

Pesticides and the Living Landscape

ROBERT L. RUDD

Pesticides and the Living Landscape

by

ROBERT L. RUDD

with a foreword by

NORMAN W. MOORE

FABER AND FABER

24 Russell Square

London



*First published in England in mcmxv
by Faber and Faber Limited
24 Russell Square London WC1
Printed in Great Britain
by Latimer Trend & Co Ltd Whitstable
All rights reserved*

Copyright © 1964 by
the Regents of the University of Wisconsin

Boekkapt tekst UK uitgave 1965

PESTICIDEN EN HET LEVENDE LANDSCHAP

ROBERT L. RUDD

Met een voorwoord door Dr. Norman W. Moore, hoofd van de afdeling Giftige Chemische Stoffen en Wilde Dieren, Monks Wood Experimental Station, Huntingdon

In de afgelopen decennia heeft het wijdverbreide gebruik van chemische pesticiden de gewasproductie aanzienlijk verbeterd, waardoor de voedselvoorziening voor de groeiende wereldbevolking op een broodnodige manier is toegenomen. Het is echter niet verwonderlijk dat de grootschalige introductie van nieuwe giftige chemicaliën in het milieu nieuwe gevaren met zich meebrengt voor alle levende organismen, inclusief de mens. Dr. Rudd, een professionele zoöloog aan de Universiteit van Californië, was een van de eersten die het belang van dit probleem inzag. Zijn vooruitziende waarschuwingen werden aangevuld met Rachel Carsons gepassioneerde pleidooi *Silent Spring*, dat niet alleen wetenschappers maar ook het grote publiek betrok in een controverse die op alle niveaus voortwoedt.

Pesticides and the Living Landscape is de eerste uitgebreide wetenschappelijke evaluatie, die de statistische, analytische en biologische achtergrond biedt om controversiële vragen te kunnen begrijpen. Niemand is beter gekwalificeerd om dit te schrijven dan Dr. Rudd, met zijn jarenlange bewustzijn van de aard van het probleem en zijn actieve deelname, gedurende een aantal jaren, aan individuen en organisaties die geïnteresseerd zijn in ongediertebestrijding. Zijn benadering is ecologisch: hij pleit voor een nieuwe visie waarin plaagsoorten worden beschouwd als afhankelijk van dezelfde natuurlijke krachten die alle levende wezens beïnvloeden.

In Groot-Brittannië worden pesticiden voornamelijk gebruikt om

landbouw- en tuinbouwgewassen te beschermen, terwijl ze in de Verenigde Staten op grote schaal worden gebruikt tegen insecten die ziekten overbrengen, in bossen en in watergebieden en moerassen. Er moet echter worden bedacht dat een veel groter deel van het land in Groot-Brittannië in gebruik is voor landbouw. Op enkele uitzonderingen na worden in beide landen dezelfde pesticiden gebruikt. De maatregelen om het gebruik ervan te beperken zijn in beide landen anders georganiseerd, maar geen van beide systemen is toereikend. Het boek van Dr. Rudd is een belangrijke bijdrage aan het welslagen van toekomstige maatregelen. Het zou moeten worden gelezen door iedereen die beslissingen moet nemen, groot of klein, over ongediertebestrijding, en door iedereen die geïnteresseerd is in dit wereldprobleem, dat het algemeen welzijn in de breedste zin van het woord raakt.

VOORWOORD

door **DR. NORMAN W. MOORE** ^{1*)}

De belangrijkste problemen waarmee de mensheid vandaag de dag wordt geconfronteerd, zijn ecologisch van aard. Er moeten met name manieren worden gevonden om populaties (waaronder die van de mens) te beheersen en de biologische productiviteit te verhogen. Deze problemen worden sterk beïnvloed door de chemische revolutie in de landbouw, die zich in het afgelopen kwart eeuw heeft voltrokken. Dit is een zeer belangrijke historische gebeurtenis, omdat de mens hierdoor zijn omgeving veel beter kan beheersen dan voorheen. Pesticiden hebben al miljoenen mensenlevens gered en de productiviteit van landbouwgrond tot een voor de oorlog onvoorstelbaar niveau verhoogd. Het is niet verwonderlijk dat de introductie van talrijke nieuwe chemische stoffen – die allemaal bedoeld zijn om levende organismen te doden – in het milieu zowel nieuwe gevaren als nieuwe voordelen met zich mee heeft gebracht. Impliciet in het boek van Dr. Rudd is de erkenning dat de moderne mens ecologisch moet denken als hij wil overleven. Paradoxaal genoeg is het misbruik van pesticiden misschien wel waardevol geweest omdat het ons heeft gedwongen ecologisch te denken.

Dr. Robert Rudd was een van de eersten die zich bewust

1 *) Hoofd van de afdeling Giftige Chemische Stoffen en Wilde Dieren
Monks Wood Experimental Station, Huntingdon (UK)

werd van het ecologische karakter van het pesticidenprobleem en het belang ervan. In 1956 publiceerde hij samen met Dr. Richard Genelly een handboek getiteld "*Pesticides: Their Use and Toxicity in relation to Wildlife*" voor het Department of Fish and Game van de staat Californië. Veel wetenschappers, waaronder de schrijver van dit voorwoord, zijn dankbaar voor de schat aan nuttige informatie in dit boek. Het handboek bevatte enkele vooruitziende waarschuwingen over het gebruik en misbruik van pesticiden. Het is triest dat deze door de meesten niet werden opgevolgd. Pas toen Rachel Carson haar boek *Silent Spring* schreef, een gepassioneerd pleidooi, begon de wereld het pesticidenprobleem onder ogen te zien. Het is passend dat een van de eerste wetenschappers die het belang van het pesticidenprobleem inzag, ook de eerste wetenschappelijke evaluatie ervan schreef. De waarde van *Pesticides and the Living Landscape* spreekt voor zich; het is een voorrecht om het aan het Britse publiek te mogen voorstellen. Daarbij wil ik de aandacht vestigen op de verschillen tussen de situatie in Amerika en die bij ons, want hoewel de ecologische en filosofische ideeën in het boek van Dr. Rudd hier evenzeer van toepassing zijn als in de VS, zijn er aanzienlijke verschillen tussen beide landen wat het gebruik en de controle van pesticiden betreft.

In Groot-Brittannië worden pesticiden voornamelijk gebruikt tegen ongedierte in landbouw- en tuinbouwgewassen en in boomgaarden, en zelden tegen bos-ongedierte of insecten die ziekten overbrengen. Van onze gewervelde dieren worden alleen ratten en muizen in of nabij gebouwen en mollen op grote schaal met chemicaliën bestreden. In de VS daarentegen worden jaarlijks enorme bosgebieden en landbouwgrond besproeid met insecticiden, en wordt veel zoet

en brak water en moerasland besproeid tegen muggen. Pesticiden worden op grote schaal gebruikt tegen knaagdieren en vleesetende zoogdieren in gebieden ver van menselijke bewoning. Ze worden ook gebruikt om ongewenste vissoorten te doden. Herbiciden worden veel meer gebruikt op bermen dan in Groot-Brittannië. Niet-eetbare gewassen, voornamelijk katoen en tabak, die niet in Groot-Brittannië worden geteeld, worden op grote schaal met chemicaliën behandeld. Over het algemeen is het aandeel niet-landbouwgrond in de totale landoppervlakte in de Verenigde Staten veel groter dan in Groot-Brittannië, maar wordt er in de Verenigde Staten proportioneel meer besproeid.

De meeste pesticiden die in het ene land worden gebruikt, worden ook in het andere land gebruikt. Er zijn enkele belangrijke uitzonderingen, bijvoorbeeld het organochloorinsecticide toxafeen, dat op grote schaal wordt gebruikt in de VS, maar in Groot-Brittannië alleen mag worden gebruikt voor de bestrijding van regenwormen. De patronen van landbouw en grondbezit verschillen sterk, waardoor de bespuitingsprocedures in beide landen zeer verschillend zijn. Zo zijn grootschalige behandelingen van honderden of duizenden acres uiterst zeldzaam in Groot-Brittannië, maar gebruikelijk in de VS. De Nieuwe Wereld heeft meer te lijden gehad van zeer destructieve geïntroduceerde plagen dan Groot-Brittannië; enkele van de grootste bespuitingsprogramma's in de VS zijn tegen deze plagen gericht. Om deze redenen wordt daar veel meer vanuit de lucht bespoten dan in Groot-Brittannië.

De maatregelen om het gebruik en misbruik van pesticiden te controleren zijn in beide landen zeer verschillend. In de Verenigde Staten wordt de controle uitgeoefend door uitge-

breide staats- en federale wetgeving, maar er is onvoldoende overleg tussen de gezondheids- en landbouwautoriteiten die de regelingen uitvoeren. Bovendien zijn biologen die zich bezighouden met natuurbehoud niet betrokken bij de directe controle op pesticiden, zoals in Groot-Brittannië wel het geval is. De Britse regeling voor voorzorgsmaatregelen inzake pesticiden wordt beheerd door comités bestaande uit leden uit de medische, veterinaire, landbouw- en biologische sector, en is vrijwillig. Geen van beide controlesystemen is toereikend en in beide landen worden grote inspanningen geleverd om ze te verbeteren. Er worden speciale inspanningen geleverd om het gebruik van zeer persistente verbindingen te verminderen. Het succes van toekomstige maatregelen zal grotendeels te danken zijn aan de invloed van Dr. Rudd. Hij heeft al veel gedaan om een evenwichtige visie op de controle op pesticiden te bevorderen; dit belangrijke werk zal meer duidelijkheid scheppen over een wereldwijd probleem dat zowel nieuw als complex is en dat veel van onze gangbare aannames op losse schroeven zet.

NORMAN MOORE

DANKWOORD – Dr. R. L. Rudd

In 1958 stelden de functionarissen van de Conservation Foundation voor dat ik een algemeen onderzoek zou doen naar de invloed van pesticiden op de natuur. Op dat moment wisten noch de stichting, noch ik waar een dergelijk onderzoek toe zou leiden. De stichting heeft mij genereus aangemoedigd, voortdurend geadviseerd en financieel gesteund om de taak te verlichten. Ik ben de hele stichting dankbaar, en in het bijzonder Dr. Fairfield Osborn, Mr. Samuel Ordway, Dr. F. Fraser Darling en Mr. Stephen Bergen. Het meest genereuze geschenk van de stichting was echter de volledige vrijheid om te schrijven wat ik wilde. De standpunten in dit boek zijn dan ook mijn eigen standpunten en komen niet noodzakelijkerwijs overeen met die van de stichting of haar individuele functionarissen.

De inhoud van het boek is gebaseerd op honderden gepubliceerde werken, talloze discussies en frequente correspondentie met geïnteresseerden in vele landen. Ik kan niet alle mensen die op enigerlei wijze hebben bijgedragen bij naam noemen. Maar de lijst is lang. Ik wil alleen zeggen dat ik hen zeer dankbaar ben.

Ik wil mijn collega's, professoren M. A. Miller en G. W. Salt, hartelijk bedanken voor het nalezen van het manuscript op technische nauwkeurigheid. Mijn bijzondere dank gaat uit naar de heer Thompson Webb en de redactie van de University of Wisconsin Press voor hun voortdurende geduld en zorg.

VOORWOORD – Dr. R. L. Rudd

GOED ONTWIKKELD

Geen enkel wezen vóór de mens heeft ooit het vermogen bedacht of verworven om het aardoppervlak naar eigen goeddunken te veranderen. Het landoppervlak van de aarde draagt duidelijke sporen van de dominantie van de mens over het milieu, die op sommige plaatsen, met putjes en onderbrekingen, nu volledig is gevestigd. Politiek gezien noemen we deze putjes nu de *modern-ontwikkelde*, bevoorrechte, moderne naties. De ruimtes daartussen noemen we de achtergebleven, onderontwikkelde of – ooit populair – de *'have-not'*-landen. Het is tegenwoordig in de mode bij de bevoorrechte landen om dezelfde methoden die hen relatieve welvaart hebben gebracht, toe te passen op het grootste deel van de rest van de wereld. Deze toewijding aan totale heerschappij over de producerende delen van de aarde, ongeacht politieke patronen, is een nieuwe ontwikkeling in de geschiedenis van de aarde. Beperkte technologie heeft historisch gezien de reikwijdte van de menselijke dominantie beperkt en zijn dromen van volledige heerschappij getemperd. Maar zelfs zo beperkt had lokale dominantie vaak tragische gevolgen, zoals zoveel prachtige ruïnes getuigen. De onmiddellijke successen van de moderne technologie worden niet overschaduwed door pessimistische reflecties op het verleden. Integendeel, er heerst een optimistische visie. We hoeven niet langer te dromen van een wereld waarin materiële zekerheid en comfort voor iedereen beschikbaar zijn.

We lijken de middelen te hebben om dit te bereiken en we moeten ons, zoals we voortdurend worden voorgehouden, met overtuiging inzetten om dit doel zo snel mogelijk te verwezenlijken. Slechts enkele stemmen vragen zich af wat het eindproduct moet zijn en wat de prijs ervan is. In onze optimistische roes zien we misschien over het hoofd dat zowel de middelen als de doelen van de heerschappij van de mens voortdurend moeten worden geëvalueerd. Dit boek is een poging om slechts één van de vele wegen naar de beheersing van de omgeving door de mens te evalueren. Het gaat uit van de vraag: hoe kunnen we de vele duizenden plant- en diersoorten die met ons concurreren om voedsel, vezels en hout of op een of andere manier onze gezondheid en ons comfort bedreigen, beheersen en tegelijkertijd de productieve, culturele en spirituele waarden die de leefomgeving ons biedt, erkennen, behouden en versterken?

Daarom behandelt dit boek niet één, maar vijf relevante aspecten:

- (1) Hoe de mens de leefomgeving exploiteert.
- (2) Hoe hij de organismen bestrijdt die zijn exploitatie belemmeren.
- (3) Hoe succesvol hij is in het beheersen van deze concurrerende organismen.
- (4) De methoden die hij gebruikt om ze te beheersen.
- (5) De prijs die hij in de praktijk betaalt voor deze methoden.

Het laatste punt is mijn belangrijkste aandachtspunt.

Geen van de onderwerpen is nieuw, maar er is een bijzonder goede reden waarom ze nu moeten worden onderzocht. Methoden om concurrerende organismen te beheersen zijn afhankelijk geworden van het wijdverbreide gebruik van gifstoffen die weliswaar beheersend werken, maar ook ongewenste effecten hebben. De effecten van bestrijdingsmiddelen, wanneer ze niet beperkt blijven tot een bepaalde plaagsoort, roepen onmiddellijk vragen op over waarden. Hoeveel zijn we bereid op te offeren om de gewenste beheersing van één organisme te bereiken? Deze vraag is momenteel zeer omstreken, met standpunten die uiteenlopen tot in het extreme. Ergens tussen deze uitersten ligt een compromis waar praktische beslissingen kunnen worden genomen. De kans dat iedereen tevreden is over de vraag naar waarden is zeer klein. Maar afgezien van waarden, bestaat bij velen het vermoeden dat de huidige nadruk op chemische bestrijdingsmiddelen op de lange termijn contraproductief kan zijn. Bovendien worden de subtiliteit en omvang van chemische effecten nu pas volledig duidelijk. Sommige van deze effecten, hoewel niet voor iedereen onmiddellijk zichtbaar, hebben zelfs de meest tolerante mensen ervan overtuigd dat er iets mis is met de huidige chemische bestrijdingsmethoden en met de onderwijs- en overheidsfilosofieën die daaraan ten grondslag liggen.

Er zijn dus drie soorten bezwaren tegen de huidige nadruk op de bestrijding van levende organismen met chemische middelen:

- (1) Van degenen die de verandering van het organische milieu betreuren die onvermijdelijk gepaard gaat met het gebruik van chemische middelen.
- (2) Van degenen die vinden dat de balans tussen waarde-

oordelen scheef is – dat de baten niet opwegen tegen de nadelen.

- (3) Van de specialisten die van mening zijn dat de biologische complicaties als gevolg van chemische stoffen zo groot zijn dat chemische bestrijding contraproductief is, en die vinden dat alternatieve bestrijdingsmethoden op grotere schaal moeten worden toegepast.

Dit boek beschrijft een aantal conflicten tussen de mens en andere levende wezens, en de methoden die we hebben gebruikt om deze conflicten te verminderen. Het is volledig beïnvloed door de hierboven genoemde bezwaren en lijkt daarom misschien overdreven veel aandacht te besteden aan reële en potentiële gevaren, onevenwichtige waarden en alternatieve bestrijdingsmethoden. Deze nadruk is bewust gekozen.

Mijn enige doel in dit boek is om de serieuze lezer, met name degene met verantwoordelijkheden op dit gebied, uit te leggen wat voor soort gevaren chemische bestrijding met zich meebrengt. Er zijn drie niveaus van uitleg. Het meest algemene niveau is hoofdstuk 1, waarin ik een beknopte beschrijving geef van de keuzes die voor ons openstaan. De hoofdstukken 2 tot en met 5 zijn bedoeld als een beknopt overzicht van de soorten, de economische aspecten en de regelgeving van pesticiden, ten behoeve van lezers die niet bekend zijn met hun aard. De overige 17 hoofdstukken vormen het grootste deel van de beschrijving en vormen de basis voor mijn persoonlijke oordelen en aanbevelingen die door het hele boek heen zijn opgenomen

R. L. RUDD Davis, Californië, september 1963

INHOUD-LIJST

XXXX	<u>Tekst schutblad – verkort voorwoord Dr. -N. W. Moore</u>	000-0
XXXX	<u>Voorwoord - Dr Norman W. Moore</u>	000-5
XXXX	<u>Dankwoord – Dr Rudd</u>	000-7
XXXX	<u>Boekrecensie</u> achter in boek / <u>Wikipedia.de</u>	
DEEL-I	<u>PERSPECTIEF</u>	001
Hfd.-01	<u>Verstoring en dilemma</u>	003
DEEL-II	<u>CHEMICALIËN IN DE BESTRIJDING VAN ONGEDIERTE</u>	007
Hfd.-02	<u>Inleiding tot chemische pesticiden</u>	010
Hfd.-03	<u>Dominantie of gelijktijdigheid? Lokale, massale en geïntegreerde bestrijding</u>	022
Hfd.-04	<u>Verlies, kosten en winst</u>	042
Hfd.-05	<u>De basis van de wetgeving inzake pesticiden</u>	067
DEEL-III	<u>DE REACTIES VAN DIEREN OP CHEMISCHE BESTRIJDING</u>	083
Hfd.-06	<u>De ongewervelde dieren - water, bodem en oppervlakte</u>	085
Hfd.-07	<u>De koudbloedige gewervelde dieren</u>	103
Hfd.-08	<u>De warmbloedige gewervelde dieren</u>	112
Hfd.-09	<u>Het belang van afweer</u>	125
Hfd.-10	<u>Subletale effecten</u>	130

Hfd.-11	<u>Resistentie tegen insecticiden</u>	141
Hfd.-12	<u>Gevaren voor de mens</u>	149
DEEL-IV	<u>DE REACTIES VAN HET MILIEU OP CHEMISCHE BESTRIJDING</u>	157
Hfd.-13	<u>Residuen van bestrijdingsmiddelen</u>	159
Hfd.-14	<u>Veranderingen in het biologische landschap</u>	172
DEEL-V	<u>ECOLOGISCHE RELATIES EN CHEMISCHE BESTRIJDING</u>	181
Hfd.-15	<u>Het ontstaan van plagen</u>	186
Hfd.-16	<u>Relaties tussen roofdieren en prooidieren</u>	196
Hfd.-17	<u>Voedselketens en pesticiden: substitutie en concurrentie</u>	220
Hfd.-18	<u>Voedselketens en pesticiden: overdraagbare effecten van chemische bestrijding</u>	236
Hfd.-19	<u>Voedselketens en pesticiden: overgedragen chemische stoffen ensecundaire vergiftiging</u>	241
Hfd.-20	<u>Voedselketens en pesticiden: overgedragen chemische stoffen en vertraagde expressi</u>	248
Hfd.-21	<u>Fauna-verplaatsing - soorten uit evenwicht</u>	268
DEEL-VI	<u>TERUGBLIK EN VOORUITBLIK</u>	281
Hfd.-22	<u>Standpunten en de toekomst</u>	283
xxxx	<u>BIJLAGE</u>	295
	REFERENTIES	300
	INDEX	317

[001]

DEEL – I

PERSPECTIEF



HOOFDSTUK – 01

VERSTORING EN DILEMMA

De prestaties van de mens op het gebied van ziektebestrijding, het voorzien in voedsel en onderdak, en het verhogen van de efficiëntie van zijn arbeid om meer vrije tijd te creëren, zijn indrukwekkend. Velen zijn zo onder de indruk van zijn vermogen om het landschap te veranderen op een manier die het beste past bij zijn directe belangen, dat zij geloven dat de mens zich kan onttrekken aan de biologische wetten die zijn leven en dat van misschien wel twee miljoen soorten planten en dieren beheersen. De mens wordt een *ecologische dominant* genoemd, een wezen dat in staat is zijn omgeving naar zijn wil te vormen, maar toch onafhankelijk daarvan is. Bijbelse allegorieën versterken dit geloof dat hij losstaat van de natuurlijke wereld en er geen deel van uitmaakt.

Maar zijn dominantie is niet zo stevig gegrondvest. Het levende weefsel van het aardoppervlak is delicaat en ingewikkeld. De natuur is net zo in staat om de verwezenlijking van onze aspiraties te verhinderen als ze ons beloont als we haar op een verstandige manier beheren. Duurzame dominantie kan alleen tot stand komen door een echt begrip van de natuurlijke krachten die we hebben leren kennen en waarvan we een integraal onderdeel zijn. [004] Gelijktijdigheid – leven met natuurlijke krachten – in plaats van dominantie is

de enige weg naar duurzaam eigenbelang.

De illusie van ecologische dominantie kan worden geïllustreerd met tal van voorbeelden van milieumisbruik: de kale gronden als gevolg van overbegrazing door vee; de door on gepaste beplanting uitgeputte bodems; de eens beboste stroomgebieden die geen water meer opslaan en tegenhouden; de vroeger schone en vruchtbare beken die zijn veranderd in riolen van de stedelijke en industriële mens; de bedreiging van levende wezens door ongecontroleerde neerslag van kernontploffingen. Maar geen van deze voorbeelden illustreert de noodzaak van ecologische samenhang duidelijker dan het onderwerp van dit boek: chemische ongediertebestrijding.

De middelen voor ongediertebestrijding zijn tegenwoordig grotendeels synthetische chemicaliën. Deze chemicaliën – pesticiden – zijn ontworpen om planten en dieren die onze gezondheid, ons comfort of de productie van voedsel en vezels verstoren, te doden of op een andere manier te remmen. Ongeveer 200 basischemicaliën worden veel gebruikt in de landbouw en deze worden in duizenden verschillende formuleringen onder vele handelsnamen op de markt gebracht. Deze chemicaliën worden grofweg ingedeeld naar hun beoogde doelwit, als insecticiden, rodenticiden, fungiciden en herbiciden. De meeste kunnen worden beschouwd als “biociden”: ze doden levende wezens. Dezelfde of soortgelijke chemicaliën worden buiten de landbouw gebruikt in de volksgezondheid, bosbouw, vis- en wildbeheer, onderhoud van openbare wegen, eigendomsbescherming en recreatie.

