

DE BRUGFUNCTIE VAN DE GEWASECOLOGIE

Rede

uitgesproken op 12 december 1985
in de aula van de Landbouwhogeschool

door

dr.ir. R. Rabbinge
bij de aanvaarding van het ambt van gewoon hoogleraar in de
Gewasecologie aan de Landbouwhogeschool
te Wageningen

The compartment of subject matter
is a constant threath to the unity
of science.

Cary P. Haskins. Cornell Institute Yearbook, 1976.

Geachte toehoorders,

1. Inleiding

Bij de aanvaarding van de eerste leeropdracht in de gewasecologie in het universitair onderwijs in Nederland, is het gewenst dit vakgebied nader te omschrijven. Volgens de grote Van Dale betekent "gewas", al wat er groeit aan planten of ook planten en vruchten die gekweekt zijn, te velde staan of geoogst worden. Ecologie betekent volgens hetzelfde naslagwerk de leer van de betrekkingen tussen dieren en planten en de omgeving waarin zij leven. Gewasecologie betreft dus zoiets als de studie van de betrekkingen tussen planten en de omgeving in de veldsituatie. Daarmee komt deze omschrijving in de buurt van de definitie zoals die door de Structuurcommissie Gewasecologie wordt gegeven: gewasecologie omvat de algemene beginselen van de samenhang tussen omgevingsfactoren en het gedrag van planten in de gewassituatie onder verschillende bodemkundige en klimatologische omstandigheden. Het zwaartepunt moet daarbij volgens deze commissie liggen op de kwantitatieve analyse van groeiprocessen en van interacties tussen gewas en biologische, fysische en chemische omgevingscomponenten. Gewasecologie is daarmee een vakgebied dat zich beweegt tussen verschillende disciplines die nu al aan de Landbouwhogeschool vertegenwoordigd zijn.

Het moet een brugfunctie vervullen tussen enerzijds de basiswetenschappen zoals plantenfysiologie, botanie, plantenecologie, omgevingsnatuurkunde en anderzijds de op toepassing gerichte wetenschappen zoals de plantenteelt, gewasbescherming, plantenveredeling, bodemkunde en plantenvoeding. Binnen de teeltvakgroepen wordt nu reeds veel aandacht geschonken aan onderdelen van de gewasecologie en de instelling van een aparte leerstoel voor de gewasecologie moet dan ook gezien worden als een uitbreiding en verdieping van dit integrerende vakgebied. Om tot een versterking van de gewasecologie te komen moet samenwerking tussen de vakgroepen worden bevorderd en dient te worden voorkomen dat zich een nieuwe vakgroep ontwikkelt die dwars door de bestaande heenloopt. Niet de verschillen tussen gewassen en processen die bij de produktie een rol spelen moeten daarom worden geaccentueerd, maar het gemeenschappelijke dient te worden benadrukt en versterkt. Deze versterking van de gemeenschappelijke basis is indertijd bij de instelling van de Vakgroep Theoretische Teeltkunde begonnen. Integratie is mogelijk omdat vanuit de basisprocessen die de groei van planten en gewassen bepalen wordt

gewerkt. Niet alleen het gedrag van het totale systeem, een akker tarwe, een kas met tomaten of een natuurlijke weide in de Sahel wordt bestudeerd, maar ook de processen die tot een bepaald gedrag van deze systemen leiden. Daardoor kan op grond van algemene beginselen het inzicht in het gedrag van specifieke systemen worden vergroot. Zo wordt de aandacht niet alleen op de teeltkundige gevolgen van een wijziging van N-bemesting gericht, maar ook op de bodemkundige processen en plantenfysiologische processen die beschikbaarheid en opname van de ionen door de plant bepalen. Zo zal ook niet, indien met gewasbeschermers wordt samengewerkt, alleen gekeken worden naar de omvang van de oogstderving bij een bepaalde ziektedruk, maar ook naar de plantenfysiologische processen die de aard en mate van oogstderving uiteindelijk bepalen. In de gewasecologie ligt daarbij de nadruk op de analyse van de functies die deze processen voor de groei en ontwikkeling van gewassen hebben en niet op een gestructureerde beschrijving van de wijze waarop de processen uiteindelijk verlopen tot op het moleculair niveau toe. Ter verduidelijking kan hier een telefooncentrale als vergelijking worden gebruikt. Niet de wijze waarop de communicatiekanalen verlopen en de technische hoogstandjes die daarbij worden bereikt, worden bestudeerd, maar de wijze waarop dit communicatiemedium in de samenleving functioneert.

De wijze waarop wordt gewerkt, wordt bepaald door het studieobject. De zo succesvolle toepassing van simulatiemodellen voor integratie van processen teneinde het inzicht in het gedrag van systemen te vergroten is een argument om in de gewasecologie deze werkwijze en dit instrument te benutten, maar er zijn natuurlijk ook andere meer klassieke instrumenten en de ontwikkeling staat niet stil. Het spreekt vanzelf dat voor succesvol werk op het terrein van de gewasecologie nauwe samenwerking nodig is tussen teeltkundigen, gewasbeschermers en beoefenaars van de basiswetenschappen op scheidkundig, natuurkundig en biologisch gebied. De juist geformeerde werkgroep met leden afkomstig uit diverse vakgroepen zal daarbij een voortrekkersrol moeten vervullen.

2. Groei en produktie van gewassen

Groei, hier omschreven als de toename van de hoeveelheid droge stof, wordt bij gewassen uitgedrukt per oppervlakte-eenheid, bij individuele planten per plant. De belangrijkste bovengrondse factoren die groei beïnvloeden zijn temperatuur, straling, luchtvochtigheid, wind en CO_2 -gehalte.

