



Onze verre voorouders konden hun eten gewoon uit de natuur halen. Natuur genoeg voor zo'n klein clubje mensen. Maar de bijna zeven miljard monden van nu kun je alleen voeden met de hulp van intensieve landbouw. 'Daarmee is kennis van de biologie en van biologische bestrijding van levensbelang', zeggen emeritus hoogleraren Jan Osse en Louis Schoonhoven van de Wageningen Universiteit.

Veilig voedsel voor veel monden

door Jan Osse en Louis Schoonhoven

Soms zie je ze nog wel eens staan: borden aan de rand van een weiland met daarop de strijdkreet: *'Geen toekomst zonder boeren.'* Met die leus vochten Nederlandse boeren lange tijd voor erkenning. En als je er even over nadenkt is de maatschappij van nu inderdaad alleen maar denkbaar dankzij de landbouw. Een vaste woonplaats en een grotere voedselzekerheid leidde tot het ontstaan van dorpen en steden. Bovendien maakten de steeds betere productiemethoden van boeren het lang geleden mogelijk dat mensen zich met andere zaken bezig konden houden dan met voedselproductie. Er ontwikkelde zich een scala van beroepen: naast boeren kwam er behoefte aan ambachtslieden, ambtenaren, bestuurders, priesters en ook soldaten. *'Geen geschiedenis zonder boeren'* zou je dus net zo goed kunnen zeggen. Inmiddels moet die landbouw over de hele wereld bijna zeven miljard monden voeden. Dat is geen sinecure.

Waarom nomaden maar moeilijk stoppen met rondtrekken

De moderne mens, *Homo sapiens* ontstond 300 tot 400 duizend jaar geleden uit *Homo erectus*. Zijn eerste levensbehoefte, voedsel, haalde die mens, net zoals de dieren dat doen, gewoon uit de natuur. Die manier van leven heeft de mens heel lang volgehouden. Als je terugkijkt is dat eigenlijk merkwaardig. *Homo sapiens* betekent immers 'de met rede begiftigde mens'. En wat is er nou 'redelijker' dan met hulp van de natuur zelf iets te gaan produceren; om landbouw te bedrijven dus. Toch is dat idee pas heel recent – ongeveer 12 duizend jaar geleden – voor het eerst in de praktijk gebracht. Vóór die tijd had *Homo sapiens* al wel ontdekt hoe je wapens en gereedschap bij de jacht kon gebruiken en hoe je vuur kon benutten voor de bereiding van voedsel.

Waarom heeft het zo lang geduurd voordat wij van verzamelen en jagen overstapten naar het telen van planten en het houden en verzorgen van dieren? Het antwoord is aan de ene kant heel simpel: de mens is een gewoontedier en ingeslepen gewoonten krijg je er niet zomaar uit. Tegelijk is landbouw nog niet zo simpel. Je moet maar op het idee komen zelf planten te zaaien, terwijl je niemand hebt om het van af te kijken. Hoe maak je wilde planten geschikt voor teelt? Hoe domesticeer je dieren? Dat waren geen eenvoudige vragen toen het vak 'boer' nog geboren moest worden.

De overgang van jagen en verzamelen naar landbouw had, naast vergroting van het voedselaanbod, ook andere gevolgen. De opkomende landbouw betekende een forse ingreep in de natuur. En die verstoring nam alleen maar toe naarmate de bevolking groeide. De wilde planten, planteneters, en in hun kielzog de vleeseters, parasieten en ziekteverwekkers, alles en iedereen zou merken dat de mens aan het boeren was geslagen.

Professor Jan Osse en professor Louis Schoonhoven zijn emeritus hoogleraren, respectievelijk algemene dierkunde en entomologie van de Wageningen Universiteit

De mens in het ecosysteem

Landbouw en veeteelt hebben het 'systeem aarde' in de afgelopen 12 duizend jaar diepgaand veranderd. De ecooloog Garrett Hardin stelde in een aantal 'ecologische wetten', dat ingrepen in een ecosysteem nooit beperkt blijven tot slechts één effect: in het web van interacties heeft iedere soort – direct of indirect – banden met andere soorten. De mens is daarin niet anders dan dieren. Meestal hebben we maar nauwelijks een idee wat voor effecten ons handelen op andere plaatsen in een ecosysteem teweegbrengen.

