

Geleide bestrijding van ziekten en plagen met behulp van de computer

R. RABBINGE

Afdeling Theoretische Teeltkunde, Landbouwhogeschool, Wageningen

Plaa- en ziektebestrijding

Het zich bewust worden van de schadelijke effecten van sommige ziekten en plagen heeft de mens er al heel vroeg toegebracht zijn gewassen nauwgezet te bekijken op aanwezigheid van schadeverwekkers. De vroegere Egyptenaren ontwikkelden waarnemingssystemen voor sprinkhanen, om de telers vroegtijdig te waarschuwen voor de komst van deze dieren. Methoden om aantasting van de gewassen te voorkomen waren in die tijd vooral van mechanische aard. Via het afschrikken en het dooddrukken van sprinkhanen was men in staat de schade enigszins te beperken. Door de ontwikkeling van betere waarnemingstechnieken en meer kennis van bestrijdingsmogelijkheden is men nu in staat sprinkhanen in een eerdere fase onder controle te krijgen. Desondanks zijn ook de onbetrouwbare methoden van vroeger in sommige gevallen nog steeds de enige wapens tegen vele ziekten en plagen. Sedert de ontwikkeling en toepassing van chemische bestrijdingsmiddelen is men zich meer en meer op deze laatste hulpmiddelen gaan verlaten en is de belangstelling voor de traditionele bestrijdingsmethoden verdwenen.

Het is eigenlijk nog maar kort geleden dat geleide bestrijding van ziekten en plagen een geaccepteerde term voor toegepaste entomologen en fytopathologen is geworden. Dit is veroorzaakt door een omwenteling in het denken over gewasbescherming. De eenzijdige en weinig doordachte opvatting dat de beste gewasbescherming een totale uitroeiing van ziekteverwekkers en plaagorganismen inhoudt, heeft plaats gemaakt voor het inzicht dat een geleide bestrijding en een geïntegreerde aanpak met biologische, chemische en andere bestrijdingsmethoden vereist is. Hierbij wordt een zekere mate van aantasting geaccepteerd. De oorzaak voor deze omwenteling in het denken van de na-oorlogse entomoloog en fytopatholoog is vooral gelegen in de nadelige effecten van de chemische bestrijding. Zo kunnen genoemd worden: de ontwikkeling van resistentie tegen bestrijdingsmiddelen, de reactie van bestreden insecten door opbloei van populaties in hogere dichtheden, het uitbreken van zgn. secundaire plagen, vermindering van de aantallen van nuttige natuurlijke elementen en het effect van de chemische middelen op andere dieren en op de mens. Al deze effecten, samen met de toegenomen kennis van ziekte- en plaagverwekkers betreffende hun epidemiologie, hun natuurlijke vijanden en hun relaties met de waardplant, hebben de ontwikkeling van geleide en geïntegreerde bestrijding mogelijk gemaakt. Deze systemen van geïntegreerde gewasbescherming hebben tot doel de nadelige effecten van ziekte- en plaagbestrijding te verminderen.

Er zijn op dit moment slechts een beperkt aantal voorbeelden van goed werkende geïntegreerde bestrijdingssystemen. Een van de oorzaken hiervan is dat de vereiste technische en wetenschappelijke kennis vaak ontoereikend is en het opleidingsniveau van de telers niet voldoende is. Er bestaat een kloof tussen enerzijds de onderzoekers, die in laboratoria en experimentele velden van geringe omvang met inzet van veel tijd, arbeid en energie

nieuwe geavanceerde bestrijdingssystemen ontwikkelen, en anderzijds de praktijk van een zwaar bezette teler, die veel meer aan zijn hoofd heeft. Dit maakt het perspectief voor de introductie van deze systemen gering. Te vaak wordt door onderzoekers de aanwezigheid van deze kloof ontkend of simpelweg niet gerealiseerd. De adviesrol die zij zouden moeten ver-

