

EEN LES IN OVERLEVEN

door prof.dr. C.M. Karszen



WAGENINGEN UNIVERSITEIT

Dies rede uitgesproken op 8 maart 2000.

EEN LES IN OVERLEVEN

Tijdens de laatste diesviering onder mijn leiding wil ik graag de gewoonte voortzetten, die ook door mijn voorgangers in ere is gehouden, dat de rector magnificus tijdens zijn ambtsperiode eenmaal zelf de dieslezing verzorgt.

Wanneer een rector na 7 jaar besturen aankondigt 'Een Les in Overleven' te zullen geven ligt het voor de hand dat u eeb voordracht over bestuurlijk overleven verwacht. Maakt u zich echter geen zorgen: het gaat vanmiddag echt over wetenschap. Ik zal eerst iets zeggen over de biologie in het algemeen en daarna in het bijzonder in gaan op mijn eigen niche binnen de biologie: de strategie van overleven. De titel is dus eigenlijk 'Een Biologische Les in Overleven', maar ik wilde het nog even spannend houden.

De biologie is voor vele buitenstaanders een enigszins ongrijpbare wetenschap. Men vraagt zich af waar de biologie temidden van de andere wetenschappen nu precies thuishoort. Ik schets u twee opvattingen die op het eerste oog tegengesteld zijn aan elkaar.

Soms wordt de biologie gezien als een liaison tussen de humaniora en de technische wetenschappen, een soort verbindingsschakel tussen *arts* en *science*. Daaraan wordt dan nogal eens de conclusie verbonden dat de biologie een 'softe' wetenschap is die niet thuishoort in de familie van de zogenaamde harde bètawetenschappen en de technologie. Een deel van dat imago berust er misschien op dat het object van studie ook heel andere emoties oproept dan puur wetenschappelijke. Natuur, dieren en planten zijn voor veel mensen vooral mooi en ontroerend. Je kunt ervan houden en er gedichten over schrijven en dat is wat anders dan 'harde' wetenschap.

Het merkwaardige is dat tegelijkertijd anderen voorspellen dat de biologie de wetenschap van de toekomst is. De 21' eeuw wordt daarom nu al de eeuw van de biologie genoemd, zoals de 20e eeuw en een deel van de 19' eeuw dat was voor de fysica en de chemie. Men baseert die voorspelling op de enorme potenties van de moderne biologie. En die zijn inderdaad indrukwekkend.

De ontwikkeling tot de moderne, experimentele biologie is vooral sterk bevorderd is door een hechte interdisciplinaire samenwerking tussen de biologie en de overige natuurwetenschappen. Er ontstonden interdisciplines als biochemie, biofysica, moleculaire biologie, biotechnologie en – van meer recente datum - bioinformatica. Ook worden in toenemende mate systeemanalysetechnieken toegepast binnen de biologie.

Een interessant gevolg van deze ontwikkeling is dat de bestudering van het leven nu niet langer het alleenrecht van de biologie is. Leven is het studieobject geworden van een sterke multidisciplinaire familie van wetenschappen die steeds vaker wordt aangeduid met een nieuwe naam: Levenswetenschappen.

Is deze nieuwe naam eigenlijk wel nodig? Zijn biologie en levenswetenschap niet gewoon synoniem aan elkaar? Volgens de encyclopedie en het woordenboek wel, maar in de praktijk niet. Velen associëren biologie met groen, veilig en betrouwbaar, terwijl Levenswetenschap steeds meer in verbinding wordt gebracht met de biotechnologische toepassing van moleculaire en celbiologische kennis in een breed gebied van agrofood, geneeskunde en milieuzorg. Er worden dan ook aan de lopende band 'Life Science Companies' opgericht en die wekken bij velen een geheel andere associaties op dan een biologisch bedrijf.

