

R. RABBINGE

toepassing van modellen in de gewasbescherming

13

Gewasbescherming wordt meer en meer een wetenschap die zich bezighoudt met het plannen, ontwikkelen en introduceren van verantwoorde bestrijdingsschema's en technieken. De moderne gewasbescherming kan daarbij alleen effectief en zinvol zijn, als kennis afkomstig uit verschillende wetenschapsgebieden, wordt geïntegreerd. Dit betekent dat men niet kan volstaan met alleen naar de plaag- en ziektenveroorzakers te kijken, maar dat het hele gewassysteem in ogenschouw moet worden genomen. Dit laatste impliceert een gezamenlijke aanpak van het onderzoek, de voorlichting en de telers.

Op sommige plaatsen in de Verenigde Staten van Amerika heeft men een dergelijke interdisciplinaire samenwerking van entomologen, fytopathologen, plantefysiologen, landbouwkundigen en voorlichters tot stand weten te brengen. Het uitgebreide gebruik dat deze groepen maken van computer-simulatieprogramma's en de wijze waarop het voorlichtingssysteem is georganiseerd zal hier in het kort worden besproken.

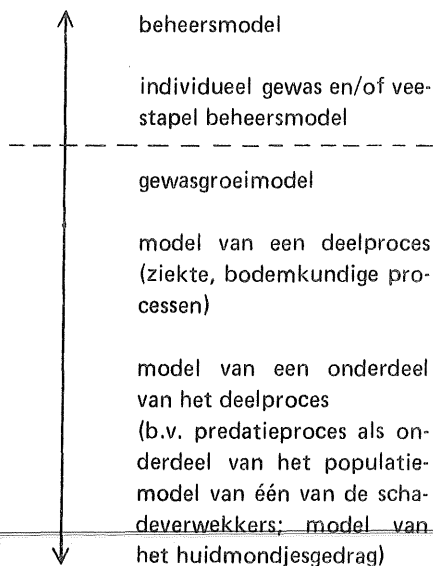
Ook in Nederland bestaan dergelijke samenwerkingsverbanden, alleen wordt de inschakeling van grote informatieverwerkende systemen hier zoveel mogelijk vermeden. De visie op het gebruik van systeemanalyse en simulatie lijkt verschillend van de Amerikaanse. Desondanks wordt de benutting van modellen ter verbetering van het bestaande gewasbeschermingssysteem niet nagelaten.

de hiërarchische benadering

Bij de bespreking van complexe systemen is het nuttig de verschillende niveaus waarop werk wordt verricht, te onderscheiden. In figuur 13.1 is dit in een schema weergegeven. Bovenaan staat het beheersmodel waarin economische factoren een hoofdrol spelen. Dit type model komt volgens het schema van Elzas (artikel 01) terecht in de grijze tot zwarte kant van de schaal van volledig bekende tot volledig onbekende systemen (fig. 01.5). Onder deze beheersmodellen staan de productiesystemen van het individuele gewas en van de levende have. Ook op dit niveau spelen economische factoren nog een belangrijke rol. Daaronder bevinden zich de modellen van gewassystemen opgebouwd uit verschillende componenten. De componenten voor ziekten en plagen worden gekoppeld aan het plantengroei-model van een andere component door bepaling van het verbruik van assimilaten en reserves door de schadeverwekkers; omgekeerd wordt de invloed van de plant bepaald op karakteristieke snelheden bij de schadeverwekkers, zoals