Over het algemeen zijn de doelen van het gebruik van pesti-

ciden duidelijk en algemeen aanvaard. We beseffen bijvoorbeeld dat successen op het gebied van ongediertebestrijding, samen met andere technologische toepassingen, de opbrengsten in Amerikaanse bossen, weidegronden en akkerbouwgebieden ingrijpend hebben veranderd. Indirect kunnen we er zeker van zijn dat de gewasproductie, waaraan empirische ongediertebestrijding heeft bijgedragen, de afgelopen vijf decennia sterk is gestegen. Het landbouwareaal is bijvoorbeeld ongeveer hetzelfde als in 1910, maar slechts één op de vijf mensen woont en werkt nu op een boerderij, tegenover drie op de vijf in 1910 (Clawson et al., 1960). We kunnen ook de verhouding tussen het aantal landarbeiders en consumenten als maatstaf nemen voor het succes van de landbouwtechnologie, waarin ongediertebestrijding een prominente rol speelt. In 1920 produceerde één landarbeider voedsel en vezels voor acht personen, terwijl die verhouding in 1957 één op drieëntwintig was (Gunther en Jeppson, 1960). [005] Ten slotte kunnen we als algemene observatie aanvaarden dat landbouwproducten van hoge kwaliteit en grote diversiteit voor ons allemaal gemakkelijk verkrijgbaar zijn. Bij de basisgewassen kunnen we ook vaststellen dat overschotten die federale steun en opslagregelingen vereisen, veel geld (ongeveer 8 miljard dollar per jaar) en politieke onenigheid kosten.

Maar als chemische bestrijding van ongedierte inderdaad zo waardevol is, waarom zou iemand daar dan tegen zijn? Hier volgen enkele redenen:

- (1) De meeste pesticiden zijn niet selectief; ze doden ook andere levensvormen dan het ongedierte waarop ze zijn ge-

richt.

- (2) Hoewel het gebruik ervan vaak selectiever is geworden, is het in de meeste gevallen niet nauwkeurig, omdat het pesticide niet beperkt blijft tot de ongedierte soort of het gebied waar het wordt toegepast.
- (3) Er is onvoldoende aandacht besteed aan alternatieve middelen voor gewasbescherming. De meeste alternatieve methoden voor ongediertebestrijding zijn cultureel of biologisch gebaseerd en leiden tot een grotere diversiteit en stabiliteit in de biota. Pesticiden verminderen de diversiteit van de fauna – een natuurlijke regulering – en zorgen voor instabiliteit.
- (4) Veel soorten chemicaliën (met name de groep van gechlooreerde koolwaterstoffen waartoe DDT behoort) zijn chemisch stabiel; hun overleving in de bodem, het water en levend weefsel is verzekerd.
- (5) De verraderlijke wegen waarlangs giftige chemische stoffen biologisch worden overgedragen, zijn inmiddels goed bekend. Deze kanalen van potentiële schade, die al lang door biologen worden vermoed, omvatten vertraagde toxiciteit, secundaire vergiftiging, overdracht, opslag en concentratie langs de voedselketens van planten en dieren, en, althans potentieel, mutagene en carcinogene effecten. Toch blijven veel chemisch georiënteerde personen het belang van deze biologische gevolgen van het gebruik van pesticiden negeren.
- (6) Het gebruik ervan is veel te eenzijdig in verhouding tot de veelzijdige effecten die ze hebben. Het is niet voldoende om onze aandacht te beperken tot hun waarde voor de bescherming van gewassen en personen.

- (7) De technisch onderbouwde standpunten van natuurbeschermers, grondstoffenanalisten, biologen en sociologen worden te vaak over het hoofd gezien in aanbevelingen voor ongediertebestrijding en in overheidsprogramma's.
- (8) Evenzeer ontbreekt het aan openlijke aandacht voor de esthetische en morele waarden die in aanmerking moeten worden genomen bij elke toepassing van technologie om aan de behoeften en wensen van de mens te voldoen.

Er zijn nog andere redenen voor kritiek en de genoemde redenen zijn niet allemaal even zwaarwegend. Niemand ontkent de duidelijke waarde van pesticiden voor de bescherming van onszelf en onze voedselvoorziening. [006] Alle redenen zijn besproken in de beperkte kringen van technologen, regelgevers, landbouwers, vertegenwoordigers van de industrie en beleidsmakers. Het tijdperk van gesloten debatten is echter voorbij. *Silent Spring* (Carson, 1962) heeft het debat tot publiek bezit gemaakt.

De velden, bossen, weiden en wateren zijn levende systemen die in staat zijn tot verandering. Met verstandige en voorzichtige manipulatie zullen deze productieve omgevingen blijven voorzien in onze behoeften en ons plezier. Voorzichtig gestuurde ecologische verstoringen voor het speciale plezier van de mens behoeven geen rechtvaardiging. Wanneer pesticiden vakkundig worden ingevoegd in levende systemen met uitgebreide kennis van hun beoogde doeleinden, de effecten die ze veroorzaken en de waarden waarop ze van invloed zijn, behoeven ook zij geen rechtvaardiging. Helaas voldoen de meeste pesticidenpraktijken niet aan deze

normen. We hebben nog maar weinig inzicht in de dynamiek van biologische milieus. Toch veranderen we ze nu in een tempo dat ons begrip te boven gaat. Bovendien is de opkomst van nieuwe soorten pesticiden en van nieuwe en ingrijpende effecten van pesticiden die al lang in gebruik zijn, sneller gegaan dan het tempo waarin de effecten ervan kunnen worden onderzocht. Het dilemma is een keuze van richting. Kiezen we voor de weg die Aldo Leopold (1949) “een staat van harmonie tussen mens en natuur” noemde, een erkenning van de plaats die de mens inneemt in levende systemen? Of kiezen we voor de schijnbare dominantie die chemisch in stand gehouden ecologische vereenvoudiging belooft?

DEEL – II

CHEMICALIËN IN DE BESTRIJDING VAN ONGEDIERTE

Het wijdverbreide en vaak willekeurige gebruik van pesticiden is misschien wel de grootste oorzaak van dit dilemma. De ongelukkige biologische gevolgen van dit wijdverbreide gebruik staan centraal in dit boek. Maar het zou zowel het onderwerp als de lezer tekort doen om deze resultaten te presenteren zonder enige poging om de aard van de chemische stoffen die ze veroorzaken te beschrijven, evenals de filosofie en de doeleinden achter het gebruik van pesticiden, hun economisch belang en de manier waarop het gebruik ervan wordt gereguleerd. Een dergelijke poging wordt in de volgende vier hoofdstukken ondernomen. De beschrijvingen zijn noodzakelijkerwijs algemeen en bewust subjectief. De geciteerde literatuurbronnen bieden een gemakkelijke toegang tot de veelzijdige en moeilijke problemen die hier slechts worden aangestipt. De deskundige lezer kan beter meteen naar hoofdstuk 6 gaan.

HOOFDSTUK – 02

EEN INLEIDING TOT CHEMISCHE BESTRIJDINGSMIDDELEN

Het gebruik van pesticiden in de huidige planten- en dierenbescherming is een veel te omvangrijk onderwerp om hier in detail te behandelen. Honderden vak- en technische tijdschriften besteden aandacht aan de aard, productie, marketing, het gebruik, de gevaren en de waarde van bestrijdingsmiddelen. Elk jaar verschijnen er duizenden artikelen over deze aspecten. Het is waarschijnlijk terecht om te zeggen dat de meeste wetenschappers over de hele wereld in brede zin op de een of andere manier betrokken zijn bij programma's voor het gebruik van chemicaliën. Dit geldt zeker voor medische en volksgezondheidswerkers, landbouwkundigen en dierenartsen. Technische beheersing van het gebied dat de pesticidenchemie en de biologische toepassingen daarvan omvat, gaat echter de capaciteiten van de meeste wetenschappers te boven. Het is dan ook geen wonder dat wetenschappelijke advies- en regelgevende instanties op dit gebied zo versnipperd zijn.

Hoewel de chemische technologie op het gebied van gewasbescherming en ziektebestrijding enorm is, zijn er pogingen gedaan om een algemeen overzicht te geven. De beste poging is het boek *Insect Control by Chemicals* van A. W. A. Brown (1951). Een boek van R. L. Metcalf (1955) is een

uitstekend recent is een uitstekende recente samenvatting, hoewel iets beperkter in reikwijdte. [011] Beide auteurs zijn entomologen.

De grote verscheidenheid aan chemische stoffen en hun toepassingen maakt een enkele, uniform toepasbare classificatie onmogelijk. Hieronder heb ik vijf algemene classificaties opgesomd. Elk heeft zijn waarde en moet worden gebruikt waar dat gepast is. Zoals spoedig duidelijk zal worden, is het nu gebruikelijk om de chemische structuur (**tabel 1**) als het zinvolle middelpunt van een classificatiesysteem te beschouwen en waar nodig aanpassingen aan andere systemen aan te brengen. Zo worden organische fosforverbindingen chemisch geïdentificeerd op basis van hun “doelwitten” als insecticiden, acariciden of rodenticiden. Om de zaken nog ingewikkelder te maken, kan rotenon bijvoorbeeld worden geïdentificeerd aan de hand van de chemische structuur, de botanische oorsprong of de doelwitten, namelijk insecten of vissen, afhankelijk van de wijze en plaats van toepassing. De algemene conclusie is duidelijk: fysiologisch actieve chemische stoffen hebben zelden een effect dat beperkt blijft tot één soort. De wijze van gebruik is bepalend voor de plaats waar het effect optreedt.

A) Een classificatie van chemische stoffen die worden gebruikt in de bestrijding van schadelijke organismen

OP BASIS VAN DE FYSISCHE TOESTAND (VAST, VLOEIBAR OF GASVORMIG)

Voorbeelden van vaste stoffen zijn

- (1) Stoffen: fijn verdeelde deeltjes van de werkzame stof, meestal gecombineerd met een inert vulmiddel van gelijke grootte en gemakkelijk verspreidbaar.
- (2) Lokazen: giftige stoffen die op voedsel van een doelsoort worden gestrooid of daarin worden gedrenkt (bijvoorbeeld met strychnine bestrooide wortellokazen voor gophers).
- (3) Zaadcoating: een laag giftige stoffen gevormd uit stof of uit kristallen afkomstig van oplossingen of suspensies waarin zaden zijn gedrenkt. Zaadcoatingen zijn in feite hetzelfde als lokmiddelen (bijvoorbeeld fungicide verbindingen op zaadmaïs).
- (4) Korrels: grote deeltjes die gewoonlijk een mengsel van een inactieve stof en een kleiner aandeel giftige stof bevatten. Ze hebben tot doel giftige stoffen relatief langzaam af te geven, waardoor een langdurige bestrijding mogelijk is.

Vloeistoffen zijn de gebruikelijke “spuitmiddelen”, bijvoorbeeld

- (1) Giftige stoffen in echte oplossing (bijvoorbeeld nicotine-sulfaat in waterige oplossing of DDT opgelost in aceton).

- (2) Giftige stoffen in suspensie: fijn verdeelde vaste deeltjes in grote hoeveelheden water (normaal gesproken) om verspreiding te vergemakkelijken (bijvoorbeeld “slurries” van DDT-natmaakbaar poeder in water). [012]
- (3) Giftige stoffen in emulsies: een giftige stof die gewoonlijk als fijne druppeltjes in water is gesuspenderd of in een geschikt oplosmiddel is opgelost voordat deze in water wordt geëmulgeerd. Er worden commerciële emulgatoren toegevoegd om te voorkomen dat de druppeltjes smelten. Normaal gesproken worden grote hoeveelheden water gebruikt om de dekking te bevorderen.
- (4) Dampen: fijn verdeelde druppeltjes die onder druk worden afgegeven en in de lucht worden gehouden, zoals bij sommige “vernevelingsspuitten” of bij sommige soorten “begassing”.

Gassen worden gereserveerd voor besloten ruimtes (normaal gesproken beperkt tot opgeslagen producten).

- (1) Giftige stoffen die als gasvormige fumigatiemiddelen worden toegepast in opslagcontainers (bijvoorbeeld kooldisulfide in holten van grondeekhoorns of in opslagbakken).
- (2) Giftige stoffen die als vaste stoffen worden toegepast maar snel verdampen (bijvoorbeeld kristallen van paradichlorobenzeen bij mottenbestrijding).
- (3) Giftige stoffen, in welke vorm dan ook, die verdampen om een fumigatie-effect toe te voegen aan andere soorten contact (bijv. parathion in citrusboomgaarden; bodemfumigatiemiddelen).

OP BASIS VAN DOELSOORTEN

Giftige chemische stoffen kunnen grofweg worden ingedeeld naar de planten- of diergroepen waartegen ze het meest worden gebruikt of het meest succesvol zijn.

Insecticiden.- Aangezien de meeste plagen insecten zijn, is deze categorie het grootst. Voor het gemak worden weekdieren, schaaldieren en andere geleedpotigen soms ook onder “insecten” geschaard. Zo worden zoetwaterkrabben in Centraal-Afrika gedood met het “insecticide” DDT omdat ze als tussengastheer fungeren voor de zwarte vlieg die de menselijke ziekte onchoceriasis veroorzaakt. De krab is de meest kwetsbare schakel in de vectorketen.

Herbiciden.- Plantenbestrijdingsmiddelen werken op verschillende manieren, maar hebben uiteindelijk allemaal tot gevolg dat planten worden gedood. Selectieve herbiciden werken op één grote groep en niet op een andere. Zo werkt 2,4-D veel effectiever op breedbladige planten dan op smalbladige planten. Over het algemeen doden herbiciden door directe vergiftiging of door de groeisnelheid te versnellen. “Gedeeltelijke dood” treedt op wanneer slechts delen van planten worden aangetast. Voorbeelden hiervan zijn het ontschorsen van bomen met natriumarseniet en het ontbladeren van katoen om de oogst te vergemakkelijken.

Acariciden en miticiden.- Spinnendieren van de orde Acarina omvatten teken en mijten. De meeste insecticiden doden ze niet. [013] De toename van het aantal mijten in de naoorlogse jaren is rechtstreeks terug te voeren op de verwijdering van insecticidengevoelige roofdieren van deze mijten.

De laatste jaren wordt veel aandacht besteed aan de bestrijding van mijten.

Fungiciden.- De meest destructieve groep plantparasieten zijn de schimmels. Veel daarvan zijn nuttig, maar vele andere - roest, meeldauw en schimmels - zijn ernstige plantenziekten. Schimmels worden normaal gesproken bestreden met koper- of zwavelhoudende verbindingen.

Rodenticiden.- Hoewel deze gifstoffen giftig zijn voor alle zoogdieren, worden ze voornamelijk gebruikt tegen knaagdieren en carnivoren. Dezelfde gifstoffen worden ook wel eens gebruikt om vogels te bestrijden. Van oudsher zijn rodenticiden zeer giftige chemicaliën die aan lokaas worden toegevoegd. De laatste tijd zijn anticoagulantia (bijv. warfarine) de belangrijkste chemische stoffen geworden voor de bestrijding van knaagdieren die in symbiose leven met mensen. Anticoagulantia worden zelden buiten de nabijheid van menselijke bewoning gebruikt.

Alle bovengenoemde groepen worden ingedeeld naar het doelwit van de plaag. Soms wordt het “doelwit” bepaald door het type gewas of product, het bekendste voorbeeld hiervan is “katoeninsecticiden”. Er zijn andere soortgelijke uitdrukkingen, maar het gebruik daarvan kan beter worden vermeden.

OP BASIS VAN HET DOEL VAN DE TOEPASSING

Er zijn twee soorten directe effecten op een plaagsoort: vermindering van het aantal plagen (meestal aangeduid als reductieve bestrijding) en het voorkomen van toegang. Ver-

minderen van het aantal is veruit het meest voorkomende doel van bestrijding; het extreme geval van vermindering is uitroeiing. Het doelbewust uitroeien van gevestigde soorten is moeilijk, duur en meestal niet succesvol. Toegang tot een gewas of woonplaats wordt normaal gesproken fysiek verhinderd. Voorbeelden hiervan zijn greppels rond velden om witgerande kevers te vangen en rattenbescherming op scheepstrossen. Chemische afweermiddelen worden over het algemeen niet veel gebruikt. In enkele speciale situaties (bijvoorbeeld afweermiddelen tegen knaagdieren op denenzaad) leveren ze goede resultaten op. De kosten van de behandeling zijn vaak onbetaalbaar, maar een meer fundamentele reden is het gebrek aan effectieve afweermiddelen.

Chemische bestrijdingsmiddelen kunnen indirect worden gebruikt om een van de hierboven beschreven resultaten te bereiken. Als het de bedoeling is het aantal te verminderen, kan een giftige chemische stof worden gericht op een schakel in een keten (bijvoorbeeld muggenbestrijding om de overdracht van het malaria-organisme te verminderen), of kan deze worden toegepast op een manier die ervoor zorgt dat deze wordt getransporteerd naar een deel van een plant of dierlijke drager waar deze beschikbaar komt voor de schadelijke plaagsoort. Systemische insecticiden zijn gebaseerd op dit laatste idee. [014] Dergelijke chemicaliën worden verspreid door “circulatiesystemen” van planten en dieren en maken het hele organisme giftig; daarom zijn ze gericht op zuigende soorten of, in enkele gevallen, op soorten die in circulatievloeistoffen leven.

Hormoonherbiciden versnellen groeiprocessen en leiden, als

de groeisnelheid extreem is, tot de dood. Een belangrijk instrument voor het succes van groeihormonen is translocatie binnen de behandelde plant (zie Crafts, 1961).

Chemische lokstoffen zijn meestal een voedselbait of een seksuele geur die het dier naar de vernietigingsplaats lokt. Voorbeelden zijn urinegeuren bij coyotevallen en elektrocutieapparaten in de buurt van seksuele geuren van insecten. Merk hier op dat de meest succesvolle lokstoffen afkomstig zijn van de dieren zelf en dat hun succes afhangt van gedetailleerde kennis van de gewoonten en fysiologie van de dieren (Green et al., 1960).

GEBASEERD OP DE MANIER VAN CONTACT OF FYSIOLOGISCHE WERKING

Het enigszins oppervlakkige onderscheid tussen maag- en contactgiften is nuttig voor algemene doeleinden. Giftige chemicaliën die met voedsel worden gegeten en na opname de dood veroorzaken, zijn maaggiften. Chemicaliën die hun werking via het lichaamsoppervlak uitoefenen, worden contactgiften genoemd. Insecten nemen contactgiften rechtstreeks op via de buitenste huidlaag of via het ademhalingsstelsel. De meeste insecticiden worden op het oppervlak van planten aangebracht om ervoor te zorgen dat het gif wordt gegeten of betreden. “Spoorpoeders” in gangen van knaagdieren zorgen voor een soort blootstelling die niet afhankelijk is van lokaas.

In beschrijvingen van effecten wordt vaak een tijdsfactor aangegeven. De meest voorkomende alternatieven zijn

“kortwerkend” en “residueel”. Er kan geen eenvoudig onderscheid worden gemaakt tussen deze twee. Kortwerkende of direct werkende chemicaliën behouden hun vergiftigende werking meestal slechts enkele dagen; residuele chemicaliën blijven langer giftig, meestal drie tot vier weken, maar soms wordt beweerd dat ze één of meer jaar werkzaam blijven (bijvoorbeeld bestrijding van vuurmieren gedurende twee of drie jaar met korrels die heptachloor bevatten). Residuele effecten zijn vooral belangrijk bij de bestrijding van ziekteverspreiders, omdat herhaalde behandelingen te duur zijn. In geen enkel geval zijn residuele chemicaliën gedurende hun gehele werkzame periode even effectief.

De farmacologische werking van een bepaalde klasse giftige chemicaliën kan worden gebruikt in de beschrijving, meestal door toxicologen en klinici. De werkingsmechanismen van de belangrijkste chemische groepen die voor mijn onderwerp van belang zijn, worden hieronder samengevat. [015] Zie voor meer informatie de volgende referenties: entomologisch (R. L. Metcalf, 1955); toxicologisch (Stewart en Stolman, 1961); wilde dieren (Rudd en Genelly, 1956).

Organische fosfaatverbindingen.- Deze gifstoffen werken als krachtige remmers van het neurale enzym cholinesterase. Acetylcholine hoopt zich op bij de zenuwverbindingen als gevolg van de inactivering van cholinesterase en belemmert de overdracht van impulsen naar klieren en spieren. Symptomen van vergiftiging bij zoogdieren zijn onder meer tranende ogen, duizeligheid, spierzwakte, tremoren en dyspneu. In sommige gevallen, met name bij systemische insecticiden zoals Systox, heeft het technische materiaal niet zo-

veel remmende werking als de metaboliëten die na opname in levend weefsel worden gevormd. Er is zeer weinig residuele ophoping van organische fosfaten in weefsels, hoewel additieve effecten mogelijk zijn als de blootstelling wordt herhaald voordat het cholinesterase-gehalte weer normaal is. Waterorganismen worden verrassend weinig beïnvloed door doseringen die zeer giftig zijn voor terrestrische vormen.

Chloorhoudende koolwaterstofverbindingen.- In tegenstelling tot organische fosfaten is er geen echt inzicht in de werking van chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden. Bovendien zijn de effecten van verschillende leden van deze klasse vaak zo uiteenlopend dat ze op heel verschillende werkingsmechanismen lijken te wijzen. In het algemeen geldt echter dat, als men het bekendste lid, DDT, als primaire referentie gebruikt, de plaats van de fysiologische werking het centrale zenuwstelsel is. Symptomen na eenmalige blootstelling variëren van verhoogde gevoeligheid en overprikkelaarheid bij lage doseringen tot karakteristieke ernstige tremoren, tonische contracties en convulsies bij hoge doseringen. Chronische inname leidt tot talrijke histologische veranderingen, waaronder vetinfiltratie in de lever en het hart. Residuen kunnen worden opgeslagen, geaccumuleerd en geconcentreerd in vetweefsel, waar ze langzaam worden afgegeven wanneer de blootstelling wordt stopgezet of sneller wanneer opgeslagen vet als energiebron wordt aangesproken. Waterorganismen zijn uiterst gevoelig voor de meeste gechloreerde koolwaterstofinsecticiden. Blijkbaar wordt de zuurstofopname in de kieuwen belemmerd; de dood treedt op door verstikking, in eerste instantie niet door toxische effecten op

het centrale zenuwstelsel.

Arseenverbindingen.- Acute arseenvergiftiging wordt gekenmerkt door gastro-enteritis en diarree, gevolgd door hevige spasmen en uiteindelijk de dood. Nier- en leverschade zijn veelvoorkomende gevolgen van chronische vergiftiging. Arseenverbindingen met zware metalen veroorzaken symptomen en schade die kenmerkend zijn voor zowel arseen- als zware metaalvergiftiging. [016] Loodarsenaat kan bijvoorbeeld ook neuritis, nierdegeneratie en vaatstoornissen veroorzaken.