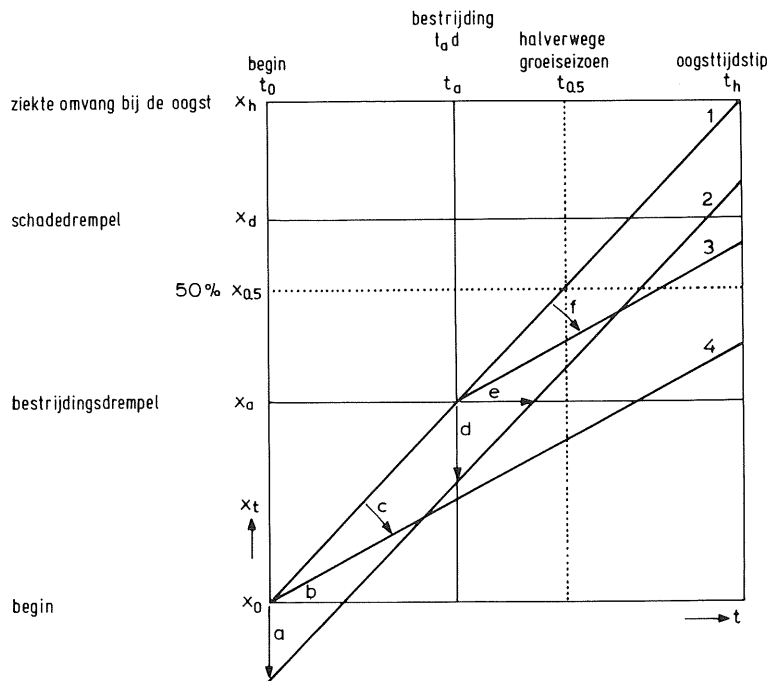


Fig. 1. Een model waarmee de effecten van verschillende ziektebestrijdingsactiviteiten kunnen worden gedemonstreerd (Zadoks & Schein, 1979)

Horizontaal: t tijd.
Verticaal : x_t ziektegraad.

- Ingangen: 1. oorspronkelijke ziekte-ontwikkelingscurve.
2. zelfde, na reductie van beginpopulatie.
3. verandering van de groeisnelheid van de ziekte-aantasting op het bestrijdingstijdstip.
4. verandering van de groeisnelheid aan het begin van het seizoen door activiteit c.

Mogelijke activiteiten: a) sanitaire maatregelen, b) verandering zaaitijd, c) gedeeltelijke resistentie, d) behandeling met volledig dodende pesticide, e) behandeling met bescherming biedend pesticide, f) volwassen plant resistentie.

vullen wordt overgenomen door propagandisten van de eenvoudige, maar verouderde doctrine, dat een gewas schoon en vlekkeloos moet zijn. De daartoe vereiste inzet van bestrijdingsmiddelen geschiedt dan vaak, en nog steeds, volgens de kalender. Om dit te veranderen is tijdovend voorlichtingswerk vereist en verder ook onderzoek, gericht op toepassing door de gebruiker.

Toepassing van geleide bestrijding vindt meestal plaats voor één ziekte of plaag (bijvoorbeeld aardappelziekte in de westerse wereld, of sprinkhanen in Afrika) terwijl een

totaal pakket voor alle in het betreffende gewas voorkomende ziekten en plagen wenselijk zou zijn.

Voor de bestrijding van iedere ziekte en plaag zijn geschikte methoden nodig en vaak aanwezig, maar aler tot bestrijding over te gaan, is in alle gevallen kennis nodig van de omvang van de populatiedichtheid van de schadeverwekker in het begin van het seizoen en van de snelheid waarmee deze zich zal ontwikkelen. Dit is afhankelijk van de biotische en abiotische omstandigheden. Voor epidemieën die zich in alle gevallen explosief zullen ontwikkelen hebben Zadoks en Schein (1979) de verschillende wijzen waarop bestrijding kan plaatsvinden samengevat in één figuur (Fig. 1). Zij onderscheiden a) sanitaire maatregelen b) verandering van zaai- of planttijdscip c) gedeeltelijke resistentie d) behandeling met volledig dodende bestrijdingsmiddelen e) behandeling met een bescherming biedend bestrijdingsmiddel en f) volwassen-plant resistentie.

