

## **THE BEGINNING AND THE END**

over onderzoek naar duurzame voedselproductie

Door prof. dr. ir. J.H.J. Spiertz



**WAGENINGEN UNIVERSITEIT**

**WAGENINGEN **

Afscheidsrede uitgesproken op 1 juni 2006 bij het emeritaat als hoogleraar "Gewasecologie met bijzondere aandacht voor nutriënten- en stofstromen" bij de leerstoelgroep Gewas- en Onkruidecologie, Wageningen Universiteit.

## **The Beginning and the End**

*over onderzoek naar duurzame voedselproductie*

*door prof. dr. ir. J.H.J. Spiertz*

*Afscheidsrede uitgesproken op 1 juni 2006 bij het emeritaat  
als hoogleraar*

*"Gewasecologie met bijzondere aandacht voor nutriënten- en  
stofstromen"*

*bij de leerstoelgroep Gewas- en Onkruidecologie, Wageningen  
Universiteit*

Mijnheer de Rector Magnificus; dames en heren,

### **Preambule**

Afscheidscolleges zijn veelal lofredes over de eigen vakgroep of leerstoelgroep. Daar ik als deeltijdhoogleraar niet de eindverantwoordelijkheid droeg voor een eigen leerstoelgroep, moest ik zoeken naar een andere vorm. Ik heb daarbij gedacht aan een hekeldicht, om nog eenmaal de spot te kunnen drijven met alles wat binnen een universiteit heilig is. De uitingen bij de koffie en een borrel lenen zich echter niet voor het decorum van een plechtige bijeenkomst in de Aula. Ik heb daarom gekozen voor een essay, waarin ik kritisch de maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkelingen ten aanzien van een duurzame voedselproductie zal bespreken. Wetenschap als mensenwerk (Rip, 1978).

Bij de keuze van de titel – *The Beginning and the End* – heb ik mij laten inspireren door het boek *The Accidental* van Ali Smith (2005). De iteraties van een 'beginning' en een 'end' zijn ook herkenbaar in mijn opleiding tot en carrière als plantenteeltonderzoeker. De verschillende fasen, gekarakte-

riseerd naar de ontwikkeling van een tarweplant, zal ik nader toelichten:

- van 1950 tot 1959 (*'juvenile phase'*): een fase van *'learning by doing'* op het ouderlijk landbouwbedrijf in Zuid Limburg. Vanaf jonge leeftijd werkte je in de buitenschoolse tijd en tijdens vakanties mee op het gemengde bedrijf; zeven dagen in de week zorgtaken. Bij voorkeur werkte ik met een span paarden op het akkerland.
- van 1959 tot eind 1966 (*'vernalization phase'*): de ontwikkeling van nieuwe inzichten op basis van kennis en theorie tijdens mijn studie aan de Landbouwhogeschool. De studie resulteerde in vier afstudeervakken: landbouwplantenteelt, algemene bodemkunde en bemestingsleer, agrarische bedrijfseconomie en landbouwwerktuigkunde. Voor elk van deze vakken voerde ik een onderzoek uit en schreef een doctoraalverslag. Onderzoek naar effecten van chlormequat en stikstof op de groei en opbrengst van tarwe, naar organische stofdynamiek in de bodem, naar optimalisatie van de arbeid binnen een gemengd bedrijf met behulp van lineaire programmering en naar de variatie van plantdichtheden bij een vergelijking tussen elektronisch gestuurd en handmatig dunnen van suikerbieten. Dus zowel breedte als diepte tijdens de ingenieursstudie. Aanhangers van de *T-shaped* Wageningse opleiding zullen een dergelijke vakkenkeuze waarderen.
- van 1967 tot 1970 (*'tillering phase'*): de fase van zoekende onderzoeker als jonge medewerker bij de Landbouwhogeschool. Ik was vooral geïnteresseerd in nieuwe concepten over het *'ideotype'* van tarwe (Donald, 1968), functionele evenwichten tussen wortel en spruit (zie: review Brouwer, 1983), *'sink-source'* regulatie in planten en *'last but not least'* het simuleren van

gewasgroei en -opbrengst. Eind 60-er jaren waren dan ook niet alleen boeiend vanwege de studentenrevoltes en de *Beatles*, maar vooral door een snelle evolutie van de beschrijvende klassieke reeltkunde naar een kwantitatieve gewas- en productie-ecologie.

- van 1970 tot 1975 (*'booting stage'*): de fase van het creatieve onderzoek met door theorie en experiment gedreven gewasfysiologisch onderzoek naar de assimilatenhuishouding en korrelvulling bij tarwe. De combinatie van een theoretisch goed onderbouwd concept en uitstekende onderzoeksfaciliteiten – een nieuw fytotron – maakte onderzoek mogelijk, dat vóór die tijd alleen voorbehouden was aan onderzoekinstellingen zoals Rothamsted Research Institute in Engeland en het vermaarde Canberra Phytotron in Australië.
- van 1975 tot 1978 (*'heading and flowering phase'*): de fase van *maatschappelijk betrokkenheid* en *kennisoverdracht*, waarin ik druk bezig was met onderwijsvernieuwing en organisatie van onderzoek binnen en buiten de universiteit. Naast het lidmaatschap van de Hogeschool Raad en Commissies van de Academische Raad was ik twee jaren actief betrokken het opzetten van een nieuwe structuur voor de coördinatie van alle plantaardig productieonderzoek in Nederland binnen het kader van de Nationale Raad voor het Landbouwkundig Onderzoek (NRLO). Aan het eind van deze fase ben ik toch nog snel gepromoveerd om me te kwalificeren voor een nieuwe uitdaging: leiding geven aan het gewaskundig onderzoek bij het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO) te Wageningen.
- van 1978 tot 1998 (*'reproductive phase'*): een lange fase van coachen en management. Eerst als afdelingshoofd en adjunct-directeur bij het sterk internationaal geori-

ënteerde CABO, dat intensief samenwerkte met vakgroepen binnen en buiten Wageningen; in het bijzonder: Theoretische Productie-Ecologie (TPE), Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde (VPO) en het Biologisch Centrum van de Rijksuniversiteit Groningen.

Na 5 jaren als afdelingshoofd bij het CABO, heb ik drie jaren als directeur van het Proefstation voor de Akkerbouw en de Vollegrond (PAGV) leiding gegeven aan het praktijkgericht onderzoek te Lelystad, aan het regionale praktijkonderzoek op proefboerderijen en proeftuinen en aan het proefbedrijf Ontwikkeling Bedrijfssystemen (OBS) te Nagele.

Daarna was ik 12 jaren als directeur CABO en AB-DLO verantwoordelijk voor fundamenteel-strategisch onderzoek op het gebied van bodem-plant-milieu relaties en de agrosysteemkunde; na zeven 'rijke' jaren volgden vijf jaren met tegenspoed als gevolg van een ondoordacht Haags besluit tot een fusie met en de sluiting van de IB-vestiging te Haren. Wie aan Groningen durft te komen krijgt te maken met een coalitie van vakbonden en regionale politici, waar zelfs het gezag van een Minister onvoldoende is om daadkrachtige beslissingen te nemen. Na een moeilijke fase stond AB-DLO in 1998 afgeslankt en gezond weer op de rails.

