

Landbouw universiteit

strategisch balanceren

onkruidkunde als toegepaste

plantenecologie

Ontvangen

06 MEI 1996

UB-CARDEX

door prof. dr Martin J. Kropff

STRATEGISCH BALANCEREN
Onkruidkunde als toegepaste plantenecologie

door prof. dr Martin J. Kropff



Inaugurele rede uitgesproken op 18 april 1996
bij aanvaarding van het ambt van
hoogleraar in de Onkruidkunde
aan de Landbouwniversiteit te Wageningen

STRATEGISCH BALANCEREN

Onkruidkunde als toegepaste plantenecologie

INLEIDING

Mijnheer de rector magnificus, dames en heren,

Onkruid is van oudsher één van de belangrijkste schadeveroorzakers in de landbouw. Zonder bestrijding van deze ongewenste planten kunnen gewassen in veel gevallen nauwelijks tot produktie komen. Ook in de civieltechnische sfeer zoals in watergangen en langs spoorbanen, speelt de onkruidproblematiek een rol (Zonderwijk, 1978; Van der Zweep, 1979). Het is een probleem dat toeneemt met de schaal van het systeem. Zo is het plezierig om op een zaterdag de tuin even te wieden, maar vereist het zeer veel kostbare arbeid om op die wijze een akker onkruidvrij te houden.

Onkruiden kunnen diverse problemen veroorzaken. In eerste instantie gaat het natuurlijk om verlies van gewasproduktie door concurrentie om licht, water en nutriënten. Onkruiden kunnen echter ook de oogst bemoeilijken, de produktie van zaaizaad verontreinigen, de kwaliteit van het produkt verminderen en als gastheer voor ziekten en plagen optreden. Ze kunnen echter ook positieve effecten hebben door bijvoorbeeld het bevorderen van populaties van natuurlijke vijanden van ziekten en plagen, het tegengaan van erosie en het vertegenwoordigen van een natuurwaarde.

De introductie van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen in het midden van deze eeuw zorgde voor een euforie in de landbouw. Een groot probleem leek te zijn opgelost. De arbeidsinspanning voor het handmatig verwijderen van onkruiden in de

zogenaamde hakvruchten nam enorm af. Maar van die euforie is inmiddels weinig meer over. In de eerste plaats komt dit vanwege milieuproblemen die worden veroorzaakt door het herbicidengebruik. Residuen van een aantal herbiciden zijn bijvoorbeeld aangetroffen in drink-, grond- en oppervlaktewater. Daarnaast is gebleken dat er resistentie tegen belangrijke herbiciden op kan treden en blijft de chemische bestrijding kostbaar. Vele redenen om fundamenteel nieuwe wegen te zoeken voor deze problematiek. Deze nieuwe wegen moeten volgens het beleidsvoornemen in de nota *Dynamiek en vernieuwing* van de Minister van Landbouw Natuurbeheer en Visserij (LNV, 1995) gevonden worden in het ecologiseren van de landbouw. Maar, betekent dat dat we terug moeten naar de schoffel en vele uren handwerk? Neen, mijns inziens niet. Ik ben ervan overtuigd dat het mogelijk is om op grond van wetenschappelijke kennis en inzichten nieuwe, ecologisch verantwoorde onkruid-beheersingssystemen te ontwerpen!

In veel ontwikkelingslanden zijn chemische bestrijdingsmiddelen nauwelijks beschikbaar of betaalbaar, zodat de onkruiden nog vaak handmatig moeten worden verwijderd. Meestal gaat het probleem van ongewenste plantengroei zelfs zover, dat de capaciteit die er is om deze planten handmatig te verwijderen - dus het aantal handen - het te betelen oppervlak bepaalt. Door de groei van de bevolking in verschillende werelddelen en de trek van platteland naar stad, neemt de noodzaak om de produktiviteit van landbouwsystemen te verhogen toe. Een efficiënt en effectief beheer van onkruiden is daarvoor de belangrijkste voorwaarde. Hier gaat het erom te

voorkomen dat over 10 jaar dezelfde problemen ontstaan die wij nu hier hebben.

Naast deze vragen naar nieuwe onkruidbeheersings-systemen, is er een toenemende wens om de biodiversiteit in het landelijk gebied te vergroten.

Doelsoorten in bijvoorbeeld soortenrijke natuurgebieden, bermen en akkerranden kunnen in aangrenzende akkers schade veroorzaken als zij zich kunnen vestigen. Dit zien we bijvoorbeeld als er in natuurgebieden akkerdistels groeien waarvan de zaden aan natuurlijke parachutes in enorme aantallen overwaaien naar aangrenzende landbouwgronden.

Voor de één een prachtig gezicht, maar door de ander wordt dat als een grote bedreiging ervaren. Hier ligt dus de vraag of de verschillende systemen zodanig beheerd kunnen worden dat dit soort problemen opgelost kunnen worden.

Het moge duidelijk zijn dat we met een trendbreuk te maken hebben waardoor de beheersing van onkruid in Nederland en de tropen extra aandacht zal vragen. En daarmee kom ik op de titel van mijn rede: het is de taak van de onkruidkunde om plantenecologisch inzicht in het functioneren van gewas-onkruidsystemen te verwerven en toe te passen, waarbij strategische of lange-termijn aspecten meer dan voorheen nadrukkelijk in beschouwing worden genomen.

Daardoor moet het mogelijk worden om potentieel tegenstrijdige doelstellingen op het gebied van landbouw, natuur en milieu met elkaar in balans te brengen.

Het vakgebied

De kern van het vakgebied wordt gevormd door verschillende aspecten van de planteneecologie.

Centraal staat de populatiedynamica van planten in agro-ecosystemen. Daarbij gaat het om de studie naar de achtergronden van aantalsveranderingen van plantenpopulaties in ruimte en tijd. Het gaat om het gedrag van zaden in de bodem, de kieming van zaden, de vestiging, en de groei, ontwikkeling en reproductie van planten en de verspreiding van zaden.

Een belangrijk aspect daarbij zijn de interacties tussen gewas en onkruid waardoor de schade wordt veroorzaakt. Deze worden bestudeerd vanuit de planten- en gewasecologie, waarin de effecten van gewasgroei-kortende factoren zoals ziekten, plagen en onkruiden op een vergelijkbare wijze worden gekwantificeerd vanuit de basisprocessen (Rabbinge, 1985; Rabbinge, Rossing en Van der Werf, 1994). Een ander aspect is de populatiegenetica, waarin genetische variatie en eigenschappen centraal staan. Daarnaast omvat de onkruidkunde het onderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van biologische, mechanische en chemische onkruidbestrijdingstechnieken. Vanuit deze deelgebieden kunnen onkruidbeheersingssystemen worden ontwikkeld. Tevens moeten sociaal-economische factoren worden meegenomen. Daarmee is de onkruidkunde een onderdeel van de gewasbescherming, een multidisciplinaire wetenschap met een ontwerpnd, technisch en systeemgericht karakter (Zadoks, 1994). Ook kan de planteneecologische kennis worden benut voor het beheer van randvegetaties.

