

Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor
plantaardige produktie, milieu en natuur

7516 272 405

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0541 5936

Agrobiologische thema's

De reeks Agrobiologische thema's behandelt actuele landbouwproblemen, met name op het gebied van de plantaardige productie, vanuit de optiek van de onderzoeksdisciplines van het DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO): biochemie, fysiologie, oecologie, simulatie en systeemanalyse. De reeks is een weergave van voordrachten gehouden tijdens themadagen, die door CABO-DLO worden georganiseerd in samenwerking met DLO-instituten, proefstations en universitaire vakgroepen.

Reeds verschenen:

- Deel 1: Natuurontwikkeling en Landbouw
- Deel 2: Fysiologie en Kwaliteit van Tuinbouwproducten
- Deel 3: Gewas-oecologie in relatie tot gewasbescherming
- Deel 4: Gewasdiversificatie en Agrificatie
- Deel 5: Regulatie van de Fytomorfogenese
- Deel 6: Stikstofstromen in Agro-ecosystemen
- Deel 7: Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor
plantaardige productie, milieu en natuur

Bestellingen:

Sectie PRI
CABO-DLO
Postbus 14
6700 AA Wageningen

**Kwaliteit en duurzaamheid
als hoeksteen voor
plantaardige productie,
milieu en natuur**

F.W.T. Penning de Vries & J.H.J. Spiertz (red.)



cabo-dlo Wageningen 1992

Abstract

Penning de Vries, F.W.T. & J.H.J. Spiertz (eds), 1992. *Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor plantaardige produktie, milieu en natuur (Quality and sustainability as pillars for plant production, environment and nature)*. Agrobiologische thema's 7 (Agrobiological themes 7), DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen, 109 pp.

At the occasion of the opening of its new offices and research facilities, CABO-DLO presents for a broad public its views on agricultural research for the next decade in this booklet. Two contributions provide a brief overall view of the institute: 'Tasks and research activities of CABO-DLO', and 'More research in an international framework'. This is followed by six contributions that reflect thinking and activities of six research departments. But rather than reporting on all department research, they present a lively melange of research topics, results, methods and long term views. Subjects presented are 'Regulation of processes by communication inside plants', 'Quality control through environmental factors', 'Healthy crops with less chemical protection', 'Sustainable production without weed problems', 'An image of sustainable animal production', and 'Sustainable land use needs merging of goals: illustration of a methodology'. Publications on these subjects in the english language can be obtained from the authors.

Free descriptors: research organization, biochemistry, plant physiology, crop physiology, weed science, animal production, agrosystemes research

ISBN 90-73384-15-X

© DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

Niets uit deze uitgave, met uitzondering van de titelbeschrijving en korte citaten ten behoeve van een boekbespreking, mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van de uitgever, CABO-DLO, Postbus 14, 6700 AA Wageningen. Voor alle kwesties inzake kopiëren uit deze uitgave: Stichting reprorecht, Amsterdam

Gedrukt in Nederland

Inhoudsopgave

	Woord vooraf	1
1	Wat doet het CABO-DLO?	
	Taakstelling en onderzoeksactiviteiten	3
	<i>J.H.J. Spiertz</i>	
2	Meer onderzoek in internationaal verband	9
	<i>F.W.T. Penning de Vries</i>	
2.1	Internationaal onderzoek	9
2.1.1	Ontwikkelingen in de aanpak van onderzoek	9
2.1.2	Geen grondrechten op onderzoeksterreinen.....	12
2.2	Nieuwe landbouwproblemen in een grotere wereld	12
2.2.1	Europa	12
2.2.2	Ontwikkelingslanden	14
2.3	Internationale samenwerking	15
2.3.1	'Comparative advantage' en 'unique selling point'	15
2.3.2	Voorbeelden.....	16
2.4	Conclusie	17
2.5	Referenties.....	17
3	Regulering van processen door communicatie binnen de plant 19	
	<i>M. Blom-Zandstra</i>	
3.1	Inleiding	19
3.2	Communicatiemiddelen	21
3.2.1	Assimilaten	22
3.2.2	Hormonen	22
3.3	Effect van omgevingsfactoren	23
3.4	Regulering van fysiologische processen	24
3.5	Perspectieven voor toepassing van fysiologisch onderzoek	29
3.6	Referenties.....	29

4	Sturing van kwaliteit door beïnvloeding van omgevingsfactoren	31
	<i>S.C. van de Geijn</i>	
4.1	Inleiding.....	31
4.2	Kwaliteitsbeïnvloeding bij vollegrondsteelten.....	33
4.2.1	Akkerbouwprodukten	33
4.2.2	Vollegrondsgroenten	33
4.3	Kwaliteitsbeïnvloeding bij kasteelten.....	35
4.3.1	Productieverloop en kwaliteit van komkommer	36
4.3.2	Stuurlichteffecten op de bloemvorming bij rozen	38
4.3.3	Plantevoeding en vruchtopbrengst bij de teelt van tomaat op substraat	39
4.4	Worteleigenschappen en forceercondities bij witlof	40
4.5	Slotopmerkingen	42
4.6	Referenties.....	43
5	Het gewas meer op eigen kracht met minder chemische bescherming.....	45
	<i>A.J. Haverkort en M. van Oijen</i>	
5.1	Inleiding.....	45
5.2	Gewasgroei	47
5.3	Onderzoeksaanpak	48
5.4	Gewas/pathogeen-relaties.....	49
5.5	Virussen.....	50
5.6	Aardappelmoehed.....	51
5.7	Bodemschimmels: verwelkingsziekte en lakschurft.....	52
5.8	Aardappelziekte	54
5.9	Toepassingsrichtingen van het onderzoek	56
5.10	Referenties.....	56
6	Duurzaamheid van produktie zonder onkruidproblemen	59
	<i>L.A.P. Lotz, M. Hoogerkamp en H. Naber (VPO-LUW)</i>	
6.1	Inleiding.....	59
6.2	Concurrentie tussen gewassen en onkruiden	60
6.2.1	Nadelen van een louter empirische benadering.....	60
6.2.2	Dynamische simulatiemodellen voor gewas/onkruid-interacties	61
6.3	Toepassingsmogelijkheden van onkruidschaderelaties.....	64
6.3.1	Adviessystemen voor geleide bestrijding.....	64
6.3.2	Ontwikkeling van biologische bestrijdingstechnieken.....	64
6.3.3	Verbetering van de concurrentiekracht van het gewas	65
6.3.4	Evaluatie van nieuwe bedrijfssystemen	65

6.4	Onderzoek ten behoeve van een toekomstig gebruik van herbiciden met minimale negatieve invloed op het milieu	66
6.4.1	Fysiologisch onderzoek ter verbetering van de effectiviteit van herbiciden	66
6.4.2	Resistentie-ontwikkeling.....	68
6.5	Referenties.....	69

7 Het aanzien van een duurzame veehouderij 71
J.J.M.H. Ketelaars

7.1	Inleiding	71
7.2	Duurzame veehouderij als vorm van duurzaam grondgebruik.....	72
7.3	Duurzaamheidsnormen voor het gebruik van natuurlijke hulpbronnen	74
7.3.1	Ruimte	74
7.3.2	Bodem	76
7.3.3	Water.....	78
7.3.4	Atmosfeer	79
7.3.5	Energie	80
7.3.6	Biologische diversiteit	81
7.4	De relatie mens - dier in een duurzame veehouderij.....	81
7.5	Conclusies.....	83
7.6	Referenties.....	84

8 Duurzaam landgebruik vraagt verweving van doelstellingen: illustratie van een methodologie..... 87
H. van Keulen, J. Schans en G.W.J. van de Ven

8.1	Inleiding	87
8.2	De methode.....	88
8.2.1	De 'input/output'-tabel.....	88
8.3	De doelvariabelen	90
8.4	De interactieve analyse	92
8.5	Enkele voorbeelden	93
8.5.1	Landgebruiksplanning voor de 5e regio van Mali (West-Afrika).....	93
8.5.2	Geïntegreerde teelt van consumptieaardappelen in de Flevopolders....	98
8.5.3	Geïntegreerde melkveehouderij op zandgrond.....	100
8.6	Conclusies.....	102
8.7	Referenties.....	103

De auteurs..... 106

Woord vooraf

De officiële ingebruikneming van de nieuwbouw is een goede aanleiding om u nader te laten kennismaken met het onderzoek van het instituut. Tijdens de open dagen zal dit gebeuren door middel van een serie lezingen en met posters en demonstraties. Als thema is gekozen: 'Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor plantaardige productie, milieu en natuur'.

Rondom dit thema is CABO-DLO al vele jaren actief met fundamenteel-strategisch onderzoek. Centraal staan wetenschappelijke kwaliteit, onafhankelijkheid en een multidisciplinaire aanpak. Om dit doel te bereiken wordt zowel nationaal als internationaal intensief samengewerkt met vooraanstaande onderzoeksinstituten. Bij de lezingen is gekozen voor bijdragen met een eigen identiteit en een persoonlijke visie van de auteurs. Naast een presentatie van het instituut worden exemplarisch blokken onderzoek behandeld, maar wordt er ook een eigen visie in essayvorm op de duurzaamheid van de veehouderij gegeven. Deze mengeling van onderzoeksproblemen, onderzoeksmethoden en beleidsvisies met betrekking tot kwaliteit en duurzaamheid geeft een beeld van de veelkleurigheid en creativiteit in het onderzoek.

Het was een goed idee om de lezingen te bundelen en op te nemen in de serie Agrobiologische Thema's. Ik hoop, dat de lezingen op deze wijze een bredere verspreiding krijgen onder de doelgroepen, waarvoor kwaliteit en duurzaamheid meer een uitdaging dan een schuilplaats vormen.

De directeur,

dr.ir. J.H.J. Spiertz

1 Wat doet CABO-DLO?

Taakstelling en onderzoeksactiviteiten

J.H.J. Spiertz

Het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) verricht fundamenteel-strategisch en toepassingsgericht onderzoek naar het functioneren van planten, gewassen, vegetaties en agro-ecosystemen in relatie tot omgevingsfactoren, genetische eigenschappen en teelthandelingen. Sociaal-economische condities en regelgeving met betrekking tot milieubeheer en natuurbehoud zijn de randvoorwaarden voor het ontwikkelen en toetsen van produktiesystemen.

Het CABO-DLO richt zich in het bijzonder op plantaardige produktiesystemen, zowel in de gematigde gebieden als in de tropen. Hoge prioriteit hebben daarbij de kwaliteit van het produktieproces en van het produkt, en de economische en ecologische duurzaamheid van produktiesystemen.

Het CABO-DLO onderzoek heeft ten doel:

- a. Het verdiepen van kennis en inzicht in plantenfysiologische en plantenoecologische processen en in gewasgroei en -produktie onder uiteenlopende klimatologische en bodemkundige omstandigheden.
Dit type onderzoek wordt thans veelal aangeduid als fundamenteel-strategisch onderzoek of expertise-ontwikkeling.
- b. Het verrichten van toepassingsgericht onderzoek om specifieke problemen met betrekking tot plantaardige produktie, milieu en natuur op te lossen. Dit onderzoek maakt in de regel deel uit van meerjarige onderzoekprogramma's.

Enkele typerende voorbeelden:

- fysiologisch onderzoek naar de bloemknopopening van de roos;
- chemisch/fysiologisch onderzoek naar de kwaliteit van de witlofwortel in relatie tot het trekresultaat;
- gewasfysiologisch onderzoek naar de produktvorming en produktkwaliteit van aardappels (onder meer knolsortering) en van vollegrondsgroenten (onder meer nitraatgehalten);
- biologische bestrijding van de akkerdistel;
- systeemanalytisch onderzoek naar stikstofbenutting en -verliezen op melkveebedrijven;
- ontwikkeling en toetsing van geïntegreerde plantaardige produktiesystemen.

- c. Het verkennen van beleidsopties en het evalueren van doelstellingen en effecten van voorgenomen beleid, met name van de effectiviteit van de maatregelen. Dit betreft onder meer deelstudies ten behoeve van:
- de advisering aan de Ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij; Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne; en Verkeer en Waterstaat, door de Commissie Stikstof met betrekking tot maatregelen om de belasting van grond- en oppervlaktewater te verminderen;
 - WRR-studies met betrekking tot grondgebruik en functies van landelijke gebieden in Europa;
 - het verrichten van studies voor DGIS en internationale organisaties (onder meer FAO en Wereldbank) op het gebied van ontwikkelingsvraagstukken en duurzame ontwikkeling.
- d. Het overdragen van kennis naar universiteiten, proefstations, IKC's, agrarische hogescholen en naar onderzoeksinstituten in ontwikkelingslanden. Het betreft onder meer:
- begeleiding van AIO en OIO's bij het uitvoeren van promotie-onderzoek op onderzoeksterreinen, waarbij CABO-DLO over specifieke expertise beschikt;
 - ondersteuning van het praktijkonderzoek met experimenteel fysiologisch of met systeemanalytisch onderzoek;
 - advisering van IKC's met betrekking tot het verfijnen van bemestingsadviezen, het ontwikkelen van (geïntegreerde) onkruidbeheersingsystemen en geïntegreerde productiesystemen;
 - begeleiding van HAO-studenten bij het uitvoeren van afstudeeropdrachten.
 - het verzorgen van training en begeleiding van onderzoekers in ontwikkelingslanden.
- e. Het ontwikkelen van methodieken voor landbouwkundig onderzoek. Het instituut heeft een grote expertise op het gebied van methoden voor het meten van:
- fotosynthese op celniveau (chlorofylfluorescentie) en op blad- en gewasniveau;
 - de vochtinhoud en gewasverdamping;
 - wortelgroei en wortelactiviteit;
 - biomassa;
 - de chemische samenstelling van planten en producten.

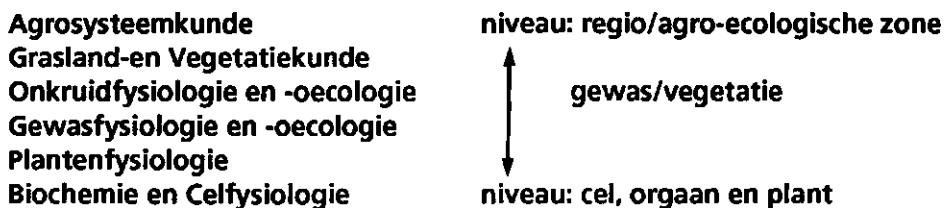
Karakteristiek voor het CABO-onderzoek is een discipline-gerichte aanpak bij de analyse van problemen en een multi-disciplinaire benadering bij de synthese van kennis en inzichten tot oplossingen voor beleid en praktijk. Kern-disciplines in het onderzoek zijn: fysiologie (moleculair, cel-, plant- en gewasniveau), oecologie (plant-, vegetatie- en landschapsniveau) en systeemkunde (perceels-, bedrijfs- en regioniveau). Vooral de laatste discipline biedt door de methodologie (onder meer simulatie, lineaire programmering en interactieve doelprogrammering) en de theorievorming een uitstekend kader voor integratie van kennis en inzichten op verschillende aggregatie-niveaus. Ook biedt de modelaanpak een effectief instrument om experimenteel onderzoek aan complexe systemen (bijvoorbeeld bodemplant/dier-klimaat reacties) efficiënt en generaliseerbaar uit te voeren.

Voorbeelden van dergelijk onderzoek zijn:

- effecten van verandering in kasklimaat (fluctuaties variërend van minuten tot uren) op groei en adaptatie van planten;
- lange-termijneffecten van klimaatverandering en verhoogd CO₂-gehalte op meerjarige gewassen;
- agro-ecologische zonerings van voedselgewassen (onder meer aardappel, rijst) in ontwikkelingslanden;
- nutriëntenstromen in intensieve en semi-aride bodemgebonden veehouderij-systemen.

Verwant onderzoek is georganiseerd in zes onderzoeksafdelingen, die verantwoordelijk zijn voor de expertise-opbouw op het betreffende onderzoeksgebied en voor de kwaliteit van de uitvoering van onderzoeksprojecten. De projecten maken deel uit van onderzoeksprogramma's, die instituutoverschrijdend kunnen zijn.

De zes onderzoeksafdelingen en hun onderlinge samenhang kunnen als volgt gepresenteerd worden:



Om de horizontale afstemming tussen de onderzoeksafdelingen te bevorderen vindt er overleg plaats in themagroepen, zoals 'simulatie en systeemanalyse'.

Jaarlijks wordt er een werkplan gemaakt waarin per project vermeld staan:

- de projecttitel;
- de projectleider(s) en medewerkers;
- de samenwerkende/participerende onderzoeksinstituten;
- de medefinanciers;
- de looptijd van het project;
- het werkplan voor het lopende jaar.

De projecten maken deel uit van de volgende DLO-onderzoeksprogramma's:

- Plantenfysiologie en produktkwaliteit (DLO- 32)
- Gewasfysiologie en produktkwaliteit (DLO- 30)
- Onkruidoecologie en -beheersing (DLO- 37)
- Agro-ecologie en geïntegreerde landbouw (DLO- 48)
- Simulatie en systeemanalyse (DLO- 50)
- Duurzaam landgebruik en voedselproductie in ontwikkelings-landen (DLO-110)
- Natuurontwikkeling (DLO-120)
- Klimaatverandering, landbouw en natuur (DLO-122)
- Voederkwaliteit van gras (DLO-124)
- Stikstofstromen in graslandecosystemen (DLO-178)
- Stikstofbemesting en -dynamiek in bodem en gewas (DLO-187)

Naast de financiering van circa 140 formatieplaatsen (\pm f 11 miljoen), investeringen en een deel van de materiële uitgaven (\pm f 1 miljoen) door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij worden er uit aanvullende en externe middelen circa 40 formatieplaatsen gefinancierd en het grootste deel van de 'running costs' gedekt. In toenemende mate wordt de aard en omvang van het onderzoek bepaald door additionele overheidsfinanciering, EG-financiering en financiering door het bedrijfsleven. De aanvullende financiering en contractfinanciering zal in 1992 ongeveer f 6 miljoen bedragen.

De 10 top-programma- en projectfinanciers zijn thans:

(x f 1000,-)

1. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij	
a. basis- en exploitatiefinanciering	ca. 12 000
b. programma- en projectfinanciering	2 203
2. Ministerie van Buitenlandse Zaken, Directoraat-Generaal Internationale Samenwerking (DGIS)	795
3. Europese Commissie (DG6, DG12, JRC enz.)	722
4. Agrarisch bedrijfsleven (onder meer Landbouwschap, NGC enz.)	551
5. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne (VROM) (NOP-programma Klimaatverandering)	445
6. Produktschap voor Siergewassen (PvS)	343
7. Landbouwuniversiteit	310
8. Ministerie van Economische Zaken (EZ)	200
9. Stichting Proefbedrijf Melkveehouderij en Milieu (LNV, VROM, bedrijfsleven)	200
10. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VW) (met name Rijkswaterstaat)	146

Het beleid is mede door de verzwaarde financiële taakstelling gericht op het verwerven van meer inkomsten uit contractresearch. Er zijn initiatieven genomen om meer inkomsten te verwerven uit EG-programma's.

Het karakter van het onderzoek verandert door de gewijzigde financiering van een taakorganisatie met een onafhankelijke en fundamenteel-strategische onderzoeksmissie naar een marktorganisatie met een meer sturende financiering en een groter accent op oplossingsgericht onderzoek.

De toekomstige positie en taakstelling van het instituut worden sterk bepaald door de veranderingsprocessen binnen het landbouwkundig onderzoek en de mogelijkheden om de samenwerking met de Landbouwuniversiteit en met internationale onderzoeksinstituten (met name CGIAR-instituten) verder uit te bouwen in structurele verbanden (onder meer onderzoeksscholen, onderzoeksconsortia enz.). Samenwerking met de Landbouwuniversiteit en andere universiteiten vindt reeds op bilaterale basis plaats met een groot aantal vakgroepen. Structureel wordt er vanaf 1976 samengewerkt met de vakgroepen Theoretische Productie-Ecologie en met de vakgroep Vegetatiekunde, Plantenecologie en Onkruidkunde. De vorming van onderzoeksscholen biedt mogelijkheden tot verbreding van de structurele samenwerking. Het betreft onder meer samenwerking met de onderzoeksschool Productie-Ecologie in oprichting. Daarnaast zijn er potentiële kansen in de samenwerking met de onderzoeksschool Experimentele Plantenwetenschappen. Voor DLO-instituten dient bij de structurele samenwerking in onderzoeksscholen de eigen verantwoordelijkheid voor onderzoeksprogramma's gewaarborgd te zijn. Dit hangt samen met de verantwoording van het onderzoek naar de belangrijkste financiers. Desalniettemin blijven er vele wederzijdse voordelen over om een dergelijke samenwerking ook beleidsmatig te bevorderen. De huidige positieve ervaringen met de begeleiding van promovendi zijn een goede basis voor samenwerken in onderzoeksscholen.

Intensieve besprekingen zijn gaande over de vorming van een nieuw instituut voor Agro-ecologie uit een fusie van CABO-DLO en IB-DLO. Een dergelijke samenvoeging zal potentieel een meer geïntegreerd gewas- en bodemkundig onderzoek mogelijk maken met betrekking tot nutriëntenbenutting en -verliezen in diverse plantaardige productiesystemen. Ook het bodem- en vegetatie-oecologisch onderzoek kunnen meer geïntegreerd werken aan processen in de boden van natuurlijke bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid en voor natuurontwikkeling van sterk bodemafhankelijke ecosystemen. Ten aanzien van een duurzaam landgebruik zal bodemkundige en gewaskundige kennis aangevuld dienen te worden met onder meer hydrologische kennis bij het Staringcentrum om de haalbaarheid van specifieke milieu-criteria in landbouwkundige productiesystemen te verkennen en toetsen.

Ten aanzien van het kwaliteitsonderzoek ligt het voor de hand de programmatische samenwerking binnen DLO (onder meer met CPRO, ATO en RIKILT) te versterken met behoud van de goede samenwerking met de proefstations (PAGV, LBO, PBN, PRG, PB, PFW en PR). CABO-DLO beschikt thans over uitstekende onderzoeksfaciliteiten om de kwaliteitsvorming en -behoud bij uiteenlopende gewasgroepen zeer gericht te onderzoeken.

Kwaliteit van onderzoek, onafhankelijkheid en openheid bepaalden het wetenschappelijk klimaat bij CABO-DLO vanaf de fusie in 1976. In dit klimaat is onderzoek tot ontwikkeling gekomen, dat richtinggevend was voor beleid en praktijk, zowel nationaal als internationaal. Het betreft de aanpak van nutriëntenverliezen in grondgebonden veehouderij-systemen, van duurzaamheid van landgebruik en voedselvoorziening in de tropen, van kwaliteit van productiesysteem en van produkt enz.

2 Meer onderzoek in internationaal verband

F.W.T. Penning de Vries

DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

2.1 Internationaal onderzoek

Zowel de wijzen van onderzoek als de vraagstukken die onderzocht worden veranderen in sterke mate. Beide veranderingen leiden enerzijds tot meer mogelijkheden om gebruik te maken van kennis die is vergaard in het buitenland. Anderzijds leiden ze ook tot meer mogelijkheden om onderzoek te verrichten aan plantaardige productie buiten Nederland, met name ten behoeve van het 'bevorderen van duurzame plantaardige produktiesystemen, van produktvernieuwing en -kwaliteit en van natuurwaarden en milieukwaliteit in het landelijke gebied' (missie CABO-DLO: Spiertz, 1992).

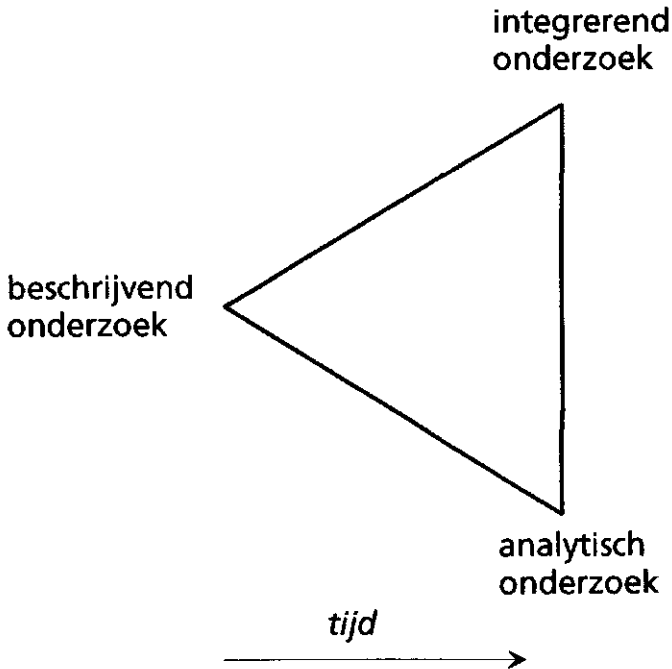
In een kwart van onze onderzoeksprojecten is er nu expliciet sprake van internationale samenwerking: met Westeuropese (in 8 projecten) en Oosteuropese (3) instellingen, en met nationale (2) en internationale instellingen (7) in ontwikkelingslanden.

2.1.1 Ontwikkelingen in de aanpak van onderzoek

Het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek (CLO) in de veertiger en vijftiger jaren verrichtte hoofdzakelijk beschrijvend onderzoek naar de groei van gewassen en naar inzet van produktiefactoren in proefomstandigheden. Sedert die tijd is de kennis van de processen die de basis vormen van groei, produktie, kwaliteit, en van effecten van inputs en omgevingsfactoren, enorm toegenomen door onderzoek waaraan ook het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen (het IBS, een van onze onmiddellijke voorlopers) flink bijdroeg. Dit blijkt onder meer uit ons huidige inzicht in functioneren van gewassen en uit het aantal verklarende simulatiemodellen dat ter beschikking staat. Ook zijn veel basisgegevens van gewassen, weer en bodem verzameld en beschikbaar gekomen. Deze zijn onmisbaar voor het toepassen van fundamentele kennis in de praktijk.

Deze evolutie van de wetenschap heeft enerzijds tot gevolg dat steeds diepergravend, experimenteel onderzoek nodig is om grenzen te blijven verleggen, terwijl anderzijds er meer mogelijkheden ontstaan voor integrerend onderzoek (Fig. 2.1). In de analytische onderzoeksrichting wordt gezocht naar verfijning van kennis en inzicht. Meestal gebeurt dit in laboratorium experimenten en in veldproeven onder

strikt gecontroleerde omstandigheden. In integrerend onderzoek wordt geprobeerd aanwezige kennis te combineren, en zo een steeds breder en dieper inzicht te krijgen in het functioneren van gewassen en produktiesystemen. Modelbouw staat daarbij voorop. De ontwikkelingen in de analytische en integrerende onderzoekrichtingen hebben belangrijke, maar verschillende consequenties voor het internationalisering van het onderzoek. Het aandeel beschrijvend, empirisch landbouwkundig onderzoek neemt af, hoewel er nog steeds nieuwe onderzoeksvelden geïdentificeerd worden waar een goede beschrijving verder onderzoek vooraf moet gaan. Dit geldt met name voor onderzoek naar milieukwaliteit en natuurontwikkeling. Dit aspect wordt hier niet verder uitgewerkt.



Figuur 2.1 Ontwikkeling in wetenschap van beschrijvend naar analytisch en integrerend onderzoek, die in aard verschillen maar elkaar onderling versterken.

Analytisch experimenteel onderzoek

Naarmate ons kennisgebied zich verder uitbreidt neemt ook het aantal grensgebieden toe waarvan we nog onvoldoende begrijpen. Dit vraagt om steeds meer divers, geavanceerd en gespecialiseerd onderzoek. CABO-DLO draagt op biochemisch, fysiologisch en ecologisch gebied daaraan bij, zoals blijkt uit andere hoofdstukken in deze bundel. Veel van de verworven kennis betreft fysiologische en ecologische principes die een algemene geldigheid hebben, zodat opgedane kennis ook elders in Nederland en de wereld geldig is. Omgekeerd ook is veel van kennis die elders is opgedaan hier goed te benutten. Het aantal gespecialiseerde onderzoekers in de hele wereld groeit, en zij steunen steeds meer op elkaar. Daardoor nemen uitwisseling van kennis en samenwerking op nationaal en internationaal niveau toe.

Gezien ook de vooruitgang in communicatiemiddelen mag op verdere groei worden gerekend. Anderzijds zal concurrentie om fondsen voor onderzoek leiden tot enige beperking in de beschikbaarheid van gegevens en in de belangstelling voor samenwerking.

Vanzelfsprekend zijn er steeds meer terreinen en deelgebieden waarop een enkele organisatie niet actief kan zijn. Het 'onderscheppen' van relevante ontwikkelingen op het CABO-DLO-vakgebied buiten ons instituut zal daarom versterkt aandacht moeten krijgen.

Integrerend modelmatig onderzoek

Doordat we over meer basiskennis beschikken dan vroeger en doordat veel basiskennis wereldwijd toepasbaar is, heeft de integrerende richting van onderzoek veel mogelijkheden gekregen. De Wit (1968) noemde daarom modellen op basis van processen 'verklarend' ten aanzien van het gedrag van het systeem. Nieuwe bouwstenen komen ter beschikking, waarmee steeds grotere en meer complexe verklarende modellen van planten, gewassen en produktiesystemen kunnen worden opgesteld. Van een groeiend aantal onderwerpen is voldoende bekend om met een simulatiemodel te verkennen hoe de werkelijkheid kan worden verbeterd, in plaats van uitsluitend experimenteel werk te verrichten. Inzicht (in de vorm van modelstructuur) en gegevens (als gegevensbestanden) met betrekking tot gewasgroei en -productie komen ter beschikking vanuit verschillende landen. De mogelijkheden groeien daardoor exponentieel om gevolgen te simuleren van scenario's van veranderende omgeving, teeltwijze en/of gewaseigenschappen, zoals onder meer de serie Simulation Monographs (PUDOC) en vele CABO-DLO-publicaties demonstreren. Dat deze ontwikkeling ook elders plaats vindt moge blijken uit een gebruikersvriendelijk programma dat het IBSNAT-project ontwikkelde, waarmee groei en produktie van verscheidene gewassen op vele plaatsen in de wereld kan worden berekend (Jones, 1992), en uit modelverkenningen van verbeterde teeltwijzen voor Australië (Muchow et al., 1991) en planttypen voor de tropen (Dingkuhn et al., 1991).

Met name de integrerende onderzoeksbenadering biedt mogelijkheden tot samenwerking met andere disciplines, zoals agrometeorologie, bodemkunde, hydrologie, fytopathologie, waarbij het perspectief verruimd wordt zowel in de tijd als in de ruimte (Penning de Vries, 1990). Inter-institutionele samenwerking is daarbij regel. Nu gewasgroeimodellen voor veel onderwerpen worden toegepast heeft zich het veld waarop onderzoek over 'integratie' plaats vindt verlegt naar een hoger niveau. Waar een tiental jaren terug modellen van gewasgroei het maximum van integratie weergaven zijn dit nu modellen van produktiesystemen (Van Keulen, 1992). In deze ontwikkeling wordt samenwerking met economische discipline nagestreefd. Ook hier is de conclusie: het is een noodzaak verder aan te sluiten bij internationale ontwikkelingen. CABO-DLO hoort bij de voorhoede op het gebied van integrerend gewas- en milieukundig onderzoek, maar kan natuurlijk niet actief zijn op alle terreinen.

Het is niet mijn suggestie dat onderzoeksprojecten in zuiver analytische en voornamelijk experimentele projecten en in integrerende en hoofdzakelijk met modellen werkende projecten te verdelen zijn. Integendeel: de wisselwerking tussen beide

onderzoeksrichtingen is essentieel. Toch is herkenbaar dat de meeste projecten òf voornamelijk analytisch òf integrerend zijn.

2.1.2 Geen grondrechten op onderzoeksterreinen

Toen onderzoek hoofdzakelijk beschrijvend en plaatsgebonden was verrichtte elk land en elke regio zijn eigen landbouwkundig onderzoek. Nu er veel algemeen geldige proceskennis is opgedaan en deze in principe vrij toegankelijk is over de hele wereld, is het niet meer vanzelfsprekend dat een vraag uit een gebied in hetzelfde land wordt onderzocht en beantwoord. In feite zagen we die verschuiving binnen Nederland al eerder, van streekgebonden proefstations naar nationale onderzoeksinstellingen. De verschuiving van vrijwel volledige basisfinanciering van onderzoeksinstituten zoals CABO-DLO naar een belangrijke fractie projectfinanciering uit externe fondsen maakt ook dat er geen automatisme is in de toewijzing van bepaalde onderzoeksopdrachten aan bepaalde instellingen. Weliswaar spelen traditie en politiek nog een grote rol, maar het valt te verwachten dat in toenemende mate onderzoek wordt verricht door de instellingen die daartoe het best zijn ingericht, waar dan ook. In de industrie is internationale 'uitbesteding' al gewoon, en ook het uitschrijven van nationale en internationale 'calls for offers' voor onderzoek begint meer voor te komen. Slagvaardigheid bij het verwerven van fondsen, doelmatigheid van onderzoek en helderheid van presentatie van resultaten daardoor een grotere rol spelen.

EG financieringsprogramma's geven een impuls aan de formele samenwerking tussen onderzoeksinstellingen van verschillende landen. Naast potentieel grote voordelen van complementariteit, met name voor grote onderzoeksprogramma's, ligt er ook concurrentie in het verschiet.

2.2 Nieuwe landbouwproblemen in een grotere wereld

2.2.1 Europa

Er is een sterke verwevenheid van activiteiten van de landbouw en het bedrijfsleven, en staan beide bloot aan diverse ontwikkelingen op Europese en mondiale schaal. Nieuwe kansen en bedreigingen voor het agrarisch bedrijfsleven kunnen dan ook op korte termijn voortkomen uit de EG-landbouwpolitiek en de GATT-onderhandelingen. In de landbouw gaat de intensivering nog steeds verder, met voortdurende verschuivingen in gewastypen, teeltwijzen, produktietakken en zelfs produktielanden. Tevens realiseren we ons steeds meer dat natuur en milieu onlosmakelijk met landbouw verbonden zijn.

In de akkerbouw en grondgebonden tuinbouw verschuift het accent steeds meer naar kennis-intensieve vollegrondsteelten, waarbij produktkwaliteit en toegevoegde waarde voorop staan. In alle teelten is het niveau van produktie per eenheid oppervlak in de afgelopen decennia voortdurend gestegen. Lokaal en regionaal heeft dit geleid tot een sterke belasting van bodem en milieu. In grote gebieden dient het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen fors

gereduceerd te worden. Ook de veehouderij is geïntensiveerd in de afgelopen decennia, en emissies van nutriënten naar het milieu zijn sterk toegenomen. Als gevolg van de voortdurende stijging van de produktie per eenheid oppervlak neemt het areaal waarop intensief landbouw wordt bedreven af, en ontstaat er meer ruimte voor natuur, bos en extensieve teelten. Dit biedt bijzondere uitdagingen voor studies van herbestemming van gronden.

Intensivering van de landbouw heeft geleid tot aanzienlijke milieuproblemen met betrekking tot mineralen, water, bestrijdingsmiddelen en natuurwaarden. Er is een toenemende zorg dat de grens van de draagkracht van het agro- en natuurlijke systeem op lokaal, regionaal en mondiaal niveau is bereikt of zelfs al is overschreden. De bewustwording van de hoge maatschappelijke en milieukosten van het geïntensiveerde produktiesysteem heeft geleid tot een grote aandacht voor stofkringlopen, produktieprocessen, bodem- en landgebruik, en terrestrische ecosystemen, en voor de invloed van luchtverontreiniging en klimaatsverandering daarop.

Klimaat, gewassen, bodems, economie en maatschappij-inrichting van de ons omringende landen hebben veel overeenkomsten met de onze, zodat veel van onze kennis daarop goed van toepassing is. Door de in het algemeen gemiddeld lagere niveaus van produktie per eenheid oppervlak zijn de problemen door intensivering als regel minder groot dan in Nederland, hoewel ze in belangrijke landbouwgebieden even dominant zijn. De belangstelling voor een duurzame landbouw en integratie van landbouw en natuur zijn in heel Europa sterk toegenomen, en de aandacht voor milieuproblemen in landbouwgebieden neemt vooral toe in Oost-Europa. Verwacht mag worden dat de produktiestijging per eenheid van oppervlak doorzet in West-, Centraal- en Oost-Europa, terwijl de bevolkingsomvang niet veel verandert. Met name in Zuid-Europa wordt gewasproduktie in toenemende mate beperkt door de eindige of zelfs afnemende hoeveelheid water voor landbouwkundige doeleinden (RIVW/RIZA, 1991), hetgeen door klimaatsverandering nog kan verergeren.

Verder wordt landbouwbeleid in toenemende mate gevoerd op Europees niveau, en zijn zowel problemen (water- en luchtverontreiniging) als uitdagingen (markten, nieuwe gewassen) grensoverschrijdend.

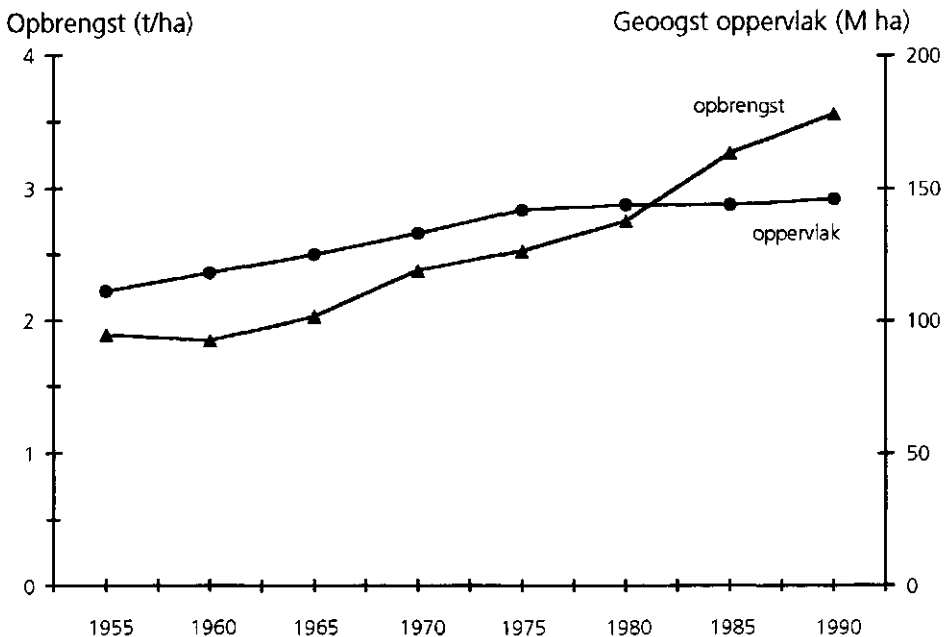
Integrerend onderzoek kan tot stand koming bevorderen van systemen van duurzaam landgebruik in de EG en voor andere Europese landen. In beperkte mate wordt samengewerkt met onderzoeksorganisaties in EG landen over meer specifieke vragen met betrekking tot plantaardige produktie, bodem en milieu, met name ten aanzien van de processen die daarbij een sleutelrol spelen, en van hun integratie tot modellen van produktiesystemen. Met de vakgroep Theoretische Produktie-Ecologie (TPE) van de Landbouwuniversiteit is op invitatie een cursus gewasgroeisimulatie gegeven in een aantal landen, maar dit leidde slechts in enkele gevallen tot directe samenwerking.

Met analytisch experimenteel onderzoek zoekt CABO-DLO aansluiting bij sterke instellingen in Europa met soortgelijk onderzoek, zoals het Franse Institut National de Recherche Agronomique en het Engelse Agricultural and Forestry Research Centre. De onderwerpen worden daarbij door ons gekozen, de samenwerking verhoogt de efficiëntie van het onderzoek.

CABO-DLO neemt deel in een aantal samenwerkingsovereenkomsten met Oosteuropese organisaties voor landbouwkundig onderzoek. De activiteiten hierin bleven beperkt tot uitwisseling van onderzoekers tijdens korte bezoeken.

2.2.2 Ontwikkelingslanden

Landgebruik en voedselvoorziening in ontwikkelingslanden zijn in de laatste decennia in de situatie gekomen dat meer voedsel nodig is voor de nog steeds groeiende bevolking, maar produktiestijging vrijwel nergens meer kan worden opgevangen door in gebruik nemen van meer grond (Fig. 2.2). In de meeste streken is intensivering onvermijdelijk geworden, zowel door het vergroten van de productie per teelt als door het telen van meerdere gewassen per jaar. Het productieniveau is daarbij in sommige landen al overeenkomstig met dat van Europa, zij het dat 'inputs' vaak met lagere efficiëntie worden ingezet. Productieverhoging dient daarom gepaard te gaan met een aanmerkelijk hogere doelmatigheid van aanwending om kosten, milieu en menselijke gezondheid te sparen. Voor een duurzame en produktieve landbouw is een maximaal efficiënt gebruik van produktiemiddelen vereist (arbeid, teeltmateriaal, bodem, water, nutriënten, beschermingsmiddelen). Dit dient des te meer te worden benadrukt omdat belangrijke hulpbronnen zoals water en energie, en vaak ook nutriënten, slechts in beperkte mate aanwezig zijn. Een versnelling in de verhoging van produktiviteit van goede gronden is zelfs dringend gewenst om de exploitatiedruk op marginale gronden te verminderen.



Figuur 2.2 Ontwikkeling in de mondiale oppervlakte en opbrengst van rijstverbouw (bron: IRRI, 1991).