Wanneer groeibevorderende factoren zoals nutriënten optimaal aanwezig zijn en luchtverontreiniging en andere groeikortende factoren zoals ziekten, plagen en onkruiden ontbreken, wordt de groei potentiëel genoemd. Dan wordt de groei bepaald door de optische, geometrische, fysiologische en fenologische eigenschappen van het gewas en de meteorologische factoren. Er is berekend en experimenteel bevestigd dat onder deze omstandigheden in de zomer in Nederland een groeisnelheid gehaald kan worden die tussen de 150 en 250 kg ha⁻¹ dag⁻¹ ligt. Als het groeiseizoen zoals in Nederland zo'n 100 dagen bedraagt zal de potentiële biomassa dus zo'n 15 à 25 ton droge stof ha⁻¹ kunnen bereiken. Onderzoek naar deze produktiesituatie is vooral gericht op basisprincipes van de energievastlegging, de morfogenese van gewassen en de benutting van deze kennis voor verbetering van het teeltresultaat door manipulatie met de omgevingsfactoren zoals temperatuur, vocht en lichtintensiteit. Een aantal projecten van de Vakgroep Theoretische Teeltkunde, Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek en Vakgroep Tuinbouwplantenteelt hebben hierop betrekking.

De afstand tussen wat potentiëel mogelijk is en op dit moment actueel in het veld wordt gerealiseerd is nog erg groot. Meer dan 99% van de landbouw in de wereld vindt plaats in situaties waarbij één of meer groeifactoren beperkend zijn. Hetzij water, hetzij nutriënten of combinaties van beiden zijn niet optimaal aanwezig waardoor de groei gedurende een deel of het gehele groeiseizoen niet z'n potentiële waarde bereikt. Deze produktiesituaties zijn veel ingewikkelder. Een groot deel van de plantaardige produktie in de wereld vindt zelfs nog plaats rond het minimum van 800 kg graanequivalenten ha⁻¹. Een opbrengstniveau dat in Nederland in de vorige eeuw nog op veel plaatsen voorkwam.

Het verkrijgen van inzicht in de groei en produktie van gewassen in situaties, waarbij deze groeibeperkende factoren een rol spelen, vergen vrijwel altijd een grondige studie van bodemkundige processen.

Naast termen van de waterbalans die tot nu toe te weinig aandacht hebben gekregen, zoals afspoeling, dienen vooral de opname van stikstof en fosfaat en hun transport en omzetting in de bodem beter te worden gekend. Hieraan zal de interdisciplinaire Werkgroep Gewas-ecologie aandacht besteden. Een veel betere combinatie van bodemkundige en gewasfysiologische kennis kan leiden tot een veel zuiniger gebruik van externe produktiemiddelen zonder welke, ook in ontwikkelingslanden, geen duurzame landbouw kan worden bedreven.

De verhoging van produktie vergt inzicht en hulpmiddelen. Deze hulpmiddelen zijn nodig voor landbouwkundige activiteiten zoals bemesting, regeling watervoorziening, structuurverbetering en andere vormen van bevordering van de groeiomstandigheden van het gewas. De toepassing van deze hulpmiddelen kan niet lukraak geschieden, maar vergt zorg, kennis en inzicht. Zonder fysiologische en teeltkundige achtergrondskennis slagen sommige boeren met groene vingers erin hun mogelijkheden goed uit te baten. Anderen die daar niet over beschikken nemen de verkeerde beslissingen of nemen hun beslissingen op de verkeerde momenten. Het funderen van ervaringsfeiten op wetenschappelijke inzichten en kennis, het verbeteren van de landbouwkundige produktie en het verruimen van het perspectief op nieuwe mogelijkheden vormen de belangrijkste opdrachten van het landbouwkundig onderzoek.

Wat is bereikt, blijkt uit de stijging van de produktie per oppervlakte-eenheid, zoals bijvoorbeeld voor tarwe vanaf 1850. Er is sprake van een doorgaande groei waarbij twee discontinuïteiten kunnen worden onderscheiden. De eerste is aan het begin van deze eeuw bij de opkomst van de veredeling en het gebruik van kunstmeststoffen en de tweede, veel grotere, die zich zowel in Europa als in de Verenigde Staten manifesteerde is van kort na de Tweede Wereldoorlog en kan getypeerd worden als een groene revolutie die onopgemerkt bleef. Een combinatie van veranderingen op verschillende gebieden was daarbij het belangrijkste kenmerk. Op veredelingsgebied vond de introductie van de kortstrotorassen die Heine tijdens de Tweede Wereldoorlog ontwikkelde plaats, op bemestingsgebied was er een snel toenemend gebruik van stikstofmeststoffen en op bestrijdingsgebied vond de introductie van onkruidbestrijdingsmiddelen plaats. Niet alleen deze opbrengststijging maar vooral ook de snel toenemende mechanisatie verhoogde de arbeidsproduktiviteit onvoorstelbaar. Rond 1900 was er voor de verbouw van één ton tarwe zo'n 300 manuren nodig, maar nu is dit nog maar 1,5 uur. De Wit bracht in 1972 als eerste naar voren dat hogere opbrengsten per hectare niet alleen leiden tot minder gebruik van grond per eenheid van produkt maar ook tot zuiniger gebruik van veel zo niet alle andere produktiemiddelen en dit leidde tot de keuze voor minder landbouwgrond bij hoge opbrengsten in plaats van een lagere produktie op het huidige areaal. Berekeningen, experimenten en de ontwikkelingen vanaf 1972 hebben de stelling van de Wit¹⁾ bevestigd dat landbouw met hoge opbrengsten uit oogpunt van energie-efficiëntie en grondstoffenbenutting gunstiger is dan als deze bij matige opbrengstniveaus plaatsvindt. Dit geldt onder de voorwaarde dat, goed, dus zonder overmatig gebruik

