

R. Kabbinge

Gedurende de laatste jaren is er nogal wat te doen geweest over het gebruik van bestrijdingsmiddelen. Een toenemend aantal mensen ging zich realiseren dat het merendeel van de produkten die men dagelijks consumeert wordt geproduceerd met gebruikmaking van stoffen die dienen om onkruid te verdelgen, schimmels te doden of mogelijke plaagverwekkers te onderdrukken. Velen vragen zich af of voedselproduktie op een aanvaardbaar niveau mogelijk is zonder deze stoffen en wijzen dan op methoden van landbouwbedrijven die worden gepropageerd door de biologisch dynamici. Toch lijkt dit laatste in ons dichtbevolkte land geen werkelijk alternatief voor de bestaande z.g. "chemische" landbouwmethoden. Immers, de ruimte die nodig is voor andere dan landbouwkundige doelen neemt steeds meer toe en de in de naaste toekomst waarschijnlijk niet drastisch wijzigende prijzen voor het voedselpakket maken een hoge opbrengst per eenheid van oppervlak op goede gronden een eerste vereiste. Toch hoeft dit niet een toenemend bestrijdingsmiddelenverbruik voor Nederland als totaal te betekenen. Nee, integendeel, indien voldoende aandacht aan onderzoek naar meer geavanceerde methoden van bestrijdingsmiddelen-toepassing wordt besteed en het oppervlak waar deze worden gebruikt kan worden verminderd, lijkt een afname van het totale verbruik zelfs mogelijk. Een voorbeeld van een methode van geavanceerd gebruik van bestrijdingsmiddelen is de geïntegreerde bestrijding van plagen.

#### Geïntegreerde bestrijding van plagen

Geïntegreerde bestrijding van plagen is een bestrijdingsmethode waarbij het aantal bestrijdingen met chemicaliën zoveel mogelijk wordt beperkt en naast deze bespuitingen ook andere methoden worden gebruikt, zoals de aanwending van natuurlijke vijanden. De beschikbaarheid van selectieve pesticiden met een lage giftigheid voor deze natuurlijke vijanden en in sommige gevallen de benutting van natuurlijke vijanden welke resistentie bezitten tegen pesticiden maakt dergelijke bestrijdingssystemen mogelijk.

De ontwikkeling van zulke bestrijdingssystemen is voornamelijk empirisch: door pogingen met het loslaten van parasieten en/of roofvijanden, het aanpassen van teeltmaatregelen en wijzigingen in spuitprogramma's wordt de effectiviteit van ~~het bestrijdingssysteem vergroot totdat een praktisch bruikbaar niveau van controle~~ is bereikt. Een verklaring voor de wijze waarop het systeem opereert wordt achteraf

gegeven door speculatie, maar experimentele verificatie van deze hypothese blijft meestal achterwege. Inzicht in het werkingsmechanisme van het systeem is evenwel vereist opdat een stabiel gewasbeschermingssysteem kan worden ontwikkeld. Immers alleen als de onderzoekers de telers kunnen garanderen dat de natuurlijke vijanden in staat zijn schade te voorkomen en als de kosten van dit bestrijdingssysteem niet te hoog liggen zullen de telers bereid zijn het nieuwe bestrijdingssysteem in te voeren. De telers moeten daartoe echter in staat gesteld worden en de marginale positie waarin het merendeel van de landbouwende bevolking zich bevindt maakt het hen onmogelijk enig risico op verlies te accepteren en dwingt hen tot het gebruik van gifstoffen, vaak zeer tegen hun zin. Het onderzoek heeft daarom tot taak die garanties aan de teler te verstrekken en het mogelijk te maken dat alternatieve bestrijdingsmethoden economisch haalbaar worden.