In marginale gebieden is gebruik van meststoffen vaak niet lonend, waardoor deze gronden verder worden uitgeput. Tevens worden marginale gronden vooralsnog steeds intensiever gebruikt, zodat milieu- en produktieproblemen in fragiele ecosystemen sterk toenemen. De armsten dragen het meest bij tot deze overexploitatie, omdat zij geen andere keus hebben. Armoedebestrijding en voedselvoorziening hangen daarom nauw samen met het milieubeleid en duurzame ontwikkeling in landgebruik.

Het verbeteren van deze situatie wordt mede vertraagd doordat het landbouwkundig onderzoek in de meeste ontwikkelingslanden nog zwak is. Op beperkte schaal worden de onderzoeks- en planningsorganisaties door internationale onderzoeksinstellingen ondersteund.

Het analytisch onderzoek van CABO-DLO zal nog niet vaak een partner voor gezamenlijk onderzoek treffen in een ontwikkelingsland. Toch neemt de kans hierop wel toe in grotere landen die zich gericht inspanssen op specifieke, fundamenteel strategische onderwerpen bij 'de besten' te horen. Een goed voorbeeld is het geavanceerde biotechnologisch onderzoek aan rijst op het China National Rice Research Institute in Hangzhou.

Het integrerend onderzoek van CABO-DLO kan in belangrijke mate bijdragen in onderzoek over plantaardige produktiesystemen, voedselvoorziening en landgebruik. Sedert het midden van de zeventiger jaren vond zulk onderzoek plaats in een reeks van projecten. Bestaande kennis kan worden ingezet voor het verkennen van strategieën voor het beantwoorden van vragen en verkennen van mogelijkheden. Vooral agro-ecologische zonerings en het verkennen van alternatieve teeltwijzen en gewassen springen hierbij in het oog. Waar cruciale kennis of gegevens missen kan aanvullend experimenteel onderzoek noodzakelijk zijn. De onderzoeksactiviteiten dienen altijd met nationale onderzoeksinstellingen plaatsvinden. Deze zijn veelal het best te benaderen via internationale organisaties, waaronder de instituten van de Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). Integrerend onderzoek met ontwikkelingslanden zal als regel een kennisoverdracht component hebben.

2.3 Internationale samenwerking

2.3.1 'Comparative advantage' en 'unique selling point'

De termen 'comparative advantage' en 'unique selling point' worden in internationaal verband gebruikt om de sterke, unieke kanten van een instituut aan te prijzen. Met betrekking tot onderzoek in internationaal verband heeft CABO-DLO belangrijke sterke kanten en unieke mogelijkheden.

Op het gebied van analytisch experimenteel onderzoek heeft CABO-DLO met zijn voorlopers een lange geschiedenis, waarin expertise en contacten zijn opgebouwd ten aanzien van gewasfysiologie en -ecologie (Spiertz, 1992). Ook heeft het weer een moderne outillage voor biochemisch, fysiologisch en ecologisch onderzoek.

Interactie met integrerend onderzoek is sterk ontwikkeld, waardoor de kennis eerder kan worden toegepast.

Sterk staat CABO-DLO op het gebied van integrerend onderzoek; het IBS was internationaal een voortrekker op het gebied van 'hele-plantenfysiologie'. Veel is bijgedragen aan de ontwikkeling van gewasgroeimodellen, met name in nauwe samenwerking met TPE (Rabbinge et al., 1990). Er zijn veel contacten met onderzoekers en instellingen buiten Nederland, onder meer opgebouwd door langdurige uitwisseling van onderzoekers van nationale en internationale instituten op alle continenten.

2.3.2 Voorbeelden

Analytisch experimenteel onderzoek

In de afgelopen jaren zijn in Europa en Amerika verscheidene netwerken gegroeid van onderzoekers die gezamenlijk een vraagstuk bestuderen. Met het project 'celbiologisch en moleculair-biologisch onderzoek naar wortelvorming' neemt CABO-DLO deel aan een internationaal onderzoeksnetwerk over wortelvorming bij houtige gewassen. Regelmatig ontmoeten onderzoekers elkaar, werken tijdelijk in elkaars laboratoria en wisselen gegevens en plantmateriaal uit.

In vele landen is in de afgelopen jaren het onderzoek over mogelijke klimaats-effecten op gewassen snel toegenomen. Ook CABO-DLO draagt daartoe een steentje bij. Uitwisseling van resultaten vindt plaats op velerlei niveaus met verscheidene Europese landen, waaronder Frankrijk, Duitsland, Engeland en Italië, en ook met de Verenigde Staten van Noord-Amerika, en het International Rice Research Institute (IRRI) op de Filipijnen.

Integrerend modelmatig onderzoek

Er is veel vraag in ontwikkelingslanden en in Europa naar kennis over de potenties van landbouwkundige productie van verschillende regio's. Soms is dat in verband met planning van nationaal onderzoek, soms gaat het om een verkenning van effecten van klimaatsverandering, soms om het optimaliseren van landgebruik of van andere beperkende factoren zoals water en nutriënten. Voor dergelijke studies zijn veel van de benodigde gegevens en inzichten in gewasgroei aanwezig op CABO-DLO. Voorbeelden van projecten die plaatsvonden en -vinden:

- een verkenning van de mogelijkheden van aardappelproductie in de wereld (Stol et al., 1991), als basis voor een 5-jaren plan voor het International Potato Centre in Peru;
- met het IRRI en TPE wordt een project uitgevoerd om kennis van simulatie en systeemanalyse te implementeren bij onderzoeksinstellingen in 9 Aziatische landen. Het hoofddoel is het verhogen van de efficiëntie van onderzoek, met name ten aanzien van agro-ecologie, potentiële productie, water en nutriëntenmanagement en gewasbescherming (Ten Berge, 1992). Onder meer zoneringsstudies in India zijn hieruit voortgevloeid (Aggarwal, 1992);
- met het Institut d'Economie Rural in Mali wordt onderzoek verricht om te bepalen welke technologische en/of economische veranderingen moeten plaats vinden om uitputting van weide- en akkerbouwgronden te stoppen en een duur-

zaam landbouwsysteem te creëren (Breman, 1990). Omdat cruciale gegevens van nutriëntenstromen ontbreken wordt ook lokaal experimenteel onderzoek uitgevoerd.

2.4 Conclusie

Het internationaliseren is zowel een noodzaak als een uitdaging. Gespecialiseerd en geavanceerd analytisch experimenteel onderzoek zal steeds meer kennis uit buitenlandse onderzoek moeten benutten en zich op gezamenlijk onderzoek richten. Het integrerend modelmatige onderzoek krijgt veel meer mogelijkheden om kennis in te zetten voor landbouwkundig onderzoek en landgebruiksplanning in Europa en ontwikkelingslanden. Aangezien onderzoek niet 'grondgebonden' is, mag worden verwacht dat concurrentie om externe financiering zal toenemen.

2.5 Referenties

Aggarwal, P.K., 1992

Agro-ecological zoning using growth models: characterization of wheat environments in India. In: Systems approaches for agricultural development. Penning de Vries, F.W.T., P.S. Teng and K. Metselaar, eds. Kluwer, Dordrecht (in druk).

Breman, H., 1990.

No sustainability without external inputs. In: Africa seminar. DGIS, Postbus 20061, Den Haag, 124 -134.

De Wit, C.T., 1968.

Theorie en model. Inaugurele rede Landbouw Hogeschool, Wageningen.

Dingkuhn, M., F.W.T. Penning de Vries, S.K. DeDatta and H.H. van Laar, 1991.

Concepts for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice. In: Direct Seeded Flooded Rice in the Tropics. International Rice Research Institute, 17-38.

Jones, J.W., 1992.

Decision support systems for agricultural development. In: Systems approaches for agricultural development. F.W.T. Penning de Vries, P.S. Teng and K. Metselaar, eds. Kluwer, Dordrecht (in druk).

Muchow R.C., G.L. Hammer and P.S. Carberry, 1991.

Optimising crop and cultivar selection in response to climatic risk. In: Climatic risk in crop production: models and management in the semiarid tropics and subtropics. R.C. Muchow and J.A. Bellamy, eds. CAB International, Wallingford, Engeland, 235-262.

Penning de Vries, F.W.T., 1990.

Can crop models contain economic factors? In: Rabbinge et al., 89-101.

Rabbinge, R., J. Goudriaan, H. van Keulen, F.W.T. Penning de Vries and H.H. van Laar (eds). 1990.

Theoretical Production Ecology: reflections and prospects. Simulation Monograph 34, PUDOC.

RIVM/RIZA, 1991.

Sustainable use of groundwater. Problems and threats in the European communities. RIVM, Postbus 1, Bilthoven.

Spiertz, J.H.J., 1992.

Wat doet CABO-DLO? Taakstelling en onderzoeksactiviteiten. In: Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor landbouw, milieu en natuur. Agrobiologische Thema's 7, F.W.T. Penning de Vries & J.H.J. Spiertz (red.), CABO-DLO, Wageningen, 3-7.

- Stol W., G.H.J. de Koning, P.L. Kooman, A. Haverkort, H. van Keulen and F.W.T. Penning de Vries, 1991. Agro-ecological characterization for potato production. Verslag 155, CABO.
- Ten Berge, H.F.M., 1992. Building simulation capacity in national agricultural research institutes: the case of SARP. In: Systems approaches for agricultural development. F.W.T. Penning de Vries, P.S. Teng and K. Metselaar, eds. Kluwer, Dordrecht (in druk).
- Van Keulen, H., 1992. Duurzaam landgebruik vraagt verweving van doelstellingen: illustratie van een methodologie. In: Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor landbouw, milieu en natuur. Agrobiologische Thema's 7, F.W.T. Penning de Vries & J.H.J. Spiertz (red.), CABO-DLO, Wageningen, 89-106.

3 Regulering van processen door communicatie binnen de plant

M. Blom-Zandstra

DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

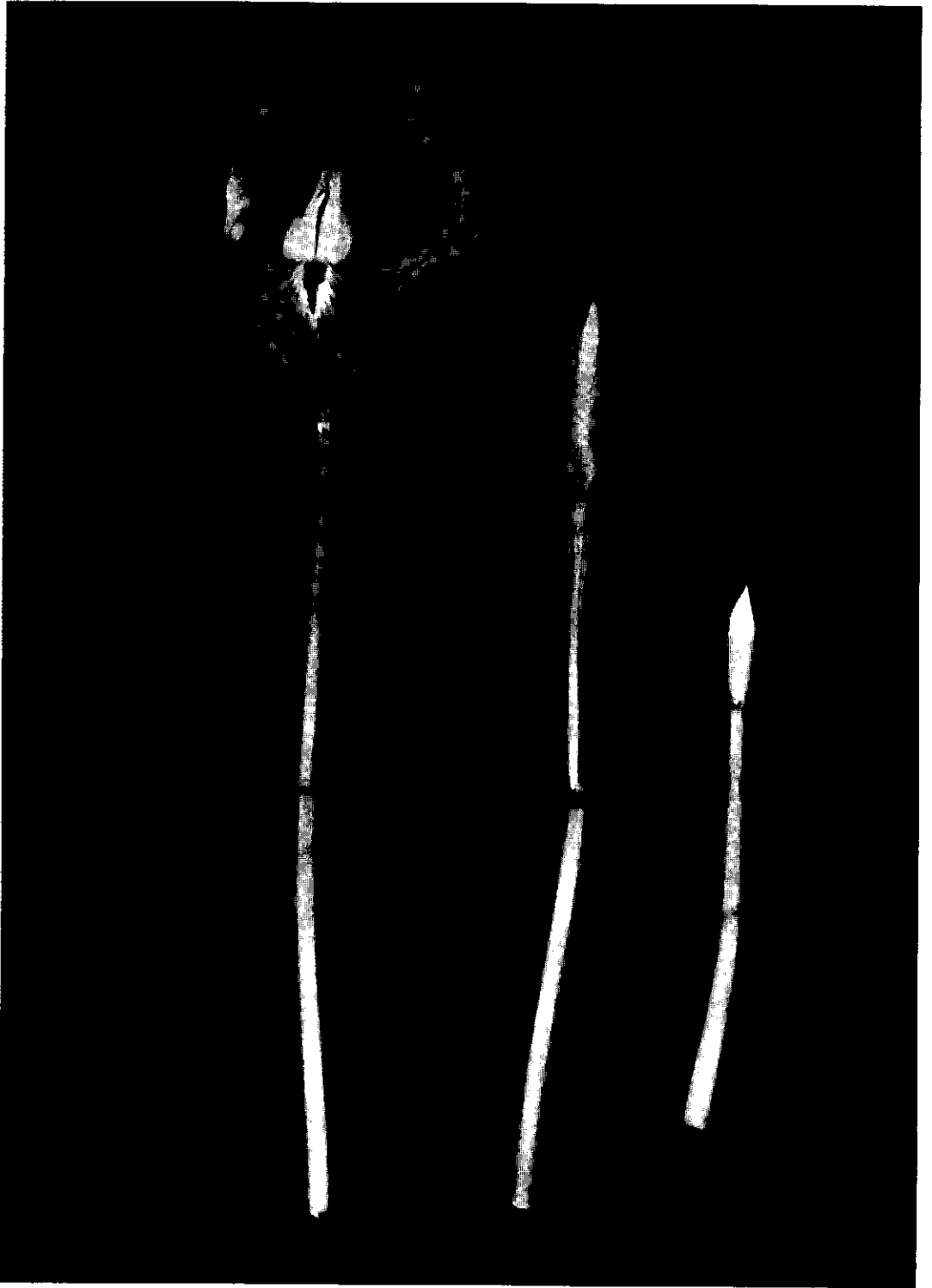
Samenvatting

Binnen planten bestaat een duidelijke taakverdeling tussen weefsels. Hierbij zijn transport van assimilaten en hormonen belangrijke middelen om de signaaloverdracht en daarmee de communicatie tussen plantedelen te verzorgen. Omgevingsfactoren hebben een belangrijk effect op het ontstaan van signalen. Wanneer de communicatiemiddelen niet optimaal op elkaar zijn afgestemd, kunnen er kwaliteitsproblemen in de plant ontstaan. Kwaliteitsproblemen kunnen met name bij consumptie- of sierteeltgewassen de economische waarde aanmerkelijk verminderen. Aan de hand van enkele voorbeelden worden de mogelijkheden besproken om tijdens de teelt meer sturend te kunnen optreden.

3.1 Inleiding

Kwaliteit is een belangrijke voorwaarde waaraan een produkt moet voldoen om geschikt te zijn voor de markt. Toch zijn er bij een aantal produkten op dit punt problemen. Onze consumptiegoederen zien er niet altijd naar wens uit. Appels kunnen stip hebben en tomaten goudspikkels of neusrot vertonen. Produkten met een zichtbaar slechte kwaliteit worden meestal niet toegelaten op de veiling. Dit betekent een strop voor de telers. Het komt ook voor dat de kwaliteitsproblemen zich pas openbaren wanneer de consument de produkten gaat verwerken. Een duidelijk voorbeeld hiervan is het optreden van bruine pit bij witlof, een verschijnsel dat niet aan de buitenkant van de krop te zien is. De consument kan hierdoor op den duur zijn belangstelling voor het produkt verliezen. Op langere termijn kan de economische waarde van zo'n produkt daardoor aanmerkelijk dalen.

Ook bij sierteeltgewassen kunnen aanzienlijke kwaliteitsproblemen optreden. Bloemknoppen gaan niet altijd goed open, zoals bij rozen of irissen (zie foto p. 20) bij lage lichtintensiteiten kan optreden. Bij bepaalde alstroemeria-cultivars kan het vóórkomen dat de bladeren van afgesneden bloemen na een vaasleven van enkele dagen vergélen. Hierdoor wordt de aankoop van deze bloemen minder aantrekkelijk.



Bloemknopverdroging bij de iris

Eén van de redenen van het optreden van de verminderde kwaliteit moet misschien gezocht worden in de manier waarop de planten momenteel worden opgekweekt. Ondanks de voordelen van kasteelt is er ook een nadeel, namelijk dat de hoeveelheden licht in de wintermaanden voor sommige plantensoorten suboptimaal kunnen zijn. In veel gevallen, met name bij rozen, worden de planten bijbelicht, maar hoge kosten stellen hieraan beperkingen. Daarnaast kunnen lichtkwaliteit (spectrale verdeling of kleur van het licht) en duur van de bijbelichting afwijken van die van het zonlicht.

Licht speelt een belangrijke rol bij de manier waarop de plant processen reguleert en is een sturende factor bij de communicatie tussen plantedelen. De door het jaar heen veranderende lichtomstandigheden, zoals de veranderende daglengte, beïnvloeden de groei en ontwikkeling van planten. Men kan hiervan gebruik maken om processen te beïnvloeden. De chrysan bijvoorbeeld bloeit van nature bij afnemende daglengte in de herfst. Men kan de bloei uitstellen tot een gewenst moment door tijdens de donkerperiode enige malen een belichting van korte duur te geven. Anderzijds kan men ongewenst andere processen in gang zetten, die ten koste van de kwaliteit van het produkt gaan. Hiervan zullen hieronder enkele voorbeelden worden gegeven. Om op de achterliggende processen te kunnen anticiperen, is het van belang de achtergronden ervan te kennen. Hierdoor zullen we beter in staat zijn via teeltmaatregelen produktkwaliteit te verbeteren.

3.2 Communicatiemiddelen

De ontwikkeling van planten - zowel kleine kruiden, als bomen van 100 m hoog - verloopt volgens vaste patronen en vereist een bepaalde programmering van de verschillende organen. Elke cel moet voor zijn specifieke taken zijn toegerust. Er is een duidelijke werkverdeling tussen de verschillende weefsels. Hierbij zijn heel duidelijk een aantal taken te onderscheiden:

- opname van water en mineralen, door het wortelstelsel;
- productie van assimilaten, door fotosynthetiserende bladeren;
- reproductie door bloemen en vruchten.

Door deze sterke specialisatie zijn weefsels voor hun groei afhankelijk van producten die in andere delen van de plant beschikbaar komen: Fotosynthetiserende cellen zijn voor hun CO₂ afhankelijk van de openingstoestand van huidmondjes. Groeipunten, wortels en bloemen zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van beschikbaarheid van assimilaten uit de fotosynthetiserende bladeren.

Opslagorganen, zoals aardappels, zijn voor hun zetmeel eveneens afhankelijk van aanvoer van koolhydraten uit de bladeren enz.

De werkverdeling is afhankelijk van het bestaan van een communicatienetwerk, dat op verschillende niveaus bestaat: lange afstand (van wortel naar spruit), korte afstand (binnen een blad), van cel tot cel of binnen de cel. Hiertoe vindt transport plaats van assimilaten, of van hormonen. De assimilaten zijn de metaboliëten voor de verschillende plantedelen, terwijl de hormonen veeleer een rol spelen bij het overbrengen van een signaal. De hoeveelheden assimilaten, die worden getransporteerd zijn dan ook vele malen groter dan de hormoonconcentraties.

3.2.1 Assimilaten

Het transport van assimilaten door de plant vereist adequate transportbanen. Voor een goede communicatie tussen de verschillende plantedelen is het nodig dat importerend weefsel een signaal (stimulus) uitzendt en exporterend weefsel dit opvangt en erop reageert (respons). Er is nog weinig bekend over de 'stimulus/respons' mechanismen, maar enkele facetten kunnen wel worden belicht. Hierbij zal ik me zoveel mogelijk beperken tot het hele plant-niveau.

Transport van assimilaten vindt op verschillende niveaus plaats:

- via de membranen, de semipermeabele barrières tussen cellen of celcompartimenten,
- via plasmodesmata, de directe verbindingen tussen cellen,
- of via vaatbundels, het lange-afstandstransport.

Dit transportsysteem maakt het mogelijk om gradiënten op te bouwen van water-oplosbare of lipide-oplosbare componenten. Hierdoor ontstaat een assimilatenstroom van de 'sources' naar de 'sinks'. Bloemen en afrijpende vruchten, maar ook jonge, groeiende bladeren zijn 'sinks'. Bladeren met een goed ontwikkeld fotosyntheseapparaat zijn de 'sources'. Tijdens hun ontwikkeling gaan bladeren over van 'sink' naar 'source'. Bij hergroei van planten treedt mobilisatie van assimilaten uit opslagorganen op, die daardoor eveneens overgaan van 'sink' naar 'source'. Dus de 'sink/source'-verdeling in de plant verandert daarmee voortdurend (Sachs & Hackett, 1983).

Er bestaat concurrentie tussen de 'sinks'; toch is er sprake van een duidelijke hiërarchie. In onze cultuurgewassen domineren vruchten en zaden over vegetatief groeiende delen, terwijl bloemen onder 'source'-limiterende omstandigheden het in de concurrentiestrijd afleggen tegen vruchten. Floëemtransport, verantwoordelijk voor de aanvoer van assimilaten, kan over lange afstanden plaatsvinden. Toch blijkt uit experimenten met ^{14}C (Wardlaw, 1990) dat een 'sink' over het algemeen met assimilaten gevoed wordt vanuit een nabijgelegen 'source'.

3.2.2 Hormonen

Bij het 'stimulus/respons'-mechanisme spelen ook hormonen een belangrijke rol (Blowers & Trewavas, 1989). Zij vormen over het algemeen een startpunt voor een cascade van (enzym)reacties. Het signaal wordt bij elke stap in de keten versterkt. Een geringe hormoonconcentratie kan zo uiteindelijk tot een hoge concentratie van een produkt, zoals glucose, leiden.

Hormonen kunnen groei van een bepaald weefsel initiëren (zoals auxine de groei van vaatbundels initieert; Osborne, 1988), maar zij spelen waarschijnlijk ook een belangrijke rol bij de beslissing welk weefsel voorrang krijgt in de concurrentie om assimilaten. Zij beïnvloeden waarschijnlijk in sterke mate de hiërarchie tussen de 'sinks' en reguleren hiermee de 'sink/source'-relatie.

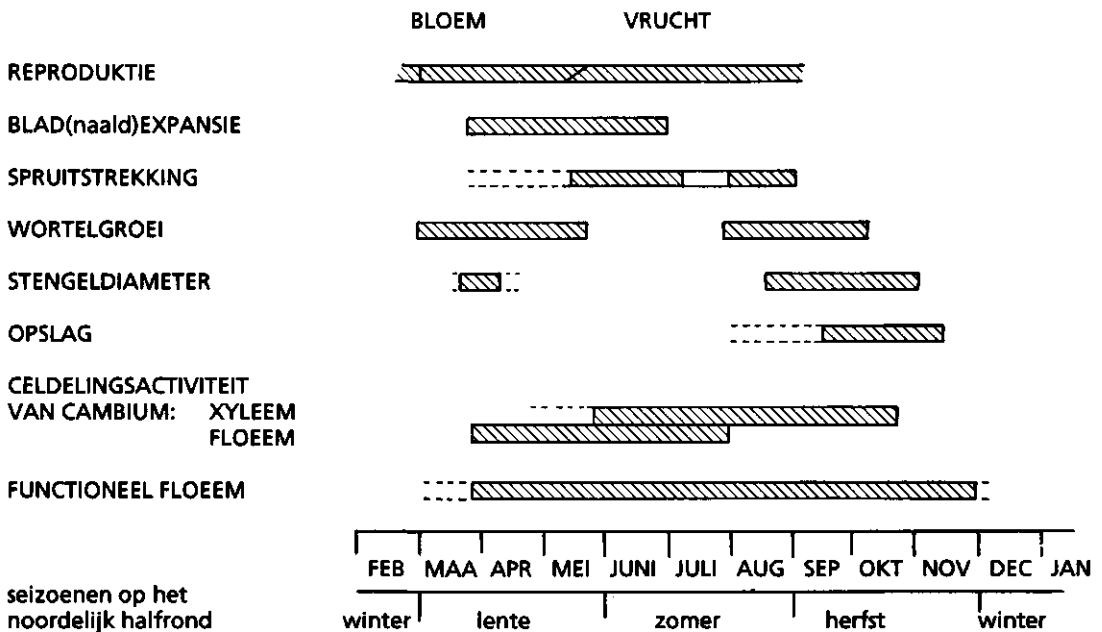
Hormonen roepen in weefsels of cellen pas een respons op wanneer er specifieke receptoren voor het hormoon aanwezig zijn. Het is dus niet wezenlijk van belang op welke plaats een hormoon wordt gesynthetiseerd, maar veeleer waar zijn aanwezigheid in een effect resulteert.

Dit 'stimulus/respons'-mechanisme is een sterk vertakt netwerk. Zo'n netwerk opereert niet op een zogenaamde alles-of-niets manier, maar er is een zeer verfijnd controlesysteem. Er treedt achtereenvolgens een groot aantal gebeurtenissen op, die uiteindelijk zullen leiden tot een zichtbare respons. Omdat er zoveel stappen bij dit proces zijn betrokken, kan er dus ook op een groot aantal plaatsen in het metabolisme worden bijgestuurd.

3.3 Effect van omgevingsfactoren

Omgevingsfactoren hebben een belangrijk effect op het ontstaan van stimuli in de plant en hebben daarmee een grote invloed op het 'stimulus/respons'-mechanisme. Licht en temperatuur spelen een belangrijke rol bij assimilatenverdeling, hormooninductie, hormooninteracties enz. Daarom kan binnen de ontwikkeling van de plant een bepaalde timing worden aangebracht. Hier zal de factor licht nader worden bekeken.

Door de seizoenen heen veranderen hoeveelheid straling, lichtkleur en daglengte enorm. Daardoor treden er seizoensgebonden processen op, zoals bijvoorbeeld de bloei van planten, of bladval in de herfst. Waarschijnlijk zijn veranderingen van het koolhydraatmetabolisme in het meristeem een belangrijke factor voor bloei-initiatie (Bodson, 1984; Bodson & Bernier, 1985). Echter ook andere, regulerende factoren spelen een rol, zoals groeihormonen of andere substraten (Bernier et al., 1981; Bernier, 1984). In Fig. 3.1 is duidelijk de ontwikkeling van bomen in de gematigde



Figuur 3.1 De ontwikkeling van bomen in de gematigde klimaatzones gedurende het jaar

klimaatzones gedurende een jaar geïllustreerd. Omgevingsfactoren zijn dus belangrijk voor de programmering van plantegroei. Afwijkingen van het 'normale' patroon kunnen daarom storingen in de ontwikkeling van een plant veroorzaken. Dit kan leiden tot de eerdergenoemde kwaliteitsproblemen.

3.4 Regulering van fysiologische processen

Wanneer de communicatiemiddelen niet optimaal op elkaar zijn afgestemd, kunnen er kwaliteitsproblemen ontstaan in de plant. Om de relatie tussen het 'stimulus/respons'-mechanisme en het optreden van kwaliteitsproblemen te kunnen aangeven zullen enkele processen tijdens de ontwikkeling van de plant, die in het aandachtsgebied van het CABO-DLO liggen (DLO-onderzoeksprogramma 32, 1992), in het navolgende wat meer in detail worden behandeld.

Wortel- en spruitgroei

Er is aangegeven dat een 'sink' over het algemeen met assimilaten wordt gevoed vanuit een nabijgelegen 'source'. Het 'stimulus/respons'-mechanisme, waarbij hormonen zijn betrokken, kan zich echter ook over grote afstanden afspelen.

Een belangrijke stimulus voor spruitgroei is het hormoon cytokinine. Dit hormoon wordt gevormd in de wortel en naar een receptor in de spruit getransporteerd, waar het de 'sink'activiteit beïnvloedt. Zo draagt het hormoon ertoe bij dat assimilaten ten goede komen aan de uitgroei van de spruit.

Productie en transport van cytokinine zijn niet altijd voldoende, zoals blijkt uit problemen die zich bij rozen kunnen voordoen. Bij de teelt van deze plant wordt een ent met een potentieel goede zij scheutproductie en bloemknopontwikkeling, die vaak niet tot uiting komen, gezet op een onderstam met goede wortelkwaliteit. Meestal is de onderstam een andere cultivar dan de ent, omdat ent en onderstam aan verschillende kwaliteitskenmerken moeten voldoen.

Een onderstam met een goede opnamecapaciteit hoeft niet altijd geschikt te zijn. Het is immers ook van belang dat cytokinineproductie en -transport naar de ent voldoende zijn voor een adequate uitgroei. De juiste onderstam-ent combinatie hangt dus waarschijnlijk af van zowel de opnamecapaciteit van de onderstam als van het vermogen om genoeg cytokinine te produceren en naar de ent te transporteren. Momenteel worden bij verschillende cultivars de concentraties cytokinine in het bloedingsap bepaald. Het lijkt erop dat de cytokinineconcentraties volgens een vast ritme variëren (D. Kuiper, persoonlijke mededeling).

Auxinen worden gesynthetiseerd in de spruit, maar kunnen na transport de prikkel geven voor de initiatie van wortelvorming. Bij gebruik van stekken bij de teelt van houtige gewassen, zoals appel of roos, blijken bepaalde cultivars slecht te bewortelen. Men neemt aan dat de gevoeligheid voor het auxine, dat aanwezig is in het stekmedium hierbij een belangrijke rol speelt. Momenteel wordt bij CABO-DLO op moleculair niveau onderzocht hoe verschillende auxinen inwerken op de genexpressie die leidt tot wortelvorming.

Bloei

Zoals al is aangegeven voor de chrysan, wordt de bloei van planten geïnduceerd door licht. Met name de hoeveelheid straling is een belangrijke factor in de 'timing' van de bloei. De hoeveelheid straling moet aan een bepaald minimum voldoen om de bloei van de plant tot een succesvol eind te brengen. Wanneer de lichtintensiteit te laag is, kunnen er al tijdens de bloeiinductie ongewenste nevenreacties optreden. Er worden dan in bepaalde weefselzônes, de abscissiezônes, celwandsplitsende enzymen gevormd. Dit kan tot voortijdige bloemknopabortie leiden. Hier doorloopt de keten van het 'stimulus/respons'-mechanisme dus al vanaf één van de eerste stappen een route, die uiteindelijk tot een kwalitatief slecht eindproduct leidt. In een aantal gevallen wordt bloemknopabortie geïnduceerd door het hormoon ethyleen. De mate waarin abortie optreedt, is echter cultivar-gebonden. Ofwel de produktie van ethyleen verschilt per cultivar, of de ene cultivar is gevoeliger voor ethyleen dan de andere. Er wordt onderzoek gedaan naar de affiniteit van receptoren voor ethyleen bij verschillende cultivars.

Bloemknopopening

Licht speelt ook een belangrijke rol bij de ontwikkeling van de bloem na bloei-inductie. Zowel lichtkwaliteit als -kwantiteit bepalen de bloemknopopening. Bij rozen neemt het aantal loze zijscheuten toe bij lage lichtintensiteit. Loze scheuten ontstaan door bloemknopabortie in een jong stadium. Hier blijkt vooral de assimilatenstroom binnen de plant door licht te worden beïnvloed. De grootte van de 'sink' wordt daarbij gestuurd door fotoreceptoren en hangt dus af het spectrum van het gegeven licht.



Het onvolledig openen van een roos

Wanneer de bloem zich eenmaal heeft ontwikkeld, blijft de 'conditie' waarin hij zich bevindt van belang voor een goede uitbloei na het afsnijden van bloemen. Bepaalde rozencultivars, met name weer de grootbloemige Madelon, vertonen bij lage lichtintensiteiten na afsnijden nogal eens een slechte bloemknopopening. De petalen van de knop strekken onvoldoende, zodat een versnelde veroudering optreedt. Dit is duidelijk zichtbaar door het onvolledig opengaan van de bloemblaadjes (zie foto p. 25). De hoeveelheid koolhydraten in de petalen blijkt de beperkende factor te zijn. Bovendien is er een duidelijke hiërarchie tussen de buitenste en binnenste petalen. De buitenste petalen hebben in principe voldoende koolhydraten tot hun beschikking. Zij behoeven slechts water op te nemen om voldoende te kunnen strekken. Voor de binnenste petalen is de hoeveelheid koolhydraten echter wel beperkend. De petalen concurreren met elkaar, waarbij de buitenste petalen hoger staan in de hiërarchie en meer koolhydraten opnemen dan nodig is voor strekking. Dit gaat ten koste van de binnenste petalen.

Zoals al is aangegeven wordt in het 'stimulus/respons'-mechanisme de hiërarchie beïnvloed door hormonen. Bij de roos zijn vooral gibberellinen van belang bij deze regulatie. Het blijkt dat de meer naar binnen gelegen petalen afhankelijk zijn van transport van hormoon vanuit de rest van de bloem. Echter bij de lage lichtintensiteiten die in de huiskamer heersen, is dit transport verstoord. Wellicht is de afgesneden bloem dan niet in staat de hiërarchie in de 'source/sink'-relatie zodanig te beïnvloeden, dat de binnenste petalen meer kans maken in de concurrentie om koolhydraten. In parallel onderzoek aan intacte rozen wordt de koolstofbalans bij verschillende lichtintensiteiten bekeken.

Ook bij de iris kunnen bloemknoppen verdrogen bij lage lichtintensiteit door een gebrek aan assimilatie toevoer naar de bloem. Toevoeging van cytokinine heeft een lichtvervangend, 'sink'-regulerend effect.

Veroudering

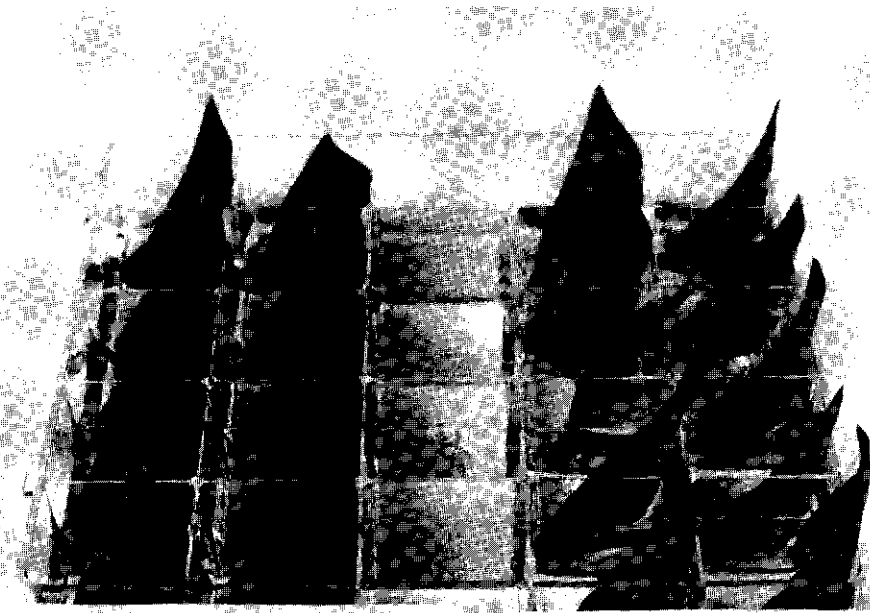
Veroudering is in de natuur een functioneel verschijnsel. Een duidelijk voorbeeld hiervan is de al eerder genoemde bladval bij bomen in de herfst. Hier is sprake van een duidelijke 'timing' in het 'stimulus/respons'-mechanisme. De 'timing' is echter niet altijd optimaal. Voortijdige veroudering kan dan in een aantal gevallen kwaliteitsverlies van een produkt tot gevolg hebben. In de sierteelt kan voortijdige veroudering economische schade opleveren. Bij alstroemeria bepaalt deze veroudering de houdbaarheid van snijbloemen.

Houdbaarheid van alstroemeria-snijbloemen wordt voornamelijk bepaald door het optreden van bladvergeling, dat wil zeggen afname van chlorofyl (zie foto p. 27). Dit treedt al op voordat er sprake is van bloemverwelking. De mate waarin bladvergeling optreedt is cultivar-afhankelijk.

Afname van chlorofyl kan worden tegengegaan door snijbloemen een voorbehandeling te geven met gibberellinen. Het hormoon wordt door de afgesneden bloem opgenomen en naar de bladeren getransporteerd. Niet alleen gibberellinen gaan bladvergeling tegen. Ook cytokininen of rood licht kunnen bladvergeling vertragen. Momenteel wordt gezocht naar een receptor voor gibberellinen.

Verdamping

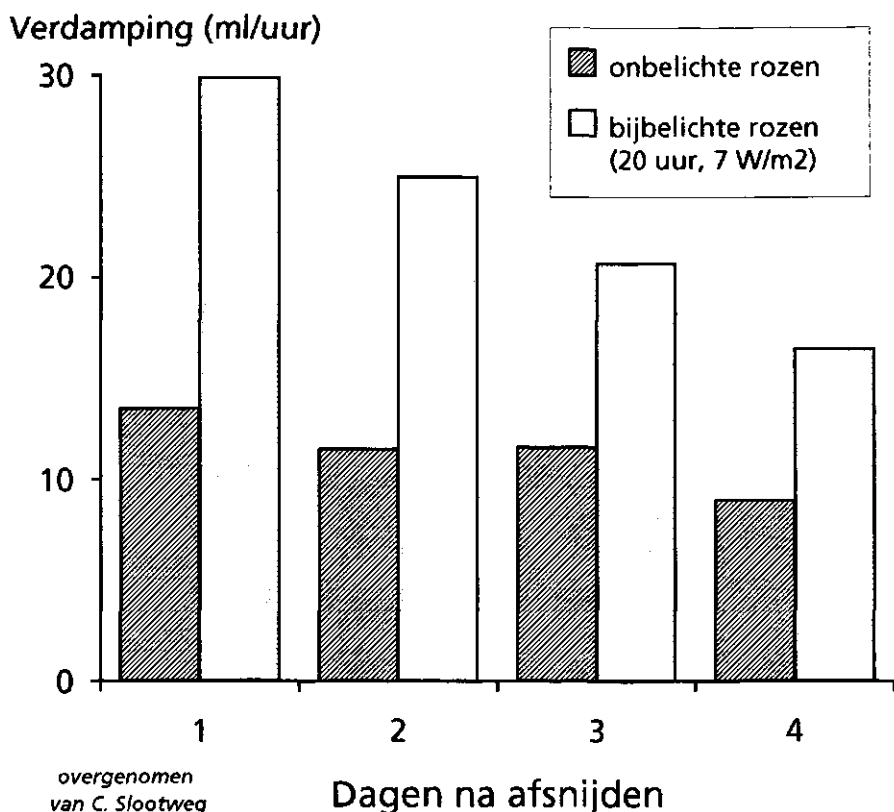
Een probleem van een iets andere orde speelt zich af bij de roos. Hier is de externe factor licht verantwoordelijk voor veranderingen van het verdampingspatroon. Verdamping door bladeren is belangrijk om ervoor te zorgen dat de bladtemperatuur niet te hoog oploopt. Tegelijkertijd is de verdamping daarmee van belang voor de water- en nutriëntenvoorziening van de plant. De plant regelt zijn verdamping door het openen en sluiten van huidmondjes. In het algemeen staan de huidmondjes overdag open (als er geen droogtestress optreedt) en gaan ze 's nachts dicht. Licht heeft een belangrijke invloed op de openingstoestand van de huidmondjes. Deze wordt geregeld door veranderingen in de vorm van de twee sluitcellen, waaruit de huidmondjes bestaan. Met name het uitschakelen van licht is een belangrijke prikkel voor een keten van processen in de sluitcellen die uiteindelijk leiden tot sluiting van de huidmondjes: als het licht uitgaat, veranderen enkele fysische eigenschappen van de membranen van de cellen. Dit veroorzaakt export van de ionen kalium en malaat uit de vacuole van de cellen. Ionentransport roept export van water op en door waterexport krimpen de sluitcellen. Dit is dus een cascade van reacties volgens het 'stimulus/respons'-mechanisme, waarbij de stimulus 'licht-uit' uiteindelijk leidt tot de respons huidmondjessluiting. Het hormoon abscissinezuur speelt eveneens een rol bij sluiting van de huidmondjes. Het is echter nog niet



**gibberellinezuur
behandeling**

onbehandeld

Bladvergeling in afgesneden bladtopyes van behandelde en onbehandelde alstroemeria



Figuur 3.2 Verdamping van belichte en onbelichte rozetakken van Madelon in de vaas

duidelijk of dit hormoon direct of indirect bij het 'licht-uit'-effect betrokken is. In kassen wordt tijdens de opkweek van rozen gedurende een lange periode assimilatiebelichting gegeven. Deze belichting heeft een lage intensiteit en lange daglengte, en bevordert de groei en bloemknopopening van de plant. Echter bij enkele cultivars, met name de economisch belangrijke grootbloemige Madelon, blijkt hierdoor het verdampingspatroon verstoord te raken. Na een lange periode van dit soort bijbelichting is de plant niet meer in staat zijn huidmondjes tijdens de nacht te sluiten. De plant blijft verdampen (zie Fig. 3.2) en doordat het watertransport blijkbaar niet voldoende is, verwelken de bladeren van afgesneden bloemen na enkele dagen op de vaas. Toevoeging van het hormoon abscissinezuur aan het vaaswater kan weliswaar dit effect teniet doen, maar niet blijvend. Zodra het hormoon na een verversing van het vaaswater is verdwenen, keert het probleem terug. Het lijkt dus aannemelijk dat er binnen de hormoonhuishouding of in de gevoeligheid voor hormonen een blijvende storing is opgetreden, die niet met een simpele handeling teniet kan worden gedaan.

Mogelijk is de lichtkwaliteit van deze assimilatiebelichting of de afwezigheid van bepaalde delen van het spectrum van een normale zonsongang hiervoor verantwoordelijk. Momenteel wordt onderzocht hoe bijbelichting het transport van ionen door membranen kan beïnvloeden.