van externe hulpmiddelen, wordt geboerd. De opbrengstproeven met gras van Alberda²⁾, 1971, waar de Wit naar verwijst toonden reeds aan dat het stikstofverbruik bij opbrengsten van 20.000 kg ha⁻¹ nauwelijks groter is dan bij 40% lagere opbrengsten. Tijdige en gedeelde giften resulteren in dergelijke hoge opbrengsten en hebben daardoor dus³⁾ een bijzonder hoge efficiëntie. Analyses van Van der Meer en Kemp³⁾ toonden aan dat de primaire N-benutting in grasland de laatste jaren als gevolg van beter beheer aanmerkelijk is toegenomen. Er zijn evenwel nog veel meer mogelijkheden. Een studie over de groei en produktie van gras in standweiden, dus bij continue begrazing, van Lantinga⁴⁾ bij de Vakgroepen Landbouwplantenteelt en Graslandkunde en Theoretische Teeltkunde toonde aan dat een effect van N-bemesting op de fotosynthese boven een goed omschreven minimum N-waarde afwezig is maar er alleen een effect op de strekkingsgroei is. Er zijn goede aanwijzingen dat in geval van standweiden het nadelige effect van dit gebrek aan strekkingsgroei tegengegaan zou kunnen worden door een wat scherpere begrazing. Het huidige N-advies van 400 kg ha⁻¹ zou op grond van deze gedetailleerde onderzoeken drastisch in neerwaartse richting kunnen worden bijgesteld. Nadere analyse door simulatie en experimenteel onderzoek zoals bij de Vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandkunde geschiedt kan leren waar de ondergrens ligt. Niet alleen ten behoeve van de boer, maar ook om verspilling en daarmee vervuiling van het milieu tegen te gaan, dienen nieuwe adviessystemen te worden ontwikkeld, waarbij veel meer dan tot nu toe gebeurt rekening gehouden wordt met de feitelijke situatie op het bedrijf.

3. Opbrengstkortende factoren

Adviessystemen die de voorlichter en de boer kunnen helpen bij hun dag tot dag beslissingen zijn volop in ontwikkeling ten behoeve van de gewasbescherming. Deze geven niet alleen aan wanneer bestreden moet worden, maar ook wanneer dit niet nodig is. Bovendien bewerkstelligen zij een directe wisselwerking tussen adviseur en boer doordat wordt aangegeven waar, welke waarnemingen in het veld moeten worden verricht en dan waarom.

Bij de ontwikkeling van deze systemen dient te worden bedacht dat dezelfde opbrengstkortende factoren verschillend uitwerken bij verschillende produktieniveaus. Zo neemt bij stijgende opbrengsten de concurrentiekracht van het gewas ten opzichte van de populatie van onkruiden in het veld over het algemeen toe, zodat onkruidbestrijding een minder aflatende strijd wordt. Voor de ziekten- en plagen-

bestrijding is de situatie echter minder gunstig. Als gevolg van de betere toestand van het gewas en de gunstige micro-meteorologische omstandigheden in goed van water en nutriënten voorziene gewassen worden vele pathogene organismen bevorderd in hoog opbrengende gewassen, waardoor zij relatief meer schade berokkenen. De toename van de tarwe-opbrengsten in de jaren '70 is voor een zeer groot deel aan gewasbeschermingsmaatregelen te danken. Deels preventief door resistentieveredeling, maar jammer genoeg ook voor een zeer belangrijk deel door bestrijdingsmiddelen, want de biologische bestrijding staat hier vooralsnog in de kinderschoenen. Daarom is een verbetering van de gewasbeschermingstechnieken vereist. Dit aspect van de teeltkunde heeft de afgelopen jaren meer aandacht gekregen en zal ook de komende jaren nog veel meer aandacht vragen. Onoordeelkundig en overmatig gebruik van biociden vormt voor de gezondheid van mens en milieu een directe bedreiging en dient dus te worden tegengegaan. Ditzelfde geldt, wellicht in mindere mate, voor het gebruik van bemesting en ook hier is nog veel te verbeteren. Dat geldt voor hoog opbrengende gewassen, maar evenzeer voor gewassen onder marginale omstandigheden. De teeltkunde is erop gericht de produktie van levende systemen onder verschillende omstandigheden, dus niet alleen de optimale, te verbeteren en de gewasecologie heeft daarbij de taak de brug te slaan naar de basiswetenschappen. Ik wil aan de hand van een voorbeeld illustreren hoe dit kan gebeuren. Dit voorbeeld is ontleend aan de interdisciplinaire samenwerking tussen teeltkundigen, gewasbeschermers en plantenfysiologen.

Bij de teelt van gewassen dient dus de schade door ziekten, plagen en onkruiden zoveel mogelijk te worden vermeden. Teeltkundige maatregelen, plantenveredeling en biologische bestrijdingsmethoden dienen daar in de eerste plaats voor te worden gebruikt, maar indien deze maatregelen geen of onvoldoende effect hebben dient tot bestrijding te worden overgegaan. Onder bestrijding wordt hier niet alleen verdelging van de schadeverwekker met chemische middelen verstaan, maar ook de toepassing van allerlei andere technieken, zoals in het geval van insecten, bijvoorbeeld het gebruik van lokstoffen, sexhormonen e.d. Het moment waarop en het niveau waarbij tot bestrijding moet worden overgegaan dient niet door de kalender, noch door een vaste drempelwaarde te worden bepaald. Bestrijding volgens de kalender vindt nog steeds in verschillende gewassen plaats. Daarbij wordt niet nagegaan of de ziekte of plaag aanwezig is. Het tijdstip van bespuiting volgt een tevoren bedacht schema. Er wordt geen rekening gehouden met het toekomstig verloop van de ziekte of de plaag en of er als gevolg van bijvoorbeeld bepaalde weersomstandigheden grote

