

B. De begeleide gewasbescherming

R. Rabbinge

Vakgroep Theoretische Teeltkunde, Landbouwhogeschool Wageningen

F.H. Rijsdijk

Vakgroep Fytopathologie, Landbouwhogeschool Wageningen

Rudy Rabbinge, geboren in 1946, studeerde in 1971 af aan de Landbouwhogeschool te Wageningen, als landbouwkundig ingenieur in de richting plantenziektenkunde. Van 1970 tot 1972 was hij werkzaam als leraar bij het middelbaar onderwijs. In 1972 kwam hij in dienst van de Landbouwhogeschool Wageningen, bij de Vakgroep Entomologie, waar hij een proefschrift bewerkte getiteld: 'Biological Control of Fruit Tree Red Spider Mite'. Sinds zijn promotie in 1976, is hij werkzaam bij de Vakgroep Theoretische Teeltkunde waar hij studies verricht over de populatie-dynamica van schadeverwekkers van land- en tuinbouwgewassen en de mogelijkheden om deze met milieu-vriendelijke methoden te bestrijden.

Frans H. Rijsdijk, geboren in 1946, behaalde in 1974 het diploma landbouwkundig ingenieur aan de Landbouwhogeschool Wageningen, in de richting plantenziektenkunde. In 1974 kwam hij in dienst van de Landbouwhogeschool Wageningen bij de Vakgroep Fytopathologie, waar hij promotie-onderzoek verrichtte naar de invloed van groeiomstandigheden van tarwe op ziekte-verwekkende schimmels. Vanaf 1977 ligt zijn hoofdtaak in het uitwerken van de gegevens van onderzoek ten behoeve van de landbouw, door middel van het begeleidingssysteem EPIPPE.

1. Over typen modellen en het gebruik ervan

In de inleiding tot deze cursus is uiteengezet, hoe en waar modellen worden gebruikt. Iedereen hanteert modellen, niet alleen wetenschappers. Wanneer wij iemand een 'woesteling' noemen, is het woord 'woesteling' in feite een model van het gedrag van de desbetreffende persoon. Als wij een landkaart gebruiken, hanteren wij een model (op schaal) van een land, een landstreek. Aan de hand van de kaart kunnen wij een route uitzetten, de duur van de reis schatten, iets zeggen over de grondsoort, de begroeiing, enz.

Deze beide voorbeelden illustreren de mogelijkheden en beperkingen van modellen. Men kan anderen vertellen dat X een woesteling is, zonder X zelf bij de hand te hebben om een en ander te tonen. Het feit dat woorden 'modellen' zijn, is er de oorzaak van, dat wij onderling kunnen spreken over dingen die wij nog nooit hebben gezien, en zelfs over zaken die niet eens bestaan (zeemeerminnen, eenhoorns, kabouters, enz.). De beperking is dat wij maar moeten aannemen dat de ander aan de woorden *dezelfde* betekenis hecht zoals wij.

Ook het voorbeeld van de landkaart is illustratief. Iedereen weet hoe gemakkelijk het is om in een vreemde stad een kaart bij de hand te hebben. Iedereen weet hoe lastig het is, als er in de desbetreffende stad of streek iets is veranderd, dat nog niet op de kaart staat: een straat die 'eenrichtingsverkeer' is geworden en een landweg die inmiddels is verdwenen, enz.

2. Soorten van modellen

Wanneer de wetenschap modellen gebruikt, wordt dat gedaan met hetzelfde *doel* als waarmee een landkaart wordt gehanteerd. Men wil (een deel van) de werkelijkheid kunnen bestuderen en bespreken, zonder die werkelijkheid zelf te gebruiken.

Omdat de te bestuderen reeks van gebeurtenissen in de werkelijkheid te lang duurt, te veel omvat, onzichtbaar is, onbereikbaar is, enz., hanteert men modellen van velerlei vorm. Ook dient men onderscheid te maken tussen de term model in de technische wetenschappen en die in de biologische en sociale wetenschappen. In de technische wetenschappen gaat het model aan de werkelijkheid vooraf; dat wil zeggen: van een brug bijvoorbeeld wordt eerst een *maquette* gemaakt om daarna de brug in werkelijkheid te construeren. In de biologische en sociale wetenschappen worden modellen vervaardigd om de werkelijkheid beter te kunnen begrijpen. Hier is het model dus een bewuste *simplificatie* (vereenvoudigde voorstelling) van de werkelijkheid. Met het model kan worden geëxperimenteerd en door het gedrag van het model te vergelijken met het gedrag van het werkelijke systeem, kan ons inzicht van de relaties die een rol spelen in de werkelijkheid toenemen. Het model fungeert hier dus als 'werktuig' voor het verwerven van kennis en inzicht. In de technische wetenschap vormt het model een *instrument*, om de werkelijke systemen na te bootsen. In de landbouwwetenschappen, die het karakter heeft van een technische wetenschap toegepast op de biologie, fungeren modellen zowel als werktuig voor het verwerven van meer inzicht in de werkelijkheid als instrument bij het manipuleren van de levende natuur.