HIERARCHISCHE BENADERING

economisch

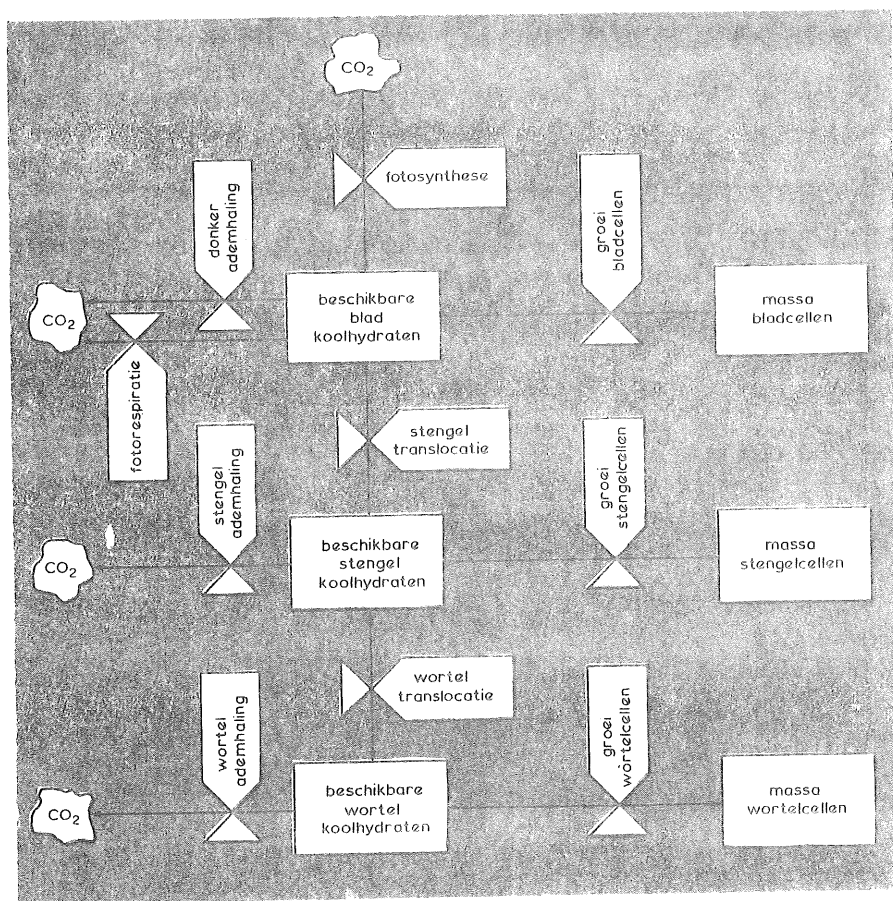


technisch

13.1 Hiërarchische organisatie van modellen in gebruik in de landbouw (1).

ontwikkelings- en reproductiesnelheden. Ieder van de componenten kan vanzelfsprekend weer uit subcomponenten zijn opgebouwd, zoals in de artikelen 12 en 08 is aangegeven voor het fruitspint-model en het plantengroei-model.

Een voorbeeld van combinatie van wasgroei-model en populatiemodel van een schadeverwekker wordt verschaft door de koppeling van een vereenvoudigd model voor een luizenpopulatie aan een vereenvoudigd gewasgroei-model. In artikel 08, De Wit, werd de constructie van een gewasgroei-simulator beschreven. De groeisnelheden van spruit, respectievelijk wortel worden bepaald door de hoeveelheid reserves, de spruit-wortelverhouding en het relatief watergehalte van de plant (fig. 08.6). De laatste variabele is bepalend voor de functionele balans van spruit- en wortelgroei. Als luizengroei in rekening moet worden gebracht, kunnen we ervan uitgaan dat deze net als spruit en wortel uit de reserves putten. Immers, luizen pompen hun voedsel rechtstreeks uit het floëemvatenstelsel en nemen niet zoals bijvoorbeeld bladrandkevers, fotosyntheti-



13.2 Relatiediagram voor de groei van de luzerneplant (1).

serend bladmateriaal weg of bedekken fotosynthetiserend weefsel met een licht ondoorlatend laagje zoals dit zich voordoet bij schimmels. De formulering voor de luizenzuignelheid is erg eenvoudig op te nemen in de integraal voor reserves, in CSMP.

waarin BF is de bruto-fotosynthese die op basis van de inkomende totale globale straling uit een tabel kan worden afgelezen. Hierbij is aangenomen dat de potentiële bruto-fotosynthese wordt gereduceerd met een factor $(1 - \exp(-0.6 \times LAI))$, welke de exponentiële uitdoving van het licht in het gewas en dus ook lichtopvang uitgedrukt. RESP is de respiratiesnelheid.

