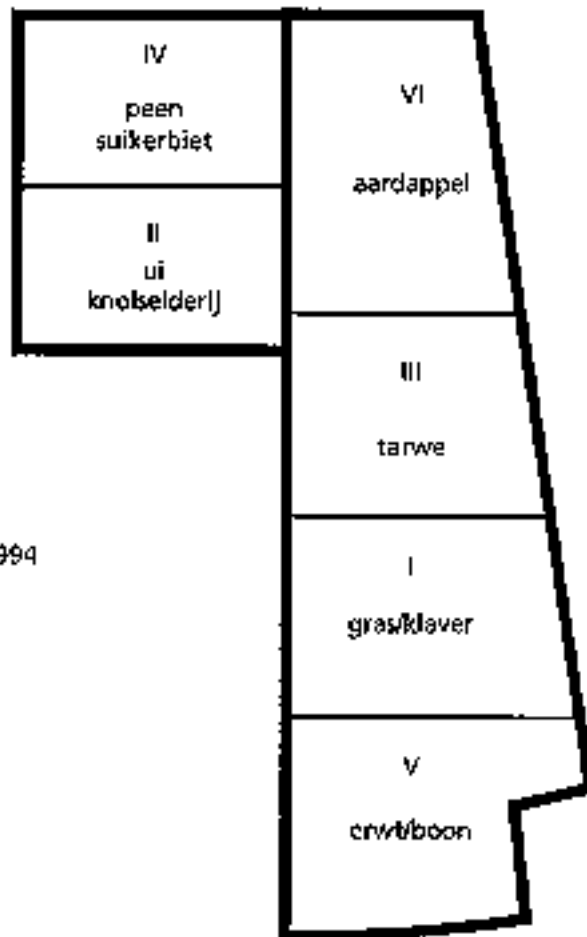


Flevoland

10 voorhoedebedrijven:

bedrijf^{-t} _____ (laagste - hoogste)

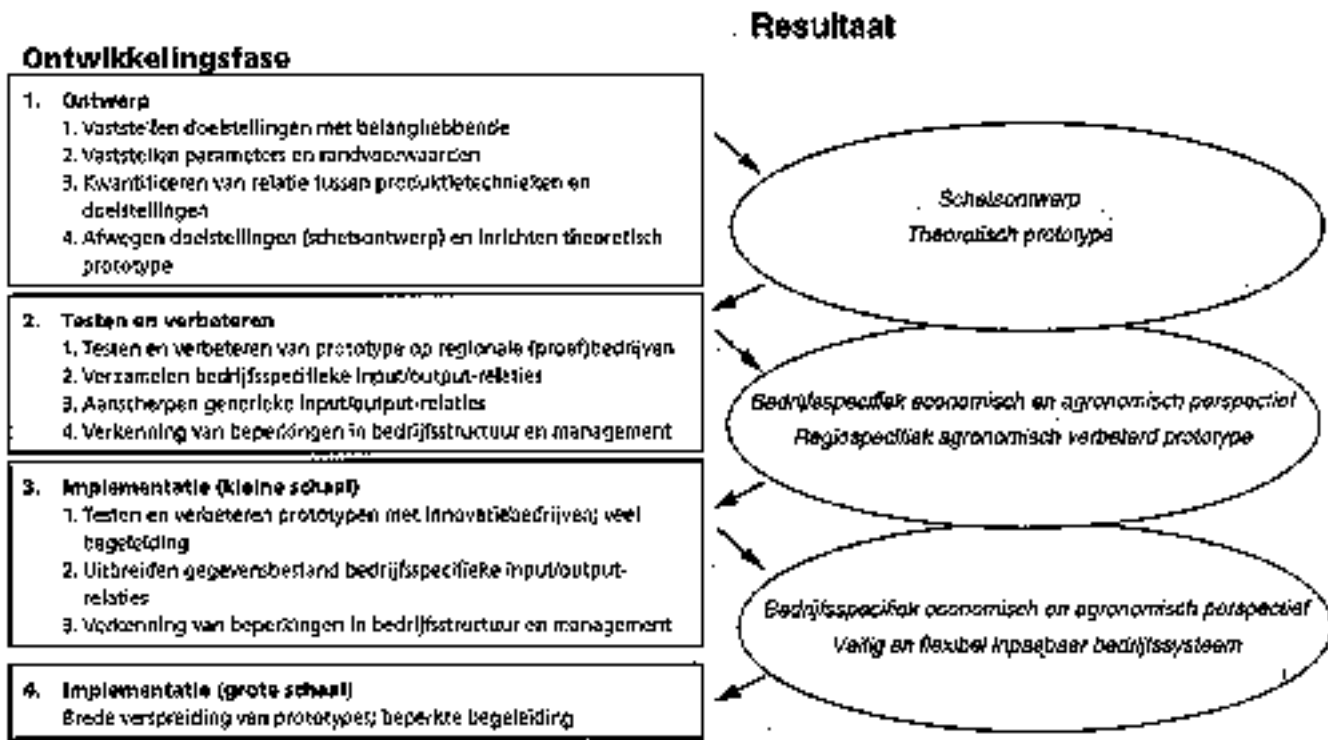
productief oppervlak	23 - 44 ha
veldaangrenzing	1 - 1
gemiddeld veldomvang	4 - 7 ha
gemiddelde veldlengte/breedte	1 - 3
vruchtwisselingblokken	6 - 6
aangr. van opeenvolgende blok	0 - 0,33
aandeel granen	0,16 - 0,33
aandeel ecol. infrastructuur	0,04 - 0,06