3.5 Perspectieven voor toepassing van fysiologisch onderzoek

Het is duidelijk dat er tijdens de ontwikkeling van planten verschillende stappen zijn waarbij storingen kunnen optreden. Dit kan grote consequenties hebben voor de kwaliteit van het eindprodukt. Inzicht in de processen biedt mogelijkheden de processen zo te sturen, dat kwaliteitsverbetering optreedt. Zoals uit het voorgaande is gebleken, is licht een belangrijke factor in het 'stimulus/respons'-mechanisme. Daar zitten dan ook belangrijke aanknopingspunten voor sturing. Er wordt op dit moment veel aandacht besteed aan het ophelderen van de verschillende stappen in het communicatienetwerk binnen de plant. Omdat het netwerk niet op een 'alles-of-niets' manier functioneert, is het mogelijk om tijdens de teelt subtiele ingrepen uit te voeren. Er zijn verschillende maatregelen denkbaar, zoals:

- Teeltmaatregelen, als aanpassingen van de lichtkwaliteit tijdens opkweek; manier van snoeien; kiezen van goede combinatie ent-onderstam; water- of nutriëntengiften of optimale plantdichtheid;
- Veredeling op produktie van en gevoeligheid voor hormonen (bijvoorbeeld de affiniteit van de receptor voor een hormoon);
- Genetische manipulatie, waarbij het aanbrengen van wijzigingen in het 'stimulus/respons'-mechanisme tot de mogelijkheden gaat behoren.

Het nemen van gerichte maatregelen vereist inzicht in de processen. Fundamenteel fysiologisch onderzoek kan een verbeterd inzicht geven in het complex van factoren dat tezamen de potentiële kwaliteit van een produkt bepaalt en in de mate waarin teeltmaatregelen en naogsthandelingen hierop van invloed zijn. Een goede algemene kennis van een fysiologisch proces is noodzakelijk om gerichte veranderingen in dit proces te kunnen aanbrengen. Zoals gepropageerd in een NRLO-nota *Produktfysiologie* (Karssen en Spiertz, 1992) vormen onderzoek naar hormonale regulatie en membraanfysiologisch onderzoek een goede kapstok voor onderzoek aan gewasspecifieke problemen bij produktkwaliteit, zoals de houdbaarheid van sierteeltgewassen.

Inzicht in de communicatie tussen plantedelen vergroot op deze wijze de stuurbaarheid van kwaliteit.

3.6 Referenties

Bernier, G., J.M. Kinet & R.M. Sachs, 1981.

The physiology of flowering. II, CRC Press, Boca Raton.

Bernier, G., 1984.

How does light influence evocation? In: D. Vince-Prue, B. Thomas & K.E. Cockshull (Eds.), *Light and Flowering Process*, Academic Press, New York, 277-292.

Blowers, D.P. & A.J. Trewavas, 1989.

Second messengers: their existence and relationship to protein kinases. In: W.F. Boss & D.J. Morré (Eds.), *Second messengers in plant growth and development*, Alan R. Liss Inc., New York, 1-28.

Bodson, M., 1984.

Assimilates and evocation. In: D. Vince-Prue, B. Thomas & K.E. Cockshull (Eds.), *Light and Flowering Process*, Academic Press, New York, 157-169.

Bodson, M. & G. Bernier, 1985.

Is flowering controlled by assimilate level? *Physiologie Végétale* 23, 491-501.

Karsen, C.M & J.H.J. Spiertz, 1992.

Produktfysiologie. NRO-rapport nr 92/5, 14 pp.

Osborne, D.J., 1988.

Chemical signals in plant morphogenesis. In: J. Krekule & F. Seidlová (Eds.), *Signals in plant development*, SPB Academic Publishing bv, The Hague, 1-9.

Sachs, R.M. & W.P. Hackett, 1983.

Source-sink relationships and flowering. In: W.J. Meudt (Ed.), *Strategies of Plant Reproduction*, Allanheld, Osmun, Totowa, 263-272.

Slootweg, C., 1990.

Invloed van assimilatiebelichting tijdens de teelt op het naoogst gedrag van rozen. Verslag Proefstation voor de Bloemisterij, Aalsmeer, 34 pp.

Wardlaw, I.F., 1990.

The control of carbon partitioning in plants. *New Phytologist* 116, 341-381.

4 Sturing van kwaliteit door beïnvloeding van omgevingsfactoren

S.C. van de Geijn

DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

Samenvatting

Tijdens de groei en produktvorming van gewassen staan deze bloot aan vele wisselende uitwendige factoren. Deze hebben ieder op zich en in hun samenhang invloed op de omvang en kwaliteit van het oogstbare produkt. Door een juiste keuze van maatregelen kan hierop een positieve invloed uitgeoefend worden. In het onderzoek bij het CABO-DLO wordt veel aandacht besteed aan de fysiologische processen die hierbij een rol spelen. Factoren zoals bemesting of minerale voeding, lichtkleur en -intensiteit, temperatuur en eigenschappen van het uitgangsmateriaal blijken via diverse processen de kwaliteit van het produkt sterk te beïnvloeden. Aan de hand van voorbeelden uit vollegrondsteelten, kasteelten en de witloftrek worden mogelijkheden besproken om tijdens het produktieproces sturend op te treden.

4.1 Inleiding

De ontwikkelingen in de land- en tuinbouw van de laatste decennia laten zien dat de continuïteit en concurrentiekracht van de bedrijfstak alleen te verzekeren is door een voortgezette marktgerichte strategie. Producten met specifieke eigenschappen en een hoge kwaliteit zijn noodzakelijk. Steeds meer speelt daarbij ook de maatschappelijke aanvaardbaarheid en emotionele beleving ten aanzien van de produktiewijze een rol. Niet alleen bij de intensieve veehouderij, maar ook bij de vollegronds- en kasteelten wordt door consumentengroepen een vraagteken geplaatst waar het gaat om negatieve effecten van de intensieve, schijnbaar 'industriële', produktiewijze. Er wordt meer dan voorheen aandacht geschonken aan inwendige produktkwaliteit, produktveiligheid en belevingswaarde, maar uitwendige kwaliteit, zoals versheid, vorm, uniformiteit, kleur en stevigheid blijven van doorslaggevend belang.

Het begrip kwaliteit is moeilijk nauwkeurig te definiëren en meetbaar te maken. In het algemeen is de volgende omschrijving van toepassing:

'Kwaliteit is de mate waarin een produkt voldoet aan de wensen en verwachtingen van de doelgroep'.

Deze omschrijving geeft aan dat kwaliteit alleen aan te geven is als de doelgroep bekend is. Voor een vervoerder is de kwaliteit van een ei of een tomaat een andere dan voor de producent, of de eindgebruiker. Voor de eindgebruiker 'consument' kan kwaliteit van deze produkten anders gewaardeerd worden dan voor de eindgebruiker 'demonstrant'. Voor de doelgroep of liever het 'doelwit' van deze laatste gebruiker gelden weer andere criteria. Het ligt niet in de bedoeling dit voorbeeld nog verder uit te werken. Wat hieruit wel duidelijk wordt, is dat de inhoud van het begrip kwaliteit bepaald wordt door een balans tussen kwaliteitsvraag en aanbod in de schakels van de hele produktieketen: van grond tot mond, of een moderne verbreding daarvan, van uitgangsmateriaal tot eindgebruiker.

Voor een indeling van kwaliteit van produkten zoals deze in het vervolg bedoeld wordt uitgegaan van:

1. uitwendige kwaliteit (vorm, kleur, afwezigheid zichtbare kwaliteitsgebreken);
2. inwendige kwaliteit (positief of negatief gewaardeerde inhoudsstoffen);
3. na-oogst-ontwikkeling (gewenste of ongewenste veranderingen van het produkt).

Het fysiologisch onderzoek bij het CABO-DLO betreft alle genoemde aspecten, zij het in verschillende mate. Daarnaast krijgt ook de produktvorming tijdens het productieproces de nodige aandacht. De mate van stuurbaarheid van dat kwaliteitsaspect kan daarbij sterk verschillen.

Het onderzoek beweegt zich in het algemeen breder dan alleen het zoeken naar oplossingen voor specifieke problemen, maar verdiept zich in de achterliggende processen. Het slaat daarmee een brug tussen de benadering op weefsel-, cel- en membraanniveau, zoals door Blom-Zandstra (1992) uiteengezet is, en ook in een recente NRLO-nota (Karssen & Spiertz, 1992) wordt aanbevolen, en het onderzoek van kwaliteitsproblemen in het praktijkonderzoek.

Uiteraard zijn niet alle omgevingsfactoren beheersbaar en daarmee geschikt voor manipulatie. Afhankelijk van het produkt of productieproces dat beschouwd wordt, zijn minerale voeding (bemesting), watervoorziening, temperatuur, CO₂, luchtvochtigheid en licht als omgevingsfactoren te variëren. In principe kan ook de rassenkeuze of teeltwijze als een manipuleerbare factor worden beschouwd.

Zelfs in produktiesystemen waar de beheersbaarheid vrijwel volledig is, doen zich bij de huidige hoge kwaliteitseisen toch regelmatig problemen voor wat betreft de uniformiteit en voorspelbaarheid. Het produceren van uitgangsmateriaal op basis van weefselkweek, of het gelijktijdig handhaven van een hoog produktieniveau en goede produktkwaliteit bij kasteelten eisen in dit opzicht dezelfde aandacht als volleggrondsteelten van akkerbouwprodukten of gras.

Aan de hand van enkele voorbeelden zal in het hierna volgende geschetst worden hoe planten- en gewasfysiologisch onderzoek bijdragen aan een beter inzicht in de processen rond groei en produktvorming, hetgeen gerichte maatregelen tijdens de teelt danwel sturing door aanpassing van omgevingsfactoren mogelijk maakt.

4.2 Kwaliteitsbeïnvloeding bij vollegrondsteelten

4.2.1 Akkerbouwprodukten

In de akkerbouw is maar een beperkt aantal factoren hanteerbaar, dat wil zeggen beïnvloedbaar, om de produktkwaliteit te verbeteren. Bodembewerking, planttijdstip en plantdichtheid, en teeltmaatregelen zoals gewasbescherming, irrigatie en bemesting vormen hier het geëigende pakket aan ingrepen. Toch is het bij veel teelten noodzakelijk een optimale combinatie van deze factoren te gebruiken om tot een kwantitatief en kwalitatief goed produkt te komen.

Soms is daarbij sprake van conflicterende doelstellingen. Zo is de opbrengst van gerst sterk afhankelijk van de periode waarover het bladapparaat blijft functioneren. Dit hangt op zijn beurt weer af van de stikstofvoorziening in een laat groeistadium. Een hoge stikstofvoorziening leidt daarentegen tot een hoger eiwitgehalte van de korrel en dientengevolge een lagere brouwkwaliteit van de gerst (Meurs & De Vos, 1992). In tegenstelling hiermee wordt de bakkwaliteit van tarwe juist positief beïnvloed door een hoge stikstofbeschikbaarheid laat in het seizoen.

Voor hennep geldt dat bij een hoog plantgetal de gewenste vezelcomponenten in de stengel toenemen. Hoge zaaidichtheden leiden echter ook tot grotere plantuitval, met toenemende kans op het ontstaan van ziekten vanuit deze afstervende plantresten. Het is daarom van belang te zoeken naar de sturingsmechanismen van de weefseldifferentiatie, om deze zo optimaal mogelijk uit te buiten (Van der Werf, 1991).

Soortgelijke vraagstukken doen zich bij andere gewassen voor. Vooral nu het terugdringen van de belasting van het milieu met emissies vanuit de landbouw centraal staat is een optimale inzet van produktiemiddelen (meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen) een belangrijk aandachtsgebied. Bij een sterk verminderde inzet neemt het risico van opbrengstderving toe, terwijl ook een lagere kwaliteit aan de orde kan zijn. Dit geldt met name voor produkten die bestemd zijn voor de 'verse' markt.

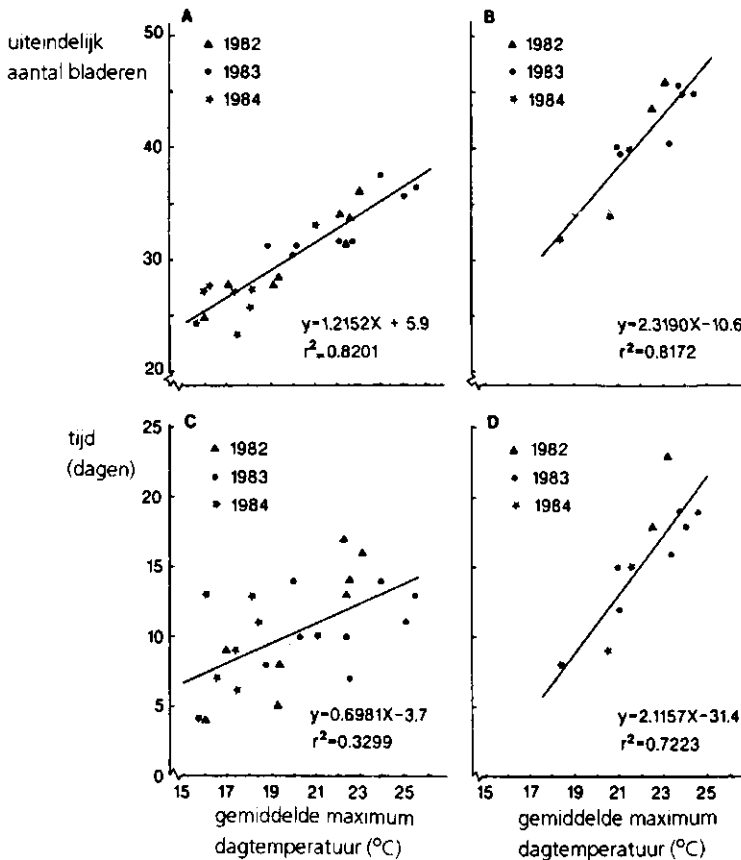
4.2.2 Vollegrondsgroenten

De hierboven geschetste kwaliteitsproblemen die ondermeer verband houden met tijdstip en dosering van bemesting spelen ook bij de produktie van vollegrondsgroenten een grote rol. Ook andere kwaliteitsaspecten wegen daar zwaar. Een groot aandeel van de afzet vindt plaats op de markt voor verse produkten. Dit stelt hoge eisen aan het produkt op het moment van oogsten, en aan het produktieproces. Aan de hand van de voorbeelden van produktvorming bij bloemkool en van schietervorming bij knolselderij kan dit worden geïllustreerd.

De tuinder streeft er naar de teelt van bloemkool zo in te richten dat hij gedurende het hele seizoen een zo constant mogelijke aanvoer heeft. Dit is gunstig uit het oogpunt van arbeidsplanning en vanwege de gelijkmatige voorziening van de markt. Toch doen zich grote schommelingen in aanvoer voor, die tot ongunstige prijsvorming leiden. De oorzaak hiervan ligt in de variabiliteit van het weer in de

productieperiode, waardoor de inductie en uitgroei van de kool ten opzichte van het planttijdspit onvoorzien verschuift (Fig. 4.1). Uit het onderzoek van Booi (1990) bij het PAGV en het CABO-DLO is gebleken dat het kunnen onderscheiden van de verschillende ontwikkelingsfasen van een plant voor een goed begrip van de processen noodzakelijk is.

Bloemkool heeft een jeugdfase, waarin de plant niet gevoelig is voor bloei-inducende factoren. Pas als een bepaald (rasafhankelijk) aantal bladeren is afgesplitst wordt de plant gevoelig voor bloeiïnductie. Vooral een lage temperatuur stimuleert dit proces. Boven een bepaalde temperatuur treedt in het geheel geen inductie meer op, en blijft de plant dus vegetatief. Door de keuze van hier te lande geteelde rassen komt dat in de praktijk nooit voor. Teeltmaatregelen zoals toediening van groeiregulatoren (met name gibberellinen) (Booi, 1990) en de respons hierop kunnen tot een betere beheersing van de teelt leiden. Het blijkt in de praktijk wel mogelijk met het verworven inzicht de synchronisatie van oogstrijpheid te verbeteren, maar zeker niet zover, dat de oogst van een heel veld op een enkel tijdstip mogelijk wordt.



Figuur 4.1 Verband tussen de gemiddelde maximum etmaaltemperatuur in de periode tussen 19^e blad (einde jeugdfase) en uiteindelijk aantal bladeren (A, C) en tijd tot koolaanleg (C, D) voor twee bloemkoolrassen (Booi, 1990)

Een ander kwaliteitsprobleem, dat ook met bloei-inductie te maken heeft, doet zich voor bij de teelt van knolselderij. Hier wordt, om een goede opbrengst te krijgen, bij voorkeur een vroege plantdatum gekozen. Omdat in het vroege voorjaar de temperatuur vaak gedurende meerdere dagen laag blijft, doet zich daarbij het risico voor dat de planten gevernaliseerd worden, en het bloemgesteld geïnitieerd wordt (Fig. 4.2) en de plant gaat schieten. Ook hier is het noodzakelijk te weten of de gevoeligheid van de planten afhankelijk is van het ontwikkelingsstadium. Aan de hand daarvan kan een tuinder de opkweekomstandigheden afstemmen en inschatten hoe groot het risico is, gegeven de weersomstandigheden. Overige uitwendige factoren, waaronder in het bijzonder daglengte, modificeren het effect van temperatuur. Een complicatie is dat er onderscheid gemaakt moet worden tussen inductie en bloemaanleg. Bloemaanleg blijkt pas plaats te kunnen vinden als de inductie voltooid is, maar kan ook dan nog uitgesteld worden (Booij & Meurs, 1992).



Figuur 4.2 Scanning Elektronen Microscop opname van het vegetatiepunt van selderij in het vegetatief stadium (links) en na aanleg van het bloemgestel (rechts)

Er is meer inzicht nodig in de fundamentele processen die de ontwikkeling van planten reguleren. Daaruit kunnen breder toepasbare procedures afgeleid worden om de negatieve effecten op te vangen die bij de volleggrondsteelten optreden door weersinvloeden.

4.3 Kwaliteitsbeïnvloeding bij kasteelten

Bij de kasteelten zijn de mogelijkheden om op een economisch verantwoorde wijze de gewasproductie en -kwaliteit te beïnvloeden sterk ontwikkeld, maar op belangrijke onderdelen nog beperkt. In het bijzonder het beheersen van luchtvochtigheid en temperatuur kent beperkingen. Kwaliteitsbeïnvloeding kan gericht zijn op de groei van het gewas, het in stand houden van het produktievermogen ervan, of op de kwaliteit van het oogstbare produkt zelf.

Een bekend kwaliteitsprobleem is het nitraatgehalte van bladgroenten die in de winter bij lage lichtcondities worden geteeld. Van sla is mede daardoor de teelt in Nederland sterk teruglopen. Door het CABO-DLO wordt op dit moment geen onderzoek aan nitraataccumulatie bij sla uitgevoerd. Uit eerder werk van Blom-Zand-

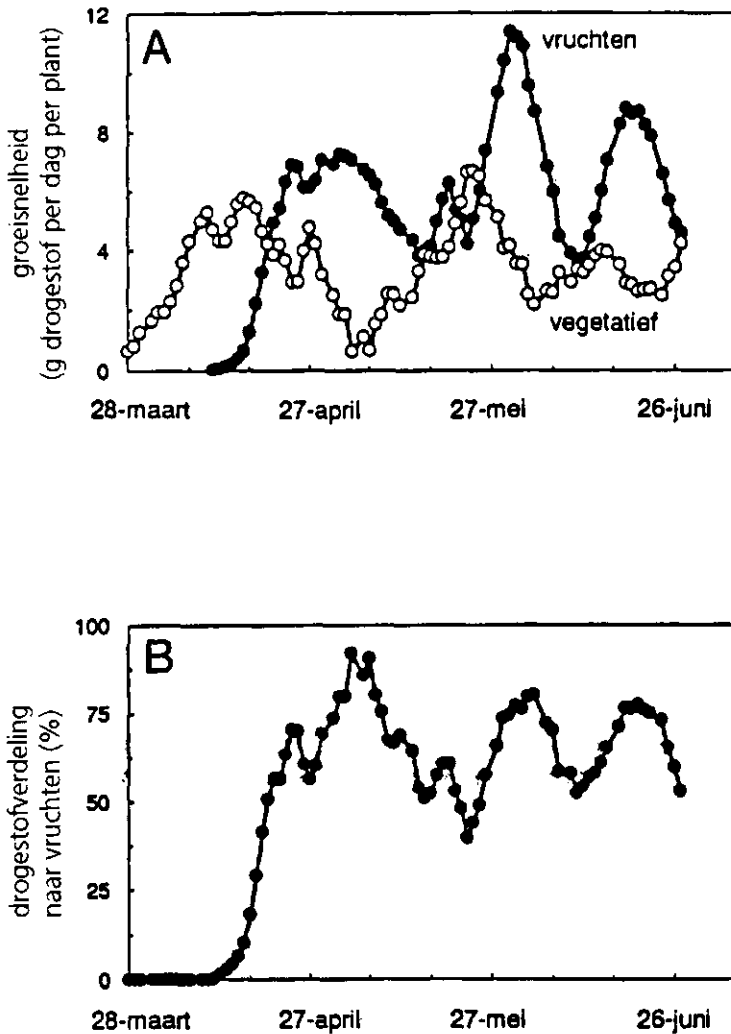
stra (1990) is gebleken dat nitraat in de cel als osmoticum fungeert en daarmee de turgor in de groeiende plantedelen op peil houdt. Ophoping van nitraat is het gevolg van een snelle stikstofopname in omstandigheden dat door een verminderde fotosynthese onvoldoende suikers en organische zuren beschikbaar komen. Door de nitraatvoorziening op het juiste moment te onderbreken kan in enkele dagen tijd het nitraatgehalte dalen tot het toegelaten niveau. Voor de praktijk is dit alleen haalbaar als geteeld wordt volgens speciale technieken ('nutrient film'-techniek of equivalent) waarbij een relatief kleine hoeveelheid water en weinig voorraad N-voeding (ten opzichte van de situatie in grond of steenwolmatten) in het systeem aanwezig is. Extra assimilatenproductie door aanvullende belichting of CO₂-doserings blijkt vooralsnog te kostbaar en meestal onvoldoende effectief te zijn. In het volgende worden aan de hand van enkele voorbeelden uit de kasgroententeelt en de sierteelt de mogelijkheden en beperkingen van sturing van productie en kwaliteit met kasklimaatfactoren geschetst.

4.3.1 Productieverloop en kwaliteit van komkommer

Bij veel vruchtgroentegewassen verloopt de productie vaak niet gelijkmatig maar in vluchten. Periodes met een hoge productie worden afgewisseld door periodes met voornamelijk vegetatieve groei. Deze wisselingen verlopen bij de verschillende tuinders bovendien enigszins synchroon, waardoor ook de veilingaanvoer aanzienlijke schommelingen kan vertonen met inherente gevolgen voor de prijsvorming. Om effectief in te kunnen grijpen in deze situatie is inzicht in de achterliggende processen nodig.

De assimilaten, die tijdens de lichtperiode in het blad worden gevormd, worden door de plant benut voor verschillende doeleinden zoals ademhaling en groei. Groei kan daarbij plaatsvinden in bladeren en stengels, de wortels of de vruchten. Het onderzoek door Marcelis (1992) heeft aangetoond dat het aandeel van de assimilaten dat naar de vruchten wordt getransporteerd binnen het seizoen kan variëren van 40 tot 90 %. In wezen is dit een probleem dat direct te maken heeft met de wijze waarop de hiërarchie tussen sinks wordt bepaald. Bij een hoge plantbelasting van de plant gaat een groot deel van de assimilaten naar de vruchten. In die omstandigheden is de groei van nieuwe bladeren geremd, komen nieuwe bloemen slecht tot ontwikkeling, en groeien slechts enkele vruchtbeginsels uit (Fig. 4.3). Daardoor ontstaat de situatie dat op het moment dat vruchten geoogst worden slechts een beperkt aantal nieuwe vruchten aanwezig is om de vrijkomende assimilatenstroom te benutten. Hierdoor kan een versterkte groei van bladeren en stengels plaatsvinden en worden gelijktijdig veel nieuwe vruchtbeginsels ontwikkeld. Deze vormen na enige tijd weer een te grote plantbelasting, waarmee de cirkel rond is.

Uit vorenstaande blijkt dat het van groot belang is om bij een wisselend assimilatenaanbod een goed evenwicht te handhaven tussen vruchtgroei en vegetatieve groei. De vegetatieve groei moet een adequate productie in de (nabije) toekomst veilig stellen, bij een maximale huidige vruchtproductie. Dit verdelingsprobleem wordt beschreven als een concurrentie om assimilaten uit de 'source' door verschillende, gelijktijdig aanwezige 'sinks'. In de praktijk blijkt dat externe factoren als licht en temperatuur van grote invloed zijn op het beschreven proces.



Figuur 4.3 Groeisnelheid van vegetatief plantedeel en vruchten (A) en percentage van drogestof dat naar vruchten gaat (B) bij komkommer gedurende een deel van het seizoen

Door een sterke concurrentie om een beperkt aanbod van assimilaten in omstandigheden met lage lichtsterkten kan een cyclus met wisselende vruchtbelasting in gang worden gezet. Alleen door ingrepen in het gewas, zoals het verwijderen van vruchten, of door de klimaatinstellingen aan te passen kan dit doorbroken worden.

De assimilaten beschikbaarheid en plantbelasting bepalen dus de groeisnelheid van de vruchten. Omdat de vruchtgrootte het belangrijkste oogstcriterium is, verschilt de oogstleeftijd van de vruchten. Ook dit heeft gevolgen voor de kwaliteit. Oudere komkommervruchten zijn gevoeliger voor vergeling, terwijl snel gegroeide, dus jonge vruchten, die ontstaan zijn bij een lage vruchtbelasting, eerder last hebben van 'slappe nekken'. Er zijn aanwijzingen dat dit laatste probleem (ook) verband houdt met verschuivingen in de K/Ca-balans.

Enkele andere effecten benadrukken de noodzaak de plantbelasting goed te sturen.

Vruchten van Klasse I-super moeten bij ieder gewicht aan een bepaalde lengte-eis voldoen. De lengte van een vrucht ten opzichte van het gewicht neemt echter af met plantbelasting, en toe met lichtsterkte (Marcelis, 1990). Het drogestofgehalte van de vrucht en het gehalte aan oplosbare suikers verschilt eveneens met groeiomstandigheden zoals vruchtbelasting, licht en temperatuur. Ook deze gehalten zijn van groot belang voor de kwaliteit, hoewel dit in de marktwaarde nog niet tot uiting komt.

De zeer complexe interactie van groeiduur, groeiomstandigheden en vruchtkwaliteit maakt het nog niet goed mogelijk een eenduidige aanbeveling te geven voor praktische ingrepen bij de teelt. Mede door de onvoorspelbaarheid van de lichtomstandigheden over langere perioden is het nodig aan de hand van simulatiemodellen voor de gewasproductie verschillende strategieën op hun effectiviteit en risico door te rekenen.

4.3.2 Stuurlichteffecten op de bloemvorming bij rozen .

Het lichtklimaat heeft, zoals hierboven besproken, via de lichtintensiteit of dagelijkse lichtsom een effect op de kwantitatieve en kwalitatieve produktvorming. Ook de daglengte en de lichtkwaliteit, dwz de lichtkleur of het spectrum, zijn van groot belang. Voor een groot aantal plantensoorten is de overgang naar een volgende ontwikkelingsfase (bloei-inductie of generatief worden bijvoorbeeld) gekoppeld aan daglengte. Lichtkleur heeft ook een grote invloed op de plantvorm. Zowel blauw licht als de verhouding rood/verrood in het lichtspectrum hebben een morfogenetische werking (Smith, 1982). Nu het gebruik van aanvullende belichting in kassen een grote vlucht heeft genomen, en het hiermee gepaard gaande energiegebruik teruggedrongen moet worden, is het zinvol om te onderzoeken of, met behulp van lage lichtintensiteiten van een bepaalde golflengte of spectrale samenstelling, de effectiviteit van de belichting kan worden verbeterd. Met name bij rozen wordt in de wintermaanden veel assimilatiebelichting toegepast. In de praktijk blijkt dat hierdoor de opbrengst aan bloemdragende scheuten sterk stijgt, maar dat het aantal loze scheuten nog aanzienlijk is. Een betere benutting van de beschikbare assimilaten voor de bloemvorming zou een aanmerkelijke verbetering van het rendement van de assimilatiebelichting betekenen (Maas, 1991).

Het onderzoek door Maas naar het loos gaan van scheuten bij de lage lichtintensiteiten gedurende de wintermaanden heeft een aantal resultaten opgeleverd op basis waarvan een goede hypothese voor een verdere experimentele aanpak kan worden gebaseerd. Uit de uitgevoerde proeven is gebleken dat de kwaliteit van het licht waarmee de dag wordt beëindigd, en in het bijzonder de rood/verrood verhouding hierin, invloed heeft op het succes van de bloemvorming van de zijscheuten (Tabel 4.1). Het hierbij betrokken mechanisme is nog onduidelijk, maar zeker is dat fytochroom een belangrijke rol speelt. Het effect is omkeerbaar, in die zin dat, als na het geven van een belichting met een hoge rood/verrood verhouding nog een belichting met verrood volgt, het positieve effect verdwijnt. Niet alleen het succes van de bloemvorming wordt beïnvloed door het lichtspectrum. Ook het zetmeelgehalte van de bladeren stijgt als licht met een laag aandeel blauw wordt gebruikt. In hoeverre deze verschoven assimilatenverdeling ook een sturende werking heeft is (nog) niet bekend.

Tabel 4.1 Bloemvorming in rozen (cv. Mercedes) met twee zij scheuten die gedurende hun groeiperiode van 6 weken dagelijks werden blootgesteld aan een eind-van-de-dag nabelichting van 20 minuten $4,5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ rood licht (600-700 nm) of aan 10 minuten $4,5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ rood licht gevolgd door 10 minuten $14,4 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ verrood licht (700-800) (rood/verrood) of omgekeerd (verrood/rood). De planten werden dagelijks 12 uur belicht (PAR = $130 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Eind-van-de-dag nabelichting	Bloeiende zij scheuten (%)	
	Bovenste	Onderste
rood	42	18
rood/verrood	15	2
verrood/rood	40	23

4.3.3 Plantevoeding en vruchtopbrengst bij de teelt van tomaat op substraat

Bij de ontwikkeling van gesloten teeltsystemen is het verminderen van het lozen van overtollige meststoffen in drainwater een belangrijke doelstelling. Daarbij speelt de kwaliteit van het gebruikte water (natrium-gehalte) een belangrijke rol. De concentraties van de voedingsoplossing waarop de teelt plaatsvindt worden echter niet alleen bepaald door de benodigde voeding. Ook wordt de osmotische waarde van de voedingsoplossing, meestal uitgedrukt in de geleidbaarheid (EC), gebruikt om de groei van de plant en de kwaliteit van de vruchten te sturen. Voor de optimale EC en samenstelling van de oplossing wordt rekening gehouden met het soort gewas, de leeftijd van de plant, of de aanwezigheid van vruchten. Het is niet bij voorbaat duidelijk of de koppeling van de EC en plantevoeding juist en noodzakelijk is. Bij het CABO-DLO is daarom onderzoek gestart naar de mogelijkheid om met behulp van nauwkeurig gedoseerde voeding (stikstof met name) de plantengroei en vruchtgroei te sturen. Het principe is gebaseerd op het onderzoek van Ingestad (1982), die planten evenredig aan hun groeisnelheid voorziet van voeding. Vooral in de beginfase van groei leidt dat tot een exponentieel toenemende toediening. De veronderstelling is daarbij dat de plant in de gevormde weefsels een vast gehalte aan mineralen probeert te bereiken.

In vergelijking met de komkommer vormt een tomatenplant, als hij in volle productie is, een relatief stabiele verhouding aan stengel-, blad-, wortel- en vruchtmateriaal. Als daarbij de benodigde mineralen niet in wisselende hoeveelheden uit andere plantendelen betrokken worden, is sturing van groei met de minerale voeding mogelijk. Voor optimale dagelijkse sturing zou de dosering dan in een kas nog met de (variabele) lichtsom per dag moeten variëren.

Een interessante vraag is wat de gevolgen zijn voor produktie en kwaliteit als de N-voeding op een sub-optimaal niveau wordt ingesteld en de plant dus alle aangeboden stikstof opneemt. Hoe wordt daarmee de groei en kwaliteit van diverse organen beïnvloed? Het onderzoek op dit gebied van Veen is nog in een vroeg stadium, maar de eerste aanwijzingen zijn hoopgevend.

Wanneer de stikstof-voeding teruggebracht wordt naar 50 % van het niveau voor optimale groei, daalt de biomassa productie van de plant tot circa 80 % van de controle-waarde. Daarbij is geen sprake van zichtbare tekort-verschijnselen, maar zijn de concentraties in de weefsels over het geheel genomen lager.

Interessant is hier dat, in tegenstelling tot de verwachting dat terugkoppelingen tussen de diverse plantedelen tot een evenredige groeireductie zouden leiden, blijkt dat de productie van de vruchten toch het controle niveau bereikt (Tabel 4.2). Dit wil dus zeggen dat door een suboptimale dosering van stikstof het investeringspatroon van de plant, wat betreft drogestofverdeling, verschuift ten gunste van de vruchten. Hoe deze sturende werking van stikstof tot stand komt, en of de werking parallellen vertoont met hormonale reguleringsmechanismen is niet bekend. Over effecten op kwaliteit is nog geen uitsluitsel te geven. Voor bepalingen hiervan is samenwerking gestart met het PTG in Naaldwijk.

Tabel 4.2 Vergewichten van verschillende delen van optimaal en suboptimaal (50 %) met stikstof gevoede tomatplanten (g) en hun drooggewicht (%)

	vergewicht (g)		drooggewicht (%)	
	optimaal	suboptimaal	optimaal	suboptimaal
blad	783	384	41,2	35,8
stengel	679	351	26,5	21,8
wortel	473	559	10,4	15,8
vruchten	693	690	21,9	26,6
totaal	2628	1984	100,0	100,0

4.4 Worteleigenschappen en forceercondities bij witlof

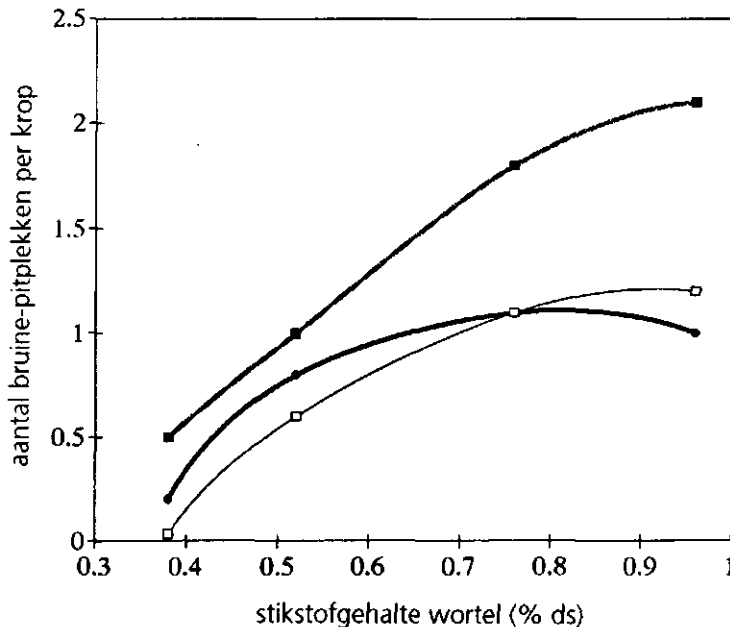
De witlofwortel is een bijzonder systeem wanneer we het beschouwen als een eenheid waar mobilisatie van drogestof naar de spruit leidt tot kropvorming, zonder dat daaraan door fotosynthese energie wordt toegevoegd. In dit opzicht is het vergelijkbaar met kiemende zaden. De processen die tijdens de forceerperiode in de witlofwortel en krop plaatsvinden dienen op een efficiënte wijze worteldrogestof om te zetten in kropdrogestof. De uiteindelijk gevormde krop moet voldoen aan eisen van kwaliteit zoals geslotenheid, afwezigheid van bittere smaak en korte pit. De witloftelers, daarbij ondersteund door het praktijkonderzoek op het PAGV, hebben langs empirische weg bij de teelt een hoog technisch niveau bereikt. Toch blijft er een aantal vragen met betrekking tot mogelijkheden om gericht de voorspelbaarheid, en zo mogelijk de kwaliteit, van het forceerresultaat te verbeteren. Bij het CABO-DLO wordt daarom, met medefinanciering van het Produktschap voor Groenten en Fruit, Landbouwschap en Centraal Bureau voor de Tuinbouwveilingen, door Reerink onderzoek uitgevoerd dat de achtergrondkennis van de processen vergroot.

Wanneer de witlofwortel van het veld komt wordt deze bij circa 0 °C opgeslagen. De wortel bestaat dan voor 65 tot 80 % van de drogestof uit opslagsuikers. Het N-gehalte kan variëren van 0,5 tot 1,5 %. In de koude-opslag vinden de omzettingen

van reservestoffen al plaats. De in lang-ketenige suikers (inuline) opgeslagen koolhydraatreserves, en de opslageiwitten worden in transporteerbare vormen omgezet. Het blijkt dat de snelheid van de omzettingen sterk afhankelijk is van het stikstofgehalte van de wortel. Ook de snelheid van groei van de krop is met het N-gehalte gekoppeld. Na 15 weken koude bewaring bleken wortels met 1,0 %N tijdens de forceerperiode 2,8 maal meer drogestof te verliezen dan wortels met 0,4 % N. Lang niet alle verdwenen worteldrogestof wordt overigens omgezet in kropdrogestof. Een deel wordt verademd voor energie-vragende processen. Een wortel met een hoog N-gehalte blijkt daarbij aanmerkelijk minder efficiënt met de koolhydraten om te gaan. Te hoge stikstofgehalten in de wortel moeten dan ook worden vermeden (Reerink, 1992).

De temperatuur is van groot belang voor de snelheid waarmee de processen verlopen. Door de temperatuur tijdens het forceren aan te passen kan rekening gehouden worden met de fysiologische ontwikkeling en de hoeveelheid transporteerbare koolhydraten die tijdens de koude-bewaring in de wortel gevormd is. In de praktijk wordt hiervan gebruik gemaakt door de forceertemperatuur in de loop van het seizoen enkele graden te verlagen zodat de forceerperiode constant blijft op 20 - 22 dagen. Het productieproces wordt zo aangepast aan de arbeidsplanning.

Het aanpassen van de samenstelling van de voedingsoplossing waarop de wortels worden geforceerd geeft ook nog mogelijkheden tot bijsturen. Daarbij blijkt voor kleine wortels de invloed van de minerale voeding van weinig belang, omdat daar de mobiliseerbare koolhydraten een groei-beperkende factor zijn. Voor zwaardere wortels (50 tot 70 g drooggewicht) blijkt daarentegen wel een extra benutting van de reserves mogelijk door een hogere concentratie van de voedingsoplossing aan



Figuur 4.4 Gemiddeld aantal bruine-pitplekken per krop als functie van het stikstofgehalte van de wortel, bewaarduur en trektemperatuur.

Bewaring: 5 weken 0 °C + 3 weken 15 °C (●); 15 weken 0 °C + 3 weken 15 °C (■); 15 weken 0 °C + 3 weken 12 °C (◻).

te bieden. De mogelijkheid ook de kropkwaliteit hiermee te beïnvloeden wordt nog verder onderzocht. Ook de samenstelling, de uiterlijke vorm van de krop (geslotenheid), de lengte van de pit, en het optreden van bruine-pitverschillen tussen stikstofrijke en stikstofarme wortels (Fig. 4.4). Bij een hoger totaal drogestofgewicht van de krop bij stikstofrijke wortels is zowel het drogestofgehalte als het gehalte aan oplosbare suikers daarin lager. Of dit leidt tot een organoleptisch waarneembaar verschil is in deze proeven niet nagegaan. Het is echter niet onwaarschijnlijk omdat bitterstoffen als lactucine in witlof geneutraliseerd worden door de aanwezigheid van oplosbare koolhydraten.

Alles wijst er dus op dat stikstof een belangrijke kwaliteitsbepalende factor is bij de witlofteelt. Toch blijkt het in de praktijk niet altijd mogelijk de stikstofvoorziening tijdens de teelt goed te beheersen. Sterke mineralisatie van stikstof in de loop van het groeiseizoen kan een bewust gekozen strategie om met een krappe bemesting wortels met een laag stikstofgehalte te telen flink doorkruisen. Dit bleek onder andere in proeven met verschillende N-bemestingstrappen bij het PAGV in 1991. De laagste N-gehalten van wortels lagen in dat jaar vrijwel tweemaal zo hoog als in gelijksoortige proeven in 1990.

4.5 Slotopmerkingen

Met de gegeven voorbeelden is duidelijk geïllustreerd dat het voor de beheersing van de produktkwaliteit noodzakelijk is om een goed inzicht te hebben in de processen die tijdens de groei en produktvorming een rol spelen.

Zelfs als deze kennis beschikbaar is blijkt het streven naar een hoge produktie vaak de kans op kwaliteitsverlies te vergroten. Een goede kennis van de fysiologische eigenschappen van het materiaal, zoals in het geval van witlof, is een voorwaarde voor een betrouwbare en succesvolle produktie van een kwalitatief hoogwaardig produkt.