Aan deze manipulatie gaat kennis vooraf, vandaar dat de modellen die voor de begeleiding van teeltbeslissingen worden gebruikt, veelal zijn gebaseerd op complexere en grotere modellen, waarmee wordt beoogd het gedrag van een landbouwecosysteem te begrijpen. Deze werkwijze wordt de *hiërarchische* benadering genoemd. In deze les zal deze benaderingswijze worden geïllustreerd, aan de hand van voorbeelden uit de *gewasbescherming*.

3. Computer modellen

De modellen waarmee de onderzoekers in de gewasbescherming werken, zijn zogenaamde 'computer simulatie-modellen'. Dit zijn programma's, een stelsel van wiskundige formules, die door computers worden uitgevoerd en die een reeks gebeurtenissen in een bepaalde (door de onderzoekers vastgestelde) orde en volgorde laten verlopen. Vanzelfsprekend geeft dit model niet alle details, maar zijn er tal van vereenvoudigingen aangebracht. Een model dat alle delen van de werkelijkheid tot in details beschrijft vraagt ook van de grootste computer zoveel rekentijd, dat de natuur hetzelfde sneller zou doen.

Met hun computer modellen simuleren de Wageningse gewasbeschermers de bevolkingsgroei van schadeverwekkers en de effecten van deze schadeverwekkers op de *waardplant*. Daarmee kunnen ze nagaan of en in welke mate *oogstderving* op zal treden, als gevolg van de aanwezigheid van deze schadeverwekkers. Zij spelen de populatie-ontwikkeling ná en bootsen de omstandigheden na, welke de groei en ontwikkeling van schadeverwekker en waardplant beïnvloeden. Door wijziging van de omstandigheden zijn zij in staat de effecten van zulke wijzigingen op het gedrag van de modellen na te gaan.

Op deze wijze wordt het inzicht in de bevolkingsontwikkeling van de plaag of ziekte-organismen vergroot en wordt kennis bijeengebracht over de wijze waarop de opbrengst van het landbouwgewas door de ziekte-aantasting wordt beïnvloed.

4. Voorbeeld van een populatiemodel

Met een eenvoudig model van populatiegroei is de lezer zeker vertrouwd. Dit betreft de onbegrensde groei van een bevolking (of *exponentiële* groei). Indien het aantal individuen zich verdubbelt in drie dagen, een normale periode bij veel epidemisch optredende plantenziekten en plagen, kan men zich voorstellen dat de aantastingsgraad door deze ziekte in korte tijd erg zal toenemen.

Deze korte verdubbelingstijd wordt evenwel alleen bereikt als er onbegrensde mogelijkheden zijn. Zo moet voedsel overvloedig aanwezig zijn, mogen er geen beperkingen zijn ten aanzien van de ruimte, zullen remstoffen afwezig moeten zijn en zullen ook de overige milieufactoren optimaal moeten zijn. Het spreekt vanzelf dat aan deze voorwaarden slechts in zeer uitzonderlijke situaties, gedurende korte tijd, wordt voldaan.