Vanwege de complexiteit van de systemen en de lange termijn dynamiek, is een systeemanalytische benadering noodzakelijk (De Wit, 1968). Dynamische simulatie speelt daarom een belangrijke rol bij de integratie van de meest bepalende ecologische, morfogenetische en fysiologische processen om het gedrag op systeemniveau te verklaren.

Ik zal in mijn betoog eerst op de plantenecologische deelgebieden ingaan en vervolgens de toepassingen bespreken.

De levenscyclus van onkruiden

Kieming van zaden

De eerste fase in de levenscyclus van planten is de overgang van zaad tot kiemplant in de bodem. Als er ergens een bodem wordt bewerkt vormt zich daar over het algemeen in zeer korte tijd een vegetatie. Dat betekent dat er een zaadvoorraad in de bodem aanwezig is waarvan een deel door de grondbewerking wordt geactiveerd tot kiemen. Eén van de eersten die de aanwezigheid van een zaadbank demonstreerde was Darwin (1859). Hij nam met een mok een grondmonster uit de rand van een vijver en analyseerde de opkomst van planten gedurende een periode van 6 maanden. In die periode kiemden er 537 zaden. In landbouwgronden gaat het om enorme aantallen zaden. Dat kan variëren van enkele duizenden zaden per vierkante meter op percelen waar onkruiden intensief worden bestreden tot honderdduizenden per vierkante meter op percelen waar onkruiden niet effectief worden bestreden. Dat lijkt veel, maar het is minder dan 0,1 promille van het volume omdat de zaden vaak erg klein zijn.

De wetenschappelijke vraag is of het mogelijk is te voorspellen hoeveel planten van welke plantensoorten wanneer zullen opkomen, zodat teeltmaatregelen daarop afgestemd kunnen worden.

Uit onderzoek van de vakgroep blijkt dat het hier om een complex geheel van processen gaat. Empirisch onderzoek heeft laten zien dat waarnemingen aan onkruidvegetaties geen algemene en universeel toepasbare wetmatigheden opleveren (Post, in voorbereiding). Om de eerdergenoemde vraag te kunnen beantwoorden is daarom inzicht nodig in de processen die de dynamiek van de zaadbank bepalen.

Het systeem kan vrij eenvoudig worden gekarakteriseerd door een zaadvoorraad in de bodem met een jaarlijkse influx van nieuwe zaden, en een afname van zaden door mortaliteit, kieming en predatie.

De eerste deelvraag is hoe lang onkruidzaden kunnen blijven leven in de bodem. Goede gegevens over het overleven van zaden van verschillende onkruidsoorten in de bodem zijn slechts in beperkte mate beschikbaar. Uit proeven blijkt dat de kiemkracht van zaden bij sommige soorten snel afneemt. Dat is het geval bij perzikkruid (*Polygonum persicaria*, L.) waar in een proef na 4 jaar nog maar 14% van de zaden kiemkrachtig waren. Bij andere soorten zoals het herderstasje (*Capsella bursa-pastoris*, L.) was er echter na 16 jaar nog 47% van de zaden kiemkrachtig (Lewis, 1973). Kwantitatief inzicht in de mechanismen die de overlevingsduur bepalen zal nodig zijn om de overleving op lange-termijn te voorspellen. Dat inzicht zou kunnen leiden tot

mogelijkheden om de overlevingsduur van zaden te beïnvloeden.

Het meten van de zaadvoorraad is niet eenvoudig. Vooral ook omdat de variatie binnen een perceel vaak erg groot is. Zo bleek de zaaddichtheid in een ogenschijnlijk homogeen graanperceel te variëren van 2000 tot een half miljoen zaden per m² (Roberts, 1983). Desondanks is het kunnen meten van deze voorraad van groot belang voor populatiedynamische studies. Nieuwe methodieken om zaden van bodemmateriaal te scheiden en te tellen worden daartoe ontwikkeld. Zeer weinig is bekend over de predatie van zaden, die uiteraard ook zeer locatiespecifiek moet zijn en sterk afhankelijk is van de intensiteit en samenstelling van het bodemleven.

Relatief veel onderzoek is verricht aan het kiemingsproces. Door grondbewerkingen komen zaden naar boven en wordt aan de lichtbehoefte voldaan om te kunnen kiemen. Het gaat in veel gevallen slechts om een zeer kleine hoeveelheid licht die nodig is gedurende een korte periode. Recent onderzoek in Duitsland heeft daarop succesvol ingespeeld. In dat onderzoek werd aangetoond dat het 's nachts uitvoeren van de grondbewerking de onkruidkieming remt (Hartmann en Nezadal, 1990). Maar het belangrijkste proces is de zogenaamde kiemrust die moet voorkomen dat het zaad kiemt op een ongunstig moment in het seizoen (Karssen, 1982).

Om deze kiemrustpatronen te verklaren is een conceptueel model ontwikkeld op grond van de fysiologische processen die de kiemrust bepalen (Vleeshouwers, Bouwmeester en Karssen, 1995, op

basis van Hilhorst, 1993). De kiemingspatronen zoals waargenomen in veldmonsters (Bouwmeester, 1990) konden zeer goed beschreven worden met het model, maar meer kennis van de processen is noodzakelijk om opkomstpatronen te kunnen voorspellen. Dat vraagt om samenwerking met zaadfysiologen die kan worden gefundeerd op de bestaande goede relaties met de vakgroep Plantenfysiologie.

Gewas-onkruidinteracties

In de volgende fase in de levenscyclus concurreren planten met elkaar om de essentiële hulpbronnen voor de groei van planten. Dat zijn licht, water en voedingsstoffen. Dat speelt in monocultures, maar ook in systemen waar meerdere plantensoorten voorkomen zoals in mengteeltsystemen waar meerdere gewassen door elkaar worden verbouwd, in gewassen met onkruiden, in vegetaties en in bossen.

De wetenschappelijke vraag is of het mogelijk is om het concurrentieproces te begrijpen en vroeg in het seizoen de onkruidschade te voorspellen, zodat beslissingen gefundeerd genomen kunnen worden.