Carbamaatverbindingen.- De primaire werking van de toxische carbamaten kan, voor onze doeleinden, worden beschouwd als remming van cholinesterase, wat leidt tot symptomen zoals beschreven voor organische fosfaten. Rodenticiden.-Vanwege hun grote diversiteit kunnen rodenticiden niet worden ingedeeld in één chemische of fysiologische categorie.

- (1) **Strychnine:** Het ruggenmerg wordt aangetast door acute vergiftiging, wat leidt tot algemene verstijving van het lichaam, tonische convulsies en verlamming. Strychnine is relatief stabiel in weefsels en kan leiden tot secundaire vergiftiging van aaseters van het slachtoffer.
- (2) **Natriumfluoroacetaat** (verbinding 1080): De eerste werking van deze uiterst gevaarlijke chemische stof is overmatige stimulatie van het centrale zenuwstelsel. Hogere doseringen of vertraagde werking veroorzaken hartstoornissen, met name ventriculaire fibrillatie. Verbinding 1080 is zeer stabiel in levend weefsel en veroorzaakt regelmatig

secundaire vergiftiging.

- (3) **Zinkfosfide:** Depressie is een opvallend symptoom. Vergiftigde dieren raken in coma en vertonen inwendig ernstige leverschade. Zinkfosfide is niet zo stabiel in weefsel als strychnine en verbinding 1080. De geur van fosfine gas kan worden waargenomen uit de darminhoud van vergiftigde dieren.
- (4) **Thallium:** Thallium werkt in de eerste plaats op het centrale zenuwstelsel. De eerste symptomen van acute vergiftiging zijn depressie, gebrek aan spiercoördinatie en ademhalingsmoeilijkheden. Chronische inname heeft ernstige gevolgen voor de lever, de nieren en het spijsverteringskanaal. Ondanks zijn hoge toxiciteit doodt thallium vrij langzaam. De meeste sterfgevallen treden op binnen drie dagen na inname van een dodelijke dosis. Thallium is stabiel in weefsels en veroorzaakt regelmatig secundaire vergiftiging.
- (5) **Warfarine:** Deze relatief veilige chemische stof werkt alleen bij herhaalde inname. Het is een antistollingsmiddel dat het protrombinegehalte (een bloedstollingsfactor) in het bloed verlaagt. Alle getroffen dieren vertonen ernstige inwendige bloedingen.

OP BASIS VAN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

Het meest bruikbare systeem voor de indeling van bestrijdingsmiddelen definieert gedetailleerde chemische eigenschappen binnen een ruim kader van bestrijdingsdoeleinden. Zo onderscheiden we onder “insecticiden” anorganische en organische chemische stoffen. →→

Tabel-1 Een beknopte classificatie van belangrijke pesticiden

Chemical group or action	Examples
Insecticides and acaricides	
<i>Inorganic</i>	
Arsenicals	Lead arsenate
Copper-bearing	Copper sulfate
Sodium fluoaluminate	Cryolite
<i>Organic, naturally occurring</i>	
Nicotine alkaloids	Nicotine sulfate
Pyrethroids (also synthetic)	Pyrethrum
Rotenoids	Rotenone, ryania
<i>Organic, synthetic</i>	
Chlorinated hydrocarbon compounds	Aldrin, aramite, benzene hexachloride, chlordane, DDT, endrin, heptachlor, methoxychlor, toxaphene
"Dinitro" compounds	DNOC
Organic phosphorus compounds	Chlorthion, DDVP, diazinon, malathion, parathion, phosdrin, schradan, TEPP
Carbamates	Sevin
Fungicides	
Mercurials	Mercuric chloride, "Ceresan"
Quinones	Phygon
Dithiocarbamates	Nabam, ziram
Others	Captan, thiram
Herbicides	
Contact toxicity	Sodium arsenite, oils, "dinitro" compounds
Translocated (particularly hormone types)	2,4-D, 2,4,5-T, dalapon, many others
Soil sterilants	Borates, chlorates, others
Soil fumigants	Methyl bromide, vapam
Rodenticides (mammal poisons)	
Anticoagulants	Warfarin, pival
Immediate action	Strychnine, sodium fluoroacetate ("1080"), phosphorus, ANTU, thallium, endrin
Other vertebrate targets	
Birds	Strychnine, TEPP
Fishes	Rotenone, toxaphene

←← Anorganische chemische stoffen kunnen verder worden onderverdeeld in verbindingen die arseen, koper, kwik enzovoort bevatten. Organische chemicaliën kunnen op vergelijkbare wijze worden behandeld. De uiteindelijke indeling weerspiegelt het belangrijkste gebruik van de chemische stof, maar sluit enige overlap tussen de verschillende categorieën van bestrijdingsdoeleinden niet uit. Zo is endo·in een synthetische gechloreerde koolwaterstof die zowel als insecticide als rodenticide kan worden gebruikt. Tabel 1 geeft een overzicht van de belangrijkste pesticiden volgens een vereenvoudigde “gemengde” indeling.

Beoordeling van de gevaren van chemische stoffen

Er zijn duizenden chemische stoffen getest als pesticiden. Elke goedgekeurde chemische stof moet een herkenbaar bestrijdingsdoel dienen, mag geen onbeheersbare bijwerkingen hebben op de mens, moet bruikbaar zijn in de huidige productiesystemen en moet tegen een redelijke prijs verkrijgbaar zijn. Niet veel chemische stoffen voldoen aan deze eisen. De manier waarop het bestrijdingsdoel wordt bereikt, is niet van cruciaal belang; er zijn veel verschillende werkingsmechanismen. Een ongewoon hoge inherente toxiciteit is op zich geen belemmering voor de acceptatie van een pesticide. Belangrijker zijn de mate van succes bij de bestrijding en de omvang van de neveneffecten. Sommige zeer giftige chemische stoffen worden veiliger gebruikt dan sommige minder giftige stoffen.

Toxiciteit en gevaar van chemische stoffen zijn niet synoniem. Pesticiden zijn per definitie giftige stoffen. Een pesti-

cide is meestal schadelijk voor andere levensvormen dan het beoogde dier. Zeer weinig toepassingsmethoden kunnen als volledig veilig worden beschouwd wat betreft potentiële gevaren onder alle gebruiksomstandigheden, en daarom moeten de meeste pesticiden als gevaarlijk worden beschouwd. Hetzelfde geldt voor medicinale chemische stoffen die door artsen worden voorgeschreven. Het potentiële gevaar van een chemische stof varieert rechtstreeks met de aard van de toxiciteit en de dosering: het gevaar kan gering zijn, zoals bij hormoonherbiciden, of groot, zoals bij de meeste rodenticiden. In de praktijk is deze interpretatie echter slechts gedeeltelijk correct. De samenstelling en de aanbevelingen voor gebruik beïnvloeden zowel de toxiciteit als de blootstelling. De wijze van toepassing en het gebied waarop een pesticide wordt gebruikt, zijn belangrijker voor de beoordeling van het werkelijke gevaar dan de inherente toxiciteit alleen. Algemene uitspraken over het gevaar op basis van toxiciteit alleen moeten worden vermeden. Bij het beoordelen van het gevaar moet rekening worden gehouden met de inherente toxiciteit in de context van het lokale gebruik en het milieu. Alleen dan kan het werkelijke gevaar worden bepaald.

Om praktische redenen kan het werkelijke gevaar pas worden beoordeeld wanneer een chemische stof in gebruik is.

[019] De volgorde voor het bepalen van de werkzaamheid en het gevaar van een pesticide is ongeveer als volgt:

- (1) Door screening van chemische stoffen worden veelbelovende “kandidaat-stoffen” geselecteerd.
- (2) De onmiddellijke toxiciteit van gezuiverd materiaal wordt

gemeten bij proefdieren door eenmalige toediening in verschillende doseringen via orale, dermale en respiratoire routes. Het individuele resultaat is de acute toxiciteit. Omdat de reacties op toxiciteit sterk variëren, worden individuele toxiciteitswaarden beoordeeld in relatie tot een grote testpopulatie. In deze testfase worden ook toxische symptomen en subletale effecten genoteerd. De dood is het belangrijkste criterium. De effectiviteit van de chemische stof bij een bepaalde dosis wordt gemeten aan de hand van het aantal sterfgevallen in een testpopulatie. De meest gebruikelijke vergelijkingsnorm is de LD₅₀ (letale dosis voor 50 procent), de hoeveelheid chemische stof die de dood van de helft van de testpopulatie veroorzaakt. Deze waarden voor veel gangbare pesticiden die in dit boek worden besproken, zijn weergegeven in tabel 2. Merk op dat deze waarden slechts benaderingen zijn. Ze bieden geen vergelijking van verschillende effecten op basis van leeftijd, geslacht en soort, en kunnen evenmin worden gebruikt om veel van de subtielere maar belangrijke effecten te interpreteren die later worden geïllustreerd. Er zijn ook andere nuttige percentages, met name de LD₁₀₀, de minimale hoeveelheid chemische stof die alle proefdieren doodt.

- (3) Vervolgens worden de effecten van meerdere doses en de langdurige effecten van eenmalige doses waargenomen bij grote populaties, meestal gedurende een periode van enkele dagen tot een maand. Deze waarnemingen kunnen echter alleen worden beschouwd als kortetermijnonderzoeken naar toxiciteit. Echte chronische toxiciteit moet gedurende aanzienlijk langere perioden worden waargenomen, tot misschien wel twee jaar. Gezien de huidige nadruk op chemische residuen, richten chronische toxici-

teitsstudies zich doorgaans op de voortdurende inname van kleine hoeveelheden van een chemische stof waarvan een enkele dosis geen effect zou hebben (**zie tabel 2**).

- (4) Voordat chronische studies zijn afgerond, worden op de proefstations van de fabrikant of van overheidsinstanties of universiteiten studies op kleine percelen gestart. De landbouwproeven zijn in deze fase belangrijke partners. In dit stadium wordt de kandidaat-chemische stof bereid in formuleringen die geschikt zijn voor ongediertebestrijding onder veldomstandigheden.
- (5) Als de “belofte” zich blijft bevestigen, wordt de chemische stof in de huidige formuleringen onder werkelijke teeltomstandigheden op landbouwgrond toegepast. Veel landbouwers werken in deze fase mee. Er wordt in dit stadium gezamenlijk getracht de chemische stof op zoveel mogelijk gewassoorten en in zoveel mogelijk gewassen toe te passen.[021]
- (6) De verzamelde informatie wordt ter registratie voorgelegd aan de regelgevende instanties. De informatie omvat gegevens over toxiciteit en veldproeven en eventuele aanbevelingen voor specifieke toepassingen. In de meeste gevallen is de testperiode onvoldoende om volledige gegevens over chronische toxiciteit te verkrijgen en zijn de aanbevelingen voor gebruik beperkt.

In het algemeen omvatten de voorgaande zes punten de volgorde van ontwikkeling en eerste gebruik van een bestrijdingsmiddel. Na voltooiing van deze reeks wordt het bestrijdingsmiddel op de markt gebracht als er geen duidelijke contra-indicaties uit de tests naar voren komen. →→

TABLE 2

Acute en chronische orale toxiciteit van enkele veel voorkomende giftige pesticiden, gebaseerd op experimentele studies met ratten. De chemische stoffen zijn gerangschikt in afnemende volgorde van acute toxiciteit binnen de belangrijkste hoofdrubrieken.

Gegevens afkomstig van A. W. A. Brown (1951), Martin (1957a), Metcalf (1955), Rudd en Genelly (1956) en Spector (1956).

Pesticide	Acute LD ₅₀ (mg./kg.)	Hazardous chronic level (p.p.m.)
<i>Arsenicals</i>		
Sodium arsenite	10	—
Arsenic trioxide	138	15
Lead arsenate	825	<4
<i>Botanicals</i>		
Rotenone	132	30
Ryania	1,200	10,000
Pyrethrins	1,500	50
<i>Organic phosphates</i>		
TEPP	2	—
Thimet	4	—
Parathion	6	25
Phosdrin	7	30
Schradan	10	1
Chlorthion	880	75
Malathion	1,375	5,000
<i>Organic carbamates</i>		
Sevin	500	>750
<i>Chlorinated hydrocarbons</i>		
Endrin	10	5
Heptachlor	60	40
Aldrin	67	25
Toxaphene	69	1,200
Dieldrin	87	10-50
BHC (Lindane)	125	400
DDT	250	100
Chlordane	335	150
Methoxychlor	7,000	5,000
<i>Dinitrophenols</i>		
DNOC	26	100
<i>Rodenticides</i>		
Sodium fluoroacetate	3	—
Strychnine alkaloid	16	200
Thallium	17	50
Zinc phosphide	40	100
Warfarin	>200	6
<i>Petroleum distillates</i>		
Xylene	—	200 (air)

←← In eerste instantie wordt nauwlettend toegezien op de wijze en de hoeveelheid van het gebruik door de consument, terwijl langdurige chronische toxiciteitstests worden voortgezet en tests worden uitgevoerd op andere gewassoorten en plagen. Kortom, tot het moment van het in de handel brengen wordt het gevaar grotendeels beoordeeld aan de hand van kortetermijntoxiciteitstests en wordt de doeltreffendheid bij de bestrijding van plagen voornamelijk beoordeeld op basis van beperkte veldproeven. Fabrikanten, telers en ambtenaren op het gebied van volksgezondheid en regelgeving zijn afhankelijk van verder gebruik door consumenten om de beoordeling van het werkelijke gevaar te verfijnen. Ongewenste neveneffecten in de natuur worden zelden geëvalueerd en kunnen alleen worden afgeleid uit verzamelde gegevens. Afhankelijkheid van gebruik om het volledige gevaar te beoordelen is de regel, niet de uitzondering. Deze situatie wordt door de meeste betrokkenen bij de ontwikkeling en het testen als redelijk en wenselijk beschouwd.

HOOFDSTUK – 03

DOMINANTIE OF CONCOMITANTIE? LOKALE, MASSALE EN GEÏNTEGREERDE BESTRIJDING

Aangezien het doelwit een plaagsoort is, een plant of een dier, zijn er twee manieren om deze effectief te bestrijden. De ene manier is een chemische bestrijding waarbij geen rekening wordt gehouden met de natuurlijke regulerende krachten in de biotische gemeenschap. De andere methode vertrouwt in de eerste plaats op natuurlijke regulerende krachten en gebruikt alleen wanneer nodig een kleine hoeveelheid giftige chemicaliën als aanvulling. De meeste lokale bestrijding en wat bekend is geworden als 'massale' bestrijding volgen de eerste methode; 'geïntegreerde' bestrijding volgt de tweede. De ene methode berust op de absolute dominantie van de mens over de natuurlijke biota door middel van chemicaliën, waarmee slechts één doel wordt bereikt; de andere methode berust op samenwerking met de biota, ondersteund door chemicaliën, waarmee vele waarden worden bereikt. Dit hoofdstuk gaat uitgebreid in op deze alternatieven, omdat zij de fundamentele keuzes vormen waarvoor de huidige ongediertebestrijding staat.

Chemische bedekking - lokale en massale bestrijding

Zowel lokale als massale bestrijding berust op dezelfde wij-

ze van chemische verspreiding. Er zijn echter enkele belangrijke verschillen in zowel het doel als het effect van de toepassing. [023] Traditionele ongediertebestrijding is lokaal, wordt toegepast op afzonderlijke gewassen of omgevingen, wordt gedomineerd door particuliere belangen en is nauwelijks in staat om grote gebieden te bedekken. Massale bestrijding is in bijna alle opzichten het tegenovergestelde van lokale bestrijding. In de eenvoudigste vorm betekent massale bestrijding grootschalige bestrijding van ongedierte, maar de omvang van het behandelde gebied is op zich niet voldoende om lokale of traditionele bestrijding te onderscheiden van massale bestrijding. Ook de doelen, opdrachtgevers, methoden, risico's en houdingen verschillen. De volgende parallellen laten de verschillen tussen lokale en massale bestrijding zien.

Lokaal	Massa
1. Doel van de bestrijding is meestal één enkele plaagsoort.	1. Richt u ook op één enkele plaagsoort, maar een die meer schade aanricht.
2. Normaal gesproken een gevestigde plaagsoort die reageert op gebruikelijke teeltmaatregelen.	2 Normaal gesproken een recent gevestigde, zich snel verspreidende soort die zowel door culturele praktijken als door klimatologische omstandigheden wordt begunstigd.
3. Behandeling beperkt tot een beperkte omgeving, meestal een enkele, kan overheersen.	3. De behandeling is geschikt voor vele soorten omgevingen, hoewel er slechts één type gewas is.
4. Het resultaat van de behandeling is meestal een tijdelijke onderdrukking van het aantal, waardoor herhaalde behandeling noodzakelijk is.	4. Het resultaat is meestal onderdrukking van aantallen voor periodes langer dan een jaar.

Lokaal

- 5.** Doel: zeer zelden quarantaine of uitroeiing.
- 6.** Niet-selectieve chemicaliën worden in de regel toegepast, maar selectiviteit van het doelwit is vaak haalbaar.
- 7.** Soms via de lucht toegepast, maar meestal grondbehandeling; behandeling wordt normaal gesproken niet afgestemd op die in aangrenzende gebieden.
- 8.** Behandeling gestart en betaald door de grondeigenaar; of, zoals bij muggenbestrijding, wanneer de grondeigenaar geen verantwoordelijkheid neemt, de operatie gestart en betaald door de lokale overheid.
- 9.** Blootstelling aan giftige chemische stoffen, acuut en tijdelijk.
- 10.** Fauna-instabiliteit is inherent aan lokale behandelingsgebieden; het gebruik van chemicaliën versterkt dit alleen maar.
- 11.** Herstel van gewenste soorten is waarschijnlijker bij beperkte, lokale behandeling.

Massa

- 5.** Doel: vaak quarantaine of insluiting, vaak met uitroeiing als doel.
- 6.** Vergelijkbare chemicaliën worden gebruikt, maar selectiviteit is zelden mogelijk.
- 7.** Toepassing gebeurt normaal gesproken vanuit de lucht, vaak met grotere vliegtuigen die niet geschikt zijn voor lokale gewasbehandeling. Wanneer een grootschalige bestrijdingscampagne niet kan worden uitgevoerd met vliegtuigen (bijvoorbeeld bij de bestrijding van de iepziekte), kan een gecoördineerd programma het 'massaleffect' bereiken.
- 8.** Alle programma's die worden uitgevoerd door overheidsinstanties, doorgaans op staats- en federaal niveau; publieke middelen dekken ten minste twee derde van de kosten.
- 9.** Blootstelling kan acuut zijn, maar is vaker chronisch en langduriger.
- 10.** Fauna-instabiliteit is voornamelijk het gevolg van het gebruik van chemische middelen.
- 11.** Herstel van gewenste soorten verloopt trager vanwege vermindering over grotere gebieden; soms verergerd door chronisch effect.

Lokaal

12. Eliminatie van gewenste soorten die waarschijnlijk niet rechtstreeks door chemische behandeling worden verwijderd.

13. Algemeen wordt erkend dat lokale controle noodzakelijk is voor de bescherming van planten en dieren en voor de volksgezondheid.

Massa

12. Virtuele uitroeiing van gewenste soorten als gevolg van massale bestrijding. Het doel van massale bestrijding is immers vaak uitroeiing. De maatregelen om dit bij één soort te bereiken, hebben hetzelfde effect op andere soorten.

13. De noodzaak van massale controle wordt niet zozeer erkend.

De verschillen tussen de twee soorten controle zijn niet absoluut. Er is namelijk een overgangsniveau, waar de verschillen moeilijk te definiëren zijn. Overgangsfasen ontstaan om de volgende redenen:

- (1) Particuliere bestrijdingsprogramma's, door middel van aangepaste of actieve coördinatie, leiden tot synchrone praktijken in aaneengesloten gebieden. Een voorbeeld hiervan is het vangen, afschieten en vergiftigen van roofdieren op particuliere weidegronden.
- (2) Incidentele plagen worden bestreden door middel van eenmalige maatregelen in een groot gebied. Een voorbeeld hiervan is het besproeien van 130.000 acres rijstvelden in Californië in 1953 met dieldrin om een uitbraak van de rijstmineermot te bestrijden.
- (3) Regelmatige en herhaalde uitbraken van plagen in één gewassoort die met uniforme bestrijdingsmethoden worden aangepakt, leiden onbedoeld tot grootschalige synchrone behandelingen. Herhaalde behandelingen met parathion in

appel- of citrusboomgaarden zijn hiervan een voorbeeld.

- (4) Regelmatige afhankelijkheid van gangbare adviesbronnen, zoals universitaire voorlichtingsdiensten, leidt tot gestandaardiseerde ongediertebestrijdingsprocedures die uniform van invloed zijn op grote gebieden waar vergelijkbare gewassoorten voorkomen. [025] De punten 3 en 4 houden duidelijk verband met elkaar: het laatste punt is de bron van de aanbeveling, het eerste punt is de aanbeveling in de praktijk.

Sommige gangbare praktijken leiden dus tot een soort massale bestrijding die qua effect vergelijkbaar is met geplande massale bestrijding. In enkele gevallen worden gebiedsdekken effecten echter als doel van de behandeling beschouwd of zelfs als zodanig erkend. De intentie is een belangrijk onderdeel van geplande massale bestrijding; het doel van massale bestrijding en lokale bestrijding is niet hetzelfde. De gevaren van massale bestrijding (ongeacht de beoogde bestrijding) omvatten die van lokale bestrijding, hoewel deze vaak versterkt zijn, samen met andere gevaren die eigen zijn aan massale bestrijding. Voorbeelden van de gevaren van massale bestrijding zijn resistentie, residucontaminatie, vertraagde en subletale effecten en bedreiging van inheemse soorten met uitsterven. Deze en andere problemen worden later in detail besproken. Op dit punt wil ik enkele veelvoorkomende bestrijdingsprogramma's noemen die zijn gebaseerd op massale behandelingsmethoden. De eerste vijf daarvan worden later beschreven als typische voorbeelden van de reikwijdte, methoden en gevaren van massale bestrijding. Deze vijf campagnes alleen al hebben de afgelopen ja-

ren jaarlijks tussen de vier en zes miljoen acre in de Verenigde Staten en Canada bestreken. De totale jaarlijkse wereldwijde dekking van de hieronder vermelde campagnes (en de lijst is onvolledig) bedraagt waarschijnlijk meer dan 200 miljoen acre.