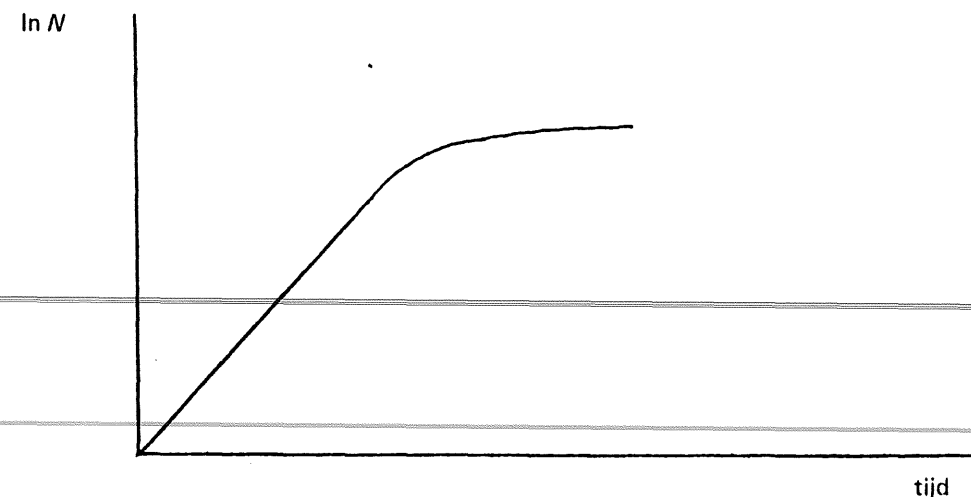
Doorgaans wordt de exponentiële groeisituatie dan ook niet bereikt. Alleen als bijvoorbeeld een *gistcultuur* wordt gestart, wordt aan de voorwaarden van exponentiële groei voldaan en zien we op logaritmische schaal een lineaire toename optreden. Zodra voedseltekort op gaat treden, of de afgifte van remstoffen de vermeerdering gaat beïnvloeden, treden afwijkingen op en wordt de curve neerwaarts afgebogen (afbeelding 1).

Wiskundig wordt deze situatie vaak benaderd met de zogenaamde *logistische* groei-formule. De groeisnelheid van het aantal individuen hangt af van het aantal aanwezige individuen en de relatieve groeisnelheid. Deze relatieve groeisnelheid karakteriseert de snelheid waarmee de populatie zich uitbreidt.

De dimensie van deze grootte is tijd^{-1} .

$$\frac{dN}{dt} = R \cdot N \cdot \left(1 - \frac{N}{N_{\max}}\right).$$

N = aantal individuen, R = relatieve groeisnelheid; N_{\max} = maximum aantal individuen.



Afb. 1.

De geïntegreerde vorm van deze logistische groeiformule luidt:

$$N = \frac{N_{\max}}{1 + k \cdot e^{-Rt}},$$

waarbij $k = \frac{N_0}{N_{\max}} - 1$, en N_0 is het aantal individuen bij de aanvang van het experiment. Indien remming afwezig is, en de draagkracht van het milieu onbegrensd is, dus als $N_{\max} \rightarrow \infty$, gaan de formule's over in die voor exponentiële groei: de geïntegreerde vorm: $N = N_0 \cdot e^{Rt}$ en de differentiaalvergelijking:

$$\frac{dN}{dt} = R \cdot N.$$

De draagkracht van het milieu, of in het geval van een *epidemie*, het maximale aantal individuen dat kan worden aangetast, wordt bijvoorbeeld bepaald door de grootte van het veld en de aanwezigheid van andere beperkende factoren. Hoewel de logistische groeiformule op vele plaatsen wordt gebruikt en vele biologen met behulp van deze formule het gedrag van de populatie die ze bestuderen trachten te verklaren, is vrijwel nimmer aan de voorwaarden, waaronder deze formule mag worden toegepast voldaan. De groei van een gistpopulatie onder goed gecontroleerde omstandigheden is bijvoorbeeld goed met de logistische formule te beschrijven. Zodra zich wijzigingen in de condities voordoen, gaat de logistische formule niet meer op en dient men tot simulatie over te gaan. Voor schimmel-epidemieën is de logistische formule niet toepasbaar, ook niet als alle externe condities voor de schimmelgroei optimaal zijn. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van zogenaamde *vertragingen*. Een schimmelspore die landt op een blad is niet onmiddellijk tot reproductie in staat, er is eerst de ontwikkeling van een *schimmelmycelium* en een *vruchtlichaam* nodig, voordat tot *sporulatie* wordt overgegaan.

Deze zogenaamde infectiecyclus heeft tot gevolg, dat anders dan bij gisten, verschillende ontwikkelingsfasen moeten worden onderscheiden en vermenigvuldiging door deling afwezig is.

5. Infectiecyclus

In de *fytopathologie* (leer der plantenziekten) spreekt men van een infectiecyclus, in de *entomologie* (insectenkunde) van een levenscyclus van een schimmel, respectievelijk insect. In het navolgende wordt steeds over schimmels gesproken, hoewel eenzelfde verhaal ook voor insecten kan worden gehouden.