Onbegrensde groei bestaat niet

Een tweede wet die Hardin beschreef, zegt dat geen enkel systeem een permanente 'positieve terugkoppeling' lange tijd kan overleven. Dat betekent dat een ecosysteem dat uitsluitend zelf versterkende groei vertoont, uiteindelijk zal vastlopen. Zo kan een kleine konijnenpopulatie een tijdje exponentiële groei vertonen. Ouders planten zich voort, hun jongen gaan zich voorplanten enzovoort. Maar in werkelijkheid bestaat een continu groeiend systeem niet. Op een bepaald moment treedt een negatieve terugkoppeling in werking. Voedselgebrek, sociale stress tussen de konijnen onderling, ziekten of andere problemen zetten een rem op de groei. Onbegrensde groei bestaat niet. Niet bij konijnen en niet in de rest van de ecologie!

Het milieu stelt de grens

Een derde hoofdregel zegt dat je de draagkracht van het milieu niet mag overschrijden, op straffe van vernietiging of onherstelbare schade aan dat milieu. Overschrijding van draagkracht is zelfs zó riskant, dat beperking van het aantal individuen noodzakelijk kan worden. Onverbeterlijke optimisten denken dat we met nieuwe technologie zulke risico's kunnen uitsluiten. En inderdaad, door steeds betere landbouwmethoden is de draagkracht van het 'systeem aarde' voor de mens gigantisch toegenomen. Toch kunnen niet alle problemen met nieuwe technologie worden opgelost. Wanneer erosie goede landbouwgrond wegspoelt heb je tijd nodig voor herstel in plaats van technologie en ook als we heel veel hout kappen voor huizen of meubels, dan kan alleen voldoende tijd die voorraad aanvullen. Vanuit de ecologie bekeken is het zelfs meer dan duidelijk dat de grenzen aan de groei ook voor de mens zelf gelden. Hoe gevoelig die stelling buiten de ecologie ligt, bewijst bijvoorbeeld de discussie rond de één-kind-politiek in China.

Beperkt houdbaar

Hardin beschreef ook regels rond bestrijding van landbouwplagen. 'Elk bestrijdingsmiddel, of het nu een insecticide, fungicide of herbicide is, loopt uiteindelijk dood.' Als je het beruchte middel DDT als voorbeeld neemt klopt dat als een bus. Bij de introductie, in 1939 leek het een droomproduct. Het was breed toepasbaar, effectief en lekker goedkoop te produceren. Pas veel later bleek dat ook de 'neveneffecten' buitengewoon sterk waren (figuur 1).

Hardins laatste regel zegt dat plagen noch ziekten met één simpel middel duurzaam bestreden kunnen worden. Dat is het gevolg van de complexiteit van een ecosysteem. Duurzame gewasbescherming kan alleen door de manier van teelt te verbeteren en door



DIRECTE NADELEN	INDIRECTE NADELEN
<ul style="list-style-type: none"> • Doodt nuttige organismen, inclusief natuurlijke vijanden 	<ul style="list-style-type: none"> • Accumuleert in voedselketens
<ul style="list-style-type: none"> • Giftig voor boer en tuinder 	<ul style="list-style-type: none"> • Stimuleert ontwikkeling van resistentie
<ul style="list-style-type: none"> • Giftig voor consument 	<ul style="list-style-type: none"> • Verspreiding door milieu, inclusief bodem en water
<ul style="list-style-type: none"> • Giftig voor bloembestuiers 	
<ul style="list-style-type: none"> • Kostbaar 	



figuur 1 Neveneffecten van het gebruik van pesticiden

verschillende bestrijdingsmethoden te combineren. Deze 'Hardin-regels' scheppen een goed kader voor het verantwoord oplossen van ecologische problemen in de landbouw.

Jagen en verzamelen, de echte 'gouden eeuw'?

Jagen en verzamelen was zo gek nog niet. Bosjesmannen uit de Kalahariwoestijn besteedden gemiddeld ongeveer vijftien uur per week aan het verzamelen van voedsel voor de gehele samenlevende groep. Slechts tweederde van de groep deed daaraan mee. Met andere woorden: weinig zorg en veel vrije tijd. Was de periode van jagen en verzamelen misschien de echte gouden eeuw voor de toenmalige mensen?