Bovenstaande formulering geldt voor een in de phloëinvaten zuigend insect; voor het geval we met een bladend insect te maken hebben, kan het model eenvoudig worden gewijzigd en de vraag

$$RES = INTGRL(IRES, NFOT - RCRS \times RES - APHI)$$

$$APHI = APHID \times CONSR$$

waarin CONSR = de zuignelheid per luis in kg suikers per oppervlakte per tijd
 APHID = het aantal luizen per oppervlakte-eenheid
 NFOT = netto-fotosynthesesnelheid van het gewas
 RCFR = de relatieve consumptiesnelheid van de reserves

In deze vereenvoudigde situatie kan NFOT worden berekend met:

$$NFOT = BF \times (1 - \exp(-0.6 \times LAI)) - RESP$$

gaat nu rechtstreeks ten koste van het bladmateriaal.

Het voorgaande maakt duidelijk dat combinatiemodellen op betrekkelijk eenvoudige wijze te construeren zijn. Ter wille van de eenvoud is het secundair effect van de luis op de plant, de honingdauwproductie, niet behandeld en is de beïnvloeding van de luizengroei-snelheden door de plant niet besproken. In de modellen van deelprocessen is een veel verdere detaillering aanwezig. Op basis van berekeningen (gevoelheidsanalyses) met deze modellen van deelprocessen of onderdelen van het systeem wordt gepoogd eenvoudige relaties op te stellen die in het hiërarchisch hogere gewasgroei-model zoals aangegeven, kunnen worden benut. Deze hiërarchische benadering is kenmerkend voor het vak systeemanalyse en voor de simulatie van complexe levende systemen. De overgang naar de economische modellen is moeilijk en maakt het hier gepresenteerde systeem kwetsbaar.

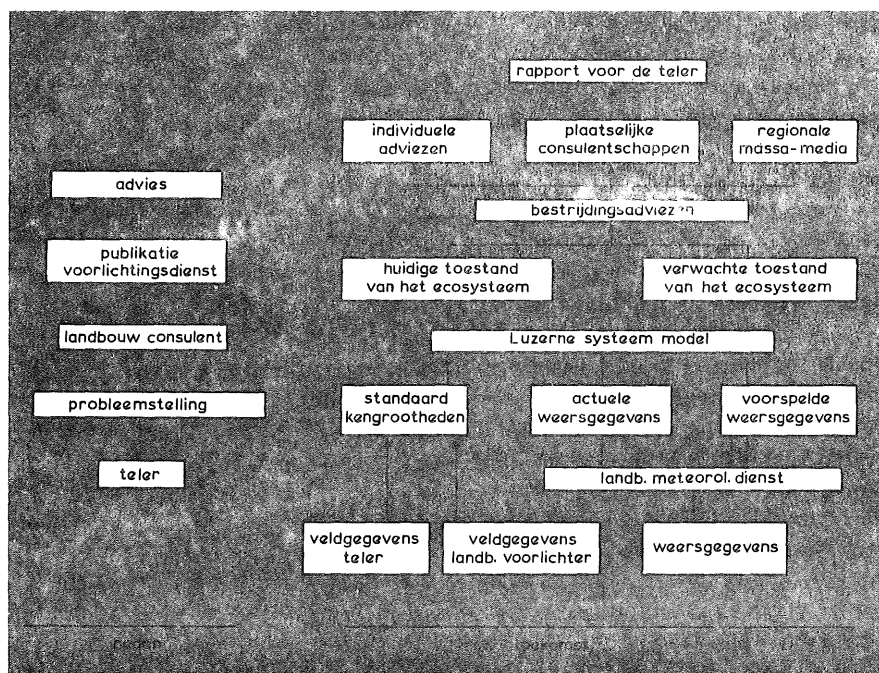
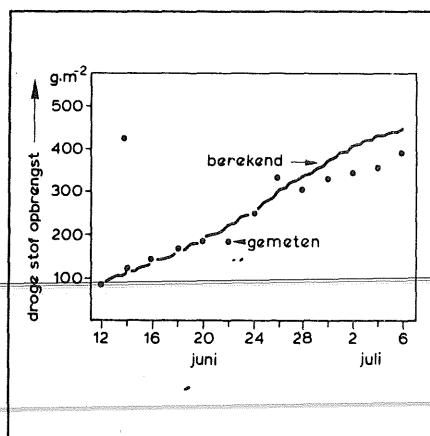
de Amerikaanse aanpak van de gewasbescherming