- Sparrenrups (VS, Canada)
- Gypsy moth (noordoostelijke VS) en verschillende andere bosinsecten
- Japanse kever (midden-Atlantische kust, centrale VS) iepziekte (noordoostelijke, centrale VS)
- Geïmporteerde vuurmier (zuidoostelijke VS)
- Sprinkhaan (westelijke VS)
- Mediterrane fruitvlieg (zuidoosten van de VS)
- Mormoonse krekel (west van de VS)
- Muggen (veel landen) Bietenspringer (Californië)
- Tseetseevlieg (Afrika)
- Herten en opossums (Nieuw-Zeeland)
- Bosgnaagdieren (VS)
- Wilde honden - coyotes, dingo's (VS, Australië)

SPRUCE BUDIVOIRM

Deze tortricide mot en enkele nauw verwante soorten komen voor in de noordelijke naaldbossen van de Pacifische helling en in het noordoosten van de Verenigde Staten en de aangrenzende Canadese provincies. De afgelopen jaren zijn de schade door deze mot het grootst geweest in Maine, Quebec en New Brunswick. [026] De larven zijn bladeters; wanneer ze in grote aantallen voorkomen, kunnen ze bomen do-

den. Bovendien vertraagt de gedeeltelijke vernietiging van het gebladerte de groei van het hout en maakt het de bomen in sommige gevallen kwetsbaarder voor aanvallen van andere insecten. In tegenstelling tot de meeste belangrijke plagen is de sparrenrups inheems op dit continent. De schade is niet ernstig in het zuidelijke deel van het verspreidingsgebied, waar bossen bestaan uit loofbomen en waar natuurlijke vijanden de populatieaantallen blijkbaar effectief beperken. Waar in het noorden uitbraken voorkomen, overheersen sparren en balsembomen. De soort lijkt merkwaardig genoeg uit balans te zijn met natuurlijke regulerende factoren gedurende een reeks van meerdere jaren. Soms lijkt de opbouw en instandhouding van hoge populaties, die 10 tot 15 jaar aanhouden, verband te houden met gunstige langdurige klimaatomstandigheden. De soort breidt zijn verspreidingsgebied uit, zonder dat dit wordt bevorderd door houtkap door de mens. De verspreiding en hoge populatiedichtheden van de sparrenrups lijken een weerspiegeling te zijn van de biologische reacties van een soort die nog niet in evenwicht is met zijn omgeving en zijn uiteindelijke verspreidingsgebied nog niet heeft bereikt.

De schade door de sparrenrups wordt al meer dan vijftig jaar als ernstig erkend. Studies (met name door F. C. Craighead en S. A. Graham) die in de jaren twintig van de vorige eeuw zijn begonnen, hebben de basis gelegd voor steeds intensiever onderzoek, dat tot op heden is voortgezet. Gedurende verscheidene jaren hebben de Forest Biology Section van Science Service in Canada en de United States Forest Service goed onderbouwd veld- en laboratoriumonderzoek naar

de sparrenrups verricht. Bijzonder belangrijke onderzoekscentra zijn de bosbouwlaboratoria van Yale University en de University of New Brunswick. Pas in 1944 bleek uit proeven met DDT dat deze stof echt veelbelovend was voor de bestrijding van de budworm in het hele gebied. Er volgden snel zeer intensieve proeven en binnen drie jaar werd het sproeien van DDT vanuit de lucht boven bossen de standaardmethode voor de bestrijding van de budworm en verschillende andere bosinsecten. In één jaar tijd is tot wel vijf miljoen acres naaldbos besproeid met DDT in een poging de knopworm te bestrijden. Gewoonlijk wordt de behandeling uitgevoerd op blokken van duizenden acres met DDT in olie in hoeveelheden van 0,5 of 1 pond per acre. Een groot deel van de bestrijdingsoperatie vindt plaats op openbare of kroongronden en wordt gepland en uitgevoerd door overheidsinstanties. De kosten worden grotendeels gedekt door publieke middelen.

De ervaring van de afgelopen vijftien jaar bevestigt dat direct verlies van landdieren onwaarschijnlijk is als de aanbevolen procedures en doseringen worden nageleefd. [027] Waterdieren zijn echter bijzonder gevoelig voor DDT en na verontreiniging van waterlopen met DDT treedt vaak een catastrofale afname van vissen en waterinsecten op. Minder directe effecten van dit soort DDT-besproeiing doen zich zowel op het land als in het water voor. Sommige daarvan beschrijf ik later (zie bijvoorbeeld hoofdstuk 20), maar de volledige omvang en betekenis van deze effecten (die redelijkerwijs moeten worden gerapporteerd) moeten nog worden beoordeeld.

De bestrijding van de sparrenrups met DDT heeft waarschijnlijk een groter aaneengesloten gebied bestreken dan enig ander sproeiprogramma, mogelijk 20 miljoen acre tot nu toe. Vanaf het begin is de bestrijding door natuurbeschermers in twijfel getrokken op grond van feitelijke of potentiële gevaren. Meer recentelijk is er kritiek gekomen van bosentomologen en bosbeheerders, die tot de conclusie zijn gekomen dat een buitensporige afhankelijkheid van chemische bestrijding het probleem niet permanent oplost en dat een dergelijke afhankelijkheid juist een belemmering vormt voor het invoeren van goede bosbouwkundige en biologische methoden die wel een permanente oplossing zouden bieden. Wat het argument ook moge zijn, het sproeien vanuit de lucht tegen de sparrenrups zal waarschijnlijk blijven bestaan totdat er een effectieve biologische bestrijder is gevonden en op de markt is gebracht. Ik vermoed dat er nog vele jaren en miljoenen behandelde acres zullen verstrijken voordat de budworm definitief met niet-chemische middelen zal zijn uitgeroeid.

GYPSY MOTH

De bestrijding van de gypsy moth is, net als die van de spruce budworm, afhankelijk van relatief lichte toepassingen van DDT in olie (1 pond per acre), die vanuit de lucht over grote gebieden wordt verspreid. Net als de knopworm ontbladeren de larven van de gypsy moth bomen en kunnen ze, wanneer ze in grote aantallen voorkomen, bomen doden. Overheidsinstanties voeren normaal gesproken bestrijdingsoperaties uit tegen de gypsy moth. In feite erkennen staats-

en federale instanties al zeventig jaar de ernst van de gypsy moth als plaag en organiseren ze door de overheid gefinancierde campagnes om deze te bestrijden. De gypsy moth kan daarmee de twijfelachtige eer claimen het eerste bosinsect te zijn waartegen massale bestrijdingsoperaties zijn uitgevoerd. Hiermee eindigen de overeenkomsten met de sparrenknopworm en de bestrijding daarvan. De verschillen tussen de bestrijdingsmethoden die tegen de twee soorten worden gebruikt, hebben aanleiding gegeven tot een van de bitterste controverses die tot nu toe is ontstaan over het gebruik van pesticiden. Voordat ik nader inga op de redenen voor dit conflict, zijn enkele feiten over de geschiedenis van de bestrijding van de gypsy moth zelf nodig (zie Worrell, 1960, voor een bijzonder grondig overzicht).

[028] Gypsy moths in dit land stammen af van enkele exemplaren die in 1869 ontsnapten uit een kolonie in de buurt van Medford, Massachusetts, die door een Franse wetenschapper vanuit Frankrijk naar de Verenigde Staten was gebracht. Binnen twintig jaar was de populatie zo groot geworden dat ze ernstige schade toebracht aan loofbomen, en in 1890 vaardigde de wetgevende macht van Massachusetts een wet uit om ze uit te roeien. Er volgden agressieve bespuitingscampagnes, die blijkbaar effectief waren in het terugdringen van het aantal motten. Maar ongunstige weersomstandigheden gedurende een aantal jaren droegen bij aan het lage aantal motten. In 1899 leek de mot geen schade meer aan te richten en werd de steun voor bestrijding ingetrokken. De insectenpopulatie nam echter snel weer toe en in 1905 was de gypsy moth weer wijdverspreider dan voor-

heen. In dat jaar hernieuwde de wetgevende macht van Massachusetts haar steun en de verspreiding van de mot naar andere staten in New England leidde tot ingrijpen van de federale overheid. Binnen enkele jaren had het insect zich verspreid naar New Jersey, New York en Pennsylvania, maar in deze staten werden de meeste besmette gebieden uitgeroeid door lokale bestrijdingsprogramma's. Pogingen om natuurlijke vijanden te importeren leidden tot de succesvolle vestiging van enkele exemplaren, maar konden de populatiegrootte of de verspreiding van het insect naar het westen niet effectief beteugelen. In de jaren twintig en dertig werden twee standaardbestrijdingsprocedures gevolgd. De ene bestond uit chemische behandeling van geïsoleerde populaties in de strikte quarantaine- of barrièrezone rond het belangrijkste populatiecentrum. Het doel was om de verspreiding tegen te gaan totdat er effectieve biologische bestrijdingsmiddelen konden worden gevonden. Uitbraken van motten binnen het inperkingsgebied werden uiteraard bestreden met insecticiden (meestal loodarsenaat). Dit beleid werd ongeveer twintig jaar voortgezet. Helaas bracht de zware orkaan die in 1938 New England trof grote aantallen insecten naar het zuiden van de staat New York en naar Pennsylvania, waar eerdere populaties waren uitgeroeid. Populaties die groter waren dan voorheen bekend was, hadden zich nu stevig gevestigd buiten de barrièrezone.

De komst van DDT veranderde het perspectief van inperking naar uitroeiing. De gevaren van DDT waren toen echter nog niet goed bekend en pogingen om hier meer over te weten te komen leidden tot een aantal jaren van de meest in-

tensieve studies die ooit zijn uitgevoerd naar de bijwerkingen van een chemische stof in het veld. Gezamenlijke studies door het ministerie van Landbouw en het ministerie van Binnenlandse Zaken werden voortgezet van 1944 tot 1949. De inspanningen waren prijzenswaardig en de resultaten waren uitgebreid; soortgelijke initiatieven zijn sindsdien niet meer ondernomen. In deze periode bereikte de gypsy moth Michigan en werden de eerdere angsten van entomologen bevestigd. [029] Het leek onmogelijk om de mot in te dammen. Uitroeiing was de enige oplossing.

Pas halverwege de jaren vijftig waren het onderzoek, de ondersteuning en de bestrijdingsmiddelen (met uitroeiing als doel) voldoende geïntegreerd om massale bestrijding in grote gebieden te starten. Hoewel er in de loop der jaren veel klachten waren ingediend over kleinschalige campagnes, werden de meeste klachten door de bestrijdingsautoriteiten als onbelangrijk beschouwd en gingen de plannen om de bestrijding uit te breiden zonder vertraging door. Het plan voor 1957 was om het grootste deel van een gebied van 2,5 miljoen acre te besproeien.

In 1957 werden de bezwaren geformaliseerd. In mei van dat jaar vroeg een groep inwoners van Long Island, onder leiding van de eminente ornitholoog Dr. Robert Cushman Murphy, een tijdelijk verbod op het besproeien van hun eigendommen. Het verbod werd geweigerd en de campagne van 1957 ging door. Maar het besproeien bleef niet beperkt tot bosgebieden. In tegenstelling tot eerdere federale massale besproeiingsprogramma's werd het programma groten-deels uitgevoerd in dichtbevolkte gebieden en kwam het ook

terecht op weilanden en voedergewassen. Het kreeg veel negatieve publiciteit. De besmettingen in de buitengebieden werden in 1957 blijkbaar uitgeroeid.

Ondertussen had de groep van Long Island beroep aangetekend en een permanent verbod op het besproeien van hun eigendommen gevraagd. Met de rechtszaak in behandeling en de campagne van 1957 een duidelijk succes, besloten de bestrijdingsautoriteiten om de uitroeingsprogramma's in 1958 op te schorten.

In februari en maart 1958 werden getuigenverklaringen afgelegd in het “gypsy moth”- of “DDT”-proces voor rechter Bruchhausen. Al snel werd duidelijk dat niet alleen de schending van individuele eigendomsrechten ter discussie stond, maar de hele kwestie van het sproeien met DDT vanuit de lucht. In ongeveer 1400 pagina's getuigenverklaringen van 50 getuigen werden de relevante vragen over de gevaren voor de gezondheid van mens en dier, de bestrijdingsfilosofieën en -successen en de algemene voordelen besproken. In juni wees rechter Bruchhausen het verzoek om een verbod af op grond van het feit dat de beschuldigingen tegen het programma niet waren onderbouwd.

De pesticidenindustrie en de controle-instanties van de overheid hadden “gewonnen”. Wat zij echter wonnen, was een louter technische – en juridische – beslissing. De publiciteit rond het proces maakte duizenden mensen bewust van de mogelijke schade van dergelijke bestrijdingscampagnes. Dit werd ook erkend door de controleambtenaren. Een concreet gevolg was het besluit van de Plant Pest Control Division om de uitroeiing van de gypsy moth niet op dezelfde manier

voort te zetten.

De gypsy moth heeft gelukkig “meegewerkt” in die zin dat er geen nieuwe uitbraken zijn geweest. [030] Wat er zal gebeuren als er weer een uitbraak komt, is moeilijk te voorspellen. Het staat echter vast dat massale behandelingen in de toekomst door de controle instanties zelf nauwlettender zullen worden gecontroleerd; daar heeft de sensibilisering van grote delen van het publiek wel voor gezorgd. De definitieve beslissing over de “DDT-proef” moet dus nog worden genomen.

JAPANESE KEVER

De Japanse kever verscheen voor het eerst in Amerika in 1916 in New Jersey. In zijn thuisland Japan wordt hij niet als een plaag beschouwd, maar dat is hij wel geworden toen hij naar andere delen van de wereld werd verspreid. De kever heeft zich in dit land sterk vermenigvuldigd en heeft zich in veertig jaar tijd verspreid over het grootste deel van de staten ten oosten van de Mississippi. Hij gedijt het best in gebieden met matige regenval in de zomer en waar de temperatuur in de winter niet lang onder het vriespunt blijft. Het insect kan goed vliegen en zijn geleidelijke verspreiding naar het westen is grotendeels te danken aan zijn natuurlijke verspreidingsvermogen, hoewel commercieel transport ook een rol speelt. Hij is op veel plaatsen (voornamelijk luchthavens) in de Verenigde Staten in geïsoleerde kolonies aangetroffen. Er ontstond bijvoorbeeld veel ophef na de recente ontdekking van verschillende exemplaren in de buurt van Sacramento, Californië, ruim 2000 mijl van het dichtstbij-

zijnde centrum met een hoge populatie.

De meest toegankelijke schakel in de levenscyclus voor bestrijding is de larve van de kever in de bodem en het gras. Daarom worden gewoonlijk insecticiden in hoge concentraties gebruikt om de bovenste paar inches van de bodem te besmetten. Algemene bodemverontreiniging vereist hogere hoeveelheden insecticiden dan bladbehandeling. Gedurende de jaren van chemische bestrijding van de Japanse kever zijn de hoeveelheden insecticiden altijd hoog en gevaarlijk geweest. Per acre varieerden de cijfers, in een reeks aanbevolen procedures, van 400 pond loodarsenaat tot 25 pond DDT en 2 pond aldrin. Ondanks de schijnbare verschillen in dosering is de effectiviteit van deze hoeveelheden vrijwel gelijk. Het gevaar lijkt te zijn toegenomen. Nu is het gebruikelijk om dieldrin, aldrin of heptachloor via de lucht toe te passen in hoeveelheden van 2 of 3 pond per acre. Bij deze concentraties zijn alle middelen gevaarlijk voor warmbloedige dieren; bovendien vormen ze allemaal persistente toxische residuen. Dieldrin is het meest stabiel; aldrin wordt omgezet in dieldrin; en heptachloor vormt een stabiel, meer toxisch epoxide. De huidige methoden voor de bestrijding van Japanse kevers zijn daarom zowel op korte als op lange termijn inherent gevaarlijk.

Recente bestrijdingscampagnes zijn erop gericht de westwaartse verspreiding van de kever tegen te gaan in plaats van hem uit te roeien. [031] In de gebieden waar de kever het langst voorkomt, lijkt de populatie zich te hebben gestabiliseerd. Er zijn natuurlijke vijanden geïntroduceerd; enkele daarvan zijn redelijk effectief gebleken in het beperken

van de aantallen. De bekendste daarvan is een bacillus (*B. popilliae*) die de “melkachtige sporenziekte” veroorzaakt. Onder bepaalde omstandigheden vestigt deze ziekte zich en houdt het aantal kevers goed onder controle. Vaker is echter een effectieve bestrijding alleen mogelijk als de sporen herhaaldelijk op het juiste moment worden verspreid. De manier van gebruik is vergelijkbaar met die van een insecticide. Op deze manier kan de melkachtige sporenziekte het aantal kevers effectief laag houden. Deze ziekte was zelfs de eerste die de naam “levend insecticide” kreeg.

Het behoeft geen betoog dat biologische bestrijding van dit type niet verenigbaar is met een uitroeiingsfilosofie. Uitroeiing vereist chemische behandelingen. Recente pogingen om populaties aan de westelijke rand van het verspreidingsgebied van de Japanse kever uit te roeien, waren gebaseerd op hoge doses van de genoemde chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden. Tot 1960 hadden zes staten aan de huidige westelijke verspreidingsgrens (Michigan, Indiana, Kentucky, Illinois, Iowa en Missouri) in samenwerking met de Plant Pest Control Division van het Amerikaanse ministerie van Landbouw 96.000 acres behandeld. De soorten en hoeveelheden insecticiden, de wijze van behandeling en de aard van het landschap hebben geleid tot verlies van wilde dieren. Onder deze omstandigheden zijn ook andere gevaren te verwachten, maar de meeste daarvan worden tot een minimum beperkt door zorgvuldige naleving van de juiste procedures.

Het verlies aan wilde dieren is soms ernstig geweest. Zo zijn grondvoedende vogels vrijwel uitgeroeid in behandelde ge-

bieden in de buurt van Sheldon, Illinois (Scott et al., 1959). Hetzelfde geldt voor muskusratten, konijnen en grondeekhoorns. Niemand kent de volledige omvang van het verlies, noch heeft iemand de subtielere gevaren onderzocht die waarschijnlijk optreden na massale toepassing van stabiele chemicaliën. Het feit dat de volledige impact van dergelijke chemische behandelingen niet bekend is, is evenzeer een bron van zorg als de waargenomen hoge sterfte onder wilde dieren. Daar ligt de kern van de controverse over de huidige bestrijdingscampagnes tegen de Japanse kever. Vergelijkbare behandelingen elders suggereren dat de effecten op wilde dieren veel groter kunnen zijn dan de onmiddellijke sterfte alleen doet vermoeden.

Er zijn ook andere klachten. Een daarvan betreft het uitroeingsdoel zelf. Biologische methoden kunnen met succes worden toegepast en zijn dat ook al gedaan. Voorstanders van deze bestrijdingsmethode pleiten in wezen voor “leven met” het insect, zoals we dat al 45 jaar doen. Zij stellen dat het te laat is om uitroeiing te proberen; de soort is nu te goed ingeburgerd.

[032] Het verlies aan wilde dieren, andere gevaren en de kosten van een succesvolle uitroeiing rechtvaardigen geen totale uitroeicampagne met de huidige behandelingsmethoden.

Er zijn ook klachten over de manier waarop de bestrijdingscampagnes worden uitgevoerd. De ernstigste klacht is waarschijnlijk het gebrek aan goede informatievoorziening aan het publiek. Bovendien werden veel gebieden waar slechts enkele kevers voorkwamen, toch behandeld alsof er overal

grote aantallen kevers voorkwamen. Deze willekeurige toepassing van de bestrijdingsmiddelen houdt de biologische bezwaren tegen massale bestrijdingsmethoden in stand.

Zoals de campagne tegen de Japanse kever momenteel wordt uitgevoerd, lijkt ze gedoemd te mislukken. Ze is niet subtiel of creatief, en (wat het belangrijkste is) ze is niet effectief. Lokaal succes vertraagt misschien de verspreiding, maar uitroeiing lijkt onmogelijk. Er zijn twee alternatieven: een mentaliteitsverandering, waarbij het doel van uitroeiing wordt losgelaten, of een verandering van methode, waarbij specifieke bestrijdingsmiddelen worden ingezet. Een specifiek chemisch middel om Japanse kevers volledig uit te roeien zonder schade aan andere dieren is nog niet gevonden. Het lijkt de enige redelijke oplossing om het aantal kevers met biologische bestrijdingsmiddelen onder controle te houden. Ik ben ervan overtuigd dat het publiek een voortzetting van de huidige chemische aanpak van de bestrijding van Japanse kevers niet zal tolereren.

DUTCH ELM DISEASE

De schimmel die *Dutch elm disease*^{2*)} – iepziekte – veroorzaakt, komt al zo'n dertig jaar in dit land voor. In die tijd heeft hij vele duizenden schaduwbomen in steden gedood. Vreemd genoeg is de schimmel, die zelf uit Europa is geïmporteerd, voor zijn verspreiding afhankelijk van een per ongeluk geïntroduceerde schorskever. enkele jaren voordat de schimmel zijn weg naar de Verenigde Staten vond. Zowel de schimmel als de kever kunnen afzonderlijk leven, maar samen creëren

2 *) Ontdekt door twee Nederlanders

ze “ideale” omstandigheden voor hun eigen welzijn. Een nauw verwante, inheemse kever kan de schimmel ook overbrengen, maar wordt niet als zo gevaarlijk beschouwd als de geïntroduceerde soort.

Iepen zijn natuurlijk waardevolle schaduwbomen. Hoeveel ze precies waard zijn in dollars is moeilijk te zeggen. Misschien is drie- tot vijfhonderd dollar een redelijke schatting voor een volgroeide iep op een goede locatie. Maar de waarde van iepen gaat verder dan economische aspecten en omvat ook immateriële waarden zoals schaduw, sierwaarde, rust en een toevluchtsoord voor wilde dieren. De waarde van een dergelijk niet-commercieel product kan alleen subjectief worden geschat wanneer de kosten van de behandeling worden afgewogen tegen de baten van de bestrijding. [033] De verspreiding van de iepziekte kan worden vertraagd door al het dode hout van aangetaste bomen te verwijderen. Kevergangen worden alleen aangetroffen in dode en stervende delen van de boom. Dit soort sanering is echter duur en wordt, naar de ervaring van stedelijke bestrijdingsinstanties, door huiseigenaren waarschijnlijk niet consequent uitgevoerd. DDT is zeer effectief in het doden van schorskevers en houdt ze enkele maanden na intensieve toepassing uit de bomen. Door de keverdrager te elimineren, wordt de verspreiding van schimmelsporen gestopt en wordt de ziekte onbelangrijk.

Sinds de komst van DDT als belangrijkste chemische stof voor de bestrijding van de iepziekte is het equivalent van meer dan twee miljoen acres besproeid. De doses per boom variëren van minimaal 2,5 pond DDT tot meer dan 17 pond

bij grote en talrijke iepen (George, 1959). Normaal gesproken worden deze hoeveelheden met hogedruksproeimachines in grote hoeveelheden water verspreid.

In tegenstelling tot andere grootschalige behandelingen is de bestrijding van de iepziekte met DDT niet afhankelijk van de verspreiding van insecticiden door vliegtuigen. DDT-spray blijft daarom redelijk goed beperkt tot het gebied waar iepen voorkomen. Het sproeien heeft de verspreiding van de ziekte tot nu toe waarschijnlijk vertraagd. Niettemin heeft de ziekte zich verspreid over New England en het aangrenzende Canada, de Mid-Atlantische staten en de noordelijke centrale staten. De ziekte heeft zich in het westen tot Kansas verspreid en zal zich waarschijnlijk verder uitbreiden. Het totale behandelde gebied – dat volledig stedelijk is – is dan ook zeer groot. De uniformiteit van de aanbevolen procedures en de intensiteit waarmee deze in dit grote gebied worden toegepast, maken deze behandelingsmethode tot een echte massabestrijding.