Reeds rond 1900 werden experimenten uitgevoerd om concurrentie-effecten te kwantificeren. Ook hier bleek het empirisch niet mogelijk duidelijke wetmatigheden te vinden. Pas in 1960 was er een wetenschappelijke doorbraak, toen De Wit (1960) zijn inmiddels legendarische publikatie *On competition* uitbracht. Hij ontwierp een model voor de analyse van de resultaten van de nog steeds veel toegepaste vervangings-experimenten die Van Dobben reeds vanaf 1951 uitgevoerd had met gerst en haver. Een zeer goed voorbeeld van een vruchtbare samenwerking tussen

een creatieve systeemanalist en een ecooloog met een scherpe blik. Zij hadden elkaar nodig om tot verdiepend inzicht en praktische adviezen te komen (beiden werkten bij het toenmalig Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek (IBS)). In analogie met deze modellen zijn door diverse onderzoekers beschrijvende modellen voor additieve reeksen ontwikkeld die voor de analyse van onkruidexperimenten nodig zijn. Dit leverde nog onvoldoende causaal analytisch inzicht op om verschillende resultaten van experimenten te verklaren. Zo vonden wij in proeven met maïs en het onkruid hanepoot (*Echinochloa crus-galli*, L.) in twee opeenvolgende jaren enorme verschillen in opbrengstverliezen: in 1983 reduceerden 10 hanepootplanten per m² de opbrengst met 50%, terwijl er in 1982 zelfs bij hoge dichtheden geen opbrengstverliezen werden waargenomen (Kropff et al., 1984). Geen resultaten waarmee je naar de praktijk kunt stappen om een bestrijdingsadvies te geven. De oorzaken van deze verschillende resultaten in verschillende jaren is gelegen in het verschil in opkomsttijdstip van het onkruid, maar ook in het feit dat concurrentie om water in droge jaren als 1983 het voor maïsplanten onmogelijk maakt om hoogtegroei te realiseren.

Het ontwikkelen van een universele theorie met betrekking tot interacties tussen planten is moeilijk vanwege het verschil in de wijze waarop hulpbronnen beschikbaar zijn voor de planten. Als het gaat om licht, dan betreft het een momentaan proces. Een plant absorbeert de straling en gebruikt het voor de fotosynthese, of een buurplant doet dat, of de straling bereikt de bodem en wordt omgezet in warmte. Er is geen opslagmogelijkheid. Het is nu of nooit. Met

water en voedingsstoffen is dat anders omdat er sprake is van opslag in de bodem.

Het gaat hier dus om verschillende tijdsschalen. Om processen die de lichtconcurrentie bepalen te analyseren en te modelleren, moet dat in korte tijdsintervallen van maximaal een uur gebeuren, terwijl dat voor de andere hulpbronnen langere perioden kunnen zijn. Het is ook hierom dat ecologen die wetmatigheden met betrekking tot concurrentie om nutriënten in natuurlijke vegetaties met vrij eenvoudige modellen konden beschrijven, niet in staat waren die principes op lichtconcurrentie toe te passen (Tilman, 1990). Dan is er in feite net als bij de kieming, behoefte aan verklarende modellen die de verschillende aspecten op procesniveau integreren. Zo'n benadering werd in het begin van de jaren tachtig ontwikkeld door Spitters en collega's door op mechanistische wijze de verdeling van licht en water over concurrerende planten te simuleren met computermodellen (Spitters en Aerts, 1983). Als student was ik daar nauw bij betrokken.

Voortbouwend onderzoek in de afgelopen 10 jaar heeft geleid tot veel nieuwe wetenschappelijke inzichten in concurrentieprocessen en toepassingen (Kropff en Van Laar, 1993). In dit onderzoek werd fundamenteel procesonderzoek gestuurd door leemten in kennis die werden vastgesteld op grond van de modelstudies. Zo bleek inzicht in processen die de vroege bladontwikkeling bepalen de grootste bottleneck te zijn bij het simuleren van interacties tussen planten om licht. Dat induceerde gedetailleerd procesonderzoek naar de bladontwikkeling. Een ander interessant fenomeen is de fenotypische plasticiteit die

wij bijvoorbeeld hebben waargenomen bij melganzevoet (*Chenopodium album*, L.) die zelfs onder zeer ongunstige concurrentieomstandigheden nog in staat was een sterke hoogtegroei te realiseren. Op het gebied van de morfogenese is vernieuwend onderzoek nodig waarbij niet zozeer wordt uitgegaan van de drogestoefname als sturende factor, maar meer van morfogenetische processen zelf in relatie tot omgevingsfactoren.

Een aardige toepassing van het complexe model was de ontwikkeling van een eenvoudige benadering waarmee op grond van het relatief bladoppervlak van het onkruid het opbrengstverlies reeds vroeg in het seizoen beter kan worden voorspeld dan op grond van dichtheden. Een mooi voorbeeld van onverwacht systeemgedrag dat met een eco-fysiologisch model kan worden gegenereerd (Kropff en Spitters, 1991). Deze benadering wordt nu systematisch getoetst in een internationaal onderzoeksnetwerk (Lotz et al., 1996).

Populatiodynamica

Bij onkruiden is het vooral van belang om de dynamiek van de populaties over jaren te analyseren. Op grond daarvan kunnen lange-termijn strategieën worden ontwikkeld. Een bekend oud gezegde dat in vele talen terug komt luidt als volgt: wie één jaar zijn roet (dat is onkruid) laat staan kan zeven jaar uit wieden gaan. Maar, hoe ver moet je gaan met het verwijderen van onkruiden? Moet je streven naar uitroeiing van het onkruid op de akker? Het is gebleken dat dat niet kan. "Onkruid vergaat niet". Dat blijkt slechts te werken in zeldzame gevallen waarin een verordening dwingt tot vergaande en zeer dure maatregelen. Meestal gaat het dan om planten die

gezondheidsproblemen veroorzaken of nieuwe invasies van zeer schadelijke onkruiden zoals de knolcyperus (*Cyperus esculentus*, L.) in Nederland. Een voorbeeld van een succesvol programma is de wilde haver (*Avena fatua*, L.) verordening uit 1965. Wilde haver was in die tijd het belangrijkste onkruid in de Nederlandse landbouw. Door met de hand bloeiende planten te verwijderen was het mogelijk de populaties sterk terug te dringen (Naber en Medd, in voorbereiding). Maar over het algemeen lukt het vanwege de gevraagde inspanning niet alle onkruiden te verwijderen. De meesten van u kennen dit fenomeen: Er is altijd te veel te doen dus richt je je op de prioriteiten van helaas meestal de korte termijn. In managementadviezen wordt vaak aangegeven dat je je moet richten op de belangrijke niet urgente zaken en dat je urgente onbelangrijke zaken moet vergeten. Helaas zijn er maar weinig managers die dat goed beheersen. Hierdoor zal onkruid een blijvende zorg zijn.

Daarom is het nodig om op grond van wetmatigheden op procesniveau de dynamiek van onkruidpopulaties te verklaren en liefst te voorspellen. Verschillende modelmatige benaderingen zijn daartoe ontwikkeld. Een goed voorbeeld is een recent ontwikkeld model voor kleefkruid (*Galium aparine*, L.) in tarwe (Van der Weide, 1993). Het model liet zien dat een volledige bestrijding van onkruiden niet noodzakelijk was om een populatietoename te verhinderen. Zo zou in een continue teelt van wintertarwe een combinatie van eggen met een aangepaste teeltwijze kunnen volstaan.