- van 1999 tot 2006 (*'stay-green phase'*): de fase van het initiëren van nieuwe projecten en coachen van promovendi als deeltijdhoogleraar Gewasecologie. Het is gelukt om het fysiologische tarweonderzoek na 20 jaren te revitaliseren en daarnaast een drietal promotieonderzoeken in diverse rijstecosystemen - van regenafhankelijke tot geïrrigeerde rijst - te begeleiden in nauwe samenwerking met collega's op het IRRI. Naast tarwe is rijst nu mijn tweede

favoriete gewas. Dank zij twee andere promovendi heb ik ook kennis gemaakt met '*relay-intercropping*' in katoen-/tarwesystemen in Centraal China en de koolstof- en stikstofdynamiek van theeplantages in Kenya.

In elke fase was het begin het moeilijkste, maar die vormde dan ook de grootste uitdaging. Meestal heb ik iets tastbaars kunnen nalaten: eenmaal een nieuw onderwijsprogramma voor de studierichting Landbouwplantenteelt, tweemaal een nieuw gebouw, driemaal een nieuwe structuur van een organisatie en uiteraard het meest beklijvende product: wetenschappelijke publicaties en proefschriften.

### **The Beginning**

De keuze in 1959 voor een studie aan de Landbouwhogeschool in Wageningen was niet vanzelfsprekend; dichterbij de praktijk van het gemengde landbouwbedrijf stond een studie aan een Hogere Landbouwschool of een veeartsenopleiding te Utrecht. De droom van mijn moeder was dat ik in de voetsporen zou treden van haar jongste oom dr. ir. Emile à Campo (afgestudeerd in 1918 in de Koloniale Landbouw) of van haar neef Prof. Dewez, van 1946 tot 1960 hoogleraar Landbouwplantenteelt. Wie volgt er met een dergelijk perspectief dan niet het advies van je moeder?

### *De les van de Limburgse löss*

Voor de aanvang van de studie in Wageningen had ik al indringend kennis gemaakt met de complexiteit van een gemengd landbouwbedrijf en met de transitie van een zeer arbeidsintensieve naar een sterk gemechaniseerde landbouw. Dit was op een boerderij, omzoomd door hoogstamboomgaarden aan de voet van een lössplateau in het dal van de 'Rode Beek' te Schinveld. Het landschap was gevormd door de vruchtbaarheid van de bodem, de steile hellingen en de

holle wegen. Op de hooggelegen plateaus werden akkerge-  
wassen geteeld, zoals: aardappelen, granen, suikerbieten,  
graszaad en maïs. Nog steeds weerspiegelen de grote graan-  
schuren van de oude hoeves de belangrijke plaats  
(Hupperetz *et al.*, 2005), die de granen eeuwenlang in het  
bouwplan innamen. Tarwe was, als belangrijke grondstof  
voor brood, het meest economische graangewas; rogge, ha-  
ver en gerst werden vooral gebruikt als veevoer binnen het  
eigen bedrijf. De nutriëntenkringloop binnen een gemengd  
landbouwbedrijf leidde tot een verschraling van de laagpro-  
ductieve slecht ontwaterde hooi- en weilanden en een ver-  
rijking met stikstof, fosfor, kali en micronutriënten van  
hoogproductieve akkers. Door verschraling waren de wei-  
landen in het beekdal kruidenrijk met op natte plekken  
zelfs orchideeën. Het geheel vormde een multifunctioneel  
landbouwbedrijf. Kennis van het belang van bodem-plant-  
gewas relaties was er al voor het begin van mijn studie; een  
verdieping in deze relaties vond plaats zowel tijdens mijn  
studie als in de latere carrière.

#### *Wereldvoedselvoorziening, bevolkingsgroei en graangewassen*

De idyllische opvattingen van burgers, overwegend levend  
in een urbane omgeving, over de wijze waarop hoogkwali-  
tatief voedsel geproduceerd wordt is vergelijkbaar met de  
houding van kasteelheren in de Middeleeuwen. De illustra-  
ties in de Getijdenboeken van de gebroeders Van Limburg  
getuigen van een rustiek boerenleven in de schaduw van  
grote kastelen. Voedseltekorten en hongersnoden waren  
echter periodiek werkelijkheid tot in het midden van de vo-  
rige eeuw. In Europa en meer recent ook in Azië waren po-  
litieke leiders zich terdege bewust van de sociale onrust, die  
kon ontstaan door een tekort aan graan en brood (Braudel,  
1987). Het begin van De Franse Revolutie werd ontketend

door een opstand tegen de prijs van het brood. Het lijkt er op dat politici thans voedselschaarste als gevolg van de technologische vooruitgang en de wereldhandel als een fenomeen uit het verleden beschouwen. Echter in het FAO-rapport *'Crop Prospects and Food Situation'* van april 2006 wordt melding gemaakt, dat er voor het tweede opeenvolgende jaar de tarweproductie afneemt, terwijl er wereldwijd 39 landen afhankelijk zijn van voedselhulp, voornamelijk in door droogte en politiek instabiliteit getroffen landen in Zuidelijk en Oostelijk Afrika. Alleen al voor Oostelijk Afrika betreft het 16 miljoen mensen met chronische en acute ondervoeding als gevolg van droogte.

Thans, besteedt de consument in de Westerse wereld voor het dagelijkse voedsel gemiddeld minder dan 12% van het inkomen; nog niet de helft van de uitgaven voor wonen of voor mobiliteit en recreëren. Economen zullen dit zien als vooruitgang; voor ecologen is dit een punt van grote zorg. De reële kosten van een verantwoorde voedselproductie worden niet door de consument vergoed. Waarom zou de Westerse consument niet meer geld aan voedsel kunnen besteden en de intrinsieke kwaliteit van het product en de aan productie gelieerde maatschappelijke diensten (*'ecological services'*) volledig vergoeden?

Het lijkt wel of de opdracht tot maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO) niet geldt voor de voedselketen. Grootwinkelbedrijven, zoals Albert Heijn en Aldi, stunten met prijzen voor basisvoedsel. Bij de Aldi kocht ik een kilo patentbloem voor een prijs die lager was dan de wereldmarktprijs voor tarwe. Als gevolg van de lage prijzen en de intensivering van de regelgeving door de overheid in Europa, wordt de primaire voedselproductie verplaatst naar landen met een minder strikte regelgeving, maar een meer



kwetsbaar milieu. Voorbeelden zijn landen in Latijns Amerika (o.a.: Brazilië en Argentinië), in Afrika (o.a.: Zuid Afrika en Kenya) en Zuidoost Azië (o.a.: Indonesië, Thailand, en de Filippijnen).