De hoeveelheden DDT die nodig zijn om schorskevers te doden, zijn meer dan voldoende om vogels in of rond besproeide bomen te doden. Bovendien zorgt de stabiliteit van DDT ervoor dat het maanden en zelfs jaren in de bodem onder behandelde bomen blijft bestaan. Deze stabiliteit heeft andere verontrustende biologische gevolgen, die later in detail worden beschreven (zie met name hoofdstuk 20). Ik hoef hier alleen maar te zeggen dat de vogelpopulaties na het sproeien vaak zijn uitgedund door acute blootstelling aan DDT en dat effecten op langere termijn het aantal vogels nog verder doen afnemen. De verliezen zijn het meest

uitgesproken waar de dichtheid van iepen groot is. Ik twijfel er niet aan dat miljoenen vogels zijn gedood door DDT-besputingen op iepen. Evenmin kan er twijfel bestaan dat het karakter van stedelijke vogelpopulaties moet veranderen, althans waar iepen veel voorkomen, bij herhaalde zware besputingen ter bestrijding van de iepziekte.

[034] De bestrijding van de iepziekte met DDT heeft altijd tot controverse geleid tussen vogelliefhebbers en bestrijdingsfunctionarissen. De laatste tijd is de controverse het hevigst in Michigan, Wisconsin en Illinois (Hickey, 1961). Het probleem is paradoxaal. Iepen zijn aantrekkelijk en waardevol, maar dat geldt ook voor vogels. Door de iepen te redden met de huidige bestrijdingsmaatregelen, behouden we een toevluchtsoord voor de vogels, maar doden we de vogels. De enige logische houding is daarom om methoden te zoeken die zowel de bomen als de vogels beschermen. Gelukkig bestaat er een chemische stof die nauw verwant is aan DDT, methoxychloor, die ongeveer even effectief is als DDT in het doden van kevers, maar geen reëel gevaar vormt voor vogels (Wootten, 1962). Helaas kost methoxychloor drie keer zoveel als DDT. Tot voor een jaar of twee was dit prijsverschil (één dollar per boom met DDT tegenover drie dollar per boom met methoxychloor) voldoende om methoxychloor uit bestrijdingsprogramma's te weren. Verschillende gemeenschappen hebben echter gekozen voor de ogenschijnlijk duurdere oplossing, omdat deze op de lange termijn meer waarde oplevert. Ongetwijfeld zullen andere gemeenschappen dezelfde beslissing nemen en misschien zal DDT uiteindelijk niet worden aanbevolen voor de be-

strijding van de iepziekte. Er worden andere chemische stoffen onderzocht als bestrijdingsmiddelen, maar geen enkele voldoet nog aan de eisen voor de bescherming van zowel vogels als bomen. Weinigen zullen de impliciete premisse van het gebruik van DDT op iepen accepteren: dat de meeste vogels moeten worden opgeofferd om bomen te beschermen.

INGEVOERDE VUURMIER

Zeven soorten vuurmieren (*Solenopsis*) komen voor in warme gematigde streken van Noord- en Zuid-Amerika. Drie daarvan zijn inheems in de Verenigde Staten. Kort na de Eerste Wereldoorlog vestigde een donkere vorm van *S. saevissima* uit Argentinië zich in Mobile, Alabama, en verspreidde zich langzaam over de omliggende regio. In de jaren 1930 verscheen in hetzelfde gebied een kleinere, roodachtige vorm van *saevissima*, die kennelijk een tweede grote introductie betekende. De laatste soort verspreidde zich tegen 1940 agressief over de staatsgrenzen heen en verdrong door kruising en onderlinge strijd de gevestigde zwarte soort (Wilson en Brown, 1958). Momenteel bestaat de Noord-Amerikaanse populatie voornamelijk uit de rode soort, die zowel de inheemse soorten als de donkere soort lijkt te verdringen.

Ongestoorde mieren bouwen kleine heuveltjes van verharde aarde, die naarmate de tijd verstrijkt steeds talrijker worden. [035] Oudere heuveltjes kunnen 15 tot 25 per acre tellen en twee of drie voet hoog zijn. Het behoeft geen betoog dat de aanwezigheid van heuveltjes de landbouwactiviteiten hin-

dert. Bovendien zijn de steken van vuurmieren pijnlijk en zijn er twee of drie sterfgevallen als gevolg van hun steken geregistreerd. De mier is duidelijk een grote plaag. Zijn rol als belangrijke gewasplaag is echter omstreden. Studies in 1948 en 1949 meldden gevaren voor vee en bepaalde gewassen, maar latere beoordelingen bevestigen de voorspellingen uit die studies niet. Al het onderzoek naar de soort werd uitgevoerd in 1948-1949 (W. L. Brown, 1961).

Ondertussen had de vuurmier zich in de jaren 1940-1956 verspreid over elf staten in het zuidoosten. Vanwege de vroege voorspellingen, hoewel er geen gedegen onderzoek was gedaan naar zowel de mier als de bestrijdingsmethoden, verzocht het Amerikaanse ministerie van Landbouw in 1957 het Congres om toestemming voor de bestrijding van de vuurmier. Het verzoek werd ingewilligd en er werd een jaarlijks bedrag van 2,4 miljoen dollar toegekend, op voorwaarde dat de lokale overheden eenzelfde bedrag beschikbaar zouden stellen. De meeste staten en veel lokale instanties en particulieren kwamen met een bijdrage, maar vaak gingen de bestrijdingsoperaties ook zonder deze middelen door. Er werd in hoog tempo een grootschalige operatie opgezet. De eerste bespuitingen met 2 pond dieldrin of heptachloor per acre begonnen in november 1957. Heptachloor in een dosering van 1 tot 1,25 pond per acre werd in 1958 vervangen en dit regime werd later gewijzigd in twee toepassingen van 0,25 pond met een tussenpoos van drie of vier maanden. Meer dan tweeënhalf miljoen acres land zijn vanuit de lucht behandeld met heptachloor of dieldrin in de beschreven doseringen.

Pas toen de operatie al aan de gang was, werden de autoriteiten op het gebied van wild en gezondheid op de hoogte gebracht. Er ontstond onmiddellijk verzet tegen het programma, dat uitgroeide tot een nationale controverse. Vissen, wilde dieren, vee en pluimvee leden verliezen en de vernietiging van de wilde dieren was bijna catastrofaal. Een eerste beoordeling (George, 1958), waarin een overzicht werd gegeven van de waargenomen en waarschijnlijke nadelige effecten, werd later uitgebreid met gegevens over buitensporige sterfte (DeWitt en George, 1960; Southeastern Assoc. Game and Fish Comm., 1958, en vele anderen). Een publicatie van de Agricultural Research Service (1958) over de “feiten” van het uitroeiprogramma werd gemakkelijk weerlegd door andere, indrukwekkendere “feiten” (bijv. Arant et al., 1958). Het insect werd in geen van de zuidelijke staten als meer dan een hinder beschouwd; het vernietigde geen gewassen, wilde dieren of vee. De gebruikte chemicaliën hebben echter wel gewervelde dieren uit sommige gebieden uitgeroeid, waarbij het herstel van sommige populaties nog onzeker is. [036] Het sproeiprogramma veroorzaakte wel residuproblemen, droeg bij aan insectenplagen die zelf bestreden moesten worden (Long et al., 1958) en kostte minstens 15 miljoen dollar. Het heeft de vuurmier niet uitgeroeid; de mieren zijn zelfs in de meeste behandelde gebieden “teruggekomen”. De Plant Pest Control Division van het Amerikaanse ministerie van Landbouw had duidelijk een enorme fout gemaakt; de operatie was vanaf het begin gedoemd te mislukken.

Op basis van de vele twijfels die waren gerezen, trok de

wetgevende macht van Alabama in 1959 de bijbehorende financiering in, gevolgd door de wetgevende macht van Florida in 1960. De “totale aanval” werd gestaakt; lokale bestrijding is nu de gangbare praktijk. Onder invloed van de controverse zijn nieuwe en effectieve bestrijdingsmethoden ontwikkeld, maar deze zijn niet afkomstig van de sponsor van het bestrijdingsprogramma. Hays en Arant (1960) stelden bijvoorbeeld een lokaas voor dat effectief lijkt te zijn. In 1962 werd een nieuwe chemische stof (Mirex) uitgebreid in het veld getest. Deze chemische stof, aangebracht op lokaas, lijkt het aantal vuurmieren te bestrijden zonder duidelijke schade aan jachtvogels (Baker, 1963; George, 1963). Desondanks werd in 1962 alleen al in Louisiana enkele honderdduizenden acres behandeld met heptachloor in hoeveelheden tot twee pond per acre. De volledige vervanging van chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden door Mirex zou in 1963 beginnen (Keith, persoonlijke mededeling).

In tegenstelling tot de succesvolle uitroeiprogramma's tegen de mediterrane fruitvlieg en de schroefworm ontbrak het het programma tegen de vuurmier aan verbeeldingskracht, diepgaande voorkennis en het vooruitzicht op succes die beide programma's zo inspirerend maakten. Vanaf het begin ontbrak het aan voldoende onderzoeksinformatie om een bestrijdingsprogramma van een dergelijke omvang te kunnen sturen (W. L. Brown, 1961). Evenmin was er sprake van een echt coöperatieve aanpak tussen de bij de operatie betrokken instanties. Ik ben van mening dat het mislukken van dit programma het einde betekent van uitroeipogingen met “blitz”-methoden.

Het geïntegreerde bestrijdingsconcept

Natuurlijke krachten beperken het aantal planten en dieren, en deze beperkende krachten hebben op dezelfde manier invloed op plagen als op andere soorten. Natuurlijke bestrijdingskrachten houden het aantal niet altijd laag genoeg voor het gemak van de mens. Door de mens veroorzaakte verstoringen zorgen er zelfs voor dat het aantal plagen soms hoog oploopt. Vanwege deze verstoringen kan in de meeste gewasecosystemen niet altijd worden vertrouwd op natuurlijke bestrijdingsmiddelen om het aantal plagen te onderdrukken. Daarom kunnen natuurlijke antagonismen bewust worden ingezet door middel van biologische bestrijding. Op dit moment worden chemische en biologische bestrijdingsmethoden beschouwd als de belangrijkste middelen om het aantal plagen onder controle te houden. [037] Deze twee benaderingen van bestrijding worden vaak als alternatieven beschouwd, waarbij de ene methode in de praktijk antagonistisch is ten opzichte van de andere. Deze veronderstelling van een conflict is niet realistisch. In de eerste plaats gaat zij voorbij aan het feit dat in elke gewassituatie, ongeacht de toegepaste chemische methoden, onvermijdelijk in hoge mate moet worden vertrouwd op natuurlijke bestrijdingsmiddelen. Ten tweede kan, met voldoende kennis en bewust beheer, de ene methode de andere goed aanvullen. Het bewust harmoniseren van chemische en natuurlijke bestrijdingsmethoden tegen plagen is wat wordt bedoeld met geïntegreerde bestrijding (algemene referenties, Stern et al., 1959; van den Bosch en Stern, 1962).

Geïntegreerde bestrijding onderscheidt zich dus van andere

bestrijdingsmethoden door drie kenmerken die samen voorkomen: de basisafhankelijkheid is van natuurlijke processen bij de bestrijding van plagen; chemische en natuurlijke bestrijdingsmethoden worden gecombineerd tegen afzonderlijke plagen; en de twee soorten bestrijding worden geïntegreerd in een volgorde die het best past bij het ecosysteem van het gewas. Met deze uitgangspunten is het duidelijk dat elk chemisch middel dat in een geïntegreerd bestrijdingsprogramma wordt gebruikt, het natuurlijke evenwicht zo min mogelijk mag verstoren en niet langer dan nodig aanwezig mag blijven. Het algemene doel van chemische middelen in een dergelijk programma is het terugdringen van de plaagpopulaties tot een niveau waarop antagonistische organismen de bestrijdingsfunctie overnemen. Het spreekt vanzelf dat de chemische middelen deze concurrerende organismen weinig of geen schade mogen toebrengen.

Geïntegreerde bestrijding is geen nieuw idee. Bosbouwers, met name in Europa, passen het concept al vele jaren toe. Het vormt zelfs de basis van de meeste bestrijdingsmethoden in de huidige Europese bosbouw. Ook in Europa is het concept uitgebreid naar de landbouw, waar een rode draad van minimale biologische verstoring door de meeste gewasbeschermingsmethoden loopt. De langetermijnstudies van Pickett en zijn collega's (bijv. Pickett, 1961) in de boomgaarden van Oost-Canada zijn gebaseerd op het harmoniseren van chemische en biotische bestrijdingsmiddelen voor een zo effectief mogelijke insectenbestrijding. Het gaat om geïntegreerde bestrijdingsmethoden, hoewel ze niet als zodanig worden aangeduid. De recente populariteit van geïnte-

greerde bestrijding onder economische entomologen in de Verenigde Staten betekent niet dat het concept nieuw is of voorheen verkeerd werd begrepen. Het is veeleer zo dat het huidige falen van chemische bestrijding heeft geleid tot een nieuw enthousiasme voor geïntegreerde bestrijding.

Geïntegreerde bestrijding is biologisch gezond verstand. De veranderingen in het faunistische evenwicht die inherent zijn aan gewasecosystemen kunnen zeker niet altijd op bevredigende wijze met biologische middelen worden beperkt.

[038] Om plaagproblemen te bestrijden hebben economische entomologen altijd gezocht naar methoden die betrouwbaar en op grote schaal toepasbaar waren. Chemische bestrijdingsmiddelen hebben herhaaldelijk hun waarde bewezen in situaties waarin de bestrijding beperkt was. Toen de hoge insecticide werking van DDT en later synthetische insecticiden duidelijk werd, was het niet verwonderlijk dat deze chemicaliën snel werden aangegrepen als gemakkelijke oplossing voor oude problemen. Verrassend is wel hoe snel entomologen schijnbaar vergaten dat ongediertebestrijding een biologisch en geen chemisch probleem is. In de naoorlogse jaren werd enorm veel nadruk gelegd op chemische technologie, vermomd onder verschillende biologische noemers. De meeste praktiserende entomologen raakten ervan overtuigd dat de oplossing voor alle insectenbestrijdingsproblemen in chemicaliën lag. Het enige wat men behoefde te doen was de juiste chemische stof selecteren en deze toepassen waar nodig. Er was natuurlijk verzet tegen een buitensporige afhankelijkheid van chemische bestrijdingsmiddelen (bijvoorbeeld de vroege waarschuwingen van Nicholson,

1939, en Wigglesworth, 1945), maar in de roes van hoopvolle enthousiasme voor definitieve oplossingen werd de tegenstanders niet serieus genomen. Nu zien we dat de tegenstanders de biologische omgeving juist hebben ingeschat. De biologische complicaties die het gevolg waren van chemische bestrijding werden al snel even ernstig als de problemen die ze hadden vervangen, of zelfs ernstiger. Zelfs nu nog zijn sommige toegepaste biologen terughoudend om toe te geven dat de chemische bestrijdingsmethoden moeten worden veranderd. Gelukkig worden hun stemmen steeds zwakker.

De huidige goedkeuring van geïntegreerde bestrijdingssystemen komt grotendeels voort uit het overmatig gebruik van chemicaliën bij de bestrijding van plagen. De problemen die in dit boek worden besproken, herinneren ons eraan dat chemische bestrijdingsmiddelen niet het enige middel zijn om plagen te bestrijden. Er is ook niet één enkele methode. Het fundamentele belang van natuurlijke bestrijdingsmiddelen moet worden erkend en bevorderd. Waar chemische of andere bestrijdingsmiddelen kunnen worden gebruikt om natuurlijke bestrijding te ondersteunen, moet daar zeker gebruik van worden gemaakt. Maar de ongediertebestrijder moet in de eerste plaats een ecooloog zijn, ongeacht de andere instrumenten of disciplines waarop hij zich baseert om zijn ecologische ingrepen uit te voeren. Het concept van geïntegreerde bestrijding brengt het perspectief terug in de insectenbestrijding. Dat ontbrak de afgelopen twintig jaar.

Geïntegreerde bestrijding is afhankelijk van procedures die afzonderlijk kunnen worden toegepast en dat normaal ge-

sproken ook zijn. Er zijn enkele min of meer kleine procedurele kenmerken die deze aanpak onderscheiden van andere bestrijdingsmethoden, maar in wezen zijn de methoden ontleend aan de traditionele aanpak. Geïntegreerde bestrijding is in feite niet zozeer een procedure als wel een houding, een visie op de beste manier om ongedierte te bestrijden. [039] Goed toegepaste geïntegreerde bestrijding, zoals nu in zeer uiteenlopende teeltomgevingen als de appelboomgaarden van Nova Scotia en de alfalfa-velden van Californië, levert de volgende resultaten op:

- (1) Er worden minder vaak chemicaliën gebruikt en vaak in kleinere hoeveelheden, wat leidt tot lagere kosten voor telers en minder risico's voor zowel telers als consumenten.
- (2) Minder gebruik van chemicaliën leidt tot minder biologische complicaties. Daartoe behoren een kleinere kans op resistentie en een grotere overlevingskans van natuurlijke vijanden van plaagorganismen.
- (3) Minder gebruik van chemicaliën maakt twee soorten biologische manipulatie mogelijk: het herstel van stabiele biotische complexen die eerder door pesticiden waren vereenvoudigd, en de introductie en overleving van geïmporteerde biologische bestrijdingsmiddelen die specifiek gericht zijn op bepaalde plaagorganismen. Beide middelen leiden, door de complexiteit van de fauna te vergroten, tot een grotere stabiliteit en een kleiner aantal van alle soorten.

De juiste integratie van bestrijdingstechnieken vereist veel kennis. Het is gebruikelijk geworden om voor advies over

ongediertebestrijding een beroep te doen op de meest deskundigen. Adviseurs en consultants op het gebied van productiebiologie zijn tegenwoordig legio. Maar er is meer nodig dan hun incidentele advies. Geïntegreerde bestrijding vereist kennis, inspectie en verantwoordelijkheid. Deze eisen leiden tot een veel strengere controle op de bestrijding van plagen. In Duitse bossen wordt al 25 jaar gecontroleerde bestrijding toegepast (Franz, 1961). In Amerikaanse bossen is gecontroleerde bestrijding de norm, zij het misschien minder streng dan in Duitsland. In mindere mate geldt dit voor ongediertebestrijding in boomgaarden. Zowel in boomgaarden als in bossen maken de lange levensduur van bomen en de relatief grote biotische stabiliteit toezicht en geïntegreerde bestrijding haalbaar. Pas in de afgelopen jaren is de haalbaarheid van geïntegreerde bestrijding in eenjarige gewassen aangetoond (Stern et al., 1959).

Hier volgen twee recente voorbeelden die aantonen dat geïntegreerde ongediertebestrijdingsprogramma's inderdaad succesvol kunnen zijn in eenjarige gewassen.

De gevlekte luzernebladluisc (*Therioaphis maculata*) verscheen in 1954 in Californië en verspreidde zich al snel over een groot deel van de luzerne-teeltgebieden (Stern en van den Bosch, 1959). Parathion en malathion werden onmiddellijk ingezet om het aantal bladluizen te verminderen. De bestrijding was echter hooguit tijdelijk en de hoeveelheden en frequentie van de chemische bestrijdingsmiddelen moesten worden verhoogd. De bladluizen begonnen resistentie tegen deze insecticiden te ontwikkelen, terwijl hun natuurlijke vijanden bijna volledig werden uitgeroeid. Het

resultaat was een fenomenale toename van het aantal bladluizen en ongekeerde schade aan de gewassen. Het inherente gevaar van een totale afhankelijkheid van insecticiden voor de bestrijding van bladluizen werd duidelijk. [040] Er moest worden teruggekeerd naar een betere natuurlijke bestrijding. In veel proeven verminderde een systemisch insecticide (Systox) de bladluispopulaties, terwijl de natuurlijke vijanden nauwelijks werden aangetast. Bovendien hoefde de door insecticiden veroorzaakte sterfte niet 100 procent te zijn voor een bevredigende bestrijding. Er konden lagere doses worden gebruikt. Ondertussen werden met succes nieuwe vijanden geïntroduceerd: insectenparasieten en schimmels. De gecombineerde werking van een selectief insecticide en natuurlijke vijanden, zowel inheemse als geïntroduceerde, houdt de bladluispopulaties nu onder controle zonder buitensporige kosten, groot toxisch gevaar of de ontwikkeling van insecticideresistente populaties. In dit geval dient een incidentele afhankelijkheid van een giftige chemische stof alleen ter aanvulling van natuurlijke bestrijdingsmiddelen, niet om deze te belemmeren.

Het tweede voorbeeld betreft een gevestigde plaag en een reeks ingewikkeldere aanpassingen om deze te bestrijden. Hoornwormen (*Protoparce sp.*) op tabak worden gewoonlijk met insecticiden bestreden. De meeste staten waar hoornwormen voorkomen, bevelen ook culturele bestrijding aan door het verbranden of onderploegen van de tabaksstengels die na de oogst achterblijven. Soms wordt het met de hand verwijderen van larven aanbevolen. Over het algemeen is er weinig gedaan om ze met natuurlijke vijanden te bestrijden,

maar elke succesvolle methode zou meteen voordelen opleveren in de vorm van lagere bestrijdingskosten en minder residuproblemen (een bijzonder belangrijk aspect van het gebruik van insecticiden op tabak). De afgelopen jaren hebben Rabb en zijn collega's van het North Carolina State College met succes verschillende bestrijdingstechnieken tegen hoornwormen geïntegreerd die opvallen door hun effectieve eenvoud (zie bijvoorbeeld Lawson et al., 1961). Papierwespen (*Polistes sp.*), die bekend staan als effectieve roofdieren van hoornwormen, werden aangemoedigd om zich te vermenigvuldigen door eenvoudig te bouwen kunstmatige schuilplaatsen rond tabaksvelden aan te leggen. (Op een vergelijkbare manier is voor soortgelijke doeleinden een toename van de vogelpopulaties in bossen in Duitsland, Engeland en Rusland bereikt!) Deze schuilplaatsen konden permanent rond de velden worden geplaatst of naar behoefte worden verplaatst, op dezelfde manier als imkers bijenkasten verplaatsen voor de bestuiving. Alleen al door de predatie van wespen werd ongeveer 60 procent van de totale populatie hoornwormen verwijderd. Onder bepaalde omstandigheden was de vermindering nog groter. Af en toe waren de populaties van roofdieren om verschillende culturele en klimatologische redenen klein en moesten insecticiden worden gebruikt om de bestrijding effectief te maken. In deze gevallen werden de chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden TDE en endrin gebruikt om het aantal hoornwormen terug te brengen tot een niveau waarop wespen de controle konden overnemen. [041] In tegenstelling tot eerdere toepassingen van insecticiden werden de chemicaliën alleen op de kroongedeelten van de planten aangebracht, in kleinere hoeveel-

heden, en waren er minder toepassingen nodig. Door deze geïntegreerde aanpak van biologische, culturele en insecticide bestrijding werden de kosten en de risico's van residuen verminderd. Het netto-effect is vanuit elk oogpunt een verbetering ten opzichte van eerdere bestrijdingsmethoden.