Het fundamenteel-strategisch onderzoek, zoals dit bij het CABO-DLO wordt uitgevoerd, is gericht op het verwerven en toepasbaar maken van de noodzakelijke kennis voor de beantwoording van vragen vanuit het praktijkonderzoek en het bedrijfsleven. Toch is het lang niet altijd mogelijk een directe vertaalslag te maken. Het meest produktief zijn dan ook projecten of samenwerkingsvormen waarbij een concrete (fysiologische) vraagstelling wordt gekoppeld aan een praktijkprobleem. Daarbij is het mogelijk de toepasbaarheid van de verworven inzichten direct te toetsen aan het onderhavige probleem. Ook dan zal vaak blijken dat de werkelijkheid in de praktijk van land- en tuinbouw wat betreft kwaliteitsproblemen weerbarstiger en complexer is dan menig onderzoeker bij het starten van een project geneigd is aan te nemen.

4.6 Referenties

Blom-Zandstra, M., 1992.

Regulering van processen door communicatie binnen de plant. In: F.W.T. Penning de Vries & J.H.J. Spiertz (red.), Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor plantaardige productie, milieu en natuur. Agrobiologische Thema's 7, CABO-DLO, Wageningen, 19-30.

Blom-Zandstra, M., 1991.

Some physiological aspects of nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht, 81 pp.

Booij, R., 1990.

Development of cauliflower and its consequences for cultivation. Proefschrift Landbouw Universiteit Wageningen. 113 pp.

Booij, R. & Meurs, E.J.J., 1992 (aangeboden).

Flower induction and initiation of Celeriac (*Apium graveolens* L. var. *Rapaceum* (Mill.) DC.): Effects of temperature and plant age.

Meurs, E.J.J. & N.M. de Vos, 1992.

Ontwikkeling en groei van zomergerst onder Nederlandse omstandigheden. Gewassenreeks 4, PUDOC, 48 pp.

Ingestad, T., 1982.

Relative addition rate and external concentration; driving variables used in plant nutrition research. *Plant&Cell Environment* 5, 443-453.

Karsen, C.M & Spiertz, J.H.J., 1992.

Produktfysiologie, NRLO-Rapport nr. 92/5 15 pp.

Marcelis, L., 1990.

Hoe wordt een komkommer lang genoeg? *Groenten en Fruit* 45 (40), 53.

Marcelis, L., 1992.

The dynamics of growth and dry matter distribution in cucumber. *Annals of Botany* 69 (In druk).

Maas, F.M., 1991.

Stuurlichteffecten in de Tuinbouw. In: H. Breteler (ed.) Regulatie van de fyto morfogenese. Agrobiologische Thema's 5, CABO-DLO, Wageningen, p. 63-79.

Reerink, J.A., 1992.

Wortelstikstof bepalend voor witlofkwaliteit. *Groenten en Fruit; Weekblad voor de voedingstuinbouw*, 2 (1), 8-10.

Reerink, J.A., 1990.

Redistributie van inhoudstoffen en kwaliteit van de krop bij witlof. In: H.M.Dekhuijzen & S.C.van de Geijn (eds), *Fysiologie en Kwaliteit van Tuinbouwprodukten*. Agrobiologische Thema's 2, CABO-DLO, Wageningen, 15-30.

Smith, H., 1982.

Light quality, photoperception and plant strategy. *Annual Reviews of Plant Physiology* 33, 481-518.

Van der Werf, H.M.G., 1991.

Vezelvorming en -productie bij hennep. In: W.J.M. Meijer & N. Vertregt (eds.) *Gewasdiversificatie en Agrificatie*. Agrobiologische Thema's 4, CABO-DLO, Wageningen, 12-23.

Welles, G., 1991.

Belangrijke kwaliteitsproblemen bij de teelt van groentegewassen onder glas. In: H.M.Dekhuijzen & S.C.van de Geijn (eds), *Fysiologie en Kwaliteit van Tuinbouwprodukten*. Agrobiologische Thema's 2, CABO-DLO, Wageningen, 3-14.

5 Het gewas meer op eigen kracht met minder chemische bescherming

A.J. Haverkort en M. van Oijen

DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

Samenvatting

Op het CABO-DLO vindt sinds enige jaren onderzoek plaats naar de effecten van ziekten op de groei van gewassen. Door de kortere gewasrotaties in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt en door het verminderen van de chemische bestrijding mede als gevolg van het Meerjarenplan Gewasbescherming, treden met name bodemziekten meer op dan voorheen en is het van belang tolerantiemechanismen voor deze ziekten te bestuderen. De onderzoeksaanpak wordt vooral geïllustreerd aan de hand van het belangrijkste akkerbouwgewas, dat tevens het meest van ziekten heeft te lijden en waaraan het meeste onderzoek wordt verricht: de aardappel. Biotische stress veroorzaakt door ziekten hangt tevens vaak af van abiotische omgevingsfactoren zoals temperatuur, droogte en bodemfactoren zoals dichtheid, pH en voedingstoestand. Biotische en abiotische stress wordt dan ook in onderlinge samenhang onderzocht.

De resultaten van de gewaspathogeenrelaties, beschreven voor virussen, aardappelmoehheid, aardappelziekte en de bodemschimmels die lakschurft en verwelkingsziekte veroorzaken vinden hun toepassing in de simulatie en systeemanalyse, de teelt(begeleiding) en in de veredeling op tolerantie.

5.1 Inleiding

Gewasbescherming is het geheel van maatregelen gericht op het beneden aanvaardbare grenzen houden of brengen van ziekten, plagen en andere schadelijke factoren bij de teelt van gewassen. Deze definitie wordt gehanteerd in het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG, 1991). De gewasbescherming is nog grotendeels structureel afhankelijk van het gebruik van chemische middelen. Tabel 5.1 toont dat van de vier sectoren: akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, fruitteelt en bloembollenteelt, in volume veruit de meeste chemische stof wordt gebruikt in de akkerbouw. Dat komt door de grootte van het areaal; per hectare wordt in deze sector het minst (18,9 kg/(ha.jaar)) gebruikt, in de bloembollenteelt met 121 kg/(ha.jaar) het meest. In de akkerbouw vindt per ha de hoogste toepassing plaats bij de grondontsmetting en schimmelbestrijding in de aardappelteelt.

Tabel 5.1 Toepassing van bestrijdingsmiddelen in de belangrijkste veldmatige teelten, in kg actieve stof per ha per jaar, gemiddelden van 1984-1988.

Bron: Rapportage werkgroep Beperking Emissie. Achtergronddocument MJPG. Ministerie LNV, Den Haag 74 pp.

Sector	Areaal (x 100 ha)	Grond- ontsmet- ting	Grond- behande- ling	Herbiciden	Insekt- en fungiciden
Akkerbouw	751	13,0	0,2	2,2	3,5
Groenteteelt	45	19,7	0,9	2,4	5,4
Fruitteelt	23	4,0	0,1	2,8	13,1
Bloembollenteelt	17	62,8	13,5	5,8	39,0

Hoewel de intensieve gewasbescherming met chemische middelen bij de huidige bedrijfsvoering veelal winstgevend is, kleeft er toch een aantal bezwaren aan de toepassing waardoor deze op korte termijn zal worden beperkt. Het MJPG noemt de bezwaren vanuit de landbouw (schade door nawerking, residuën en het ontstaan van resistentie), de milieubescherming (emissie naar water, bodem en lucht) en de volksgezondheid (arbeidshygiëne). Het MJPG noemt reducties tussen 1990 en 2000 van het gebruik van grondontsmettingsmiddelen met 70 % en de andere chemische gewasbeschermingsmiddelen met circa 40 %. Daarom moeten alternatieve methoden voor het terugdringen van ziekten, plagen en onkruiden worden toegepast. De methodiek bestaat uit een geïntegreerde aanpak waarbij dosis en frequentie van de chemische behandeling meer worden afgestemd op de tijd en de plaats waarop de ziekten en plagen optreden, waarbij er meer aandacht is voor bedrijfshygiëne, ruimere rotaties (vooral van belang bij bodemziekten) en waarbij zoveel mogelijk gebruik zal worden gemaakt van biologische bestrijdingstechnieken.

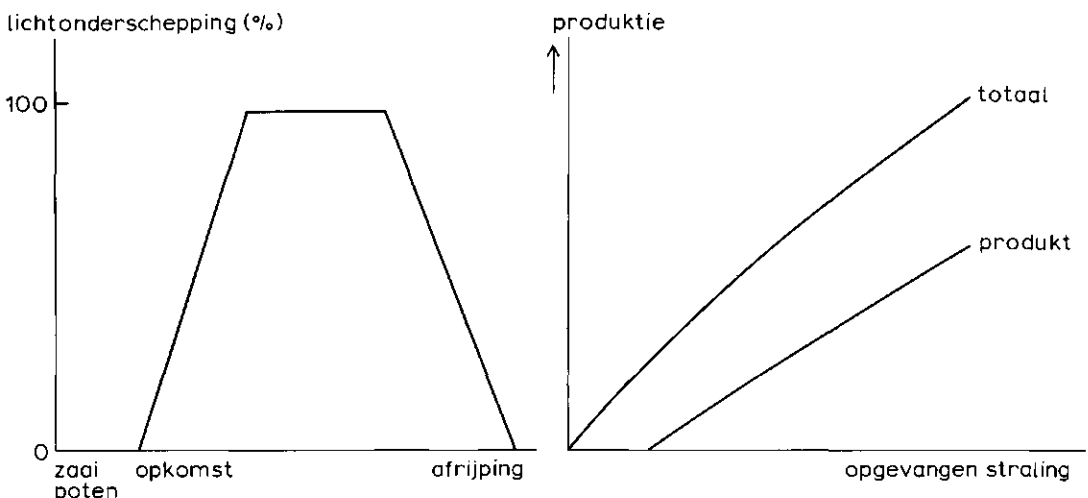
Veel maatregelen zijn erop gericht om ziekten en plagen te voorkomen, maar meer dan voorheen zal het gewas zich op eigen kracht tegen ziekten en plagen teweer moeten stellen met minder chemische middelen ter verbetering van de produktiewijze en de produktkwaliteit. In deze bijdrage worden op basis van gewasfysiologische kenmerken strategieën die aantasting van een gewas kunnen beperken besproken. Gewassen kunnen ziek worden door het gebruik van besmet uitgangsmateriaal, doordat de bodem besmet is en later door besmetting vanuit de lucht met sporen of door insecten die ziekten overbrengen. Deze ziektebronnen en gewas/pathogeen-interacties worden geïllustreerd aan de hand van het gewas aardappel, het belangrijkste akkerbouwgewas zowel vanuit economisch oogpunt als vanuit het oogpunt van het verbruik van chemische middelen.

De belangrijkste onderzochte gewas/pathogeen-interacties op CABO-DLO zijn het aardappelpysteaaltje (*Globodera pallida*) de veroorzaker van aardappelmoeheid, het noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne* spp.) bij vollegrondsgroenten, waaronder peulvruchten en het bietencysteaaltje (*Heterodera schachtii*). Voorts wordt onderzoek verricht aan de verwelkingsziekte van aardappel en peulvruchten veroorzaakt door de bodemschimmel *Verticillium dahliae* en rhizomanie bij suikerbiet veroorzaakt door het Beet Necrotic Yellow Vein Virus (BNYVV) dat de bodemschimmel *Polymyxa betae* als vector heeft. De effecten van deze biotische bodemstressoren worden onderzocht in samenhang met de abiotische bodem-

omstandigheden zoals de beschikbaarheid van water en voedingsstoffen, de bodem-pH en -dichtheid die de tolerantie van een gewas sterk kunnen beïnvloeden. Het biotisch stress-onderzoek op CABO-DLO vindt plaats in samenwerking met het Instituut voor Planteziektenkundig Onderzoek (IPO-DLO), het Proefstation voor Akkerbouw en Vollegrondsgroenten (PAGV), het Hilbrandslaboratorium voor Bodemziekten (HLB), de Planteziektenkundige Dienst (PD), het Instituut voor Rationele Suikerproductie (IRS) en de LUW-vakgroep Theoretische Productie Ecologie.

5.2 Gewasgroei

Gewasgroei komt tot stand doordat het bladerdek de energie van het zonlicht opvangt. In de fotosynthese wordt koolstof vastgelegd en de wortels nemen water en mineralen op waardoor alle voor de groei en ontwikkeling benodigde chemische reacties en fysiologische processen zich kunnen voltrekken. Voor een maximale productie in de loop van een groeiseizoen moet het gewas zoveel mogelijk licht onderscheppen door de vorming van een bladerdek dat vroeg tot ontwikkeling komt en lang in stand blijft. Het onderschepte zonlicht moet met een zo groot mogelijke efficiëntie worden benut voor de vorming van assimilaten. Voor de vorming en het handhaven van de bovengrondse delen is een adequaat wortelstelsel nodig dat zich in een bodem bevindt waarin de beschikbaarheid van water en voedingsstoffen niet beperkend is voor de groei. Voor de vorming van het gewenste produkt moet het gewas zoveel mogelijk van de assimilaten verdelen naar de te oogsten delen. De kwaliteit van het geoogste produkt, ten slotte, wordt bepaald door de mate waarin het de gewenste inhoudsstoffen bevat en het voldoet aan gewenste uiterlijke kenmerken (kleur, sortering). Fig. 5.1 toont in schema het verloop van de lichtonderschepping en de benutting van het onderschepte licht voor de vorming van gewas-massa (totaal en geoogst produkt).



Figuur 5.1 Schematische weergave van de totstandkoming van de gewasgroei

In een eenvoudig model laat de gewasgroei en -productie zich dan beschrijven als:

$$Y = L \times E \times O / D$$

waarin Y de verse opbrengst is van het produkt, L is de hoeveelheid opgevangen licht door het gewas, E is de efficiëntie waarmee de opgevangen straling in drogestof wordt omgezet, O is de oogstindex ofwel het gedeelte van alle geproduceerde drogestof dat naar het geoogste produkt is verdeeld en D is het drogestofgehalte van het geoogste produkt.

In afwezigheid van ziekten beschikt de teler over mogelijkheden om de produktie, de kwaliteit en het oogsttijdstip te sturen door middel van de rassenkeuze en teeltmaatregelen zoals de zaai- of planttijd, de behandeling van het uitgangsmateriaal, bemesting en beregening. Deze maatregelen zijn vooral gericht op de sturing van de abiotische factoren die de gewasgroei beïnvloeden zodat de tijd tussen zaai en opkomst wordt verkort, het lichtonderscheppend vermogen van het gewas zo lang mogelijk wordt gehandhaafd, de efficiëntie van drogestofproduktie zo hoog mogelijk is en zoveel mogelijk van de drogestof naar het geoogste produkt is verdeeld. Om de invloed van ziekten en plagen te beperken worden naast aanvullende teeltmaatregelen zoals het gebruik van gezond uitgangsmateriaal en de verruiming van de gewasrotatie chemische middelen ingezet die het gewas beschermen. Om dit tot een minimum te beperken speelt de rassenkeuze weer een belangrijke rol, waarbij gebruik wordt gemaakt van drie mechanismen die in dit verband van belang zijn: resistentie, tolerantie en ontsnapping. Rassen zijn resistent indien zij de vermeerdering van het pathogeen beperken. Van bodemziekten verlagen deze rassen het aanvangsinoculum of vermeederen het in geringe mate. Van ziekten die zich door sporen in de lucht verspreiden zoals vele schimmelziekten, kan zelfs op partieel resistente rassen het aanvangsinoculum zich vele malen vermeederen. Tolerant voor een ziekteverwekker zijn die rassen die, hoewel het pathogeen aanwezig is, er weinig hinder van ondervinden. Een ras kan ook (gedeeltelijk) aan het pathogeen ontsnappen doordat het geteeld wordt of vooral produktief is op een tijd waarin het pathogeen nog niet of niet meer aanwezig is.

5.3 Onderzoeksaanpak

Op het CABO staat het tolerantie-onderzoek meer centraal dan het resistentie-onderzoek doordat er meer metingen aan het gewas dan aan het pathogeen worden verricht. In het tolerantie-onderzoek worden de gewassenmerken die aan tolerantie bijdragen bestudeerd. In het biotisch stressonderzoek worden wortel- en bladgroei, hun ruimtelijke verdeling en de doelmatigheid waarmee ze hun functies (opname van water en nutriënten respectievelijk transpiratie en fotosynthese) verrichten in onderlinge samenhang waargenomen en geïnterpreteerd. In de bodem wordt de wortelgroei gevolgd met glazen buizen en boorbemonstering in het veld of in het Wageningen Rhizolab. De invloed van bodemziekten op water- en nutriëntenbewegingen wordt waargenomen door het meten van de vochtspanning, vochtgehalte en door chemische bepalingen in afgezogen bodemvocht en plant-

materiaal. Gasuitwisseling door wortels in de bodem wordt door middel van infraroodanalysators gemeten aan luchtmonsters uit bodemkamers. Fotosynthese en respiratie van het blad worden met behulp van handfotosynthesemeters en gewasoverkappingen gemeten. In het veld wordt het verlies aan opgevangen zonlicht door het gewas als gevolg van aantasting gemeten door middel van waarnemingen van het bladerdek, onder andere door infrarood en groenreflectie. Zo blijkt hoe een pathogeen de lichtonderschepping en haar benuttingsefficiëntie voor de aanmaak van drogestof beïnvloedt. De verdeling van in de fotosynthese vastgelegde drogestof naar de diverse organen wordt gevolgd door gedetailleerde plantanalyses of door de verdeling van ^{13}C in de tijd te volgen na een eenmalige $^{13}\text{CO}_2$ -dosering. Aangezien abiotische factoren zoals droogte, pH en dichtheid van de bodem de mate van tolerantie beïnvloeden, worden effecten van pathogenen altijd in samenhang daarmee onderzocht. De complexe samenhangen worden vervolgens in gewasgroeimodellen geanalyseerd. De verkregen inzichten worden gebruikt voor toepassing in teeltbegeleiding en in de veredeling op stresstolerantie.

5.4 Gewas/pathogeen-relaties

Gewassen worden in de loop van hun levenscyclus op verschillende wijze en door verschillende ziekteverwekkers belaagd. Het uitgangsmateriaal kan reeds besmet zijn met virussen, bacteriën en schimmels. Dit leidt tot een vertraagde groei vanaf het zaaien of poten. De bodem waarin gezaaid of gepoot wordt kan besmet zijn met aaltjes, schimmels, bacteriën of zelfs virussen die door schimmels worden overgebracht. In bepaalde gevallen verijdelen of vertragen deze ziekteverwekkers de opkomst en de beginontwikkeling, waarbij met aaltjes soms minder stengels worden gevormd, en versnellen de afsterving van het gewas. Gedurende de groei staat het bladapparaat bloot aan ziekteverwekkers die door de lucht worden overgedragen. De schimmel *Phytophthora infestans*, de veroorzaker van de aardappelziekte, kan zich reeds enige weken na opkomst voordoen en in juli zijn de luizenpopulaties vaak van zodanige omvang dat zij effectief virussen kunnen overbrengen. De oogsttijd, ten slotte, heeft weer het risico van het verspreiden van ziekten, bij aardappel met name besmetting met *Erwinia* spp., *P. infestans* en lakschurft (*R. solani*).

Het verbreken van de gewas/pathogeen-relatie is een oogmerk van de gewasbescherming. Omdat ziekten gedurende de gehele levenscyclus van de waardplant kunnen toeslaan, moet dit op verschillende tijdstippen gedurende het groeiseizoen worden gedaan. Dit begint al bij het gezond houden van het uitgangsmateriaal. Niet-chemische ingrepen voor de verbetering van het produkt (ziektevrijdom) zijn het ziekzoeken en het verwijderen van het loof voordat de luizenvluchten een aanvang nemen rond half juli. Bij het looftrekken wordt de verbinding tussen de wortels en de knollen verbroken waardoor er minder kans op het optreden van lakschurft is (Dijst, 1989). Recent onderzoek heeft aangetoond dat het zogenaamde groenrooien, waarbij de aardappelen met aarde bedekt nog enige weken op het land blijven liggen, de verbreiding van ziekten tegengaat, vooral indien antagonisten tegen *Rhizoctonia solani* (*Verticillium biguttatum*; Mulder et al., 1990) en tegen *Phoma exigua* (*Trichoderma harzianum*) worden toegediend. Een andere methode

die de produktie van pootaardappelen minder afhankelijk maakt van chemische bescherming, is de in-vitro-vermeerdering (Marinus, 1985). Deze methode wordt met name toegepast om besmetting met *Erwinia* spp. tegen te gaan. Hierbij wordt de traditionele stamselectie met enkele vermeerderingen in het veld kortgesloten (Haverkort en Van der Zaag, 1989) en is er minder tijd voor de opbouw van pathogenen. Het gebruik van in-vitro-plantjes of microknolletjes in het eerste jaar vindt nog vooral in de kas plaats omdat de groei buiten te traag verloopt (Haverkort et al., 1991).

Omdat contact tussen pathogeen en waardplant wel verminderd maar niet altijd volledig voorkómen kan worden, worden gewassen toch vaak ziek, vooral wanneer de chemische bestrijding wordt beperkt. Gewasfysiologisch onderzoek aan zieke gewassen blijft dus noodzakelijk. In de volgende paragrafen wordt dit onderzoek voor een aantal ziekten bij aardappel nader toegelicht. Daarbij wordt een volgorde aangehouden van ziekten die het gewas successievelijk belagen. Te beginnen met door de knol overgedragen virusziekten. Vervolgens worden later optredende bodemziekten en door de lucht verspreide ziekten behandeld.

5.5 Virussen

De belangrijkste aardappelvirussen (het Y- en het bladrolvirus) worden door bladluizen overgebracht en via het pootgoed naar navolgende generaties. Hoewel reeds in het jaar dat de plant wordt besmet er enige opbrengstderiving plaats kan vinden, treedt de meeste schade toch op als reeds besmette knollen worden gepoot. Tabel 5.2 toont enige gewasreacties van aardappel op een besmetting met het bladrolvirus. Het tolerante ras Maris Piper toont vooral verschillen met het gevoelige ras King Edward als gevolg van besmetting met het bladrolvirus doordat het meer zonlicht onderschept door de ontwikkeling van een relatief groter bladapparaat, het efficiënter drogestof produceert uit het onderschepte licht en meer drogestof naar de knollen verdeelt waardoor de oogstindex minder daalt.

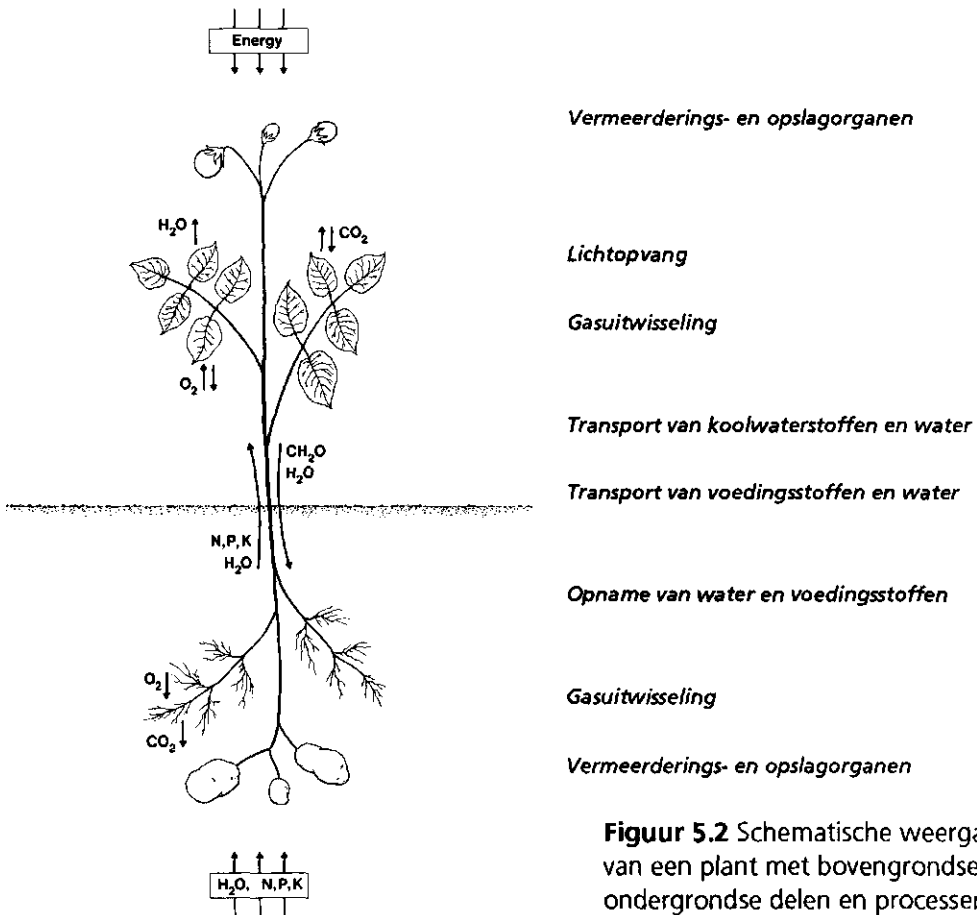
Tabel 5.2 Effect van een zware besmetting met het bladrolvirus op opbrengstparameters bij de eind oogst van de rassen Maris Piper en King Edward (Marshall et al., 1988).

Gewasparameter	Maris Piper		King Edward	
	Onbesmet	Besmet	Onbesmet	Besmet
Opgevangen straling (MJ/m ²)	884	703	901	683
Lichtconversiecoëfficiënt (g/MJ)	1,32	1,12	1,46	0,87
Oogstindex	0,85	0,75	0,76	0,54
Drogestofgehalte van de knol (%)	19,6	18,5	19,8	18,4
Verse knolopbrengst (kg/m ²)	5,04	3,16	5,04	1,73

5.6 Aardappelmoetheid

Aardappelcysteeltjes (*Globodera* spp.) komen vrijwel overal voor waar aardappelen worden geteeld. De economische schade is groot doordat het optreden wordt voorkomen door de aardappelen in een verplichte rotatie te telen met andere, meestal minder renderende gewassen. Als additionele bescherming tegen het aaltje wordt op grote schaal chemische bodemontsmetting toegepast, met name in de Veenkoloniën waar het gewas veelal in een tweejarige rotatie met tarwe en suikerbiet wordt geteeld. Het gebruik van nematiciden kan worden verminderd door een vroege detectie van kleine haarden (Schomaker & Been, 1989), door het gebruik van resistente rassen en door het gebruik van tolerante rassen waarbij een optimaal gebruik van de tolerantie gemaakt moet worden door kennis van de interactie van aaltjesaantasting en abiotische factoren.

Bij het onderzoek wordt uitgegaan van de symmetrie die bestaat tussen de bovengrondse en ondergrondse delen van een plant (Fig. 5.2); studie van beide helften is van even groot belang. Vanwege de toegankelijkheid is in het verleden de aandacht echter meer naar de bovengrondse delen en processen gegaan. Hoewel door aaltjes primair de wortels worden aangetast is er ook een sterke invloed op bovengrondse processen waargenomen.



Figuur 5.2 Schematische weergave van een plant met bovengrondse en ondergrondse delen en processen

Tabel 5.3 Relatieve waarden (ontsmet en beregend = 100) van de opbrengstparameters, gemiddelden van 2 jaren en 4 rassen in de Veenkoloniën (Haverkort et al., 1992a)

Gewasparameter	Niet ontsmet	Niet beregend
Opgevangen straling (MJ/m ²)	69	88
Lichtconversiecoëfficiënt (g/MJ)	91	96
Oogstindex	97	95
Drogestofgehalte van de knol (%)	104	106
Verse knolopbrengst (kg/m ²)	56	71

Er blijkt geen interactie te zijn tussen droogte en een besmetting met aardappelcystealtjes, daarbij maakt het niet uit of die droogte aan het begin of het eind van het groeiseizoen plaats vindt. Tabel 5.3 laat zien dat beide stressoren op soortgelijke wijze de opbrengstparameters beïnvloeden. Er is echter wel een sterke interactie tussen bodem-pH en opbrengstderving door cysteaaltjes bij aardappel gevonden (Tabel 5.4).

Tabel 5.4 Het effect van cysteaaltjesbesmetting en bodem-pH op enige planteigenschappen bij eindooft, ras Mentor (Haverkort et al., 1992b)

Eigenschap	Onbesmet		Besmet	
	pH 4,5	pH 6,5	pH 4,5	pH 6,5
Waterbenuttingsefficiëntie (g/l)	10,0	8,48	8,62	7,12
Knoldrogestofgehalte (%)	23,8	23,1	23,6	24,0
Aantal knollen per plant	23,9	21,1	33,9	16,9
Knolopbrengst (g/plant)	370	330	300	167

Bij een lage bodem-pH (pH 4,5) treedt er geringe schade op terwijl bij een hoge pH (6,5) eenzelfde initiële aaltjesdichtheid voor grote schade (50 % derving) verantwoordelijk is. Droogte vermindert de ¹³C-discriminatie van planten en verhoogt de waterbenuttingsefficiëntie. Bij jonge aardappelplanten blijkt echter dat aaltjesbesmetting zowel de efficiëntie van het watergebruik als de ¹³C-discriminatie vermindert. Dit duidt op een verlaagd metabolisme als gevolg van aaltjesaantasting.

5.7 Bodemschimmels: verwelkingsziekte en lakschurft

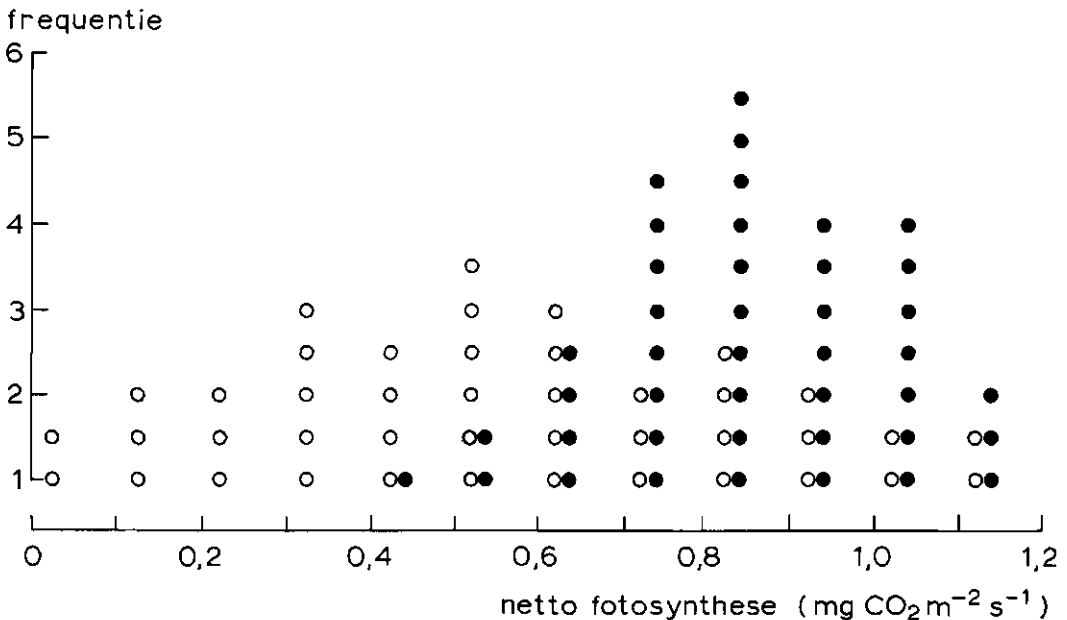
Het optreden van bodemziekten hangt af van de teeltfrequentie. Bij aardappel zijn vooral lakschurft (*R. solani*) en verwelkingsziekte (*V. dahliae*) de belangrijkste bodemschimmels die aardappels infecteren. Lakschurft kan zowel door het pootgoed worden overgebracht door de zich daarop bevindende sclerotiën, als door de bodem waar sclerotiën zich jarenlang goed kunnen houden.

Tabel 5.5 toont enige gewasreacties als gevolg van een besmetting met lakschurft. De knolopbrengst daalde, mede als gevolg van een lager drogestofgehalte van de knollen en een lager aantal stengels. Het aantal knollen nam echter wel toe omdat *R. solani* leidt tot het afsterven van stolonpuntjes waarbij er vertakking optreedt.

Tabel 5.5 Effect van een besmetting van het ras Element met *R. solani* op 117 dagen na het poten (Scholte, 1989)

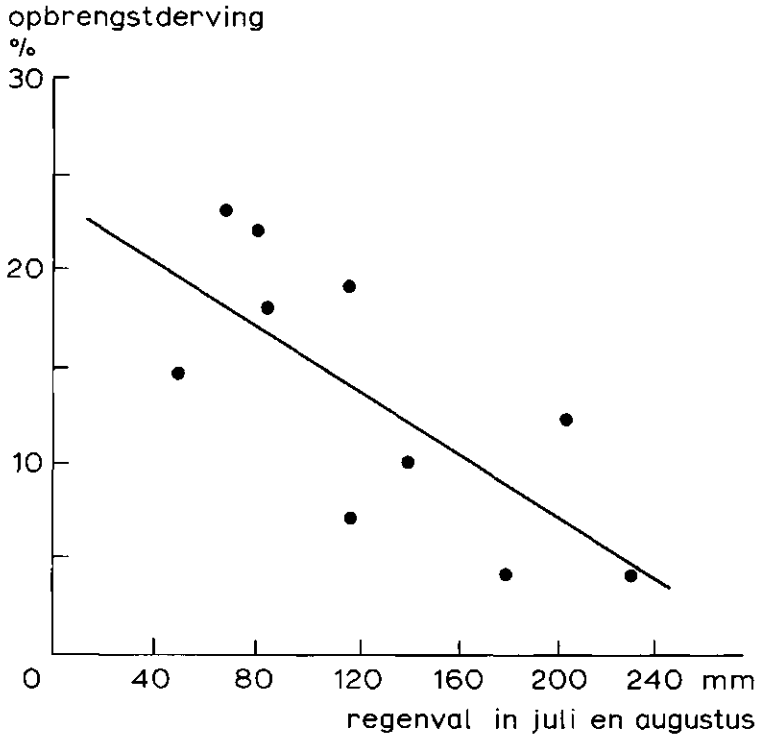
Besmetting	Relatieve knop- opbrengst	Drogestofgehalte van de knol (%)	Stengels (aantal/plant)	Knollen (aantal/plant)
Geen	100	22,9	3,5	14,9
Matig	100	22,6	3,5	15,5
Hevig	80	22,1	3,3	15,8

Hoewel vaak slechts als een afrijpingsziekte bij aardappelen beschouwd, is komen vast te staan dat *V. dahliae* reeds bij jonge planten vlak na opkomst de waterhuishouding verstoort en leidt tot een verminderde gasuitwisseling en vastlegging van koolstof resulterend in verminderde groei. Fig. 5.3 toont de frequentieverdeling van de fotosynthesesnelheid van individuele bladeren van een onbesmet en een besmet jong gewas ten tijde van de gewassluiting half juni.



Figuur 5.3 Frequentieverdeling van de fotosynthesesnelheid van individuele bladeren van een besmet (○) onbesmet (●) veldje, ras Saturna, medio juni (Haverkort et al. 1990).

In een besmet gewas zijn er bladeren die nog even effectief fotosynthetiseren als in een gezond gewas, maar er zijn ook bladeren waarvan de huidmondjes geheel zijn gesloten. Droogte op het eind van het groeiseizoen verhevigt het effect van *V. dahliae*. Fig. 5.4 toont dat in droge zomers het effect van een korte rotatie met aardappelen, die in Flevoland tot een versterkt optreden van verwelkingsziekte leidt, aanmerkelijk groter is dan in natte zomers. Een vroege droogte rond opkomst en begingroei, verminderde echter het effect van *V. dahliae* (Haverkort et al. 1990).



Figuur 5.4 Relatieve opbrengstderving van aardappel ras Bintje in een 1:3-rotatie ten opzichte van een 1:6-rotatie versus de hoeveelheid regen in juli en augustus (1978-1987 gegevens van "De Schreef", Haverkort et al., 1989)

5.8 Aardappelziekte

De aardappelziekte wordt veroorzaakt door de schimmel *Phytophthora infestans*. Deze schimmel kan loof en knollen van aardappelen aantasten en zó grote schade veroorzaken. Vooral in een gesloten gewas bij hoge luchtvochtigheid kunnen *Phytophthora*-epidemieën snel om zich heen grijpen: de bekende Ierse hongersnood van 1845/1846 was er het gevolg van. In de huidige landbouwpraktijk wordt *Phytophthora* voornamelijk bestreden met chemische middelen. Deze inzet van fungiciden is zeer groot: circa 10 kg actieve stof per hectare per jaar (1,6 miljoen kg voor het gehele Nederlandse aardappelareaal, verdeeld over 5 tot 12 gewasbespuitingen). Voor deze chemische bescherming tegen *Phytophthora* wordt in Nederland jaarlijks ongeveer 100 miljoen gulden uitgegeven. Veredelaars hebben in het verleden meermalen volledig resistente rassen weten te ontwikkelen, waarop de schimmel zich niet kon ontwikkelen. Deze rassen oefenden echter een grote selectiedruk op de pathogeenpopulatie uit, zodat telkens aangepaste schimmelgenotypen opdoken die de resistentie konden doorbreken. De veredelaars hebben deze wedloop

opgegeven en richten zich nu op partieel resistente rassen, waarin de schimmel zich wel verspreiden kan, maar slechts langzaam, zodat de selectiedruk gering is en de opbrengstderving beperkt blijft. Het accepteren van een (lichte) mate van ziekte heeft het belang van gewasfysiologisch onderzoek naar de gevolgen van de aardappelziekte doen toenemen. Onderzoek volgens de methode eerder genoemd voor aardappelmoehheid (zie Tabel 5.3) heeft aangetoond dat *Phytophthora* de efficiëntie waarmee een aardappelgewas licht, opgevangen door groen blad, omzet in knoldrogestof, niet reduceert (Haverkort & Bicumumpaka, 1986). De fotosynthese van groen blad is dan ook niet meetbaar verlaagd (Van Oijen, 1991). Deze bevinding bleek geldig voor meer dan 60 genotypen: alle rassen waren even tolerant voor de schimmel wat betreft hun lichtbenuttingsefficiëntie: hierin is dus geen perspectief voorhanden voor rasverbetering via veredeling.

Deze gegevens en gegevens over de epidemiologie van *Phytophthora* zijn geïntegreerd in een simulatiemodel om daarmee te kunnen onderzoeken of wellicht andere planteigenschappen wel perspectief voor verbeterde weerstand tegen aardappelziekte zouden kunnen bieden (Van Oijen, 1991). Een belangrijk onderdeel van de model-analyse betrof de gevoeligheid van de opbrengst voor verbetering van resistentiecomponenten. Deze componenten vertegenwoordigen de verschillende fasen in de levenscyclus van de schimmel waarop aardappelrassen kunnen aangrijpen.

Tabel 5.6 Modelberekeningen van de opbrengstwinst die een door *Phytophthora* geïnfecteerd vatbaar middenvroeg aardappelras, zoals Bintje, zou krijgen bij aanpassing van een van de planteigenschappen. De opbrengsten zijn gegeven als percentage van de opbrengst van het niet aangepaste ras.

Raseigenschap	Verandering	Opbrengst (%)
Loofgroei:		
1. Begingroei loof	+ 20 %	115
2. Specifiek bladoppervlak	+ 20 %	107
3. Oppervlak per deelblaadje	+ 20 %	99
4. Laatheid	middenlaat	56
Resistentie-componenten:		
1. Lesie-groeisnelheid	- 20 %	115
2. Infectie-efficiëntie	- 20 %	108
3. Sporulatie-intensiteit	- 20 %	104
4. Latente periode	+ 20 %	104
5. Sporulatieduur	- 20 %	103

De resultaten van een gevoeligheidsanalyse met dit model zijn weergegeven in Tabel 5.6. Het blijkt dat de knolopbrengst, in aanwezigheid van de ziekte, vooral verhoogd kan worden door een snellere begingroei van het loof, en door een verlaging van de groeisnelheid van individuele lesies. Opvallend is verder dat late afrijping van het gewas zeer ongunstig kan zijn omdat dan de knolvullingsfase te vroeg wordt afgebroken (Tabel 5.6); vroege rassen daarentegen, ontsnappen voor een deel aan de ziekte.

5.9 Toepassingsrichtingen van het onderzoek

Het primaire doel van het gewasfysiologisch en -oecologisch onderzoek aan door ziekte aangetaste gewassen is het vergroten van de wetenschappelijke kennis van de gewassenmerken die de mate van tolerantie tegen ziekten en plagen bepalen, en het inzicht krijgen in de samenhang van deze kenmerken met abiotische factoren. Hiernaast zijn er menige praktische kanten aan dit onderzoek. De verkregen kennis wordt benut bij het opzetten van nieuwe teeltmethodieken, waarin landbouwgewassen met minder chemische bescherming zich moeten handhaven tegenover een grote diversiteit aan pathogenen. Dit speelt vooral een rol bij geïntegreerde, ecologische en biologische landbouwsystemen. De conflicterende milieu- en economische doelstellingen kunnen door middel van doelprogrammering worden geanalyseerd (Schans, 1991) maar voor zulke modelbenaderingen zijn gewasgroeigegevens nodig gegenereerd in onderzoek aan zieke gewassen. Een voorbeeld van het gebruik van onderzoeksresultaten in de veredeling is al gegeven voor de schimmel *Phytophthora infestans*: het onderzoek heeft aangetoond dat veredeling op resistentie (beperkte lesiegroeisnelheid) nuttiger is dan op tolerantie, en dat bij de beoordeling van kweekmateriaal het effect van raslaathed dient te worden meegenomen, omdat een late afrijping tot een verminderde ontsnapping aan de ziekte leidt. Het onderzoek aan de aardappelziekte is een voorbeeld van hoe het gewasfysiologische onderzoek van pathosystemen tot verdelingsadviezen kan leiden. Omdat het onderzoek de effecten ontrafelt van een groot aantal gewassenmerken, die in samenhang tolerantie en resistentie bepalen, kunnen de belangrijkste kenmerken worden geïdentificeerd. Op deze belangrijkste effecten kan de veredeling zich dan concentreren. Het betrekken van abiotische factoren in het onderzoek maakt het verder mogelijk om verdelingsadviezen te geven voor verschillende doelmilieus.