Zeer kleine verschillen in de relatieve reproductie van de onkruiden blijken enorme gevolgen te hebben voor de lange termijndynamiek van de onkruiddruk. De natuurlijke variatie in planteigenschappen is dan voldoende om onvoorspelbaar gedrag te induceren. Dit leidde bij diverse onkruidkundigen tot pessimistische uitspraken over de toepassingsmogelijkheden van de wetenschappelijke kennis. Het nauwkeurig voorspellen van toekomstige populaties is duidelijk nog niet mogelijk, maar wel is het mogelijk om risico's bij verschillende onkruidbeheersings-scenario's te analyseren en te kwantificeren.

Door allerlei positieve en negatieve terugkoppelingen kunnen chaotische populatieschommelingen ontstaan. Meer inzicht in dit soort processen is vanzelfsprekend van groot belang voor de onkruidkunde. Daarbij is het nodig om een samenhangend programma te ontwikkelen waarin procesonderzoek over onderdelen van de levenscyclus direct is gekoppeld aan onderzoek op systeemniveau.

Populatiegenetica

Inzicht in de genetische variatie in onkruidpopulaties is slechts in beperkte mate aanwezig. Enig inzicht is verkregen in de verschillen in fitness tussen herbicide-resistente en -gevoelige variaties van plantensoorten zoals de zwarte nachtschade (*Solanum nigrum*, L.) (Kremer, in voorbereiding). Zo is bijvoorbeeld de kiemrust van herbicide-resistente zwarte nachtschade minder sterk waardoor zij eerder in het voorjaar kiemt. Door de verschillen in reacties in de diverse levensstadia te analyseren, kunnen er, met behulp van populatiedynamische analyses,

strategieën worden ontwikkeld om de resistente populaties te onderdrukken.

Nieuwe ontwikkelingen in de biotechnologie, zoals merkertechnieken, kunnen zeer wel toepasbaar zijn om onkruidpopulaties genetisch te karakteriseren. Zo wordt het mogelijk de herkomst van nieuwe onkruiden te achterhalen of de zaadverspreiding te analyseren. Gezien de mogelijkheden van uitkruisen van transgeen materiaal van herbicide-resistente gewassen (Mikkelsen et al., 1996) zijn populatiegenetische studies essentieel voor de analyse van risico's. Inmiddels is er in samenwerking met de vakgroep Plantenveredeling onderzoek gestart om na te gaan in hoeverre eco-fysiologische en morfologische eigenschappen te relateren zijn aan genetische karakteristieken. Ik verwacht veel van dergelijke ontwikkelingen en ik hoop dat we deze samenwerking uit kunnen bouwen.

Behoeden, beslissen en bestrijden

Dames en heren, in het volgende wil ik ingaan op de mogelijkheden om de genoemde plantenecologische inzichten toe te passen. Drie aspecten van onkruid-beheersingssystemen kunnen worden onderscheiden. Die zou ik willen karakteriseren met de drie B's van de onkruidkunde: behoeden, beslissen en bestrijden.

1. Behoeden

Met behoeden bedoel ik het zodanig inrichten van bedrijfs- en teeltsystemen dat onkruidproblemen zoveel mogelijk voorkomen worden. Een recent ontwikkelde vernieuwende benadering voor het prototyperen van bedrijfs- en teeltsystemen biedt in

combinatie met scenariostudies daartoe goede mogelijkheden (Vereijken, Kloen en Visser, 1994). Door specifiek onkruidecologisch inzicht te benutten, kunnen lekkages in het systeem voorkomen worden. Een voorbeeld is het telen van een laat gewas zoals slaboon als er veel méérjarige onkruiden als klein hoefblad voorkomen. Door vóór de inzaai van het gewas regelmatig de grond te bewerken raken de ondergrondse reserves uitgeput en worden toekomstige problemen vermeden.

Een ander voorbeeld is te vinden in regenafhankelijke rijstsystemen in India, Thailand en de Filippijnen. Daar maken onkruidproblemen het onmogelijk om de teelt van gezaaide rijst toe te passen in plaats van verplante rijst. Een dergelijk teeltsysteem is veel efficiënter in waterverbruik tijdens het regenseizoen dan verplante rijst omdat het de eerste regens al kan benutten. Bij het verplanten van rijst is er eerst veel regen nodig om de grond te kunnen bewerken. Daardoor is verplante rijst later rijp en kan er geen tweede gewas meer worden verbouwd. Door nu rijstvariëteiten te veredelen met een groot onkruidonderdrukkend vermogen zou een deel van de problemen kunnen worden opgelost, waardoor direct zaaien misschien mogelijk wordt. Met behulp van de concurrentiemodellen is daartoe een planttype ontworpen met een verhoogd concurrentievermogen. Uit experimenten op het International Rice Research Institute (IRRI) bleken rassen die aan dit type voldeden inderdaad concurrentiekrachtiger te zijn. Vergelijkbaar onderzoek in Nederland heeft geleid tot het opnemen van deze eigenschap in de rassenlijst voor suikerbieten (Lotz, pers. med.).

2. *Beslissen*

Er zijn drie typen beslissingen te onderscheiden in de gewasbescherming: de strategische beslissingen waarin rekening wordt gehouden met lange termijnontwikkelingen over jaren, de tactische beslissingen waarbij voor een bepaald groeiseizoen een beslissing wordt genomen en operationele beslissingen waar het gaat om de keuze van een maatregel op een bepaald moment.

Tot voor kort was het beslissingsproces in de onkruidbestrijding in Nederland beperkt tot de herbiciden-keuze. De maatschappelijke ontwikkelingen die gericht zijn op het ecologiseren van de landbouw, maken het noodzakelijk zo snel mogelijk allerlei andere op preventie gerichte maatregelen in het beslissingsproces op te nemen.

In het afgelopen decennium was veel onderzoek gericht op het ondersteunen van tactische en operationele beslissingen. Een belangrijk voorbeeld is het onderzoek dat was gericht op het voorspellen van concurrentieschade in het seizoen. Door het hanteren van een schadedrempel waarboven het economisch zinvol is om een bestrijdingsmaatregel te nemen zou het herbicidegebruik drastisch kunnen worden gereduceerd. Dergelijk onderzoek toonde bijvoorbeeld aan dat onkruidbestrijding in wintertarwe in Nederland vaak niet nodig is. Dat heeft helaas niet geleid tot besparingen in het gebruik van herbiciden, omdat men juist in tarwe de probleemonkruiden voor het volggewas goed kan bestrijden. In tegenstelling tot veel seizoensgebonden ziekten en plagen, is het dus bij onkruiden van belang om tactische beslissingen in

het kader van een gebalanceerde strategische beslissing uit te voeren.

Beslissingen zullen dus gebaseerd moeten zijn op goede informatie over de onkruiddruk en schattingen van korte- en lange-termijneffecten. Op grond daarvan kan worden vastgesteld óf, wanneer en hoe er ingegrepen moet worden, rekening houdend met verschillende doelstellingen. Dat vereist diepgaande kennis over de populatiedynamiek en concurrentie-effecten van onkruiden om de risico's goed te kunnen kwantificeren.