De toekomst van het concept van geïntegreerde bestrijding is uitstekend. Het berust op het besef van toegepaste biologen dat gewasecosystemen, net als alle andere ecosystemen, complexe levende gemeenschappen zijn. Insecticiden die daarin worden geïntroduceerd, veroorzaken onvermijdelijk verstoringen (Pimentel, 1961). Gezien de ernst van deze verstoringen kan eenzijdige aandacht voor doelsoorten nu niet langer worden getolereerd. Wanneer entomologen op grote schaal de ecologische basis voor insectenbestrijding erkennen, kunnen insecticiden op de juiste manier worden gebruikt om de ecologische onevenwichtigheden te corrigeren die zich af en toe in gewasecosystemen voordoen. De entomoloog wordt dan een ecologisch adviseur, zoals de arts, die chemicaliën voorschrijft. “Voorschrijvende entomologie” is een goede omschrijving voor de toekomstige patronen van insectenbestrijding.

HOOFDSTUK – 04

VERLIES, KOSTEN EN WINST

De noodzaak om een grote verscheidenheid aan plagen te bestrijden is duidelijk en universeel. Hoewel het niet nodig is om een groter voordeel voor onszelf in de biologische concurrentie te rechtvaardigen, moeten we er wel zeker van zijn dat dit voordeel ook daadwerkelijk wordt behaald wanneer plaagbestrijding wordt uitgevoerd. De publieke acceptatie van chemische bestrijdingsprogramma's is gebaseerd op de aanname dat deze programma's algemene voordelen opleveren. Het eerste deel van dit hoofdstuk beschrijft de doelstellingen en de wijze waarop beoordelingen worden gemaakt in drie categorieën van gebruik: de eerste betreft de volksgezondheid, de tweede de gewasbescherming in de land- en bosbouw en de derde een verzameling van beperkte maar welomschreven toepassingen die ik “speciaal” noem. Alle drie zijn het gebruikscategorieën. Er moet een bron zijn voor de chemicaliën die voor de bovengenoemde toepassingen worden gebruikt; de productie en distributie van chemicaliën wordt verzorgd door de grote en snel groeiende agrochemische industrie en aanverwante diensten. Daarom wordt in het vierde en laatste deel van dit hoofdstuk kort ingegaan op de hoeveelheden, de verscheidenheid en de distributie van de producten van deze industrie.

Ongediertebestrijding in de volksgezondheid

[043] Wanneer de oorzaak van ongemak, zwakte of dood van de mens een dier is dat een besmettelijke micro-organisme of een parasiet bij zich draagt, veroordelen we zowel het dragerdier als zijn schadelijke passagier. Een dergelijk dier is een vector, en de meeste programma's voor ongediertebestrijding in de volksgezondheid zijn vectorbestrijdingsprogramma's. Volgens de gewoonte vallen ook hinderlijke insecten onder vectorbestrijding.

Anopheles-muggen dragen de sporozoaire parasiet die malaria veroorzaakt. Aangezien we het malariaorganisme zelf niet effectief kunnen bestrijden, richten we ons op de drager ervan. Muggenbestrijding wordt nu op grote schaal uitgevoerd over de hele wereld. De maatschappelijke gevolgen van de terugdringing en uitroeiing van malaria zijn niet te overzien. Directe bestrijding van de ziekte is natuurlijk het resultaat, maar andere voordelen zijn een verbeterde vitaliteit, waardoor mensen productiever worden en beter bestand zijn tegen andere ziekten. Knipling schatte in 1953 dat door het gebruik van DDT bij de bestrijding van door insecten overgedragen ziekten niet minder dan 5 miljoen levens waren gered en meer dan 100 miljoen ziektegevallen waren voorkomen. Aan deze cijfers kunnen nu nog vele miljoenen worden toegevoegd. Het sterftecijfer in Madagaskar en Ceylon is binnen twee jaar na de introductie van DDT voor de bestrijding van muggen bijna gehalveerd (Hess, 1956).

Meer dan een dozijn andere belangrijke ziekten worden door muggen overgedragen. Deze omvatten gele koorts, encefalitis, filariasis en knokkelkoorts. Als groep genomen is

er waarschijnlijk geen ernstigere reeks ziekten waaraan de mensheid is blootgesteld. En er zijn nog andere door vectoren overgedragen ziekten, zoals tularemie en scrubtyfus, die, althans lokaal, hun tol eisen. Geen enkele regio op aarde is volledig vrij van muggen. In de Verenigde Staten is encefalitis in verschillende vormen momenteel de ernstigste door muggen overgedragen ziekte. De incidentie van de ziekte is relatief laag en wordt laag gehouden door voortdurende bronreductie, sanitaire voorzieningen en het weren van muggen. De tijd en kosten die worden besteed aan het onderzoek naar en de preventie van encefalitis worden gerechtvaardigd door de resultaten.

Er zijn enorme inspanningen geleverd om Centraal- en Zuid-Afrika te ontdoen van de tseetseevlieg, *Glossina*, een drager van de trypanosoomprotozoa die slaapziekte veroorzaakt. Lokaal - dat wil zeggen op een gebied van enkele duizenden acres - zijn gebieden bewoonbaar gemaakt voor mensen en hun huisdieren. Hier is de beloning voor succesvolle bestrijding niet meetbaar. Het verschil tussen succes en mislukking is het verschil tussen permanente productieve bewoning van het land door mensen en een tijdelijke bewoning van de minst productieve soort. Grote delen van Afrika moeten nog worden ontdaan van de vector.

[044] Met zulke hoge doelen voor ogen, hoeft men zich weinig af te vragen over de prijs. In dit geval zijn alle klassieke bestrijdingsmiddelen ingezet om de tseetseevlieg te bestrijden: directe vermindering van het aantal, sanering door het verwijderen van geschikte struiksoorten en het afschieten van wild dat als reservoir voor de trypanosoom

fungeert. Om aan deze laatste eis te voldoen, zijn honderdduizenden stuks groot wild gedood. Chemische middelen zijn ook effectief. In een gebied in Nigeria waar tseetse-vliegen zich tijdens het droge seizoen concentreren, werd de vlieg op een gebied van zeven vierkante mijl uitgeroeid door bosjes te behandelen met DDT in een hoeveelheid van 20 pond per acre. De kosten van deze operatie werden officieel geraamd op 2000 dollar.

Misschien lijken al deze methoden gerechtvaardigd in verhouding tot hun doel. De totale prijs van de bestrijding van de tseetse-vlieg is hoog, maar de immateriële kosten zijn niet te berekenen. De waarde van de gedode wilde dieren kan niet worden berekend. De totale effecten van grootschalige chemische toepassingen over zeer grote gebieden zijn niet bekend. De biotische, recreatieve en esthetische waarde van de natuur valt niet in geld uit te drukken. Ook de waarde van het menselijk leven is onmeetbaar, moeten we concluderen.

Ongediertebestrijding in de landbouw en veeteelt

Gewasverliezen door insecten en andere biologische concurrenten zijn ongetwijfeld belangrijk. Welke waarde we aan de vermindering daarvan moeten toekennen, is niet altijd duidelijk. Maar de omvang van de verliezen is nu ten minste gedeeltelijk meetbaar.

Pas in het recente tijdperk, waarin de nadruk ligt op productie-efficiëntie en hoge marketingnormen, lijken gedeeltelijke gewasverliezen zo belangrijk. In 1891 schatte Fletcher de

jaarlijkse gewasverliezen door insecten in de Verenigde Staten op 10 procent van de opbrengst. Jarenlang werd 10 procent verlies aanvaard als een “vuistregel” voor de totale belasting door insecten. De verliezen varieerden natuurlijk van gewas tot gewas en van jaar tot jaar. Andere soorten gewasverliezen door plagen waren waarschijnlijk twee keer zo groot als de verliezen door insecten.

Decker (1954) stelt drie belangrijke correcties voor die nu moeten worden aangebracht in de 10 procentregel van Fletcher. De eerste correctie betreft de 10 procent; destijds was dit waarschijnlijk een te lage schatting. Ten tweede zijn veel van de meest destructieve insectenplagen rond 1891 en kort daarna vanuit andere landen geïntroduceerd. Ten slotte zijn de Amerikaanse marktnormen aangescherpt, waardoor door insecten beschadigde producten niet langer in het vrije verkeer mogen worden gebracht. [045] Deze uitspraken impliceren een voortdurende verandering in de soorten insecten die schade veroorzaken en in de aard van de schade. Ze impliceren verder dat de schatting van het verlies sterk wordt beïnvloed door het aandeel van de totale opbrengst waarvoor de eindconsument uiteindelijk betaalt. Noch de plagen, noch de normen blijven hetzelfde.

Verliezen door plagen worden meestal gebaseerd op “vooren-na”-schattingen, of, minder vaak, op werkelijke opbrengstcijfers. Opbrengstveranderingen kunnen worden omgerekend in winst of verlies in dollars en vormen daarmee de enige goede maatstaf voor de waarde van een ongediertebestrijdingsmethode. Maar zelfs dan zijn ze niet de enige maatstaf voor de waarde die kan worden toegepast.

Overtuigende gegevens over verliezen door ongedierte zijn moeilijk te vinden (goed geïllustreerd door Parker, 1942). De algemene schatting is het minst betrouwbaar. De schade door knaagdieren in de Verenigde Staten wordt bijvoorbeeld geschat op één tot twee miljard dollar per jaar. De schade door insecten wordt aanzienlijk hoger ingeschat, misschien wel vier miljard dollar. De totale kosten van onkruid worden geschat op elf miljard dollar. Dit soort cijfers zijn grotendeels zinloos. Ze kunnen worden gebruikt om een wetgever te overtuigen van de noodzaak van een hogere begroting, of om sympathie te wekken bij het publiek. Voor een bepaald programma worden schattingen zelden geanalyseerd met betrekking tot de wijze waarop de cijfers zijn verkregen, hoe zeker de voordelen van gewasbescherming zijn, of, wat dat betreft, welke invloed verlichting zou kunnen hebben op de bestaande productie- en distributiesystemen. Bovendien hebben de cijfers geen echte impact op een publiek dat zich er al van bewust is dat ongedierte ongedierte is en veel overlast veroorzaakt.

Specifieke schattingen voor bepaalde gewassoorten zijn nuttiger. De beste samenvatting hiervan is te vinden in een publicatie van de Agricultural Research Service (1954). In deze samenvatting worden de moeilijkheden bij het opstellen van ramingen herhaaldelijk geïllustreerd door middel van directe uitspraken of implicaties. De onduidelijkheid van de verliescijfers die in dit rapport door de meest gekwalificeerde wetenschappers en economen van de overheid zijn verzameld, heeft geleid tot de aanbeveling om verder onderzoek naar dit probleem te doen. Er is sindsdien een

commissie van de National Research Council ingesteld om deze kwestie te bestuderen, maar er zijn nog geen rapporten gepubliceerd.

Allereerst moet duidelijk worden wat onder verlies wordt verstaan. Het is één ding om te erkennen dat er verliezen optreden, iets anders om er iets aan te doen, en weer iets anders om te bepalen of het verminderen van verliezen noodzakelijkerwijs maatschappelijk voordelig is.

[046] Verliezen in de landbouw zijn van tweeërlei aard: het ene betreft een product, het andere de productiebasis waarvan de productie van dat product afhankelijk is. Elke vermindering van de hoeveelheid of verslechtering van de kwaliteit tijdens de productie, de behandeling en de verwerking van landbouw- en bosbouwproducten is een verlies van grondstoffen. Verslechtering van landbouwgrond of bossen is een productief verlies. Beide soorten verliezen zijn niet altijd te voorkomen. Sommige zijn onvermijdelijk en zullen dat ook blijven. Sommige zijn vermoedelijk te voorkomen, maar niet in het huidige economische klimaat. Sommige zijn te voorkomen onder de huidige sociale en economische omstandigheden. Alleen de laatste categorie is van belang.

Gedeeltelijke verlichting van verliezen is mogelijk, maar zelfs als alle technologieën voor ongediertebestrijding zouden worden ingezet, zou dit geen volledige compensatie opleveren. De huidige verliezen bij veel gewassen zouden aanzienlijk kunnen worden verminderd als de huidige kennis volledig zou worden benut. De verliezen aan katoen zouden bijvoorbeeld met 75 procent kunnen worden verminderd als “volledig” gebruik zou worden gemaakt van resistente vari-

ëteiten, minerale supplementen en dergelijke (Agr. Research Serv., 1954). (Zou dit in deze tijd van areaalbeperkingen, productiequota en gesteunde prijzen verstandig zijn?) Inertie, gebrek aan voorlichting en economische factoren staan een dergelijke productiviteitsverbetering in de weg. Bij het onderzoeken van specifieke verliescijfers moet men dan ook steeds in gedachten houden dat de verliesramingen totaal zijn, maar dat de verliesvermindering slechts gedeeltelijk is. Bovendien wordt het volledige potentieel van gedeeltelijke verliesvermindering zelden benut.

Er zijn twee algemene manieren om de oogstverliezen door ziekten en plagen en de winsten door pogingen om de verliezen te beperken, te beschrijven. De eerste methode, die ouder en algemener is, maakt gebruik van de procentuele verandering ten opzichte van een veronderstelde realiseerbare totale productie van één enkel product. De tweede methode heeft ook betrekking op één enkel product, maar is afhankelijk van productie-eenheden, hetzij de verandering in de opbrengst per acre, hetzij de economische tegenhanger daarvan, de winst in dollars.

Hier worden twee producten – katoen en appels – gebruikt om de toepasbaarheid van de eerste methode te illustreren. Merk op dat de nadruk negatief is, dat er weinig aandacht wordt besteed aan de mate waarin het totale verlies kan worden gecorrigeerd. Merk ook op dat alleen producentennormen in de boekhouding worden opgenomen.

Katoeninsecten zijn verantwoordelijk voor een jaarlijks verlies dat wordt geschat op een half miljard dollar (Agr. Research Serv., 1954). De katoenkever is verantwoordelijk

voor ongeveer 10 procent van het jaarlijkse verlies aan katoenoogst. Uiteraard zijn er regionale en jaarlijkse variaties; in sommige jaren is de schade zeer groot. Bij dit verlies moeten de kosten van bestrijding worden opgeteld, die op zichzelf ook aanzienlijk variëren. In 1952, een jaar met geringe schade, werden de bestrijdingskosten voor alleen de katoenkever berekend op 75 miljoen dollar. [047] Alle andere katoeninsecten veroorzaken ongeveer evenveel schade als de katoenkever, namelijk ongeveer 10 procent, ofwel een waarde van 106 miljoen dollar. Ook hier moeten de bestrijdingskosten worden opgeteld.

In 1940-1944 veroorzaakte een van de bekendste fruitplagen, de fruitmot, een jaarlijks verlies van 15 procent van de Amerikaanse appeloogst, of ongeveer 25 miljoen dollar (Haeussler, 1952). De bestrijdingskosten waren waarschijnlijk even hoog. In 1944-1948 bedroeg het jaarlijkse verlies ongeveer 4 procent, of ongeveer 9 miljoen dollar. De opmerkelijke daling van het verlies was bijna volledig te danken aan het wijdverbreide gebruik van DDT. (De resistentie tegen insecticiden en de toename van spintmijten als plaagorganismen als gevolg van DDT kunnen echter tegen de voordelen van DDT worden aangerekend.

De tweede methode is een betere manier om de verliescijfers weer te geven dan de totale oogstbeoordeling. De National Agricultural Chemicals Association heeft gegevens over de economische voordelen van pesticiden verzameld en in tabelvorm gepresenteerd. Tabel 3 geeft enkele voorbeelden om zowel de opbrengst als de winst in dollars te illustreren.

TABEL

3

Enkele voorbeelden van opbrengststijgingen en netto winst in dollars door het gebruik van pesticiden bij veel voorkomende gewassoorten (uit National Agricultural Chemicals Association, 1957)

Crop and unit	Pest	Yield/acre untreated crop	Yield/acre treated crop	Treatment cost/acre	Net gain/acre	Source
Barley (bushel)	Weeds	45.5	49.5	—	\$5 (gross)	N. Dak. Ext. Serv.
Seed cotton (lb.)	Bollworm	7203	7860	\$16	126.50	Texas Agr. Expt. Sta.
Pea seed (lb.)	Fungi	456	610	.70 (seed treatment)	21.25	Boyce-Thompson Inst.
Tomatoes (ton)	Diseases	5.4	11.8	40	100.00	T. N. Jarrell Co. (Md.)
Sugar beets (ton)	Root maggot	11.8	14.5	2.25	32.20	N. Dak. Agr. Expt. Sta.

Uit deze geselecteerde voorbeelden blijkt duidelijk dat het gebruik van pesticiden zowel opbrengst- als winststijgingen kan opleveren. Bij dergelijke cijfers is echter enige voorzichtigheid geboden. De methoden waarmee deze waarden zijn berekend, zijn niet erg verfijnd en vaak onbetrouwbaar. Bovendien geven ze slechts een deel van het verhaal weer. [048] Te vaak weerspiegelen ze een onrealistisch “optimisme” dat niet in overeenstemming is met hun bron.

Vervolgens kunnen we ons afvragen wat de werkelijke uitgaven voor pesticiden zijn om opbrengststijgingen te realiseren. Om deze vraag te beantwoorden, baseer ik me op de landbouw in Californië, die zowel intensief als chemisch is; een groot deel (ongeveer 25 procent) van alle pesticiden die

in de Verenigde Staten worden gebruikt, wordt daar gebruikt. De meest betrouwbare gegevens over de waarde van pesticiden voor de landbouw zijn waarschijnlijk afkomstig uit Californië. C. A. McCorkle van de Universiteit van Californië heeft onlangs (1959) een overzicht opgesteld waarin het relatieve belang van chemicaliën voor de productie van de hoogproductieve gewassen in Californië wordt geïllustreerd. Tabel 4 geeft een overzicht van de relatieve kosten voor bepaalde geselecteerde gewassen in het jaar 1957.

TABEL 4

De kosten van pesticiden in verhouding tot de totale productiekosten van geselecteerde gewassen in Californië (uit McCorkle, 1959)

Crop	Pest and disease control	Total cost to harvest/acre	% pesticide cost
Cotton	\$10	\$175	5.7
Rice	4	75	5.3
Alfalfa	5	85	5.8
Peaches	35	400	8.7
Pears	40	315	12.7
Tomatoes	7	248	2.8

Zowel telers als adviseurs zijn ervan overtuigd dat deze kostenstijgingen, die hier variëren van 3 tot 13 procent, essentieel zijn voor de productie van hoogwaardige producten met een hoge opbrengst. In gebieden waar minder intensief wordt geteeld, gebruiken veel telers helemaal geen pesticiden. In het begin van de jaren vijftig gebruikte bijvoorbeeld slechts 14 procent van alle telers in Iowa enige vorm van

pesticiden op hun gewassen (en toch beschouwen we Iowa als een van onze meest productieve staten).

Men kan zich afvragen hoe nauwkeurig de specifieke verliescijfers zijn. In 1953 werd de uitbraak van de rijstmineervlieg verantwoordelijk gehouden voor de vernietiging van 10 tot 20 procent van de rijstooft in Californië. Afgaande op mijn persoonlijke schatting van de schade op het moment van de uitbraak, was dit percentage voor veel rijstvelden zeker correct. Maar zelfs toen werd het overgrote deel van het rijstareaal helemaal niet getroffen. Bij het veronderstelde opbrengstverlies moet nog ongeveer 1,25 miljoen dollar aan kosten voor bestrijdingsmiddelen worden opgeteld (en een zeer groot verlies aan wilde dieren). [049] Vreemd genoeg behoorden de rijstopbrengsten dat jaar echter tot de hoogste die tot dan toe waren geregistreerd (tabel 5). Even onverklaarbaar was de verminderde opbrengst per acre en bijgevolg de verminderde totale productie die zich in 1954, het jaar na de uitbraak en de behandeling, op veel grotere areaalen voordeed. De rijstprijz was ook aanzienlijk lager in het jaar na de uitbraak. Ik concludeer daarom dat de telers de verliezen op één veld hebben geëxtrapoleerd naar het totale areaal en dat “verzekeringsbesproeiing” de regel was. Economisch gezien lijkt de schade door insecten relatief veel minder belangrijk dan andere factoren. Men kan zich misschien afvragen of het perspectief en de nauwkeurigheid van de rapportage over de “bedreiging” van de rijstooft niet enigszins vertekend waren.

TABEL 5

Rijstproductie en -waarde in Californië in enkele recente jaren. Gegevens uit jaarverslagen van het California Department of Agriculture.

	Acreage harvested (1000's acres)	Production (1000's bags)	Average yield per acre (100 lbs.)	Value (price/bag)
1951	314	10,676	34	\$4.95
1952	330	11,880	36	5.95
1953	412	12,257	30	5.38
1954	453	10,872	24	4.48
1956	286	12,012	42	4.44

Uit alle voorgaande voorbeelden blijkt duidelijk dat verliezen door insecten economisch aanzienlijk kunnen zijn; het is ook duidelijk dat maatregelen om deze verliezen te corrigeren in het beste geval slechts gedeeltelijk succesvol zijn en soms niet overtuigend voordelig zijn.

Bij de bestrijding van vogels en zoogdieren moeten niet alleen al deze kanttekeningen worden gemaakt, maar moeten ook immateriële elementen worden toegevoegd. Afhankelijk van het dier in kwestie kan het gaan om esthetische aantrekkingskracht, sympathie, angst of afkeer. Er is geen enkele soort concurrerende vogels of zoogdieren die geen verdedigers heeft. Uitroeijing van een gewervelde diersoort is nooit een aanvaardbaar doel, en “bestrijding” kan het best worden omschreven als lokale vermindering van het aantal dieren. Schade door vogels is bijzonder moeilijk nauwkeurig te beoordelen. Sommige vermeende schadegevallen kunnen beter als overlast worden aangemerkt. Sommige beweringen over

oogstverliezen zijn naïef; de meeste gaan voorbij aan de waarde van vogels als verdelgers van insecten en onkruidzaden. Er worden zelden serieuze pogingen gedaan om de kosten te analyseren. [050] Rustige pogingen om de werkelijke waarde van schade door vogels te analyseren zijn onder bestrijdingspersoneel even zeldzaam als concessies onder vogelliefhebbers dat schade mogelijk is. Een dergelijke analyse is op zijn best moeilijk en onmogelijk zonder integratie van biologische en economische informatie met esthetische oordelen.

De beste recente poging die ik ken is de studie van de schade door merels door Neff en Meanley (1957), die beiden de analyse benaderen met kennis van productieproblemen, getemperd door de gevoeligheid van liefhebbers van wilde dieren. In de hele Verenigde Staten komen veel soorten merels voor die zich in grote aantallen verzamelen, hetzij in broedkolonies, hetzij tijdens hun trek in de herfst en winter. Grote zwermen worden verantwoordelijk gehouden voor een verscheidenheid aan vermeende verliezen: het eten van rijstkorrels “in de melk” in het vroege seizoen, het vernielen van drogende milo-maïskolven vlak voor de oogst, het breken van stengels van graangewassen, enzovoort. Neff en Meanley concluderen dat individuele rijsttelers wel degelijk ernstige verliezen lijden, zelfs tot de helft of meer van de oogst, maar dat dergelijke verliezen zeldzaam zijn. De gemiddelde boer lijdt weinig of geen schade. Op basis van schattingen van boeren (die de ergste schade normaal gesproken beschrijven alsof deze op alle velden voorkomt) berekenen deze onderzoekers dat het jaarlijkse verlies aan rijst

door vogels in Arkansas 1,28 bushel per acre ^{*-3)} bedraagt. In ruwe cijfers bedraagt het verlies voor de staat 0,5 tot 1,5 miljoen dollar. Bij deze schattingen is geen rekening gehouden met de waarde van de vogels voor de bestrijding van insecten. Er zijn methoden bekend om het aantal vogels te verminderen of hun toegang te verhinderen, die, indien toegepast, het verlies aanzienlijk zouden verminderen. De meeste telers vinden het probleem niet ernstig genoeg om er voortdurend aandacht aan te besteden.