Een ander toepassingsgebied van het onderzoek is dat van de teeltbegeleiding. De akkerbouw wordt steeds meer kennis-intensief: om zuiniger met gewasbeschermingsmiddelen, meststoffen en water om te kunnen springen dient beter geweten te worden onder welke omstandigheden toediening van deze stoffen onnodig is. Zo is gebleken dat beregening geen effect heeft op schade door aaltjes, maar wel schade door verwelkingsziekte kan verminderen. De rassenkeuze lijkt bij deze effecten geen rol te spelen. De ontwikkeling van geautomatiseerde teeltbegeleidingssystemen (zoals CERA en BETA voor respectievelijk de graan- en bieteteelt) zal tot een toenemende behoefte aan zulke informatie leiden.

5.10 Referenties

Dijst, G., 1989.

The effect of chemical haulm destruction and haulm pulling on potato black scurf caused by *Rhizoctonia solani* AG-3. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen, 70 pp.

Haverkort, A.J. & M. Bicamumpaka, 1986.

Correlation between intercepted radiation and yield of potato crops infested by *Phytophthora infestans* in central Africa. Netherlands Journal of Plant Pathology 92, 239-247.

- Haverkort, A.J., J. Marinus & M. van de Waart, 1991.
Field performance of potato microtubers as propagation material. *Potato Research* 34, 353-364.
- Haverkort, A.J., T. Fasan & M. van de Waart, 1991.
The influence of cyst nematodes and drought on potato growth. 2. Effects on plant water relations under semi-controlled conditions. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 97, 162-170.
- Haverkort, A.J. & G.W. Valkenburg, 1992.
The influence of cyst nematodes and drought on potato growth. 3. Effects on carbon isotope fractionation. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 98, 12-20.
- Haverkort, A.J., M. Boerma, R. Velema & M. van de Waart, 1992a.
The influence of cyst nematodes and drought on potato growth. 4. Effects on crop growth under field conditions *Netherlands Journal of plant Pathology* 98 (in druk).
- Haverkort, A.J., A. Mulder & M. van de Waart, 1992b.
The influence of cyst nematodes and drought on potato growth. 5. Interaction of nematode infection with soil pH. *Netherlands Journal of Plant Pathology (aangeboden)*.
- Haverkort, A.J., D.I. Rouse & L.J. Turkensteen, 1990.
The influence of *Verticillium dahliae* and drought on potato crop growth. 1. Effects on gas exchange and stomatal behaviour of individual leaves and crop canopies. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 96, 273-289.
- Haverkort, A.J. & D.E. van der Zaag, 1989.
Innovative techniques in seed potato production in the Netherlands. CABO-DLO, Wageningen Verslag 124, 16 pp.
- Haverkort, A.J., J. Vos & O. Hoekstra, 1989.
Crop characteristics and yield reduction of potato due to biotic stress in short crop rotations. In: J. Vos, C.D. van Loon & G.J. Bollen (eds.). *Effects of crop rotation on potato production in temperate zones*. Kluwer, Dordrecht, 273-290.
- Marinus, J., 1985.
Description of methods and experiences of 'in vitro' multiplication of potatoes in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 33, 322-324.
- Marshall, B., H. Barker & Susan R. Verral, 1988.
Effects of potato leaf roll virus on the crop processes leading to tuber yield in potato cultivar which differ in tolerance of infection. *Annals of Applied Biology* 113, 297-305.
- Mulder, A., A. Bouman, L.J. Turkensteen & G. Jager, 1990.
A green-crop-harvesting method: effects and possibilities of biological and chemical control of black scurf caused by *Rhizoctonia solani* Abstracts 11th Triennial Conference EAPR (Edinburgh), 101-102.
- Oijen, M. van, 1991.
Identification of the major characteristics of potato cultivars which affect yield loss caused by late blight. *Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen, LUW, Wageningen*, 116 pp.
- Schans, J., 1991.
Optimal potato production systems with respect to economic and ecological goals. *Agricultural Systems* 37, 387-397.
- Scholte, K., 1989.
Effects of soil-borne *Rhizoctonia solani* Kuhn on yield and quality of ten potato cultivars. *Potatoe Research* 32, 367-376.
- Schomaker, C.H. & T.H. Been, 1989.
Minder bestrijdingsmiddelen door vroege detectie van kleine besmettingshaarden van het aardappel-cysteaaltje. *Jaarverslag 1989, IPO-DLO, Wageningen* 9-16.

Turkensteen, L.J., A. Mulder & A. Bouman, 1990.

Control of gangreen and late blight on seed potatoes by a green-crop-harvesting method and application of fungicides and antagonists. Abstracts 11th Triennial Conference EAPR (Edinburgh), 86-87.

6 Duurzaamheid van productie zonder onkruidproblemen

L.A.P. Lotz, M. Hoogerkamp en H. Naber (VPO-LUW)
DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

Samenvatting

Duurzaamheid van landbouw heeft agro-ecologische, milieukundige en economische aspecten. Door terugdringen van het gebruik van herbiciden kan aan doelstellingen van onkruidbeheersing in duurzame landbouw worden voldaan, mits daardoor geen problemen ontstaan door onkruiden in gewassen en volggewassen. Er worden voorbeelden gegeven hoe onkruidkundig onderzoek hieraan kan bijdragen door ontwikkeling van systemen voor geleide onkruidbestrijding, door het in gunstige zin beïnvloeden van onkruid-schaderelaties, door verhoging van de effectiviteit van herbiciden en door het opstellen van strategieën om herbicideresistentie in populaties van onkruiden tegen te gaan.

6.1 Inleiding

Duurzame landbouw is door De Wit (1989) gedefinieerd als landbouw waarbij 'enerzijds vernieuwbare hulpbronnen worden onderhouden, uitputbare grondstoffen met overleg worden gebruikt en natuur en milieu in waarde worden gelaten, en anderzijds de boeren een aanvaardbaar bestaan hebben en tegemoet wordt gekomen aan de toenemende vraag naar landbouwproducten'. Duurzaamheid van landbouw heeft dus niet alleen agro-ecologische en milieukundige, maar ook economische aspecten.

Indien onkruiden onbestreden blijven kunnen rampzalige verminderingen in gewasopbrengst en produktkwaliteit ontstaan. In ontwikkelingslanden besteden daarom agrarische gemeenschappen gezamenlijk vaak een groot deel van de tijd aan onkruidbestrijding. In de ontwikkelde landen zijn de technieken van onkruidbestrijding zodanig verbeterd dat met betrekkelijk geringe inspanning en kosten schade door onkruiden te vermijden is. Herbiciden hebben daartoe zeer belangrijk bijgedragen. Thans is men van mening dat bij veelvuldig en langdurig gebruik van herbiciden zich milieukundige problemen zullen voordoen. Het terugdringen van het herbicidegebruik in de Nederlandse land- en tuinbouw heeft dan ook hoge prioriteit (Meerjarenplan Gewasbescherming, 1990). Men beoogt met dit terugdringen problemen in zake de milieuhygiëne te verminderen en tevens bedrijfsvoerin-

gen minder afhankelijk te maken van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Indien een afname van het gebruik van herbiciden gepaard gaat met een afname van de totale kosten (over meerdere jaren) van de gewasbescherming op een bedrijf, zal echter ook de rentabiliteit van het agrarische bedrijf worden verhoogd.

Onkruidbeheersing speelt een zeer belangrijke rol in de ontwikkelingen van strategieën voor duurzame landbouw. In deze bijdrage wordt geschetst hoe het onkruidkundig onderzoek van CABO-DLO in samenwerking met de LUW bijdraagt, aan systemen voor duurzame plantaardige productie zonder onkruidproblemen.

Allereerst zal worden ingegaan op het onderzoek naar concurrentie tussen gewassen en onkruiden, en de rol van dynamische simulatie van gewas/onkruid-interacties daarin. Vervolgens wordt aangegeven hoe op deze concurrentie gebaseerde schaderelaties gebruikt kunnen worden voor het opstellen van criteria, op grond waarvan besloten kan worden of een bestrijdingsmaatregel wordt uitgevoerd. Tevens worden voorbeelden gegeven hoe onkruidschaderelaties van nut kunnen zijn bij de ontwikkeling van technieken van biologische onkruidbestrijding, de verbetering van de concurrentiekracht van het gewas en de evaluatie van experimentele bedrijfssystemen met een verminderd gebruik van herbiciden.

Naar verwachting zullen in de toekomst herbiciden deel blijven uitmaken van het totale gewasbeschermingspakket. Daarom wordt tot slot ingegaan op het belang van fysiologisch onderzoek om de werking van herbiciden te verbeteren en van populatiebiologisch onderzoek om problemen met betrekking tot de ontwikkeling van resistentie of tolerantie van onkruiden tegen herbiciden te voorkómen.

6.2 Concurrentie tussen gewassen en onkruiden

6.2.1 Nadelen van een louter empirische benadering

Onkruid kan schade toebrengen aan de gewasopbrengst (in kg droge stof/m²) door concurrentie met het gewas om licht, water of nutriënten. Uitgebreid experimenteel onderzoek heeft geleid tot het inzicht dat de relatie tussen de dichtheid van onkruiden (aantal planten/m²) en het opbrengstverlies (%) het best te beschrijven is met een rechthoekige hyperbool (Spitters, 1983; Cousens, 1985). Van een dergelijke schaderelatie kan op eenvoudige wijze een shadedrempel afgeleid worden door interpolatie naar de hoogste onkruidichtheid waarbij bestrijding van het onkruid nog net niet rendabel wordt geacht. Bij deze shadedrempel vindt slechts een geringe percentage opbrengstreductie plaats (bijvoorbeeld 5 %). Wahmhoff (1990) geeft in rotaties met granen voor enkele eenjarige monocotyle onkruidsoorten shadedrempels van 20-30 planten/m².

Uit vervolgonderzoek bleek echter dat bij gelijke onkruidichtheden de parameters van de hyperbolen van jaar tot jaar en van plek tot plek vaak sterk variëren, hetgeen leidt tot verschillen in shadedrempels. Deze verschillen kunnen worden toegeschreven aan uiteenlopende factoren, zoals verschillen in tijdstip van opkomst van de onkruiden (Kropff, 1988; Lotz et al., 1990) of aan milieuomstandigheden. Van der Weide & Lotz (in voorbereiding) vonden, bijvoorbeeld, dat een 5 %-

schadedrempel voor kleeftkruid in suikerbiet varieerde van 1,1 pl/m² bij een bemestingsniveau van 130 kg N/ha tot 0,3 pl/m² bij 160 kg N/ha. Indien men schaderelaties voor praktijkadvisering zou willen afleiden, dienen effecten van al deze factoren in een groot scala van experimenten te worden onderzocht. Zo'n louter empirische benadering is te omslachtig voor het opstellen van criteria op grond waarvan besloten kan worden of een bestrijding dient te worden uitgevoerd.

6.2.2 Dynamische simulatiemodellen voor gewas/onkruid-interacties

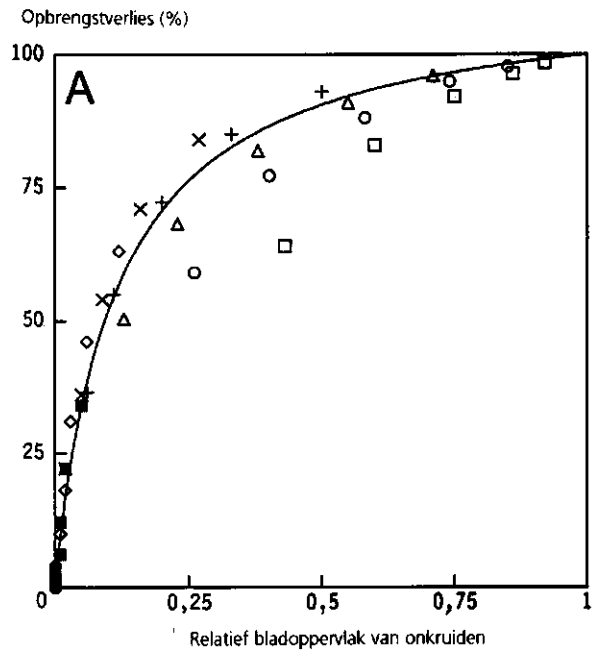
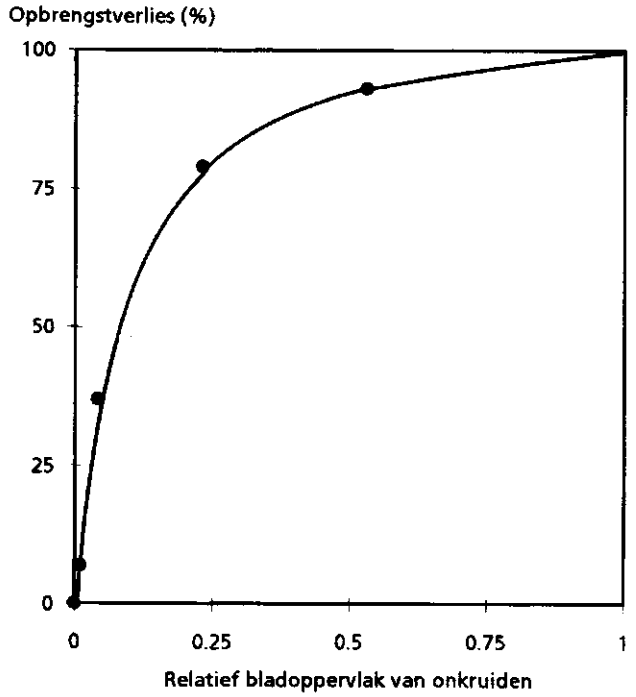
In de zeventiger jaren is het inzicht gerezen dat simulatiemodellen het mogelijk maken om heel gericht met slechts een beperkt aantal experimenten schaderelaties bij verschillende gewassen onder specifieke teelt- en groeiomstandigheden te kwantificeren. Door een koppeling van experimenteel en modelmatig onderzoek kan niet alleen de vereiste informatie voor adviessystemen voor geleide onkruidbestrijding worden verkregen maar ook worden verkend in hoeverre schaderelaties kunnen worden gemanipuleerd met behulp van verbeterde of nieuwe bestrijdingstechnieken.

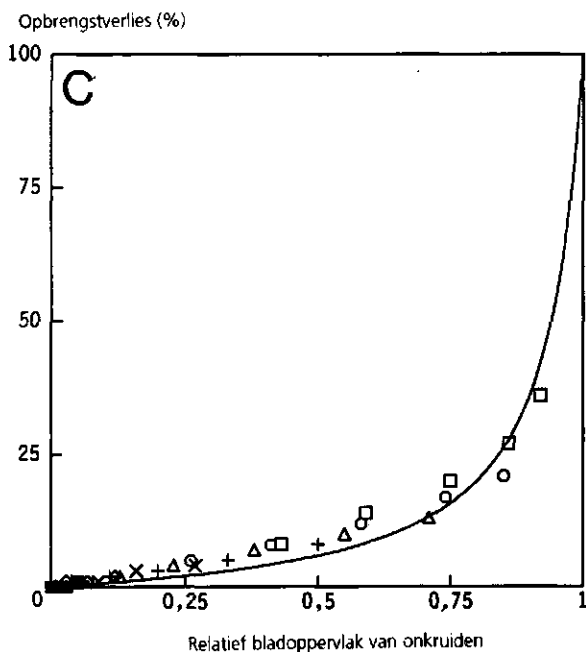
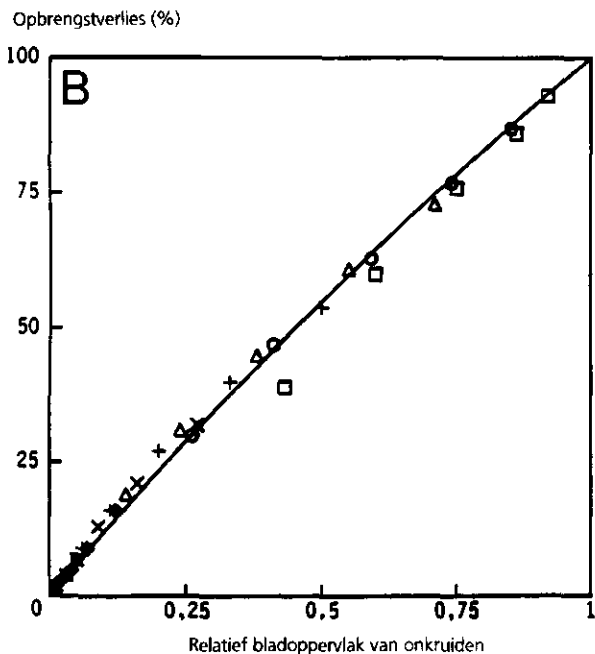
Spitters & Aerts (1983), Kropff (1988) en Spitters (1989) stelden modellen op waarin op grond van fysiologische en morfogenetische processen groei en ontwikkeling van gewassen en onkruiden worden gesimuleerd. Uitgaande van ingevoerde gegevens betreffende het tijdstip van opkomst en het weer wordt de geabsorbeerde straling op verschillende hoogten in het gewasdek berekend. Al naar gelang het aandeel aan bladoppervlak in een bepaalde bladlaag wordt de momentane CO₂-assimilatie van gewas en onkruiden berekend. Naarmate een soort dus meer bladoppervlak in een bladlaag heeft, is de relatieve concurrentiekracht per laag sterker. Door integratie over de gewashoogte en over de dag wordt de totale dagelijkse CO₂-assimilatie van beide verkregen. De dagelijkse netto-groeisnelheid van het gewas en onkruiden wordt berekend door verliezen als gevolg van onderhouds- en groeiademhaling af te trekken. De dagelijkse gevormde droge stof wordt, afhankelijk van het ontwikkelingsstadium, verdeeld over bladeren, stengels, wortels en eventueel bloeiwijzen van respectievelijk het gewas en de onkruiden. Wanneer het vochtgehalte van de bodem beneden een kritische grenswaarde komt, wordt een gereduceerde transpiratie berekend als functie van het vochtgehalte in de bodem en de verdamping. De potentiële assimilatiesnelheid wordt met dezelfde factor als de transpiratie gereduceerd. In de hier gepresenteerde modelversies wordt er van uit gegaan dat nutriënten in voldoende mate aanwezig zijn.

Na parameterisering werd de basisstructuur van de concurrentiemodellen gevalideerd met behulp van veldexperimenten met melganzevoet (*Chenopodium album*) in suikerbiet (Kropff 1988). De veelvuldig gedane waarneming dat het achterwege laten van de bestrijding van éénjarige onkruiden in wintergraan niet leidt tot een verminderde gewasopbrengst werd eveneens met het simulatiemodel gevonden (Lotz et al., 1990). Voor laatstgenoemde analyse werd het model geparameteriseerd voor de onkruidsoorten herderstasje (*Capsella bursa-pastoris*), straatgras (*Poa annua*), duizendknoopachtigen (*Polygonum* spp.) en kleeftkruid (*Galium aparine*).

Figuur 6.1

Opbrengstverlies van suikerbiet gerelateerd aan het relatief bladoppervlak van melganzevoet op 30 dagen na gewasopkomst. Experimentele data zijn weergegeven door punten; de lijn geeft de beschrijving door het model (naar Kropff & Spitters, 1991).





Figuur 6.2

Gesimuleerd opbrengstverlies van suikerbiet bij verschillende relatieve bedekkingen van melganzevoet op dag 30 na opkomst van het gewas. De verschillende markerings-tekens geven verschillen in opkomsttijd van het onkruid, variërend van 5 dagen vóór gewasopkomst (gesloten rondjes) tot 35 dagen erna (open vierkantjes). In A, B en C is de ingestelde hoogte van melganzevoet respectievelijk 1,0 m, 0,6 m en 0,3 m (naar Kropff & Spitters, 1991).

Simulatieonderzoek laat zien dat onkruidschaderelaties in sterke mate worden beïnvloed door de hoogtegroei van het onkruid. Fig. 6.2A toont gesimuleerde opbrengstverliezen in suikerbiet door een onkruid dat geparameteriseerd is overeenkomstig melganzevoet met een maximale hoogte van 1 m. Reductie van de hoogte groei tot respectievelijk 0,60 en 0,30 m geeft een zeer aanzienlijke vermindering van het verlies aan gewasopbrengst (Fig. 6.2B en C). Van dit principe zou gebruik gemaakt kunnen worden in de ontwikkeling van nieuwe bestrijdingstechnieken. Deze nieuwe technieken zouden meer gericht kunnen zijn op remming van hoogtegroei of ontwikkeling van bladoppervlak dan op doding. Randvoorwaarden zijn uiteraard dat deze reducties kunnen worden bewerkstelligd met minder nadelige effecten voor het milieu dan het thans gangbare systeem en dat zaadproductie van overlevende planten niet leidt tot een toename van onkruiden in volggewassen.

6.3 Toepassingsmogelijkheden van onkruidschaderelaties

6.3.1 Adviessystemen voor geleide bestrijding

In adviesystemen voor geleide bestrijding waarin investeringen in de onkruidbeheersing worden afgewogen tegen economische schade door onkruiden, zijn vroegtijdige voorspellingen of een bepaalde onkruidichtheid tot onaanvaardbare schade zal leiden, essentieel. Daartoe moet de benodigde informatie door de teler op relatief eenvoudige wijze verzameld kunnen worden op het moment dat dient te worden besloten of een bestrijdingsmaatregel moet plaats vinden. In een vorige paragraaf is reeds uiteengezet, dat schaderelaties die gebaseerd zijn op dichtheden van onkruiden, afhankelijk zijn van het opkomsttijdstip van het onkruid. Dit heeft als gevolg dat wanneer een teler een dergelijke relatie gebruikt, hij regelmatig over zijn percelen zal moeten lopen om onkruiden te tellen. Kropff & Spitters (1991) en Lotz et al. (in druk) toonden aan dat met een andere maat voor onkruidbezetting, namelijk de relatieve onkruidbedekking, dergelijke frequente tellingen niet nodig zijn. Op grond van studies met simulatiemodellen en experimenten concluderen zij dat in de relatieve onkruidbedekking zowel de invloed van onkruidichtheid als van de periode tussen gewas- en onkruidopkomst verwerkt is. Fig. 6.1 geeft een voorbeeld van deze schaderelatie voor het onkruid melganzevoet in het gewas suikerbiet op grond van experimentele resultaten. De schaderelatie kan worden beschreven met behulp van een eenvoudige vergelijking voor een hyperbool en kan ook worden toegepast in situaties waarin meerdere soorten onkruiden concurreren met het gewas (Kropff & Spitters, 1991).

6.3.2 Ontwikkeling van biologische bestrijdingstechnieken

Op het CABO-DLO vindt reeds geruime tijd basislegend onderzoek voor biologische bestrijdingstechnieken plaats, bijvoorbeeld voor de bestrijding van Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*) met de inheemse loodglansschimmel (*Chondrostereum purpureum*) (De Jong et al., 1990; Scheepens & Hoogerbrugge, 1990). Thans richt

het onderzoek zich tevens op de mogelijkheid om de groei van éénjarige onkruiden te remmen. Daarvoor wordt de interactie tussen melganzevoet en de schimmel *Ascochyta caulina* onderzocht (Kempenaar & Scheepens, in voorbereiding). Doel van het onderzoek is om door bespuiting met sporen van deze schimmel, stengel- en bladnecrose te veroorzaken en daardoor de concurrentiekracht van melganzevoet zeer aanzienlijk te reduceren (vergelijk Fig. 6.2A, B en C). Wereldwijd zijn thans zes mycoherbiciden aangemeld voor toelating. Successen worden vooral geboekt in het zuidoosten van de Verenigde Staten (Charudattan, 1991), waar het klimaat warm en vochtig is. Mogelijk spelen deze klimaatsfactoren een rol bij deze successen. De toepasbaarheid van schimmels voor biologische bestrijding zal waarschijnlijk verbreed kunnen worden (zowel geografisch als wat betreft teeltsystemen) door geen doding maar vermindering van de concurrentiekracht na te streven.

6.3.3 Verbetering van de concurrentiekracht van het gewas

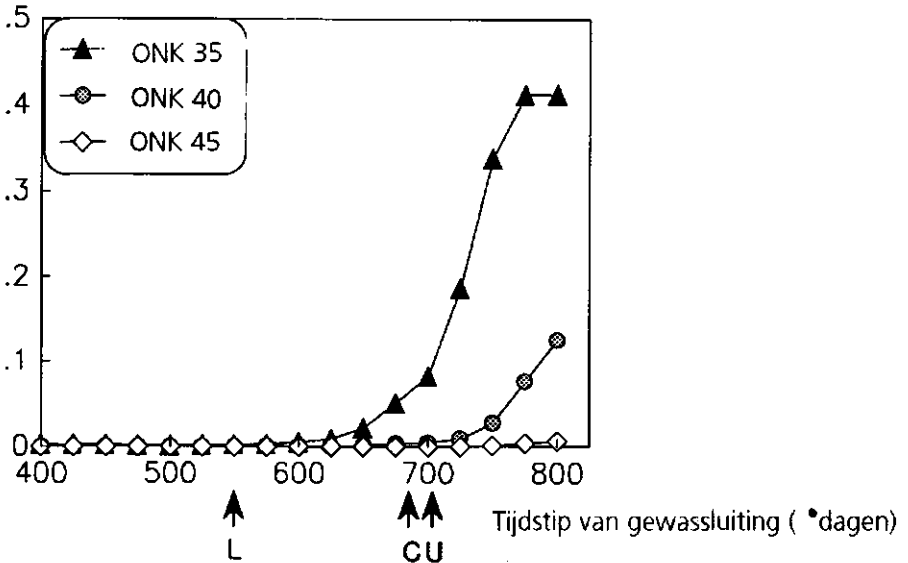
Raskeuze kan mogelijk ook een bijdrage leveren aan duurzame plantaardige productie zonder onkruidproblemen. In concurrentiekrachtige rassen zou minder chemische bestrijding van onkruiden nodig zijn. Daarom werd de concurrentiekracht van verschillende rassen van suikerbiet onderzocht in veldexperimenten. In drie qua bladstand verschillende rassen (wijduitstaande bladeren, rechtopstaande bladeren en een intermediair type), werden op dag 30 en dag 45 na gewasopkomst verschillende onkruidsoorten gezaaid. Naarmate de bladstand meer horizontaal was en het gewas zich dus eerder sloot, was de overleving van de onkruiden geringer. Rassen kunnen in tal van eigenschappen verschillen. Voor de interpretatie van deze resultaten, is het van groot belang om na te gaan of de verschillen in concurrentiekracht inderdaad verklaard kunnen worden door de verschillen in bladstand. Daartoe werd met het simulatiemodel, geparameteriseerd voor suikerbiet, en een gevoeligheidsanalyse op tijdstip van gewassluiting gedaan (Lotz et al., 1991). Door slechts het tijdstip van gewassluiting te veranderen, konden verschillen in concurrentiekracht worden gesimuleerd die overeenkwamen met de waargenomen verschillen in het veld (Fig. 6.3). Hierdoor is het aannemelijk dat de bladstand inderdaad een belangrijke factor is, die bepaalt hoe concurrentiekrachtig een suikerbieteras is ten opzichte van relatief laatkiemende onkruiden. Door het Instituut voor Rationele Suikerproductie zal op praktijkniveau worden onderzocht in hoeverre keuze van concurrentiekrachtige rassen leidt tot een geringer aantal bespuitingen met herbiciden in het zogenaamde 'lage-doseringssysteem' voor de bestrijding van éénjarige onkruiden in suikerbieten.

6.3.4 Evaluatie van nieuwe bedrijfssystemen

Thans vinden verschillende experimenten plaats waarin bedrijfssystemen voor de akkerbouw en de teelt van vollegrondsgroenten vergeleken worden (bijvoorbeeld Vereijken, 1989). Doel van de experimenten is om op bedrijfsniveau aan te geven of nieuwe, meer duurzame landbouwsystemen voor de praktijk perspectieven bieden. Tellingen in een bepaald experiment hebben aangetoond dat omschakeling van een systeem van onkruidbestrijding met voornamelijk herbiciden naar een systeem

met voornamelijk mechanische onkruidbestrijding, er een toename van onkruiden plaats vond (Lotz & Groeneveld, 1991). Deze resultaten geven aanleiding een methodologie te ontwikkelen waarmee geanalyseerd kan worden of een dergelijke toename van onkruidichtheden op een proefbedrijf leidt tot bedrijfstechnisch en/of bedrijfseconomisch onacceptabele reducties in gewasopbrengsten. De simulatiemodellen voor gewas/onkruid-concurrentie kunnen in deze analyse een zeer waardevolle rol spelen omdat gewasproductie onder uiteenlopende onkruidomstandigheden doorgerekend kan worden.

Opbrengstverlies



Figuur 6.3 Opbrengstverlies van suikerbiet door melganzevoet gerelateerd aan het moment van sluiting van het gewas. Het onkruid kiemde op dag 35, 40 en 45 na gewasopkomst. Pijlen geven experimenteel bepaalde sluitingstijdstippen van de bieterassen Lucy (L), Carla (C) en Univers (U) (naar Lotz et al., 1991).

6.4 Onderzoek ten behoeve van een toekomstig gebruik van herbiciden met minimale negatieve invloed op het milieu

6.4.1 Fysiologisch onderzoek ter verbetering van de effectiviteit van herbiciden

Naar alle waarschijnlijkheid zullen herbiciden ook in de toekomst een belangrijke rol in de gewasbescherming spelen. Om zoveel mogelijk aan de doelstellingen van duurzame landbouw te voldoen, is het van groot belang dat de effectiviteit van middelen zodanig wordt verbeterd dat met minder van dat middel eenzelfde be-

strijdingseffect kan worden verkregen. Dergelijk onderzoek is vooral van belang voor weinig concurrentiekrachtige gewassen waarin alternatieven van chemische bestrijding problemen geven (bijvoorbeeld uien). Mogelijkheden om de effectiviteit van herbiciden te verhogen worden gezocht in de verbetering van de depositie op het onkruid, in een verhoging van de opname door de plant en een betere werking in de plant.

Om de depositie en opname te verbeteren worden potentiële hulpstoffen getest in laboratorium- en veldproeven en wordt een verklaring gezocht voor relevante werkingsmechanismen. Tabel 6.1 toont een voorbeeld van hoe de werking van een herbicide voor de bestrijding van onkruiden in uien verbeterd kan worden door toevoeging van een oppervlakte-actieve stof (A600). De dosering van het herbicide kon in dit experiment, zonder verlies van effectiviteit, tot 25 % worden teruggebracht door een 0,05 %- toevoeging van A600. Verhoging van de concentratie van de toevoeging had geen significant effect op de effectiviteit van het herbicide (De Ruiter et al., 1991).

Tabel 6.1 Invloed van de hulpstof A600 op de effectiviteit van het herbicide difenoxuron in het gewas uien. Gegeven is het versgewicht (g/ m²) van onkruidplanten (naar De Ruiter et al., 1991).

Dosering Difenoxuron (kg/ha)	Dosering A600 (g/ 100 ml spuitvloeistof x 100 %)		
	0 %	0,05 %	0,25 %
0	454	-	-
0,6	416	287	292
2,5	314	139	89

De verbetering van de werking van herbiciden door toevoegingen van oppervlakte-actieve stoffen berust mede op het feit dat de hechting verbeterd wordt op bladen van soorten met duidelijke kristallijne wasstructuren (De Ruiter et al., 1990). Deze kristallen, die slechts zichtbaar zijn met een microscoop, maken dat de bladen relatief moeilijk te bevochtigen zijn. De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden om de formulering van een herbicide te verbeteren. Technieken van toevoegingen van hulpstoffen zijn ook relevant voor de formulering van biologische onkruidbestrijdingsmiddelen, bijvoorbeeld sporen van pathogene schimmels (Auld, 1992).

Recentelijk is op het CABO-DLO onderzoek gestart naar verdelingspatronen van herbiciden binnen de plant. Uit voorlopige resultaten blijkt dat de ontwikkeling van de plant van groot belang is voor het rendement van het opgenomen herbicide (Ketel, in voorbereiding). Deze resultaten zullen waarschijnlijk leiden tot gerichte adviezen met betrekking tot tijdstip van toediening, om de planten in het meest gevoelige stadium te bestrijden en op deze wijze zo weinig mogelijk herbiciden te hoeven gebruiken.

6.4.2 Resistentie-ontwikkeling

Sinds 1980 worden er onkruidplanten gevonden die resistent zijn tegen bepaalde herbiciden. Verspreid over de wereld zijn er nu meer dan 80 onkruidsoorten waarin resistentie tegen één of meer herbiciden is waargenomen. Ruim de helft daarvan betreft resistentie tegen triazinen (remmers van de fotosynthese). De ontwikkeling van resistentie tegen herbiciden kan betekenen dat schadelijke effecten van resterende onkruiden alleen voorkómen kunnen worden met behulp van een extra herbicide. Dit kan een in milieukundig opzicht minder gunstig middel zijn dat in hoge dosering moet worden gebruikt. Resistentie heeft dus betrekking op zowel milieukundige als economische aspecten van duurzame plantaardige productie. Ook door de industrie wordt de ontwikkeling van resistentie (en met name van zogenaamde kruisresistentie waarbij de plant ook resistent is tegen andere chemische stoffen) beschouwd als een van de belangrijkste beperkingen van chemische onkruidbestrijding in de toekomst. Daarom zou al in de ontwikkelingsfase van een nieuwe herbicide geschat moeten worden welke kans er bestaat dat resistentie zich ontwikkelt (Shaner et al., 1992). Voordat de marketing van zo'n nieuw middel wordt begonnen zou een strategie moeten worden opgesteld om de ontwikkeling van de potentiële resistentie te vertragen. Daarbij wordt gedacht aan een weloverwogen afwisseling van bestrijdingsmaatregelen en -middelen met een verschillend werkingsmechanisme.

In Nederland zijn nu 11 onkruidsoorten met resistentie tegen triazinen (Van Oorschot, 1991). In een samenwerkingsverband tussen VPO-LUW en CABO-DLO wordt een studie verricht naar resistentie tegen triazinen in zwarte nachtschade (*Solanum nigrum*). Het is de bedoeling dat met de opgedane kennis van populatiebiologische processen het aandeel van resistente genotypen kan worden terug gedrongen. Daartoe wordt een populatiebiologisch model opgesteld waarin de effecten van teelt- en bestrijdingsmaatregelen op het aantalsverloop worden beschreven (Van der Weide & Van Groenendael, 1990). De benodigde parameterwaarden die aantalsveranderingen gedurende de verschillende fasen van de levenscyclus van resistente en gevoelige genotypen aangeven, worden in veldproeven bepaald. Ter validatie worden modelvoorspellingen getest met behulp van resultaten van langdurige veldproeven met zwarte nachtschade in maïs.

Belangrijk voor de beheersing van herbicide-resistente genotypen in populaties is de mogelijkheid dat in afwezigheid van het selectiemiddel (het herbicide), resistente genotypen minder concurrentiekrachtig zijn of minder nakomelingen produceren. Populatiegenetisch kennis van dit verschijnsel is slechts zeer beperkt. Daarom is het van groot belang dat aansluitend aan de bovengenoemde studie een meer fundamenteel onderzoek wordt verricht naar de zogenaamde 'kosten' van resistentie in 'fitness'-termen. Resultaten van dit populatiegenetisch onderzoek kunnen mogelijk ook gebruikt worden voor de ontwikkeling van biologische bestrijdingstechnieken. Analooq aan de problemen in de chemische onkruidbestrijding door resistentie tegen herbiciden, kan de effectiviteit van biologische bestrijdingstechnieken ernstig verlaagd worden door resistentie van onkruiden tegen pathogenen.

6.5 Referenties

Auld, B.A., 1992.

Development and commercialization of biocontrol agents. In: J.H. Combellack, K.J. Vevick, J. Parsons & R.G. Richardson (Eds.), Proceedings of the First International Weed Control Congress, Vol. 1, Melbourne, 1992.

Charudattan, R., 1991.

The mycoherbicide approach with plant pathogens. In: D.O. Beest (Ed.), Microbial control of weeds. Chapman & Hall, New York.

Cousens, R., 1985.

An empirical model relating yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. *Journal of Agricultural Science* 105, 513-521.

Jong, de M.D., P.C. Scheepens, & J.C. Zadoks, 1990.

Risk analysis for biological control: a Dutch case study in biocontrol of *Prunus serotina* by the fungus *Chondrosterum purpureum*. *Plant Disease* 74, 189-194.

Kropff, M.J., 1988.

Modelling the effects of weeds on crop production. *Weed Research* 28, 465-471.

Kropff, M.J. & C.J.T. Spitters, 1991.

A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of the weeds. *Weed Research* 31, 97-105.

Lotz, L.A.P. & R.M.W. Groeneveld, 1991.

Monitoring the population dynamics of weeds to support the development of integrated arable farming systems. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 56, 607-619.

Lotz, L.A.P., R.M.W. Groeneveld, N.A.M.A. de Groot, 1991.

Potential for reducing herbicide inputs in sugar beet by selecting early closing cultivars. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 1241-1248.

Lotz, L.A.P., M.J. Kropff & R.M.W. Groeneveld, 1990.

Modelling weed competition and yield losses to study the effect of omission of herbicides in winter wheat. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38, 711-718.

Lotz, L.A.P., M.J. Kropff, B. Bos & J. Wallinga (in druk).

Prediction of yield loss based on relative leaf cover of weeds. Proceedings of the First International Weed Control Congress, Melbourne, 1992. Volume 2.

Meerjarenplan Gewasbescherming, 1990.

Beleidsvoornemen Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Oorschot, van. J.L.P., 1991.

Chloroplastic resistance of weeds to triazines in Europe. In: Herbicide resistance in weeds and crops. Proceedings of the 11th Long Ashton International Symposium 11-14 Sept. 1989. Butterworth Scientific, London.

Ruiter, de H., A.J.M. Uffing, E. Meinen & A. Prins, 1990.

Influence of surfactants and plant species on leaf retention of spray solutions. *Weed Science* 38, 576-572.

Ruiter, de H., A.J.M. Uffing & K.R. Straatman, 1991.

The influence of three adjuvants on the phytotoxicity of phenmedipham, difenoxuron and sethoxydim. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 56, 863-870.

Scheepens, P.C. & A. Hoogerbrugge, 1990.

Control of *Prunus serotina* in forests with the endemic fungus *Chondrosterum purpureum*. In: E.S. Delfosse (Ed.), Proceedings of the 7th International Symposium on Biological Control of Weeds. Rome, 1988. Ist Sper. Patol. veg. (MAF), 545-552.

Shaner, D., A. Sinha & R. Braddock, 1992.

Designing strategies to delay development of resistance to herbicides. In: J.H. Combellack, K.J. Vevick, J.Parsons & R.G. Richardson (Eds.), Proceedings of the First International Weed Control Congress, Vol. 1, Melbourne, 1992.

Spitters, C.J.T., 1983.

An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. 1. Estimation of competition effects. Netherlands Journal of Agricultural Science 31, 1-11.

Spitters, C.J.T., 1989.

Weeds: population dynamics, germination and competition. In: R. Rabbinge, S.A. Ward & H.H. van Laar (Eds.) Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs, Pudic, Wageningen.

Spitters, C.J.T. & R. Aerts, 1983.

Simulation of competition for light and water in crop-weed associations. Aspects of Applied Biology 4, 467-483.

Vereijken, P., 1989.

The DFS farming systems experiment. In: J.C. Zadoks (Ed.) Development of farming systems: evaluation of the five-year period 1980-1984. Pudoc, Wageningen.

Wahmhoff, W., 1990.

The use of economic thresholds over a three year period in cereal crop rotations and the effects on weed infestation two years later. Proceedings EWRS Symposium 1990, Integrated Weed Management in Cereals, Helsinki.

Weide, van der R.Y. & J.M. van Groenendael, 1990.

How useful are population dynamic models: an example from *Galium aparine*. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XII, 147-155.

Wit, de C.T., 1989.

Problemen van duurzaamheid in de landbouw. Landbouwkundig Tijdschrift 101, 18-20.

7 Het aanzien van een duurzame veehouderij

J.J.M.H. Ketelaars

DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

Samenvatting

Veehouderij is duurzaam als ze voorziet in de behoeften van de huidige generatie zonder de behoeften van toekomstige generaties in gevaar te brengen. Huidige en toekomstige behoeftebevrediging zijn afhankelijk van de wijze waarop natuurlijke hulpbronnen gebruikt en misbruikt worden. Duurzaamheidsnormen voor het gebruik van ruimte, bodem, lucht en water, energie en biologische diversiteit worden besproken vanuit het perspectief van de Nederlandse veehouderij. Ook wordt aandacht geschonken aan de relatie mens-dier binnen een duurzame veehouderij. Duurzaamheidsnormen blijken slechts ten dele bekend. Wat een toelaatbaar gebruik is van ruimte, water, bodem en atmosfeer hangt sterk af van de waarde die natuurlijke ecosystemen zullen blijken te hebben voor toekomstige generaties. Huidige normen voor de toelaatbare belasting van bodem, water en lucht hebben primair tot doel het terugdringen van externe milieuvloeden door de veehouderij. Het volledig teniet doen van deze invloeden is niet haalbaar. Het concept van een duurzame veehouderij doet geen uitspraak over de ethische toelaatbaarheid van de menselijke exploitatie van het dier. Wel benadrukt het streven naar een duurzame veehouderij de plicht, jegens toekomstige generaties, ruimte te bieden aan behoud en ontwikkeling van biologische diversiteit als basis voor toekomstig gebruik van de omgeving.