Wat is de rol de biologie binnen de levenswetenschappen? Dit lijkt op het eerste oog een eenvoudig te beantwoorden vraag; het kan toch niet anders dan dat de biologie de centrale positie inneemt: het gaat immers om het bestuderen van het leven. Toch ben ik daar niet gerust op. Ik ben vooral bezorgd dat de biologie en de biologen in het maatschappelijk debat uit elkaar gespeeld worden in enerzijds een 'harde' biotechnologische en anderzijds een 'softe', ecologische fractie.

Zo'n ontwikkeling zou niet alleen dramatisch zijn voor de biologie, maar ook voor de levenswetenschappen. Ik pleit er daarom voor dat we het eigen geïntegreerde karakter van de biologie in stand houden. Want biologie is toch in essentie de geïntegreerde wetenschap van het leven en de levende organismen. Een wetenschap die zich uitstrekt van moleculair tot populatie en ecosysteem.

In de moderne levenswetenschappen is er mijns inziens een blijvende behoefte aan onderzoekers die meer organismen kennen dan de enkele toppers van de hitlijst van de biotechnologie en die getraind zijn om verbanden te leggen tussen de verschillende niveaus binnen de biologie. Biologen hebben ondanks hun verschillen - en die kunnen groot zijn - toch één ding gemeen: ze zijn allemaal biologie gaan studeren omdat ze gefascineerd waren door een groter of kleiner deel van de levende werkelijkheid. Een bioloog kiest in de eerste plaats voor zijn of haar hobby en niet voor een vak. Door die fascinatie en door hun brede biologische kennis zijn ze daarom bij uitstek de wetenschappers die in staat zijn chemici, fysici, informatici, landbouwkundigen en medici op het rechte biologische spoor te houden. Kortom, ze zijn in staat biologische lessen te geven.

Dames en heren,
het is tijd dat deze bioloog zijn eigen biologische les geeft:
Een Les in Overleven.

Wat is mijn fascinatie, mijn drijfveer voor biologisch onderzoek? Ik ontleen die in sterke mate aan een natuurverschijnsel dat u allemaal wel eens in de een of andere vorm hebt gezien. Als u geluk hebt gehad zag u het optreden wanneer aan het eind van het droge seizoen de eerste regen viel op een droge woestijnbodem. Binnen enkele dagen raakt dan het geel-bruine landschap bedekt met een groen waas dat in zeer korte tijd uitgroeit tot een volledig bloeiend vegetatiedek. Dit verschijnsel is voor velen een, bijna religieus, teken van hoop.

Dichter bij huis gebeurt iets dergelijks wanneer we een akker omploegen, een bouwterrein of wegberm ontginnen of gewoon onze eigen tuin ompspitten. Korte tijd na de verstoring van de grond komen er allerlei planten tot ontwikkeling. Vaak zijn dat onkruiden en dat is een teken van wanhoop.

Bewoners van Wageningen zullen zich misschien herinneren hoe vorig jaar de trotse nieuwe rotonde bij de uitgang van 'De Born' aan de Mansholtlaan in korte tijd helemaal vol stond met melganzevoet (*Chenopodium album*). Dat is voor velen een hinderlijk onkruid, maar voor mij mijn meest vertrouwde proefplant. Dat betekent overigens niet dat ik die onkruidzaden had uitgestrooid. Dat is ook niet nodig want het verschijnsel dat ik zojuist beschreef berust op de aanwezigheid in de bodem van grote reservoirs van begraven en nog levende zaden : de zogenaamde zaadbanken. Zaadbanken zijn van essentiële betekenis voor het overleven van planten.

Om te overleven kunnen planten de ongunstige, bedreigende omstandigheden niet ontvluchten, zoals dieren dat kunnen. Ze moeten zien te overleven op hun standplaats. Planten kunnen vegetatief overleven in houtachtige vorm of als specifiek overlevingsorgaan (knol, bol, wortelstok). Het meest interessant is de generatieve overleving in de vorm van zaden. Zaden vertonen dus genetische diversiteit en flexibiliteit en zijn alleen al daardoor van grote betekenis voor het overleven van de soort. Doordat zaden ook verspreid kunnen worden (o.a. door wind en dieren) kan de soort nieuwe niches en nieuwe manieren van overleven ontginnen.

