

INSECTICIDEN

Weg met die beestjes

Al eeuwen voert de mens strijd tegen insecten. Tegen jeukende luizen, stekende muggen en vraatzuchtige larven die de oogst willen oppeuzelen. De chemie leverde in de jaren veertig en vijftig van de vorige eeuw wondermiddelen. Zo hielp DDT mede om malaria en tyfus uit Europa te bannen. Het gebruik bleek echter niet zonder gevolgen. Pesticiden bleken te 'stapelen' in het milieu en de voedselketen en het vele spuiten zorgde voor 'dode' rivieren en stille velden.

Spaarzaam en steeds preciezer gebruik van insecticiden zorgde vijftig jaar lang voor afname in gebruik. En er kwamen nieuwe middelen, effectiever en minder belastend voor mens en milieu. Ook alternatieven zoals genetisch gemoedificeerde gewassen met ingebouwde insecticide droegen bij aan de afname. Toch blijft de ongerustheid over het gif. In Nederland stijgt het insecticidegebruik weer en er is veel

discussie over neonicotinoiden, die schadelijk blijken voor bestuivers en slootbeestjes.

Momenteel vindt een nieuwere klasse insecticiden de weg naar de velden, en microbiologen creëerden een aardappelplant die via RNA met de aardappelkever afrekent. Alternatieven voor insecticiden zijn er in de vorm van geur- en feromoonvallen en insectendodende schimmels. Maar ook het aloude wisselteeltsysteem kan plagen voorkomen.

In deze Chemische Feitelijkheid

- De Context: Insectendodende middelen redden levens en oogsten. Maar verdwijnen de bijen?
- De Basis: DDT, lindaan en imidacloprid. Hoe doden ze?
- De Diepte: Insecten kun je ook bestrijden met geurvallen, RNA en siliconen.

Insecticiden helpen ons van bladluizen, maisboorders en stekende muggen af, maar het gif heeft ook effect op bijen en mensen.

Strijd tegen de insecten

Glibberige zilvervisjes in de badkamer, scharrelende mieren in de keuken en zoemende muggen in de slaapkamer. Bijna elk huishouden telt een aantal ongenode huisgenoten. Een spin op zolder of in de kelderkast nemen we voor lief, maar hoofdfluis, bedwantsen, vlooiën en motten duldt vrijwel niemand in zijn huis. We gaan de strijd aan met stofzuiger, luizenkam en wasmachine, maar ook met chemie: mottenballen, luizenshampoo, vlooiënband, mierenlokdoosje. Soms is zelfs professionele hulp nodig zoals bij de bestrijding van bedwantsen of wespen.

Ook akkerbouwers en groente- en fruitteelers zijn niet onverdeeld blij met insecten. Bijen, hommels en andere bestuivers zijn onmisbaar voor de teelt, lieveheersbeestjes eten bladluizen. Maar de aardappelkever, bladluizen of de maisboorder kunnen telers missen als kiespijn. Ze eten de gewassen op die bedoeld zijn voor



Is dit in de toekomst niet meer te zien?

de verkoop. Ook telers gebruiken regelmatig chemie om dergelijke vraatinsecten te doden. De insecticiden zorgen voor behoud van oogst en inkomen.

Insecten zijn niet alleen irritant of veelvratend; sommige zijn levensgevaarlijk. Het dodelijkste dier ter wereld is immers een insect: de malariamug. De malaria-parasiet die zich via de mug verspreidt, maakt jaarlijks bijna 200 miljoen mensen ziek, waarvan velen chronisch. Sommige Afrikaanse gemeenschappen worden er door ontwricht. Een half miljoen mensen overlijdt aan de ziekte, met name kinderen in zuidelijk Afrika.

Naast malaria is er nog een reeks andere gevreesde ziekten die door insecten worden overgedragen. Voorbeelden zijn knokkelkoorts en gele koorts (muggen), slaapziekte (tseetseevlieg), leishmaniase (zandmug), rivierblindheid (kriebelmug), vlektyfus (luizen), de ziekte van Lyme (teken) en – in het verleden – de pest (vlooiën).

Insecticiden kunnen dus het verschil maken tussen leven en dood. Om bij het voorbeeld van malaria te blijven: in 2012 berekenden Amerikaanse en Oegandese onderzoekers dat muskietennetten geïmpregneerd met insecticiden tussen 2000

en 2010 meer dan 800.000 kinderen het leven hebben gered.

BERENVET EN OLIJFOLIE

Het bestrijden van insecten is van alle tijden. In de klassieke literatuur van de Romeinen en Grieken zijn beschrijvingen te vinden van 'insecticiden'. Zaden werden ondergedompeld in sap van het donderblad (*Sempervivum*). Wijnranken werden ingesmeerd met berenvet, bitumen, zwavel, olijfolie, knoflook en lupine. Ook zijn er beschrijvingen van insectenvallen. Zo werd melk of zoete wijn vermengd met nieskruid en arseen om vliegen te lokken en te doden. Hoe vaak deze middelen zijn gebruikt en of ze effectief waren, vertellen de klassieken helaas niet.