7.1 Inleiding

Gemeten naar menselijke maatstaven is veehouderij van alle tijden, geen ééndagsvlieg. Afgezet op een ruimere tijdsas - die van de evolutie van relaties tussen levensvormen - verbleekt de menselijke exploitatie van plant en dier tot een betrekkelijk kortstondig experiment - een experiment waarvan bovendien de uitkomst nog onbekend is. Het bewijs dat veehouderij duurzaam kan zijn, kunnen we dus moeilijk aan het verleden ontnemen. Evenmin echter is de bewering van sommigen dat de veehouderij in ons land in het jaar 2000 duurzaam moet zijn, een geruststelling dat duurzaamheid haalbaar en maakbaar is. Pessimisten kunnen met recht beweren dat, mondiaal gezien, het veeteeltkundige experiment een mislukking is, dat de inten-

sieve veehouderij in ons land een ecologische vergissing is, en dat het voortbestaan van de moderne veehouderij alleen nog dankzij een intensieve 'chemotherapie' gegarandeerd wordt. Is er immers wereldwijd gezien niet sprake van een voortschrijdend verlies aan biologische rijkdom en aan onvervangbaar agrarisch produktievermogen, mede door toedoen van de veehouderij (Durning & Brough, 1991)? En hoe verhoudt zich in ons land de agressieve opstelling van de moderne veehouderij jegens natuurlijke ecosystemen tot een blijvende aanwezigheid van de veehouderij zelf? Dergelijke overwegingen verstoren vooralsnog de droom van een duurzame veehouderij. Is duurzame veehouderij een reële optie, waar hangt duurzaamheid vanaf en is het mogelijk duurzame produktiesystemen te onderscheiden van niet-duurzame?

Onderstaande is een vrijmoedige verkenning van enkele ontwikkelingen binnen de Nederlandse veehouderij in het licht van de discussie over duurzaamheid. Belangrijke drijfveer daartoe is bezorgdheid om en nieuwsgierigheid naar de toekomst, naar het aanzien van een duurzame veehouderij.

7.2 Duurzame veehouderij als vorm van duurzaam grondgebruik

In biologische termen gevat is veehouderij de exploitatie van planten en dieren ten behoeve van de mens. Van enige afstand bezien zouden we veehouderij dan ook kunnen beschrijven als een stelsel van parasitaire of symbiotische relaties tussen verschillende levensvormen. De mens leeft van het dier, het dier op zijn beurt profiteert van een zekere verzorging en bescherming. Zo gedefinieerd lijkt veehouderij geen uniek menselijke activiteit, maar een exploitatievorm die kenmerken vertoont van enerzijds predator-prooi relaties, en anderzijds de vriendelijker ogende relaties tussen bijvoorbeeld termieten en hun schimmeltuinen. Veehouderij is dus niet per definitie onnatuurlijk, destructief en minder duurzaam dan andere verbintenissen tussen organismen. Schaal, intensiteit en aard van het menselijk ingrijpen in leefomgeving, groei en voortplanting van ondergeschikte organismen plaatsen veehouderij echter in een categorie apart. De mens als soort wil meer dan het afkomen van het kleine productie-overschot dat organismen aan de top van voedselketens in natuurlijke ecosystemen gewoonlijk verorberen. Hoe duurzaam veehouderij kan zijn, zal dus moeten blijken uit een analyse van schaal, intensiteit en aard van de menselijke exploitatie van plant, dier en hun omgeving.

Duurzaamheid is op talrijke manieren gedefinieerd. In veel definities ligt een accent op de behoeften van toekomstige generaties: duurzaam zijn produktiesystemen die voorzien in de behoeften van de huidige generatie zonder de behoeften van toekomstige generaties in gevaar te brengen. Het constateren van duurzaamheid wordt daarmee geen geringe opgave. Het veronderstelt dat we inzicht hebben in datgene wat toekomstige generaties van het leven verwachten, wat er nodig zal zijn om dat verwachtingspatroon te verwezenlijken en hoe het huidige gebruik van de omgeving de realisatie van bepaalde verwachtingspatronen teniet doet of juist mogelijk maakt. Het is verleidelijk om ter wille van de eenvoud de beschouwing te beperken tot de behoeften waarin de veehouderij zélf voorziet. Dat zou echter niet

terecht zijn. De exploitatie van de omgeving door de veehouderij staat niet los van het overige gebruik: waar veehouderij bedreven wordt is de ruimte niet of slechts beperkt beschikbaar voor andere functies. Bovendien introduceert elk gebruik van de omgeving veranderingen die meer of minder permanent van aard zijn en dus consequenties hebben voor toekomstig gebruik. Veehouderij is daarbij slechts één van de activiteiten die gebruik én misbruik maakt van kansen die de natuurlijke omgeving biedt. Een beoordeling of veehouderij voldoende keuzes open laat voor het gebruik van de omgeving door toekomstige generaties, is dus slechts mogelijk door veehouderij als onderdeel van het totale grondgebruik te beschouwen. Dat betekent ook dat we geen algemeen oordeel kunnen vellen over het duurzame karakter van individuele veehouderijsystemen.

Willen we het duurzame karakter van de Nederlandse veehouderij onderzoeken, dan zijn we niettemin aangewezen op concrete systemen van dierlijke productie. Dergelijke systemen hebben over het algemeen een beperkte 'levensduur': ze ontwikkelen zich, kennen een kortere of langere bloeitijd, en verdwijnen weer van het toneel, zoals in ons land de exploitatie van het heidelandschap door de schapehouderij en het traditionele gemengde bedrijf laten zien. Dit betekent niet dat veehouderij als zodanig niet zou passen in een duurzaam grondgebruik. Zoals individuen elkaar opvolgen en een soort doen overleven, zo zouden dierlijke productiesystemen elkaar in de tijd op kunnen volgen en grondgebruik ten behoeve van de veehouderij een duurzaam karakter kunnen verlenen. Zelfs is het denkbaar dat veehouderij op een zeker moment plaats maakt voor andere systemen van grondgebruik al naar gelang de behoeften van toekomstige generaties.

Oorzaken van het verdwijnen van specifieke dierlijke productiesystemen lijken ofwel ecologisch of economisch van aard te zijn. Economisch gezien hangt het voortbestaan af van een permanent aanwezige vraag naar dierlijke producten en een aanbod tegen concurrerende prijzen. De explosieve ontwikkeling van de intensieve veehouderij in ons land is voor een belangrijk deel toe te schrijven aan gunstige prijsverhoudingen tussen geïmporteerde veevoedergrondstoffen en produkt. Een neerwaartse ontwikkeling is in principe ook denkbaar wanneer bijvoorbeeld consumenten om motieven van gezondheid, inkomen, status, of dierlijk welzijn, massaal zouden besluiten vegetariër te worden. Hoe belangrijk dergelijke economische veranderingen ook kunnen zijn voor de vraag naar duurzaamheid, in hetgeen volgt zullen we ons beperken tot een beschouwing van factoren die de ecologische duurzaamheid bepalen.

Ecologische duurzaamheid is afhankelijk van de vraag of de huidige Nederlandse veehouderij voldoende kansen biedt aan de ontwikkeling van toekomstige vormen van grondgebruik: aangezien deze toekomstige grondgebruiksvormen zich zullen moeten ontwikkelen uit bestaande, dienen laatstgenoemde de voedingsbodem te vormen voor hun ontwikkeling. Kennen we de samenstelling van deze voedingsbodem? Weten we welke natuurlijke hulpbronnen in welke omvang nodig zijn om duurzaam landgebruik mogelijk te maken. Zoals blijken zal, is het niet eenvoudig duurzaamheidsnormen vast te stellen voor het gebruik van natuurlijke hulpbronnen.

7.3 Duurzaamheidsnormen voor het gebruik van natuurlijke hulpbronnen

De hulpbronnen waarvan de Nederlandse veehouderij gebruik maakt, zijn ruimte, bodem, lucht en water, energie en biologische diversiteit. Ruimte, bodem, water en lucht en energie tezamen vormen de fysieke hulpbronnen. Biologische diversiteit is te beschouwen als het geheel van biologische structuren (de verscheidenheid aan soorten en de ecosystemen die ze vormen) die nodig zijn om de fysieke hulpbronnen te transformeren tot voor de mens nuttige producten. Biologische diversiteit betreft alle levende organismen die op de een of andere wijze betrokken zijn bij het proces van dierlijke productie. Hierbij nemen de landbouwhuisdieren een bijzondere plaats in, reden waarom de relatie mens - dier een aparte beschouwing verdient in het kader van een discussie over duurzame veehouderij.

7.3.1 Ruimte

Veehouderij is een ruimtevergende activiteit. Waar veehouderij bedreven wordt, is de ruimte niet méér of slechts beperkt beschikbaar voor andere functies. Functies die in ons land primair in de knel komen zijn het gebruik als natuur- en bosgebied met daaraan gekoppeld de mogelijkheden tot recreatie.

Het ruimtebeslag door de Nederlandse veehouderij is groot. In eigen land is 1,3 miljoen hectare gras- en maïsland in gebruik voor de productie van veevoer; dit is 65 % van het areaal cultuurgrond en ruim een derde van het nationale grondgebied. De oppervlakte bos- en natuurterrein beslaat slechts 450.000 hectare (LEI/CBS, 1991). Grote veranderingen in de omvang van het areaal voedergewassen zijn over de afgelopen 100 jaar niet meer opgetreden. In werkelijkheid echter is het ruimtebeslag door de Nederlandse veehouderij aanzienlijk toegenomen. Dit hangt samen met het fors gestegen gebruik van geïmporteerd veevoer waarvoor thans elders enkele miljoenen hectares landbouwgrond in productie zijn. De som van de arealen veevoedergewassen in binnen- en buitenland zouden we het netto ruimtebeslag door de Nederlandse veehouderij kunnen noemen. Het bruto-areaal is dan het totale areaal waarover de exploitatie zijn effecten doet voelen: het ecologisch functionele/relevante oppervlak. Dit is aanzienlijk groter maar moeilijk exact te kwantificeren. Het ecologisch functionele areaal wordt vooral bepaald door de schaal waarop de afvalproducten van de veehouderij gedeponeed worden: onbedoeld heeft de intensieve veehouderij ook de omringende gebieden in gebruik waarop ammoniak geloosd wordt en waar het oppervlaktewater vervuild wordt met nitraat en fosfaat. Onder de heersende economische verhoudingen heeft het bruto areaal overigens weinig betekenis: producenten betalen immers, ten onrechte, slechts voor het gebruik van het netto-areaal. Voor normstelling ten aanzien van een ecologisch duurzaam gebruik van de ruimte is het verschil natuurlijk wél relevant. Immers tot waar de invloed van de veehouderij zich uitstrekt komen andere functies van de omgeving, andere vormen van grondgebruik in gedrang.

De veehouderijsector is overigens niet alleen producent van dergelijke grensoverschrijdende vervuiling, de sector absorbeert ook de vervuiling die door andere sectoren veroorzaakt wordt. Schrijnend voorbeeld vormde de depositie van dioxine in

de nabijheid van vuilverbrandingsinstallaties. Veel algemener van karakter vormt de diffuse verontreiniging die door atmosferische depositie van zware metalen veroorzaakt wordt.

Uit een oogpunt van ecologische duurzaamheid zouden we willen weten wat de norm is voor een toelaatbaar ruimtebeslag door de veehouderij. Deze vraag wordt in de regel slechts gesteld daar waar expansie van weidearealen nog mogelijk is en waar deze expansie tot zichtbare vernietiging van andere gebruiksvormen i.c. natuurlijke ecosystemen leidt. De discussies over vernietiging van tropische regenwouden zijn daarvan een voorbeeld. Is het terecht dat de discussie alleen daarover gevoerd wordt?

In ons land bevinden we ons in een situatie dat expansie van het areaal cultuurgrond nauwelijks meer mogelijk is. De tijd van ontginningen is voorbij, nagenoeg alle natuurlijke ecosystemen zijn reeds omgezet in antropogene ecosystemen. Bovendien is de produktiviteit in de landbouw zo hoog geworden, dat we ons momenteel de 'luxe' kunnen permitteren een deel van het ontgonnen areaal weer om te zetten in natuurgebied. Op deze wijze moet de komende jaren de ecologische infrastructuur van ons land verbeterd worden en ecologisch duurzaam ruimtegebruik bevorderd.

Is er een maat voor de omvang van de ecologische infrastructuur, voor de hoeveelheid natuur, die thuis hoort in een duurzaam ruimtegebruik? Anders gezegd, hoe misbaar of onmisbaar is natuur?

Toen akkerbouw en veehouderij nog extensief bedreven werden, was natuurwaarde een 'toevallig' bijproduct van agrarische bedrijvigheid: het werd niet beoogd door de landbouw, het was er als onbedoeld resultaat soms zelfs tegen de zin van de landbouwer in. Nu moderne landbouwmethoden dit bijproduct niet meer leveren, wordt natuurontwikkeling geïntroduceerd om de functie van natuurproducent over te nemen. De kwaliteit van het produkt wordt door onderzoekers afgemeten aan ecologische complexiteit: soortenrijkdom en vegetatiestructuur (van Wirdum en Kemmers, 1990). Het natuurontwikkelingsbeleid is volgens deze onderzoekers erop gericht 'zoveel mogelijk zelfstandig functionerende, beheersefficiënte ecosystemen tot stand te brengen'. Impliciet wordt daarmee aangegeven dat landbouw deze ecosystemen niet nodig heeft en omgekeerd: natuur en landbouw zijn in deze visie onafhankelijk geworden, natuur bestaat naast landbouw als een welkom supplement ter verfraaiing van het eentonige moderne agrarische landschap. Deze visie is een begrijpelijke reactie van diegenen die verlies van natuurwaarden door de moderne landbouw willen compenseren. Tegelijkertijd maakt het natuurbehoud extra kwetsbaar. Als de natuur geen functie krijgt toebedacht in een duurzaam landgebruik, is natuur in principe 'misbaar' en zal haar plaats op termijn nog moeilijker te verdedigen zijn. Functionaliteit van natuur is daarbij geen eng economisch maar juist een veelzijdig begrip: het omsluit zowel ecologische onmisbaarheid als belangen van menselijk welzijn, nu en in de toekomst.

Dat er ecologische grenzen zijn aan de mate waarin natuur opgeofferd kan worden aan akkerbouw en veehouderij, lijkt wel aannemelijk. Welke die grenzen zijn, is op basis van onze huidige kennis onduidelijk. Bijgevolg is het moeilijk zo niet onmogelijk een antwoord te geven op de vraag welke natuurlijke ecosystemen in ons land behouden dan wel ontwikkeld dienen te worden. Het lijkt echter niet aannemelijk dat alleen grootschalige ecosystemen buiten ons land (de oceanen, het tropisch

regenwoud) ecologisch gezien onmisbaar zijn. Het verhelderen van de betekenis van natuurgebieden voor landbouw en milieu is een taak die zowel natuuronderzoekers als landbouwkundigen ter harte moet gaan.

Functionaliteit van natuur reikt evenwel verder dan het begrip ecologische onmisbaarheid: het betreft ook de menselijke beleving van natuurlijke rijkdom, van levens- en stervensprocessen, van ritme, van rust en zuiverheid. Daarom is het niet vanzelfsprekend dat (inter)nationale zeldzaamheid gehanteerd wordt als belangrijkste criterium om prioriteiten te stellen bij de bescherming van ecosystemen in ons land. Voor het stimuleren van natuurbeleving en natuurwaardering - voorwaarde voor een geslaagd natuurbeschermingsbeleid - is nauw contact tussen natuur, menselijke bewoning en landbouw van doorslaggevend belang.

Of het huidige ruimtebeslag door de Nederlandse veehouderij past bij een duurzaam landgebruik, is een belangrijke maar niet eenvoudig te beantwoorden vraag. Een puur ecologische duurzaamheidsnorm voor het ruimtebeslag ontbreekt, terwijl een meer maatschappelijke beoordeling afhankelijk is van veronderstellingen omtrent toekomstige behoeften aan natuurbeleving op een afstand die voor iedereen ook zonder gebruik van fossiele energie overbrugbaar is.

7.3.2 Bodem

Nauw verweven met het gebruik van ruimte is het gebruik van de bodem door de veehouderij. Gras en mais vormen de twee belangrijkste gewassen die ten behoeve van de veehouderij in ons land geteeld worden. Intensief bemest grasland is daarmee feitelijk het belangrijkste ecosysteem in ons land geworden. Voor deze teelten worden grote hoeveelheden nutriënten aangevoerd in de vorm van kunstmest. Aanvoer vindt daarnaast ook plaats als bestanddeel van veevoer. Niet alleen de varkens- en pluimveehouderij maar ook de rundveehouderij zijn in toenemende mate afhankelijk geworden van geïmporteerd mengvoer (Ketelaars & van Vuuren, 1989). De aanvoer van de meeste nutriënten heeft zo'n omvang aangenomen dat deze de afvoer in produkten ver overtreft. Dit blijkt duidelijk uit de nutriëntenbalansen die de afgelopen jaren opgesteld zijn, voor individuele bedrijven, voor de veehouderij en voor de Nederlandse landbouw in zijn totaliteit (Van der Meer, 1982; Van der Meer, 1991a).

Waar aanvoer van nutriënten de afvoer in nuttig produkt overtreft, is er sprake van een nutriëntenoverschot dat ofwel in de bodem kan accumuleren ofwel verloren kan gaan naar grond- en oppervlaktewater en atmosfeer. De veehouderij blijkt de hoofdverantwoordelijke te zijn voor het overschot aan stikstof en fosfor op de nationale nutriëntenbalans. Voor een duurzaam gebruik van de bodem is in ons land beheersing van nutriëntenuitputting het belangrijkste probleem. Elders is het juist de uitputting van landbouwgronden in combinatie met erosie.

Uit een oogpunt van duurzaam grondgebruik is het nodig grenzen te stellen aan de toelaatbare accumulatie van nutriënten in de bodem. Een voor de hand liggende duurzaamheidsnorm is het voorkomen van verdere accumulatie van nutriënten nadat een landbouwkundig gezien optimale voorzieningsgraad is bereikt. Dit is een betrekkelijk eenvoudige norm. Of er sprake is van accumulatie kan eenduidig afgeleid worden uit metingen van diverse aan- en afvoerposten. Het voorkomen van een ongewenste accumulatie vereist dat niet meer toegevoerd wordt dan afgevoerd.

Bovengenoemde norm wordt momenteel geleidelijk ingevoerd voor het element fosfor (P). Zo mag in 2000 de P-bemesting (uit kunstmest en dierlijke mest) op alle gronden niet hoger zijn dan de P-opname door het gewas. Zoals het RIVM (1991) opmerkt, wordt daarmee echter ten onrechte de gewasopname als maat voor de onttrekking genomen: niet alle fosfor die wordt opgenomen door gewassen, wordt ook daadwerkelijk van het veld afgevoerd.

Een speciaal probleem vormt de ophoping in de bodem van zware metalen. Beperking van aanvoer in mengvoer en kunstmest is onontbeerlijk om aan de duurzaamheidsnorm te kunnen voldoen. Aangezien echter de atmosferische depositie van veel zware metalen momenteel de afvoer in dierlijk produkt reeds overschrijdt, kan het proces van ophoping daarmee wel afgeremd maar niet stop gezet worden (Van Driel & Smilde, 1990). Naast beperking van de aanvoer in krachtvoer en kunstmest is reductie van de atmosferische depositie dan ook noodzakelijk om de balansen van zware metalen weer in evenwicht te krijgen. Dit laatste vereist een beperking van de uitstoot door industrie en verkeer.

Toch is de betekenis van nutriëntenophoping in de bodem in het kader van ecologische duurzaamheid niet eenduidig. Verrijking van de bodem met plantevoedende bestanddelen is voor een produktieve landbouw vaak een voorwaarde aangezien in de regel de natuurlijke beschikbaarheid van voedingsstoffen de groei van gewassen beperkt. Door verrijking met plantevoedende bestanddelen neemt dus de geschiktheid van de bodem voor landbouwkundig gebruik toe. Vanuit een oogpunt van toekomstige behoeften aan voedsel is dit een wenselijke ontwikkeling. Tegelijkertijd neemt de geschiktheid als biologische reservoir af. Zo is door eutrofiëring en ontwatering gedurende de afgelopen vijftig jaar de biologische diversiteit van het Nederlands graslandareaal drastisch afgenomen.

Verrijking is in principe een omkeerbaar proces. Door nutriënten af te voeren kan de oorspronkelijke schrale bodemtoestand hersteld worden. Verschraling is echter ook een moeizaam proces dat vele jaren in beslag kan nemen. Voor een behoorlijk tempo is op zijn minst afvoer van de totale jaarlijks gevormde biomassa een voorwaarde aangezien de afvoer in dierlijk produkt gering is. Verwijderen van de strooisellaag is nog effectiever aangezien zich hierin veel nutriënten ophopen (Best et al., 1992). In sommige gevallen grijpen natuurbeheerders naar de nog drastischer ingreep van volledige verwijdering van de bovengrond om het oorspronkelijke voedselarme milieu te herstellen, zoals in de bedoeling ligt in het plan 'Goudplevier' van Natuurmonumenten. Meer van dergelijke ingrijpende en dus kostbare herinrichtingen zijn de komende jaren te verwachten.

Geldt voor verrijking zelf dat het in principe een omkeerbaar proces is, voor de gevolgen van verrijking is dit veel minder zeker. Verlies van biologische diversiteit variërend van ecotypen tot soorten zal snel veel definitiever zijn dan verlies van voedselarmoede. Overigens is dit verlies niet altijd acuut. In een aantal graslandgronden zijn nu nog waardevolle natuurgebieden in potentie, dat wil zeggen in de vorm van zaadbanken, aanwezig. Dit mag afgeleid worden uit de spontane terugkeer van wilde planten op plaatsen waar door het stoppen van de bemesting of afplaggen de voedselarme milieus hersteld worden. Het onderzoeksterrein 'De Veenkampen' op voormalig blauwgrasland geeft hier voorbeelden van: na afplaggen worden weer typische blauwgraslandsoorten aangetroffen die in de directe nabijheid afwezig zijn (Best et al., 1992). Elders blijft deze spontane terugkeer uit. Een

oorspronkelijk aanwezige zaadflora heeft dus niet het eeuwige leven: vermoedelijk is op terreinen als de Veenkampen na nog eens een periode van enkele tientallen jaren ook de zaadflora uitgeput. Herstel wordt daarmee steeds moeilijker en kostbaarder. Bovendien zal herstel dan aangewezen zijn op aanvoer van zaden van andere standplaatsen met vermoedelijk deels andere ecotypen.

Het gebruik van de bodem ten behoeve van de teelt van voedergewassen heeft dus tot gevolg dat de geschiktheid voor toekomstig gebruik verandert. Een aantal van deze veranderingen zijn moeilijk of niet omkeerbaar. Sommige veranderingen zijn in alle opzichten ongewenst zoals de accumulatie van zware metalen. Van plantenvoedende bestanddelen hangt de positieve of negatieve betekenis van ophoping in het kader van duurzaam grondgebruik af van de wensen van toekomstige gebruikers. Vertegenwoordigde bodemvruchtbaarheid eens een alom gewaardeerd kapitaal, nu is het in sommige gevallen synoniem met een vorm van bodemverontreiniging die ontwikkeling of behoud van biologische diversiteit in de weg staat en alleen tegen hoge kosten opgeruimd kan worden.

7.3.3 Water

Nationaal gezien is de veehouderij de grootste consument van relatief schoon regenwater: voor gewasverdamping alleen wordt naar schatting meer dan 4 miljard m³ water verbruikt, terwijl de totale hoeveelheid grondwater die voor de openbare drinkwatervoorziening in 1988 gewonnen werd slechts 0,75 miljard m³ bedroeg (RIVM, 1991).

Hoewel het waterverbruik voor gewasverdamping de laatste decennia gestegen is, zijn het vooral de verbeterde afwatering en ontwatering ten behoeve van landbouw en veehouderij die een geleidelijke verdroging van Nederlandse landschappen hebben veroorzaakt. Dit heeft ingrijpende gevolgen gehad voor de diversiteit van flora en fauna. Overheidsbeleid is erop gericht de omvang van het verdroogde areaal terug te dringen. Normen voor een duurzaam gebruik van water zijn echter nog vaag. Volgens de Nationale Milieuverkenning (RIVM, 1991) is het einddoel: 'een zodanig beheerste grondwatersituatie (zowel kwantitatief en kwalitatief) dat een duurzaam gebruik van grondwater door belanghebbende sectoren en een duurzaam behoud van natuur, bos en landschap gewaarborgd zijn'.

Afhankelijk van de mate waarin oorspronkelijke natuurwaarden hersteld moeten worden, vergt dit een meer of minder ingrijpend pakket van maatregelen. Voor de veehouderij zal dit inhouden een verminderde beschikbaarheid van water voor bejegening, en verhoging van de grondwaterstand in delen van het Nederlandse graslandareaal.

Duurzaamheidsnormen zijn duidelijker gedefinieerd ten aanzien van de grondwaterkwaliteit, dat wil zeggen ten aanzien van de mate waarin landbouw en veehouderij het neerslagoverschot mogen vervuilen met nitraat. De norm voor nitraatuitspoeling is gerelateerd aan toelaatbaar geachte concentraties voor drinkwater. In acht nemen van de normen betekent derhalve dat grondwater zonder extra reiniging duurzaam bruikbaar blijft voor drinkwaterconsumptie. Aparte doelstellingen zijn geformuleerd voor de kwaliteit van het oppervlaktewater en de totale toevoer naar de Noordzee. Het is niet duidelijk of voor deze laatste doelstellingen dezelfde

of verdergaande maatregelen nodig zijn dan voor het realiseren van de grondwaterdoelstelling.

Veel onderzoek is reeds verricht om de uitspoeling van nitraat onder gras- en maïslaan te kwantificeren (Van der Meer, 1991b). Hoeveel nitraat uitspoelt en het grondwater bereikt is afhankelijk van het bemestingsniveau, van grondsoort en gewaseigenschappen, en van weersomstandigheden en perceelsgebruik. Kennis van deze relaties maakt het in principe mogelijk de nitraatuitspoeling in overeenstemming te brengen met de norm. In het algemeen zal dit gepaard gaan met een verlaagd stikstofgebruik. Vooral op beweid grasland is een sterke reductie van de gift noodzakelijk om nitraatuitspoeling uit urineplekken te verminderen (Van der Meer en Meeuwissen, 1989; Ketelaars en Van de Ven, 1992). Nieuw onderzoek richt zich op behoud van gewasproductiviteit bij een verantwoord stikstofgebruik.

Voor de uitspoeling van nitraat geldt evenals voor de emissie van ammoniak dat emissies continu toenemen met het niveau van stikstofgebruik onder overigens gelijke omstandigheden. Dit houdt in dat er geen kritische grens aan het stikstofgebruik bestaat waarbeneden de emissie niet verschilt van de achtergrondemissie. Inzet van stikstof ten behoeve van de teelt van voedergewassen leidt in alle gevallen tot een verhoging van de emissie. De constructie van volledig gesloten teeltsystemen, zoals in de tuinbouw beoogd, is alleen mogelijk met behulp van fysieke barrières die passieve lek van nutriënten naar grondwater en atmosfeer voorkomen.

7.3.4 Atmosfeer

Veehouderijactiviteiten zijn primair verantwoordelijk voor sterk toegenomen atmosferische emissies van ammoniak, methaan en lachgas. Alleen voor de uitstoot van ammoniak zijn op dit ogenblik normen uitgewerkt.

De totale emissie van ammoniak wordt geschat op 234 miljoen kg waarvan meer dan 90 % rechtstreeks afkomstig uit de veehouderij (RIVM, 1991).

De normen voor de toelaatbare ammoniakemissie zijn afgeleid uit depositiedoelstellingen voor stikstof en potentieel zuur. Deze zijn op hun beurt geschat op basis van de kritische belasting van ecosystemen. Dergelijke schattingen variëren echter afhankelijk van de gevoeligheid en de maatstaf die gehanteerd wordt voor de kritische grens. Welke emissieniveaus acceptabel zijn, hangt dus af van de waarde die we hechten aan behoud van omringende ecosystemen, zoals bossen, heidevelden en voedselarme vennen.

De voorgestelde reducties voor ammoniakemissie houden rekening met verwachte reducties in de emissie van andere verzurende stoffen (SO_2 en NO_x) in binnen- en buitenland. Voor 2000 is de (tussen)doelstelling voor de depositie op 2400 mol zuurequivalenten per hectare gesteld dat wil zeggen een halvering ten opzichte van het niveau van 1989. In 2010 zou een niveau van 1400 mol zuurequivalenten bereikt moeten worden waarvan maximaal 1000 mol stikstof (RIVM, 1991). Ook bij een dergelijke reductie worden de streefwaarden voor gevoelige natuurgebieden nog met een factor twee of meer overschreden.

Om aan de depositiedoelstellingen te kunnen voldoen worden zeer forse reducties van de ammoniakemissie uit de veehouderij verlangd. Zo moet de totale uitstoot gereduceerd worden van 234 miljoen kg in 1989 tot 75 miljoen kg in 2000 en 25 miljoen kg in 2010. Deze laatste hoeveelheid is ongeveer evenveel als er in 1986

alleen al uit beweide grasland vervluchtigde (Ketelaars en Van de Ven, 1992). Volgens het RIVM is voor het realiseren van de doelstelling van 2400 mol een snelle introductie van emissie-arme rundveestallen noodzakelijk. Deze zijn echter nog pas in ontwikkeling. Voor de norm van 1400 mol zuur zullen dan ook vergaande aanpassingen in graslandgebruik nodig zijn, waaronder verlaging van de stikstofbemesting, en beperking van de weideduur mogelijk in combinatie met inkrimping van de rundveestapel. Als emissie-arme rundveestallen beschikbaar komen en verplicht worden gesteld, is het niet ondenkbaar dat daarmee ook de koe uit het Nederlands landschap zal verdwijnen. Intensivering van het onderzoek naar vervluchtiging, verspreiding en depositie van ammoniak is gewenst om deze veranderingen verantwoord te kunnen doorvoeren.

De emissie van ammoniak door de veehouderij toont dat het geen zin heeft over duurzame veehouderijsystemen te spreken zonder deze te plaatsen in het geheel van de menselijke beïnvloeding van de omgeving. Wat een acceptabele ammoniakemissie is valt niet per systeem vast te stellen maar moet uit de totale belasting van een regio teruggerekend worden. Vanuit een oogpunt van emissies valt er dus geen onderscheid te maken tussen duurzame en niet-duurzame veehouderijsystemen: een bedrijfsysteem met een relatief hoog emissieniveau kan acceptabel zijn in een regio met een lage concentratie van dit type bedrijven, maar onaanvaardbare milieubelasting veroorzaken bij een hoge dichtheid.

7.3.5 Energie

De sector land- en tuinbouw gebruikte in 1989 in totaal 157 PJ energie. Dit komt overeen met ruim 5 % van het totale binnenlandse verbruik (RIVM, 1991). Zonder besparingsmaatregelen zal naar verwachting het energieverbruik stijgen als gevolg van uitbreiding van de glastuinbouw, een ruimere toepassing van belichting, en door de te treffen milieumaatregelen in de veehouderij. Deze laatste leiden ertoe dat het energieverbruik in de veehouderij met circa de helft toe zal nemen (RIVM, 1991). De auteurs van de Nationale Milieuverkenning 1990-2010 veronderstellen echter dat in de land- en tuinbouw als geheel veel energie bespaard kan worden tegen lage kosten waardoor het energieverbruik per saldo zou kunnen dalen tot 130 PJ per jaar in de periode 2000-2010.

Het energieverbruik in Nederland wordt voor het overgrote deel gedekt door verbranding van fossiele brandstoffen, i.c. door uitputting van een eindige natuurlijke voorraad. Het is derhalve per definitie geen duurzaam energiegebruik. Toepassing van een duurzaamheidsnorm voor energieverbruik zou betekenen dat nagenoeg alle energie uit vernieuwbare bronnen (zon, wind, biomassa, waterkracht) betrokken zou moeten worden. Dit is voorlopig om praktische redenen niet haalbaar. Wel ligt het voor de hand te streven naar een drastische vermindering van het energieverbruik, dat wil zeggen naar energie-extensieve produktiewijzen. Dit is noodzakelijk om te komen tot beheersing van de ecologische effecten die inherent zijn aan de verbranding van fossiele brandstoffen, te weten de uitstoot van CO₂, het belangrijkste broeikasgas, en van zwavel- en stikstofoxyden, mondiaal gezien de twee belangrijkste verzurende stoffen.

Beheersing van het broeikas effect blijkt uitermate moeilijk te realiseren als gevolg van de verwachte voortgaande groei van produktie en consumptie. De Nationale

Milieuverkenning gaat er niettemin vanuit dat een reductie van 2 % per jaar wenselijk is, terwijl op basis van het nu vastgestelde beleid na 2000 juist een verdere stijging verwacht wordt. Zelfs als deze daling wereldwijd gerealiseerd zou kunnen worden, dan nog wordt tot ver in de volgende eeuw op een temperatuurstijging van meer dan 0,1 °C per decennium gerekend. Overschrijding van deze waarde leidt naar verwachting tot grote ecologische en maatschappelijke aanpassingsproblemen. Als we de voorspellingen ten aanzien van het broeikas effect serieus nemen, moet dat betekenen dat op alle fronten energie-extensivering nagestreefd moet worden. Een veehouderij die in toenemende mate gebaseerd is op lange-afstandstransport van voer, mest en dierlijk produkt is uit een oogpunt van ecologische duurzaamheid onwenselijk. Hetzelfde kan echter gezegd worden van de toename in andere vormen van lange-afstandstransport. Ombuiging van deze tendensen is afhankelijk van de prijsontwikkeling van energie en de eventuele invoering van een heffing op energie. Energie-extensivering is ook af te dwingen door normen te stellen aan het toelaatbaar energieverbruik per kg melk en vlees, analoog aan de normen die in EG-verband ontwikkeld worden voor de energetische efficiëntie van apparatuur.

7.3.6 Biologische diversiteit

Hoewel biologische diversiteit een bestaansvoorwaarde is voor de veehouderij, hebben veehouderijactiviteiten in belangrijke mate bijgedragen tot verlies van diversiteit. De oorzaken zijn in grote lijnen bekend: verzuring, vermessing, verdroging en versnippering hebben geleid tot vernietiging van ecosystemen (blauwgraslanden, heidevelden), verkleining van het leefgebied van soorten, vermindering van het aantal soorten en van de genetische variatie binnen soorten. In de nabije toekomst zou een nieuwe bedreiging kunnen ontstaan door een ongecontroleerde verspreiding van genetisch materiaal.

Toepassing van een duurzaamheidsnorm vereist een schatting van het toelaatbaar verlies van biologische diversiteit. Dergelijke schattingen ontbreken. Aangezien beperking van de biologische diversiteit de produktiviteit van veehouderij op korte termijn slechts bevordert heeft, is de aandrang vanuit de veehouderij om de trend tot voortgaand verlies te keren betrekkelijk gering. Het bewijs dat verlies van biologische diversiteit op termijn ook de veehouderij zou kunnen schaden is moeilijk te leveren. Denkbaar is dat waardevolle genetische variatie in graslandplanten verloren gaat. Evenzo kan een eenzijdige nadruk op produktiekenmerken bij de selectie van landbouwhuisdieren op termijn tot een verlies van nuttige genetische variatie leiden.

7.4 De relatie mens - dier in een duurzame veehouderij

Duurzaamheid en diervriendelijkheid worden vaak in een adem genoemd: een duurzame veehouderij dient geïntegreerd te zijn, dat wil zeggen rekening te houden met verschillende doelstellingen waaronder naast een schoon milieu, een redelijk bedrijfsinkomen niet in de laatste plaats gezondheid en welzijn van het dier. Diervriendelijkheid dient de maatschappelijke acceptatie van een duurzame

veehouderij te bevorderen. Het is niet moeilijk deze doelstelling te onderschrijven. De problemen ontstaan pas wanneer we trachten te concretiseren wat dit betekent voor het aanzien van een duurzame veehouderij, voor plaats, functioneren en intrinsieke waarde van het dier.

Voor diegenen die het dier rechten toekennen, zal de historische ontwikkeling van de veehouderij weinig meer kunnen bieden dan het beeld van een voortgaande ont-rechting: vrijheden die voor dieren in de vrije natuur gewoon zijn, zijn geleidelijk aan het gedomesticeerde dier ontnomen ter wille van een hoger nut voor de mens. Verdwenen of sterk beknot zijn de bewegingsvrijheid van het dier, de vrijheid van keuze van voedsel, van keuze van partner en sociale binding, het recht op verzorging en spel, het recht op zogen en gezoogd worden. Wat gebleven is, is een beperkt gamma van gedragsuitingen waaronder in hoofdzaak de basale lichaamsfuncties zoals opname, benutting en uitscheiding van nutriënten. Zelfs van deze is niet zeker dat een direktere regulering door de mens uit zal blijven. Verdieping van het inzicht in de regulering van basale functies waaronder voederopname (Kete laars en Tolkamp, 1991) brengt tegelijkertijd mogelijkheden binnen bereik om rechtstreeks in de fysiologie van het dier in te grijpen. Potentieel ligt er een groot afzetgebied voor hulpstoffen die sturing geven aan opname, benutting en uitscheiding van nutriënten. De verwachting dat veevoedkundig en dierfysiologisch onderzoek toepasbare resultaten op moet leveren, zal onderzoekers ongetwijfeld ertoe brengen dergelijke stoffen te ontwikkelen. Terughoudendheid ten aanzien van toepassing van hulpstoffen wordt momenteel vooral ingegeven door angst voor negatieve reacties van consumenten.

De houding ten opzichte van het landbouwhuisdier is dan ook een tweeslachtige, of in de woorden van de journalist Rolf Bos - in zijn bespreking van het fotoboek van Roel Rozenburg over de koe -: '...een haat-liefde verhouding. Het beest behoort in het Nederlandse landschap als tulpen en molens. We raken vertederd door haar mooie ogen, maar schuiven vijf minuten later aan tafel voor een sappige biefstuk - gesneden uit hetzelfde dier' (Volkskrant, 21 maart 1992).

Is respekt, of zelfs liefde voor het dier verenigbaar met exploitatie, het doden en consumeren van het dier? En zo ja, wat houdt dit respekt dan in? De vraag is niet nieuw en de worsteling met een bevredigend antwoord vermoedelijk even duurzaam als veehouderij zelf.

Uit veeteelttechnisch oogpunt wordt de hierboven geschetste ontwikkeling van een voortgaande ont-rechting gezien als een toenemende specialisatie met als doel het dier meer geschikt te maken voor de rol als producent van melk en vlees. Dit heeft tot een ander uiterlijk en innerlijk geleid. De moderne koe lijkt weliswaar nog op haar voorouders maar heeft andere eigenschappen, eigenschappen die haar in een aantal opzichten minder aangepast doen zijn aan de omgeving waaruit ze oorspronkelijk vandaan kwam.

Deze door de mens bewerkstelligde, antropogene evolutie gaat ongetwijfeld door. Tot welke bizarre levensvormen een voortgaande specialisatie binnen een soort op termijn kan leiden, kan elkeen dankzij de indringende filmbeelden van David Attenborough weten: de termietenkoningin en het wijfje van de Afrikaanse molrat, beiden als organisme gereduceerd tot bijna louter reproductieve organen, zijn producten van een natuurlijke evolutie; desondanks zullen ze bij menigeen meer weerzin opwekken dan een moderne koe met bovenmaatse uiers of een dikbilstier.

Biologisch gezien moeten de mogelijkheden om een dier te produceren dat volledig gericht is op melk- en vleesproductie dan ook nog lang niet uitgeput zijn.

De 'veredeling' van het dier zal bovendien veel sneller gaan door het beschikbaar komen van nieuwe technieken voor genetische manipulatie. Ook de aard van het ingrijpen in de genetische basis zal veranderen doordat overdracht van genetisch materiaal in theorie geen grenzen kent. De reeds geslaagde overdracht van genen die coderen voor de productie van menselijke enzymen, is daarvan een duidelijk bewijs.

Welke grenzen zal een duurzame veehouderij zich op willen leggen in het modificeren van het landbouwhuisdier? Een discussie over ecologische duurzaamheid kan geen antwoord opleveren op de vraag naar de ethische toelaatbaarheid van het exploiteren van het dier. Wel kan ze een ruimere inhoud geven aan het respect voor het dier en zijn omgeving. Het bedrijven van veehouderij betekent dat we ons het recht voorbehouden op een antropogene evolutie van het dier. Dit laatste houdt in dat we het aanvaardbaar achten een nieuw type dier te creëren met uiteindelijk zowel andere genetische eigenschappen als een ander gedragsrepertoire. Dat deze schepping nu met nieuwe middelen bedreven wordt dan voorheen, lijkt me geen wezenlijke verandering. Deze nieuwe middelen zullen het wel steeds moeilijker maken dierlijk welzijn en dierlijk lijden te definiëren en te onderkennen.