Dezelfde figuur kan ook worden gebruikt als er sprake is van de bestrijding van insecten welke op geen enkele wijze via natuurlijke vijanden in hun populatieontwikkeling worden gestoord. Deze gevallen treden op als de natuurlijke vijanden door een bespuiting worden gedood, bijvoorbeeld carbaryl als vruchtdunningsmiddel in de fruitteelt.

Schadeniveau's, actiedrempels

In dit artikel wordt uitgegaan van de definitie dat de schadedrempel dat niveau van de aantasting is, waarbij economische schade zal gaan optreden die opweegt tegen de kosten van een kunstmatige activiteit om de ontwikkeling van de aantasting naar dit niveau te voorkomen. Dit houdt in dat wordt verondersteld dat kennis over de snelheid waarmee de plaagverwekker zich zal ontwikkelen en kennis betreffende de tijd die het duurt voor een activiteit van de teler enige uitwerking heeft, bekend is. Kennis van de zogenaamde bestrijdingsdrempel, dus het niveau waarbij de beslissing tot ingrijpen wordt genomen, is daarom een eerste vereiste voor ieder geleid bestrijdingssysteem.

Van gewas tot gewas is het zeer verschillend wanneer tot ingrijpen wordt besloten, zo is voor fruitspint en kasspint in boomgaarden een relatief hoge populatiedichtheid acceptabel, maar is de schadedrempel voor hetzelfde kasspint bij rozen in kassen aanmerkelijk lager. Dit laatste criterium heeft in de ogen van velen in siergewassen absurde vormen aangenomen, maar dat neemt niet weg dat een teler zich eraan heeft te houden als hij zijn produktie rendabel wil houden. In die gevallen zijn frequente intensieve waarnemingen nodig om de komst van de schadeverwekkers in een vroege fase te signaleren.

Adviezen per perceel, maatwerk versus confectie

Menig voorlichter en ziektespecialist heeft ervaren dat individuele verschillen tussen bedrijven en plaatselijke en regionale verschillen dusdanig groot kunnen zijn dat een bestrijdingsadvies voor een hele regio of een groep van bedrijven onmogelijk is. Voor ieder perceel kan de ziektesituatie zodanig afwijken van de landelijke of regionale situatie dat het advies anders moet zijn. De gewasbescherming heeft behoefte aan maatwerk in plaats van confectiepakken. De toenemende intensiteit van onze tuin- en akkerbouw, wat betreft zaaidichtheid, bemesting, bodembewerking en daarmee de hoogte van de produktie per oppervlakte-eenheid heeft deze behoefte alleen nog maar versterkt.

Intensievere begeleiding van individuele percelen lijkt in strijd met de afname van de beschikbare tijd van de teler voor dit werk. Het lijkt daarom nodig te zoeken naar methoden waardoor tegemoet gekomen wordt aan de eis enerzijds van perceelsgewijs beheer, en anderzijds van niet te grote inzet van arbeid.

Het lijkt dat hier computersystemen een rol kunnen spelen. In de eerste plaats kan de informatie van het individuele perceel betreffende grondsoort, ligging, uitgevoerde werkzaamheden, gewassituatie en ziekte- en plaagsituatie worden opgeslagen in een geheugen. Deze informatie is dan direct beschikbaar voor het onderbouwen en verbeteren van de adviezen. In de tweede plaats kunnen computers worden gebruikt om door middel van simulatiemodellen de te verwachten populatieontwikkeling van de schadeverwekker te berekenen en de daarmee gepaard gaande schade te voorspellen. Op grond van deze simulaties kan dan worden besloten of ingrijpen, hoe en wanneer, noodzakelijk is.

Veelal kunnen de simulatiemodellen worden gebruikt om beslisregels of bestrijdingstabellen te ontwikkelen. Deze bestrijdingstabellen en/of beslisregels hebben een dynamisch karakter. Afhankelijk van gewasontwikkelingsdatum, dichtheid en samenstelling van de populatie van de schadeverwekker en de toestand van het gewas kan dan worden overgegaan tot bestrijdingsmaatregelen. Aan beide aspecten van het gebruik van de computer zullen we nu aandacht besteden aan de hand van een aantal voorbeelden.