De eerste synthetische insecticiden werden in de jaren dertig van de vorige eeuw op grotere schaal geproduceerd. En vanaf de Tweede Wereldoorlog werden ze steeds

DDT

In 1962 verscheen het boek *Silent Spring* van de Amerikaanse zeebioloog Rachel Carson. Een aanklacht tegen het grootschalig gebruik van bestrijdingsmiddelen vanwege de gevaren voor natuur en gezondheid. Carson voorzag een stille lente, zonder vogels en zoemende insecten.

Zij was daarmee de eerste die het grote publiek op de gevaren wees van het grootschalig gebruik van DDT tegen muggen en de vuurmieren in de VS. Het boek kanteelde het beeld van insecticiden: ze waren niet langer meer het wondermiddel tegen ongedierte, maar een potentieel gevaar voor de volksgezondheid.



LEXICON

Pesticiden is de verzamelnaam voor middelen tegen 'pesters'. *Cide* is afgeleid van *cida* wat 'doder' betekent in het Latijn. Pesticiden omvat onkruidodders (herbiciden), schimmeldoders (fungiciden) en insectendoders (insecticiden). Er zijn veel andere termen in omloop met verschillende ladingen en inhoud.

- **Agrochemicaliën:** synthetische pesticiden en grondontsmettingsmiddelen
- **Biociden:** breder dan pesticiden, omvat ook ontsmettingsmiddelen en conserveringsmiddelen
- **(Chemische) bestrijdingsmiddelen:** synthetische pesticiden
- **Gewasbeschermingsmiddelen:** landbouwpesticiden

COMEBACK BEDBEESTJES



De bedwants was lange tijd verdwenen in Europa dankzij DDT-gebruik in de jaren vijftig. Maar de afgelopen jaren zijn deze bedbeestjes ter grootte van een appelpitje bezig met een comeback. Ze reizen mee uit andere werelddelen in kleding en koffers, maar ook in treinen. Beten zijn zelden gevaarlijk, maar jeuken erg. Zelf deze bijters uit huis jagen wordt niet aangeraden. Ze zijn erg hardnekkig, overleven een paar maanden zonder voedsel en zijn ongevoelig voor de meest gebruikte insecticiden (inmiddels ook voor DDT). Een gecertificeerd bedrijf roeit ze doorgaans uit door middel van een hittebehandeling of ontsmetting, maar soms ook met insecticiden. In de VS worden honden getraind om de geur van de bedwants te herkennen: ze wijzen dan de plekken in huis aan waar de nesten zitten.

vaker ingezet om in huis en in de landbouw plaaginsecten te verjagen. De middeleden kenden grote successen. Malaria werd mede dankzij DDT op veel plaatsen uitgeroeid, ook in Nederland. En de insecticiden ondersteunden de stijging in landbouwproductie en daarmee de grote naoorlogse welvaartsgroei in het Westen.

De euforie over de 'wondermiddelen' doofde echter in de jaren zestig snel uit toen ook de nadelen voor milieu en gezondheid duidelijker werden. DDT en lindaan bijvoorbeeld bleken slecht biologisch afbreekbaar. De stoffen hopen zich daardoor op, vooral aan het eind van de voedselketen. Ijsberen op de Noordpool bleken DDT in hun onderhuids vet te hebben en ook moedermelk bevat nog vaak sporen. De sterke afname van de aantallen roofvogels, vleermuizen en roofvissen in de jaren zeventig bleek deels toe te schrijven aan het gebruik van bestrijdingsmiddelen. Ook nam de ongerustheid over toxische en mogelijk kankerverwekkende eigenschappen toe en uiteindelijk werd DDT in meer dan honderd landen verboden. Zuid-Afrika verbood DDT in 1996, maar zag het aantal malariadoden

vervolgens met tienduizenden stijgen. Alternatieven bleken minder effectief of veel duurder. Daarop herintroduceerde het land DDT voor malariabestrijding in 2000. In 2013 besloot de Afrikaanse Unie het middel weer op de toegestane lijst te zetten voor regio's waar hoge resistentie heerst tegen alternatieven.

LIEVEHEERSBEESTJE

Door effectievere middelen en precieze toepassing daalde het gebruik van insecticiden sinds de jaren zestig met een factor tien. Europa blijft daarbij achter bij de VS waar het overgrote deel van de mais en aardappelen genetisch gemodificeerd is. De gewassen bevatten een bacteriegen waardoor de plant zelf een insecticide produceert, Bt-toxine (zie ook basis), dat vraat voorkomt.

In 2011 gebruikte Nederland meer dan de helft minder insecticiden dan in 1985 (260.000 kg actieve stof in plaats van 690.000 kg). Maar dat is meer dan in 2005 (210.000 kg). En Nederland gebruikt per hectare meer insecticiden dan de meeste EU-landen. Met name in de bollen- en aardappelteelt is het gebruik hoog. In kassen daarentegen is het gebruik laag. Daar is biologische bestrijding de trend: sluipwespen, lieveheersbeestjes en andere natuurlijke vijanden ruimen plaaginsecten op. Het Nederlandse bedrijf Koppert Biological Systems is wereldmarktleider in productie van natuurlijke plaagbestrijders.

Elk insecticide moet voor gebruik goedgekeurd zijn door het Ctbg (College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden). Dit college, een onafhankelijke commissie bestaande uit voornamelijk wetenschappers, beoordeelt nieuwe producten op werking en risico's voor mens en milieu. Alle goedgekeurde actieve componenten worden opgenomen in de openbare EU pesticides database en in de Nederlandse Gewasbeschermingskennisbank.