Mede door de liberalisering van de wereldhandel, treden er grote verschuivingen op in de productie van landbouwproducten. De lokale kleinschalige productie, aangepast aan de agro-ecologische diversiteit in gebieden met sterke gradiënten in de neerslag, zoals in het Middellandse zeegebied wordt verdrongen door de grootschalige sterk gemechaniseerde productie in Australië, Verenigde Staten, Canada, Oekraïne en Zuid-Amerika. Er wordt primair geconcurrereerd op prijs en pas in tweede instantie op de kwaliteit en duurzaamheid van productieketens. Dit leidt bij bodemgebonden activiteiten tot uitputting van strategische voorraden ('*natural resources*'), zoals zoet water, organische stof, fosfaat, etc.

In de *Christmas Special 2005* van het blad "*The Economist*", getiteld '*Ears of plenty*', wordt een hommage gebracht aan de belangrijke rol die tarwe in de voedselvoorziening voor een groeiende wereldbevolking heeft gespeeld. De uitspraak '*...wheat is the staple food of mankind, and its history is that of humanity*' is veelzeggend. Gelijktijdig wordt er op gewezen, dat tarwe wel eens van zijn troon gestoten kan worden, doordat het in mindere mate profiteert van de genetische modificatie als bij maïs (*Bt* - maïs) en rijst (genetisch gemodificeerde superrijst in China). Verder worden vrij speculatief het Atkins dieet, de glutenallergie en de dalende bevolkingsgroei cijfers als indicatoren gezien voor de eerste afname van het tarweareaal sinds de '*Stone Age*'.

Analyses van het *Institute for Food Policy Research* (IFPRI) laten echter een ander beeld zien. De explosieve toename van de wereldbevolking – van ca 2 miljard in mijn geboor-

tejaar naar ca 6 miljard nu – was alleen mogelijk door succesvol landbouwkundig onderzoek en door innovatie in de praktijk bij de teelt van de drie belangrijkste voedselgewassen: tarwe, rijst en maïs. Tot op de dag van vandaag leveren deze drie graangewassen 70% van de energie in het voedsel van de wereldbevolking. De mondiale arealen voor deze gewassen bedroegen in 2004, resp. 215, 150 en 145 miljoen ha. De toename van de wereldbevolking van ca 6 miljard naar ruim 8 miljard mensen in 2020 vraagt een toename van de productie, die gelijk is aan de omvang wat er in 1960 werd geoogst. Volgens Cassman *et al.* (1999) zal er vanwege de schaarste aan vruchtbaar land ook in de komende 20 jaren voorrang geven moeten worden aan het verhogen van de productie per ha; dit om een verdere uitbreiding van landbouwarealen in door erosie en droogte bedreigde gebieden te voorkomen.

Door de introductie van hybride maïsrassen werden er al vanaf 1930 forse opbrengstverhogingen verkregen in de Verenigde Staten. De 'Groene Revolutie' is echter het meest bekend van de successen na de introductie van kortstrossen bij tarwe en rijst in gebieden, waar in de 60-er jaren nog hongersnood heerste (India en China). Het introduceren van 'dwarfism' in tarwe- en rijstrassen leidde ook in niet-geïrrigeerde gebieden tot sterke productieverhogingen. Gelijktijdig nam het gebruik van kunstmeststikstof op wereldschaal toe van 1960 tot 2002 met een factor 7, met een gemiddelde groei van 5% per jaar (FAO, 2005). Ongeveer 60% van de totale hoeveelheid kunstmest wordt gebruikt voor de teelt van deze drie belangrijke graangewassen.

### **Dames en heren,**

Na deze introductie weet u vanuit welke basis ik kijk naar de ontwikkelingen bij Wageningen UR en naar de mondiale problematiek van de duurzame voedselproductie. Allereerst een tweetal constatering:

a. Het gaat fantastisch met het PhD-onderzoek van Wageningen Universiteit, het gaat geweldig met het onderzoek in de plantenwetenschappen (*'Plant Sciences'*) en zelfs magnifiek met de *'Groene Genetica'*. Outputgegevens en financieringstromen zijn het levende bewijs.

b. Het gaat echter niet goed met de duurzaamheid van de landbouw in termen van economie (*'profit'*), milieu (*'planet'*) en mensen (*'people'*), slecht met de geïrrigeerde landbouw in vele delen van de wereld en heel slecht met de werkgelegenheid en inkomen van boeren, hier en ginds.

Bevindt Wageningen UR zich dan in een spagaat als het een verbrede missie wil realiseren en toch affiniteit houden met problemen in de primaire productie van voedsel en groene grondstoffen?

Tijdens mijn betoog wil ik drie onderwerpen bespreken, die voor Wageningen UR blijvend een grote uitdaging bieden; ze betreffen:

- a. de ecologisch en economische duurzaamheid van gewas- en bedrijfssystemen,
- b. het genetische en gewasecologische onderzoek naar opbrengst en kwaliteit bij tarwe,
- c. het experimentele en modelmatige onderzoek naar waterbesparing en stikstofefficiëntie bij rijst.

### **Ad a: Ecologische en economische duurzaamheid van gewas- en bedrijfssystemen**

De ecologische duurzaamheid van een klassiek gemengd

landbouwbedrijf was gebaseerd op het minimaliseren van verliezen in de koolstof- en nutriëntenstromen van bodem naar gewas, van ruwvoer naar vee, van stalmest naar akker. Er waren toen nog geen door de overheid verplichte mineralenboekhoudingen met boetes voor overschrijdingen van toegestane hoeveelheden fosfor en stikstof. Ook bij het landbouwkundig onderzoek was er meer belangstelling voor het opheffen van tekorten in de bodemvruchtbaarheid, dan voor het verhogen van de efficiëntie van nutriëntenkringlopen. De grote verscheidenheid in grondgebruik in vele delen van Nederland, als gevolg van de afhankelijkheid van een natuurlijke variatie in bodemkwaliteit (bodemvruchtbaarheid, waterhuishouding, etc.) en de 'gesloten' nutriëntenkringloop binnen het landbouwbedrijf, heeft tot ca 50 jaar geleden stand gehouden. Daarna heeft de invloed van ruilverkavelingen zich doen gelden, waarbij de ontwatering en de infrastructuur grootschalig op de productiefunctie werd afgestemd. De ultieme droom van landinrichters, agronomen, en ook boeren was natuurlijke een nieuwe polder ontginnen en ontwikkelen tot een toonaangevend productiegebied. Nu kennen we een tegenbeweging, waarbij waterafvoeren weer meanderend gemaakt worden om gebieden te vernatten en polders worden onder water gezet ten behoeve van natuur en recreatie.