Zaden van de meeste soorten zijn vooral ook uitstekend ingericht voor hun eigen overleven. Daarbij speelt een rol dat zaden in hoge mate uitdroogbaar zijn en kiemrust ontwikkelen.

Het vermogen om te overleven ontstaat wanneer het zaad zich ontwikkelt aan de moederplant. In het begin is het ontwikkelende zaad nog afhankelijk van de moederplant, vooral voor de aanvoer van voedsel en water. In die voedselstroom komt ook het hormoon cytokinine mee, dat sterk stimulerend werkt op de celdeling.

Ongeveer halverwege de ontwikkeling wordt de verbinding met de moederplant echter verbroken door het verkurken van de navelstreng (*de funiculus*). En dan staat het zaad op zichzelf. Het heeft dan zijn maximale versgewicht bereikt, het reservevoedsel is opgeslagen en het enige dat nog moet gebeuren is de voorbereiding op overleven.

Als eerste aanzet daartoe stopt de groei van het zaad (developmental *arrest*). Mangroven vormen een van de

weinige uitzonderingen op deze regel. Bij die familie groeit het embryo door en ontwikkelt een torpedoachtige wortel, die bij een zeker gewicht loslaat van de boom en zich in de modder onder de boom spietst en daar verder uitgroeit tot een nieuwe plant.

Bij vrijwel alle andere soorten wordt een dergelijke vroegtijdige kieming verhinderd door de ontwikkeling van kiemrust (*dormancy*).

Collega Maarten Koornneef en ik hebben in de 80er jaren, samen met onze medewerkers en studenten, door middel van genetisch-fysiologische experimenten aangetoond dat abscisinezuur (ABA) verantwoordelijk is voor de inductie van kiemrust. ABA is de belangrijkste hormonale remstof van planten. Het hormoon heeft overigens een wat misplaatste naam. Het zou, gelet op de rol in zaden beter dormine genoemd kunnen worden, want met abscissie (bladval) heeft het nauwelijks iets te maken. Het hormoon wordt halverwege de zaadontwikkeling in het embryo gesynthetiseerd. Dat gebeurt spontaan, zonder invloed van buiten. Het induceert eerst *developmental arrest* en initieert daarna een aantal voor kiemrustontwikkeling essentiële genen.

Een tweede stap richting overleven is de daling van het watergehalte van het zaad. Dat kan gebeuren door gewoon uitdrogen, als onderdeel van het uitdrogen van de gehele plant, zoals bijvoorbeeld bij granen. Het water kan echter ook worden verdrongen door de vorming van het reservevoedsel dat steeds meer plaats inneemt in het in omvang al gefixeerde zaad. Op die manier verliezen ook zaden binnen een natte vrucht als de tomaat hun vocht.

Ze moeten het uitdrogen echter wel overleven. Levende cellen zijn immers in hoge mate afhankelijk van water. De

uitdagende vraag is dan ook hoe het mogelijk is dat het watergehalte in droge zaden tot dicht bij de 5% daalt zonder dat de zaden dood gaan. Er bestaat kennelijk een beschermingsmechanisme. Gelukkig behoeven niet alle onderdelen van het zaad beschermd te worden, zetmeelkorrels mogen best totaal uitdrogen. Maar dat gaat niet op voor membranen, een aantal enzymen en uiteraard voor de erfelijke informatie en het eiwitsyntheseapparaat.

Recent onderzoek heeft aangetoond dat de uitdroogtolerantie waarschijnlijk berust op twee principes: water wordt geconcentreerd en het wordt vervangen.