Bij het beslissen spelen percepties vaak een belangrijke rol. In landbouwsystemen waar gedurende lange tijd (generaties) eenzelfde teelttechniek is gevolgd, zijn percepties gebaseerd op ervaring. Een aardig voorbeeld is te vinden in de weinig produktieve upland-rijstsystemen in Azië. Uit observaties en interviews bleek dat boeren onkruiden selectief verwijderen. Vanwege de beperkte arbeidsbeschikbaarheid moeten zij optimaliseren en kiezen ze voor een systeem waarin de minst schadelijke onkruiden worden getolereerd. In de huidige intensieve systemen zoals in Nederland, waar factoren zeer snel veranderen, kunnen percepties niet uitsluitend gebaseerd zijn op kennis die in verschillende generaties is opgebouwd. Het is daarom van belang dat vóóroordelen (vaak terug te vinden als volkswijsheden) met betrekking tot onkruiden worden doorgelicht en worden vervangen door op kennis en inzicht gebaseerde informatie. Dit vereist verdiepend onderzoek naar de populatiedynamica van onkruiden en met name de zaadbankaspecten.

Vaak is er sprake van grote variatie in effectiviteit van de onkruidbeheersing tussen bedrijven. Dan is het belangrijk de oorzaken van deze verschillen in effectiviteit te analyseren. Zo bleek er een factor vier verschil te zijn in het aantal uren handarbeid op ecologische bedrijven (50-200 uur per ha in een open gewas als peen). Interessant is het om daarbij na te gaan of de managementstrategie daarbij een rol speelt. Populatiodynamische studies geven namelijk aan dat in ecologische systemen de arbeidsbehoefte en dus de kosten sterk afnemen met een afnemende zaadbank (Wallinga, in voorbereiding). Inmiddels zijn lange-termijnexperimenten gestart om deze hypothese te toetsen. Dit is een voorbeeld van het door Peter Kenmore (die voor de FAO een groot Integrated Pest Management programma in rijst in Zuid-Oost Azië heeft opgezet) recent benoemde Darwinistische onderzoeksmodel, waarbij de verscheidenheid tussen ondernemers een bron voor vernieuwing kan betekenen (Kenmore, 1996).

3. Bestrijden

Het derde aspect is de bestrijding van onkruid. Wetenschappelijk onderzoek gericht op de ontwikkeling van een effectieve en efficiënte onkruidbestrijdingstechnologie is natuurlijk een kernactiviteit in de onkruidkunde (voor een historisch overzicht zie Hoogerkamp en Naber, 1994). Het gaat hier om drie soorten technieken: mechanische, biologische en chemische onkruidbestrijding.

Het gebruik van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen is sterk afgenomen in de afgelopen jaren. Dit wil echter niet zeggen dat de milieubelasting even sterk is afgenomen en dat er niet veel méér mogelijk

is. In 1995 werden de doelstellingen die geformuleerd werden in het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G, Anonymus, 1991) in 1991 niet volledig gehaald. De gewenste reductie van het volume aan herbiciden werd bijna gehaald. De doelstelling met betrekking tot het reduceren van de afhankelijkheid, die trouwens onvoldoende duidelijk is gedefinieerd, is niet gehaald evenals de emissiereductie die moeilijk is te meten. Toch is er veel gebeurd. Met verbeteringen van onkruidbestrijdingstechnieken, die vaak door voorlopers al werden gebruikt, waren de gewenste reducties in het volume van herbiciden relatief goed te realiseren.

We kunnen echter niet tevreden achterover gaan leunen en een beetje verder bijsturen zodat we de volume doelstelling van het MJP-G in 2000 halen. Het gaat er om pro-actief systemen te ontwikkelen in het onderzoek die aan vérgaande doelstellingen kunnen voldoen. Omdat bij verdergaande reducties van het middelengebruik meer risico genomen moet worden kan de onkruiddruk toenemen (Lotz et al., 1993). Daarom zijn er kennisintensieve systemen nodig waarbij de milieubelasting en het risico kan worden geminimaliseerd (Van der Weide en Wijnands, 1993). We moeten daarom met ruime blik het speelveld van mogelijkheden verkennen.

Een andere reden voor afname in het volume van herbicidengebruik is dat er in dezelfde periode nieuwe herbiciden op de markt zijn gekomen zoals de sulfonylureumverbindingen die met enkele grammen actieve stof per hectare hun werking verrichten. Tot nu toe wordt de reductie van het bestrijdingsmiddelengebruik nog steeds uitgedrukt in kilogrammen actieve

stof. Maar het is natuurlijk hard nodig om de milieubelasting van de middelen te hanteren als maatstaf. De recent ontwikkelde milieumeetlat en blootstellingsindex zijn daartoe zeer goede aanzetten (CLM en IKC, 1994; Vereijken et al., 1995). Met behulp van een dergelijke benadering zal het mogelijk worden beslissingssystemen inderdaad te baseren op het afwegen van meerdere doelstellingen.

Om doseringen van chemische bestrijdingsmiddelen verder te reduceren is het nodig de processen van opname van herbiciden door planten, het metabolisme en de fysiologische effecten te analyseren. Zo heeft recent werk bij het AB-DLO laten zien dat grote reducties in dosering van herbiciden mogelijk zijn door het afstemmen van de dosering op het ontwikkelingsstadium van de plant (Ketel, in voorbereiding), of door het gebruik van plantaardige afbreekbare hulpstoffen (De Ruiter, Meinen en Uffing, 1994). Een geïntegreerde modelmatige benadering waarbij de processen van opname, transport, transformatie en effect op kwantitatieve wijze worden geanalyseerd zou veel nieuwe mogelijkheden bieden om het herbicidegebruik sterk te reduceren.

Met betrekking tot de biologische bestrijding van onkruiden zijn er positieve ontwikkelingen. Het blijkt dat melganzevoet (*Chenopodium album*, L.) zeer effectief bestreden kan worden met de schimmel *Ascochyta caulina*, L. (Kempenaar, 1995). Door het AB-DLO is samen met de vakgroep Fythopathologie gedetailleerd onderzoek verricht naar de interacties tussen schimmel en omgevingsfactoren. Het blijkt dat dit soort systemen nog steeds groene vingers vereisen.

Fundamenteel inzicht in de processen die de effectiviteit van de schimmel bepalen is nodig om de groene vingers door eenvoudig beschikbare kennis en inzichten te vervangen, zodat anderen het kunnen aanleren.

Met mechanische onkruidbestrijding zijn er recent door het praktijkonderzoek interessante resultaten geboekt. Een recente ontwikkeling is de zogenaamde wiedeg. Een belangrijk vraagstuk is hierbij de selectiviteit, met andere woorden, in hoeverre ondervindt het gewas minder schade dan het onkruid, en kan dat gestuurd worden? Dit vormt het onderwerp van studie in projecten van de vakgroep Grondbewerking, waarmee een samenwerking tot stand is gekomen.