#### Onderzoek naar geïntegreerde bestrijding van plagen

Een van de hoofdterreinen van onderzoek op het gebied van de geïntegreerde bestrijding is de controle van plagen in appelboomgaarden. De lange ervaring met aangepaste spuitschema's, de toenemende ontwikkeling van resistentie<sup>\*</sup>) bij spintmijten en de beschikbaarheid van kennis van de biologische karakteristieken van vele plaagverwekkers hebben de ontwikkeling van geïntegreerde bestrijdingsschema's mogelijk en noodzakelijk gemaakt. Dergelijke bestrijdingsschema's worden nu al toegepast door een gering aantal fruittelers. Concreet komt het er op neer dat de ziekteverwekkende schimmels worden bestreden met middelen die geen noemenswaardige schade veroorzaken aan de onschadelijke natuurlijke vijanden van de dierlijke schadeveroorzakers. In dit systeem wordt de appelbladroller in bedwang gehouden door een sluipwespje en de appelbladmindeermot wordt eveneens gecontroleerd met behulp van een sluipwespje. Een aantal andere insectensoorten wordt van schade afgehouden door teeltmaatregelen, zoals gladde bomen en het vermijden van te veel ondergroei. Dit stelsel van maatregelen heeft allemaal tot doel te hoge bevolkingsdichtheden van de schadeverwekkers te voorkomen. Het is duidelijk dat een dergelijk stelsel van plaag- en ziektebestrijding nogal wat biologische kennis van de schadeverwekkende organismen en hun natuurlijke vijanden vergt.

Toepassing van dit systeem van gewasbescherming vindt nu nog slechts op zeer geringe schaal plaats, maar zal in de toekomst wellicht toenemen. Het aantal bespuitingen per seizoen bedraagt in dergelijke boomgaarden toch nog altijd minimaal 8, wat al aanzienlijk minder is dan het 30-tal bespuitingen dat voorheen noodzakelijk bleek. Een belangrijk onderdeel van het geïntegreerde schema in de fruitteelt is

---

\* resistentie is de verminderde vatbaarheid van het organisme voor bestrijdingsmiddelen

de toepassing van roofmijten om de veel schade veroorzakende fruitspint onder controle te houden. Het fruitspint is een nietig organisme (volwassenen zijn  $< 0.7$  mm), dat met de uitgegroeide kaken bladeren aanprikt en de bladcellen volledig leeg zuigt. Door hun korte generatieduur (er zijn meer dan 5 generaties per seizoen) en hun hoge reproductiesnelheid kunnen de aantallen in korte tijd enorm oplopen: in één seizoen kan vanuit één vrouwtje in 110 dagen een populatie van meer dan 100.000 mijten ontstaan. Dit vermogen zo snel enorme bevolkingsdichtheden te bereiken is de belangrijkste oorzaak van enerzijds de schadelijkheid van de spintmijten en anderzijds het snelle antwoord op nieuwe bestrijdingsmiddelen door resistentieverschijnselen. Gedwongen door deze snelle resistentie-ontwikkeling werd het noodzakelijk andere methoden te ontwikkelen. Het lag voor de hand aan de natuurlijke vijanden te denken, een groot aantal soorten kwam hiervoor in aanmerking. Om dit te toetsen werden veldexperimenten uitgevoerd, daarbij bleken de roofmijten de hoogste ogen te gooien. Daarom werden deze organismen voor verder onderzoek gekozen. Om de vereiste garantie aan de teler te kunnen geven is echter op z'n minst enige kennis van de wijze waarop de roofmijten de spintmijtenbevolking in bedwang houden vereist. Deze kennis kan worden verkregen door gedurende een groot aantal jaren veldexperimenten te doen onder verschillen omstandigheden en de ervaring die aldus wordt opgedaan te vertalen in bestrijdingsadviezen aan de teler. Een nadeel van deze methode blijft de onmogelijkheid een verklaring te geven voor de wijze waarop het regulatiemechanisme werkt. Om dit bezwaar te ondervangen dienen methoden te worden ontwikkeld waarmee men verklaringen voor de zich aan ons voordoende verschijnselen kan vinden. Dit kan geschieden door gebruik te maken van computermodellen. In dit geval programma's die door computers worden uitgevoerd en die een reeks van gebeurtenissen laten afspelen. Het voordeel van deze computermodellen is dat ze vele ingewikkelde situaties in een hoog tempo kunnen naspelen. De resultaten van deze berekeningen kunnen daardoor in korte tijd worden verkregen terwijl in werkelijkheid de uitkomst van het experiment veel langer zou hebben geduurd.