De basis voor het scheppen van een nieuw type dier is en blijft de genetische diversiteit die de natuurlijke evolutie ons aangereikt heeft. Hoe duurzaam het produkt van mensenhanden zal zijn, valt buiten ons tijdgebonden oordeel. Een veehouderij die rekening houdt met de behoeften van toekomstige generaties, moet dus respect hebben voor deze biologische basis. Hoewel de evolutie zich niet laat herhalen, verplicht dit ons genetische diversiteit instand te houden, dat wil zeggen kansen te bieden aan een natuurlijke ontwikkeling van biologische rijkdom. Duurzame veehouderij is dan een veehouderij die zich verantwoordelijk voelt voor instandhouding van die natuurlijke diversiteit waarvan ze jaar op jaar profiteert - de flora en fauna in brede zin - en de diversiteit die ze door haar beslag op natuurlijke hulpbronnen verdringt.

In dit licht bezien is een heffing op het gebruik van biologische diversiteit even logisch als een heffing op dode inputs als stikstof en energie. Elke veehouder zou daarmee o.a. mee betalen aan behoud en de ontwikkeling van oorspronkelijke rassen, een bezigheid die nu teveel als onbetaalde hobby van enkelingen gezien wordt. Insgelijks zou het logisch zijn te pleiten voor een algemene heffing op gebruik van grond voor andere dan natuurdoeleinden om daarmee de natuurlijke ontwikkeling van biologische diversiteit te bekostigen. Een heffing betekent dat diegene die zich belasten met de inrichting en beheer van natuurgebieden beloond worden voor dergelijke inspanningen, zoals andere beloond worden voor de productie van voedsel en industriële produkten.

7.5 Conclusies

Het concept van duurzaamheid toegepast op de veehouderij biedt geen blauwdruk voor bepaalde systemen van dierlijke productie. Eerder is het te beschouwen als een wenselijke norm waaraan het gebruik van natuurlijke hulpbronnen door de vee-

houderij dient te voldoen. Het heeft echter weinig betekenis veehouderij geïsoleerd te beschouwen van het totaal van menselijke ingrepen in de omgeving: duurzame veehouderij bestaat niet los van een algehele, duurzame exploitatie van onze omgeving.

Om duurzaamheid te kunnen beoordelen is het nodig duurzaamheidsnormen te formuleren voor het gebruik van individuele natuurlijke hulpbronnen. In veel gevallen blijken dergelijke normen nog vaag en kwalitatief van aard. Gezien de onzekerheid over mogelijke interacties tussen processen als verzuring, verdroging, versnippering, soortenverlies, en klimaatsveranderingen, valt een verduidelijking niet op korte termijn te verwachten.

Huidige normen voor de toelaatbare belasting van bodem, water en lucht hebben primair tot doel het terugdringen van externe milieuvloeden door de veehouderij. Welk niveau daarbij uiteindelijk nagestreefd dient te worden, is in veel gevallen nog onbekend. Zeker is dat het nulniveau niet haalbaar is. Zowel intensieve als extensieve veehouderijssystemen leggen een beslag op ruimte en verdringen daardoor ander grondgebruiksvormen. Evenzo produceren alle systemen een zeker hoeveelheid emissies.

Welk beslag veehouderij mag leggen op natuurlijke hulpbronnen hangt vooral af van de vraag welke ecosystemen, in welke omvang en kwaliteit in de toekomst nodig zullen zijn om te voorzien in de behoeften van toekomstige generaties. De vraag naar het aanzien van een duurzame veehouderij is dus eigenlijk een vraag naar hoe een duurzaam landgebruik eruit ziet en welke plaats daarin gereserveerd moet worden voor verschillende gebruikstypen, waaronder landbouw en natuur. Een methodologie die behulpzaam kan zijn bij het beantwoorden van die vraag, wordt besproken in de bijdrage van Van Keulen et al. (1992).

Gezien de snelle en deels onomkeerbare marginalisering van natuurwaarden, mede onder invloed van veehouderijactiviteiten gedurende de afgelopen decennia, verdient behoud van biologische diversiteit alle aandacht in het streven naar verduurzaming van het grondgebruik. Ervan uitgaan dat veel van wat nu nog leeft, overbodig is, lijkt niet alleen naïef, maar ook arrogant tegenover onze kinderen en kleinkinderen.

7.6 Referenties

Driel, W. van & K.W. Smilde, 1990.

Micronutrients and heavy metals in Dutch agriculture. *Fertilizer Research* 25, 115-126.

Durning, A.B. & H.B. Brough, 1991.

Taking stock: animal farming and the environment. *Worldwatch Paper* 103. Worldwatch Institute, Washinton, 62 pp.

Best, E.P.H., M.J.M. Oomes & F. Berendse, 1992.

De stikstofkringloop in een niet bemest graslandoecosysteem; effecten van ingrepen in hydrologie en beheer. In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (Red.), *Stikstofstromen in agro-ecosystemen*. Agrobiologische Thema's 6, CABO-DLO, Wageningen, 19-32.

Ketelaars, J.J.M.H. & B.J. Tolkamp, 1991.

Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. *Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen*, 264 pp.

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 (Red.), Stikstofstromen in agro-ecosystemen. Agrobiologische Thema's 6, CABO-DLO, Wageningen, 33-49.

Ketelaars, J.J.M.H. & A.M. van Vuuren, 1989.

Hoge prioriteit voor onderzoek naar graskwaliteit. Meststoffen 2/3, 21-30.

Keulen, H. van, J. Schans & G.W.J. van de Ven, 1992.

Duurzaam landgebruik vraagt verweving van doelstellingen: illustratie van een methodologie. In:

Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor plantaardige produktie, milieu en natuur.

Agrobiologische Thema's 7, CABO-DLO, Wageningen, 87- 106.

LEI/CBS, 1991. Landbouwcijfers 1991.

Landbouw-Economisch Instituut en Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Voorburg, 247 pp.

Meer, H.G. van der, 1982.

Effective use of nitrogen on grassland farms. In: A.J. Corral (Ed.), Efficient grassland farming. Proceedings of the 9th General Meeting of the European Grassland Federation (Reading). Occasional Symposium No. 14 of the British Grassland Society, The British Grassland Society, Hurlay, 61-68.

Meer, H.G. van der, 1991a.

Nutriëntenbalansen in de Nederlandse landbouw. In: H.A.C. Verkerk (Red.), Mest en milieu in 2000. Visie vanuit het landbouwkundig onderzoek. Onderzoek inzake de mest-en ammoniakproblematiek in de veehouderij 13. DLO, Wageningen, 15-24.

Meer, H.G. van der (red.), 1991b.

Stikstofbenutting- en verliezen van gras- en maïslang. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 10. DLO, Wageningen, 134 pp.

Meer, H.G. van der & P.C. Meeuwissen, 1989.

Emissie van stikstof uit landbouwgronden in relatie tot bemesting en bedrijfsvoering. Landschap 6 (1), 19-32.

RIVM, 1991.

Nationale Milieuverkenning 1990-2010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 550 pp.

Wirdum, G. van & R.H. Kemmers, 1990.

Hydrologie, bodem en natuurontwikkeling. In: F.Berendse (Red.), Natuurontwikkeling en landbouw.

Agrobiologische Thema's 1, CABO-DLO, Wageningen, 45-65.

8 Duurzaam landgebruik vraagt verweving van doelstellingen: illustratie van een methodologie

H. van Keulen, J. Schans en G.W.J. van de Ven
DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

8.1 Inleiding

De gangbare produktietechnieken in de landbouw worden, in de ontwikkelde wereld, gekenmerkt door een hoge graad van intensivering, met een ruime inzet van externe produktiemiddelen, zoals kunstmest en bestrijdingsmiddelen, en zijn veelal eenzijdig gericht op economische doelstellingen. Dit heeft enerzijds geleid tot overproduktie en anderzijds in aanzienlijke mate tot belasting van lucht, water en bodem met ongewenste stoffen, en tot verarming van flora en fauna en van het landschap.

In veel ontwikkelingslanden, met name in Afrika, is de situatie precies omgekeerd: de voedselproduktie is achtergebleven bij de bevolkingsgroei en de economische randvoorwaarden zijn zodanig, dat het gebruik van externe produktiemiddelen die leiden tot verhoging van de produktie per eenheid van oppervlakte niet lonend is. Het gevolg daarvan is ingebruikname van steeds meer marginale en ecologisch kwetsbare gronden en toepassing van produktietechnieken die de grond uitputten. Beide leiden tot chemische en fysische bodemdegradatie (van Keulen & Breman, 1990; van de Pol, 1992) en verlies van produktief vermogen (Mellor, 1988).

In beide gevallen voldoen deze produktietechnieken dus niet aan het criterium van duurzaamheid, dat in algemene termen gedefinieerd kan worden als de afwezigheid, op middellange en lange termijn van ongewenste economische, ecologische, milieukundige en maatschappelijke effecten. In de afgelopen jaren heeft het beleid zich intensief met deze problematiek beziggehouden, zowel wat betreft de situatie in ontwikkelde landen, als die in ontwikkelingslanden.

Nationaal heeft dat bijvoorbeeld geleid tot het uitbrengen van een groot aantal beleidsdocumenten, zoals het Nationaal Milieubeleidsplan, de Structuurnota Landbouw, en het Natuurbeleidsplan. Oplossingsrichtingen zijn ook aangedragen, zoals bijvoorbeeld in het Advies van de Commissie Stikstof (Goossens & Meeuwissen, 1990), het Plan van aanpak beperking ammoniak-emissie van de landbouw, en het Meerjarenplan Gewasbescherming. Op Europees niveau is de situatie uitvoerig geanalyseerd in het kader van de toekomst van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (De Wit et al., 1987; De Wit, 1988). In al deze documenten is de 'rode draad' dat de inzet van externe produktiemiddelen drastisch beperkt moet worden en dat ge-

ïntegreerde produktietechnieken moeten worden ontwikkeld. Deze technieken worden gekenmerkt door het streven naar meerdere doelstellingen (Vereijken & Royle, 1989), dat wil zeggen, dat naast economische, ook ecologische, landschappelijke en maatschappelijke doelstellingen in de beschouwing worden betrokken. Met betrekking tot de situatie in ontwikkelingslanden kan verwezen worden naar een recente studie van de Wereldbank (1988), waarin de spanningen tussen ontwikkeling en milieu aan de orde worden gesteld. Daaruit en uit andere documenten (cf. York, 1988; Breman, 1990) blijkt dat de oplossingsrichtingen om duurzaam landgebruik te garanderen hier veelal vragen om een verhoging van de inzet van externe produktiemiddelen, om de huidige uitputtende praktijken te vervangen. De noodzaak tot het veiligstellen van de voedselvoorziening staat hier dus haaks op economische en overwegingen.

Voor beide situaties geldt dus dat er sprake is van meerdere doelstellingen die nagestreefd worden, die op z'n minst gedeeltelijk tegenstrijdig zijn. Dat roept vragen op als:

- In hoeverre kunnen de verschillende doelstellingen worden gerealiseerd, gegeven de beperkingen van zowel agro-technische als sociaal-economische aard?
- In hoeverre zijn de doelstellingen conflicterend?
- Wat zijn de uitruilwaarden tussen de verschillende doelstellingen?
- Zijn er mogelijkheden om door veranderingen in de randvoorwaarden het aantal opties te vergroten?

In deze bijdrage wordt een methode gepresenteerd die het mogelijk maakt dergelijke vragen te analyseren, en de consequenties van maatregelen expliciet te maken.

8.2 De methode

Voor het analyseren van de mogelijkheden van verweving van doelstellingen bij het ontwikkelen van systemen voor duurzaam landgebruik wordt gebruik gemaakt van de Interactieve Meervoudige Doelprogrammering (IMDP) (De Wit et al., 1988; Veeneklaas, 1990a). Voor toepassing van deze methode zijn nodig (i) een 'input/output'-tabel, (ii) een aantal doelvariabelen en (iii) een interactieve beslismethode, die rekening houdt met meervoudige criteria.

8.2.1 De 'input/output'-tabel

Voor het analyseren van de mogelijkheden voor duurzaam landgebruik moet de 'input/output'-tabel de technische coëfficiënten bevatten van 'alle' produktietechnieken die beschikbaar zijn voor de landbouw in een bepaalde regio. Ieder van die produktietechnieken (of 'activiteiten' in het jargon van de lineaire-programmeringstechniek) wordt daarin gekarakteriseerd door de relevante coëfficiënten met betrekking tot de produkten die de activiteit oplevert, en de inzet van middelen die nodig is om die produktie te realiseren. Ieder van die activiteiten betreft dus een nauwkeurig gedefinieerde manier om een bepaald produkt te produceren. Voor akkerbouwactiviteiten gaat het daarbij om de opbrengst van zowel het economisch produkt als de gewasresten, de materiële middelen die nodig zijn, zoals dierlijke

mest, kunstmest, beregening en biociden, en de benodigde inzet van arbeid. Het is essentieel dat alle doelvariabelen kunnen worden uitgedrukt als (combinatie van) de technische coëfficiënten. Daarom moeten aan de 'produktiekant' ook de milieueffecten worden gekwantificeerd, zoals het verlies van ammoniak naar de atmosfeer, het verlies van nitraat naar het grondwater, de residuele effecten (accumulatie, uitspoeling) van biociden, bodemverlies tengevolge van erosie of het 'mijnen' van voedingselementen.

In een dergelijke tabel met produktietechnieken moeten naast de technieken die op het ogenblik gebruikt worden, eveneens innovatieve technieken worden opgenomen, die nog slechts op experimentele schaal worden toegepast, of alleen nog maar bestaan in de 'fantasie' van een onderzoeker. Voorwaarde is natuurlijk wel, dat er behoorlijke kwantitatieve schattingen van de technische coëfficiënten kunnen worden gemaakt. Opbrengsten en benodigde inzet van middelen voor gangbare produktietechnieken zijn in de ontwikkelde wereld over het algemeen vrij gemakkelijk te vinden, omdat daar uitgebreid onderzoek aan gedaan is. Voor 'alternatieve' of geïntegreerde technieken ontbreken vaak kwantitatieve gegevens over de produktie en de milieu-effecten, of ze zijn uiterst onzeker (De Wit et al., 1987) en onderwerp van felle debatten tussen deskundigen (De Koning et al., 1992). Het is daarom noodzakelijk om naast het scenario-achtige meer theoretische onderzoek, aandacht te blijven besteden aan experimenteel en praktijkonderzoek om de schattingen van deze technische coëfficiënten beter te onderbouwen (Vereijken & Van der Meer, 1988). Voor ontwikkelingslanden ligt het vaak veel moeilijker: technische coëfficiënten voor gangbare produktietechnieken moeten vaak op een indirecte manier worden afgeleid, omdat 'Farming Systems Research' en 'Farming Systems Analysis', disciplines die zich met studie van deze systemen bezighouden vaak weinig kwantitatief gericht zijn.

Voor een deel kan voor het schatten van technische coëfficiënten gebruik gemaakt worden van simulatiemodellen voor gewasgroei die de laatste decennia zijn ontwikkeld (Seligman, 1991). Dergelijke modellen zijn echter, evenals de gegevens uit experimenteel onderzoek, het best uitgewerkt en het meest betrouwbaar voor situaties waarin men de produktiefactoren zoveel mogelijk in de hand heeft ('potentiële' produktie). De resultaten worden onnauwkeuriger naarmate meer factoren tegelijkertijd groei en produktie beïnvloeden. In situaties waar de inzet van externe produktiemiddelen (kunstmest en biociden), laag is, zoals in ontwikkelingslanden, of wordt verlaagd, zoals binnen geïntegreerde bedrijfsvoering, waardoor nutriëntengebrek, onkruiden, ziekten en plagen in verschillende fasen van de gewasgroei de opbrengst kunnen beïnvloeden, worden deze modellen onnauwkeuriger. Het gevolg is, dat op dit ogenblik voor het schatten van de technische coëfficiënten van geïntegreerde produktietechnieken gebruik gemaakt moet worden van het beperkte empirisch, praktijkgericht onderzoek (Vereijken, 1989), of van theoretische beschouwingen, die vaak uiterst controversieel zijn (Aarts et al., 1988; Schans, 1991). Wanneer het criterium van 'duurzaamheid' aan het landgebruik wordt opgelegd, ontstaan er additionele problemen bij het kwantificeren van de technische coëfficiënten. In de eerste plaats is het begrip 'duurzaam' meestal vaag omschreven; het Nederlands woordenboek komt niet verder dan 'lang durend, weinig aan slijtage of bederf onderhevig, of langdurig en veelvuldig'; in het Milieubeleidsplan wordt gesproken van 'processen zó (te) sturen en functies zó (te) rangschikken dat natuur- en

landschapswaarden ook op langere termijn blijven bestaan'; de Technical Advisory Committee van de CGIAR (TAC, 1987) definieert duurzame landbouw als 'het succesvol beheren van hulpbronnen voor de landbouw, om aan de veranderende menselijke behoeften te kunnen voldoen, en tegelijkertijd de natuurlijke hulpbronnen te behouden of te verbeteren, en degradatie tegen te gaan'. Parafraserend op het Brundtland-rapport komt De Wit (1989) tot een definitie van duurzame landbouw als die waarbij 'enerzijds vernieuwbare hulpbronnen worden onderhouden, uitputbare grondstoffen met overleg worden gebruikt en natuur en milieu in waarde worden gelaten en anderzijds de boeren een aanvaardbaar bestaan hebben en tegemoet wordt gekomen aan de toenemende vraag naar landbouwprodukten'. Met name in de laatste definitie komt tot uiting dat duurzaamheid niet alleen technische en ecologische aspecten heeft, maar zeker ook economische.

Welke definitie ook wordt gekozen, het blijft nodig voor het vertalen naar technische coëfficiënten een meer operationele definitie te vinden (Gliessman, 1990).

In een studie naar de landgebruiksmogelijkheden in de vijfde regio van Mali is gekozen voor een definitie die aansluit bij een van de grootste bedreigingen van duurzaamheid in dat gebied: de chemische uitputting van de bodem.

Duurzaamheid is daar dus gedefinieerd als 'evenwicht in de import en export van nutriënten' (Veeneklaas et al., 1990). Omdat het in alle gevallen gaat om effecten op de lange termijn is voor voorspellingen een grondige kennis nodig van de onderliggende processen. Voor veel processen, zoals de wisselwerking tussen de dynamiek van organische stof in de bodem en de beschikbaarheid van nutriënten op langere termijn, is onze kennis nog slechts fragmentarisch, zodat kwantificering van technische coëfficiënten speculatief blijft.

Concluderend kan dus worden gezegd, dat voor het toepassen van de voorgestelde methode het gebrek aan kennis met betrekking tot de technische coëfficiënten van alternatieve produktietechnieken een serieuze beperking is. Het verkennen van de mogelijkheden, op basis van zo goed mogelijke schattingen is echter een zeer nuttig hulpmiddel bij het onderzoek.

8.3 De doelvariabelen

Om de mogelijkheden van interactieve meervoudige doelprogrammering zo effectief te benutten, is het nodig te beginnen met het identificeren van een zo groot mogelijk aantal doelvariabelen. Dat is vooral van belang omdat het er om gaat alle mogelijke interesses van verschillende groeperingen die bij landbouwontwikkeling zijn betrokken, in de doelvariabelen mee te nemen. Het identificeren van de doelvariabelen is dus een belangrijk onderdeel van deze methode. Daarbij moet nauw worden aangesloten bij beleidsdocumenten die voor verschillende groeperingen aangeven welke doelstellingen men nastreeft. Zoals in de inleiding al aangegeven, bestaat er geen gebrek aan beleidstukken met betrekking tot de gewenste landbouwontwikkeling. Vaak echter zijn de daarin verwoorde doelstellingen moeilijk direct te vertalen in doelvariabelen die relevant zijn voor het model, dat wil zeggen in termen van hulpbronnen en beperkingen. Het is gewenst om de afzonderlijke doelvariabelen zoveel mogelijk in fysieke termen te definiëren en niet direct in monetaire termen, om zodoende de mogelijkheden open te houden opties

voor duurzame ontwikkeling te analyseren onder aanname van verschillende economische randvoorwaarden.

Economische doelstellingen zijn noodzakelijk om de belangen van de agrarische ondernemers in de beschouwing te betrekken, die een zo hoog mogelijk, maar in ieder geval paritair inkomen zullen willen bereiken. Deze doelstelling is ook nodig om in scenariostudies de financiële consequenties van verschillende opties met elkaar te kunnen vergelijken.

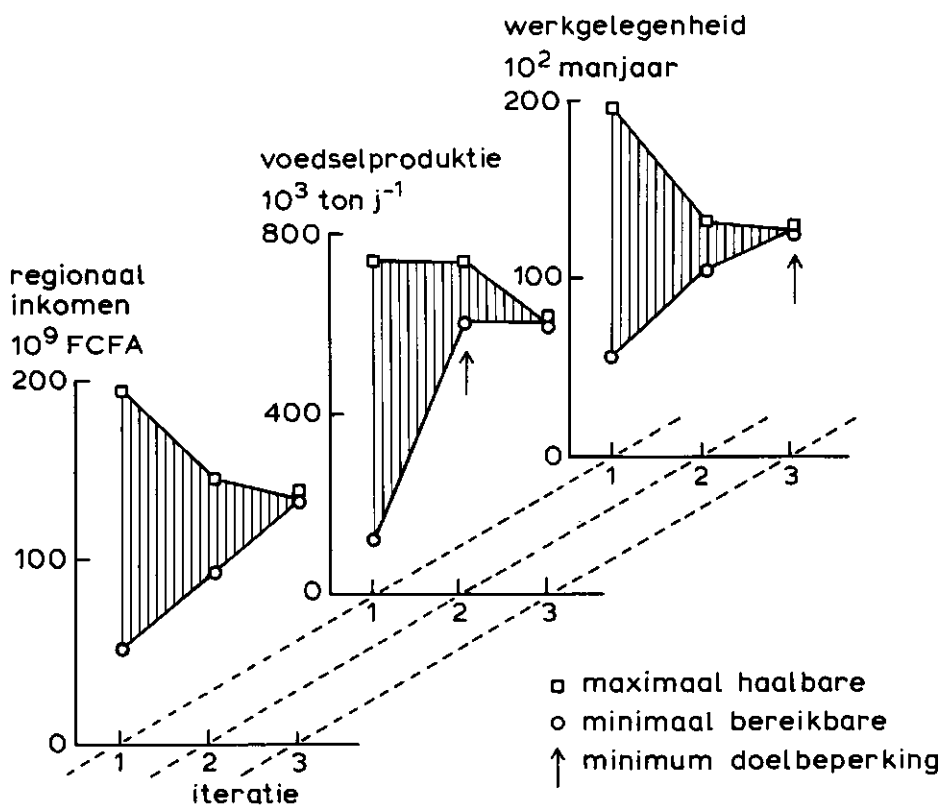
Zoals al aangegeven in de inleiding, is het daarvoor noodzakelijk dat begrip te vertalen in termen van de technische coëfficiënten zoals die voor de verschillende activiteiten zijn gedefinieerd. Voor zowel landbouw in de geïndustrialiseerde wereld als in ontwikkelingslanden is de nutriëntenbalans daarbij een belangrijk aanknopingspunt. In de geïndustrialiseerde landen kan duurzaamheid worden gedefinieerd in termen van minimaliseren van verlies van nitraat naar het grondwater, minimaliseren van de uitstoot van ammoniak naar de atmosfeer, minimaliseren van de ophoping van fosfaat of residuen van biociden in de bodem enzovoorts. Voor ontwikkelingslanden kan de doelstelling worden vertaald in termen van behoud van de totale bodemvoorraad aan macro-nutriënten, behoud van het organisch stofgehalte in de bodem, een minimale bedekking van de bodem met organisch materiaal enzovoorts.

Het gewenste produktieniveau is een belangrijke doelstelling, die in de geïndustrialiseerde wereld vooral samenhangt met het verlangen om overschotten te voorkomen (CAP) en die daarmee tevens een rol speelt bij het bevorderen van gelijkwaardige kansen voor ontwikkeling van de landbouwsector in de geïndustrialiseerde wereld en de ontwikkelingslanden (GATT). Dit zal veelal leiden tot het streven naar produktiebeperking, hetgeen voor individuele ondernemers in de sector zeker geen doelstelling zal zien, gezien de consequenties voor inkomen en de economische duurzaamheid van ondernemingen. In ontwikkelingslanden is in veel gevallen het streven naar een hoge graad van zelfvoorziening in voedsel een belangrijk argument voor verhoging van de voedselproduktie als doelstelling van de nationale regering. Er kan daarbij echter intern al van een conflict sprake zijn, wanneer ook de teelt van exportgewassen die deviezen opleveren een belangrijke doelstelling is. Voor individuele boeren, is hier waarschijnlijk vooral het vermijden van risico's een van de belangrijkste doelstellingen. Vertaling daarvan echter in termen van technische coëfficiënten is tot dusver moeilijk gebleken.

Het landelijk gebied dient niet alleen landbouwkundige doelstellingen, maar tevens ecologische, milieukundige en landschappelijke doelstellingen. Ook hiervoor geldt dat vertaling van deze doelstellingen in termen relevant voor het model vaak moeilijk is. Natuurontwikkeling zou kunnen worden gedefinieerd in termen van niet-agrarisch landgebruik, of in termen van produktiebeperking (Best et al., 1992). Ook hier geldt weer, dat meer aandacht nodig is voor het operationeel maken van deze begrippen.

8.4 De interactieve analyse

In het verloop van de interactieve analyse wordt gestreefd naar het bereiken van een technisch haalbare oplossing, met een breed maatschappelijk draagvlak, door de verschillende doelvariabelen successievelijk te optimaliseren, zo mogelijk in nauwe samenspraak met de in de oplossing geïnteresseerde belangengroepen. De 'oplossing' bestaat uit een combinatie van activiteiten (produktietechnieken) en wordt gekenmerkt door een set van waarden voor de verschillende doelvariabelen. In de eerste ronde van de optimalisatie worden de benedengrenzen voor de verschillende doelvariabelen zo laag mogelijk gezet, om er zeker van te zijn dat er een oplossing kan worden gevonden die tegelijkertijd aan alle voorwaarden voldoet.



Figuur 8.1 Grafische presentatie van de iteratieve procedure voor drie doelvariabelen. In de eerste cyclus werd het maximum aantal haalbare doelvariabelen bepaald (□) en het minimum vereiste aantal (○). In de tweede iteratiecyclus werd een minimum doelbeperking voor arbeid geïntroduceerd, die de mogelijke range voor de andere doelvariabelen verkleint. In de derde iteratie werd bovendien een minimum doelbeperking geïntroduceerd voor export.

De doelvariabelen worden dan één voor één geoptimaliseerd (gemaximaliseerd of geminimaliseerd, al naar gelang gewenst), met dus de benedengrenzen voor alle andere doelvariabelen op hun minimumwaarde. Het resultaat van deze eerste ronde levert dan een beeld van 'de wereld waarin we leven', dat wil zeggen, het geeft voor iedere doelvariabele de meest gunstige waarde die is te bereiken en tevens de meest ongunstige waarde die moet worden geaccepteerd (Fig. 8.1). Aangezien de verschillende doelvariabelen echter een verschillend beroep doen op de schaarse middelen, is de ideale oplossing, waarbij alle doelvariabelen tegelijkertijd hun meest gunstige waarde bereiken, uiterst onwaarschijnlijk. Dat betekent dat er belangentegenstellingen zijn, en dat er gezocht moet worden naar een aanvaardbaar compromis. Daartoe worden in een aantal achtereenvolgende iteraties de toegestane grenswaarden (maximaal of minimaal) van de verschillende doelvariabelen één voor één meer beperkt, en worden de optimalisaties herhaald voor de andere doelvariabelen. De keuze van de doelvariabelen die worden beperkt en de mate waarin ze worden beperkt, weerspiegelen de specifieke belangen van de 'gebruiker'. Het resultaat van deze iteratieve optimalisering is dat de 'haalbare' ruimte steeds kleiner wordt, en dat er tenslotte een situatie ontstaat, waarbij een meer bevredigende waarde voor een bepaalde doelvariabele alleen maar bereikt kan worden door toe te geven op een andere doelvariabele (Fig. 8.1). Dan is het punt bereikt, waarop de verschillende doelvariabelen 'in elkaar' uitgedrukt kunnen worden, met andere woorden, er kan dan gezegd worden 'het verhogen van de waarde van de doelvariabele werkgelegenheid met x eenheden, gaat ten koste van verlaging van het regionale inkomen met y eenheden'. Dit biedt de beleidsmaker de gelegenheid een gefundeerde keuze te maken tussen de prioriteiten die hij aan de verschillende doelstellingen wil toekennen.

8.5 Enkele voorbeelden

8.5.1 Landgebruiksplanning voor de 5e regio van Mali (West-Afrika)

De 5e regio van Mali, met Mopti als hoofdplaats, gelegen in Centraal Mali wordt gedomineerd door de centrale delta van de rivier de Niger, een vloedvlakte ter grootte van Nederland, die bij voldoende regenval ieder jaar overstroomt. De beschikbaarheid van deze grote hoeveelheden water midden in de droge Sahelzone biedt mogelijkheden voor ontwikkeling van akkerbouw, veeteelt en visserij die de potenties van de eigenlijke Sahel ver overtreffen. Er hebben zich in dit gebied in de loop van de tijd dan ook zeer efficiënte produktiesystemen ontwikkeld (Gallais, 1967). De relatief gunstige situatie in dit gebied heeft ertoe geleid, dat vele donor-organisaties, waaronder de Wereldbank, aanzienlijke investeringen hebben gedaan om het gebied te ontwikkelen. De effectiviteit van deze investeringen laat echter nogal eens te wensen over, enerzijds door onvoldoende inzicht in en kennis van de gangbare produktiesystemen, zodat niet altijd de meest kansrijke interventies zijn uitgevoerd; anderzijds heeft de al ongeveer 15 jaar durende periode met meer of

minder ernstige droogte geleid tot ernstige verstoringen in de traditionele produktiesystemen. Gecombineerd met een toenemende bevolkingsdruk en een daarmee gepaard gaande toename van de veebezetting heeft dat geleid tot overexploitatie van het gebied en degradatie van het agro-ecosysteem.

Om een beter inzicht te krijgen in de mogelijkheden en beperkingen voor landbouwkundige ontwikkelingen in het gebied is, op verzoek van de Malinese regering, een studie uitgevoerd naar huidige en mogelijke produktiesystemen in de regio, als een gezamenlijke activiteit van een lokaal onderzoeksteam (Etude sur les Systèmes de Production Rurales en 5ème Région, ESPR) en CABO-DLO.

De resultaten van deze studie zijn uitgebreid gerapporteerd in een eindverslag (Cissé & Gosseye, 1990; Van Duivenbooden & Gosseye, 1990; Veeneklaas, 1990b; Veeneklaas et al., 1990), zodat hier met een korte beschrijving van de meest essentiële elementen wordt volstaan.

De activiteiten die voor het gebied zijn gedefinieerd omvatten akkerbouw, veeteelt en visserij. Voor de eerste twee sectoren zijn technische coëfficiënten gedefinieerd voor drie typen produktietechnieken: (i) technieken die op dit moment worden toegepast, vooral extensieve technieken, (ii) technieken die worden toegepast in andere, qua agro-ecologische omstandigheden vergelijkbare gebieden en (iii) technieken die technisch mogelijk zijn, maar op dit ogenblik nog niet worden toegepast, vooral meer intensieve technieken. De technische coëfficiënten zijn voor een deel ontleend aan studies in de regio, voor een ander deel aan de resultaten van simulatiestudies. Voor alle technieken is duurzaam landgebruik als voorwaarde gesteld, hetgeen hier 'geöperationaliseerd' is via de nutriëntenhuishouding: de totale voorraad aan macro-elementen in de bodem moet constant blijven. Dit wordt bereikt door de export via producten volledig te compenseren door import via natuurlijke bronnen (braak) of via aanvoer door dierlijke mest of kunstmest. De activiteiten die betrekking hebben op de primaire produktie (akkerbouw en natuurlijke weiden) zijn zowel gedefinieerd voor een 'gemiddeld' jaar (gebaseerd op regenval in de 60 % middelste jaren), als voor een 'droog' jaar (gebaseerd op regenval in de 20 % droogste jaren). Op deze wijze wordt rekening gehouden met de risico's verbonden aan de sterk fluctuerende regenval in het gebied.

Op basis van voorkomende bodemtypen en regenval is het gebied onderverdeeld in elf agro-ecologische zones, waarvoor de simulatiestudies afzonderlijk zijn uitgevoerd. De technische coëfficiënten van de verschillende activiteiten kunnen dan ook per zone verschillen.

Competitie om grond is één van de belangrijkste verschijnselen in het gebied: op basis van de fysische en chemische eigenschappen zijn twaalf voor landbouw geschikte bodemtypen onderscheiden. Op grond van de huidige toestand, met betrekking tot degradatie bijvoorbeeld, is aan ieder bodemtype in iedere agro-ecologische zone een zogenaamde 'geschiktheidsindex' toegekend, variërend van 0 tot 1, die aangeeft welk deel van het areaal bruikbaar is. Op grond van de afstand van het land tot een permanente waterbron is een verdere indeling gemaakt van gronden geschikt voor zowel akkerbouw als veeteelt (minder dan 6 km van een waterbron), of alleen voor veeteelt (tussen 6 en 15 km, weiden zowel in de droge als in de regentijd te gebruiken; meer dan 15 km, weiden alleen in de regentijd te gebruiken). Verder zijn bepaalde gronden nog alleen geschikt verondersteld voor bepaalde gewassen; bijvoorbeeld rijst kan alleen worden verbouwd op gronden die overstro-

men. Voor produktietechnieken die voor het behoud van bodemvruchtbaarheid op natuurlijke bronnen zijn aangewezen wordt voor iedere hectare bebouwde grond een hectare braakland verondersteld.

Beschikbaarheid van arbeid, trekdieren en/of dierlijke mest kan beperkend zijn voor de schaal waarop activiteiten kunnen worden uitgevoerd. Voor iedere agro-ecologische zone is de beschikbare arbeid berekend op basis van de bevolkingsdichtheid en de participatiegraad. De bij de akkerbouwmatige activiteiten benodigde arbeid is verdeeld over zes perioden van het jaar, die samenhangen met de gewaskalender, om op die wijze piekperioden te kunnen karakteriseren. Voor de veeteelt- en visserij-activiteiten wordt alleen onderscheid gemaakt tussen de regentijd en de droge tijd. Trekdieren worden geproduceerd in een specifieke veeteeltactiviteit, terwijl in alle veeteeltactiviteiten dierlijke mest wordt geproduceerd. De beschikbaarheid van dierlijke mest voor akkerbouwmatige activiteiten hangt af van het type veeteeltactiviteit. Voor zowel arbeid, dierlijke trekkracht als dierlijke mest geldt dat de inzet beperkt is tot de per agro-ecologische zone beschikbare hoeveelheid. Uitwisseling tussen de agro-ecologische zones wordt dus niet toegestaan.

Het voor het vee beschikbare voer bestaat uit de produktie van de natuurlijke weiden, akkerbouwbijprodukten (zoals stro van granen en peulvruchten) en eventueel aangekocht krachtvoer. Ieder van deze bronnen is gedefinieerd in afhankelijkheid van hun beschikbaarheid in ruimte en tijd, en verder onderverdeeld naar kwaliteit (vooral gebaseerd op stikstofgehalte). Tenslotte zijn als mogelijke beperkingen nog ingevoerd de maximale hoeveelheid vis die gevangen mag worden, om de duurzaamheid niet in gevaar te brengen, en de minimaal in het gebied nodige lastdieren (ezels en dromedarissen).

Er zijn ongeveer twintig doelvariabelen voor ontwikkeling van het gebied gedefinieerd, om rekening te kunnen houden met de aspiraties van de verschillende belangengroepen in de regio. Hiervan is er echter maar een beperkt aantal dat ook werkelijk geoptimaliseerd wordt, en dienen de meeste om te zorgen dat bepaalde, extern gedefinieerde grenswaarden niet worden overschreden (bijvoorbeeld de uit het gebied toegestane migratie, of het toegestane tekort in de voedselproduktie). De doelvariabelen kunnen in een aantal groepen worden onderverdeeld: (i) produktie in een gemiddeld jaar, onderverdeeld in totaal graan, rijst, totale marktbaar akkerbouwproduktie (inclusief tuinbouw), totaal vlees, rundvlees, melk en de totale omvang van de veestapel; (ii) financiële doelvariabelen, onderverdeeld in totaal regionaal inkomen (gegenereerd door zowel akkerbouw, veeteelt als visserij, en berekend als waarde van de marktbaar produktie verminderd met de kosten van de aangekochte middelen, terwijl daarnaast een bijdrage per geëmigreerde arbeidskracht is verondersteld), en de toegestane inzet van financiële middelen in de totale regio, verder onderverdeeld naar akkerbouw en veeteelt; (iii) risico's in een droog jaar, onderverdeeld in toegestaan tekort aan totaal graan, aan rijst, aan totale plantaardige produktie (inclusief de tuinbouw), en het toegestane aantal dieren dat niet gevoed kan worden uit regionale voederproduktie; (iv) werkgelegenheid en emigratie uit het gebied; dit laatste kan zowel betekenen het fysiek verlaten van het gebied, als wel het verlaten van de landbouwsector.

Het bleek tijdens de studie niet mogelijk de analyse van de ontwikkelingsmogelijkheden ook daadwerkelijk in interactief contact met beleidsmakers uit te voeren, zoals de naam van de methode suggereert. Om de mogelijkheden te illustreren is

daarom gekozen voor definitie van twee ontwikkelingsscenario's, ieder bestaande uit optimalisatie van één van de doelvariabelen, in dit geval regionaal inkomen, en een specifieke set van restricties op de andere doelvariabelen. Het R (hoog risico, hoog inkomen)-scenario wordt gekarakteriseerd door het streven naar een hoog inkomen in gemiddelde jaren, een gematigd niveau van zelfvoorziening in voedsel, relatief grote risico's in droge jaren (zowel in termen van voedselproductie als van aantal dieren) en een ruime grens op de toegelaten emigratie uit het gebied.

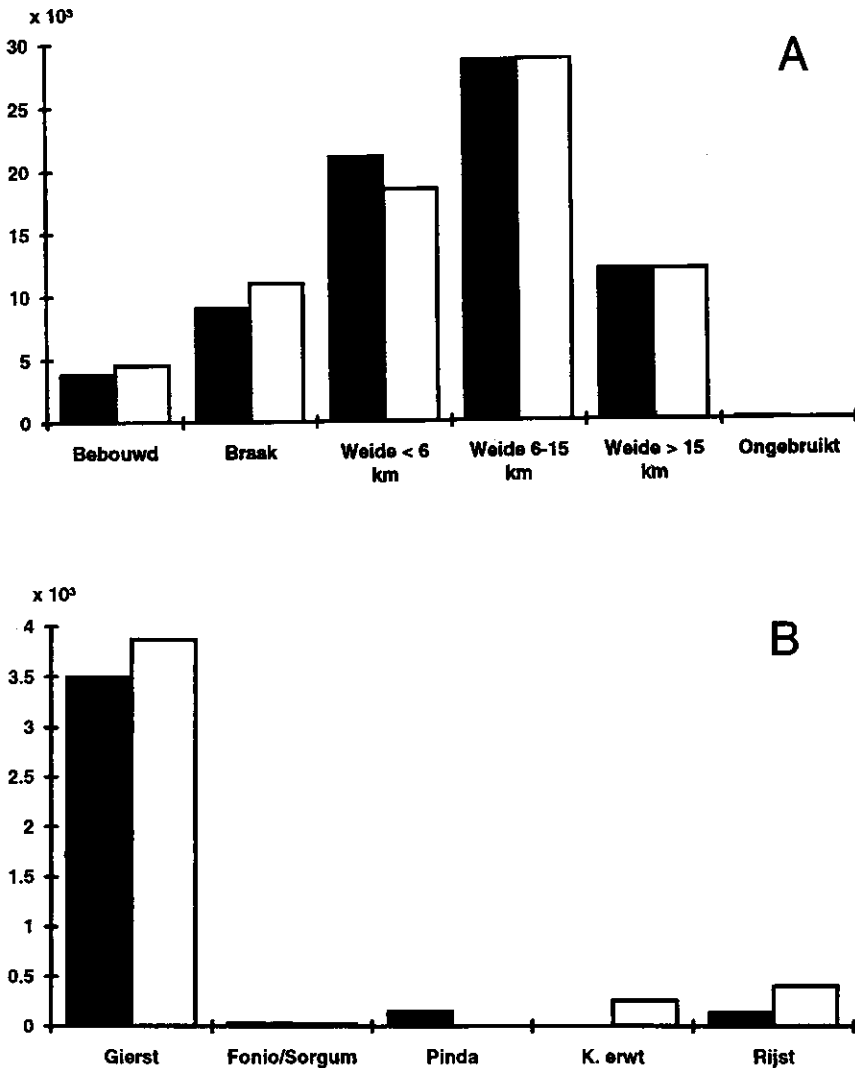
Het S ('safety first')-scenario wordt gekarakteriseerd door het streven naar een hoog niveau van zelfvoorziening in voedsel, een gelijkmatige verdeling van de productie over de verschillende agro-ecologische zones, beperkte risico's in droge jaren, een gelimiteerde emigratie en een hoge werkgelegenheid.