Een innovatie in de ecologische landbouw is het zogenaamde wiedbed waardoor mensen liggend onkruiden kunnen verwijderen. Verdergaande innovatie is hier hard nodig!

Een spectaculaire nieuwe ontwikkeling is die van de precisie landbouw (Bouma et al., 1995). Door lokaal specifiek te bemesten of onkruiden te bestrijden kunnen landbouwsystemen efficiënter worden en minder milieubelasting veroorzaken. Veel nieuwe technologie is daartoe beschikbaar (zoals Geographic Information Systems (GIS), Global Positioning Systems (GPS) en sensoren die delen van de spuitapparatuur kunnen aansturen zodat lokaal bestreden kan worden). Door méérjarige kennis over de lokatie van specifieke onkruidhaarden en de verspreiding daarvan kan de onkruidbeheersing effectiever worden opgezet.

Tot nu toe richtte het onkruidkundig onderzoek zich meestal op het verkrijgen van inzicht in de achtergronden van de werking van bepaalde nieuwe bestrijdingstechnieken. De tijd is echter aangebroken om dat om te draaien en op grond van planten-ecologisch inzicht ideeën voor nieuwe technieken aan te dragen. Het gaat daarbij om zowel biologische, mechanische als chemische technieken. Een nieuw voorbeeld zou kunnen zijn het toepassen van een korte belichting om de nacht te onderbreken, zodat korte-dagplanten niet in bloei kunnen komen en daardoor niet bijdragen aan de zaadbank. Op allerlei plaatsen in de levenscyclus liggen daartoe mogelijkheden.

Multifunctionele randvegetaties

Een ander toepassingsgebied van de onkruidkunde betreft het beheer van multifunctionele randvegetaties. In ecologische landbouwsystemen wordt intensief gebruik gemaakt van ruimtelijke diversiteit onder andere in verband met maatregelen om problemen met ziekten, plagen en onkruiden te voorkomen. De toenemende belangstelling voor natuurwaarden van de zogenaamde witte gebieden, dat zijn de landbouwgebieden die buiten de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) vallen, en de toenemende druk om de milieubelasting van bijvoorbeeld watergangen te minimaliseren, maakt het noodzakelijk daarop in te spelen.

Een goed voorbeeld waarin verschillende functies met betrekking tot milieu, natuur en landbouw kunnen samengaan zijn akkerranden. Vanwege de bedreiging voor het oppervlaktewater wordt de druk om

spruitvrije zones langs watergangen aan te leggen steeds groter. Daarnaast is een akkerrand met een gevarieerde en bloemrijke vegetatie natuurlijk aantrekkelijk en mogelijk functioneel in verband met de gewasbescherming. In samenwerking met de vakgroep Terrestrische Ecologie en Natuurbeheer wordt in een onderzoeksproject getracht een aantal kernvragen op te lossen met betrekking tot het effect van herbicidendrift en bemesting van randrijen. De vraag is hoe deze factoren de aangrenzende vegetatie beïnvloeden. De eerste resultaten laten zien dat herbiciden in bepaalde gevallen de soorten-samenstelling van een randvegetatie niet direct beïnvloeden (Joenje, Schippers en Klein, in voorbereiding). De bemesting blijkt echter van zeer groot belang voor de abundantie van de soorten. Door een dergelijke rand niet te bemesten is het mogelijk om onkruidproblemen vanuit de randvegetatie in de akker te reduceren. Ook hier worden modellen toegepast, vooral om de dispersie van zaden en vegetatie-ontwikkeling te analyseren.

Onderzoekskader

In op toepassing gericht onderzoek, wat landbouwkundig onderzoek natuurlijk per definitie is, is het van belang een goede aansluiting te hebben met de gebruikers van dat onderzoek (Röling, 1995). Die interactie is van steeds groter belang omdat de landbouwsystemen aan meer en veranderende doelstellingen moeten voldoen waardoor de vraagstelling complexer wordt. Dat vereist een andere aanpak in het landbouwkundig onderzoek waarbij analyses op systeem- en procesniveau samengaan. Zo'n programma hebben we met onderzoekers van het

AB-DLO, het IPO-DLO, de vakgroep Theoretische Productie-ecologie en het PAGV opgezet, gericht op de optimalisering van geïntegreerde en ecologische bedrijfssystemen. Op die manier worden vanuit de ervaringen met de voorhoedebedrijven strategische problemen geïdentificeerd die door modelmatig en experimenteel onderzoek op teeltniveau worden aangepakt. Zo bleek het belangrijkste knelpunt in de ecologische landbouw de beheersing van onkruid te zijn. Vanwege de lange-termijnaspecten in dit teeltkundig onderzoek is daartoe het AB-proefbedrijf de Lovinkhoeve zodanig ingericht dat de belangrijkste knelpunten op veldniveau onderzocht kunnen worden middels lange-termijn onderzoek. Op bedrijfsniveau worden op verschillende proefbedrijven zoals de A.P. Minderhoudshoeve, proefbedrijven van het PAGV en voorhoedebedrijven bedrijfssystemen ontwikkeld en getoetst.

Een goede integratie en afstemming van DLO- en LUW-onderzoek is niet alleen nodig, maar ook mogelijk. Door intensieve samenwerking en gezamenlijk opereren zoals gebruikelijk was bij AB-DLO en TPE en nu in verdergaande vorm in het onkruidkundig onderzoek van beide organisaties is het mogelijk om met optimisme de toekomst tegemoet te zien. Om dit op grotere schaal in te voeren is er veel visie en wijsheid nodig bij de bestuurders die ik graag zou willen uitdagen om verdergaande stappen te ondernemen. De instelling van onderzoekscholen zoals de C.T. de Wit Onderzoekschool voor Productie Ecologie, waar ik nauw bij ben betrokken, is daartoe een goede ontwikkeling en ik vertrouw er op dat we samenhangende en consistente onderzoeks-

programma's kunnen ontwikkelen die waar nodig een goede link hebben met de praktijk.

Onderwijs

Nationaal en internationaal neemt de belangstelling toe voor onkruidkundig onderzoek vanuit de toegepaste plantenecologie. Dat betekent dat het verzorgen van een goede basisopleiding belangrijk is. Vanwege de noodzaak om op een meer integrale manier agro-ecosystemen te analyseren is een goede inbedding nodig in de verschillende onderwijsrichtingen in de gewasbescherming, tropisch landgebruik en de teelten. Daarnaast is het, zoals blijkt uit het feit dat ik hier sta, een interessant vakgebied voor biologen. Ik hoop dat de instelling van onderwijsinstellingen mogelijkheden zal bieden om op grond van inhoudelijke argumenten goede onderwijsprogramma's samen te stellen waarin samenwerking tussen vakgroepen wordt gestimuleerd. Vooral vanwege de internationale belangstelling voor het tweede fase onderwijs van de Landbouw-universiteit is het van belang daar een hoge prioriteit aan te blijven geven.