In Californië kent men het systeem van muggenbestrijding en sprinkhanenbestrijding waarbij de centrale coördinatie van de gegevens, die door de verschillende waarnemers zijn verzameld, wordt gebruikt om aan te geven waar en wanneer maatregelen moeten worden genomen.

Als de grassen op de flanken van de Sierra Nevada afsterven, neemt het gevaar van migratie van sprinkhanen toe en lopen de geïrrigeerde akkers in de San Joaquin vallei een groot risico. Al een dertigtal jaren geleden werd dit gevaar onderkend en is een waarschuwingssysteem ontwikkeld. Gedurende de laatste jaren is het systeem verfijnd en wordt met behulp van computerberekeningen vastgesteld wanneer de migratie omvangrijk gaat worden en de geïrrigeerde velden worden bedreigd. Het aantal waarnemingen is door dit systeem verminderd en de advisering is verbeterd.

Een ander voorbeeld, waarbij beide aspecten van het computergebruik aan de orde komen, betreft geïntegreerde bestrijding in appelboomgaarden. Net als in Nederland heeft in de Verenigde Staten de ontwikkeling van geïntegreerde bestrijdingssystemen in dit gewas veel aandacht gekregen. In de staat Michigan hebben Croft en zijn collega's daaraan gewerkt en hebben daarbij het gebruik van databanken en computersimulatiemodellen geïntroduceerd (Croft et al., 1976). Deze simulatiemodellen zijn ontwikkeld voor het fruitspint (*Panonychus ulmi*), de roofmijt (*Amblyseius finlandicus*) en voor het fruitmotje (*Laspeyresia pomonella*). De simulatiemodellen spelen bij de eigenlijke advisering nauwelijks een rol; ze werden gebruikt om het inzicht in het systeem te vergroten en liggen ten grondslag aan de beslisregels die nu worden gebruikt bij de advisering van de telers.

De basis van het geïntegreerde bestrijdingssysteem in de Amerikaanse appelteelt bestaat uit:

1. een intensief waarnemingssysteem voor de verschillende schadeverwekkers waarbij verschillende hulpmiddelen worden benut, zoals zuigvallen, vanglampen, sexevallen.

2. een uitgebreid systeem van waarnemingen over de weerssituatie die centraal worden opgeslagen, zodat de gegevens betreffende temperatuur, vocht en windsnelheid op elk gewenst moment voor iedere plaats kunnen worden opgeroepen,
3. simulatiemodellen die kunnen worden gebruikt om met behulp van de weersgegevens voorstellingen te geven over de plaagontwikkeling,
4. een databank waarin weersgegevens, waarnemingen en computersimulaties worden opgeslagen en die wanneer de biotische of abiotische omstandigheden zich wijzigen onmiddellijk kan worden benut voor het bijstellen van de bestrijdingsadviezen.

Om deze adviezen ter plekke te verkrijgen zijn uitgebreide communicatiesystemen ontwikkeld. Als het regionale advies zijn kan met de traditionele middelen van advertenties in de landbouwpers of radioberichten worden volstaan. Betreft het een plaatselijk of soms zelfs een perceeladvies dan moet met andere hulpmiddelen worden gewerkt. Computerterminals bij de regionale voorlichters worden dan als communicatiemedium gebruikt. Het advies wordt overgeseind en deze informatie wordt doorgegeven aan de teler. Vooral op het terrein van de communicatie wordt in het veel grootschaliger Amerika nu veel werk verricht en wordt tesamen met de computer- en telecommunicatieindustrie gewerkt aan gebundelde deconcentratie. De uitvoering van de waarnemings- en bemonsteringsactiviteiten geschiedt in eerste instantie door de telers zelf, daarbij ondersteund door een aantal goed getrainde waarnemings-teams die de beschikking hebben over een auto voorzien van een computerterminal, zodat de vergaarde informatie onmiddellijk kan worden opgenomen in de centrale databank. Op sommige plaatsen kent men ook systemen, vaak minder geautomatiseerd, waarbij de intensieve waarnemingen worden verricht door tijdelijk aangestelde en goed gefinstrueerde medewerkers, veelal huisvrouwen.