De infectiecyclus van een schimmel begint als de schimmelspore een plant infecteert. Na een bepaalde periode, de *incubatieperiode*, wordt de aantasting zichtbaar op de plant. De tijd die verloopt tussen de infectie en het tijdstip waarop de geïnfecteerde plek, via door de schimmels gevormde vruchtlichamen, zelf sporen voortbrengt noemt men de *latente* periode. Deze nieuw gevormde sporen worden verspreid en kunnen op nog niet geïnfecteerde plantendelen nieuwe infecties veroorzaken. Daarmee is de infectiecyclus gesloten. De periode van sporulatie van de vruchtlichamen is beperkt en wordt de *infectieuze* periode genoemd. De relatieve groeisnelheid van de epidemie (R) is het aantal *dochterinfecties* per sporulerende moederinfectie per tijdseenheid (dag).

Terwille van de eenvoud zullen we ons hier beperken tot de situatie, waarin de latente periode gelijk is aan de incubatieperiode.

Bij veel plantenziekten, bijvoorbeeld de aardappelziekte, graanroesten en appelschurft, treden verscheidene infectiecyclussen per groeiseizoen op, waardoor de uitbreiding van de ziekte, uitgezet op een schaal van weken, aanvankelijk exponentieel is.

Ook bij insecten, de belangrijkste plaag van vele land- en tuinbouwgewassen, kunnen we verschillende levensfasen onderscheiden: ei-larve-pop-volwassene, zodat het enige tijd duurt voor een ei aanleiding geeft tot een nieuwe generatie volwassenen. Bij deze organismen komen ook vaak meerdere generaties per jaar voor, zoals bij luizen, witte vliegen en sommige vlinders. We noemen dit *polyvoltiene-insecten*. Insecten die slechts één generatie per jaar kennen heten *monovoltien*, voorbeelden hiervan zijn de dennespanner, vele roofkevers en verscheidene parasietensoorten. Om weer op de schimmels terug te komen; hier heten de soorten met slechts één generatie of infectiecyclus per jaar *monocyclisch* (vele paddestoelensoorten), en degenen die meerdere cycli per groeiseizoen kennen *polycyclisch*.

6. De groeivergelijking

Om de ontwikkeling van een polycyclische schimmel in de tijd wiskundig te vatten, wordt vaak de zogenaamde van der Plankvergelijking gebruikt. Als eenheid wordt dan niet de spore gehanteerd, maar een oppervlaktemaat, de zogenaamde *infectie* of *lesie*, dit is het minimum oppervlak van een sporulerend vruchtlichaam. De relatieve groeisnelheid wordt in dit geval dus gedefinieerd als het aantal dochterinfecties per moederinfectie per dag.

$$\frac{dx_t}{dt} = R (x_{t-p} - x_{t-i-p}) (1 - x_t)$$

In deze van der Plankvergelijking: x_t = aantal zichtbare infecties op tijdstip t ; R = aantal dochterinfecties per sporulerende moederinfectie per dag; p = lengte van de latente periode en i = de lengte van de infectieuze periode. De vertraging, die wordt veroorzaakt door de ontwikkeling van spore tot sporulerende infectie, komt tot uiting in deze vergelijking evenals de eindigheid van de sporulerende periode of infectieuze periode. Analoog aan de logistische groeivergelijking kunnen we deze vergelijking ook schrijven als:

$$\frac{dN_t}{dt} = R (N_{t-p} - N_{t-i-p}) \left(1 - \frac{N_t}{N_m}\right),$$

waarin N_t = aantal zichtbare infecties op tijdstip t en N_m is het maximum aantal mogelijke infecties. Deze vergelijking gaat weer over in de logistische vergelijking als de latente periode $p \rightarrow 0$ en de infectieuze periode $i \rightarrow \infty$ nadert, want dan

$$N_{t-p} - N_{t-i-p} = N_t.$$

Een analytische oplossing van deze vergelijking is bijna niet meer mogelijk en wordt totaal onmogelijk als de latente periode, de infectieuze periode, de relatieve groeisnelheid en het maximum aantal mogelijke infecties niet constant zijn, maar afhangen van verschillende milieufactoren. Bovendien blijkt in zowel de latente periode als de infectieuze periode een spreiding te be-