Met de huidige kennis beoordelen we de klassieke gemengde bedrijfssystemen als een vorm van multifunctioneel landgebruik, die vooral gericht was op productie van voedsel en groene grondstoffen. Tegenwoordig kennen we een grotere verscheidenheid in doelen, waarbij '*ecological services*', zoals natuur, recreatie, rust, humane zorg, etc. een belangrijke plaats innemen (Spiertz en van der Kolk, 2002). Het is de vraag welke doelen ook op een economische wijze zijn te

combineren. Bij het klassieke gemengde bedrijf vormde de grote arbeidsbehoefte de zwakste schakel. Voor mijn afstudeervak agrarische bedrijfseconomie deed ik in 1966 een onderzoek met behulp van lineaire programmering naar de optimalisering van arbeid binnen een gemengd landbouwbedrijf. Uitgaande van strenge randvoorwaarden voor het tijdig uitvoeren van teelthandelingen kon de waarde van een arbeidsuur tot ongekende hoogte stijgen. De oplossing in de praktijk werd niet gevonden in het aantrekken van tijdelijk extra personeel, maar in ontmenging gepaard gaande met de inzet van meer loonwerk. Schaarste aan goedkope arbeid, een voortschrijdende mechanisatie, een verbeterde infrastructuur en een betere beschikbaarheid van kunstmest en bestrijdingsmiddelen hebben geleid tot een ingrijpende transitie van het gemengde bedrijf naar sectoraal gespecialiseerde productiebedrijven; in Zuid-Limburg: melkveehouderij, akkerbouw en fruitteelt.

Er is thans veel discussie over de te verwachten inkrimping van arealen door het gebruik van vruchtbare gronden voor urbane en industriële ontwikkelingen en het gebruik van landbouwgronden voor de productie van bio-energie (bio-ethanol en biodiesel). De sterk toegenomen vraag naar energie door '*emerging industrial countries*', zoals China en India, en het achterblijven van de productie van fossiele brandstoffen, heeft reeds grote gevolgen voor de transitie van voedsel naar energieproductie in de Verenigde Staten. Het beschikbare areaal voor voedselgewassen is in sommige provincies van China al gedaald tot minder dan 0.10 ha per hoofd van de bevolking; mondiaal is er gemiddeld 0.25 ha beschikbaar. Voor iedere ha productieve landbouwgrond die in Europa en in snel ontwikkelende landen, zoals China, uit productie wordt genomen moeten elders in de

wereld onder vaak meer marginale productieomstandigheden 3-5 ha ontgonnen worden. Het grootschalig exploiteren van gronden in kwetsbare gebieden verhoogt het risico op misoogsten door droogtes en op toename van erosie door wind en water. NGO's met een sterke basis in de Westerse landen protesteren wel tegen ontbossing in Latijns Amerika en Zuidoost Azië, maar pleiten niet voor het behoud van een rendabele en ecologisch duurzame landbouw in Europa, waar een stabiele voedselproductie mogelijk is met minimale ecologische risico's. Het is een houding, die vergelijkbaar is met het verzet tegen kernenergie in eigen land, maar wel elektriciteit accepteren, die is opgewekt in kernenergiecentrales in het buitenland, als dit goedkoper is. Een vorm van hypocrisie, die de wereld niet beter maakt.

Kwantitatieve analyses van gewas- en bedrijfssystemen zijn onmisbaar voor een goede beoordeling van de ecologische en economische duurzaamheid. Vroeger stelden de boeren de mate van duurzaamheid vast aan de hand van de opbrengsten van gewassen, het behoud van bodemvruchtbaarheid en het optreden van onkruiden, ziekten en plagen. Sinds kort is het door zeer forse inspanningen van grote onderzoeksteams in Nederland en Europa mogelijk met geavanceerde bodem-, gewas- en bedrijfsmodellen de biofysische en ecologische processen redelijk nauwkeurig te kwantificeren. Het opschalen van ecologische processen van gewas- en bedrijfsniveau naar hogere schaalniveaus (landschap, irrigatiesysteem, etc.) vormen nog steeds een uitdaging voor het onderzoek. Naast modelonderzoek is er nog steeds meerjarig experimenteel onderzoek noodzakelijk om duurzaamheid van productiesystemen op verschillende niveaus te kunnen evalueren.

Het succes van meerjarig experimenteel veldonderzoek is gebleken bij de ontwikkeling van nieuwe biologische en ecologische akkerbouwsystemen op het proefbedrijf OBS te Nagele. Onder de inspirerende wetenschappelijke leiding van dr. Pieter Vereijken werd de eerste zeven jaren baanbrekend onderzoek verricht (Vereijken, 1997). Dit onderzoek, waarbij ik als voorzitter van de Wetenschappelijke Begeleidingscommissie (WBC) betrokken was, had vanaf 1979 nationaal en internationaal een voorhoedefunctie in het tot ontwikkeling brengen van systemen, waarbij ecologische processen een spilfunctie vervullen voor de opbrengststabiliteit, de kwaliteit van het product en het minimaliseren van negatieve milieueffecten. De laatste 20 jaren is dit onderzoek verbreed en meer ingebed in het reguliere praktijkonderzoek.

Bij het kwantificeren van bedrijfssystemen is sinds 1986 ook veel onderzoek verricht naar nutriëntenstromen in de grondgebonden melkveehouderij. De modelmatige verkenning van een rendabel melkveehouderijbedrijf, dat voldoet aan strenge milieुरandvoorwaarden op een kwetsbare zandgrond heeft geresulteerd in multidisciplinair, meerjarig onderzoek op het proefbedrijf 'De Marke' in de Achterhoek. Dit is bij uitstek een voorbeeld waar overheid (LNV en VROM) en bedrijfsleven (LTO en Productschappen) tijdig de schouders hebben gezet onder een multidisciplinaire experimentele en modelmatige aanpak. De noodzaak werd vooral vanuit het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) en onderzoekers van het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO) tijdig onderkend. Als directeur CABO heb ik dit onderzoek een hoge prioriteit gegeven. Dit was nog ruim voordat de EU-Nitraatrichtlijn van kracht werd en de Commissie Stikstof in 1991 haar

rapport uitbracht. Een pro-actieve aanpak heeft voor de betrokken partijen (overheid en bedrijfsleven) geen windeieren gelegd. De recente goedkeuring van de derogatie van de Nitraatrichtlijn voor grasland is daar een sprekend voorbeeld van. Recent is besloten dat het project 'Koeien & Kansen' weer voor een periode van vier jaren gefinancierd wordt door het ministerie van LNV en het Productschap Zuivel (PZ). Er zijn volgens dr. ir. Frans Aarts van Plant Research International (pers. mededeling) goede perspectieven op financiering van een EU-project, waaraan een twintigtal landen gaan deelnemen. Een mooie spin-off van een systeemanalytische onderzoekslijn, waarvoor al in 1986 bij het CABO de basis werd gelegd. Kennisoverdracht van fundamenteel onderzoek naar toepassingen in de praktijk moet efficiënt en effectief verlopen om innovatieve ontwikkelingen in de voedsel- en groene grondstoffenketens kansrijk te maken. Met de huidige kwantitatieve analysemethoden kunnen we de biofysische aspecten van ecologische duurzaamheid relatief nauwkeurig bepalen (Schröder et al., 2003). De economische duurzaamheid op de langere termijn is echter meer ongewis en nog moeilijker te bepalen dan in het verleden door de liberalisering van de wereldhandel. De doelstellingen voor het evalueren van duurzaamheid op basis van het 3P (*People-Planet-Profit*) concept zullen afhankelijk van de maatschappelijke dynamiek periodiek bijgesteld moeten worden. Onduurzaamheid is dan ook vooral politiek bepaald.