In de staten Maryland, Kansas en Illinois kent men dergelijke systemen in de sojateelt en de maisteelt, waarbij iedere waarnemer ongeveer 20 bedrijven of \pm 1000 ha bedient.

Behalve voor spint en fruitmot in appelboomgaarden kent men in Michigan ook een waarschuwingssysteem in tarwe voor het graanhaantje *Oulema melanopus*. De weerstations zijn zodanig gelokaliseerd dat ze voor beide gewassen de benodigde informatie bij elkaar brengen. De waarschuwingssystemen in Michigan maken geen gebruik van gedetailleerde gewasmodellen om de te verwachten schade te berekenen. Men werkt met schadedrempels die per gewasontwikkelingsstadium kunnen variëren en gebaseerd zijn op veld- en laboratoriumproeven.

In Illinois en New York heeft men voor luzerne een systeem dat gebruik maakt van simulatiemodellen en een centrale databank. In Figuur 2 is dit systeem in schema weergegeven en wordt vergeleken met een systeem van advisering zoals dat via de huidige voorlichtingsdienst geschiedt.

Deze advisering is gebaseerd op de uitkomsten van combinatie modellen van gewasgroei en populatiedynamica van de luzerne-snuitkever. De groei van de luzerneplant wordt gesimuleerd met een betrekkelijk eenvoudige gewasgroeimodel. Vorming van organisch materiaal vindt plaats door fotosynthese, waarna via transport naar de andere plantedelen, stengel en wortel gaan groeien. Het model rekent met tijdstappen van een dag en is ondanks z'n eenvoud kennelijk voor het doel toereikend.

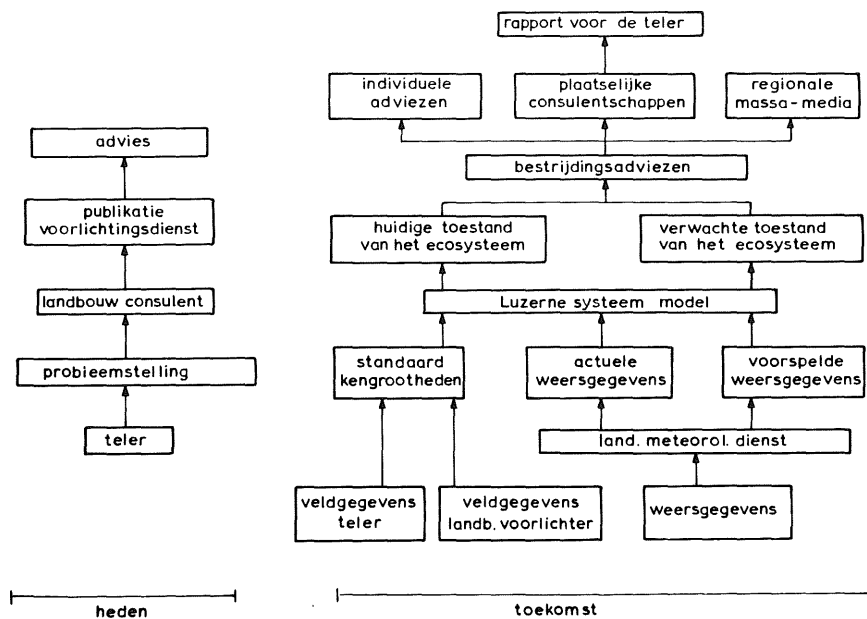


Fig. 2. Gewasbeschermingssysteem in heden en toekomst.

In het populatiemodel voor de luzerne-snuitkever is evenals in de fruitspint-modellen de temperatuur de belangrijkste sturende variabele. Het model doet in feite niet meer dan het bijhouden van de ontwikkeling van het insect, op grond waarvan uitspraken over verschijnen en vlucht van de volwassen kevers kunnen worden gedaan. Uitspraken over de aantallen snuitkevers, in de verschillende leeftijdsklassen, zijn gebaseerd op bemonstering te velde vroeg in het seizoen, gecombineerd met berekeningen van het fenologisch model. Deze berekende populatiedichtheden worden vervolgens in het gewasgroeimodel benut om door te rekenen wat het effect op de gewasgroei zal zijn.