Met die vraag in gedachte ging de Amerikaanse onderzoeker Jack Harlan het veld in. Hij had ontdekt dat een voorloper van de moderne tarweplant, de wilde einkorn (*Triticum boeoticum*) weelderig groeide op een plek in Zuidoost-Turkije. Staande in dat veld vroeg hij zich af hoe aantrekkelijk een dergelijke groeiplaats zou zijn voor een verzamelaar uit de steentijd. Hoeveel tijd zou het kosten om voldoende van dat voedsel te verzamelen

figuur 2a De aar van einkorn (*Triticum boeoticum*) en losse zaden die door kaf stevig zijn ingepakt. Midden de aar van tarwe (*T. aestivum*) en losse graankorrels met gemakkelijk loslatende kafbladjes. Rechts een vuurstenen mes, 8.000 tot 6.500 voor Christus, Marokko

figuur 2b Een vuurstenen mes, 8.000 tot 6.500 voor Christus, Marokko



voor een maaltijd? Zonder gereedschap kon Harlan ongeveer een kilo graan per uur verzamelen. Maar als hij een stenen mesje uit de Jonge Steentijd gebruikte, dan ging het al een stuk beter. Zijn conclusie was dat een familiegroep, die aan de onderkant van de berg begon en geleidelijk, met de rijping van de halmen, de helling op werkte, in drie weken gemakkelijk genoeg graan kon verzamelen om de hele groep een jaar lang te voeden. Bovendien was het heel hoogwaardig voedsel (figuur 2).

Met een paar uur werk per dag waren verzamelaars beter af dan de eerste boeren

Ruzie

Deze voorbeelden suggereren dat verzamelaars met een paar uur werk per dag beter af waren dan de eerste boeren. Waarschijnlijk waren ze nog gezonder ook. Maar door de groei van het aantal mensen ontstond onderlinge strijd om de gunstige plaatsen. Waarschijnlijk nam het aantal bejaagbare dieren af. Tegelijk werd de techniek voor het verzamelen, behandelen en bewaren van voedsel beter. Opgravingen en datering op basis van radioactief koolstof laten zien dat in die tijd, acht à negen duizend jaar voor Christus, al sikkels van vuursteen werden gemaakt. Daarnaast werden manden gevlochten en gebruikte men primitieve keramische technieken voor het maken van vaten en kannen, waarin voedsel kon worden bewaard, veilig voor insecten en knaagdieren.

Mensen ontdekten waarschijnlijk ook de bijkomende voordelen van het bewaren van zaden. Wat gemorst werd, kwam het volgend seizoen weer op. Andere zaden kwamen met de uitwerpselen weer in de omgeving terecht. Van sommige planten is bekend dat hun zaden eerst het darmkanaal van een dier moeten passeren voor ze kunnen ontkiemen. Het bewaren van een deel van de zaden en het uitstrooien daarvan op een geschikte plaats werd daarmee een logische stap. Daarmee was de landbouw geboren.

Het valt niet keihard te bewijzen dat uiteindelijk de toename van het aantal mensen de belangrijkste oorzaak is van het begin van de landbouw. Het lijkt op zijn minst aannemelijk dat tegen het eind van het Pleistoceen, zo'n 11 duizend jaar geleden, de populatie van jagende en verzamelende mensen op een aantal plaatsen aan zijn maximum zat. De beperkte draagkracht van de aarde kwam hier en daar in zicht. Daardoor ontstond geleidelijk een stimulans om de oude manier van voedsel zoeken te combineren met nieuwe methoden.