De expansieve uitbreiding in Argentinië en Brazilië met miljoenen hectares voor de teelt van genetisch gemodificeerde Roundup-Ready<sup>R</sup> Soy, voorziet in de grote behoefte van eiwitrijk veevoer voor de sterk toegenomen productie van vlees in China. Dit gaat gepaard met een sterke uitbreiding van herbicidegebruik en 'zero-tillage'. Een ont-



wikkeling die vraagt om een zorgvuldige duurzaamheidsanalyse op nationale en mondiale schaal. Een kans voor Wageningen UR om met kwantitatieve systeemanalyse op basis van het 'People-Planet-Profit' concept internationaal aan de weg te timmeren.

### **Ad b: Genetisch en gewasecologisch onderzoek naar opbrengst en kwaliteit bij tarwe**

Van 1970 tot 1990 kende tarwe onder niet watergelimiteerde omstandigheden een opbrengststijging van ca 2% per jaar gedurende enkele decaden zowel in geïndustrialiseerde (Nederland, Verenigd Koninkrijk, etc.) als in ontwikkelingslanden (India, Mexico, etc.). In Nederland bedroeg de opbrengststijging bij wintertarwe zelfs 3% per jaar, waarvan ca 60 % was toe te rekenen aan een beter management – betere 'timing' van stikstofgiften en een meer effectieve onkruid-, ziekten- en plaagbeheersing – en ca 40% aan verbeterde genetische eigenschappen. Dit is zeer uitzonderlijk, omdat honderden jaren opbrengsten met niet meer dan met 0.5 - 1 % per jaar stegen (Evans, 1999).

Wat lag er aan deze doorbraak ten grondslag?

- a. Op de eerste plaats de politieke urgentie om meer voedsel te produceren (o.m.: hongervinter van 1944 in Nederland, en de extreme tekorten in India in de jaren 60 van de vorige eeuw). Tarwe was in Europa al eeuwenlang het gewas dat geassocieerd werd met kwalitatief goed voedsel en hoge welvaart; hetzelfde gold voor rijst in Zuidoost Azië (Braudel, 1987).
- b. Een combinatie van nieuwe gewasfysiologische concepten ('plant ideotype', Donald, 1968), introductie van hoogproductieve rassen en de beschikbaarheid van goedkope kunstmeststikstof vormden aan het eind van de 60-er jaren van de vorige eeuw een trendbreuk in het

gewaskundig onderzoek en vervolgens in het gewasmanagement. Niet langer vormde het op empirie gebaseerde gewasmanagement de basis voor onderzoek naar kleine verbeteringen in gewasopbrengsten, maar werd de belangstelling verlegd naar meer inzicht in biologisch maximaal haalbare gewasopbrengsten en het kwantificeren van het gat tussen actueel en potentieel haalbare opbrengsten.

Mijn ingenieursonderzoek in 1965 naar effecten van chloromequat (CCC) en stikstof op de groei en ontwikkeling van zomertarwe, vormden een eerste, degelijke kennismaking met experimenteel onderzoek, statistische analyse en toen al het gebruik van de IBM - computer. Vanaf 1970 ben ik als onderzoeker actief aan de slag gegaan met het gewasfysiologisch onderzoek naar de factoren die de korrelvulling bij tarwe bepalen. Voor mijn onderzoekplan om de invloed van weersfactoren op 'sink-source' processen tijdens de korrelvullingsperiode bij tarwe te bestuderen kreeg ik de enthousiaste steun van Dr. Lloyd Evans, Head Phytotron CSIRO Canberra, tijdens zijn bezoek in 1969 te Wageningen. Deze steun heeft mij doen besluiten de ingezette koers door te zetten, ondanks bedenkingen in eigen kring.

De resultaten uit dit onderzoek hebben geleid tot een drietal publicaties waar internationaal zeer veel belangstelling voor was. Het heeft ook veel onderzoekers elders in de wereld gestimuleerd om meer aandacht te geven aan de rol van koolstof- en stikstofreserves tijdens stressomstandigheden in de postflorale periode.

In de Nederlandse graanteelt is de omslag van onderzoek naar innovatie in de zeventiger jaren tot stand gekomen dank zij samenwerking in breed samengestelde werkgroepen

met gewaskundigen, veredelaars, plantenziektkundigen en praktijkonderzoekers. Het Nederlandse Graancentrum (NGC) bracht onderzoekers van DLO-instituten, het praktijkonderzoek, kweekbedrijven en bedrijfsleven bij elkaar; tevens was je ook direct betrokken bij de snelle veranderingen in de praktijk. Je bleef met beide voeten in de klei staan; mijn eigen onderzoek was dan ook vanaf het begin multidisciplinair en participatief. Ook in Europa nam Nederland op het gebied van het graanonderzoek een voorhoede positie in bij het verkleinen van de afstand tussen wetenschappelijk onderzoek en de praktijk. Initiatieven van Prof. Jan-Carel Zadoks c.s. om met waarschuwingssystemen (Fytoconsult) het gebruik van fungiciden en pesticiden te beheersen, waren voorlopers van de thans in veel productiesectoren toegepaste computergestuurde advies- en beslissingssystemen; de zgn. 'Decision Support Systems'.

Door grotere weersextremen zullen hitte en droogte in veel gebieden, vooral in de niet-geïrrigeerde gebieden, een grote rol gaan spelen in de opbrengststabiliteit en kwaliteit van granen. Door het internationale tarwe- en maïs-veredelingsinstituut CIMMYT wordt het concept van '*selection of genotypes for mega-environments*' toegepast. Het is een speurtocht naar rassen, die aangepast zijn aan verschillende klimaatsomstandigheden en tolerant zijn voor biotische en abiotische stressfactoren. Evenals in mijn promotieonderzoek ruim 30 jaar geleden speelt het '*sink-source*' concept hierbij wederom een centrale rol (Martre *et al.*, 2006; Schurr *et al.*, 2006).

Om een bijdrage te leveren aan de problematiek van voedselzekerheid bij grotere weersextremen onder invloed van klimaatverandering, heb ik het onderzoek naar effecten van abiotische stress op opbrengst en kwaliteit van tarwe in de

laatste 5 jaren weer opgepakt. Er werd samen met Dr. Ad Schapendonk, de Chinese gastonderzoeker Xu Hengyong, Peter van der Putten en de groep van Prof. Rob Hamer onderzoek gedaan naar de effecten van hitte ('*heat shock*') op fotosynthese, groei en kwaliteit bij genotypen van tarwe met een verschillende tolerantie voor hitte (Spiertz *et al.*, 2006). Wij vonden grote verschillen tussen genotypen in het herstelvermogen ('*recovery*') van de korrelgroei en de fotosynthesecapaciteit na een hittebehandeling aan het begin van de korrelvullingsperiode. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen welke genen onder stress tot expressie komen en bijdragen aan een betere tolerantie voor extreme weersinvloeden.