De uitkomsten van deze berekeningen maken een beslissing, over het al dan niet nodig zijn van een bestrijding mogelijk. Aangezien deze uitspraak, of er wel of geen bestrijding nodig is, per veld, dient te worden gedaan, is er één uitgebreide organisatie voor de informatiegaring en de voorlichting nodig. Een deel van deze activiteiten is wederom geautomatiseerd, zoals de verzameling van weersgegevens, die per regio wordt opgenomen in de centrale databank. De perceelsgegevens worden door de telers en de voorlichters verzameld en eveneens via bij de voorlichtingsdienst geplaatste computerterminals in de centrale databank gebracht. Met behulp van deze gegevens worden dagelijks de veranderingen in gewasbestand en populatieopbouw (leeftijdssamenstelling, larven, poppen, adulten) berekend. Gebruikmakend van weersvoorspellingen op korte termijn kunnen berekeningen worden gemaakt over de gewasgroei en populatie-ontwikkeling van de snuitkever op de afzonderlijke percelen. Zodoende kan van tevoren worden bepaald wanneer men hoge dichtheden van de schadelijke snuitkever kan verwachten.

De hulpapparatuur die voor het hier beschreven systeem benodigd is blijkt nogal omvangrijk. Naast een centrale computer, zijn terminal aansluitingen nodig voor de voorlichters en

meteo-observaties in de verschillende regio's.

Voor directe adviezen volstaat men net als in de andere waarschuwingssystemen met een aantal beslisregels die de teler zelfstandig hanteert. Alleen in twijfelgevallen wordt het systeem ingeschakeld, in welk geval de adviezen rechtstreeks op de terminal verschijnen. De kosten die aan een dergelijk geavanceerd systeem verbonden zijn, zijn aanzienlijk en alleen gerechtvaardigd als ze minder zijn dan de baten van de verminderde schade.

Hoewel voor verschillende gewassen en verschillende staten systemen als de bovengenoemde in ontwikkeling zijn (o.a. Kansas, Californië, Illinois, New York, Maryland, Florida, Michigan, Washington) is de toepassing nog steeds bescheiden. Zeker de beoogde perceelsgewijze benadering is nog slechts op een beperkt aantal plaatsen gerealiseerd en dan nog maar voor een beperkt aantal bedrijven en gewassen. Een groot voordeel van de inschakeling van de computer bij deze waarschuwingssystemen is het centraal verwerken van de informatie die een systematische verbetering van de adviezen en beslisregels mogelijk maakt.

De introductie van de computer in de gewasbescherming heeft tot nu toe voornamelijk in de Verenigde Staten plaatsgevonden. Het is de vraag of Nederland met zijn geringe regionale weersverschillen, kleinschaligheid, goed opgeleide telers en uitgebreide voorlichtingsdienst ook dergelijke systemen moet ontwikkelen. Verdient in Nederland de aanpak van de Werkgemeenschap voor geïntegreerde bestrijding van plagen niet de voorkeur, waarbij zoals in de fruitteelt, een receptenboek voorschriften geeft over de waarnemingsprocedure, de schadedrempels gedurende het seizoen en de bestrijdingsadviezen? Wellicht ligt de waarheid in het midden. De introductie van een hele computertechnologie lijkt overbodig, maar simulatiemodellen van de plagen en ziekten in combinatie met gewasgroeimodellen kunnen wel worden gebruikt om de beslisregels te verbeteren. Ook kan een centrale databank een belangrijke rol spelen bij de coördinatie en systematisch verbetering van de adviezen. Een eerste poging in de richting van een bescheiden gebruik van computers in de Nederlandse gewasbescherming is het EPIPARE-systeem in tarwe (Zadoks, 1977). EPIPARE is een gezamenlijk project van ongeveer 300 boeren, de voorlichtingsdienst en een aantal onderzoekers, dat beoogt het gebruik van bestrijdingsmiddelen te beperken en daarmee tegelijkertijd de kosten voor de teler te beperken. EPIPARE werkt op basis van adviezen per perceel. Modellen van de gewasgroei bij tarwe en populatiemodellen voor de schadeverwekkers hebben de basis gelegd voor een aantal beslisregels die de specifieke karakteristieken van het veld als invoer behoeven.