Bij de concentratie van het weinige overgebleven water spelen specifieke LEA eiwitten (*late embryogenesis abundant proteins*) een hoofdrol. Ze worden onder invloed van het al eerder genoemde ABA laat in de zaadontwikkeling gesynthetiseerd. LEA proteïns kunnen heel sterk water binden. Doordat ze zich op hun beurt binden aan andere eiwitten en aan membranen wordt het weinige water dat nog over is op de goede plaatsen geconcentreerd.

Bij de vervanging van water spelen di- en trisacchariden een rol. De suikers hopen zich laat in de ontwikkeling in het zaad op. Er zijn sterke aanwijzingen dat de hydroxylgroepen van de suikers de plaats van water overnemen in de structuur van membranen en zo meehelpen om de tertiaire structuur van membraaneiwitten in stand te houden. Ook kunnen ze bevorderen dat er in het zaad een zogenaamde 'glassy state' ontstaat: een amorfe vaste toestand met een zeer hoge viscositeit waarin de chemische reacties die leiden tot verdere zaadafbraak vrijwel geheel tot stilstand komen.

Zoals altijd binnen de natuur zijn er uitzonderingen op de regel van de uitdroogtolerantie. Er zijn ook soorten die

niet-uitdrogbare zaden vormen, de zogenaamde *recalcitrant seeds*. Ze gaan dood wanneer het vochtgehalte te snel en te ver daalt. Toch overleven deze soorten heel goed op hun natuurlijke standplaats. Dat komt omdat ze voorkomen in altijd vochtige milieus zoals het tropisch regenwoud, waar uitdrogen geen optie is.

Veel gewassen met recalcitrante zaden zijn van grote betekenis voor de economie van ontwikkelingslanden. Ik noem thee, koffie, cacao, citrus, mango, rubber en olie-palm. Het bewaren van de zaden van deze gewassen is een groot probleem, waar we nog geen effectieve methode voor hebben ontwikkeld maar waar wel hard aan gewerkt wordt, ook in Wageningen.

Het recept voor het bewaren van al die andere wel uitdroogtolerante zaden is in principe simpel: bewaar ze zo koud en zo droog mogelijk. Voor kleine porties zaad, zoals die worden opgeslagen in de verschillende genenbanken, zijn -20°C en een relatieve vochtigheid van ongeveer 30% uiterst effectieve condities. Modelberekeningen voorspellen een overleving van soms honderden jaren.

Genenbanken bevatten meestal vooral zaden van cultuurplanten. Sinds kort is er echter ook een genenbank voor wilde planten. Kew Gardens, de beroemde Londense botanische tuin, heeft met steun van de National Lottery de Kew's Millennium Seed Bank gebouwd, waarin om te beginnen, de zaden van de volledige wilde Britse flora zullen worden opgeslagen. Maar men richt zich ook op het opslaan van zaden uit de droge gebieden van onze planeet. Het doel is 24.000 soorten in 2010. Deze zaadbank, die ook wel 'Noah's fridge' wordt genoemd, is een indrukwekkende poging om het overleven van bedreigde soorten veilig te stellen. Het is echter wel het laatste redmiddel.

Het mag zeker geen excuus zijn om het natuurbeheer dan verder maar te verwaarlozen. Want die bewaarde zaden groeien alleen maar uit tot een nieuwe, levenskrachtige flora wanneer het bijbehorende milieu ook nog bestaat. Bovendien zet je door de zaden op te bergen de evolutie stil. Daardoor kan er in de toekomst alleen nog maar diversiteit verloren gaan en niets meer bijkomen. Al is het dus het laatste redmiddel, het is wel een schitterend initiatief.

Het is natuurlijk niet mogelijk ook grote partijen zaaizaad bij -20°C op te slaan. In onze gematigde streken zijn die condities echter nog wel te benaderen. Ook hier is het probleem het grootst voor de landbouw in de humide tropen, waar de klimatologische condities uiterst ongunstig zijn voor zaadopslag. *In situ* management van zowel natuurlijke als agro-diversiteit is daarom een belangrijke strategie.