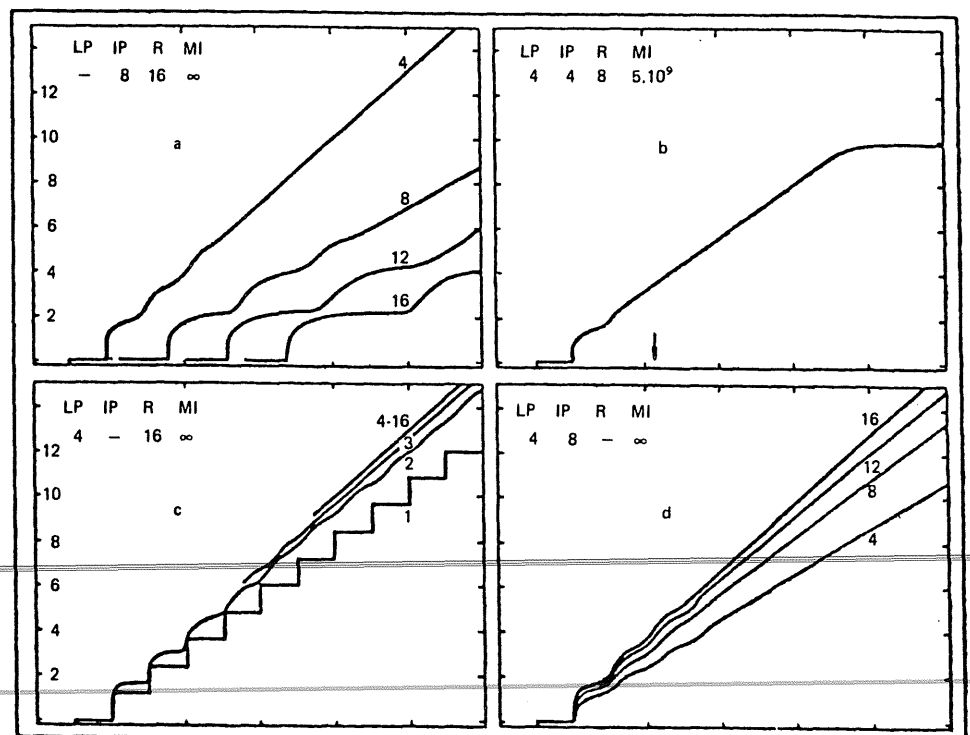
staan voor de verschillende individuele infecties. Dit dient eveneens in rekening te worden gebracht. Dit is mogelijk met behulp van een numeriek simulatiemodel, waarin de afhankelijkheid van de milieufactoren van de verschillende karakteristieke grootheden van de schimmel worden geïntroduceerd.

7. Realistische modellen van epidemieën

Een beschrijving van deze modellen wordt hier wegens ruimtegebrek achterwege gelaten. Volstaan wordt met de mededeling dat elk van de vier karakteristieke grootheden experimenteel zijn bepaald in afhankelijkheid van de omgevingsfactoren. Proeven waarin latente periode, infectieuze periode en relatieve groeisnelheden onder gecontroleerde omstandigheden worden vastgesteld, leveren de gewenste informatie over gemiddelde en spreiding. Deze gegevens worden in het model geïntroduceerd en daarna wordt een *veldstudie* doorgerekend. Voor de berekeningen in het veld is kennis van de initiële hoeveelheid van de schimmel en de condities gewenst. Deze condities betreffen de *conditie* van het gewas, zoals bijvoorbeeld het stikstofgehalte en dergelijke, de *abiotische* omstandigheden zoals temperatuur en vochtigheid en de *conditie* van de bodem waarop de planten groeien.

Simulatie van verschillende epidemieën is mogelijk als de vereiste gegevens worden verschaft. Vergelijking van het gedrag van het model met de ontwikkeling van een epidemie in het veld vindt nu plaats om het model te testen. Indien een model in voldoende onafhankelijke situaties, de ontwikkeling van de epidemie in het veld goed weergeeft, groeit het vertrouwen in het model en kan men met het model experimenteren.

Dit experimenteren met het model (het variëren van invoerrelaties) resulteert in het vaststellen van het relatieve belang van de verschillende grootheden die in het model aanwezig zijn. Zo zien we in afbeelding 2 de gevolgen van het variëren van de lengte van de latente periode en de infectieuze pe-



Afb. 2.
De toename van een epidemie in de tijd.
Verticale as: $^{10}\log$ van het aantal zichtbare infecties. Horizontale as: de tijd:
a) het effect van de lengte van de latente periode (LP); b) het effect van een eindige hoeveelheid mogelijke infecties (MI); c) het effect van de lengte van de infectieuze periode (IP); d) het effect van de dagelijkse vermenigvuldigingsfactor (R).

riode en veranderingen in relatieve groeisnelheid en maximale aantal mogelijke infecties. Er blijkt dat, indien we met polycyclische epidemieën te maken hebben, de latente periode relatief belangrijker is dan de infectieuze periode (vergelijk afbeeldingen 2a en 2c). Wijziging in de relatieve groeisnelheid blijkt eveneens minder gevolgen te hebben voor de epidemie dan wijziging in de latente periode (afbeeldingen 2d en 2a).