### Simulatiemodellen

Deze computer- of simulatiemodellen zijn vereenvoudigde voorstellingen van de werkelijkheid maar houden wel rekening met alle relevante eigenschappen van het systeem. Om dit te illustreren enige voorbeelden van modellen zoals ze, niet alleen door wetenschappers, worden gebruikt; zo is een maquette van een brug een model van de brug en is een landkaart een model (op schaal) van een land of een landstreek. Zijn we alleen geïnteresseerd in de samenstelling van de bodem in de betreffende streek, dan gebruiken we een bodemkaart, zijn we meer geïnteresseerd in de vegetatiesamenstelling dan gebruiken we vegetatiekaarten en gaat onze interesse uit naar het wegennet dan gebruiken we een wegenkaart. Een kaart die geen

enkel aspect van de betreffende streek wil verwaarlozen is onoverzichtelijk, zo niet ~~onmogelijk. Immer zal men moeten vereenvoudigen en een goed model is een vereen-~~  
voudiging van de werkelijkheid zonder die werkelijkheid geweld aan te doen. In het voorbeeld van de kaart maakten we een afbeelding van de werkelijkheid en bij de maquette van een brug is die maquette een model van een nog te construeren werkelijkheid. In dat geval gaat het model aan de werkelijkheid vooraf. In de biologische wetenschap hebben we niet met modellen zoals in de technische wetenschappen te maken die voorafgaan aan de werkelijkheid (zoals bij de maquette en de brug), noch hebben we te maken met vereenvoudigde afbeeldingen, momentopnamen van de werkelijkheid zoals bij de landkaarten. Het belangrijke verschil zit hem in de dynamiek van het systeem, biologische systemen veranderen in de tijd, geboorte- en sterfteprocessen treden op, eten en gegeten worden, en ook ontwikkeling en groei zijn de karakteristieken van een biologisch systeem. Modellen van biologische systemen dienen daarom eveneens dynamisch te zijn, dat wil zeggen te veranderen in de tijd. Door nu een vereenvoudigde voorstelling van een biologisch systeem te maken en het gedrag van dit systeem in de tijd te bestuderen en te vergelijken met de werkelijkheid kunnen we meer inzicht krijgen in die werkelijkheid van het bestudeerde systeem. In dit geval betreft dat de mijten en de roofmijten in de boomgaard; een systeem dat we kunnen herhalen. Andere biologische systemen zijn niet herhaalbaar in kort tijdsbestek, maar doen zich in verschillende fase van ontwikkeling aan ons voor, zoals b.v. de vorming van hoogveen en/of moerassen, dit noemen we weerkerende systemen. Nog moeilijker is het van unieke biologische systemen modellen te construeren, zoals b.v. van de Oosterschelde of van complexe systemen als een menselijke samenleving. Dit uitstapje naar de begrippen modellen en systemen was nodig om enigszins vertrouwd te raken met deze termen aler ingegaan kan worden op de betrekkelijk eenvoudige modellen van het fruitspint en de roofmijten.