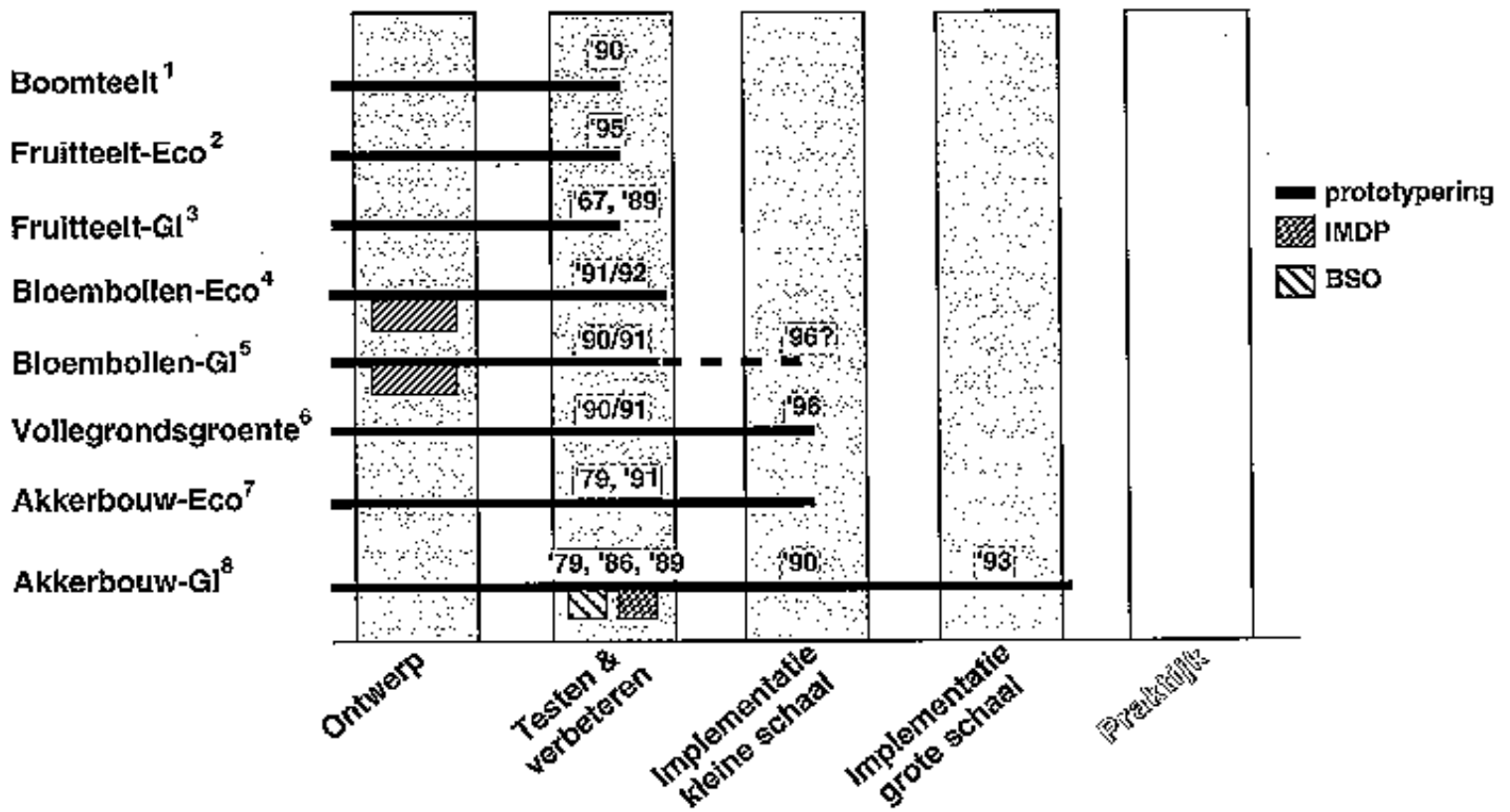
voorhoedebedrijf 6:

- Omvang (36 ha)
- I-VI Vruchtwisselingblokken 1994
- Ecologische Infrastructuur
- ← 300 m →

APPENDIX III: Agro-ecologische opzet als deel 5 van de identiteitskaart van het ecologisch prototype voor de akkerbouw/groenteteelt in Flevoland



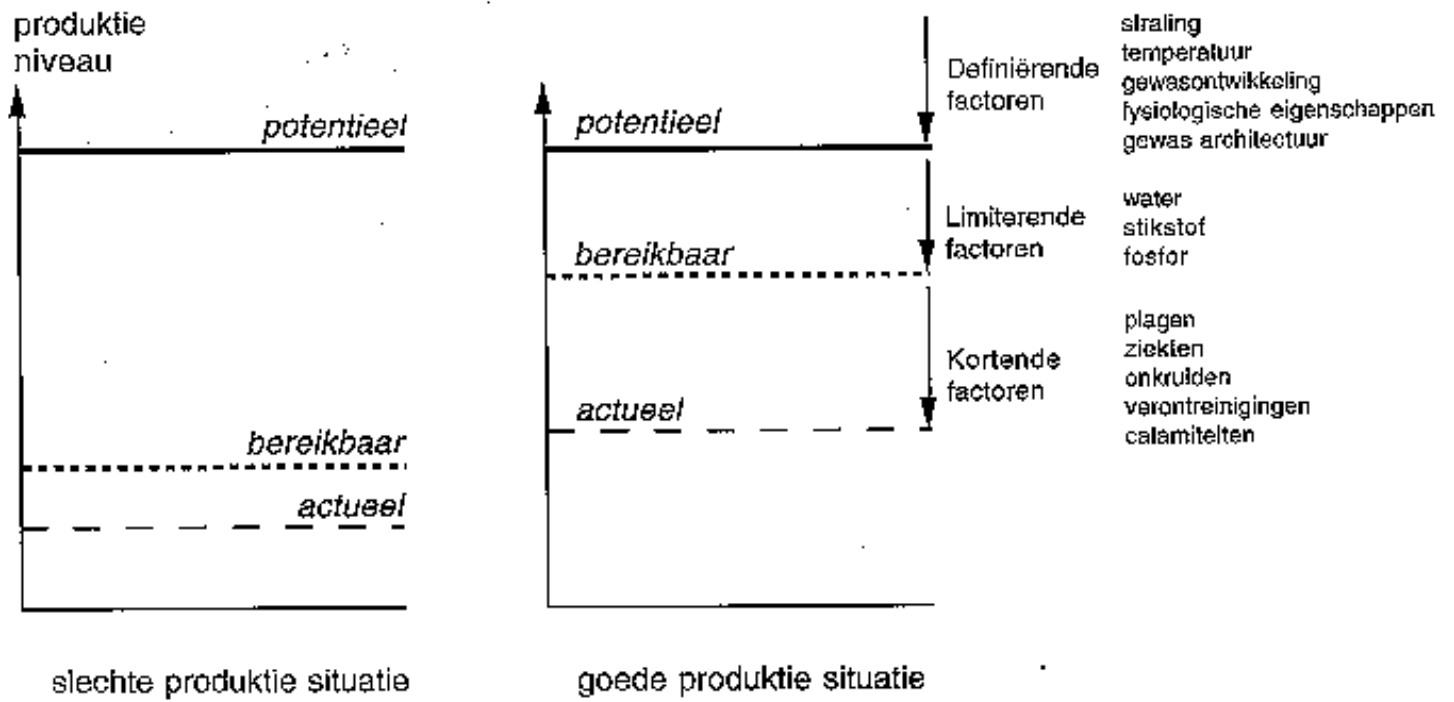
Figuur 1. Fasen en resultaten bij de ontwikkeling van duurzame bedrijfssystemen van ontwerp naar praktijk