Het spreekt vanzelf, dat de gevolgen van deze constatering zijn, dat de aandacht bij het onderzoek wordt gelegd bij die grootheden welke relatief de grootste betekenis hebben voor het verloop van de epidemie. In dit geval is dat dus de latente periode.

Bovenstaande is beschreven voor schimmel epidemieën, maar hetzelfde geldt voor polyvoltiene insecten. Hier doet zich evenwel de complicatie voor, dat deze insecten door natuurlijke vijanden kunnen worden verorberd. Dit betekent dat ook de natuurlijke vijanden in deze modellen moeten worden bijgehouden. Modellen waarin dit geschiedt zijn ontwikkeld voor vele landbouwplagen. Met dit type modellen kunnen de mogelijkheden van de biologische bestrijding van diverse schadeverwekkers worden nagegaan.

In de serie *Wetenschap in beweging 2*, die TELEAC in 1977 uitzond, is een les uitgezonden met als titel 'Insecten bestrijden met insecten'. In deze les werden modellen besproken waarmee de biologische bestrijding van het fruitspint kan worden berekend. Met behulp van deze modellen van het spintmijtencomplex in appelboomgaarden, is het inzicht in dit complex vergroot en zijn recepten ontwikkeld voor toepassing van biologische bestrijding door de praktiserende appelteler.

Ter wille van de eenvoud en om deze les niet te ver uit te spinnen, zullen deze modellen niet in detail worden besproken. Wel zal een voorbeeld van toepassing van modellen bij de praktische gewasbescherming worden behandeld.

8. Toepassing van modellen in de gewasbescherming

De uitgebreide populatiemodellen van schadeverwekkers dienen als instrument bij het verwerven van inzicht en kennis over de systemen. Na de zogenaamde gevoeligheidsanalyses (het variëren van invoerrelaties en het testen van de structuur van het systeem) kan worden aangegeven, op welke wijze de ingewikkelde modellen kunnen worden vereenvoudigd, zonder daarbij de werkelijkheid geweld aan te doen. Deze vereenvoudigingen resulteren in samenvattende modellen, die worden ingezet bij de toepassing van modellen in de praktische gewasbescherming.

Een voorbeeld van deze toepassing vormt het geleide gewasbeschermingssysteem in de tarweteelt: 'EPIPRED' (EPIdemieën PREventie). EPIPRED is een voorlichtings- en onderzoeksproject dat zich richt op begeleiding van de chemische en mogelijk in de toekomst ook biologische bestrijding van ziekten en plagen in granen. Het project wordt uitgevoerd door een aantal vakgroepen van de Landbouwhogeschool in nauwe samenwerking met de Landbouwvoorlichting en het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek. ~~Opdrachtgever en financier van dit project is het Nederlands Graan-Centrum dat zijn gelden ontvangt van de boeren, via een heffing door het Productschap voor Granen, Zaden en Peulvruchten op de geproduceerde gewassen.~~

Het doel van EPIPRED is het ontwikkelen en testen van een begeleidingssysteem voor de bestrijding van ziekten en plagen in wintertarwe. Daarbij

wordt gestreefd naar begeleiding van de gewasbescherming voor elk individueel perceel. Het voordeel van individuele adviezen is dat rekening wordt gehouden met de bijzonderheden van elk perceel, zodat algemene adviezen die niet zijn toegesneden naar de specifieke situatie van het perceel achterwege blijven. EIPRE levert maatwerk in plaats van confectie. Dit is nodig omdat de verschillen in ziekten en plaagsituaties tussen individuele percelen bijzonder groot kunnen zijn. Dit wordt veroorzaakt door grondsoort verschillen, situering van het perceel, micrometeorologische factoren en verschillen in teeltmaatregelen en dergelijke.