BIJENSTERFTE

In de jaren negentig kwam een nieuwe klasse insecticiden op de markt die snel populair werd: de neonicotinoïden. De stoffen zijn afgeleid van het nicotine dat we kennen uit sigaretten. De middeleden werden snel populair, ook omdat akkerbouwers ze in tegenstelling tot andere insecticiden preventief kunnen gebruiken. Daartoe dompelt een boer de zaden onder in een neonicotinoïde. Bij ontkieming verspreidt het insecticide

INSECT?



zilvervisje

Zes poten en vleugels zijn veelgebruikte criteria voor insecten, maar niet alle insecten voldoen hieraan. Het zilvervisje bijvoorbeeld is een primitief insect zonder vleugels. Dit nachtdier woont overdag in vochtige hoeken en spleten. Je vindt ze 's morgens vaak in je badkuip of gootsteen omdat ze 's nachts uitglijden op het gladde oppervlak. Zilvervisjes voeden zich vooral met koolhydraten als suiker, stijfsel en zetmeel. Ze zijn familie van het papiervisje en ovenvisje.

Andere 'twijfelgevallen':

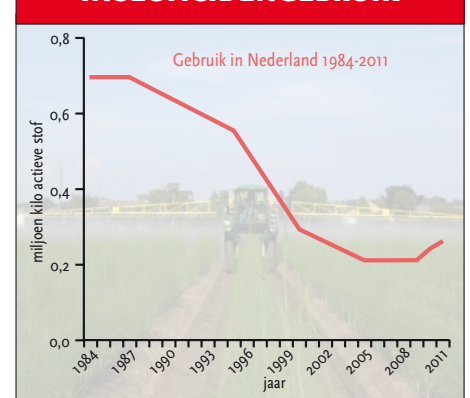
- **Teek:** géén insect, behoort tot de spinachtigen; telt acht poten.
- **Houtworm:** een insectenlarve, ontpopt zich tot de houtkever. Wél een insect dus, en geen worm, net zomin als de meelworm of oorworm.

door stengels, wortel en blad, inclusief het stuifmeel.

Maar het preventieve gebruik is omstreeden. Het gaat in tegen het Europese 'geïntegreerde gewasbeschermingsbeleid', dat insecticiden enkel als laatste redmiddel voorschrijft.

Ook over de middelen zelf woedt volop discussie. Veldonderzoek wijst uit dat ze schadelijker zijn voor bijen, waterinsecten en mensen dan gedacht, en nog sterker voor hommels en vlinders. Inmiddels heeft Europa een tijdelijk verbod ingesteld, waartegen de producenten weer luid protesteren.

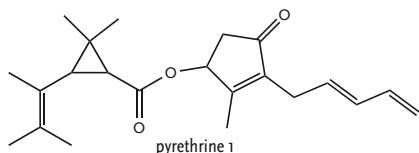
INSECTICIDENGEbruik



Veel insecticiden doden door het **zenuwstelsel** te verlammen, maar er zijn ook middelen die insecten laten verhongeren.

Dodelijke stoffen

In het oude China merkten mensen op dat bloemen van chrysanten geen last hebben van bladluizen. Bloemextracten werden eeuwenlang met succes gebruikt tegen hoofdluis. Chemici wezen pyrethrine-I aan als het meest effectieve chrysantenbestanddeel tegen insecten. En in 1954 kwam een eerste synthetisch insecticide op de markt: allethrine, dat is afgeleid van de natuurstof. Deze klasse van insecticiden wordt aangeduid als de pyrethroïden. Een pyrethroïde is gedefinieerd als een ester van chrysanzuur (of een variant daarvan) met een lipofiele stof.



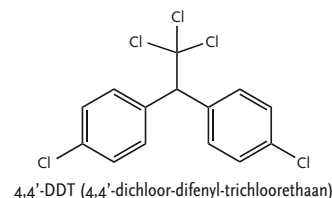
De pyrethroïden zijn dodelijk omdat ze verhinderen dat natriumkanalen in

zenuwcellen zich sluiten. Hierdoor blijven zenuwcellen signalen vuren waardoor na kramp uiteindelijk verlamming optreedt. Voor grootschalig gebruik in de landbouw bleek de eerste generatie te lichtgevoelig en te prijzig. Maar er zijn nu synthetische, stabielere varianten op de markt. Veel huishoudmiddelen tegen houtworm, vlooiën, teken, kakkerlakken, muggen en luizen bevatten de pyrethroïde permethrin. Contact met de huid kan bij mensen een tintelend of brandend gevoel geven, maar zoogdieren in het algemeen zijn relatief ongevoelig voor de pyrethroïden. Dit komt omdat ze in staat zijn de stoffen te ontgiften door oxidatie.

DDT

De oudste groep commerciële insecticiden, de organochlorines (gechlorreerde koolwaterstoffen), werken op een vergelijkbare manier. Ze verstoren signaaloverdracht in de zenuwcellen, waar-

door het zenuwstelsel overprikkeld raakt, met een uiteindelijk verlamrend effect. Van sommige is bewezen dat ze sluiting van chloorionkanalen door de neurotransmitter GABA (gamma-aminoboterzuur) verhinderen. Maar lang niet van elke organochlorine is de moleculaire werking opgehelderd, ook niet van de meest beruchte, DDT, dat werd gebruikt vanaf de Tweede Wereldoorlog tot begin jaren zeventig. Andere bekende middelen uit deze klasse zijn lindaan en aldrin.