De spannende vraag is natuurlijk: hoe overleven zaden in de natuur?

Natuurlijke opslag onder droge condities is in de natuur nauwelijks een optie. Het komt alleen voor in steppen en woestijnen en dan vaak nog maar voor een deel van het jaar.

In vrijwel alle andere klimaatzones komen de zaden, als ze losraken van de moederplant in of op een vochtige bodem terecht. Een aantal soorten, zoals wilde peulvruchten, houden de zaden dan toch nog droog doordat de zaadhuid een waterondoorlaatbare laag bezit. Deze zaden overleven daardoor uitstekend. Voor Lotus is een record bekend van zaden die 600 jaar overleefden in een kleilaag, die in de Gobi woestijn onder een dikke laag zand terecht was

gekomen. Ook in biochemisch opzicht vertoonden de zaden na die lange bewaring geen enkel teken van veroudering. (Voordat deze zaden kunnen kiemen moet de wateropname uiteraard wel hersteld worden door het beschadigen van de zaadhuid).

Alle andere zaden die in vochtige grond terechtkomen nemen wel direct water op en moeten dus – zeker in ons klimaat - in constant vochtige toestand zien te overleven, en dat lukt ze vaak zeer goed. Ook hier zijn records van honderden jaren bekend.

Er bestaat dus een paradoxale situatie: zaden kunnen kennelijk zowel overleven onder extreem droge als onder zeer vochtige omstandigheden. Overleven in vochtige grond gaat vooral goed wanneer de grond niet wordt verstoord. U kunt dit al verklaren want ik vertelde u eerder dat grondverstoring kieming stimuleert en door kieming neemt uiteraard het aantal begraven zaden af.

Waarom kiemen zaden nu wel als ze door grondbewerking aan het oppervlak komen, en niet in de onverstoorde grond? Het antwoord is: door licht. De zaden van de overgrote meerderheid van de wilde soorten heeft licht nodig om te kiemen. Weliswaar maar een heel klein beetje, maar zelfs dat kleine beetje licht dringt niet verder dan enkele millimeters in de grond door. De lichtafhankelijkheid van zaden verhindert dat de zaden te ver onder het oppervlak kiemen. En dat is maar goed ook, want kieming op die plaats leidt maar zelden tot een levenskrachtig kiemplantje: de afstand tot het oppervlak is te groot en het beschikbare reservevoedsel is daarvoor te gering.

Wanneer je de invloed van grondverstoring op de kieming wat nauwkeuriger bestudeert, ontdek je ook nog een

seizoenseffekt. Er zijn typische voorjaars- en najaarskiemers. En dat blijft zo wanneer de grond wordt verstoord. De basis van dit verschijnsel wordt gevormd door een seizoensgebonden kiemrustritme, dat op zijn beurt weer gestuurd wordt door de seizoensafhankelijke wisselingen in bodemtemperatuur.

Het komt er in het kort op neer dat begraven zaden meestal maar een korte periode van het jaar kiembaar zijn en de rest van het jaar in kiemrust verkeren en dan dus ook niet kiemen na grondverstoring. (De zaden van Melganzevoet vormen een uitzondering, die kiemen het hele jaar door en zijn onder andere daardoor zo'n hardnekkig onkruid). De wisseling in de gevoeligheid voor licht en andere factoren speelt zich waarschijnlijk af op receptorniveau. We toonden in mijn onderzoekgroep aan dat het daarbij om wisselingen in de lichtgevoeligheid gaat met een factor honderdduizend of meer. De sturing gebeurt door temperatuur. Zaden van een typische voorjaarskiemer worden onder invloed van de lage wintertemperatuur steeds gevoeliger voor licht. Als het licht de zaden in het voorjaar bereikt, kiemen ze. Wanneer dat niet gebeurt, worden ze onder invloed van de hoge zomertemperatuur weer ongevoelig voor licht en wachten ze nog een jaartje met kiemen en misschien wel jaren en soms eeuwen. Kiemrust is dus een voorwaarde voor overleven. Het geheim is dat deze wisselingen in kiemrust zeer weinig energie vragen. Er behoeven niet steeds remmende of bevorderende hormonen gevormd te worden, een verandering in de membraanstructuur is al voldoende. Alle kiemrustmechanismen zorgen ervoor dat de zaden alleen kiemen in een periode van het jaar die de garantie biedt dat de nieuwe generatie planten weer nieuwe zaden