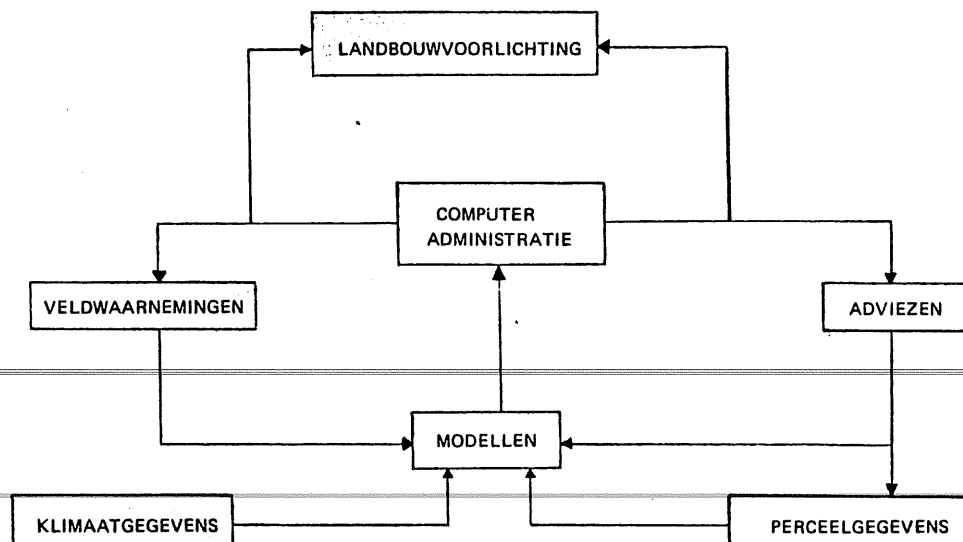
Door deze individuele verschillen, kan de noodzaak tot bestrijding van ziekten en plagen van perceel tot perceel sterk verschillen en het is zaak daarop het bestrijdingsbeleid af te stemmen.

EIPRE heeft tot nu toe drie seizoenen gedraaid en adviseert voor de belangrijkste graanziekten, *gele roest*, *bruine roest* en *meeldauw* en de belangrijkste plagen in granen: *graanluizen*.

Met vereenvoudigde rekenregels (of samenvattende modellen) van de ingewikkelde simulatiemodellen van de plantenziekten en plagen in tarwe, worden voorspellingen over de aantastingen in de toekomst gemaakt. Deze berekeningen worden uitgevoerd met de computer en worden per perceel gedaan, rekening houdend met de specifieke omstandigheden van elk perceel. Daarnaast wordt de computer gebruikt voor de administratie van de gegevens per perceel en de correspondentie met de telers. Zo is het mogelijk om met een *minimum* aan mankracht de telers van advies te dienen.

Het systeem van EIPRE wordt weergegeven in afbeelding 3. Centraal staan de modellen waarmee de toename van de ontwikkeling van de schadeverwekkers in de toekomst wordt berekend. De benodigde gegevens betreffende het weer worden betrokken van het KNMI. Daartoe worden de gegevens van tien meetstations verdeeld over Nederland, dagelijks doorgeseind naar de Wageningse computer. De gegevens betreffende het perceel worden door de teler aan het begin van het groeiseizoen opgegeven en hebben betrekking op grondsoort, voorvrucht, situering, zaaitijdstip, zaaizaad hoeveelheid, ras, bemesting en dergelijke. Teeltmaatregelen die de teler gedurende het groeiseizoen treft worden eveneens doorgeseind, evenals de resultaten van veldwaarnemingen die de teler verricht. Die waarnemingen zijn noodzakelijk omdat met de modellen uitsluitend de ontwikkeling van de ziekten en plagen worden doorgerekend en niet het tijdstip waarop de ziekten en plagen voor het eerst zichtbaar zijn in het perceel. Met behulp van de computerad-

Afb. 3.
Het systeem van EIPRE.



ministratie worden adviezen verstrekt aan de telers en zonodig verzoeken gedaan voor extra waarnemingen.

Deze veldwaarnemingen over het verschijnen van de eerste ziektesymptomen moeten geschieden volgens een vaste methode. De methode is gebaseerd op het tellen van zieke bladeren (gele en bruine roest), of het tellen van ziektevrije bladeren (meeldauw) of het vaststellen van een bezettingspercentage van de halmen (graanluizen). Deze methode is zodanig gestandaardiseerd en vereenvoudigd, dat geen ingewikkelde telprocedure noodzakelijk is en de resultaten toch een betrouwbaar beeld geven van de mate waarin het gewas is aangetast.

De waarnemingen geschieden over de diagonaal van het veld en worden verricht door bij 100 halmen op de diagonaal, de aanwezigheid van ziektesymptomen na te gaan. Voor luizen wordt het bezettingspercentage vastgesteld.

De frequentie van voorkomen van de ziekte en het bezettingspercentage van de halmen wordt gebruikt om een schatting te maken van de ziekte-intensiteit. Dit berust op het ervaringsfeit dat bijvoorbeeld graanluizen, indien de aantallen laag zijn, sterk *geclusterd* in het veld voorkomen en er dan een lineaire relatie blijkt te bestaan tussen de waarschijnlijkheidswaarde van het bezettingspercentage en de logaritme van het gemiddelde aantal luizen per halm. Deze gemiddelde aantallen luizen per halm worden gebruikt als invoer voor de rekenregels, waarmee de aantallen luizen worden doorgerekend.