Vanwege hun zeer trage biologische afbreekbaarheid stapelen organochlorines zich op in voedselketens. DDT werd aangetroffen in moedermelk en in de speeklaag van ijsberen op de Noordpool. Veel van de middelen zijn inmiddels verboden.

VAPONA

De organofosfaat-insecticiden omvat de meest giftige stoffen voor de mens, zoals parathion, mevinfos en dimethoaat. Voordeel is dat ze snel afbreekbaar zijn, waardoor ze aanvankelijk toch de opvolgers werden van de organochlorines. Maar vanwege die hoge giftigheid zijn veel middelen ondertussen weer verboden.

De insecticiden hebben eenzelfde werkingsprincipe als het beruchte gifgas sarin: ze binden irreversibel aan het enzym cholinesterase dat de neurotransmitter acetylcholine afbreekt om een zenuw terug te laten keren naar de ongeprikkelde toestand. Gebeurt dit niet, dan raakt het

GIFTIGHEID

Insecticiden zijn in hoge doses meestal ook schadelijk voor de mens. Ons zenuwstelsel vertoont belangrijke gelijkenissen met dat van insecten. Verkeerd gebruik kan daarom fatale gevolgen hebben. Begin 2015 stierven twee jonge kinderen in Canada nadat hun moeder matrassen had behandeld tegen bedwantsen. Ze gebruikte een middel meegenomen uit Pakistan dat echter bedoeld was voor gewasbescherming, niet voor binnenshuis.

En met name in Azië zijn pesticiden een bekend zelfmoordmiddel. Wereldwijd staan ze zelfs aan kop als zelfmoordmiddel, aldus de Wereldgezondheidsorganisatie.

Een doodskop op de verpakking betekent dat het middel erg giftig is, uitgedrukt als 'LD₅₀ < 50 mg/kg l.g.'. LD₅₀ staat voor de dosis waarbij 50 % van de proefdieren sterft door acute vergiftiging en wordt uitgedrukt in milligram per kilogram lichaamsgewicht. De LD₅₀ is altijd een geschatte waarde op basis van proefdiereperimenten. Een uitroepteken, als opvolger van het tot voor kort gebruikte andreaskruis, op de verpakking betekent dat het middel schadelijk is; de LD₅₀ ligt dan tussen de 50 en de 500 mg/kg l.g.



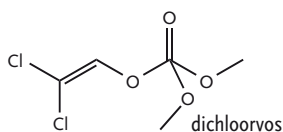
MEEST GEBRUIKTE INSECTICIDEN

Stofnaam	Producent	Aandeel	Stofklasse
Thiacloprid	Bayer	14,9 %	nicotinoïde
Methiocarb	Bayer	11,1 %	carbamaat
Fonicamid	ISK	6,5 %	nicotinoïde
Pymetrozine	Syngenta	6,4 %	pyridine
Pirimicarb	Syngenta	5,8 %	carbamaat
Bacillus thuringiensis	bacterie diverse producenten	5,4 %	eiwit

(Nederland 2012, gegevens CBS)

centraal zenuwstelsel overprikkeld en het organisme uiteindelijk verlamd.

Alle organofosfaten zijn fosfaatesters. Een bekende variant is dichloorvos (2,2-dichloorvinyl dimethylfosfaat), onder andere bekend van het merk Vapona.

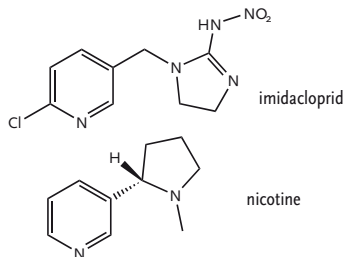


Ook de carbamaten schakelen insecten uit door cholinesterase te remmen. Carbamaten zijn stoffen met een ester- en amidegroep naast elkaar. Het eerste succesvolle middel in deze categorie was carbaryl, geïntroduceerd onder de merknaam Sevin in 1956. Ze zijn minder toxisch voor zoogdieren door verschil in specificiteit voor diverse cholinesterases, en doordat de binding met het enzym reversibel is.

BIJENGIF

Sinds de eeuwwisseling hebben de neonicotinoïden het grootste marktaandeel in insecticiden. Een groot voordeel is dat ze preventief op zaad kunnen

worden aangebracht. Wanneer het zaad ontkiemt, verspreidt het neonicotinoïde zich met de sapstroom in alle plantendelen. Imidacloprid is wereldwijd het meest gebruikte type, het bestrijdt onder meer bladluis en witte vlieg. De nicotineachtige stoffen zijn schadelijk voor het zenuwstelsel van de insecten omdat ze eenzelfde werking hebben als acetylcholine, de belangrijkste neurotransmitter. Hierdoor raakt het centrale zenuwstelsel overprikkeld.