Door de mobiliteit van vogels is de schade die zij aanrichten vaak verspreid en onvoorspelbaar. Met redelijke inspanningen kan de ernstigste schade worden voorkomen, zelfs als er grote aantallen vogels verschijnen. In Afrika is er echter één soort, *Quelea quelea*, de Soedanese dioch, die op grote schaal schade aan gewassen aanricht. De verwoestingen zijn zo ernstig dat hele gewasontwikkelingsprogramma's moesten worden opgegeven, hoewel de gebieden verder geschikt waren. Door de aanplant van graangewassen en de beschikbaarheid van oppervlaktewater door irrigatie zijn de bewegingen van de vogels gestabiliseerd, terwijl hun aantal is toegenomen. Er zijn heroïsche pogingen ondernomen om hun aantal te verminderen met behulp van gif, explosieven en vlammenwerpers, maar tot nu toe alleen met lokaal succes. In de Senegalvallei werden bijvoorbeeld in 1955 30 miljoen vogels en 46 miljoen nesten vernietigd (Heseltine, 1960). Heseltine houdt vol dat de *Quelea* een veel ernstigere bedreiging voor de landbouw vormt dan de sprinkhaan, waarvan de plagen in het dorre Afrika legendarisch zijn.

3 1 bsh/ac = 67.251 kg/ha -- dwz. 4,529 ton/ha

[051] Hij stelt voor een internationale commissie op te richten om bestrijdingsmethoden te onderzoeken en te ontwikkelen, naar het voorbeeld van de Anti-Locust Commission, die al meer dan dertig jaar actief is. Geen enkele andere vogel kan aanspraak maken op een dergelijke betekenis voor de landbouw.

Roofdieren, hinderlijke dieren of ziekteverspreidende zoogdieren hebben weinig verdedigers. Er is dan ook weinig algemene aandacht voor hun bescherming en evenmin voor een juiste inschatting van hun waarde. De bestrijding van knaagdieren is de belangrijkste maatregel en was tot voor kort vooral gericht op goede hygiëne en ziektepreventie in stedelijke gebieden. Door de intensivering van de landbouw is de aandacht de laatste jaren verschoven naar concurrerende knaagdieren in akkers, bossen en weidegronden. Op de tweede plaats komen carnivoren, zoals coyotes en vossen, die vee en pluimvee doden en lastigvallen. Sommige kleinere carnivoren zijn recentelijk belangrijk geworden als ziekteverspreiders, met name van hondsdoelheid. Van minder belang zijn hoefdieren – herten, geiten en antilopen – die lokale plantenschade veroorzaken of met vee concurreren om voedsel.

De bestrijding van knaagdieren en carnivoren wordt verder aangewakkerd door een traditionele houding van angst en afkeer. Daarom hoeft het terugdringen van hun aantal, althans lokaal, voor de meeste mensen niet te worden gerechtvaardigd. Toch schiet de grondgedachte achter de bestrijding bij nader inzien vaak tekort. De wens om knaagdieren en carnivoren te behouden vormt doorgaans niet de kern van

het bezwaar tegen bestrijdingsmaatregelen; het is het feit dat de methoden voor de bestrijding van zoogdieren in het veld niet netjes en niet specifiek zijn. Ze zijn afhankelijk van vallen of vergiftigd aas. Beide methoden zijn niet selectief. Gewenste zoogdiersoorten – pelsdieren, vee en huisdieren – zijn maar al te vaak het onbedoelde slachtoffer (Rudd en Genelly, 1956).

Op wildsoorten – hoefdieren en grote carnivoren – wordt traditioneel met meer sympathie gekeken. Er ontstaat vaak een conflict tussen verschillende waarden wanneer deze soorten tot plaag worden beschouwd of als ziekteverspreiders worden aangemerkt. Hoewel het moeilijk kan zijn om verschillende opvattingen over deze soorten met elkaar te verzoenen, is hun bestrijding dat niet. Het terugdringen van hun aantal is selectief en gebeurt voornamelijk met vuurwapens. Afschrikking, met als doel schade te voorkomen zonder de populatie te verminderen, wordt soms lokaal toegepast. Dit gebeurt voornamelijk met behulp van afschrikmiddelen (explosieven, enz.), maar de laatste jaren zijn er ook effectieve (maar dure) chemische middelen voor dit doel beschikbaar gekomen. Beide methoden leiden tot een selectief resultaat. Vallen of lokaas, die zelden worden gebruikt, maken meestal gebruik van de bijzondere gewoonten van de doelsoort om de techniek zo selectief mogelijk te maken.

[052] Een grondige analyse van de kosten en baten van de bestrijding van zoogdieren is zeldzaam. In de meeste gevallen wordt de waarde ervan, hoewel deze als vanzelfsprekend wordt beschouwd, intuïtief en subjectief berekend. Minder vaak is de waarde duidelijk voor de ene groep, maar niet

voor de andere. Ik heb de volgende voorbeelden gekozen om te illustreren waarom zoogdieren worden bestreden. Deze voorbeelden variëren van algemeen aanvaardbare doeleinden tot doeleinden die alleen voor bepaalde groepen aanvaardbaar zijn.

Commensale ratten en muizen, die vuil produceren, voedsel besmetten en ziekten overbrengen, worden niet verdedigd. Door strenge hygiënische normen op te leggen, zou dit ernstige probleem kunnen worden opgelost. Aangezien aanvaardbare uniforme hygiënische normen maatschappelijk niet haalbaar zijn, moeten ratten en muizen in steden worden bestreden met vallen en vergiftigd aas. Voor dit soort bestrijding is geen rechtvaardiging nodig. Voor een boeiend verslag van de historische relatie tussen de mens en commensale knaagdieren wordt verwezen naar Zinnser's *Rats, Lice and History*.

Alleen op akkerland kan men de economische waarde zonder subjectieve complicaties goed afwegen. Het levende gewas is bewust instabiel; elk zoogdier dat een economisch belangrijk deel van een gewas verwijdt of verstoort, wordt door de teler beschouwd als een legitiem doelwit voor bestrijdingsmaatregelen. Door de steeds toenemende efficiëntie van het wannen neemt de toegestane omvang van dit deel steeds verder af. De populaties van woelmuizen (*Microtus*) in geïrrigeerde weiden of op alfalfa-hooivelden illustreren dit. Normaal gesproken is er slechts één plantensoort aanwezig en wordt deze monocultuur zorgvuldig geïrrigeerd en gecultiveerd om een maximale opbrengst aan vegetatieve delen te verkrijgen. Een vegetatief etend dier zoals de woel-

muis, dat gemakkelijk in vochtige grond kan graven en beschutting vindt in een dichte plantendek, kan zich geen betere omstandigheden voor overleving en voortplanting wensen. Het is niet ongebruikelijk om een “staand gewas” van 100 tot 150 muizen per acre aan te treffen. Jameson (1958) toonde aan dat in gevangenschap levende veldmuizen gemiddeld 9,8 gram luzerne (drooggewicht) per dag aten. Op een acre luzerne zouden 100 muizen ongeveer 4 procent van een jaarlijkse productie van 11 ton consumeren. Of, op een acre schapenweide zouden 100 muizen 12 tot 13 procent van het voer van 10 lammeren consumeren. Een ecoloog zou zich afvragen of de berekening zo eenvoudig kan worden gehouden, maar een gewasproducent niet. Dit is de beste informatie waarover hij beschikt om beslissingen te nemen over bestrijding. Als hij denkt dat hij misschien een halve ton voer ter waarde van 10 tot 15 dollar kan 'besparen', zal hij bereid zijn om daar 2 tot 4 dollar aan uit te geven. Wanneer de muizenpopulatie meer dan 100 per acre bedraagt, zal een veld duidelijk de toename in aantal laten zien door een afname in de grootte en dichtheid van de voedergewassen. [053] Een besluit om te bestrijden is onder dergelijke omstandigheden gemakkelijk te nemen. Aan de andere kant zijn dichtheden van minder dan 50 muizen per acre veel gebruikelijker. Statische populaties met een lagere dichtheid zijn niet de moeite waard om te bestrijden.

De bestrijding van een roofdier vereist een ingewikkelder redenering. De coyote is het belangrijkste doelwit van de huidige bestrijdingsmaatregelen tegen roofdieren. Dat individuele veehouders soms zware verliezen lijden door coyo-

tes staat buiten kijf. Maar dit feit alleen kan niet worden beschouwd als het doorslaggevende element in het besluit van overheidsinstanties om bestrijdingscampagnes op te zetten. De kwestie van de bestrijding van coyotes wordt vertroebeld door beschuldigingen en tegenbeschuldigingen, een groot aantal onjuiste biologische gegevens en de waarschijnlijkheid dat de huidige bestrijdingsprogramma's van staats- en federale instanties economisch niet te rechtvaardigen zijn. De vraag is: worden de kosten van de bestrijdingscampagnes van roofdieren door de U.S. Fish and Wildlife Service en haar partners gerechtvaardigd door de verliezen die veehouders en veeboeren lijden? In de praktijk is deze vraag niet eenduidig te beantwoorden. We kunnen ervoor kiezen om de uitgaven voor de bestrijding van roofdieren gewoon te beschouwen als een van de eerste van de nu gangbare federale subsidies aan landbouwproducenten. Sommige telers worden hierdoor waarschijnlijk geholpen, maar de meeste niet. De vee- en pluimvee-industrie is ervan overtuigd dat het programma essentieel is en oefent via effectieve lobby's druk uit om de door de federale overheid gesponsorde bestrijdingsoperaties voort te zetten. Maar alleen de incidentele teler die ernstige verliezen heeft geleden, profiteert daadwerkelijk. De kosten van het programma worden grotendeels gedekt door belastingen. In sommige gebieden heffen samenwerkende veehoudersverenigingen een heffing per dier, en vaak worden fondsen voor de jacht van de staat en de provincie gebruikt om de bestrijding van roofdieren te financieren. Lokaal kunnen volksgezondheidsinstanties onder het mom van vectorbestrijdingsprogramma's bijdragen aan dergelijke belangen. Dit zijn de bronnen van inkomsten. Het

geld wordt voornamelijk in de westelijke staten uitgegeven, en grotendeels op openbare gronden. De kwestie wordt sterk beïnvloed door regionale wetgevers en de vraag of openbare gronden voor het algemeen belang mogen worden gebruikt, wordt doorgaans vermeden.

Als de kwestie van de bestrijding van roofdieren uitsluitend op economische gronden wordt besproken, mag men van de verantwoordelijke instanties verwachten dat de verliezen, kosten en baten goed worden onderzocht, gedocumenteerd en aan de wetgevers worden voorgelegd. De instanties die verantwoordelijk zijn voor de bestrijding hebben dit echter nooit nodig geacht (zie hoofdstuk 16). Verschillende deskundige beoordelaars hebben geprobeerd te doen wat van de federale instanties verwacht mag worden, maar wat zij nog niet hebben gedaan. De gedetailleerde verslagen van Bond, Hall en F. C. Craighead, waaruit ik de volgende gegevens heb ontleend, geven de beste kostenberekening die beschikbaar is.

[054] Bond (1939) heeft bijvoorbeeld een zorgvuldig onderzoek gedaan naar de voedingsgewoonten van coyotes in het Lava Beds National Monument. In één jaar werden slechts 12 schapen (0,1 procent van de populatie) gedood door coyotes (2 per sectie). Het lage aantal schapenverliezen was grotendeels te danken aan de eenvoudige maatregel om 's nachts wegwerplantaarns te gebruiken om de coyotes op afstand van de kuddes te houden. Bestrijdingsmedewerkers meldden dat de kosten voor het doden van één coyote 1,40 dollar bedroegen. Zelfs met dit conservatieve cijfer, dat in andere delen van de staat vele malen hoger ligt, konden de

lokale schapenhouders het doden op strikt economische gronden nauwelijks rechtvaardigen als ze daarvoor zelf moesten betalen. Het programma wordt geaccepteerd omdat het “gratis” door de overheid wordt uitgevoerd.

Hall (1946) heeft de rapporten van de Nevada State Rabies Commission onderzocht. Gedurende een periode van 18,5 jaar werd bijna een miljoen dollar uitgegeven om 88.601 coyotes, 14.352 bobcats, 56 poema's, 4959 dassen (eerste 5 jaar) en 4509 andere pelsdieren (inclusief dassen) te doden. Meer dan 104.000 dollar, verdiend met de verkoop van verkoopbare vachten, werd in mindering gebracht op de totale kosten. Het bestrijden van coyotes was het doel van de commissie. De kosten per coyote bedroegen dus gemiddeld 9,93 dollar en voor alle “roofdieren” 8,54 dollar. Een rabiësepidemie was aanleiding geweest voor de oprichting van de commissie. De ziekte is natuurlijk dodelijk en had een ingrijpend effect op de coyotepopulatie. Binnen korte tijd had de commissie haar taak doelbewust gewijzigd van het bestrijden van rabiës naar het terugdringen van de schade aan vee.

F. C. Craighead (1951) heeft de beste algemene evaluatie van de predatie door coyotes gegeven die ik heb gezien. Zijn verslag moet worden gelezen om het volledige probleem te kunnen begrijpen. Er zijn nog veel onbekende factoren, maar de volgende conclusies kunnen worden getrokken. Beweringen dat coyotes een ernstige bedreiging vormen voor de populatie van groot wild grenzen aan onzin. Coyotes vervullen namelijk een belangrijke functie als aaseters en biologische reinigers. Ze eten regelmatig aas en ver-

wijderen “levend” aas (verzwakte of zieke dieren) uit de populatie, wat in het voordeel is van de overlevenden. De cruciale vraag is of de schade die coyotes aan vee toebrengen opweegt tegen de dienst die coyotes bewijzen door knaagdieren te verwijderen die met vee concurreren om voedsel. Zowel knaagdieren als coyotes kunnen veel schade aanrichten. In de periode 1916-1946 werden in de Verenigde Staten bijna drie miljoen coyotes gedood. [055] In de jaren daarna is het door het gebruik van “coyote-getters” en vergiftigde lokaasstations onmogelijk geworden om het aantal gedode dieren te tellen, maar algemeen wordt aangenomen dat deze nieuwere bestrijdingsmethoden effectiever zijn dan eerdere methoden. De Predator and Rodent Control Division van de U.S. Fish and Wildlife Service heeft al vele jaren een budget van twee tot drie miljoen dollar per jaar. Op basis van gepubliceerde informatie is het niet mogelijk om precies te berekenen hoeveel het heeft gekost om de misschien wel zes miljoen coyotes die tot nu toe zijn gedood, te bestrijden. Het is echter bekend dat konijnen en knaagdieren veruit het grootste deel van het dieet van de coyote uitmaken. Een verminderde bestrijding van roofdieren zou de noodzaak verminderen om de dure campagnes voor de bestrijding van knaagdieren in het wild, die de afgelopen jaren zijn gestart, voort te zetten. Een juist gebruik van weidegronden is in feite de sleutel tot het beheersen van de verliezen door roofdieren (hoofdstukken 15 en 16). Een evenwichtig gebruik zorgt voor minder knaagdieren, lagere kosten voor zowel de bestrijding van roofdieren als knaagdieren, en een beter duurzaam vee-graasbeheer. Bij deze tastbare voordelen moeten nog worden opgeteld de gevaren voor de wilde dieren die

worden vermeden door minder intensieve bestrijdingsprogramma's en het behoud van het aantal exemplaren van een pittoresk lid van de fauna van de weidegronden.

De grootschalige, door de federale overheid gesteunde bestrijding van roofdieren begon tijdens de Eerste Wereldoorlog. In 45 jaar tijd hebben de bestrijdingsinstanties geen grondige, zorgvuldige analyse van de kosten en baten gemaakt. Een dergelijke analyse lijkt niet noodzakelijk voor voortzetting van de federale steun aan het programma. Pressnall (1949: p. 589) beschreef in een bijzonder krachtig artikel de houding die naar mijn ervaring het meest kenmerkend is voor voorstanders van de bestrijding van roofdieren. Enkele citaten ter illustratie. Over de westelijke weidegronden:

Andere esthetische waarden van wilde dieren, waarvan een aantal immaterieel zijn, zouden kunnen leiden tot de veronderstelling dat wild (esthetische waarde) in verhouding tot vee (economische waarde) staat als 1 tot 10. Aangezien esthetische waarden echter grotendeels immaterieel zijn, is een exacte numerieke vergelijking niet mogelijk. Er kan alleen worden gezegd dat de waarde van vee groter is dan die van wilde dieren. Dit biedt een maatstaf voor het bepalen van het beleid inzake landbeheer, waarvan de bestrijding van roofdieren en knaagdieren een onderdeel is. Het is weliswaar een onvolmaakte maatstaf. Er wordt geen rekening gehouden met de mogelijkheden van vrij tarief in verband met het voortbestaan van de veeteelt, noch met de waarschijnlijkheid dat synthetische vezels wol grotendeels zullen vervangen, noch met de sociologische en ethische implica-

ties van een mogelijke omvorming van het westen tot een uitgestrekt nationaal picknickterrein waar een paar runderen en schapen worden getolereerd vanwege hun waarde als smaakmaker voor de gistgebrouwen synthetische eiwitrijke voedingsmiddelen van de toekomst.

Het is een praktische, hedendaagse maatstaf...

De “maatstaf” vertoont enkele reële en zeer tastbare tekortkomingen, waarvan ik er enkele al heb beschreven. [056] Ik kan niet beter doen dan een deel van het commentaar van T. I. Storer aan het einde van Presnalls artikel (p. 591) te citeren. “We beschikken over goede informatie over voedingsgewoonten. We hebben weinig informatie over de hoeveelheid economisch waardevolle materialen die door knaagdieren en roofdieren worden opgenomen. We hebben nauwelijks een echte evaluatie in kwantitatieve of monetaire zin van de schade die wordt aangericht, met name door roofdieren. Die feiten moeten nog worden verkregen en we kunnen deze kwestie niet volledig objectief bekijken, simpelweg omdat we op dit moment niet over dergelijke informatie beschikken.”

Storer deed bovenstaande uitspraak in 1948. Er is geen reden om deze nu te wijzigen.

Wanneer een zoogdierplaag ook een belangrijke wildsoort is, is het moeilijk om de noodzaak van bestrijding te beoordelen en zal een dergelijke beoordeling zeker niet door iedereen worden aanvaard. Herten zijn de bekendste plaagsoorten in deze categorie. Ze dringen boomgaarden binnen

om nieuwe scheuten te eten, ze grazen vrijelijk in geïrrigeerde weiden en alfalfa, ze eten grasland dat voor vee bestemd is, ze verstoren herbebossingsprojecten en ze beschadigen vaak rijgewassen zoals bonen wanneer deze in de buurt van hertengebieden staan. Soms zijn hun vernielingen ernstig. Om kwetsbare gewassen te beschermen, wordt vaak gebruikgemaakt van hekken en afweermiddelen. Ook worden afschrikmiddelen ingezet, zoals lichten, explosieven en patrouilles. Het meest gebruikelijk is echter het gecontroleerd doden van dieren. Men vertrouwt op de jacht tijdens het reguliere jachtseizoen, maar er kunnen ook andere middelen worden ingezet om het aantal herten in een bepaald gebied te verminderen.

Bij alle beheersmaatregelen wordt de waarde van herten als wild erkend. De erkenning van hun schade is laat gekomen, maar ook dat wordt nu algemeen aanvaard. In Nieuw-Zeeland lijkt de aansprakelijkheid veel groter te zijn. Er zijn verschillende soorten herten, die allemaal zijn geïntroduceerd. Ook zijn er verschillende andere grazende en blad-etende zoogdieren geïntroduceerd, zoals opossums, kangoe-roes, konijnen, hazen en natuurlijk schapen en geiten. De economie van Nieuw-Zeeland is gebaseerd op schapen. Daarom is elke ernstige concurrentie om voedsel door herten of andere niet-gedomesticeerde herbivoren een zaak van nationaal belang. Veehouders en hertenjagers discussiëren al jaren over dit conflict. De laatste tijd zijn de beschuldigingen tegen herten ernstiger geworden. Nieuw-Zeeland is geologisch jong; het landschap is ruig en de bodem is dun. Er valt veel regen en er is veel erosie. De erosie is de laatste

tijd aanzienlijk toegenomen. Bossen veranderen van uiterlijk en stroomgebieden lijken hun vermogen om water vast te houden te verliezen. De veranderingen zijn blijkbaar ingrijpend. Bosbouwers en landbouwers geven herten een groot deel van de verantwoordelijkheid voor deze veranderingen. [057] Jagers en sommige ecologen betwisten deze beoordeling en beweren dat de schade wordt overschat of het gevolg is van natuurlijke processen. In sommige gebieden wordt ook schade door schapen beoordeeld, en deze moet worden erkend voor wat het is, en niet worden toegeschreven aan herten. De jagers beweren verder dat waar lokale overbevolking van herten problemen veroorzaakt, het aantal effectief kan worden verminderd door jacht.

Veel invloed hebben natuurlijk de veehouders. Zonder serieus onderzoek was het dan ook een eenvoudige zaak om grootschalige programma's voor de “uitroeiing” van herten op te zetten. De uiteindelijke techniek die werd gebruikt, was het uitwerpen vanuit de lucht van met 1080 behandelde wortellokazen. De verbinding 1080 onderscheidt zich door zijn hoge toxiciteit en stabiliteit, waardoor secundaire vergiftiging waarschijnlijk is. Het is dan ook niet verwonderlijk dat zowel hertenjagers als liefhebbers van de inheemse fauna gealarmeerd raakten.

De controverse lijkt gekenmerkt door een gebrek aan overtuigende gegevens. Niettemin was de kwestie zo belangrijk geworden dat in 1958 een nationale bijeenkomst werd belegd om een oplossing te vinden (New Zealand Forest Serv., 1958). De bijeenkomst werd bijgewoond door verschillende ministers en parlementsleden. Er werd geen overeenstem-

ming bereikt. Het is wellicht juist om te zeggen dat alleen de positie van de bosbouwers en veehouders politiek werd versterkt. Het bestrijdingsprogramma is niet alleen voortgezet, maar zelfs geïntensiveerd. Er zijn geen rapporten beschikbaar waarin de effecten van de kuddeverkleining op het bos of het stroomgebied, de gevolgen van de verwijdering van herten voor andere herbivoren of het effect van vergiftiging op de inheemse fauna worden beschreven.

Ongediertebestrijding in de bosbouw

Veel van wat over de landbouw is gezegd, geldt ook voor de bosbouw. Er zijn echter enkele belangrijke kanttekeningen te plaatsen. De boswachter heeft niet te maken met een jaarlijkse oogst. Bomen hebben vele jaren nodig om te groeien en de waarde van de jaarlijkse groei is lager dan bij de meeste landbouwgewassen. De beschermende maatregelen moeten dan ook minder kostbaar zijn. Bomen zijn beter bestand tegen schade door insecten dan gewassen. Bovendien zijn bossen ecologisch complexer dan landbouwgrond. Bosbouwers en entomologen geven daarom de voorkeur aan natuurlijke bestrijdingsmethoden, waar mogelijk.