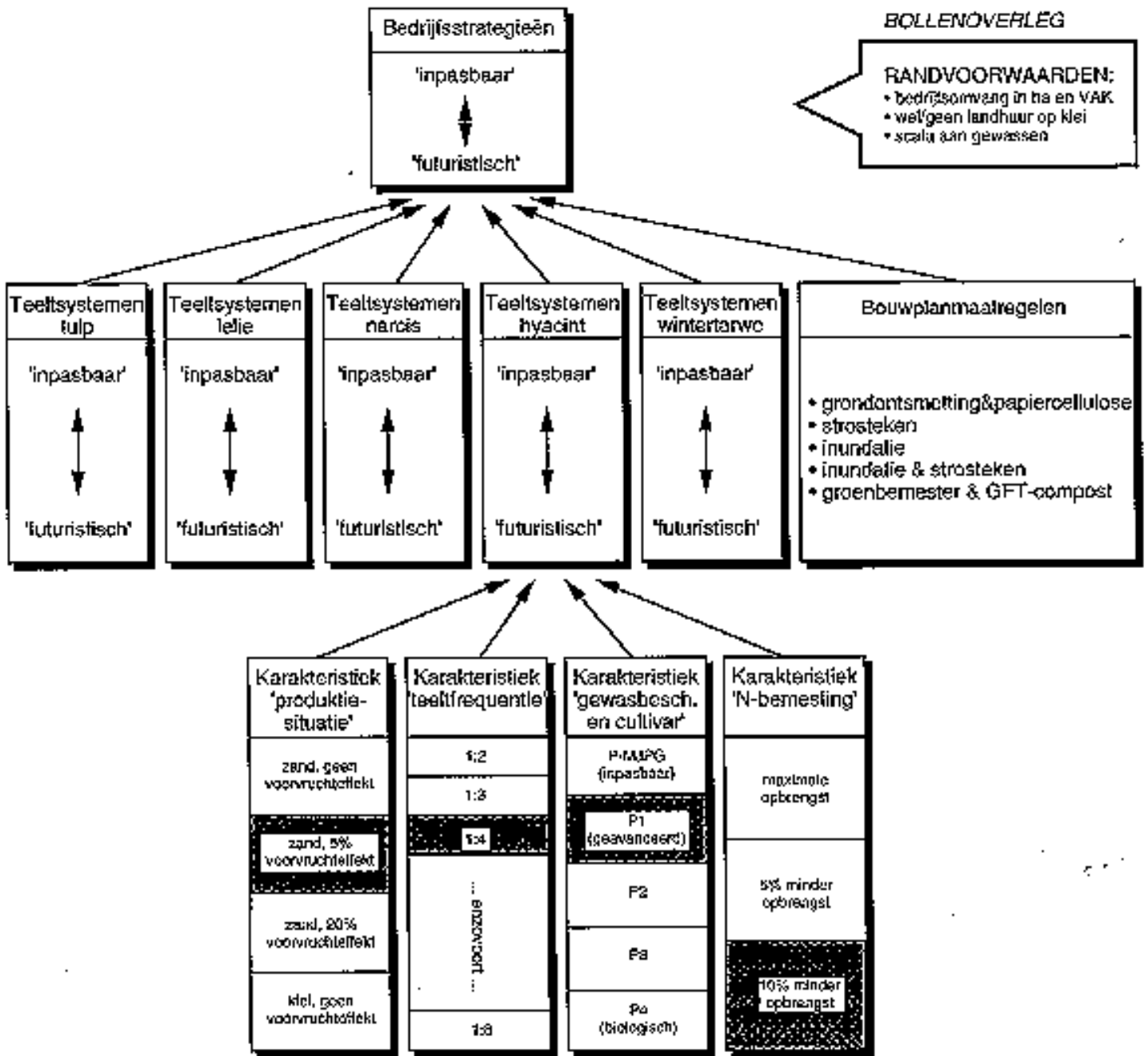
1. Diversen (1995), Dolmans (1993); 2. Schenk (1994); 3. Schenk (1983, 1995), Groot en Schenk (1994); 4. Stokkers en Van den Berg (1993); 5. Stokkers (1991), Stokkers en Van den Berg (1993); 6. Van den Ham et al. (1995); 7. Vereijken (1994), Vereijken et al. (1994); 8. Wijnands et al. (1992, 1995).