### Fruitspint en roofmijten

Met de simulatiemodellen van fruitspint en roofmijten wordt beoogd de kloof te overbruggen tussen enerzijds de aanwezige kennis van de biologische karakteristieken van fruitspint, roofmijten en appelbomen, en anderzijds de toepassing van biologische bestrijding van het fruitspint met roofmijten in het veld. De modellen moeten ons eenvoudige recepten voor de biologische bestrijding van het fruitspint in het veld leveren die de teler kan toepassen. Daarbij dient te worden gestreefd naar een systeem van controle door de roofmijten waarbij het aantal ingrepen zo klein mogelijk is. Dit is verschillend van de situatie in komkommer of tomatenkassen waar roofmijten worden uitgebracht op eenzelfde wijze als dat geschiedt met bestrijdingsmiddelen. Deze geïntroduceerde roofmijten verorberen de aanwezige spintmijten en gaan dan zelf te gronde, zodat telkenmale een hernieuwde introductie moet plaats-

vinden. Dit is een ongewenste situatie in de appelboomgaarden waar gestreefd wordt naar regulatie van de spintmijtenbevolking op een zodanig niveau dat schade aan de appelboom achterwege blijft, maar tegelijkertijd de aantallen spintmijten die aanwezig blijven voldoende zijn om de roofmijtenbevolking op een zodanig niveau te handhaven dat explosies van de spintmijtenbevolking kunnen worden onderdrukt. Introducties van roofmijten dienen te worden beperkt omdat dit een te kostbaar gebeuren is, zeker in vergelijking met het gesloten systeem van de kas.

### Populatiemodellen

In de populatiemodellen van fruitspint en de roofmijten wordt de ontwikkeling van de populatie van de schadeverwekker en zijn natuurlijke vijand, de roofmijt, gesimuleerd. Dit betekent dat de aantallen van alle morfologisch te onderscheiden stadia van prooi en predator worden bijgehouden. De snelheid waarmee deze aantallen veranderen wordt bepaald door ontwikkelingsnelheden, sterftesnelheden, predatiesnelheden en reproductiesnelheden. Al deze snelheden worden beïnvloed door de temperatuur en metingen over deze effecten vindt plaats in het laboratorium onder nauwkeurig bekende omstandigheden. Deze metingen werden verricht voor de schadeverwekker, het fruitspint en de natuurlijke vijand, de roofmijt. Al deze metingen werden verricht bij omstandigheden waarin voedsel onbeperkt aanwezig is. Het blijkt echter dat zowel reproductiesnelheid als ontwikkelingsnelheid van de roofmijt worden beïnvloed door de fysiologische conditie waarin de roofmijt verkeert, en dat het fruitspint een grotere reproductiesnelheid bezit als voedsel van goede kwaliteit onbeperkt aanwezig is. Deze effecten dienen eveneens in cijfers te worden vastgelegd aler ze in de modelberekeningen kunnen worden opgenomen. De relaties tussen roofmijt en spintmijt blijken eveneens veel ingewikkelder dan in eerste benadering lijkt. Zo zijn 5 ontwikkelingsstadia van de prooimijt en 4 ontwikkelingsstadia van de roofmijt bij het roofproces betrokken. Ieder prooistadium met z'n eigen aantrekkelijkheid en ieder roofmijtstadium met z'n eigen voorkeur. Voorkeur en aantrekkelijkheid blijken sterk af te hangen van de toestand waarin de roofmijten verkeren. Hongerige roofmijten zijn weinig kieskeurig en wel doorvoede rovers accepteren alleen de aantrekkelijke jonge larven. Het aantal per tijdseenheid geconsumeerde prooien wordt derhalve bepaald door de prooi- en predatordichtheid en door de hongertoestand van de rover. Deze hongertoestand van de rover verandert gedurig door vertering waardoor het gedrag van de rover ook steeds verandert. Om deze aspecten in het model die van veel belang zijn voor het uiteindelijk bereiken van een acceptabele evenwichtsdichtheid van het fruitspint, dient een gedetailleerd onderzoek te worden verricht naar het gedrag van de roofmijten.