zal vormen, en daardoor wordt het overleven van de soort verzekerd.

Dames en heren,

ik heb u in het voorgaande in zeer grove penseelstreken een natuurlijk systeem geschetst dat al ruim 100 miljoen jaar succesvol is, want zo lang bestaan er al zaadplanten. In tegenstelling daarmee bestaan cultuurplanten pas 10 eeuwen. Ze ontstonden toen de eerste nomaden zich op vaste plaatsen gingen vestigen. Ze begonnen planten te selecteren en te kruisen en werden daardoor de eerste primitieve veredelaars.

Vanuit ecologisch oogpunt bezien is het woord 'veredelen' misplaatst. Dat geldt zeker voor het vermogen van de planten om te overleven. Het overleven van cultuurplanten is immers vrijwel geheel afhankelijk van menselijke hulp. Cultuurplanten zijn als dieren in de dierentuin. Buiten de akker overleven ze nauwelijks.

Deze trend in de veredeling van cultuurplanten is overigens zeer begrijpelijk, want een aantal 'wilde' eigenschappen van zaden is in de landbouwkundige praktijk behoorlijk lastig. Dat geldt zeker voor kiemrust. In de akkerbouw en de intensieve tuinbouw verlangt men dat partijen zaad liefst voor 100% kiemen en dan ook nog zo synchroon en zo snel mogelijk. En dat lukt! Gaat u maar bij een moderne sla- of tomatenteler in de kas kijken, of op een tarweakker. Alle plantjes zijn vrijwel in het zelfde stadium van ontwikkeling. Dat is voor mij ook een reden voor verwondering, niet voor de natuur maar voor ons vermogen om die naar onze hand te zetten.

Hoe krijgt men dat voor elkaar? Uiteraard allereerst door gericht veredelen. Ik verwacht dat we dat binnenkort nog beter kunnen, omdat er steeds meer genen worden geïsoleerd die betrokken zijn bij kiemrust. Onderzoekers van het Wagening Seed Centre nemen daarbij een prominente positie in.

Zaden kunnen ook worden voorgekiemd. Het is daarbij de kunst om het kiemingsproces te stoppen vlak voordat het kiemworteltje door de zaadhuid breekt. Die laatste stap van de kieming bestaat uit celstrekking en wordt dus aangedreven door extra wateropname. Dat proces kan worden geremd door de zaden niet in water maar in een osmoticum te leggen. De kieming stopt nu in alle zaden in hetzelfde stadium. Wanneer ze daarna weer worden gedroogd en later worden uitgezaaid blijkt de kieming keurig gesynchroniseerd te zijn.

Dames en heren, mijn biologische les is tot nu toe zeer klassiek geweest. Het lijkt er misschien op dat ik u een soort arcadia heb beschreven waar de biotechnologie nog niet in is doorgedrongen. Dat is niet juist. Er is wel degelijk biotechnologisch onderzoek met zaden maar dat concentreert zich tot nu toe niet op het kiemgedrag van zaden - en daartoe beperkte ik me tot nu toe - maar vooral op de verandering van de inhoudsstoffen van het zaad, het reservevoedsel. Dat is begrijpelijk, want er worden aanzienlijk meer zaden gekweekt om verwerkt te worden dan als zaaizaad.