Door Ir. Tommie Ponsioen is in 2005 promotieonderzoek gestart naar de modellering van de invloed van droogte- en hittestress op *sink-source* processen tijdens de korrelvulling bij granen (tarwe en gerst). Bij dit onderzoek wordt er nauw samengewerkt met partners in Australië, Mexico en landen rond de Middellandse Zee in het EU-WatNitMED project. Met dit experimenteel en modelonderzoek maakt Wageningen UR weer deel uit van een internationaal netwerk van tarweonderzoekers, die de effecten van abiotische stress kwantificeren.

Naarmate er meer bekend is van de functionaliteit van de genetische eigenschappen voor stresstolerantie zal er beter gericht genetisch en '*genomics*' onderzoek en veredeling op stabiliteit en kwaliteit mogelijk zijn (Skylas *et al.*, 2005). Sinds het eenvoudige genoom (120 Mb) van de zandraket, *Arabidopsis thaliana*, in kaart gebracht is, richt zich de aandacht op de belangrijke cultuurgewassen. Rijst is daarbij een van de eerste kandidaat-gewassen vanwege het relatief kleine genoom (420 Mb); het genoom van de hexaploïde

tarwe is echter bijna 40-maal groter (16.000 Mb) dan van rijst. Veel onderzoeksgeld wordt er tegenwoordig besteed aan de collectieve ontdekkingsstocht naar genen met specifieke eigenschappen en functies. Om de expansieve toename van kennis op genniveau ten nutte te maken van een duurzame voedselproductie zal er meer geïnvesteerd moeten worden in onderzoek op het niveau van het gewas en ecosysteem.

In Europa richt zich dit onderzoek thans vooral op de co-existent van gemodificeerde gewassen (GMO) en klassiek veredelde gewassen (non-GMO). Bij het door de EU -gefinancierde CO-EXistence and TRAceability (Co-ExTra) project zijn 200 onderzoekers uit 18 landen met een budget van € 24 miljoen betrokken. Met dit soort onderzoek probeert men in Europa een doorbraak te bereiken in de huidige patstelling, waarbij volgens de uitkomsten van de Eurobarometer eenderde van de Europeanen tegen GMO's zijn, eenderde staat er positief tegenover en de overigen hebben er geen mening over. Tegenstanders hebben wel een zeer grote inbreng in de politieke besluitvorming. In Nederland zijn na een lange voorbereidingstijd nu ook de eerste veldexperimenten gestart. Actievoerders hebben onmiddellijk het recht in eigen hand genomen en proeven bij Lelystad verstoord door spinazie te zaaien in een proefveld met genetisch gemodificeerde maïs. Tegenstanders van GMO-gewassen vrezen kennelijk de uitkomsten van wetenschappelijk onderzoek en rechtvaardigen hun handelen met een eigen dogmatiek. Ik raad hen aan het artikel "Waarheid is een aantrekkelijke constructie – meer niet" van Heleen Pott in de 'Opinie en Debat' bijlage van de NRC-editie van 1 april j.l. te lezen. Zij stelt, ik citeer: "pluralisme is de erkenning, dat er in het leven meerdere waar-

heden en diverse, ook incompatibele doeleinden naast elkaar kunnen bestaan, zonder dat die elkaar hoeven te bijten. De problemen beginnen pas als één daarvan zichzelf als uniek presenteert en alle andere de hoek indringt". Erkenning van co-existentie van waarheden zou de wetenschap in Europa op het gebied van *genomics* en plantenveredeling weer in beweging kunnen krijgen en laten bijdragen aan oplossingen voor een duurzame voedselproductie.

De mondiale ontwikkelingen, met een toename van GMO gewassen van 1996 tot 2004 naar meer dan 80 miljoen ha, zijn niet te stoppen. Het is juist van belang dat publiek onderzoek bijdraagt aan het maatschappelijk verantwoord toepassen van moderne technologieën. Europa zou door het versterken van publiek-private samenwerking het *genomics* onderzoek beter kunnen verbinden met onderzoek op gewasniveau en daarmee bijdragen aan het produceren van voldoende en gezond voedsel voor de nog steeds groeiende wereldbevolking met een toenemende schaarste aan energie, water en land.

#### **Ad c: Experimenteel en modelmatig onderzoek naar waterbesparing en stikstofefficiëntie bij rijst**

Bij rijst kwam de opbrengstverbetering vooral door doorbraken in de plantenveredeling. Het nieuwe ras IR8 heeft via de programma's van het *International Rice Research Instituut* (IRRI) een grote internationale verspreiding gekregen. Het is opvallend, dat bij rijst uitbreiding van de irrigatie en een toenemend gebruik van kunstmeststikstof om met nieuwe hoogproductieve rassen steeds meer opbrengst te realiseren, gedurende meer dan 30 jaren in Azië hoge prioriteit heeft gekregen. China is op dit moment de grootste verbruiker van kunstmeststikstof en stikstofverliezen zijn

net zo groot als het totale gebruik aan kunstmeststikstof in de VS. Dit heeft grote gevolgen voor de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Verder gebruikt men voor de geïrrigeerde rijstteelt in Azië meer dan 40% van alle zoetwater (Bouman *et al.*, 2006). Door het toegenomen gebruik van water voor de urbane bevolking en industrie en de afname van reserves zal in 2025 ca 15 van de 75 miljoen ha geïrrigeerde rijst een tekort aan water hebben. De natte rijstteelt gebruikt 2 tot 3 maal zoveel water als andere graangewassen, zoals tarwe en maïs, bij een gelijk opbrengstniveau.

Het gewasfysiologisch onderzoek naar waterbesparing en een efficiënte stikstofbenutting bij rijst is laat op gang gekomen. Thans wordt er uitstekend onderzoek verricht door onderzoekers bij het IRRI (Peng en Bouman, 2007) en bij meerdere Chinese universiteiten (o.a.: China Agricultural University, Nanjing Agricultural University en Yangzhou University). Twee waterbesparende systemen voor rijstteelt zijn veelbelovend: '*Alternative Wetting and Drying*' (AWD) en '*Aerobic Rice Systems*'. In het eerste systeem wordt de bodem niet continue bevoeid, maar blijft door de hoge vochtspanning anaëroob; in het tweede geval wordt alleen aanvullend geïrrigeerd en is de bodem overwegend aëroob. Op het gebied van water x stikstof interacties bij rijst is door dr. Paul Belder onder leiding van dr. Bas Bouman en mijzelf in 2004 een promotieonderzoek afgerond. In dit onderzoek is methodologisch een brug geslagen tussen hydrologische, bodemkundige en gewasfysiologische processen. Met een dergelijke, zowel op experimenten als modelonderzoek gebaseerde aanpak kan verkend worden onder welke omstandigheden substantiële besparing op irrigatiewater en stikstof mogelijk zijn. Een kwantitatieve systeemaanpak blijft nog

steeds één van de troeven van het Wageningse onderzoek naar een duurzame plantaardige productie.