Planten temmen

Mensen trokken vroeger niet voor hun lol, maar omdat hun leefgebied was uitgeput. Door de domesticatie van planten en dieren werd dat rondtrekken onnodig. Er kwam zekerheid van voldoende voedsel voor een langzaam groeiende groep mensen voor terug. Domesticatie van planten betekende het voortdurend kweken, waarbij – bewust of onbewust – de erfelijke aanleg van de plant veranderde. Door alleen met de goede planten door te kweken, ontstond een steeds betere voedselbron. Uit de enorme natuurlijke verscheidenheid aan wilde planten ontstond uiteindelijk een relatief kleine

vraag 1 Waar onze landbouwplanten hun oorsprong letterlijk over de hele wereld hebben, komen bijna alle landbouwhuisdieren van oorsprong uit Eurazië. Welk landbouwhuisdier komt niet uit Europa of Azië?

collectie van bruikbare soorten. Dat waren ongetwijfeld dezelfde die eerder in de vrije natuur verzameld werden: de planten met de beste smaak van vruchten, zaden, spruiten of wortels en de beste houdbaarheid en voedingswaarde.

Landbouw kwam in een oogwenk

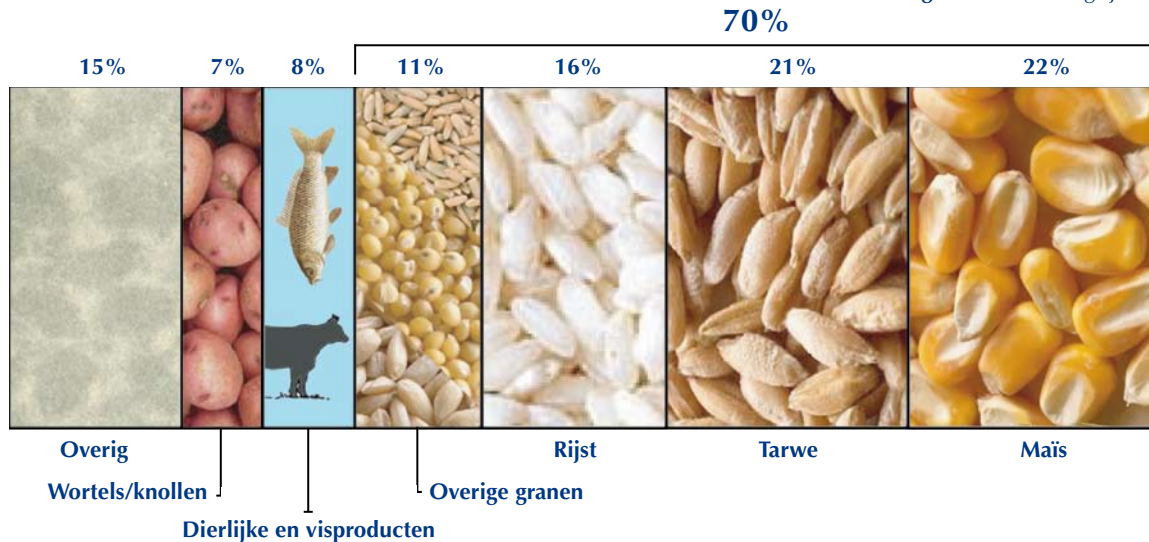
Vergeleken met de vele tienduizenden jaren die het kostte voordat de mens gereedschappen maakte en vuur benutte, vond de overgang naar landbouw in een oogwenk plaats. De vroegste landbouwgebieden liggen in Zuid-Turkije, Palestina en het zogenoemde 'Tweestromenland' van de Eufraat en Tigris. Dit gebied wordt wel de 'Gouden Driehoek' genoemd (figuur 3). Daar voltrok zich in slechts drie millennia, tussen acht en vijf duizend voor Christus, de revolutie naar landbouw en veeteelt. Andere primaire centra van landbouw ontstonden in China, Midden-Amerika, de Andes, Amazonica en misschien nog enkele andere gebieden.