Met dit systeem wordt beoogd maatwerk in plaats van confectiewerk te leveren en een op ieder perceel afgestemd advies te geven dat rekening houdt met de plaatselijk aanwezige biotische en abiotische omstandigheden.

Criteria voor waarschuwingssystemen

De keuze van een waarschuwingssysteem wordt vooral bepaald door een kosten/baten analyse. Andere factoren, zoals de milieuaspecten en de stabiliteit van gewasbeschermingssystemen spelen in toenemende mate een rol. In tabel 1 worden een aantal criteria gegeven welke hierbij kunnen worden gehanteerd en die de beslissing ten aanzien van invoering van gewasbeschermingssystemen vergemakkelijken.

Tabel 1. Criteria voor goed functionerende plaag- en ziekte waarschuwingssystemen.

Eenvoudig	- Waarneming, samenvatting en beslisregels om tot actie over te gaan moeten niet ingewikkeld zijn.
Gezonde biologische basis	- Waarschuwingen moeten gebaseerd zijn op kennis van de populatiedynamica van de plaag of ziekte organismen en het effect van deze organismen op de waardplant.
Betrouwbaarheid	- De adviezen moeten gebaseerd zijn op nauwkeurige kennis van het effect van de actie's en de beslisregels moeten door en door zijn getoetst.
Arbeidsextensief	- Deelname aan het waarschuwingssysteem mag niet te veel waarnemings-, bemonsterings- en communicatietijd vergen.
Passend	- De bemonsteringsactiviteiten en de bestrijdingsmaatregelen moeten passen bij andere gewasbeschermingsactiviteiten.
Systematische verbetering	- Er moet een voortdurende terugkoppeling van de resultaten van de waarnemingen en de resultaten van de bestrijding zijn zodat een systematische verbetering van het systeem is gegarandeerd.
Kosten per eenheid van produkt	- De kosten om het waarschuwingssysteem te laten draaien moeten in overeenstemming zijn met de waarde van het gewas en de ernst van de ziekte of plaag, zodat een naar verhouding te hoge investering in plaag- en ziektebestrijding wordt voorkomen.

Hoewel vele waarschuwingssystemen nog lang niet aan deze criteria voldoen is een ontwikkeling waarbij meer belangstelling komt voor de intensieve en verantwoorde geleide bestrijding duidelijk zichtbaar. Een bescheiden en gepast gebruik van de computer biedt bij de ontwikkeling en verbetering van deze systemen wellicht een goed perspectief.

Literatuur

- Croft, B.A., R.L. Tummala, H. Riedl & S.M. Welch, 1976. Modeling and management of two prototype apple pest subsystems. In Modeling for Pest Management Concepts, Techniques and Applications. Proc. USA/USSR Symp. Michigan State University: 97-119.
- Giese, R.L., R.T. Huber & R.M. Peart, 1974. Real time forecasting techniques in Pest Management. Proc. North Central Branch - ESA: 29, 53 p.
- Rabbinge, R., 1978. Toepassing van modellen in de gewasbescherming. Landbouwk. T. 90: 305-309.
- Ruesink, W.G., 1976. Modeling of pest populations in the alfalfa ecosystem with special reference to the alfalfa weevil. In Modeling for Pest Management, Concepts, Techniques and Applications. Proc. USA/USSR Symp. Michigan State University: 80-89.
- Weidhaas, D.E., 1976. Modeling of populations of mosquitoes and flies for Integrated Insect Control Schemes. In Modeling for Pest Management. Concept, Techniques and Applications. Proc. USA/USSR Symp. Michigan State University: 196-206.
- Zadoks, J.C., 1977. Waarschuwingssystemen tegen gele roest in ontwikkeling. Landbouwhogeschool zet computer in tegen tarwevijand nummer één. Boer en Tuinder 22 sept.
- Zadoks, J.C. & R.D. Schein, 1979. Epidemiology and plant disease management. Oxford University Press, New York, 427 p.