BACTERIESPOREN

De sporen van een veelvoorkomende bodembacterie zijn ook dodelijk voor vraat-insecten. Het gaat om *Bacillus thuringiensis* (vaak afgekort tot Bt), familie van de miltvuurbacterie. Deze bacterie maakt

sporen om zich te vermenigvuldigen en voegt daaraan als overlevingsstrategie een sterk gif toe. Het gaat om een mix van eiwitten, delta-endotoxinen of cry-eiwitten genaamd. Ze vormen kleine kristallen die vooral gevaarlijk zijn voor rupsen. De kristallen lossen op in het spijsverteringskanaal en de eiwitten worden door enzymen opgeknapt. Juist de opgeknapte delen zijn schadelijk: ze doorboren celwanden waardoor het hongergevoel uitdooft en het insect uiteindelijk van honger sterft. Ook bacteriegroei in het insect draagt bij aan de dood.

De bacteriesporen worden al sinds 1920 ingezet als biologisch bestrijdingsmiddel. Verschillende typen van de bacterie produceren verschillende giften met gevoeligheid voor andere insecten, waardoor de werking specifiek kan zijn. De bacterie wordt tegenwoordig opgekweekt in een laboratorium, tot spoorvorming aangezet en vervolgens in poedervorm op het land verspreid. De toxiciteit voor mensen wordt ingeschat als laag.

Bt is een biologisch bestrijdingsmiddel, een *microbial*, maar is zeker niet onomstreden. Agrochemiebedrijf Monsanto bracht het gen coderend voor Bt-toxine via genetische modificatie over in mais, katoen en soja. Deze Bt-gewassen zijn zo 'van binnenuit' beschermd tegen rupsenvraat (zie ook diepte).

LOKSTOF

Insecten communiceren met signaalstoffen: feromonen. Het woord feromoon is een samentrekking van de Griekse woorden *fero* (overbrengen/dragen) en *hormao* (in beweging brengen). Het zijn stoffen die organismen uitscheiden om een reactie uit te lokken bij soortgenoten. Vaak worden feromonen verspreid om sekspartners te lokken (seksferomonen), maar er zijn ook feromonen die soortgenoten verjagen (territoriumferomonen), waarschuwen voor dreigend gevaar (alarmferomonen), soortgenoten bij elkaar roepen (aggregatieferomonen) en feromonen die soortgenoten de weg naar voedsel wijzen (spoorferomonen). De stoffen zijn vaak soortspecifiek.

Feromonen staan al lang in de belangstelling als middel om insecten te bestrijden. Insecten zouden met feromonen verjaagd kunnen worden of in een val gelokt. Er zijn nog geen commerciële praktijkvoorbeelden in de landbouw waarbij feromonen insecten wegvangen, maar feromoonvalen worden al veel gebruikt om te zien of insecten de oogst bedreigen.

Resistentie en ongewenste milieu- of gezondheidseffecten zorgen voor een voortdurende zoektocht naar nieuwe insecticiden en **alternatieven**.

Slimmere strijdmiddelen

Volgens hetzelfde mechanisme als bij antibiotica tegen infecties leidt het gebruik van insecticiden vrijwel altijd tot resistentie. Juist de insecten die weerbaarder zijn tegen het gebruikte insecticide overleven en vermenigvuldigen zich, waardoor de effectiviteit afneemt. Het is dus noodzakelijk om zuinig om te springen met bestaande stoffen en nieuwe middelen spaarzaam te gebruiken.

De neonicotinoïden, geïntroduceerd in de jaren negentig, worden echter volop gebruikt, ook preventief. Dat betekent dat resistentie op de loer ligt. Maar wellicht belangrijker is de grote maatschappelijke onrust over de bijensterfte die de middelen zouden veroorzaken. In Europa daalde het aantal volken tussen 1985 en 2005 met een kwart, en neonicotinoïden werden verdacht daarvan de oorzaak te zijn.

De *European Academies' Science Advisory Council* (EASAC) zette alle kennis op een rijtje en concludeerde in april 2015 dat er strenge regels nodig zijn, of zelfs een

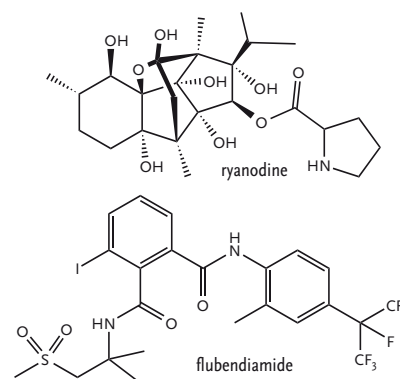
verbod, omdat neonicotinoïden 'een drastisch negatief effect hebben op het milieu', met name bestuivers als vlinders, hommels, wilde bijen, loopkevers en zweefvliegen. De honingbij blijkt juist relatief goed bestand tegen de bestrijdingsmiddelen, omdat ze in grote kolonies leeft die wel tegen een stootje kunnen. Maar de neonicotinoïden dragen wel bij aan de cocktail van oorzaken die leiden tot bijensterfte, concluderen de wetenschappers. Belangrijke andere factoren zijn de varroamijt (een schadelijke bijenparasiet), gebrek aan nest- en schuilmogelijkheden, de afname van variatie in gewasteelt, en het verdwijnen van wilde bloemen uit het boerenland. Daardoor vinden bijen niet het hele seizoen door voldoende nectar en verhongeren ze.