kans bestaat op hoge aantasting door een ziekte of hoge dichtheid van de plaag. Voor het merendeel van de ziekten en plagen staan de zaken er iets beter voor en vindt bestrijding plaats als een bepaalde aantasting of dichtheid wordt bereikt, maar dan nog wel onafhankelijk van de plaats, het tijdstip van aantasting of van de ontwikkeling en groei van het gewas. De omstandigheden verschillen evenwel van veld tot veld en van jaar tot jaar. Zo veroorzaakte de aanwezigheid van 100 hanepoot planten m^{-2} in een experiment van Kropff, Vossen, Spitters en de Groot over de groei van mais, in 1982 een opbrengstreductie van 8%, terwijl hetzelfde aantal onkruidplanten m^{-2} in 1983 een opbrengstreductie van 88% veroorzaakte. De oorzaak van dit verschil in effect in de verschillende jaren is nagegaan met een model van de groei en concurrentie van mais en hanepoot. Het blijkt dat het kiemingstijdstip van het onkruid ten opzichte van het cultuurgewas en de eerste fase van de groei bepalend zijn voor het latere resultaat. Tijdigheid van bestrijding is hier dus zeer gewenst. Dit vergt inzicht in de groei en de wederzijdse beïnvloeding van gewas en onkruid. Bij verschillende gewassen en onder verschillende groeiomstandigheden zijn er grote verschillen in concurrentie tussen gewas en onkruid.

Hetzelfde geldt waarschijnlijk in nog sterkere mate voor een aantal ziekten en plagen in gewassen. Zo zijn in granen gedurende de laatste 10 jaar ziekten en plagen sterk in betekenis toegenomen. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door het positieve effect van goede groeiomstandigheden op de epidemische ontwikkeling van deze pathogenen en anderzijds door de relatie van het gewas met de schadeverwekkers. Bladluizen in granen veroorzaakten blijkens proeven van Rabbinge, Sinke en Mantel, 1983, gedurende de 70-er jaren, bij een opbrengstniveau van zo'n 5000 kg ha⁻¹ en een maximale dichtheid van 15 bladluizen per halm rond het melkrijpe stadium een oogstderiving van 250 kg ha⁻¹, terwijl bij een opbrengstniveau van 8000 kg zo'n 900 kg oogstderiving werd geleden. Deze opbrengstniveaus werden voornamelijk bepaald door de beschikbaarheid van water en nutriënten.

Bij een goede vocht- en nutriëntenvoorziening lijkt de opbrengstderiving per eenheid van schadeverwekker in dit geval dus toe te nemen. Daarmee is een vaste schadedrempel, het niveau waarbij de dichtheid van de plaag zodanig is dat de kosten van de bestrijding gelijk zijn aan die van de opbrengstderiving, een verouderd concept geworden. Afhankelijk van de groeiomstandigheden en daarmee de opbrengstverwachting dient een andere schadedrempel te worden gehanteerd. Dit experimentele resultaat zou kunnen betekenen dat een groot aantal veldproeven moet worden verricht om opbrengstniveau-

afhankelijke schaderelaties op te stellen. Dit vergt niet alleen veel tijd en geld, maar is bovendien vrijwel onmogelijk omdat het manipuleren van het gewas naar een bepaald sub-potentieel opbrengst-niveau erg lastig, zo niet onmogelijk is. Verstandiger is het na te gaan wat de achtergrond van deze experimentele veldresultaten is en deze kennis te benutten voor het formuleren van schaderelaties die zowel mate van aantasting, groeiomstandigheden als bereikbare opbrengst in rekening brengen.

Het blijkt dat in dit concrete geval bladluizen zowel directe groeikorting veroorzaken door het wegzuigen of liever gezegd het zich laten volpompen met assimilaten, als een indirect effect door injectie van speekselschede-materiaal en de afscheiding van een groot deel van de opgenomen assimilaten in de vorm van honingdauw. Dit uitscheidingsprodukt komt als een kleverige, suikerige laag over het blad te liggen, waar het een voedingsbodem vormt voor allerlei saprofytische gisten en schimmels die daardoor worden bevorderd en daarmee andere schimmels, zoals de veroorzaker van de bladvlekkenziekte negatief beïnvloeden. Dit effect wordt in samenwerking met het Willie Commelin Scholten Instituut en het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek bestudeerd. De suikerige laag die het blad bedekt heeft ook een rechtstreeks effect op de fotosynthese. Zowel de lichtbenuttingsefficiëntie als de fotosynthese bij lichtverzadiging worden beïnvloed. De eerste eigenschap door onderschepping van het licht, de tweede doordat de huidmondjes worden afgesloten. Dit effect wordt nog sterker na verloop van tijd, tenzij de kleverige laag door saprophyten, regen of anderszins wordt verwijderd. Hoe deze effecten van de honingdauw en de speekselschede-injectie de verschillende fotosynthese-karakteristieken beïnvloeden is het onderwerp van studie van een combinatie van de Vakgroepen Plantenfysiologie, Entomologie en Theoretische Teeltkunde.

De absolute en relatieve bijdrage van ieder van de schadecomponenten werd nagegaan in detailstudies over de opname van assimilatieproducten door de bladluizen en de hoeveelheid stikstof die zij via deze assimilatenstroom aan de plant onttrekken. Zo blijkt een jonge larve van de grote graanluis per dag 0,2 mg floëmsap te consumeren, een volwassen vrouwtje verzwelgt 1,6 mg per dag. Daarbij produceren zij afhankelijk van de samenstelling van het floëmsap respectievelijk zo'n 0,15 en 1,1 mg honingdauw die door de onderliggende bladeren wordt opgevangen.

Een deel van deze informatie is bijeen gebracht in een simulatiemodel waarmee de gevolgen van de remming van de fotosynthese en de

bijdrage van de verschillende schadecomponenten op de groei en produktie van het gewas kon worden berekend. Voorts kon worden nagegaan op welke momenten de aanwezigheid van deze groeikortende factor (bladluizen) de grootste gevolgen voor de opbrengst heeft en wat de betekenis van deze schadeverwekker bij verschillende opbrengstniveaus is.