### **Geachte collega's,**

Niet alleen het verbeteren van de '*resource-use-efficiency*' (zie ook: de Wit, 1992), maar ook het begeleiden van genetisch en biotechnologisch veredelingsonderzoek vraagt om kwantitatief gewaskundig onderzoek. Het zijn niet alleen de genen die gewasopbrengst en kwaliteit bepalen, maar ook de biofysische omstandigheden (weer, water, stikstof, etc.) en het management (in het bijzonder de 'timing' van teelthandelingen). Een goed voorbeeld is de introductie van de beddencultuur in de afwisselend natte en droge rijst-tarwesystemen met een areaal van ca 23 miljoen ha in een gebied dat zich uitstrekt van Noord India tot ver in China. Door de introductie van de beddencultuur werd een vroegere zaai van tarwe mogelijk, wat resulteerde in een forse opbrengstverhoging en daaraan gerelateerd een 25% hogere waterproductiviteit. Ook de stikstofverliezen namen af, doordat de bodem sneller aëroob werd, met als gevolg minder denitrificatieverliezen.

Het recent gehouden FRONTIS workshop over "*GENE-PLANT-CROP Relations; Scale and Complexity in Plant Systems Research*" met deelname van een brede groep van toponderzoekers en een goede vertegenwoordiging van PhD-studenten en postdocs uit Wageningen en het buitenland, liet zien dat een multidisciplinaire aanpak voor het genetisch-, plantenveredelings- en ecofysiologisch onderzoek tot nieuwe inzichten leidt die het onderzoek effectiever en doelgerichter maakt.



## The End

Tijdens de eerstejaars colleges van Prof. Thurlings leerden we, dat een zeker ondernemersrisico nodig is om een hoog rendement te bereiken. Dit fenomeen kennen we thans nog bij het vaststellen van een beleggingsprofiel. De maatschappij accepteert echter geen risico's, als het de voedselveiligheid (o.m.: houdbaarheidsdatum) en milieueffecten (o.m.: EU-nitraatrichtlijn, EU-kaderrichtlijn water en EU-richtlijn voor fijnstof) betreffen. Een *ex-ante* afweging van economische consequenties, effectiviteit van maatregelen en een doelmatige handhaafbaarheid ontbreekt veelal. Nederland lijkt op slot te gaan voor bodemgebonden landbouwactiviteiten en industrie. De onvermijdbare risico's aan dergelijke productieactiviteiten wentelen we af op economisch zwakkere landen zonder verantwoordelijkheid te nemen voor de ecologische effecten op mondiale schaal. Westerse landen profiteren dus in twee opzichten van arme landen; enerzijds van de zeer lage arbeidskosten en anderzijds van het afwentelen van milieulasten op de lange termijn. In mijn opvatting zouden we om ecologische redenen in Europa een grotere verantwoordelijkheid moeten nemen om de groeiende wereldbevolking op een adequate wijze te voeden en te voorzien van hernieuwbare grondstoffen.

Wageningen UR heeft zijn nek uitgestoken met het op de kaart zetten van het concept van de '*biobased-economy*' (Kropff, 2005). De vraag naar hernieuwbare energie en groene grondstoffen gaat in sneltreinvaart een grote rol spelen nu de afhankelijkheid van fossiele energie geopolitiek erg kwetsbaar wordt. Om duurzame productie van groene voeding- en grondstoffen in EU-landen in de praktijk te realiseren, zou er een '*ecobonus*' aan de primaire landbouwsector toegekend moeten worden. Deze vergoeding is dan

een compensatie voor enerzijds administratieve milieulasten en anderzijds technische milieuprestaties. De scheefheid op de wereldmarkt tengevolge van het sterk uiteenlopen van milieuregelgeving zou dan enigszins gecompenseerd worden.

### Slotwoord

Dames en heren, vandaag sluit ik een carrière af die 42 jaren geleden begon als parttime leraar aan de Middelbare Landbouwschool (MLS) te Cuijk. Na mijn afstuderen ambieerde ik een functie in het landbouwbedrijfsleven, maar door een aantrekkelijk aanbod van de hoogleraren 't Hart en Kupers werd dit verijdeld. In januari 1967 kon ik na een gesprek van 15 minuten en het invullen van enkele formulieren als wetenschappelijk medewerker bij de vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandcultuur aan de slag met een 'vrije' opdracht. Deze was achteraf minder vrij dan ik gehoopt had. Ik heb enkele jaren monnikenwerk gedaan naar de zaadvorming bij Engels raaigras (*Lolium perenne* L.). Daarna kon ik toch aan de slag met het gewasfysiologische tarweonderzoek. De vroege kennismaking met ideeën van toponderzoekers tijdens een stage bij het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek aan Landbouwgewassen (IBS) heeft mijn belangstelling voor de gewasfysiologie blijvend gewekt. Uit dit instituut zijn de internationaal vooraanstaande Wageningse onderzoeksinstituten voortgekomen: de vakgroep Theoretisch Teeltkunde o.l.v. Prof. Kees de Wit en het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO) o.l.v. Dr. Pieter Gaastra. Beide eminente onderzoekers ben ik veel dank verschuldigd voor hun wijze adviezen. Sinds de vakgroep TPE bij het CABO gehuisvest was, werkten medewerkers zeer nauw samen in promotieonderzoek en internationale onderzoeksprojecten.

Het Wageningen UR model *avant-la-lettre*, maar dan met een inhoudelijke symbiose en een gescheiden beheersverantwoordelijkheid.

Mijn bijdragen aan overleg- en coördinatieorganen en beleidsadvisering vonden plaats in de marge van hoofdfunctie, maar waren wel vaak tijdsintensief. Ik koester goede herinneringen aan het voorzitterschap van de KNBTB - Commissie 'Biotechnologie en Ethiek', die al in oktober 1990 een rapport uitbracht met een moraaltheologisch onderbouwd afwegingsschema voor de toepassing van biotechnologie in de land- en tuinbouw. Een tweede activiteit met een grote impact betrof het voorzitterschap van de door LNV, VROM en V&W ingestelde Cie Stikstof die in 1990/1991 een kwantitatieve analyse maakte van de stikstofproblematiek in Nederland. Mijn derde omvangrijke neventaak was het Voorzitterschap van het Bestuur van de Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor Zaaizaad en Pootgoed (NAK) van 1990 tot 1994. In die fase werd de landelijke structuur van deze keuringsdienst ingrijpend veranderd om voor de toekomst efficiëntie en kwaliteit te waarborgen.

Uit wetenschappelijk oogpunt verspilling van kostbare tijd; vanuit het maatschappelijke belang een verantwoordelijkheid waar alle wetenschappers in een bepaalde fase van hun carrière tijd voor vrij zouden moeten kunnen maken.