Uit ecologisch onderzoek blijkt ook dat de neonicotinoïden via stuifmeel in sloten en oppervlaktewater belanden en zo waterorganismen kunnen schaden. En ook voor de mens zijn de stoffen minder onschadelijk dan aanvankelijk gedacht: Japanse medici concludeerden in een

studie onder mensen die neonicotinoïden inademen na besproeiing van bomen dat ze vergelijkbare effecten hebben als de organofosfaten.

NIEUWE KLASSE

De agrochemiebedrijven hebben een nieuwe generatie insecticiden klaarstaan: de diamides en isoxazolines. Deze insecticiden grijpen aan op de ryanodine-receptor, een onderdeel van een belangrijk calciumionenkanaal van het insectenzenuwstelsel. Blokkering van deze receptor maakt spiercontractie onmogelijk en werkt dus verlamdend.



De receptor is vernoemd naar de Zuid-Amerikaanse plant *Ryania speciosa*. Al in de jaren veertig was bekend dat gestampte wortels van deze plant vlinder- en motenlarven doden. De actieve component, ryanodine, werd in 1972 gevonden (zie figuur), maar de moleculaire structuur is zo complex (>10 stereocentra) dat commerciële synthese niet haalbaar is. Ook lukte het aanvankelijk niet chemisch eenvoudigere varianten te vinden met dezelfde werking.

Maar in de jaren negentig ontdekte Japanse onderzoekers bij toeval dat bepaalde diamides, en later ook isoxazolines, eenzelfde werking hebben. Dat werd de basis voor veel nieuw onderzoek bij agrochemiebedrijven wereldwijd. Een voorbeeld van de producten is flubena-

LUIZEN VERSTIKKEN

De hoofdluiz, *Pediculus humanus capitis*, is in tegenstelling tot de mensenvlo nog lang niet uitgeroeid. Bij apotheek en drogist zijn antihoofd-luizslotions te koop. Tot voor kort bevatten ze ofwel het organofosfaat malathion ofwel de pyrethroïde permethrine. Twee keer het haar behandelen en het probleem kan verleden tijd zijn. Kán, want hoofd-luizen blijken steeds vaker resistent. En vanwege de neurotoxische werking worden de middelen niet aangeraden, zeker niet bij kinderen. De GGD beschouwt ze als noodgreep bij hardnekkige en terugkerende besmettingen en geeft de voorkeur aan de uitkammethode: twee weken lang het haar dagelijks ontluizen met een luizenkam.

Sinds een paar jaar is er een nieuw antiluzen-middel toegestaan in Nederland: dimeticon. Het is een mix van vloeibare, lineaire polydimethyl-



siloxanen (PDMS), een kunststof dus. Een laagje PDMS kapselt luizen en neten hermetisch in. Waardoor de luis geen zuurstof meer door de huidporiën binnenkrijgt én geen water kan uitscheiden. De luis sterft binnen een kwartier. Een staaltje fysieke oorlogsvoering dus. Met olijfolie kan eenzelfde effect bereikt worden, maar dan pas na acht uur in de olie zitten.

SLIMME GEURVALLEN

De Nederlandse bioloog Bart Knols won in 2006 een Ig-Nobelprijs voor onderzoek dat bewees dat de malariamug afkomt op zweetvoeten én Limburgse kaas. Achter het vrolijke onderzoek zit een zeer serieus doel. Knols ontwikkelt geurvalLEN om muggen te doden die dengue, malaria en knokkelkoorts veroorzaken. Zijn bedrijf In2Care produceert een soort half afgesloten bloempot met water, waarin muggen graag hun eitjes leggen. Muggen komen daar in contact met de schimmel *Beauveria bassiana* die hen na acht tot tien dagen doodt. Ook bevat de val het middel pyriproxyfen, een hormoonanalogon dat de groei van muggenlarven compleet verstoort. De muggen nemen het larvigif mee op hun poten en besmetten zo in hun laatste levensdagen ook andere waterpoelen en doden daar de larven. Muggenonderzoeker Knols is ook de drijvende



kracht achter de ontwikkeling van de *Eave tubes*. Pijpen onder de rand van het dak van Afrikaanse huizen lokken 's nachts muggen door de geur van mensen binnenshuis. De muggen vliegen in de buizen tegen een gaas met insecticidepoeder aan. De oppervlakte van het gaas is een fractie van muskietnetten waardoor insecticidegebruik minder en veiliger is.

mide, dat sinds begin 2014 is toegestaan in Europa. De toxiciteit van de stoffen voor zoogdieren (en dus ook de mens) is laag omdat de ryanodine-receptor bij hen relatief weinig voorkomt.

RNA-GIF

Genetische modificatie kan een oplossing zijn, maar het is geen wondermiddel dat resistentie voorkomt. In 2009 werden in India larven van de tastermot (*pink bollworm*) gevonden die zonder problemen Bt-katoen aten. En in 2011 zijn in de VS maiswortelkevers aangetroffen die Bt-mais verorberen zonder te sterven. Monsanto reageerde met de ontwikkeling van tweedegeneratiegewassen met meerdere Bt-toxines, gebruikmakend van de grote natuurlijke variatie in de toxines.