Deze berekeningen worden aangepast als de weercondities zich wijzigen. Het berekende maximale aantal luizen wordt nu gebruikt om de oogstverliezen als gevolg van de aanwezigheid van de luizen te berekenen. Deze berekeningsmethode is wederom gebaseerd op studies met simulatiemodellen van gewasgroei.

De dusdanig geschatte oogstverliezen worden afgewogen tegen de kosten van een bestrijding en resulteren dan in een advies aan de teler om al dan niet tot bestrijding over te gaan of in een aanbeveling om over een bepaalde tijd nogmaals een waarneming te doen. Deze aanvullende waarnemingen dienen om de modelberekeningen te actualiseren en te controleren.

De teler doet de waarnemingen zelf en moet daarom op de hoogte zijn met de ziektesymptomen. Hij verkrijgt deze kennis door instructiebijeenkomsten gedurende de winter en het voorjaar in het veld. Daarnaast heeft hij de beschikking over een aantal dia's met de ziektesymptomen en een dia-viewer die in het veld kan worden gehanteerd.

9. Resultaten van het EPIPARE-programma

Tot nu toe is het aantal deelnemers aan EPIPARE sterk gegroeid. In het groeiseizoen 1980 deden er zo'n 520 tarwetelers mee met 840 percelen. In de komende jaren zal het aantal deelnemers ongetwijfeld verder toenemen, gezien het enthousiasme van de huidige deelnemers. De adviezen kunnen nog wel enigszins worden verbeterd, vooral op het punt van de vooruitberekening van de te verwachten oogstderving, en dit vindt plaats door een combinatie van experimenteel onderzoek en simulatie van de *gewas-patho-geen* relatie.

Toch zijn de resultaten nu al hoopgevend. In het seizoen 1980 werd door de deelnemers aan het EPIPARE systematisch minder gespoten tegen ziekten en plagen dan door de andere boeren. De opbrengsten in kg/ha waren niet minder en dus zijn de netto opbrengsten door de minder hoge kosten hoger dan bij de boeren die niet aan EPIPARE deelnamen.

Tabel 1.

De gemiddelde kosten van bestrijding in EIPRE percelen in kg/ha, onderscheiden naar behandeld volgens EIPRE-advies en afwijkend behandeld.

Kosten	EIPRE-advies	afwijkend	gemiddeld
Middelen	102	258	158
Arbeid	32	63	51
Rijspoor	86	151	126
Totaal	220	472	375
Aantal bespuitingen	0,8	1,6	1,6

Een indruk van deze kosten wordt gegeven in Tabel 1. Daar worden de verschillende kosten-posten opgevoerd. Zo kost een bespuiting niet alleen geld voor het middel, maar moet ook de arbeid voor het uitvoeren van de bespuiting in rekening worden gebracht en moet de schade die aan het gewas wordt aangebracht door daar met een tractor met een spuit doorheen te rijden in klinkende munt worden uitgedrukt. Volgens EIPRE hadden er dit jaar gemiddeld 0.8 bespuitingen per perceel moeten worden uitgevoerd. Daarbij dient te worden opgemerkt dat dit van perceel tot perceel sterk verschilt en dat er als gevolg van de bijzonder lage ziektedruk dit jaar, geen noodzaak was om tot bespuiting over te gaan. In de praktijk is het aantal bespuitingen gemiddeld over het land waarschijnlijk het dubbele geweest. De nadelige gevolgen van dit te veel, zijn voor de boer te hoge kosten en, voor het milieu te hoge belasting met *pesticiden*. Daarom lijkt het gerechtvaardigd aan projecten, als EIPRE, die gebruikmakend van kennis en inzicht in de populatiedynamica van de schadeverwekkers en de gevolgen van de aanwezigheid van deze schadeverwekkers voor de oogstverliezen adviseert over bespuitingen, meer aandacht te schenken.

Op deze wijze leveren wiskundige modellen een goede bijdrage aan een verantwoorde productie van voedsel en een relatief schoon milieu.

10. Literatuur

- Rabbinge, R., *Biological Control of Fruit-tree Red Spider Mite* (1976), PUDOC, Wageningen.
- Rijdsijk, F.H., 'De groei van een epidemie in de tijd', *Landbouwkundig Tijdschrift*, 8a (1978), pp. 288-292.
- Rijdsijk, F.H. *et al.*, *Praktijkverslag EIPRE 1980*. Nederlands Graancentrum, Laboratorium voor Fytopathologie, Wageningen.