Onder de dynamische leiding van Dr. Cees Veerman werd er in 1997 het initiatief genomen tot een verdere concentratie van de drie 'plant'-instituten, CABO, CPRO en IPO, tot een nieuw instituut: Plant Research International (PRI). Ik heb nog aan de wieg gestaan van dit integratieproces, maar tevens te kennen gegeven een andere functie te ambi-

ëren. Er werd mij een deeltijdhoogleraarschap aangeboden in combinatie met een rol in de internationalisering van Wageningen UR. Als deeltijdhoogleraar heb ik vanaf midden 1999 zeven rijke jaren gehad waarin ik samen met promovendi nieuw onderzoek heb kunnen entameren en mijn internationaal netwerk verder kunnen verbreden. Vooral van mijn kontakten in China heb ik genoten. Tevens heb ik het tarweonderzoek weer op een moderne leest vorm kunnen geven en aan international conferenties zoals het 4th International Crop Science Congres (ICSC2004) te Brisbane, Australië en het 7th International Wheat Conference in november 2005 te Mar del Plata, Argentinië kunnen deelnemen. Mijn laatste grote activiteit voor Wageningen UR was de 3-daagse International FRONTIS Workshop "*GENE-PLANT-CROP RELATIONS; scale and complexity in plant systems research*" dat we van 23-26 april 2006 in Wageningen georganiseerd hebben. Deze workshop profiteerde van het theoretische fundament, dat mijn collega's Xinyou Yin, Paul Struik en Martin Kropff eerder gelegd hadden (Yin *et al.*, 2004).

Mijn werk had ik niet goed kunnen doen zonder de steun van een groot aantal collega's – directeuren, onderzoekers, AIO's, onderzoeksassistenten, medewerkers van de proeffaciliteiten, administratieve medewerkers en secretaresses – bij de universiteit en de verschillende instituten. Namen noemen blijft altijd een hachelijke onderneming; voor drie personen wil ik echter een uitzondering maken. Allereerst voor Johan Ellen, mijn onderzoeksassistent van 1968-1978 bij de vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandcultuur; wij hadden een gezamenlijke missie. Met een grote discipline zette jij je in om het fytotron- en veldonderzoek goed te laten lopen, en continuïteit te geven zelfs na mijn vertrek

naar het CABO. Verder wil ik de ondersteuning noemen van Martha van Rinssum; naast haar primaire taak als secretaresse voor twee hoogleraren en twee lectoren typte zij mijn handgeschreven artikelen en delen van mijn proefschrift met veel toewijding en een oprechte belangstelling voor het wel en wee in de privé-sfeer. 'Last but not least', wil ik Martin Kropff noemen voor de goede samenwerking die we hadden tijdens de CABO- en AB-DLO periode, maar vooral voor de bereidheid om een oud-DLO directeur op te nemen als deeltijdhoogleraar in de leerstoelgroep Gewas- en Onkruidecologie. Bij deze leerstoelgroep heb ik mij zeker de laatste jaren uitstekend thuis gevoeld.

Tot slot veel dank aan Julienne en de kinderen, die ervaren hebben dat een deeltijdfunctie kan uitgroeien tot een fulltime hobby. Desondanks heb ik kunnen genieten van ons kleinkind Ana.

*The Beginning and the End; the End is just a new Beginning.*

Ik dank u voor de aandacht.

## Referenties

- Bouman, B.A.M., R. Barker, E. Humphries, T.P. Tuong, G.N. Atlin, and J. Bennet, 2006. Rice - The food of half the world's people. In: *Comprehensive assessment of water management in agriculture*. The CGIAR Challenge Program on Water and Food (*in press*)
- Braudel Fernand, 1987. Beschaving, Economie en Kapitalisme (15<sup>de</sup>-18<sup>de</sup> eeuw). Deel I: *De Structuur van het Dagelijks Leven*. Uitgeverij Contact, Amsterdam. Pp. 599
- Brouwer, R., 1983. Functional equilibrium - Sense or Nonsense. *Neth. J. Agric. Sc.* 31: 335-348
- Cassman, K.G., 1999. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality and precision agriculture. *Proc. National Academy of Sciences, USA*, 96: 5952-5959
- Donald, C.M., 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17: 385-403
- Evans, L.T., 2005. The changing context for agricultural sciences. *J. Agric. Sci.* 143: 7-10
- FAO, 2005. Statistical databases. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Website: <http://www.fao.org>
- Hupperetz, B., B. Olde Meierink en R. Rommes, 2005. Kastelen in Limburg; burchten en landhuizen (1000-1800). Stichting Limburgse Kastelen/ SB4. Uitgeverij Matrijs, Utrecht. Pp. 606
- Kropff, Martin, 2005. *Biobased Economy*. Rede bij de Opening van het Academisch Jaar 2005. Wageningen Universiteit en Researchcentrum, pp. 31-38
- Martre, P., J.R. Porter, P.D. Jamieson and E. Triboï, 2003. Modelling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the sink/source regulation of nitrogen remobilization for wheat. *Plant Physiology* 133: 1959-1967

- Peng S. and B.A.M. Bouman, 2007. Prospects for genetic improvement to increase lowland rice yields with less water and nitrogen. In: *Scale and Complexity in Plant Systems Research: Gene-Plants-Crop Relations* (Eds.: J.H.J. Spiertz, P.C. Struik and H.H. van Laar), FRONTIS Book series, Springer, Hamburg
- Pott Heleen, 2006. Waarheid is een aantrekkelijke constructie – meer niet. In: *Opinie & Debat*, NRC Handelsblad. Editie: zaterdag 1 april, p. 15
- Rip Arie, 1978. Wetenschap als Mensenwerk; over de rol van de natuurwetenschap in de samenleving. Hfdst. 3: Wetenschap als sociale activiteit. Arboboeken, Baarn. Pp. 76-94
- Schröder, J. J., H. F. M. Aarts, H. F. M. ten Berge, H. van Keulen and J. J. Neeteson, 2003. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *Eur. J. Agronomy* 20: 33-44
- Schurr, U., A. Walter and U. Rascher, 2006. Functional dynamics of plant growth and photosynthesis – from steady-state to dynamics – from homogeneity to heterogeneity. *Plant, Cell and Environment* 29: 340-352
- Skylas, D.J., D. van Dyk and C.W. Wrigley, 2005. Proteomics of wheat grain. *J. Cereal Sc.* 41: 165-179
- Smith, Ali, 2005. *The Accidental*. Penguin Books Ltd, London, England. Pp 306
- Spiertz, J.H.J., R.J. Hamer, H. Xu, C. Primo-Martin, C. Don and P.E.L. van der Putten, 2006. Heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.): effects on grain growth and quality traits. *Eur. J. Agronomy* (in press) [doi:10.1016/j.eja.2006.04.012]
- Spiertz J.H.J. en J.W.H. van der Kolk (Eds.), 2002. *Quick Scan Transitie Duurzame Landbouw*. Wageningen, Alterra; Research Instituut voor de Groene Ruimte. *Reeks Milieuplanbureau* 19/HM/04-2002. Pp. 70
- Vereijken, P., 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. *Eur. J. Agronomy* 7: 235-250

Wit, C.T. de, 1992. Resource use efficiency in agriculture. *Agric. Systems* 40: 125-151

Yin Xinyou, Paul C. Struik and Martin J. Kropff, 2004. Role of crop physiology in predicting gene-to-phenotype relationships. *Trends in Plant Science* 9: 426-432