Ondertussen is de microbiologie gestuit op een veel specifiekere, en mogelijk ook effectievere manier om plaaginsecten via genetica te bestrijden: RNA-interferentie (RNAi). Net voor de eeuwwisseling ontdekten de Amerikaanse biologen Craig Mello and Andrew Fire's een nieuwe wijze waarop de natuur de expressie van genen regelt. RNA blijkt soms 'afgevangen' te worden door korte ketens RNA zodat een gen niet (volledig) tot expressie komt. In 2006 kregen de biologen voor hun ontdekking de Nobelprijs. Inmiddels is RNAi een veelgebruikte methode om onderzoek te doen naar de functie van genen en beginnen eerste toepassingen van de techniek in beeld te komen. Daaronder is ook de bestrijding van insecten.

Onderzoeker Jiang Zhang van het Max Planck Instituut in Potsdam liet begin

2015 zien dat RNAi aardappelplanten tegen de larven van de Coloradokever (een internationale 'superpest') kan beschermen. Bekend was dat keverlarven sterven wanneer ze dubbelstrengs-RNA (dsRNA) eten dat complementair is aan RNA dat codeert voor bèta-actine, een eiwit dat nodig is voor skeletopbouw. Het dsRNA wordt in insectcellen opgeknipt tot siRNA (*short interfering RNA*), dat zich dankzij de complementaire basevolgorde aan het actine-RNA hecht, waardoor aflezen onmogelijk wordt, productie van het eiwit stopt en er dus een tekort aan het eiwit ontstaat.

Slim van Zhang is dat hij dsRNA inbouwde in de chloroplasten (bladgroencellen) van de aardappelplant. De chloroplasten hebben een apart, eenvoudig

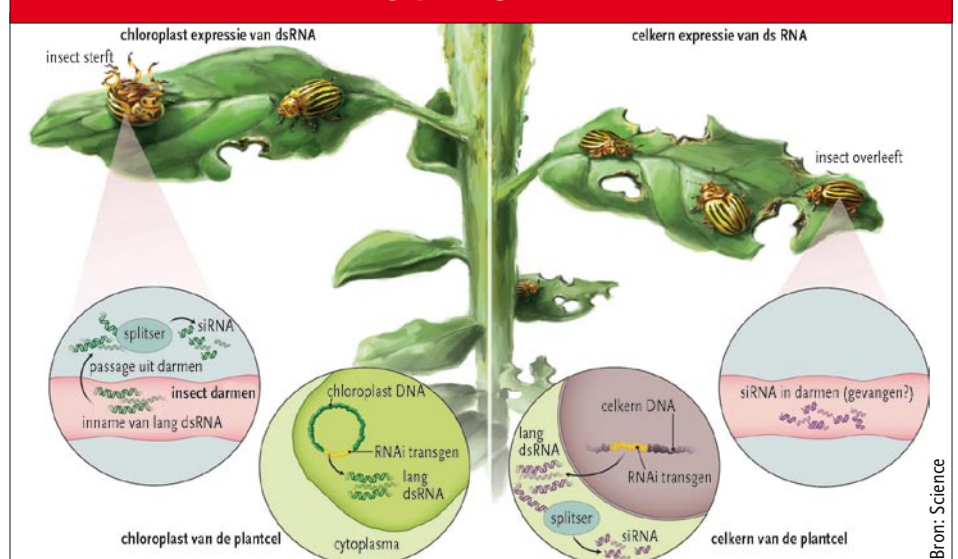
setje genen. RNAi speelt geen rol in de regulering daarvan. Hierdoor hoopt het dsRNA zich op en krijgen larven die bladeren eten een hoge dosis binnen. Alle larven stierven binnen vijf dagen. In eerdere experimenten waarbij dsRNA in het plant-DNA was ingebouwd, was het effect veel bescheidener. Plantencellen breken het dsRNA af tot siRNA en dat wordt niet effectief opgenomen door het darmstelsel van de larven. Gebruik maken van de chloroplasten omzeilt dus een belangrijk probleem in RNAi.

ZONDER CHEMIE

In 2014 riep de Europese Unie geïntegreerde gewasbescherming (*Integrated Pest Management*, IPM) tot officiële leidraad. IPM ziet gebruik van insecticiden als laatste redmiddel. Voordat een teler naar chemicaliën grijpt, moet hij/zij eerst kijken of er andere bestrijdingsopties zijn.

De biologische landbouw, waar altijd zonder insecticiden wordt gewerkt maar waar de opbrengsten over het algemeen een stuk lager zijn, kan hiervoor inspiratie opleveren. Wisseling en combinatie van gewassen zijn hier vanzelfsprekend. Wisselteelt voorkomt dat plaaginsecten een grote populatie kunnen opbouwen, combinatieteelt kan voor natuurlijke vijanden zorgen. Monitoring van insectenpopulaties met behulp van feromonenvallen en voorspellingen op basis van weergegevens kan tijdig advies opleveren welke gewassen veel of weinig risico zullen lopen. Ook kan meer gebruik worden gemaakt van gekweekte roofinsecten om ook buiten de kassen een insectenplaag te bestrijden.