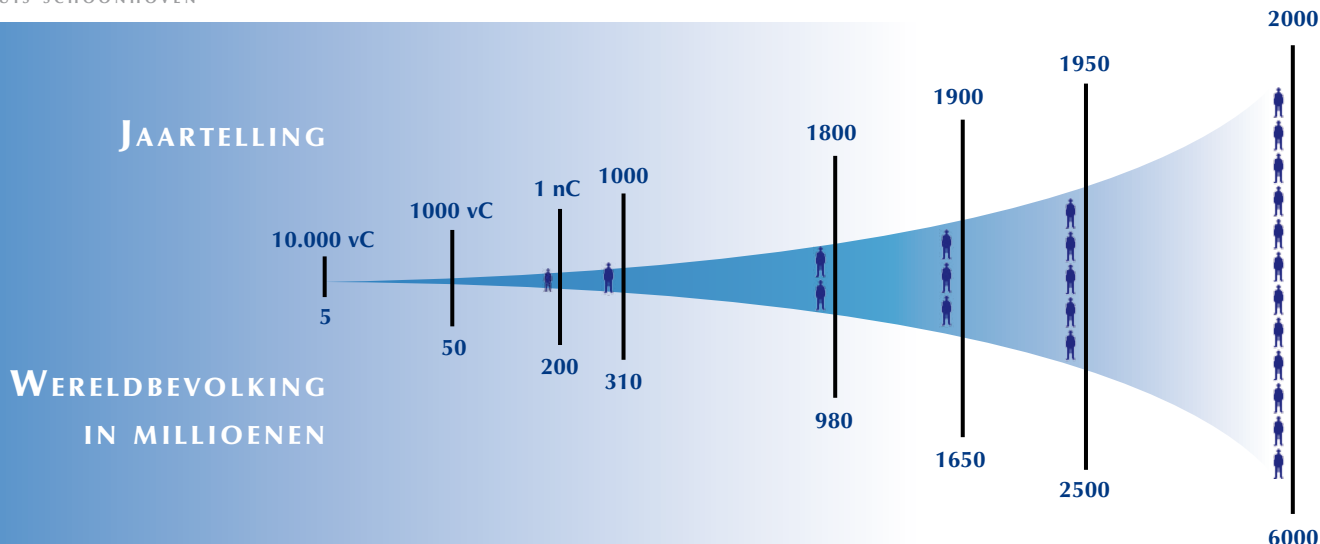
In de Gouden Driehoek kozen de mensen uit 32 natuurlijke grassoorten de twee met de grootste zaden en de beste smaak: emmertarwe en gerst. Beide soorten floreren in gematigde streken en relatief droge gebieden. Het bleek een goede keuze want tot op de dag van vandaag zijn dat twee belangrijke voedselgewassen. Al heel vroeg werden peulvruchten, zoals erwten, bonen en linzen gekweekt. De olijfbom is sinds circa vier duizend voor Christus een van de oudste gekweekte bomen. Rijst, een grassoort uit een vochtig en warm klimaat, wordt al sinds zeven duizend voor Christus in China gevonden. Maïs, gekweekt in zowel de gematigde als in tropische streken, komt oorspronkelijk uit Midden-Amerika. Granen, vooral tarwe, rijst en maïs, leveren nu nog steeds 70% van de energie van de voeding van de hele wereldbevolking (figuur 4).



figuur 3 De 'Gouden Driehoek' in Klein-Azië, het oorsprongsgebied van de oudste landbouwgewassen