### Het gedrag van roofmijten

~~Studie van het gedrag van roofmijten vergt enerzijds een langdurig waarnemings~~ proces en anderzijds enkele uiterst belangrijke beslissingen inzake de keuze van de aspecten in het gedrag die van belang zijn. Met behulp van deze componenten van het gedrag moet immers het model worden geconstrueerd en de werkelijkheid worden doorgerekend. Minder belangrijke facetten van het gedrag kunnen worden weggelaten, al kan dit wel tot gevolg hebben dat de resultaten van het model enigszins afwijken van de verschijnselen zoals die zich in de werkelijkheid voordoen. Deze afwijkingen worden tot het minimum beperkt als men de van belang zijnde kenmerken weet te selecteren. Bij het gedrag van spintmijten en roofmijten valt dit nogal mee omdat de roofmijten eenvoudige diertjes zijn met een eenvoudig gedragspatroon. De roofmijten beschikken over weinig middelen om hun prooi op te sporen, noch visueel noch op reuk oriënteren ze zich. Een ontmoeting tussen jager en prooi is daardoor volledig toevallig en de kans er op wordt bepaald door het aantal prooien, het aantal rovers en de activiteit van beiden. Deze activiteit hangt af van de fysiologische conditie van de rover en dus moet men op de een of andere manier dat weten uit te drukken. Bij de roofmijten is het ondanks z'n geringe grootte toch betrekkelijk eenvoudig. Het blijkt namelijk dat een verzadigde roofmijt een rode kleur heeft en dat een hongerige roofmijt wit, of beter, transparant is. Deze kleuring wordt veroorzaakt door een combinatie van plantepigmenten en dierlijke pigmenten die aan de roodgekleurde spintmijten worden onttrokken. Het is nu een koud kunstje een kleurschaal te ontwikkelen, die het gedrag van de roofmijten relateert aan de maagvulling van de roofmijten, de pigmentconcentratie. Ook de andere genoemde reacties van de roofmijt als reproductiesnelheid en ontwikkelingssnelheid die van de fysiologische conditie van de roofmijten afhangen kunnen nu aan deze kleurschaal worden gerelateerd. Het gedrag van de roof- en spintmijten kan nu op eenvoudige wijze worden uitgedrukt en afhankelijk worden gemaakt van normale levensprocessen als voeden en verteren. Een onderdeel van het totale gedrag van de roofmijten is het loopgedrag, dat van groot belang blijkt voor het aantal ontmoetingen. Om dit ook in cijfers uit te drukken dient gedetailleerd te worden waargenomen en gezien de grootte van de dieren dienen al deze studies met behulp van de microscoop te geschieden. Sinds kort kunnen er echter ook televisie-installaties voor worden gebruikt. Een sterk vergrotende televisiecamera wordt op de bestudeerde mijten gericht en op een beeldscherm kan alles wat gebeurt worden gevolgd. Een en ander is minder vermoeiend, maar levert bovendien ruimere mogelijkheden om een "natuurlijke" situatie voor de bestudeerde mijten te creëren en de verwerking van de gegevens te automatiseren.

### Resultaten van de computerberekeningen

Het gaat er bij de modellen dus om, gegevens te verzamelen over de mogelijkheden om de spintmijt te bestrijden met roofmijten, en over de wijze waarop de

bestrijding moet worden toegepast. Voorop staat daarbij zoals gezegd dat men de ~~kwekers (van fruit, bloemen, etc.) moet kunnen garanderen dat de bestrijdingswijze~~ effectief is, net zo effectief als chemische bestrijding. De modellen hebben in dit geheel tot taak een keuze te kunnen maken uit een aantal alternatieve mogelijkheden. Het resultaat van het naspelen van het eten-en-gegeten-woorden van roofmijt en spintmijt moet zijn: recepten voor de teler omtrent de wijze waarop de bestrijdingswijze in de werkelijkheid het best kan worden aangepakt.

Voor men zover is, zal eerst moeten worden aangetoond dat het model betrouwbaar is. Met andere woorden: men zal eerst de resultaten van het model moeten vergelijken met resultaten van experimenten in de werkelijkheid. In dit licht moet men de grafiek zien van afbeelding 13. De gestippelde lijn geeft de ontwikkeling aan volgens het computermodel. De getrokken lijn geeft aan hoe het proces verloopt tijdens een proef in het veld. De laatste lijn is gebaseerd op tellingen die men op gezette tijden verricht, tijdens een experiment in het veld. Stemmen de computerberekeningen en de onafhankelijke veldexperimenten overeen dan is enig vertrouwen in het model gerechtvaardigd. Gezien de goede overeenstemming van modeluitvoer en experiment is deze vertrouwensbasis gelegd en kan het model worden gebruikt voor de bepaling van de recepten die kunnen worden verstrekt aan de teler. In de afb. 14 worden enige resultaten van deze berekeningen getoond.