Uit ons onderzoek bleek dat een aantal veldproeven met verschillende opbrengstniveaus en bladluizendichtheden goed kunnen worden gesimuleerd met het combinatiemodel van gewasgroei- en bladluizenpopulatiodynamica.

Voorts bleek de samenhang tussen bladluizen-schade per bladluis dag⁻¹ en het opbrengstniveau S-vormig te verlopen, de opbrengstderiving per bladluis het grootst te zijn rond het waterrijpe stadium, en het aandeel van de directe en indirecte schade bij verschillende opbrengstniveaus sterk te verschillen.

Bij lage opbrengstniveaus $< 5000 \text{ kg ha}^{-1}$ is het aandeel van de directe schadecomponent erg groot (zo'n 50%), terwijl dit bij hoge opbrengstniveaus $> 5000 \text{ kg ha}^{-1}$ sterk afneemt. Dit komt ten eerste door het verkorten van de produktieve periode van het groene oppervlak en ten tweede door onttrekking van stikstof die in de periode van de korrelvulling sterk beperkend is voor de groei. Zowel bij lage als bij hoge lichtniveaus treden grote effecten op omdat zowel de lichtbenuttingsefficiëntie als de fotosynthese bij lichtverzadiging wordt beïnvloed en beide effecten toenemen bij het verouderen van de bladeren. Bij lage opbrengstniveau's zijn deze effecten minder belangrijk omdat als gevolg van stikstoftekort de groeiduur toch al kort is en de N-onttrekking als gevolg van minder voorspoedige bladluispopulatie-ontwikkeling gering is. Bij de heel hoge produktieniveaus $> 9000 \text{ kg ha}^{-1}$ neemt de schade per eenheid van schadeverwekker niet meer superproportioneel toe daar stikstof dan zo overvloedig beschikbaar is dat onttrekking door de bladluizen geen bijzonder groot effect meer heeft en de groeiomstandigheden voor de bloei welke mede bepalend zijn voor deze hoge opbrengstniveaus niet worden beïnvloed. Daardoor ontstaat bij de heel hoge produktieniveaus een evenredige of minder dan evenredige produktiekorting.

Met behulp van deze informatie kunnen nu flexibele schaderelaties worden geformuleerd die in teeltbegeleidingssystemen kunnen worden benut. Daaraan wordt door de Vakgroep Theoretische Teeltkunde, de Planteziektenkundige Vakgroepen, de Vakgroep Wiskunde en het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond gewerkt.

Een andere schadeverwekker in tarwe die gedurende de afgelopen 10 jaar sterk aan betekenis gewonnen heeft is meeldauw. Ook hier is er een positief effect van goede gewasconditie op de epidemische ontwikkeling door verkorting van de latente periode bij goede N-voorziening en verlenging van de infectieuze periode. Bovendien is het microklimaat in de doorgaans bladrijke, dichte gewassen zeer bevorderlijk voor de ontwikkeling van de epidemie. De schade door meeldauw is eveneens afhankelijk van de gewasconditie. Zo is in veldproeven van Daamen en van der Vliet⁷⁾ bij het Instituut voor Planteziektenkundig Onderzoek gebleken dat bij een laag aantastingsniveau van gemiddeld 1%, al een opbrengstderving optreedt van 7,5%. De oorzaak daarvan is waarschijnlijk gelegen in het directe effect van meeldauw op de fotosynthese. Zo blijkt bij een aantastingsniveau van 4% meeldauw de fotosynthese bij lichtverzadiging al met 50% te worden verminderd. Ook de veroudering wordt beïnvloed. De oorzaak van het sterke effect op de fotosynthese blijkt niet een rechtstreeks effect op het huidmondjesgedrag te zijn. Gedetailleerde proeven bij verschillende externe CO_2 -concentraties toonden aan dat de weerstand voor CO_2 -diffusie van de grenslaag, noch die van de huidmondjes rechtstreeks werden beïnvloed door de meeldauw-aantasting, maar dat waarschijnlijk het eigenlijke fotosynthese effect wordt verlaagd. Als gevolg van een terugkoppeling van de dientengevolge vergrote CO_2 -concentratie in de sub-stomataire holte worden de huidmondjes iets gesloten opdat de interne CO_2 -concentratie niet boven de voor tarwe constante waarde van 210 ppm komt. De als gevolg van deze sluiting vergrote huidmondjesweerstand heeft tot gevolg dat de verhouding assimilatie-transpiratie bij meeldauwaantasting, althans bij lage aantastingsniveaus, niet wordt beïnvloed.

Over de oorzaken van het effect op de eigenlijke fotosynthese tasten we nog in het duister. Het is nog onduidelijk of de zogenaamde lichtreactie, d.w.z. de vastlegging van de energie, of de biochemische reactie d.w.z. het vastleggen van het CO_2 -molecuul wordt beïnvloed. Daarvoor is nader plantenfysiologisch onderzoek nodig. Het is evenwel duidelijk dat zowel bij de aantasting door deze ziekte als bij de bladluizen-aantasting een reactie op fysiologisch niveau plaatsvindt, waarvan het effect op gewasniveau in termen van groei en produktie aanzienlijk kan zijn. Berekeningen met een simulatiemodel waarin de bovengenoemde effecten van meeldauw waren verwerkt bevestigden de grote effecten op gewasniveau die Daamen en van der Vliet experimenteel aantoonde. Na deze test werden nog een aantal berekeningen uitgevoerd die aantoonde dat

meeldauw anders dan bladluizen een opbrengstderving veroorzaakt die bij gelijke ziektedruk proportioneel toeneemt met het opbrengstniveau. Ook werd het effect van de verdeling van de ziekte in het gewas nagegaan. Daarbij bleek dat de verdeling van de meeldauw in het gewas een grote invloed heeft op de groei- en opbrengstkorting. Eenzelfde absolute aantasting van alleen de bovenste bladlaag heeft een aanmerkelijk grotere schade tot gevolg dan een zelfde aantasting verspreid door het gewas. Ook hier is dus het aangeven van een vaste schade-drempel onmogelijk en dient een actiedrempel voor bestrijding te worden gehanteerd die afhangt van tijdstip, gewasconditie, plaats van aantasting en opbrengstverwachting.