Geachte leden van het College van Bestuur en van de Universiteitsraad,

Met de instelling van deze leerstoel in combinatie met een deeltijdfunctie als afdelingshoofd bij het AB-DLO heeft u naar mijn mening een juiste formule gevonden voor de continuïteit van een belangrijk vakgebied, niet alleen nationaal, maar ook in de tropen. Samen met de onkruidkundigen van het AB-DLO wordt de vereiste kritische massa en variatie en expertise verkregen. Door de leerstoel onder te brengen bij de vakgroep TPE is het mogelijk banden met de overige

gewasbeschermingsdisciplines, maar ook met de andere teeltvakgroepen en de vakgroep Terrestrische Oecologie en Natuurbeheer te versterken. Ik dank u, en de leden van de benoemingsadviescommissie, voor het vertrouwen dat u in mij hebt gesteld.

Hooggeleerde Rabbinge, beste Rudy,

In de afgelopen zestien jaar heb jij de vakgroep op voortreffelijke wijze geleid. Door jouw enthousiasme en rotsvaste vertrouwen in de toekomst heb je een plezierige werkomgeving geschapen, waarin alle medewerkers de ruimte hadden zich te ontplooiën. Daar heb ik veel van geleerd. De wijze waarop wij in het afgelopen jaar hebben samengewerkt waardeer ik zeer. Ik heb er alle vertrouwen in dat dit in de toekomst zo zal blijven.

Hooggeleerde Goudriaan, beste Jan,

Onze samenwerking in de afgelopen tien jaar heb ik ten zeerste gewaardeerd. Jouw creatieve wetenschappelijke ideeën hebben in menige studie tot vernieuwende resultaten geleid. Ik ben blij dat wij onze samenwerking weer hebben kunnen intensiveren sinds mijn terugkomst.

Hooggeleerden Van Dobben en Zonderwijk,

U heeft vanuit een verschillende achtergrond de grondslag gelegd voor de wijze waarop de onkruidkunde vanuit de plantenecologie ingevuld zal worden. De omgeving is veranderd waardoor er nieuwe ruimte is ontstaan voor het vakgebied.

Zeergeleerde Spiertz, beste Huub,

Als directeur van het AB-DLO heb jij mij de ruimte gegeven om voor een periode van vier jaar mijn

ervaringen te verrijken op het IRRI. Ik dank je voor alle steun die jij mij en onze afdeling in het afgelopen jaar hebt gegeven. Ik hoop dat wij in staat zullen zijn onze voorbeeldfunctie wat betreft de samenwerking tussen DLO en de LUW te kunnen blijven vervullen.

Geachte mevrouw Van Laar, beste Gon,
Jou ben ik veel dank verschuldigd. Jouw onvermoeibare kracht om zaken zo perfect mogelijk, maar ook zo snel mogelijk af te werken, heb ik vooral ook in de jaren dat we samen op het IRRI waren zeer gewaardeerd.

*Dames en heren van de vakgroep Theoretische
Productie-ecologie,*
Jullie wil ik van harte danken voor de plezierige manier waarop jullie mij na een jarenlang verblijf in het buitenland samen met de onkruidkundigen hebben opgenomen in de vakgroep. Ik ben verheugd dat we inmiddels volledig zijn geïntegreerd tot één vakgroep met een grote onderlinge collegialiteit. Ik heb er vertrouwen in dat we ons in deze sfeer kunnen blijven concentreren op onze primaire taken ondanks alle ontwikkelingen binnen de universiteit.

Het spijt mij vanuit de grond van mijn hart dat mijn leermeester Kees de Wit niet meer aanwezig kan zijn. Het was een voorrecht door één van de grootste landbouwkundigen van deze eeuw bij mijn promotie-onderzoek begeleid te worden en later met hem samen te werken. Hij was ook degene die mijn ogen opende voor de mogelijkheden om met behulp van systeem-analytisch onderzoek oplossingen te zoeken voor landbouwproblemen in ontwikkelingslanden.

Ook betreur ik het zeer dat Kees Spitters, die mij enthousiast heeft gemaakt voor het onkruidkundig onderzoek, er niet meer bij kan zijn. Hij heeft veel basiswerk verricht waar wij nu op voortbouwen.

Dames en heren van het AB-DLO,

Sinds mijn doctoraalvak op het CABO voel ik me verbonden met het instituut. Ik dank de medewerkers van de afdeling Gewas- en onkruidkunde voor de enthousiaste manier waarop iedereen bijdraagt aan het functioneren van de afdeling. Speciaal wil ik de clusterleiders Anton Haverkort, Ludger van der Eerden, Bert Lotz en Willem Meijer bedanken voor hun ondersteuning van het afdelingsmanagement.

Dames en heren studenten,

Ongeveer 14 jaar geleden zat ik in de trein van Utrecht op weg naar Wageningen. Ik moest nog 4 maanden doctoraal doen om te kunnen afstuderen als Utrechts bioloog en was verwezen naar de Vakgroep Theoretische Teeltkunde en het CABO. Ik wilde graag mijn studie afsluiten met een toegepast planten-ecologisch vak. De keuze viel op het onkruidkundig onderzoek. In die periode heb ik geleerd mijn interesse in biologische verschijnselen aan te vullen met een extra dimensie: de koppeling van theorie en toepassing door een modelmatige benadering. Daarbij is breed systeeminzicht nodig, maar ook is verdieping in specifieke disciplines noodzakelijk. Het combineren van deze twee eigenschappen maakt het mogelijk met nieuwe oplossingen te komen voor landbouwkundige problemen. Velen van u hebben al eerder voor Wageningen gekozen vanuit de motivatie om op een zinvolle wijze wetenschappelijke kennis toe te passen. Idealisme is erg belangrijk, maar het is onze uitdaging

om vanuit gedegen wetenschappelijke kennis en inzichten realistische oplossingen te vinden voor complexe maatschappelijke problemen. Een kritische houding is daarbij noodzakelijk. Ik hoop dat ons onderwijs voor u een inspiratiebron zal zijn.

Geachte toehoorders,

Met mijn betoog heb ik willen aangeven dat het in de onkruidkunde gaat om strategische beslissingen die te maken hebben met de ontwikkeling van onkruidpopulaties over jaren. Daarbij is het van belang de juiste balans te vinden tussen doelstellingen met betrekking tot landbouw, natuur en milieu voor de ontwikkeling van een, en laat ik het woord toch maar één keer gebruiken, duurzame onkruidbeheersing.