ZONDER CHEMIE



Meer weten

AANBEVOLEN LITERATUUR

- *An introduction to pesticides*, G.W. Ware & D.M. Whitacre, The Pesticide Book, 2004.
- *Insecticides: chemistries and characteristics*, J.R. Bloomquist, Electronic textbook of Integrated Pest Management (ipmworld.umn.edu), University of Minnesota.
- Forerunners of pesticides in classical Greece and Rome, A.E. Smith & D.M. Secoy, *J. Agric. Food Chem.* 23(6) 1975.
- *Chemische Feitelijkheid 185*, Bestrijdingsmiddelen, C. Schlab, 2001.
- Insecticidal RNA, the long and short of it, S. Whyard, *Science* 347(6225) 2015.
- Current challenges and trends in the discovery of agrochemicals, C. Lamberth et al. *Science* 742(341) 2013.
- *Worldwide Integrated Assessment of the impacts of systemic pesticides on biodiversity and ecosystems*, 2015, via www.tsfp.nl.
- Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids, *EASAC policy report 26*, april 2015, via www.easac.eu.
- *Plan Bee*, Landbouw zonder pesticiden, Greenpeace 2014.

AANBEVOLEN WEBSITES

- www.compendiumvoordeleefomgeving.nl: cijfers over insecticide en pesticidegebruik in Nederland.
- www.ctgb.nl: College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden
- www.nefyto.nl: Branchevereniging van de gewasbeschermingsmiddelenindustrie
- www.groenkennisnet.nl: o.a. dossier bijensterfte en beeldenbank ziekten, plagen en onkruiden
- www.tsfp.info: website van bezorgde wetenschappers over pesticiden
- www.biokennis.org: kennisbank over biologische landbouw
- www.nieuwsuitdenatuur.nl/doe-het-lekker-zelf/muggenval/: bouw je eigen muggenval
- www.fytoquest.nl: Hou exotische insecten buiten



DDT was populair in de Tweede Wereldoorlog. Het middel verjoeg luizen en muggen, en daarmee dodelijke ziekten als tyfus en malaria. De Wereldgezondheidsorganisatie becijferde dat DDT in die tijd 25 miljoen levens redde. In 1948 ontving de ontdekker van DDT, de Zwitser Paul Müller, een Nobelprijs voor het 'wonderpoeder'.

VOOR OP SCHOOL

1. Noem drie verschillende manieren om ongewenste insecten te bestrijden.
2. Noem drie redenen om insecten te verdelgen en drie redenen om dat na te laten.
3. Waardoor is het gebruik van insecticide in de Verenigde Staten lager dan in Europa?
4. Leg uit met de structuurformule van DDT uit waardoor dit middel zich ophoopt in vet van ijsberen, robben en vogels.
5. Op welke manier werken de meeste insecticiden?
6. Wat zijn feromonen? Noem drie types feromonen.
7. Wat betekent LD₅₀ en hoe betrouwbaar zijn deze waarden voor de mens?
8. Noem twee voordelen en twee nadelen van neonicotinoïden.
9. Ryanodine heeft meer dan 10 stereocentra. Hoeveel verschillende stereoisomeren zijn theoretisch mogelijk bij 2, 5 en 10 chirale centra? Tip: 2ⁿ.
10. Wat betekent complementaire basenvolgorde in DNA?

COLOFON

Chemische Feitelikheden: actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Losbladige uitgave van de KNCV, verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

Redactie:
Erwin Boutsma (C2W), Franny Scholte (C2W), Gerard Stout

Redactie en realisatie:
Bèta Publishers, tel. 070-262 91 00
info@betapublishers.nl

Fotoverantwoording:
Foto's zonder bronvermelding zijn afkomstig van www.dreamstime.com

Opmaak: F.Koeman DTP Services
f.koeman@casema.nl

Basisontwerp: Menno Landstra

Uitgever:
Sijmen Philips, Bèta Publishers
Postbus 19949, 2500 CX Den Haag
tel. 070-26 29 100, info@betapublishers.nl

Abonnementen:
Abonnementenland, Antwoordnummer 1822
1910 VB Uitgeest
tel. 0900-226 52 63 (€ 0,10/minuut)
klantenservice@aboland.nl
Abonnementen kunnen elk gewenst moment ingaan. Wij hanteren de opzegregels uit het verbintenissenrecht. Wij gaan ervan uit dat Chemische Feitelikheden altijd wordt ontvangen uit hoofde van het beroep. Hierdoor wordt het abonnement automatisch met een jaar verlengd tenzij 2 maanden vóór de einddatum een opzegging is ontvangen.

Een abonnement op Chemische Feitelikheden geeft via de website toegang tot tien nieuwe edities per jaar en het totale online archief. Daarnaast ontvangen abonnees in drie zendingen per jaar de losbladige edities.

Tarieven vanaf 2015
Voor particulieren:
Online toegang met inlogcode en papieren editie (inclusief verzamelmap): € 87,75*.
Leden van KNCV, KVVCV en NVON krijgen € 10,- korting.
Voor bedrijven en (onderwijs)instellingen:
Onbepaald toegang tot de digitale edities op basis van IP-adres en papieren editie in drievoud (inclusief verzamelmappen): € 262,50*.
Losse nummers: € 9,95* per stuk te bestellen bij Abonnementenland.
*Bij betaling per acceptgiro wordt € 2,95 extra in rekening gebracht.

INSECTICIDEN

editie 77
nummer 316
juli 2015

Met dank aan:

- Jeroen van der Sluijs, Universiteit Utrecht & University of Bergen
J.P.vanderSluijs@uu.nl

ISSN 0168-3349

KNCV

www.chemischefeitelikheden.nl