In de VS is men al vele jaren bezig systemen van gewasbescherming in verschillende gewassen te ontwikkelen, waarbij gebruik gemaakt wordt van modellen. Zo is voor de luzerneteeft een gecombineerd gewasgroei- en plaagmodel ontwikkeld. Onderdelen van het systeem waren in eerste instantie een model voor de gewasgroei van de luzerne en één voor de populatiegroei van de luzernesnuitkever. In figuur 13.2 is een vereenvoudigd schema van deze plantengroei-simulator gegeven. Evenals in de modellen van artikel 08 wordt hier de hoeveelheid van de verschillende samenstellende elementen van de plant bijgehouden. De mate van detaillering in dit gewasgroei-model is minder vergaand dan het model dat gepresenteerd is in artikel 08. Voor het doel van de Amerikaanse groep van onderzoekers was het kennelijk toereikend. De overeenstemming tussen de uitkomsten van de gewasgroei-simulator en de experimenten is redelijk (fig. 13.3); alleen aan het eind van het seizoen overschat de simulator de werkelijke opbrengst.

In het populatiemodel voor de luzerne

snuitkever is de temperatuur, evenals in de modellen voor fruitspint van artikel 12, de belangrijkste sturende variabele. Het model is in feite niet veel meer dan het bijhouden van de fysiologische leeftijd van het insect (artikel 05), op grond waarvan uitspraken over verschijning en vlucht kunnen worden gedaan. Uitspraken over de dichtheid van de populatie in verschillende leeftijdsklassen zijn gebaseerd op bemonstering te veld op een vroeg tijdstip en op basis daarvan berekeningen met het populatiemodel. De uitspraken over de dichtheden worden vervolgens in het gewasmodel benut. Met het gewasmodel dienen voorspellingen te worden gedaan over wel of niet ingrijpen met bestrijdingsmiddelen. Deze uitspraak dient te worden gedaan per veld en vergt daarom een uitgebreide organisatie van de informatiegaring en de voorlichting (fig. 13.4). In het rechter deel van figuur 13.4 is het toekomstige gewasbeschermingssysteem, waarvan inmiddels een groot deel verwezenlijkt is, gegeven. Het voorgestelde systeem is een combinatie van geautomatiseerde processen en intensieve waarnemingen. Wat betreft het insect zijn de enige invoergegevens de waarnemingen van inspectie-entomologen, die de basisgegevens over de insecten vergaren op daartoe aangewezen locaties gedurende de periode voorafgaande aan de eerste snede van de luzerne. Door goede training en voldoende begeleiding kunnen deze waarnemingen worden uitgebreid met de tellingen van de individuele teler.

13.3 Gesimuleerde en gemeten drogestofproductie voor de tweedejaarsgroei van luzerne (1).



13.4 Gewasbeschermingssysteem in heden en toekomst (1).

De weersgegevens worden verzameld van een aantal lokale en regionale waarnemingsstations en op een data file geplaatst. Met behulp van deze gegevens worden dagelijks de veranderingen in gewasstoestand en populatie-opbouw (leeftijdssamenstelling; larven, poppen, adulten) berekend. Daarnaast worden met behulp van deze weersgegevens, onder gebruikmaking van synoptisch-meteorologische modellen, korte-termijnvoorspellingen over het weertype voor de komende periode gedaan. Met behulp van deze voorspellingen worden de gewasgroe- en populatiemodellen weer gevoed, om te berekenen wanneer men hoge dichtheden van de schadelijke stadia van de snuitkever kan verwachten. De grote lokale verschillen maken berekeningen per regio noodzakelijk; waarschuwingen voor een groot gebied kunnen niet worden opgesteld. Bestrijdingsadviezen hebben daardoor alleen waarde voor de desbetreffende regio. Op het ogenblik draait het hier geschetste systeem van gewasbescherming op verschillende plaatsen in de Verenigde Staten. Analoge gewasbeschermings-

systeemen worden voor andere gewassen ontwikkeld. Zo is er al voortgang geboekt met een dergelijk waarschuwingssysteem in de appelteelt in Michigan; een vergelijkbaar systeem van gewasbescherming bestaat voor de graanbladkever *Oulema melanopus* in de staat Michigan.

computerfaciliteiten en uitrusting voor deze waarschuwingssystemen

De hulpapparatuur die voor het hier beschreven systeem vereist is, blijkt nogal omvangrijk.