Het zal u duidelijk zijn geworden dat de onkruidproblematiek de achilleshiel is van de ecologiserende landbouw. Met het verdergaand reduceren van het middelengebruik neemt het risico voor onkruidproblemen toe. In een volledig ecologische landbouw is onkruidbeheersing nu nog erg arbeidsintensief en dus kostbaar. Kennis en mogelijkheden zullen moeten worden geïntegreerd en doorbraken vanuit plantenecologische kennis in systeemverband zullen nodig zijn om een ecologisering mogelijk te maken. Een fantastische uitdaging voor fundamenteel en toegepast onderzoek binnen het Kenniscentrum Wageningen.

Ik dank u voor uw aandacht.

Referenties

- Anonymus, 1991. Meerjarenplan gewasbescherming. Regeringsbeslissing. Den Haag, SDU, 298 pp.
- Bouma, J., Brouwer, J., Verhagen, A., and H.W.G. Booltink, 1995. Site specific management on field level: high and low tech approaches. In: Bouma, J., Kuyvenhoven, A., Bouwman, B.A.M., Luyten, J.C., and H.G. Zandstra (Eds.). Eco-regional approaches for sustainable land use and food production. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 453-474.
- Bouwmeester, H.J., 1990. The effect of environmental conditions on the seasonal dormancy pattern and germination of weed seeds. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, 157 pp.
- Centrum voor Landbouw en Milieu en IKC-kerngroep MJP-G, 1994. Werkboek milieumeetlat voor bestrijdingsmiddelen. Ede, 32 pp.
- Darwin, C.R., 1859, (herdruk 1985). The origin of species. Penguin classics, London.
- Goudriaan, J., 1993. Model, schaal en aggregatienivo. Inaugurele rede, Landbouwuniversiteit Wageningen.
- Hartmann, K.M. and W. Nežadal, 1990. Photocontrol of weeds without herbicides. *Naturwissenschaften* 77, pp. 158-163.
- Hilhorst, H.W.M., 1993. New aspects of seed dormancy. Proc. of the fourth international workshop of seeds. Basic and applied aspects of seed biology. Angers, France, 1992. Eds. D. Come and F. Corbineau, Paris, pp. 571-579.

- Hoogerkamp, M. en H. Naber, 1994. Enkele aspecten van de geschiedenis van de onkruidbeheersing. *Gewasbescherming* 25(5), pp. 156-162.
- Karssen, C.M., 1982. Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. In: A.A. Khan (Ed.). *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Elsevier, pp. 243-270.
- Kempenaar, C., 1995. Studies on biological control of *Chenopodium album*, L. by *Ascochyta caulina*. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, 127 pp.
- Kenmore, P.E., 1996. Presentatie op PE minisymposium *Productie Ecologie: De brug tussen theorie en praktijk*. C.T. de Wit Onderzoekschool *Productie Ecologie*, Wageningen.
- Kropff, M.J., Vossen, F.J.H., Spitters, C.J.T., and W. de Groot, 1984. Competition between a maize crop and a natural population of *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 32, pp. 324-327.
- Kropff, M.J. and 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, pp. 97-105.
- Kropff M.J. and H.H. van Laar (Eds.), 1993. *Modeling Crop-Weed Interactions*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, The International Rice Research Institute, Los Banos, The Philippines, 274 pp.
- LNV, 1995. *Dynamiek en vernieuwing. Beleidsvoornemens op het gebied van landbouw, natuurbeheer en visserij*. Brief aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal, 29 pp.

- Lewis, J., 1973. Longevity of crop and weed seeds: survival after 20 years in soil. *Weed Research* 13, pp. 179-191.
- Lotz, L.A.P., Groeneveld, R.W.M., and B.J. Schnieders, 1993. Evaluation of the population dynamics of annual weeds to test integrated weed management at a farming systems level. *Landscape and Urban Planning* 27, pp. 185-189.
- Lotz, L.A.P., Christensen, S., Cloutier, D., Fernandez Quintanilla, C., Légère, A., Lemieux, C., Lutman, P.J.W., Pardo Iglesias, A., Salonen, J., Sattin, M., Stigliani, L., and F. Tei, 1996. Prediction of the competitive effects of weeds on crop yield based on the relative leaf area of weeds. *Weed Research* 36, pp. 93-101.
- Mikkelsen, T.R., Andersen, B., and R.B. Jørgensen, 1996. The risk of transgene spread. *Nature* 380, p. 31.
- Rabbinge, R., 1985. De brugfunctie van de gewas-ecologie. Inaugurele rede, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Rabbinge, R., Rossing, W.A.H., and W. van der Werf, 1994. Systems approaches in pest management: The role of production ecology. In: Rajan, A. and Y. Ibrahim (Eds.). *Plant protection in the tropics*. Malaysian Plant Protection Society, pp. 25-46.
- Roberts, H.A., 1983. Weed seeds in horticultural soils. *Scientific Horticulture* 34, pp. 1-11.
- Röling, N.G., 1995. Naar een interactieve landbouwwetenschap. Inaugurele rede, Landbouwniversiteit Wageningen.

- Ruiter, H. de, Meinen, E., and A.J.M. Uffing, 1994. Influence of adjuvants on the efficacy of herbicides applied to plants grown indoors and outdoors. BCPC Monograph no 59: Comparing glasshouse and field pesticide performance II, pp. 245-250.
- Spitters, C.J.T. and R. Aerts, 1983. Simulation of competition for light and water in crop-weed associations. *Aspects of Applied Biology* 4 pp. 467-84.
- Tilman, D., 1990. Mechanisms of plant competition for nutrients: the elements of a predictive theory of competition. In: J.B. Grace and D. Tilman (Eds.). *Perspectives on plant competition*. Academic Press Inc., San Diego.
- Vereijken, P., Kloen, H., en R. Visser, 1994. Innovatieproject ecologische akkerbouw en groenteteelt. Eerste voortgangsrapport. AB-DLO, Wageningen, 95 pp.
- Vereijken, P., Wijnands, F., and W. Stol, 1995. Designing and testing prototypes. AB-DLO report, Wageningen, 90 pp.
- Vleeshouwers, L.M., Bouwmeester, H.J., and C.M. Karssen, 1995. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology* 83, pp. 1031-1037.
- Weide, R.Y. van der, 1993. Population dynamics and population control of *Galium aparine*, L. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, 141 pp.
- Weide, R.Y. van der en F.G. Wijnands, 1993. Evaluatie en perspectief. In: Van der Weide, R.Y., Spoorenberg, P.M., en H.J.K. Bosch (Eds.). *Themadag duurzame onkruidbestrijding*. PAGV-IKC, pp. 89-93.

- Wit, C.T. de, 1960. On competition. Agricultural Research Reports 66. Pudoc, Wageningen.
- Wit, C.T. de, 1968. Theorie en model. Inaugurele rede, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Zadoks, J.C., 1994. Gewasbescherming, een wetenschap? Gewasbescherming 25(3), pp. 83-91. Afscheidsrede, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Zonderwijk, P., 1978. Kruid of onkruid? Inaugurele rede, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Zweep, W. van der, 1979. Het begrip onkruid. Gewasbescherming 10(5), pp. 168-173.