Een ongunstige spintmijt/roofmijt verhouding in het voorjaar kan een te hoge spintmijt bevolkingsdichtheid tot gevolg hebben in augustus. Zijn er in het begin van het seizoen echter te veel roofmijten, dan wordt de spoeling zo dun dat het moeilijk wordt om een behoorlijke populatiedichtheid te handhaven; de aanwezigheid van alternatieve voedselbronnen kunnen deze moeilijke perioden voor de roofmijt in vele gevallen overbruggen. De verbetering van de modellen door een nauwkeuriger bepaling van sommige van de deelprocessen wordt nu verricht, daarbij geleid door de resultaten van de modellen tot nu toe. Deze verbeteringen kunnen alleen plaatsvinden door opnieuw experimenteel werkzaam te zijn. In de nabije toekomst kan dit onderzoek dan wellicht zijn vrucht afwerpen voor de praktische fruitteler.

Lijst van afbeeldingen

Abbeelding	1 (dia 1)	Een door fruitspint aangetaste appelboomgaard.
"	2 (dia 2)	Detail-opname van aangetast blad (roodbruine verkleuring).
"	3 (dia 3)	Detail-opname van aangetast blad (roodbruine verkleuring); wintereieren van fruitspint op takken, het stadium waarin overwintering plaatsvindt.
"	4 (dia 4)	Een volwassen fruitspint ♀ dat op de bladeren rondloopt. (20x)
"	5 (dia 5)	Een protonymph (onder), deutonymph (links boven) en een larve (rechts boven) van fruitspint. De fruitspintmijten ontwikkelen zich via een aantal ontwikkelingsstadia van ei tot volwassen of . (20x).
"	6 (dia 6)	Een volwassen roofmijt ♀ .
"	7 (dia 7)	Volwassen roofmijt ♀♀ met een uitgezogen ♂ van het fruitspint. De roofmijt is duidelijk zeer licht gekleurd.
"	8 (dia 8)	Een volwassen roofmijt ♀ (onder) met een uitgezogen ♂ van het fruitspint. De roofmijt is iets meer gekleurd. Een volwassen fruitspint (boven) (20x).
"	9 (dia 9)	Twee volwassen roofmijten ♀♀ licht gekleurd met een gedode volwassen fruitspint ♀ (20x).
"	10 (dia 10)	Een volwassen fruitspint ♀ met een iets donker gekleurde volwassen roofmijt ♀ . (20x).
"	11 (dia 11)	Een intens gekleurde roofmijt ♀ met een volwassen ♂ van het fruitspint. (20x).
"	12 (dia 12)	Een intens gekleurde roofmijt ♀ met een leeggezogen fruitspint ♀ .
"	13	Uitkomsten van het simulatiemodel en van de veldexperimenten, de getrokken lijn representeert de gemiddelde aantallen in een veldexperiment, de gestipelde lijn de gesimuleerde aantallen. Ook de gemeten en gesimuleerde kleur van de dieren is aangegeven.
"	14	<del>Uitkomsten van de simulatieberekeningen met verschillende verhoudingen voor de aantallen fruitspint en roofmijt ♀♀ aan het begin van het seizoen.</del>



- 
1. In de situatie van de veldproef, verhouding fruitspint -roofmijt op 20 mei bedraagt 4:1.

---

  2. Verhouding fruitspint -roofmijt op 20 mei bedraagt 10:1.
  3. Deze verhouding is 20:1.
  4. De verhouding bedraagt 100:1.
- 
-