Bladluizen en meeldauw zijn obligate parasieten, dus voor hun voortbestaan volledig van een levende gastheer afhankelijk. Bladvlekkenziekte (*Septoria tritici*), een andere ziekte in tarwe die de laatste jaren sterk aan betekenis heeft gewonnen, is voor z'n voortbestaan niet van levend weefsel afhankelijk. Bij de analyse van de effecten van deze ziekte bleek geen bijzonder groot effect op de fotosynthese bij lichtverzadiging, terwijl elk effect op lichtbenuttingsefficiëntie en donkerademhaling afwezig was. Wel was er een effect op de bladveroudering door een versnelde achteruitgang van de fotosynthetische karakteristieken, maar dit effect is veel minder sterk dan bij de voorgaande ziekten. Analyse van deze effecten met behulp van simulatiemodellen, teneinde de groeikorting en opbrengstderving vast te stellen, vindt op dit moment plaats in samenwerking tussen de Vakgroepen Fytopathologie en Theoretische Teeltkunde en lijkt uit te monden in een schade die minder dan evenredig is met de opbrengst. We hebben dus nu te maken met een schadeverwekker met een proportionele en wellicht één met een subproportionele en één met een superproportionele schaderelatie bij toenemende opbrengstverwachting.

Als gevolg van een verschil in effect van de ziekte of plaag op fotosynthetische parameters en andere plantkarakteristieken blijkt een groot verschil in groei en opbrengstkorting op te treden. Met behulp van traditioneel teeltkundig onderzoek kunnen deze dynamische responsies alleen door een enorme inzet van arbeid en een bijkans oneindig aantal proeven worden verkregen. Simulatiestudies kunnen veel sneller en met minder arbeid tot een beter resultaat leiden. De simpele dosis-effect benadering heeft daarmee plaats gemaakt voor simulaties die gebaseerd zijn op de kwantificering van de effecten van de schadeverwekker op de basisprocessen die de gewasgroei bepalen. Extrapolaties en voorspellingen zijn hiermee mogelijk. Deze voorspellingen worden benut voor verbetering van de ziekten- en plaagbestrijding opdat overmatig gebruik van biociden kan worden

voorkomen en oogstverliezen worden tegengegaan. De goede resultaten die in Nederland in vergelijking met b.v. Engeland hiermee zijn geboekt, maar liefst 50% minder bespuitingen ha¹ in tarwe, spreken reeds voor zich.

4. Onderzoeksinstrumenten

Bovenstaande beschouwingen illustreren niet alleen hoe simulatiemodellen worden gebruikt om de kennis van uiteenlopende disciplines met elkaar samen te brengen, maar ook dat de uitkomsten van deze integrerende beschouwingen moeten worden getoetst. Zowel op het verklarende niveau van de disciplines als op het te verklaren niveau van de veldsituatie blijven experimenten een centrale rol spelen omdat er nog vele hiaten in de kennis zijn. Door continue modelontwikkeling en toetsing van onderdelen en het geheel neemt het inzicht in het functioneren van het systeem en het vertrouwen in het model toe.⁸⁾ In zijn beschouwing over theorie en model in 1968 beschrijft de Wit deze heuristische werkwijze en geeft aan dat de bioloog hierbij in de weinig benijdenswaardige positie verkeert dat hij noch op de natuurkundige of scheikundige, noch op de econoom of socioloog kan leunen. Van de ene groep heeft hij geen steun te verwachten omdat ze deze heuristische werkwijze niet nodig hebben voor de ontwikkeling van hun theorieën, van de andere groep niet omdat in hun wetenschappen de niveaus van kennis met verschillende relaxatietijden nog niet voldoende uitgesproken zijn.

Sedert 1968 is er met deze heuristische werkwijze in de landbouw-wetenschappen en de biologie veel vooruitgang geboekt, zodanig dat dit inzicht en deze kennis hebben geleid tot modellen die door veelvuldige toetsing zo'n vertrouwen wekken dat er voorspellingen mee kunnen worden gedaan die nauwelijks toetsing behoeven. Modellen in verschillende fasen van ontwikkeling kunnen worden onderscheiden: conceptuele modellen, verklarende modellen en samenvattende modellen. De conceptuele modellen vormen veelal de neerslag van een aantal verschillende hypothesen over de wijze waarop de samenstellende processen het gedrag van het systeem bepalen. Na verbetering van de kennis van de deelprocessen kan doorgaans een beter onderbouwd kwantitatief model worden samengesteld waarmee het inzicht in het functioneren van een systeem wordt vergroot. Op basis van deze veelomvattende kwantitatieve modellen is door middel van vereenvoudiging de ontwikkeling van een samenvattend model mogelijk dat voor voorspelling en teeltbeslissingen kan worden gebruikt. In verschillende

wetenschapsgebieden wordt deze reeks doorlopen en dit heeft geresulteerd in adviezen en eventueel adviessystemen die zowel op het niveau van de teelt van gewassen als bij het uitstippelen van beleidsadviezen kunnen worden gebruikt. In de gewasecologie zal veelvuldig van modellen gebruik moeten worden gemaakt. Vooral ten aanzien van de niet-optimale omstandigheden ligt er nog een groot braakliggend terrein. Juist hier biedt de benadering waarbij gebruik gemaakt wordt van simulatiemodellen veel perspectief omdat de eindeloze kronkelweg van beschrijvende experimenten wordt verkort door een doelgerichte benadering. Daarbij zijn toch veel experimenten vereist die bijvoorbeeld in samenwerking met plantentelers en bodemkundigen moeten worden verricht, maar anders van aard zijn. De modellen in verschillende fasen van ontwikkeling kunnen bij de prioriteitstelling ten aanzien van dit onderzoek een belangrijke rol spelen.