Er wordt hard gewerkt om de voedingswaarde van het gevormde reservevoedsel, en daarmee van ons voedsel en dat van dieren, te vergroten en te verbreden. Dat gebeurt soms door het inbrengen van soortvreemde genen, soms

ook door andere biotechnologische technieken. Er kunnen gewassen gekweekt worden met meer essentiële aminozuren in de eiwitten, met een andere zetmeelstructuur om de verteerbaarheid te bevorderen en met meer vitaminen. Stuk voor stuk potentiële bijdragen aan de verbetering van de menselijke en dierlijke voeding en dus van groot belang.

Het lot van die nieuwe producten hangt af van de acceptatie door de consument. Ik ben blij dat de discussie over het gebruik van soortvreemde genen in de biotechnologie de afgelopen weken in de kolommen van de dagbladen en daarbuiten een meer genuanceerd karakter heeft gekregen. De impuls die minister Brinkhorst daartoe heeft gegeven is van groot belang geweest, maar ook de opstelling van Greenpeace en recent van het Centrum voor Milieu en Techniek is van betekenis. Ik hoop dat die trend doorzet nu het Biosafety Protocol onlangs in Montreal is geaccepteerd door 130 staten. Biotechnologie is zeer veel belovend maar biosafety voor natuur en consument en keuzevrijheid voor de consument moeten altijd voorop staan.

Het succes van zo'n nieuw product hangt er ook van af of het nieuwe gewas nog wel te telen is. Bij de zojuist genoemde gewassen met een veranderd reservevoedsel is dat soms een probleem. In meerdere gevallen kiemen de geproduceerde zaden slecht en zijn in ieder geval slecht te bewaren. Dat probleem zou kunnen worden opgelost wanneer de expressie van het gemodificeerde gen zou kunnen worden onderdrukt in de eerste generatie zaden die bestemd zijn om als zaaizaad te worden gebruikt, maar wel zou plaatsvinden in de tweede generatie zaden die

bedoeld zijn om te worden verwerkt tot voedsel.

Die oplossing is in potentie aanwezig. Een briljant maar ook zeer ingewikkeld stukje biotechnologie kan het probleem in principe oplossen. Ik bespaar u de details. Het systeem komt er in het kort op neer dat er samen met het gemodificeerde gen (dat dus codeert voor een nieuwe samenstelling van het reservevoedsel en door binding aan de Lea promotor laat in de zaadontwikkeling tot expressie komt) ook een blokkering van de aflezing van dat gen wordt ingebouwd. Het gevolg is: geen nieuw product. Om ons doel te bereiken moet die blokkering ook weer gedeblokkeerd kunnen worden. Daarom moeten er nog twee soortvreemde stukjes DNA worden ingebouwd. Het eerste deblokkeert de blokkade en het tweede blokkeert de deblokkering. Gevolg nog steeds: geen nieuw reservevoedsel. Zo is de situatie in de eerste generatie zaden. Wanneer nu het zaai zaad voor de tweede generatie planten wordt gewekt in een oplossing van een externe inductor, kan de laatste blokkade worden opgeheven en bevatten de zaden van die planten wel de nieuwe inhoudstoffen.

Ik zei het u al: briljant maar ingewikkeld. Ik denk dat er heel wat barrières genomen zouden moeten worden om zo'n product geaccepteerd te krijgen. Het zou kunnen helpen dat zo'n gewas in ieder geval een voordeel biedt voor de consument (beter voedsel) en voor de producent (betere teeltmogelijkheden). Dus wie weet zou het een kans hebben.