Per regio worden gegevens verzameld die op de plaatselijke voorlichtingskantoren via een terminal in de computer worden gebracht. Voor directe adviezen kunnen volstaan met een aantal standaardrecepten die de teler of de voorlichtingsambtenaar worden aangereikt door de computer. Voorspellingen gebaseerd op de berekende toekomstige weersveranderingen worden vastgesteld met behulp van de gewasgroeimodellen en de populatiemodellen; de voorspellingen verschijnen in de vorm van adviezen rechtstreeks op de terminal van het plaatselijke kantoor.

De kosten aan een dergelijk geavanceerd systeem verbonden zijn aanzienlijk en alleen acceptabel als ze opwegen tegen de baten van oogstverbetering of oogstvermeerdering.

discussie

De ontwikkeling van boven beschreven geavanceerde gewasbeschermingssysteemen heeft tot nu toe alleen plaatsgevonden in de VS. Het is de vraag of Nederland met zijn geringe regionale weersverschillen, zijn kleinschaligheid en zijn uitgebreide voorlichtingsdienst ook dergelijke systemen moet ontwikkelen. Verdient deze benadering de voorkeur, of kan in Nederland worden volstaan met het, door de werkgemeenschap van geïntegreerde bestrijding van plagen te ontwikkelen, receptenboek dat voor iedere plaag in ieder gewas de waarnemingsprocedure, de schadedrempels gedurende het seizoen en de bestrijdingsadviezen verschaft. Wellicht ligt hier de oplossing in het midden en kan de systeemanalyse en simulatie ten nutte worden gemaakt voor de berekening van de schadedrempels en de ontwikkeling van de recepten. Een eerste poging in deze richting van het gebruik van computersimulatiemodellen in de gewasbescherming in Ne-

derland kan men vinden in de graanteelt. Hier zijn modellen aanwezig voor de gewasgroei van tarwe, de populatieontwikkeling van bladluizen in relatie tot de waardplant en de natuurlijke vijanden en voor de ontwikkeling van schimmelepidemieën. Berekeningen met deze modellen tonen aan, dat gegeven de initiële condities redelijke voorspellingen voor een middenlange termijn (2-3 weken) kunnen worden gemaakt, zowel voor het luizenpopulatie-verloop als de gele-roestepidemieën. Vereenvoudigde modellen van de gewasgroei worden nu gecombineerd met deze populatiemodellen om de wederzijdse invloeden na te gaan.

In samenwerking met de voorlichtingsdienst wordt nu gewerkt aan een uitgebreid systeem van waarnemingen te veld in combinatie met daarop gebaseerde computervoorspellingen over gele roestepidemieën (2). De gevolgen van de aanwezigheid van deze schadelijke organismen op de kwalitatieve en

kwantitatieve samenstelling van de oogst worden berekend met een vereenvoudigd gewasgroeimodel.

Eventueel te verwachten oogstverliezen kunnen dan worden doorgerekend en daarmee worden afgewogen tegen de kosten van een ingreep. Kosten- en batenanalyse is dan mogelijk en maakt daarmee de weg open voor een zuinig gebruik van de middelen en een verantwoord gewasbeschermingssysteem. De ontwikkeling van een uitgebreid, door de computer ondersteund gewasbeschermingssysteem lijkt hiervoor evenwel overbodig.

literatuur

1. Giese, R. L., Huber, R. T. & Peart, R. M.: Real-Time Forecasting Techniques in Pest Management. Proc. North Central Branch - ESA (1974) Vol. 29.
2. Zadoks, J. C. Waarschuwingssystemen tegen gele roest in ontwikkeling. Landbouwhogeschool zet computer in tegen tarwevijand nummer één. *Boer en Tuinder* 22 sept. 1977.