Voor de toepassing van deze kennis in de praktijk van de teelt van gewassen kan eveneens van modellen gebruik worden gemaakt. De resultaten die daarmee gedurende de afgelopen jaren op het gebied van de gewasbescherming en landevaluatie zijn bereikt beloven veel voor de toekomst.

5. Onderwijs

Bij de instelling van het vakgebied der gewasecologie aan de Landbouwhogeschool is in eerste instantie voornamelijk vanuit het onderwijs gedacht. De behoefte aan een gemeenschappelijke basis voor de verschillende teeltvakken en een versterking van de verweving van basiswetenschappen en toepassingsgerichte vakken lag daaraan ten grondslag. De inmiddels ingestelde Werkgroep Gewasecologie heeft al een aanvang gemaakt met haar coördinerende en stimulerende taak, en er zijn een aantal onderwijselementen op de rails gezet die moeten leiden tot een versterking van de band met de basisvakgroepen.

Juist door deze benaderingswijze kan en moet de Hogeschool zich onderscheiden van de Hogere Landbouwscholen. Het is een meer fundamenteel gerichte en op kennisvermeerdering en inzichtvergroting toegespitste werkwijze. De traditionele beschrijvende benadering kan vanzelfsprekend niet volledig verdwijnen, maar het accent dient toch in de eerste plaats te liggen bij deze causaal analytische benaderingswijze.

De introductie van een nieuwe studierichting aan de Landbouwhogeschool, waarbij zowel de kwantitatieve methoden en de toepassing daarvan in de landbouwwetenschappen een zwaartepunt vormen is een

goede ontwikkeling. De gewasecologie als interdisciplinair vakgebied zal daaraan haar bijdrage moeten leveren.

Wat betreft het onderwijs hebben vakgroep en werkgroep niet alleen een taak voor de Landbouwhogeschool, maar ook voor het Post Academisch onderwijs en het internationaal onderwijs. De ervaring met deze laatste vormen van onderwijs zijn zo positief, zowel voor de docenten als de cursisten, dat door LH vakgroepen en onderzoeksinstituten van het ministerie wordt gewerkt aan een meer blijvende structuur van dit onderwijs.

Zowel voor velen in de ontwikkelingslanden als voor collega's in andere delen van de wereld kan de Wageningse concentratie van systeemanalyse en simulatie in de landbouwwetenschappen veel betekenen als bundeling van activiteiten plaatsvindt die nu vaak ad hoc in de vorm van korte cursussen of korte projecten worden uitgevoerd. Het programma van overdracht van deze kennis en introductie van deze benaderingswijze in het rijstonderzoek dat door het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek en de Vakgroep Theoretische Teeltkunde samen met het Internationaal Rijst Onderzoek Instituut met steun van het Directoraat Generaal voor Internationale Samenwerking in verschillende Aziatische landen is opgezet, kan daarbij als een eerste oefening worden gezien. De continue evaluatie van begin tot eind die in samenwerking met de Vakgroep Voorlichtingskunde is opgezet kan behulpzaam zijn bij het verbeteren van deze overdracht van technologie naar de doelgroepen die men uiteindelijk tracht te bereiken.

Ook bij het tweede fase onderwijs kunnen de onderzoeksinstituten van het Ministerie van Landbouw en Visserij meer worden ingeschakeld. De intensieve samenwerking die de Vakgroepen Theoretische Teeltkunde en Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde nu al met het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek bezitten kunnen daarbij als voorbeeld fungeren. Zowel de Instituten als de Landbouwhogeschool hebben voordeel bij een samenwerking waarbij de LH-studenten en in de toekomst de Assistenten In Opleiding worden ingeschakeld bij onderzoek van hoog niveau, en de Landbouwhogeschool haar docentenbestand uitgebreid ziet met een groot aantal hoog gekwalificeerde onderzoekers. Ook op het gebied van de apparatuur en faciliteiten is wederzijdse beïnvloeding uitmondend in samenwerking gewenst. De vooraanstaande positie van 'Wageningen' in de wereld kan alleen worden gehandhaafd als wordt samengewerkt, en dat lukt alleen als zowel de bereidheid als de middelen beschikbaar komen.

6. Slotwoord

Geachte toehoorders,

De omvang van een interdisciplinair vakgebied als de gewasecologie is tegelijkertijd erg groot en erg klein, erg groot vanwege de contacten en samenwerkingsverbanden met zeer vele en zeer verschillende disciplines, en erg klein vanwege de geringe specifieke kennis die op ieder van de betrokken gebieden bij de gewasecoloog bestaat. Dit laatste schept veel onzekerheid, maar ik troost mij daarbij met de gedachte dat de steun van velen is verzekerd. De gewasecologie is een benaderingswijze die van de beoefenaren veel oefening en doorzettingsvermogen vergt. Het doet mij bijzonder veel genoegen met dit vak aan de Hogeschool te zijn belast en ik betuig voor mijn benoeming tot gewoon hoogleraar dan ook gaarne mijn dank aan de Kroon.

Dames en heren leden van bestuursorganen, structuur- en benoemingscommissies,

Het verheugt mij de gelegenheid te hebben mijn dank uit te spreken voor het in mij gestelde vertrouwen. Ik hoop dat de vakgroep en werkgroep met Uw steun de haar opgedragen taak kan vervullen. Ik vertrouw er daarbij op dat U de toegezegde middelen zult verschaffen die daarvoor noodzakelijk zijn.