In Tabel 8.1 zijn de resultaten van de optimalisatie van het regionaal inkomen weergegeven wanneer van de beperkingen geldend in het R-scenario, in zes stappen wordt overgegaan naar de beperkingen geldend voor het S-scenario. Het totale regionale inkomen varieert van 66,7 miljard FCFA (222 miljoen US\$, 1990 wisselkoers) in het R-scenario tot 32,5 miljard (108 miljoen US\$) in het S-scenario. Dit komt overeen met een inkomen in geld per hoofd van de bevolking van 212 US\$ in het R-scenario en 87 US\$ in het S-scenario (daarnaast is er nog inkomen in natura in de vorm van zelfvoorziening in voedsel). De belangrijkste beperkingen in het S-scenario zijn de gelimiteerde emigratie en het beperkte aantal dieren waarvoor in droge jaren geen voedsel kan worden geproduceerd (Tabel 1). Wat betreft emigratie heeft dat twee oorzaken. In de eerste plaats moeten er meer monden lokaal gevoed worden, hetgeen de marktbaar productie vermindert, terwijl daarnaast minder extern-verdiend geld de regio binnenkomt. De restrictie op het toegestane aantal bedreigde dieren in droge jaren heeft tot gevolg dat de veestapel met bijna 300 000 stuks grootvee-eenheden afneemt, terwijl veeteelt verreweg de belangrijkste generator van inkomen is.

Tabel 8.1. Resultaten van optimalisatie van regionaal inkomen in de 5e regio van Mali onder toenemende restricties op andere doelvariabelen.

	Maximaal inkomen (miljard FCFA)
R-scenario	66,7
Emigratie < 50.000 (was <250 000 in R-scenario)	45,7
Totaal regionaal graantekort < 110 000 t millet equivalenten (was <150 000 in R-scenario)	43,1
Aantal dieren bedreigd in droog jaar <100 000 TLU (was 400 000 in R-scenario)	36,0
Rijstproductie in gemiddeld jaar > 42 000 (was > 20 000 in R-scenario)	35,2
Totale financiële inzet in akkerbouwactiviteiten < 15* 10**9 FCFA (was < 20 in R-scenario)	33,7
Werkgelegenheid > 336 000 mensjaar (was > 300 000 in R-scenario)	
S-scenario	32,5

De consequenties van verschillen in beperkingen op de doelvariabelen voor het landgebruik in de regio zijn weergegeven in Fig. 8.2. Daaruit blijkt dat in het S-scenario een groter deel van het areaal bebouwd is (4600 km²) dan in het R-scenario (3840 km²), als gevolg van de hogere graad van zelfvoorziening in voedsel die is vereist. Verreweg het grootste deel van het bebouwde areaal (bijna 90 %) wordt ingenomen door gierst, maar in het S-scenario is de teeltwijze gemiddeld 'intensiever' (6 kg/ha kunstmeststikstof gemiddeld in het R-scenario tegen 27 kg/ha in het S-scenario). Hieruit blijkt dus, dat hogere gierstproductie mogelijk is, maar gaat ten koste van het regionaal inkomen. Deze resultaten, die slechts een illustratie vormen van het soort uitkomsten dat het model genereert, kunnen gebruikt worden in gesprekken met beleidsmakers, om de consequenties van bepaalde ontwikkelingsdoelstellingen expliciet te maken.



Figuur 8.2 Totaal landgebruik (km²;A) en bebouwd areaal (km²;B) gedurende een jaar in de vijfde regio van Mali voor de twee basisscenario's; R-scenario: zwart, S-scenario: wit

8.5.2 Geïntegreerde teelt van consumptieaardappelen in de Flevopolders

De aardappelteelt in Nederland is één van de teelten, waarin zeer grote hoeveelheden bestrijdingsmiddelen worden toegepast (Anon., 1990) vooral voor grondontsmetting ter voorkoming van aardappelmoehed, noodzakelijk vanwege de vaak nauwe rotaties waarin het gewas wordt verbouwd. Meer dan de helft van de gespecialiseerde akkerbouwbedrijven heeft een bouwplan waarin aardappelen en suikerbieten 60 % of meer van het areaal beslaan. In de Structuurnota Landbouw wordt dan ook speciale aandacht aan deze teelt besteed, waarbij als doelstelling is geformuleerd dat het gebruik van grondontsmettingsmiddelen in het jaar 2000 met 80 % moet zijn verminderd ten opzichte van 1985.

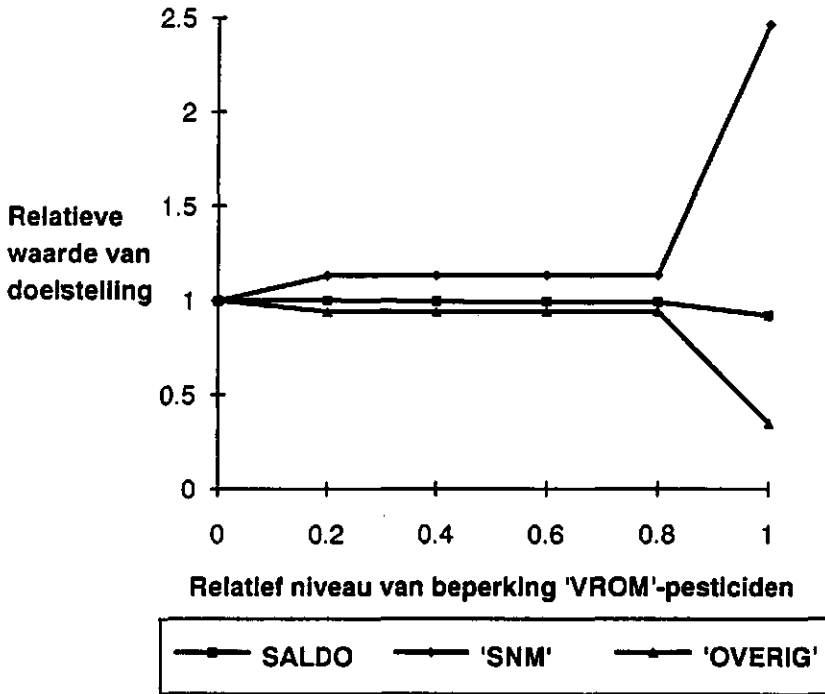
In het kader van het onderzoek naar geïntegreerde bedrijfssystemen in de akkerbouw is een analyse uitgevoerd naar de mogelijkheden voor de geïntegreerde teelt van aardappelen (verweving van economische en ecologische doelstellingen). Een uitgebreide beschrijving van deze activiteit is gegeven door Schans (1991, 1990), zodat hier slechts de meest essentiële elementen worden gepresenteerd.

De analyse is uitgevoerd voor het zeekeleigebied van de Flevopolders, een keuze die vooral is ingegeven door het feit dat vrij veel onderzoeksgegevens uit dit gebied beschikbaar waren. Omdat het om een verkenning van de mogelijkheden voor strategische beslissingen gaat, is uitgegaan van gemiddelde regionale weersomstandigheden, dus zonder rekening te houden met de variabiliteit van jaar-tot-jaar. Aangenomen is, dat de helft van het beschikbare areaal besmet is met *Globodera rostochiensis* en de andere helft met *G. pallida*, de verwekkers van aardappelmoehed. Er is een computerprogramma ontwikkeld, aangeduid als 'produktiesystemen generator' (PSG), dat de technische coëfficiënten genereert van verschillende 'activiteiten', die bestaan uit combinaties van teeltmethoden en -technieken. De relevante componenten van de activiteiten betreffen: (i) vruchtwisseling (variërend van 1:3 tot 1:6), (ii) ras (drie rassen zijn opgenomen, 'Bintje', 'Santé' en 'Van Gogh', met als voornaamste onderscheid de mate van resistentie tegen aardappelcysteeltjes), (iii) plantafstand (30, 45 cm), (iv) bron van de benodigde fosfor en kali (dierlijke mest of kunstmest), (v) stikstofgift (variërend van 50 tot 300 kg/ha), (vi) niveau van inzet van pesticiden (varierend van geen gebruik tot een hoge inzet inclusief grondontsmetting). Door combinatie van de verschillende componenten kan een totaal van 5184 verschillende teeltsystemen gedefinieerd worden.

Bij het kwantificeren van de technische coëfficiënten voor de verschillende teeltwijzen is ervan uitgegaan dat de fosfaat- en kalitoestand van de grond binnen de landbouwkundige streefwaarden ligt, en dat er behalve door aardappelcysteeltjes schade kan worden toegebracht door lakschurft, aardappelziekte, toprol en door onkruiden.

De gewasopbrengsten voor de verschillende teeltwijzen worden afgeleid van een 'basisopbrengst', haalbaar onder optimale groeiomstandigheden gedefinieerd op grond van experimentele gegevens. Deze opbrengsten worden vervolgens 'gecorrigeerd' door effecten van vruchtwisseling, ras, en N-bemesting te kwantificeren. Vervolgens worden de effecten van ziekten, plagen en onkruiden in rekening

gebracht, gedefinieerd in afhankelijkheid van het teeltsysteem (vruchtwisseling, ras, met name de mate van resistentie, niveau van pesticideninzet en N-bemesting). Zoals eerder aangegeven, is het formuleren van de doelstellingen een essentieel onderdeel van het toepassen van deze methodiek. In deze studie is gekozen voor een landbouwkundige doelstelling: maximalisatie van het saldo van de vruchtwisseling (gedefinieerd bij volledige eigen mechanisatie), en een milieukundige doelstelling: minimalisatie van de inzet van bestrijdingsmiddelen.



Figuur 8.3 Saldo van rotatie, inzet van 'SNM'-pesticiden in aardappel en inzet van 'overige' pesticiden in aardappel bij toenemende beperking op gebruik van 'VROM'-pesticiden

Het saldo wordt berekend als de totale baten verminderd met de toegerekende kosten van de aardappelteelt, plus de saldo's, gemiddeld per hectare, van de andere gewassen in de rotatie. Bij het berekenen van het saldo is uitgegaan van vaste prijzen op het niveau van 1990. Daarbij is de prijs van 'Bintje' hoger dan die van de overige twee rassen, en die van knollen groter dan 55 mm hoger dan die van kleinere knollen. Met betrekking tot de bestrijdingsmiddelen wordt onderscheid gemaakt tussen drie 'typen' middelen: de 'VROM-middelen', die voorkomen op de zwarte lijst van VROM; de middelen die hieraan zijn toegevoegd door de Stichting Natuur en Milieu ('SNM-middelen'); en de overige middelen. Bij de optimalisatie worden de drie groepen afzonderlijk behandeld.

In de eerste optimalisatieronde wordt een maximaal saldo van Dfl. 3900/ha berekend, bij een ongelimiteerde inzet van bestrijdingsmiddelen. Hierbij hoort een inzet van 100 kg/ha aan 'VROM-middelen', 6 kg/ha aan 'SNM-middelen' en 0,4 kg/ha aan 'overige' middelen, alles uitgedrukt in actieve stof. Het hierbij behorende teeltsysteem bestaat uit een 1:3 rotatie van aardappelen, met het ras 'Bintje' afgewisseld

met 'Van Gogh' op het areaal besmet met *G. rostochiensis*, en 'Bintje' in combinatie met grondontsmetting op de rest van het areaal; de totale N-gift bedraagt 275 kg/ha.

Vanuit deze uitgangssituatie kan het gebruik van 'VROM-middelen' stapsgewijs worden beperkt, waarbij een volledig verbod leidt tot een daling van het saldo tot 92 % van de maximale waarde (Fig. 8.3). In deze situatie stijgt het aandeel van 'Santé' en 'Van Gogh' in het teeltsysteem tot het extern gedefinieerde productiequotum; op een deel van het areaal wordt een 1:4-rotatie ingevoerd; de N-gift en het gebruik van bestrijdingsmiddelen verminderen. Ter vervanging van de 'VROM-middelen' neemt het gebruik van 'SNM-middelen' toe tot ongeveer het dubbele van de uitgangssituatie, terwijl het gebruik van 'overige' middelen met 35 % afneemt.

Een verdere beperking van de inzet van bestrijdingsmiddelen, waarbij ook de 'SNM-middelen' worden verboden, leidt nog steeds tot een haalbare oplossing, waarbij het maximale saldo daalt tot 79 % van de oorspronkelijke waarde. Hierbij is de chemische onkruidbestrijding vervangen door mechanische bestrijding en moet schade door andere organismen worden geaccepteerd.

Hoewel deze analyse gebaseerd is op sterk vereenvoudigde beschrijvingen van de produktiesystemen, waarbij met name voor geïntegreerde systemen de technische coëfficiënten met voorzichtigheid moeten worden bekeken, vanwege de ontbrekende experimentele basis, geven de resultaten aan dat er mogelijkheden zijn voor veranderingen in de teeltwijze van aardappelen. Deze resultaten vormen de basis voor advisering van ondernemers met betrekking tot de invoering van geïntegreerde produktietechnieken. Er kan eveneens worden geanalyseerd wat de 'kosten' zijn in termen van saldo, wanneer bepaalde pesticiden verboden zouden worden, hetgeen een uitgangspunt vormt voor discussie op beleidsniveau.

8.5.3 Geïntegreerde melkveehouderij op zandgrond

Melkveehouderij is economisch een belangrijke sector in de Nederlandse landbouw, die rond de 40 % bijdraagt aan de totale toegevoegde waarde. In de laatste decenia heeft een sterke intensivering van de bedrijven in deze sector plaatsgevonden, hetgeen geïllustreerd kan worden aan de aan- en afvoer van stikstof in kunstmest en krachtvoer, die steeg van 78 miljoen kg in 1950 naar 532 miljoen kg in 1985, terwijl de afvoer van stikstof in melk en vlees over dezelfde periode slechts steeg van 36 tot 83 miljoen kg (Ketelaars & Van de Ven, 1992). Dit geeft tevens het grote probleem van deze sector aan: een sterke toename van verliezen aan stikstof per kg aangevoerde stikstof. Deze verliezen dragen voor een belangrijk deel bij aan milieuproblemen, met name door de uitstoot van ammoniak (ongeveer 25 % van het totale overschot in 1985) die bijdraagt aan zure regen en door nitraatuitspoeling (die minder nauwkeurig is aan te geven, omdat met name het aandeel van denitrificatie moeilijk is te kwantificeren, maar ongeveer de helft van het overschot lijkt een redelijke schatting), die bijdraagt aan de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater, met gevaren voor de menselijke gezondheid. Daarnaast blijken ook aanzienlijke overschotten aan fosfor en kali op te treden, hetgeen onder meer heeft geleid tot een sterke toename in het areaal 'fosfaatverzadigde' gronden (Breeuwsm

et al., 1990). Omdat echter de stikstofproblematiek op dit ogenblik het grootst lijkt, wordt hier de aandacht op dat element geconcentreerd.

De voornaamste oorzaak van de grote verliezen van stikstof is een sterke 'overbemesting', zowel met dierlijke mest (vooral op maïsland, Schröder & Ten Holte, 1992) als met kunstmest, vooral op grasland. Om duurzaam landgebruik in deze sector mogelijk te maken, is het dus noodzakelijk produktiesystemen te ontwikkelen, die bij een veel lagere inzet van met name stikstof, toch een vergelijkbaar niveau van produktie handhaven.

Om de mogelijkheden voor ontwikkeling van dergelijke geïntegreerde produktiesystemen in de melkveehouderij te onderzoeken, wordt een modelmatige analyse uitgevoerd naar de mogelijkheden tot aanwending van dierlijke mest in ruwvoederproduktiesystemen binnen landbouwkundig, milieutechnisch en economisch gedefinieerde randvoorwaarden. De studie concentreert zich op goed ontwaterde zandgronden, waar het grootste deel van deze sector is geconcentreerd.

De 'activiteiten' in de matrix kunnen worden onderscheiden in landgebruiksactiviteiten (produktie van gras, maïs en suikerbieten), activiteiten die de N-stromen in dierlijke mest beschrijven en activiteiten betrekking hebbend op de voedervoorziening van de dieren. Technische coëfficiënten voor graslandproduktie worden weer gegenereerd met een 'produktiesystemen generator', GRASMOD (Van de Ven, 1992). Met betrekking tot grasland worden drie gebruikswijzen onderscheiden: zomerstalvoeding, onbeperkt omweiden en beperkt omweiden. Deze gebruikswijzen beïnvloeden de relatie tussen de jaarlijkse N-opname en de drogestofproduktie, voornamelijk omdat exploitatie plaatsvindt bij verschillende hoeveelheden oogstbare drogestof. Vanuit deze relatie wordt de jaarlijkse kunstmestbehoefte berekend, rekening houdend met exogeen gedefinieerde hoeveelheden beschikbare stikstof uit mineralisatie en depositie, en een van de hoogte van de gift afhankende 'recovery'-fractie. Het geproduceerde gras wordt door melkkoeien geconsumeerd, waarbij een van de gebruikswijze afhankelijk deel van de opgenomen N verloren gaat als beweidings- of oogstverlies.

De veebezetting wordt, in afhankelijkheid van het jaarlijkse melkproduktieniveau (5000, 6500 of 8000 kg, respectievelijk) afgeleid uit de met het gras geproduceerde energie en de energiebehoefte van de koeien bij dat produktieniveau. Bij beperkt omweiden en naar keuze bij zomerstalvoeding wordt aan het rantsoen een deel snijmaïs toegevoegd, dat 's nachts op stal wordt vervoerd.

Een deel van de opgenomen N wordt afgevoerd in vlees en melk, het restant wordt uitgescheiden in urine en faeces. Een deel van deze mest komt in de stal terecht, waaruit verliezen kunnen optreden door ammoniakemissie, een ander, van de gebruikswijze afhankelijk deel, in de weide. Dit wordt gedeeltelijk door het gras opgenomen, terwijl een ander deel verloren gaat door vervluchtiging als ammoniak of uitspoeling als nitraat. De nitraatuitspoeling is gedefinieerd in afhankelijkheid van de totale anorganische stikstofgift, gebaseerd op empirische gegevens, terwijl vervluchtiging is gedefinieerd als vaste fractie van de N in de drogestofverliezen, urine-N en faeces-N.

In de urine- en faecesplekken komt extra N terecht. De N die niet vervluchtigt, wordt voor de faecesplekken aan de organische voorraad toegevoegd. Uit de urineplekken wordt een deel door het gewas opgenomen, waardoor extra produktie ontstaat, en spoelt een deel uit omdat de N-belasting in deze plekken zeer hoog

wordt. Er wordt gebruik gemaakt van een stochastische verdeling van de urine- en faecesplekken over het land, waarvoor afzonderlijke berekeningen worden uitgevoerd, die vervolgens worden geaggregeerd per eenheid oppervlak. Het gras kan op stal vers worden vervoerd, als kuilvoer, of als gedroogd gras.

Naast grasland wordt in de matrix verbouw van maïs en voederbieten gedefinieerd. Voor maïs zijn 16 produktietechnieken gedefinieerd, als combinatie van stikstof-niveau, stikstof-toedieningswijze (breedwerpig, plaatsing in de rij), al of niet gecombineerd met een wintergewas, en gericht op produktie van kuilvoer, of van maïskolvenschroot.

Voor voederbieten zijn voorlopig alleen twee niveaus van stikstofbemesting onderscheiden.

De stikstofbemesting kan worden toegediend als kunstmest of als dierlijke mest, waarbij voor de laatste voor grasland onderscheid wordt gemaakt tussen oppervlakkige aanwending, injectie, of inregenen, terwijl op bouwland geïnjecteerd wordt of direct ondergewerkt, met eenzelfde effect.

De voederbehoefte van de koeien wordt gedefinieerd in termen van energie, darmverteerbaar eiwit en structureel materiaal, voor de winter- en zomerperiode apart. Voor definitie van de voederactiviteiten wordt onderscheid gemaakt tussen de zomer- en de winterperiode, omdat vers gras alleen in de zomerperiode beschikbaar is, terwijl kuilvoer, gedroogd gras en voederbieten alleen vervoerd kunnen worden in de winter. Naast het geproduceerde ruwvoer of de krachtvoervervanging (voederbieten, maïskolvenschroot of gedroogd gras), bestaat de mogelijkheid in de voederbehoefte te voorzien door het aankopen van krachtvoer. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen eiwitarm, 'normaal', eiwitrijk en hoog-eiwit krachtvoer. Voor de huidige studie zijn als doelvariabelen geformuleerd: minimalisering van de nitraatuitspoeling, minimalisering van de ammoniakemissie, minimalisering van het stikstofoverschot in de mest, maximalisering van het inkomen (gedefinieerd als het verschil tussen verkopen en aankopen), arbeidsbehoefte (die afhankelijk van het scenario, zowel kan worden geminimaliseerd (hoge arbeidsproduktiviteit) als gemaximaliseerd (behoud van arbeid in de sector)), en natuurontwikkeling, in eerste instantie uitgedrukt in niet-produktieve bedrijfsoppervlakte.

Op dit ogenblik wordt de laatste hand gelegd aan het kwantificeren van de technische coëfficiënten en het ontwikkelen van de activiteitenmatrix, zodat nog geen concrete resultaten beschikbaar zijn. Gezien echter het belang van het onderwerp, en als illustratie van het type onderzoek dat bij CABO-DLO wordt uitgevoerd, is deze studie hier toch behandeld.

8.6 Conclusies

Analyse van de mogelijkheden voor de ontwikkeling en invoering van geïntegreerde produktiesystemen is een manier om een indruk te krijgen van de haalbaarheid van gewenste ontwikkelingen. Deze produktiesystemen worden gekenmerkt door verbrede doelstellingen, en het is dus noodzakelijk een breed scala aan produktietechnieken te definiëren die op verschillende manier bijdragen aan realisatie van de verschillende doelstellingen. Toepassing van een multi-criteria beslissingsmethode, zoals de Interactieve Meervoudige Doelprogrammering, zoals geïllustreerd in deze 102

bijdrage, biedt de mogelijkheid de opties voor landbouwkundige ontwikkeling te verkennen onder verschillende technische en sociaal-economische omstandigheden. De benadering is in eerste instantie technisch gericht, dat wil zeggen dat niet-kwantificeerbare sociaal-economische en politieke overwegingen, zoals eigendomsrechten op de produktiefactoren, inkomensverdeling of sociaal en economisch gedrag, niet in de analyse worden betrokken. Dat heeft het voordeel dat technische en economische beperkingen voor bepaalde ontwikkelingen gemakkelijk geïdentificeerd kunnen worden, maar heeft als nadeel dat geen informatie kan worden gegeven met betrekking tot de meest adequate maatregelen om gewenste ontwikkelingen ook inderdaad tot stand te brengen of te stimuleren. Om de analyse af te ronden is dus een 'post-model'-fase nodig, waarin de modelresultaten worden geëvalueerd in termen van bijvoorbeeld sociale aanvaardbaarheid.

De modelresultaten, bestaande uit technisch haalbare ontwikkelingsopties voor een gegeven combinatie van waarden voor de verschillende doelvariabelen, de kosten van meer volledige realisatie van één van de doelvariabelen in termen van wat moet worden toegegeven op de andere doelvariabelen, en de combinatie van produktietechnieken die tot de gewenste ontwikkeling leidt, kunnen dienen als basis voor onderhandelingen tussen verschillende belangengroepen. Ze bieden een mogelijkheid om de consequenties van verschillende beleidsopties expliciet te maken, en kunnen daardoor de discussies verhelderen.

Uit toepassing van de methode onder verschillende omstandigheden en voor verschillende produktiesystemen, blijkt dat 'operationalisering' van het begrip duurzaamheid hoge prioriteit verdient in het onderzoek. Gebruik van nutriëntenbalansen om één van de belangrijke aspecten te beschrijven, werkt bevredigend, maar voor vertaling en kwantificering van ecologische en milieukundige doelstellingen naar voor modelanalyse relevante doelvariabelen, is nog geen bevredigende oplossing gevonden.

Het moge duidelijk zijn, dat de modelresultaten geen 'toekomstvoorspelling' zijn, omdat de werkelijke ontwikkelingen niet alleen worden bepaald door de technische en economische randvoorwaarden, maar ook in hoge mate door moeilijk of niet te kwantificeren en daarom niet in het model opgenomen sociale en maatschappelijke ontwikkelingen. Als instrument om mogelijkheden te verkennen en zodoende te dienen als basis voor scenario-studies en voor communicatie tussen onderzoekers en beleidsmakers bieden ze echter goede mogelijkheden.

8.7 Referenties

Aarts, H.F.M., E.E. Biewinga, G. Bruin, B. Edel & H. Koorevaar, 1988.

Melkveehouderij en milieu. Een aanpak voor het beperken van mineralenverliezen. Verslag 79, CABO-DLO, Wageningen, 136 pp.

Anonymus, 1990.

Rapportage Werkgroep Akkerbouw. Achtergronddocument Meerjarenplan Gewasbescherming. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, 103 pp.

Best, E.P.H., M.J.M. Oomes & F. Berendse, 1992.

De stikstofkringloop in een niet bemest graslandecosysteem; effecten van ingrepen in hydrologie en beheer. In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (Eds) Stikstofkringlopen in agro-ecosystemen. Agrobiologische thema's 6, CABO-DLO, Wageningen, 19-32.

Breeuwsma, A., J.G.A. Reijerink & O.F. Schoumans, 1990.

Fosfaatverzadigde gronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied. Rapport 68, DLO-Staring-centrum, 63 pp.

Breman, H., 1990.

No sustainability without external inputs. In: Beyond adjustment: Sub-Saharan Africa, DGIS, Project Group Africa, 124-134.

Cissé, S. & P.A. Gosseye (Eds.), 1990.

Competition pour des ressources limitées: Le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 1: Ressources naturelles et population. Centre des Recherches Agrobiologiques (CABO-DLO), Wageningen, Pays-Bas/Etude sur les Systèmes de Production Rurales en 5ème Région (ESPR), Mopti, Mali, 106 pp.

Duivenbouden, N. van & P.A. Gosseye (Eds.), 1990.

Competition pour des ressources limitées: Le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 2: Productions végétales, animales et halieutiques. Centre des Recherches Agrobiologiques (CABO-DLO), Wageningen, Pays-Bas/Etude sur les Systèmes de Production Rurales en 5ème Région (ESPR), Mopti, Mali. 266 pp.

Gallais, J., 1967.

Le Delta intérieur du Niger. Tome I. Mémoires de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire (IFAN) no. 79, Dakar, Senegal.

Gliessman, S.R., 1990.

Quantifying the agroecological component of sustainable agriculture: A goal. In: S.R. Gliessman (Ed.) Agroecology. Researching the ecological basis for sustainable agriculture. Ecological Studies, Vol. 78, Springer Verlag, Berlin, 366-370.

Goossens F.R. & P.C. Meeuwissen (Eds.), 1990.

Advies van de Commissie Stikstof. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 9, DLO, Wageningen. 93 pp. + annexes.

Ketelaars, J.J.H.M. & G.W.J. van de Ven, 1992.

Stikstofbenutting en -verliezen in produktiegrasland. In: H.G. van der Meer, H.G. & J.H.J. Spiertz (Eds) Stikstofstromen in agro-ecosystemen. Agrobiologische Thema's 6, CABO-DLO, Wageningen, 33-49.

Keulen, H. van & H. Breman, 1990.

Agricultural development in the West African Sahelian region: a cure against land hunger? Agriculture, Ecosystems and Environment 32, 177-197.

Koning, G.H.J. de, H. Janssen & H. van Keulen, 1992.

Input and output coefficients of various cropping and livestock systems in the European Communities. Rapport W62, Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, Den Haag, 71 pp.

Mellor, J.W., 1988.

The intertwining of environmental problems and poverty. Environment 30, 8-13 en 30-36.

Pol, F. van der, 1992.

Soil mining: an unseen contributor to farm income in southern Mali. Bulletin 325, Royal Tropical Institute, Amsterdam, 47 pp.

Schans, J., 1990.

Systeemanalyse en synthese van geïntegreerde bedrijfsvoering. In: M. Hoogerkamp, M. & R. Rabbinge (Eds.) Gewasoecologie in relatie tot gewasbescherming. Agrobiologische Thema's 3, CABO-DLO, Wageningen, 9-18.

- Schans, J., 1991.
Optimal potato production systems with respect to economic and ecological goals. *Agricultural Systems* 37, 387-397.
- Schröder, J. & L. ten Holte, 1992.
Stikstofbenutting en -verliezen in maïsteeltsystemen. In: H.G. van der Meer, H.G. & J.H.J. Spiertz (Eds.) *Stikstofstromen in agro-ecosystemen. Agrobiologische thema's 6*, CABO-DLO, Wageningen, 71-85.
- Seligman, N.G., 1990.
The crop model record: promise or a poor show. 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 Monograph no. 34*, Pudoc, Wageningen, 249-263.
- Technical Advisory Committee, 1987.
Sustainable agricultural production: implications for International Agricultural Research, TAC-Secretariat, FAO, Rome, 69 pp.
- Veeneklaas, F.R., 1990a.
Dovetailing technical and economic analysis. Ph.D. Thesis, Erasmus University, Rotterdam. 159 pp.
- Veeneklaas, F.R., 1990b.
Competition pour des ressources limitées: Le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 3: Description formelle du modèle d'optimisation. Centre des Recherches Agrobiologiques (CABO-DLO), Wageningen, Pays-Bas/Etude sur les Systèmes de Production Rurales en 5ème Région (ESPR), Mopti, Mali. 62 pp.
- Veeneklaas, F.R., S. Cissé, P.A. Gosseye, N. van Duivenbooden & H. van Keulen, 1990.
Competition pour des ressources limitées: Le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 4: Scénarios de développement. Centre des Recherches Agrobiologiques (CABO-DLO), Wageningen, Pays-Bas/Etude sur les Systèmes de Production Rurales en 5ème Région (ESPR), Mopti, Mali, 182 pp.
- Ven, G.W.J. van de, 1992.
GRASMOD, a grassland management model to calculate nitrogen losses from grassland. Verslag 158, CABO-DLO, Wageningen.
- Vereijken, P., 1989.
Experimental systems of integrated and organic wheat production. *Agricultural Systems* 30, 187-197.
- Vereijken, P. & D.J. Royle (Eds.), 1989.
Current status of integrated farming systems research in Western Europe. *WPRS Bulletin* xii/5, 76 pp.
- Vereijken, P. & H.G. van der Meer, 1988.
Geïntegreerde bemesting: onbekend maakt onbemind? *Landbouwkundig Tijdschrift* 100, 19-22.
- Wereldbank, 1988.
Sustainable resource management in agriculture and rural development projects: a review of Bank policies, procedures and results. Environment Department, World Bank, Washington.
- Wit, C.T. de, 1989.
Problemen van duurzaamheid in de landbouw. *Landbouwkundig Tijdschrift* 101, 18-20.
- Wit, C.T. de, 1988.
Environmental impact of the CAP. *European Review of agricultural Economics* 15, 283-296.
- Wit, C.T. de, H. Huisman & R. Rabbinge, 1987.
Agriculture and its environment: Are there other ways? *Agricultural Systems* 23, 211-236.
- 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, 211-230.
- York, E.T., 1988.
Improving sustainability with agricultural research. *Environment* 30, 19-20 en 36-40.

De auteurs

Dr. ir. M. Blom-Zandstra

Greet Blom-Zandstra (37) studeerde Moleculaire Wetenschappen aan de LUW. Zij werkte in 1980 enkele maanden als practicum-assistent aan de LUW-vakgroep Organische Chemie en gaf een jaar les in de vakken organische chemie en analytische chemie bij de avondopleiding van de analistenopleiding in Arnhem (OLAN). Vanaf eind 1980 werkt zij bij het CABO-DLO. Zij heeft onderzoek verricht naar de fysiologische achtergrond van nitraataccumulatie in sla. Op 13 juni 1990 promoveerde zij aan de Rijksuniversiteit Utrecht op het proefschrift 'Some physiological aspects of nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Momenteel doet zij onderzoek naar het sluitingsmechanisme van huidmondjes, waarbij zij zich voornamelijk richt op de membraanfysiologische aspecten hiervan.

Dr. S.C. van de Geijn

Siebe van de Geijn (48) studeerde Experimentele Natuurkunde aan de Rijksuniversiteit in Utrecht. Na zijn afstuderen trad hij in dienst bij het toenmalige Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw (ITAL) te Wageningen. In 1976 promoveerde hij aan de RU Utrecht op het proefschrift 'A Non-destructive Spectrometric Determination of the Internal Repartition of Beta-Emitting Isotopes in Live and Inert Material'. Hij werkte vervolgens aan transportprocessen in planten, opname en complexatie van sporenelementen, rhizosfeeronderzoek en omzettingen van organische stof door de bodembiomassa. In 1987 trad hij in dienst van het CABO-DLO als hoofd van de afdeling Gewas en Graslandkunde. Sinds 1991 is hij hoofd van de afdeling Plantenfysiologie. Hij is sterk betrokken bij nationaal en internationaal onderzoek met betrekking tot klimaatverandering en effecten van stijgende CO₂-concentraties.

Dr.ir. A.J. Haverkort

Anton Haverkort studeerde Landbouwplantenteelt aan de Landbouwhogeschool Wageningen. Van 1978 tot 1987 werkte hij successievelijk als assistent deskundige, projectleider en regionaal vertegenwoordiger voor het Internationaal Aardappelcentrum (CIP) in Turkije, Rwanda en Tunesië. In 1985 promoveerde hij aan de Universiteit van Reading (UK) op de omgevingsinvloeden die de relatie tussen opgevangen zonnestraling en de groei van het aardappelgewas in de tropen beïnvloeden. Vanaf 1987 verricht hij onderzoek op het CABO-DLO naar de effecten van bodempathogenen op de gewasgroei van aardappel, tevens is hij vanaf 1991 hoofd van de afdeling Gewasfysiologie en -Oecologie.

Dr.ir. M. Hoogerkamp

Meindert Hoogerkamp (1936) studeerde in 1961 af aan de Landbouwhogeschool te Wageningen; het ingenieursexamen omvatte de vakken: de landbouwplantenteelt, de leer van het grasland, de fytopathologie en de regionale bodemkunde.

Op 6 april 1984 vond promotie aan de Landbouwuniversiteit plaats op het proefschrift 'Changes in productivity of grassland with ageing'. De laatste jaren is hij hoofd van de afdeling Onkruidfysiologie en -Oecologie van het CABO-DLO.

Dr.ir. J. Ketelaars

Jan Ketelaars studeerde van 1970 tot 1976 Tropische Plantenteelt aan de Landbouwhogeschool Wageningen. In 1982 trad hij als wetenschappelijk ambtenaar in dienst van het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek te Wageningen waarvoor hij aanvankelijk een studie verrichtte naar de mogelijkheden voor dierlijke productie op Sahel-graslanden. Vanaf 1986 is hij belast met onderzoek naar de voederkwaliteit van rûwvoerders. Resultaten van dit onderzoek vormden mede de basis voor een gezamenlijk proefschrift, getiteld 'Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants' (Ketelaars, J.J.M.H. & B.J. Tolkamp, 1991). Sinds 1990 richt zijn werk zich in toenemende mate op de benutting van nutriënten in de melkveehouderij in relatie tot de veevoeding en de bemesting van grasland.

Dr. L.A.P. Lotz

Bert Lotz (1958) studeerde biologie, met als hoofdvak plantenoecologie, aan de Rijksuniversiteit Groningen. Hij behaalde zijn doctoraalexamen in 1984 en begon aansluitend een promotieonderzoek bij het Instituut voor Oecologisch Onderzoek. Dit onderzoek naar fenotypische plasticiteit en genetische differentiatie in kenmerken van de levenscyclus van de Grote Weegbree is beschreven in het proefschrift 'Variation in life-history characteristics between and within populations of *Plantago major* L.' Sinds 1987 is hij in dienst bij het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) waar hij interacties tussen gewassen en onkruiden onderzoekt. Doel van het onderzoek is om op grond van nieuw inzicht in oecologische en fysiologische processen met betrekking tot concurrentie en populatiedynamica van onkruiden bouwstenen aan te dragen voor de ontwikkeling van strategieën van onkruidbeheersing in duurzame landbouw. Sinds 1991 is hij plaatsvervangend hoofd van de afdeling Onkruidfysiologie en -oecologie en voorzitter van de werkgroep 'Crop-weed interactions' van de European Weed Research Society.

Ir.H.Naber

Henk Naber (54) studeerde Planteziektenkunde aan de Landbouwuniversiteit Wageningen. Van 1963-1967 werkte hij bij een agrochemische industrie aan de ontwikkeling van nieuwe bestrijdingsmiddelen. Daarna was hij actief in de voorlichting bij het Rijkslandbouwconsulentschap voor Planteziekten en Onkruidbestrijding. In 1972 is hij bij de Planteziektenkundige Dienst begonnen in het onkruidkundig onderzoek, dat zich vooral toe spitste op het keuringsonderzoek van herbiciden. Sinds 1978 was hij als hoofd van de afdeling Onkruidkunde en Onkruid-

bestrijding nauw betrokken bij het toelatings gebeuren van bestrijdingsmiddelen. In 1989 maakte hij de overstap naar de Landbouwwuniversiteit, waar hij bij de vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde werd aangesteld als universitair hoofddocent voor de onkruidkunde in teelten.

Dr. M. van Oijen

Marcel van Oijen werd op 17 augustus 1959 te Nijmegen geboren. Na het Gymnasium begon hij in 1977 met de studie biologie aan de Rijksuniversiteit Utrecht. In 1981 behaalde hij het kandidaatsdiploma in de *mathematische biologie*. In 1985 volgde het doctoraalexamen met als hoofdvak *oecofysiologie* en als bijvakken *wijsbegeerte van de biologie*, *theoretische teeltkunde* en *informatica*. In 1985 werd hij aangesteld op de Stichting voor Plantenveredeling (SVP, tegenwoordig onderdeel van het CPRO) en assisteerde bij de ontwikkeling van *simulatiemodellen* in het onderzoek van C.J.T. Spitters. In 1986 volgde de aanstelling tot onderzoeker op de SVP, die in september 1991 leidde tot het proefschrift '*Identification of the major characteristics of potato cultivars which affect yield loss caused by late blight*'. Sinds juli 1990 werkt hij op het CABO aan de ontwikkeling van *simulatiemodellen* voor de effecten van aardappelvysteaaltjes op *fysiologie* en *opbrengstvorming* bij aardappel.

Dr. F.W.T. Penning de Vries

Frits Penning de Vries (1946) studeerde biologie aan Katholieke Universiteit van Nijmegen. Van 1969 tot 1981 was hij medewerker bij de vakgroep Theoretische Teeltkunde van de Landbouw Hogeschool, en promoveerde in 1973 op een *biochemisch-fysiologisch* onderwerp. Daarna was hij medewerker van het CABO-DLO, werkte van 1987 tot 1991 op het International Rice Research Institute op de *Filippijnen*, en is sindsdien hoofd van de afdeling *Agrosysteemkunde* bij het CABO-DLO. Hij was betrokken bij enkele grote landbouwkundige onderzoeksprojecten in ontwikkelingslanden. Hij is (mede)auteur van ongeveer 100 publicaties en (mede)redacteur van 5 boeken op het gebied van *plantaardige productie* en *simulatie*.

Ir. J. Schans

Jan Schans (33) studeerde *Planteziektekunde* aan de LUW. Van 1984 tot 1988 heeft hij onderzoek verricht aan de *schade-effecten* en *populatiedynamiek* van aardappelvysteaaltjes, bij de vakgroepen *Nematologie* en *Theoretische Productie-Ecologie*. Sinds 1988 is hij in dienst van het CABO-DLO, waar hij zich wijdt aan *modelmatig* onderzoek van *bedrijfssystemen* voor *akkerbouw*, ter ondersteuning van de *introductie* van *geïntegreerde akkerbouw* in de praktijk.

Dr.ir. J.H.J. Spiertz

Huub Spiertz (1941) is sinds 1986 directeur van het DLO-Centrum voor *Agrobiologisch Onderzoek*. Voordien was hij van 1983 tot 1986 directeur van het Proefstation voor *Akkerbouw- en Groenteteelt* in de Vollegrond (PAGV) te Lelystad.

Als gewasfysiologisch onderzoeker was hij van 1967 tot 1978 werkzaam bij de Landbouwniversiteit en vervolgens tot 1983 bij CABO-DLO. In de periode 1979 tot 1983 vervulde hij de functies van afdelingshoofd Gewaskunde en adj./plv.-directeur bij CABO-DLO. Zijn promotie-onderzoek betrof de rol van de stikstof- en koolstofhuishouding bij de korrelvulling van tarwe. Als onderzoeker was hij vanaf 1980 betrokken bij de ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen (met name proefbedrijf OBS te Nagele) en de laatste jaren bij de opzet van het proefbedrijf Melkveehouderij en Milieu. In de periferie van het onderzoek gaf hij als voorzitter leiding aan het opstellen van het rapport Biotechnologie en Ethiek (KNBIB, 1990) en van het Advies van de Commissie Stikstof. Tevens vervult hij vanaf 1990 het voorzitterschap van de Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen (NAK).

Mw.ir. G.J.W. van de Ven

Gerrie van de Ven studeerde Landbouwplantenteelt aan de Landbouwniversiteit Wageningen, met als hoofdvakken de leer van het grasland en theoretische teeltkunde en als bijvak algemene agrarische economie. Sinds 1985 is ze werkzaam bij CABO-DLO. Gedurende 2½ jaar heeft zij daar, gebruikmakend van simulatiemodellen en optimaliseringstechnieken, gewerkt aan landgebruiksplanning in Egypte. Daarna heeft zij 9 maanden gewerkt aan kwantificering van de kaliumkringloop op grasland. Sinds 1988 werkt zij aan optimalisering van ruwvoederproductiesystemen en gebruik van dierlijke mest in relatie tot milieu-eisen.