Ik moet u echter opbiechten dat het systeem dat ik u net beschreef in deze vorm en voor dit doel niet bestaat. Insiders zullen in mijn beschrijving echter het systeem herkend hebben dat onder de naam "Terminator-gene" alle

kranten heeft gehaald. In dat systeem gaat het niet om een gen dat codeert voor nieuw voedselbestanddeel, maar om een gen dat codeert voor een eiwitachtig toxine. Wanneer dat gen laat in de zaadontwikkeling tot expressie komt doodt het toxine het zaad dus vlak voor de afrijping.

Dit hoogstandje van de biotechnologie was dus alleen maar bedoeld om het kwekersrecht van de betrokken Life Science Company Monsanto te beschermen. Met name de implicatie dat zo'n systeem de landbouw in de ontwikkelingslanden nog sterker afhankelijk zou maken van het Westen leidde terecht tot heftige afkeurende reacties. Op grond van deze argumenten heeft het toenmalige CPRO-DLO, nu Plant Research International, de techniek publiekelijk veroordeeld, en later deed de internationale onderzoekorganisatie CGIAR dat ook. Monsanto zwichtte voor de kritiek en besloot de methode niet te commercialiseren.

Dit incident is een goed voorbeeld van hoe het niet moet. Het laat zien hoe de biotechnologie op hol kan slaan wanneer het alleen maar wordt aangestuurd door economisch motieven. Zo moet het dus niet met de levenswetenschappen. De markt mag het roer van de biologische wetenschap niet definitief overnemen, want dat leidt op den duur tot ongelukken. Mijn collega dr. Martha Crouch, een plantkundige aan de University of Indiana reageerde daarom als volgt: 'It's really a form of environmental vandalism. The idea that somehow you have the right to break the cycle of life, that goes on from seed to seed from time immemorial, doesn't make sense. I think it is immoral'.

Wanneer ik alleen mijn emoties volg voel ik me zeer goed thuis bij deze 'outcry'. Wanneer ik echter weer nuchter nadenk, realiseer ik me dat we met veel van onze landbouwmethoden al eeuwen lang diep ingrijpen in de natuurlijke systemen. In principe is elke akker onnatuurlijk of er nu biologisch of anderszins op wordt geteeld. Bedenkt u echter dat de grootste inbreuk op de natuurlijke ordening wordt gevormd door de overheersing, in getal en macht, van de ene soort *Homo sapiens*. En die rechtlopende aap wil eten en dus is er landbouw nodig, want eten uit de natuur is al lang niet meer toereikend, en leven in totaal evenwicht met de natuur is nog maar weinigen gegeven.

Dit laat onverlet dat we bij al onze inbreuken in de natuurlijke orde moeten proberen de ingreep zo klein mogelijk te maken. Dat kan ook binnen de biotechnologie. Ik verwacht daarom dat het toepassen van steeds ingewikkelder biotechnologische constructies, zoals hierboven beschreven, geen toekomst heeft.

Binnenkort zullen de bouwstenen van het complete genoom van de eerste plant (*Arabidopsis thaliana*), ook door Wageningse inspanningen, bekend zijn. Ook zijn we steeds beter in staat de functies van de genen vast te stellen. Door de beschikbaarheid van steeds snellere gen-expressie systemen zijn we steeds beter in staat om te bestuderen hoe gen-expressie kan worden beïnvloed en dus bijvoorbeeld verloopt in het veld. Dr.ir.N.G.Hoogenboom, directeur Plant Research International, ziet hierin een nieuwe basis voor een holistische benadering na een lange reductionistische fase.

De discrepantie die nu dreigt tussen de verschillende benaderingen binnen de biologie en tussen de biotechnologische en de biologische vormen van landbouw worden

dan ook wellicht minder scherp. Want we zullen ongetwijfeld ontdekken dat een gen het beste gereguleerd kan worden door natuurlijke en biologische omgevingsfactoren.

Ongebonden, kritische en vrijdenkende biologen zijn daarbij onmisbaar. Fundamentele biologisch kennis is voor de levens- en de landbouwwetenschappen een zaak van overleven.

Ik dank u voor uw aandacht.