Dames en heren van de Vakgroep Theoretische Teeltkunde,

Jullie weten maar al te goed hoe jullie vertrouwen in mij me heeft geholpen bij het accepteren van de verantwoordelijkheid voor de taak die we gezamenlijk hebben aangevat. Jullie inhoudelijke en morele steun heeft me in het verleden erg geholpen en sterken mij in de opvatting dat we het ook in de toekomst samen wel zullen klaren.

Zeer gewaardeerde leermeester, beste Kees,

Het is voor mij een groot voorrecht geweest vanaf het begin van jouw loopbaan bij de Landbouwhogeschool zo'n intensief contact met je te hebben gehad. Je bent niet alleen voor mij, maar voor zeer velen, een inspirerend leermeester. Bij jouw intree-rede aan de Landbouwhogeschool heb je de hoop uitgesproken dat je in staat zou zijn het vakgebied van de theoretische teeltkunde tot een vrucht-

dragende plant uit te laten groeien. Je bent daarin mijns inziens uitstekend geslaagd en ik hoop dat de Vakgroep Theoretische Teeltkunde en de Werkgroep Gewasecologie in staat zullen zijn de verdere verspreiding van jouw inzichten en benaderingswijze te bevorderen.

Allen die behoren tot de LH-gemeenschap en het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek,

Met velen van U heeft de Vakgroep Theoretische Teeltkunde in het verleden op plezierige en constructieve wijze samengewerkt. Dit geldt niet alleen voor de LH vakgroepen en CABO-onderzoeksafdelingen, maar ook voor de ondersteunende diensten zoals de Afdelingen Gebouwen en Terreinen, Financiële en Economische Zaken en Personeelszaken. Voortzetting van deze samenwerking zal ons in staat stellen de verdere integratie van disciplines en vakgebieden die met de instelling van deze leeropdracht wordt beoogd, te bevorderen.

Dames en heren studenten,

Zoals gezegd stelt de gewasecologie zich ten doel bruggen te slaan tussen de basiswetenschappen en toepassingsgebieden teneinde het beheer en soms zelfs het beheersen van plantaardige productiesystemen te funderen op kennis en inzichten over het functioneren van die systemen. Daarvoor is een uitgebreide kennis van de basiswetenschappen nodig, vaak meer dan U in de nieuwe programma's verkrijgt. Samenwerking in groepen en combinaties met basiswetenschappen kunnen eventuele lacunes invullen. De grote betrokkenheid van U allen bij het onderwijs in de theoretische teeltkunde en de gewasecologie, tot uiting komend in aantallen studenten en Uw positieve bijdrage aan de voortdurende vernieuwing van de onderwijselementen stemmen tot optimisme. De aanwezigheid van een continue stroom van kritische studenten die zich niet door het gezag van de docent, maar alleen door zijn argumenten en inzichten laten overtuigen vormt één van de aantrekkelijkste kanten van het doceren aan de universiteit en compenseert in vele gevallen bureaucratische ellende. Het dwingt tot kritische zin en prikkelt tot creativiteit. Daarom is het jammer dat de periode waarin eigen vermogens worden uitgetoet wordt ingeperkt en een puur cursorische studie de overhand dreigt te nemen. Hopelijk zijn we in staat voldoende ruimte te laten voor de ontwikkeling van de eigen creativiteit die toch de basis moet vormen voor de studie tot zelfstandig onderzoeker.

Geachte toehoorders,

Aan het einde van deze rede gekomen wil ik U allen die door Uw aanwezigheid blijk heeft gegeven van Uw belangstelling erop wijzen dat ik weliswaar door het aanvaarden van de leeropdracht de primaire verantwoordelijkheid voor de leeropdracht op me genomen heb, maar dat juist in dit interdisciplinaire vakgebied een team nodig is om dit werkelijk te kunnen doen. In de receptieruimte, beneden, zult U een globale indruk kunnen krijgen van de werkzaamheden die worden verricht en zullen de vakgroep en werkgroep tonen wat ze onder gewasecologie verstaan.

LITERATUUR

- 1) Wit, C.T. de, 1972. De moderne landbouw in het westen. Landb. Tijdschr. 84, nr. 9, 310-312.
- 2) Alberda, Th., 1972. Stikstofbemesting van grasland en kwaliteit van het oppervlaktewater. Stikstof 69,6, 377-383.
- 3) Meer, G.H. van der and M.G. van Uum-van Lockhuyzen, 1984. Nitrogen input/output ratios in intensive grassland systems. In: H.G. van der Meer and G.C. Ennik (mimeographed, CABO, Wageningen). EEC-Workshop, Wageningen, October 1983. Ook verschenen in Fertilizer Research, 1985.
- Kemp, A., 1985. Dollen en dolen in de groene speeltuin. Meststoffen nr. 2, 25-27.
- 4) Lantinga, E.A., 1985. Productivity of grasslands under continuous and rotational grazing. Dissertation Landbouwhogeschool, Wageningen.
- 5) Kropff, M.J., F.J.H. Vossen, C.J.T. Spitters and W. de Groot, 1984. Competition between a maize crop and a natural population of *Echinochloa crus-galli*. Neth. J. agr. Sci. 324-327.
- 6) Rabbinge, R., J. Sinke and W.P. Mantel, 1983. Yield loss due to cereal aphids and powdery mildew in winter wheat. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent, 48/4, 1159-1167.
- 7) Daamen, R.A. en G. van der Vliet, 1984. Schade veroorzaakt door meeldauw in wintertarwe. Int. verslag IPO.
- 8) Wit, C.T. de, 1968. Theorie en model. Inaugurele rede Landbouwhogeschool, Wageningen.