Figuur 2. Stadium van ontwikkeling bij de prototypering voor een aantal 'open teelt'-sectoren in Nederland. Naarmate de zwarte lijn verder naar rechts doorloopt, is de ontwikkeling verder gevorderd. De jaartallen geven het begin van een fase weer. Waar meerdere jaartallen vermeld zijn, is sprake van meerdere proeflocaties. Tevens is aangegeven waar gebruik is gemaakt van verkennende modelstudies (IMDP en BSO).

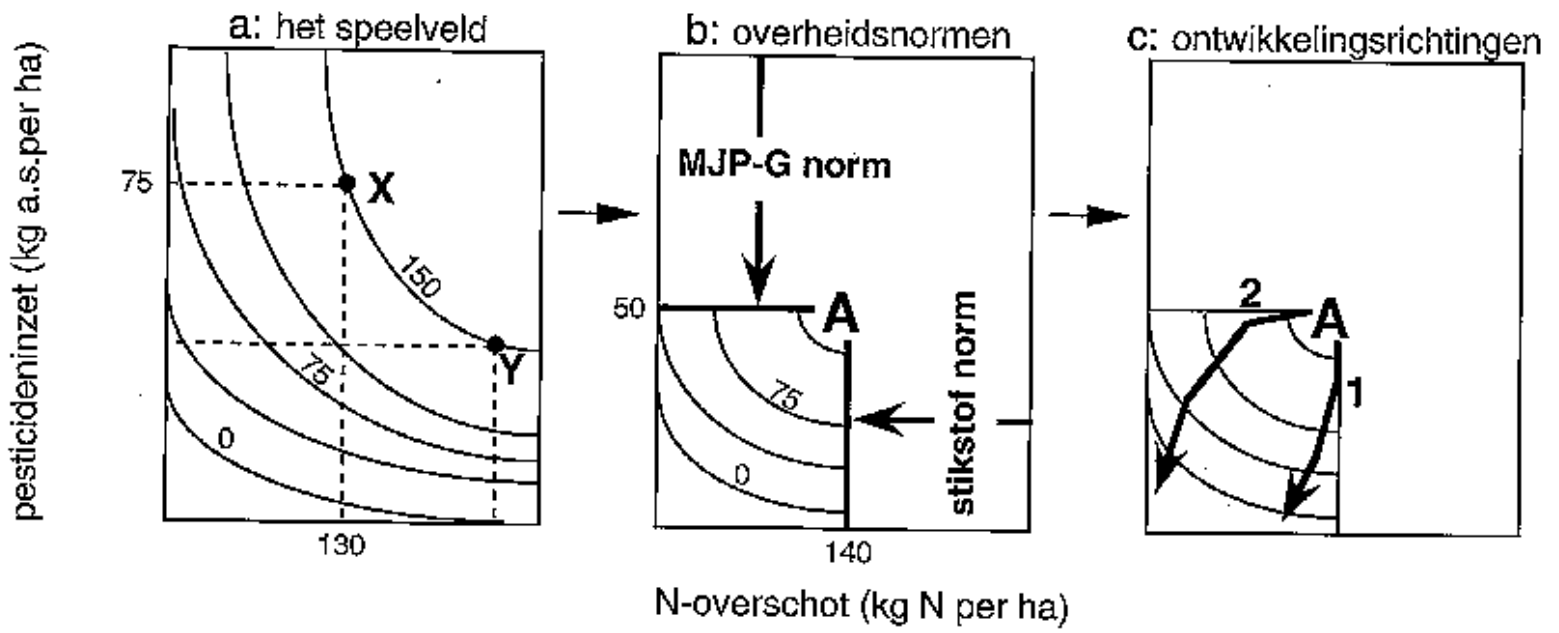
Eco = ecologisch, GI = geïntegreerd.



Figuur 3. Productiesituatie, produktieniveau en bijbehorende groeibepalende factoren.



Figuur 4. Schematische weergave van ontwerp van teeltsystemen en bedrijfsstrategieën in de bloembollenteelt bij verkenning met IMDP (bron: Jansma et al., 1994)



Figuur 5. Illustratie van de verkenning van ontwikkelingsrichtingen. Op de verticale as is de parameter pesticideninzet weergegeven, uitgedrukt in kilogram actieve stof per hectare en op de horizontale as de parameter stikstof-overschot in kilogram per hectare. De hoogtelijnen geven het hoogste bedrijfssaldo (in willekeurige eenheden) weer dat hoort bij een combinatie van pesticideninzet en N-overschot (bron: Jansma et al., 1994). Voor toelichting op de drie stappen, zie tekst.