figuur 4 De belangrijkste voedselgewassen



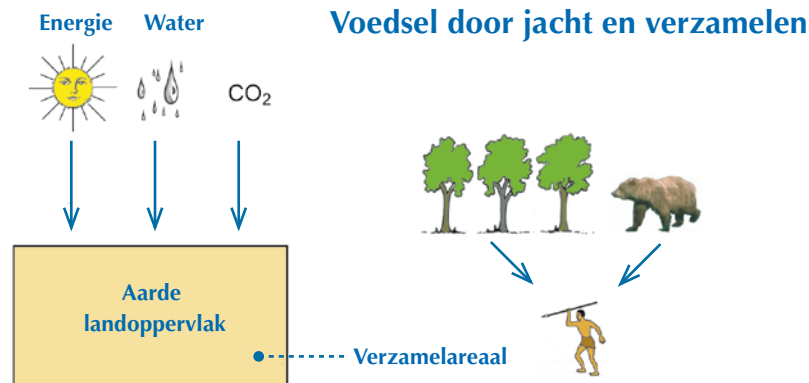


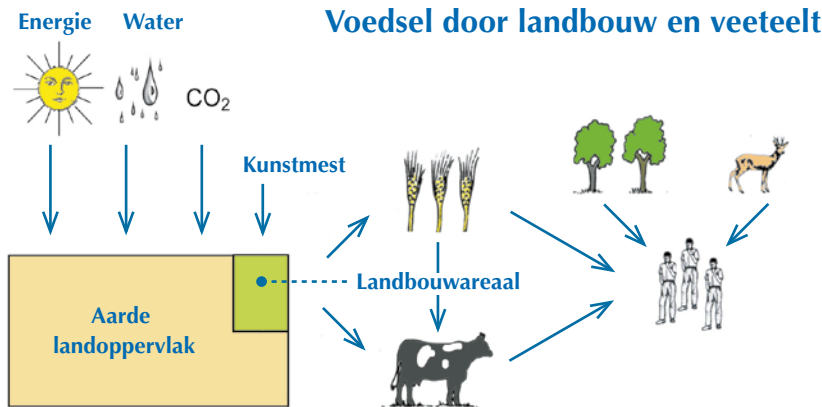
figuur 5 Omvang van de wereldbevolking sinds de mens zijn voedingsgewassen begon te telen

Bevolkingsexplosie

De verspreiding van landbouw en veeteelt over de wereld veroorzaakte niet alleen grote veranderingen in de ecologie van onze aarde. Het veranderde de hele menselijke samenleving. Intensieve voedselproductie en sociale organisatie horen bij elkaar en versterken elkaar. Het wonen op een vaste plaats, de zogenoemde sedentaire leefwijze, leidt tot specialisatie binnen de bevolking. Naast producenten – boeren dus – ontstonden ambachtslieden, ambtenaren, bestuurders, priesters en soldaten. De bevolking kon nu flink groeien, want landbouw maakte een tien tot honderd keer zo hoge dichtheid van de menselijke populatie mogelijk (figuur 5 en figuur 6). Landbouw leidde niet alleen tot een explosie van de bevolking, maar ook tot een ‘vereenvoudiging’ van ecosystemen die

figuur 6a Voor het begin van landbouwactiviteiten verzag de vrije natuur de mens van voldoende voedsel





figuur 6b Intensieve landbouw en veeteelt maken een hogere voedselproductie mogelijk

tot dat moment nog uiterst complex waren. Door de toenemende eenvormigheid van de begroeiing in landbouwgebieden, ontstonden nieuwe kansen voor 'plaagsoorten'.

Kansen voor planteneters

De verarming van de oorspronkelijke ecosystemen leidde niet meteen tot ernstige plagen. Akkers waren nog klein, minder talrijk en minder geconcentreerd in bepaalde gebieden. Bovendien waren ze nog omgeven door de natuurlijke begroeiing. Daarin leefden de natuurlijke vijanden van planteneterende insecten die het op de landbouwgewassen gemunt zouden kunnen hebben. Boeren leerden ook al snel dat teeltmaatregelen, zoals de zogenoemde vruchtwisseling, de ontwikkeling van plagen kon tegenwerken. Slechts een beperkt deel van de oogst ging verloren.

Tot ongeveer 1800 wisten boeren niet precies waarom ze met verschillende teeltmethoden grote oogstverliezen konden voorkómen. Het ging om het succes in de praktijk, niet om de wetenschap erachter. Op grond van hun ervaring boerden de boeren op een manier die we nu 'ecologisch' zouden noemen. Het landbouwecosysteem werd zó ingericht dat ziekten en plagen weinig kans kregen. Chinese boeren, bijvoorbeeld, legden bundels stro op plaatsen waar veel spinnen zaten. Die bundels brachten ze later naar hun akkers. Zo konden spinnen schadelijke insecten opruimen. Doordat in de twintigste eeuw de arealen met monoculturen steeds groter werden, ontstonden nieuwe en vooral ernstiger problemen. Ook in de zogenaamd beschermde teelten onder glas, ver van de natuurlijke situatie, bleken ziekten en plagen goed te gedijen!

Liefde voor chemie

Rond 1945 werden chemische pesticiden populair. 'Dit was het ei van Columbus om plagen te bestrijden'. Deze 'chemofiele' aanpak van gewasbescherming heeft zo'n 45 jaar de boventoon gevoerd. Tot op de dag van vandaag zet het een rem op de ontwikkeling van andere, biologisch meer gezonde methoden. Toch waren er al vroeg andere geluiden te horen. Zo adviseerde de Duitser Theodor Hartig al in 1827 om geparas-

vraag 2 Boeren krijgen op enkele plaatsen in ons land subsidie om akkerranden met wilde bloemen in te zaaien. Waarom?

teerde rupsen te verzamelen. Wanneer je die in een kooi kon bewaren zouden daar parasitaire sluipwespen uit tevoorschijn komen. Die kon je vervolgens in het gewas loslaten om plaaginsecten te belagen. Helaas werden publicaties van ecologen als Hartig in de jaren vijftig en zestig niet al te serieus genomen. Pas later, toen mens, dier

De eerste periode van biologische bestrijding was vallen en opstaan

vraag 3 DDT is niet helemaal in de ban gedaan. Er rest nog één belangrijke toepassing van dit gif. Welke?

figuur 7 Het boek *Silent Spring* ('Dode Lente'), waarin Rachel Carson in 1962 de dramatische gevolgen van het gebruik van pesticiden aanschouwelijk maakte



en milieu werden vergiftigd door resten van bestrijdingsmiddelen, en na het ontstaan van grootschalige resistentie tegen chemische middelen, merkte men dat chemische bestrijding niet het laatste woord had.

Dode lente

In 1962 schreef de Amerikaanse Rachel Carson het boek *Silent Spring*, twee jaar later in het Nederlands vertaald als 'Dode Lente'. Dat boek werd een ware *eye opener* voor velen (figuur 7). Het boek wordt wel als het beginpunt gezien van de milieubeweging. Carson liet het grote publiek kennismaken met de schadelijke gevolgen van pesticiden, vooral voor vogels. De ban op DDT als pesticide was voor een deel aan *Silent Spring* te danken. Pas rond 1990 kwam er een echt sterke afname van het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen. De aandacht voor zogenoemde geïntegreerde bestrijdingsmethoden groeide. Er kwam zelfs teelt van gewassen op gang zonder enige hulp van chemische middelen.

De eerste periode van biologische bestrijdingsmethoden was er een van vallen en opstaan. Zo mislukte in 1873 de invoering van een Amerikaanse roofmijt ter bestrijding van de Franse druifluis, die de Franse wijngaarden bedreigde. Daar staat een spectaculair succes tegenover bij de bestrijding van een schildluis in de Californische citrusteelt. Die teelt dreigde aan het eind van de negentiende eeuw geheel te gronde te gaan door de toevallig uit Australië geïmporteerde schildluis *Icerya purchasi*. Het beestje ontwikkelde zich explosief omdat er in Californië geen natuurlijke vijanden aanwezig waren van de schildluis. Ten einde raad stuurden de Californiërs een entomoloog naar Australië om natuurlijke vijanden van dit insect te bestuderen. Hij kwam terug met onder meer het lieveheersbeestje *Rodolia cardinalis*. Al na een maand waren de eerst citrusbomen vrij van schildluizen en na 18 maanden was de totale citruscultuur in Californië grotendeels schoon!

Met dit eerste succes op zak begon de zoektocht naar nieuwe methoden van biologische bestrijding van plagen. Maar ook in de plantenveredeling werd de koers verlegd. Naast de aandacht voor planten met betere opbrengst, ging men letten op natuurlijke afweer tegen ziekten en plagen. De trukendoos van de huidige oogstbeschermers is daarmee zeer gevarieerd geworden (figuur 8).

Methoden voor het beheersen van plagen



Figuur 8 De verschillende methoden die op een duurzame manier onze oogsten kunnen beschermen

Noot: In brede zin zijn methoden 7 en 8 ook 'biologische bestrijdingsmethoden'

antwoord 1 Schaaap, rund, geit, paard en varken komen van oorsprong uit Eurazië. Alleen de kip komt van oorsprong uit Zuidoost-Azië.

antwoord 2 Wilde akkerranden om landbouwgrond zorgen voor een duidelijke afname van insectenvraat, tot wel 30 meter uit die rand. De wilde rand herbergt veel natuurlijke vijanden van plaaginsecten. Daardoor hoeft er minder gif gespoten te worden op een akker met wilde randen,

antwoord 3 Bij de bestrijding van malaria-muggen wordt nog DDT gebruikt.