Er zijn wel degelijk ernstige verliezen in Amerikaanse bossen. De belangrijkste oorzaken van schade zijn brand, ziekte, weersomstandigheden, insecten en zoogdieren. Schade is niet altijd te voorkomen of te beheersen. Ongeacht de oorzaak zijn verliezen het gevolg van sterfte van bomen, een toename van het aantal gekapte bomen en een verminderde groeisnelheid. Insecten en ziekten zijn verantwoordelijk voor grote verliezen in al deze categorieën, maar de omvang

en het belang van de verliezen zijn moeilijk in te schatten. [058] De Amerikaanse Forest Service (1958) schat het door insecten veroorzaakte sterfteverlies van zaaghout op 5 miljard board feet per jaar. Het sterfteverlies door ziekte werd geschat op minder dan de helft van dat bedrag, namelijk 2,3 miljard board feet. De groeiverliezen als gevolg van ziekten en insecten werden veel groter geacht dan de sterftcijfers. Ziekten waren verantwoordelijk voor een geschat jaarlijks groeiverlies van 17,6 miljard board feet, terwijl insecten slechts 3,6 miljard board feet aan groeiverlies zouden veroorzaken.

Directe ziektebestrijding is afhankelijk van bosbouwpraktijken, zoals het verwijderen van dragerplanten en het aanpassen van de leeftijdsopbouw. Er zijn geen nieuwe en revolutionaire wapens in de ziektebestrijding, zoals die wel bestaan in de insectenbestrijding. Toch werd in 1952 in de Verenigde Staten bijna 4 miljoen dollar uitgegeven aan ziektebestrijding, waarvan het grootste deel ging naar de bestrijding van één enkele ziekte, de witte dennenblaasroest. In datzelfde jaar bedroegen de directe uitgaven voor de bestrijding van bosinsecten door staats-, particuliere en federale instanties in totaal 3,6 miljoen dollar. De bestrijding van de gypsy moth was goed voor bijna de helft van de kosten, terwijl de Engelmann-sparrenkever en de sparrenrups het grootste deel van de rest voor hun rekening namen.

Ernstige insectenplagen veroorzaken enorme verliezen. Ze gaan vaak gepaard met natuurrampen, zoals brand en storm. De Forest Service heeft zes grote insectenplagen in de continentale Verenigde Staten tussen 1900 en 1952 geïdentifi-

ceerd. Deze staan vermeld in **tabel 6**, samen met de geschatte hoeveelheden verloren gezaagd hout.

TABEL 6

Geschatte houtverliezen als gevolg van zes grote uitbraken van bosinsecten in de Verenigde Staten (bron: U.S. Forest Service, 1958)
Geschatte hoeveelheid gedood hout

Cause	States	Date	Approx. volumes of killed timber trees (millions of bd. ft.) *
Spruce budworm	New England	1910-19	8,000
Spruce budworm	Lake States	1913-26	5,800
Mountain pine beetle	Idaho-Montana	1911-35	15,000
Western pine beetle	Oregon	1921-37	12,600
Western pine beetle	California	1931-37	6,000
Engelmann spruce beetle	Colorado	1940-51	5,000

* Only 2 per cent of the total killed saw-timber volume was reported as salvaged.

[059] De sparrenrups, de Engelmann-sparrenkever en de geïntroduceerde gypsy moth (een soort mot) baren momenteel grote zorgen en worden intensief bestreden.

In zorgvuldig beheerde bossen, en met name in monoculturen, is de groei van het houtvolume een belangrijke economische factor geworden. Van oudsher, en nog steeds in de noordelijke bergbossen, wordt de ernst van de schade door insecten en ziekten gemeten aan de hand van het aantal omgevallen bomen. Deze methode voor het beoordelen van de ernst van de schade is met name van toepassing op bossen waar de sparrenrups zich periodiek explosief voortplant. De uitbraak van de sparrenrups in Maine, Ontario en Quebec

bereikte halverwege de jaren dertig ernstige proporties en heeft zich sindsdien verder verspreid. In 1944 besloeg de besmetting 125 miljoen acres in Quebec en Ontario. In sommige gebieden bedroeg de sterfte tot wel 70 procent. Het gebied van de uitbraak is sindsdien uitgebreid, hoewel lokale populaties fluctueren zonder correlatie met andere populaties in het verspreidingsgebied van de soort. (New Brunswick kende in het begin van de jaren vijftig hoge dichtheden.) DDT is (soms herhaaldelijk) toegepast op vele miljoenen acres in een poging om de dichtheid van de populaties van de spruw te beperken.

Een belangrijke observatie ligt ten grondslag aan alle voorgaande voorbeelden. De grootste schade in bossen wordt veroorzaakt door inheemse (niet geïntroduceerde) insecten. In tegenstelling tot landbouwplagen is de instabiliteit van het aantal bosplagen het gevolg van onevenwichtigheden in natuurlijke factoren. Ook in tegenstelling tot schade in de landbouw is bosschade een incidentele gebeurtenis en geen jaarlijks terugkerend verschijnsel. Een toename van het aantal exemplaren van bepaalde soorten is op akkerland vaak voorspelbaar. In de bosbouw is voorspelling zelden mogelijk. Het zoeken naar factoren die voorspelling mogelijk maken, is de belangrijkste taak van de bosentomoloog.

Hoewel de belangrijkste oorzaken van verliezen in de bosbouw normaal gesproken de inheemse insecten zijn, is de intensieve herbebossing de laatste jaren enigszins vertraagd door de verwoestingen door gewervelde dieren. Herbebossing kan afhankelijk zijn van natuurlijke zaaiing of ontkieming, het zaaien van zaad of het planten van zaailingen. Na-

tuurlijke regeneratie wordt in sommige gebieden verhinderd door muizen, waarvan het aantal sterk toeneemt naarmate het bos “opengaat”. Normaal gesproken moet het onvermogen van een boomsoort om zich op natuurlijke wijze te herstellen echter worden beschouwd als een teken van slechte aanpassingsvermogen. Het zaaien van zaden of het planten van zaailingen kan niet als natuurlijk worden beschouwd. Deze praktijken introduceren een gemakkelijke voedselbron in een omgeving die al rijk is aan muizen en herten. Het is dan ook niet verwonderlijk dat dergelijke herstelinspanningen vaak mislukken. [060] Barrières die de toegang tot zaailingen belemmeren, zoals draadkegels of chemische afweermiddelen op zaden, kunnen de schade beperken, maar succesvolle groei kan alleen worden gegarandeerd door het aantal schadelijke dieren te verminderen. Lokaal kunnen de verliezen aan zaden en zaailingen als gevolg van gewervelde dieren ernstig zijn. De oplossing is ook lokaal van aard. Ze vereist een voortdurende inspanning. Er bestaat nog geen eenvoudige methode om dergelijke verliezen te voorkomen.

Ongediertebestrijding in speciale situaties

Het gebruik van chemicaliën in beperkte maar duidelijk omschreven situaties neemt snel toe. Het belangrijkste gebruik is onkruidbestrijding. De bestrijding van kruidachtige of struikachtige vegetatie langs snelwegen of nutsvoorzieningen is uitgegroeid tot een miljoenenbedrijf (Egler, n.d.; Niering, 1958). De aangegeven doelen zijn veiligheid, “netheid” en onderhoudsgemak. Het gebruik op wegbermen zal ongetwijfeld toenemen. Hetzelfde geldt voor situaties waar-

in veiligheid een grotere rol speelt, zoals spoorwegemplacements, tankparken, raffinaderijen en industriële installaties.

Bestrijding van wateronkruid wordt nu op grote schaal toegepast en zal zeker toenemen. Deze toename zal het gevolg zijn van de sterk groeiende recreatieve vraag naar opgestuwd water en van irrigatie en andere vormen van oppervlakteverspreiding van gekanaliseerd water (George, 1960b).

De bestrijding van ongewenste vispopulaties met chemicaliën is al een gevestigde praktijk. Maar deze praktijk is de afgelopen tien jaar sterk uitgebreid en zal nog verder toenemen naarmate het visserijbeheer wordt geïntensiveerd.

De productie en distributie van pesticiden

Weinig critici van het gebruik van pesticiden beseffen hoe omvangrijk en complex de industrie is die zich bezighoudt met de bestrijding van ongedierte, zoals ik hierboven heb beschreven. In dit hoofdstuk wil ik aan de hand van enkele productie- en gebruiksindicatoren laten zien hoe groot de vraag naar chemicaliën is geweest en hoe deze vraag waarschijnlijk zal toenemen (zie Gunther en Jeppson, 1960, voor een standpunt vanuit het perspectief van de teler en de industrie).

In 1939 had de industrie een omzet van ongeveer 40 miljoen dollar. Twintig jaar later was dat ongeveer 300 miljoen dollar. In 1975 zal dit cijfer zijn gestegen tot 1 miljard dollar (Fischer, 1956). ^{*-4)} Insecticiden nemen het grootste deel van

4 *) AI Google juli 2025 – \$ 35 miljard wereldwijd – Bron [ophalen](#)

dit cijfer voor hun rekening, maar geheel nieuwe klassen van chemische herbiciden, defolianten, miticiden en andere middelen hebben de traditionele componenten van de waarde van pesticiden veranderd. Deze veranderingen zijn grotendeels te wijten aan gewijzigde landbouwtechnieken, verschillen in teeltsystemen en het eigendom van landbouwbedrijven. De bredere acceptatie van pesticiden is bevorderd door reclame op billboards, televisie en in kranten. [061] De verkoop aan zowel agrarische consumenten als het grote publiek is de laatste jaren een “big business” geworden en volgt de reclamepraktijken die gebruikelijk zijn bij de promotie van de meeste consumptiegoederen.

DDT is het meest gebruikte pesticide. Men kan gerust stellen dat geen enkel ander synthetisch chemisch product zo'n grote invloed heeft gehad op de wereldbevolking. In 1944 was er slechts enkele duizenden kilo's beschikbaar, en deze hoeveelheid was een monopolie van de geallieerden. Nu wordt DDT in veel landen geproduceerd, zelfs in sommige met beperkte industriële capaciteit. De totale jaarlijkse productie bedraagt zeker bijna een kwart miljard kilo. Alleen al in de Verenigde Staten bedroeg de productie van DDT in 1958 meer dan 145 miljoen kilo. Tien jaar eerder bedroeg de productie van DDT slechts iets meer dan 20 miljoen kilo. Ongeveer de helft van de Amerikaanse productie wordt in eigen land gebruikt, de rest gaat grotendeels naar Latijns-Amerika, voornamelijk Mexico. Enkele andere landen exporteren ook grote hoeveelheden DDT. Het grootste deel van deze export komt uit het Verenigd Koninkrijk, West-Duitsland en Zwitserland. Over het algemeen zijn exporterende

landen ook grote gebruikers.

TABEL

7

Binnenlands verbruik van DDT in 1952 (Arrington, 1956)

Country	Amount (metric tons)
France	1,500
Indonesia	about 1,250
Italy	under 850
Japan	about 2,000
Peru	about 140
United Kingdom	under 2,000
United States	about 23,000
Western Germany	about 3,000

Tabel 7 toont het geschatte binnenlandse verbruik van DDT in verschillende landen in het piekjaar 1952 (Arrington, 1956). De hoeveelheden weerspiegelen grotendeels de vraag vanuit de landbouw, maar in twee of drie gevallen zijn anti-malariakampagnes “verborgen” in de totalen. De vraag vanuit huishoudens bedraagt in geen enkel land meer dan 10 procent.

De basisprijs van DDT bedraagt ongeveer 50 cent per pond. Bij zeer grote hoeveelheden kan de prijs dalen tot onder de 30 cent. Het belang van DDT voor producenten, zowel in volume als in prijs, is duidelijk. [062] De meeste andere synthetische chemicaliën zijn duurder, sommige zelfs veel duurder. Geen enkel bestrijdingsmiddel is zo goedkoop te produceren en zo wijdverbreid als DDT.

De meeste gangbare pesticiden waren vijftien jaar geleden nog niet op de markt. **Tabel 8** vergelijkt de productievolu-

mes van enkele van de meest gangbare landbouwchemicaliën (Commodity Stabilization Serv., 1960). Een tabel als deze zegt veel. Zo daalde de productie van loodarsenaat – “het DDT van de anorganische pesticiden” – sterk na de grootschalige acceptatie van DDT. De productie stabiliseerde zich echter op een lager niveau en het middel kan nog steeds als een veelgebruikt insecticide worden beschouwd. Als een chemische stof eenmaal op grote schaal bruikbaar is gebleken, blijft er doorgaans vraag naar, ook al komen er vervangende middelen op de markt.

TABEL 8

Productiehoeveelheden van enkele veelgebruikte pesticiden in de Verenigde Staten in geselecteerde jaren (bron: Commodity Stabilization Service, 1960)

Pesticide	Volume of production (1000's of lbs.)		
	1948	1953	1958
DDT	20,240	84,366	145,328
Parathion		2,999	5,439
Lead arsenate	23,000	14,196	14,938
2,4-D (all forms)		54,871	55,846
Combined—aldrin, toxaphene, dieldrin, endrin, chlordane, and heptachlor		29,000	98,280
Benzene hexachloride	18,400	57,363	30,797
Ziram		1,152	1,178

Opmerking: Lege velden geven aan dat er geen informatie beschikbaar was of dat de verbinding toen niet op de markt was.

Ter vergelijking kan worden gesteld dat lege velden in de kolom van 1948 betekenen dat er geen significante hoeveel-

heden van deze chemicaliën beschikbaar waren. De dramatische stijging van de productie in de vijf daaropvolgende jaren illustreert de grote verandering in het aanbod van landbouwchemicaliën op de markt. Soortgelijke patronen lijken zich nu voor te doen bij andere nieuw op de markt gebrachte chemicaliën. De grote stijging in de “gecombineerde” groep van gechloreerde koolwaterstoffen duidt op een grotere vraag naar giftige chemicaliën met een lange nawerking. **[063]** De tegenstrijdige vraag naar een voorspelbaar korte residuele levensduur leidt tot een sterk toegenomen verbruik van organofosforinsecticiden, hier geïllustreerd door het bekendste voorbeeld, parathion. De explosieve toename van groeiregulerende herbiciden, geïllustreerd door 2,4-D, vestigde de aandacht op alle aspecten van groeimanipulatie. Enkele van de meer verfijnde toepassingen zijn selectieve onkruidbestrijding, het vroegtijdig in bloei brengen en het versneld rijpen van fruit.

Productiecijfers zijn de beste beschikbare indicatoren voor het toegenomen gebruik van pesticiden. De enkele cijfers in **tabel 8** laten duidelijk een sterk groeiende vraag zien in de naoorlogse periode. Prognoses op basis van deze cijfers wijzen niet op een afname van de vraag. Het lijkt eerder waarschijnlijk dat het gebruik nog sneller zal toenemen naarmate de wereldbevolking groeit en er meer nadruk komt te liggen op hoge gewasopbrengsten en naarmate grootschalige campagnes voor ziektebestrijding en vectorbestrijding meer landen raken.

Oppervlaktecijfers zijn minder nauwkeurig dan productiecijfers als indicatoren voor een toenemend gebruik van pes-

ticiden, omdat ze niet aangeven welke chemische stof wordt gebruikt of hoe vaak een chemische behandeling op hetzelfde areaal wordt herhaald. Terwijl graangewassen slechts één keer of helemaal niet worden behandeld, worden boomgaardgewassen soms wel twaalf keer of meer per seizoen behandeld. Katoen moet vaak wekelijks worden behandeld.

Katoen vereist waarschijnlijk zelfs meer chemische aandacht dan enig ander gewas. Er is echter geen “gemiddelde”; het totale areaal zegt dan ook weinig. Als vuistregel geldt dat het chemisch behandelde areaal in de Verenigde Staten ongeveer gelijk is aan het areaal intensief gebruikte landbouwgrond (ongeveer 400 miljoen acres). De meeste gewassen vereisen tegenwoordig een of andere vorm van chemische behandeling. Bij dit cijfer moet nog het areaal worden opgeteld dat wordt behandeld voor bos- en weide-insecten, vectorbestrijding en overlastbestrijding. Het gebruik van pesticiden varieert naargelang de noodzaak. Hoewel het gebruik voor dergelijke doeleinden onvoorspelbaar en opportunistisch is, is het ook waar dat openbare bestrijdingsprogramma's nu meer algemeen aanvaard zijn. Bijgevolg is het areaal dat voor deze uiteenlopende doeleinden wordt behandeld, toegenomen.

Het sproeien van pesticiden vanuit de lucht is hierbij van bijzonder belang. Het aantal acres dat vanuit de lucht met pesticiden wordt behandeld, is een betrouwbaar cijfer omdat de regelgevende instanties niet alleen pesticiden controleren, maar ook vliegtuigen. Met uitzondering van intensief behandelde gewassen zoals katoen en tomaten, worden de meeste toepassingen niet herhaald. Daarom geven de behan-

delingscijfers met de juiste kwalificaties een algemeen nauwkeurig beeld van de dekking bij eenmalige toepassing.

[064] Het sproeien vanuit vliegtuigen als methode voor het toepassen van pesticiden is enorm toegenomen. Bovendien kunnen veel van de hierboven genoemde “opportunistische” toepassingen (met name boven weidegronden

en bossen) alleen met vliegtuigen worden uitgevoerd. De volgende cijfers geven een goed beeld van het aantal acres dat vanuit de lucht wordt behandeld en de toename van het gebruik van vliegtuigen als methode voor het toepassen van pesticiden.

In 1952 werd in de Verenigde Staten meer dan 37 miljoen acres vanuit de lucht behandeld. In 1957 was het behandelde areaal gestegen tot meer dan 61 miljoen hectare en bedroeg de hoeveelheid droge en vloeibare bestrijdingsmiddelen die in dat jaar werd verspreid respectievelijk 655 miljoen pond en 95 miljoen gallon (Federal Aviation Agency, 1960).

Californië en Texas lopen voorop in het gebruik van landbouwvliegtuigen, waarbij Californië op de eerste plaats staat. Tussen een kwart en een derde van alle luchtgebruik door ongediertebestrijders in de Verenigde Staten vindt plaats in Californië. Bovendien zijn de gegevens over het gebruik daar nauwkeuriger en worden ze langer bewaard dan in de meeste andere staten. In tabel 9 staat het geschatte areaal dat in de aangegeven jaren in Californië met chemicaliën van welke aard dan ook vanuit de lucht is behandeld.

TABEL 9

Geschat areaal dat in Californië met chemicaliën vanuit de lucht is behandeld, 1946-1958. Gegevens afkomstig uit jaarverslagen van het Bureau of Chemistry, California Department of Agriculture.

Year	Number of treated acres
1946	35,000
1951	3,000,000
1956	5,600,000
1957	5,320,000
1958	5,308,000

Van het totale areaal dat in 1957 door commerciële ongediertebestrijders in Californië werd behandeld, werd ongeveer 81 procent vanuit de lucht behandeld. Het sproeien met vloeistoffen nam 56 procent van het totaal voor zijn rekening; het bestuiven 25 procent. De individuele teler verzorgt normaal gesproken zelf het sproeien en bestuiven van zijn grond, maar de commerciële ongediertebestrijders nemen steeds meer van deze werkzaamheden over.

Het areaal dat in Californië met vliegtuigen chemisch wordt behandeld, is gestabiliseerd op een hoog niveau, namelijk ongeveer 10 procent van het totale areaal in de Verenigde Staten. [065] Een grote toename van het gebruik is in Californië niet waarschijnlijk, maar wel in de meeste andere landbouwgebieden. Er is ook een grotere nadruk te verwachten op de bestrijding van onbebouwde gronden (weidegronden en bossen) naarmate nieuwe toepassingen van

vliegtuigen voor ongediertebestrijding worden geïntroduceerd. De verspreiding vanuit de lucht in 1960 van met 1080 behandeld knaagdierengif over 100.000 acres Californische bossen illustreert een dergelijke nieuwe toepassing.

Dit soort zogenaamde “massabehandelingen” zullen toenemen, wat gepaard zal gaan met een toename van de milieurisico's. Behandeling vanuit de lucht is goedkoper dan vergelijkbare behandelingen vanaf de grond, maar de “prijs” moet eerlijk worden berekend en rekening houden met het feit dat het moeilijker is om de chemicaliën binnen het doelgebied of de doelsoort te houden. Er moet nu veel onderzoek worden gedaan om manieren te vinden om deze trend naar willekeurige toepassingsmethoden tegen te gaan.

Een commentaar op mogelijke richtingen

Dit hoofdstuk is bedoeld om een beeld te geven van de verschillende soorten ongediertebestrijding en de rechtvaardiging daarvan. Het is bedoeld voor mensen buiten de productie- of beheerssector die weinig bekend zijn met de realiteit van ongediertebestrijding en de hoeveelheid pesticiden die wordt gebruikt om dit probleem op te lossen. Ik vond het moeilijk om deze gegevens onder één thema te presenteren. Hoe kunnen we bijvoorbeeld de paradox verzoenen tussen onze bezorgdheid over het verdwijnen van herten door met 1080 behandeld knaagdiergif in Californië en het programma van de Nieuw-Zeelandse regering om herten uit te roeien met behulp van de meest wrede vergiftigingsmethoden? Veel schijnbare tegenstrijdigheden maken elke afzonderlijke rechtvaardiging voor bepaalde ongediertebestrijdingsmetho-

den zinloos. Dit soort conflicten komen in de hele tekst voor.

Er is geen volledige overeenstemming mogelijk over wat een plaag is of welke procedures het meest geschikt zijn om deze te bestrijden. Daarom wordt normaal gesproken geen totaal oordeel gegeven als er meer dan één, gemakkelijk te begrijpen redenering ten grondslag ligt. Gevaren voor het leven, economisch voordeel, overlastbestrijding, recreatief gebruik, traditie en esthetische waarden moeten allemaal in aanmerking worden genomen, maar wanneer één factor sterk in strijd lijkt te zijn met een andere, is volledige overeenstemming onmogelijk. Beperkte rechtvaardigingen zijn de regel geworden; dit is misschien wel de algemene conclusie die men kan trekken.

Er is momenteel geen enkel aspect van de bestrijding van schadelijke organismen dat niet wordt beïnvloed door overheidsinstanties. Vermoedelijk wordt het concept van algemeen voordeel aanvaard als basis voor officiële beslissingen, maar te veel ambtenaren lijken de toets van algemeen voordeel niet toe te passen op de beoordelingen waarmee zij worden geconfronteerd. Geen enkele andere veronderstelling verklaart de enorme fouten die zijn gemaakt in naam van een verantwoordelijke bestrijding van schadelijke organismen.

Voor de toekomst zijn grotere belangenconflicten en toenemende onenigheid te verwachten. [066] Dit is zo omdat de bestrijding van schadelijke organismen zowel intensiever als uitgebreider wordt. Veel van de operationele technieken die nu worden gebruikt of in de nabije toekomst waarschijnlijk

zullen worden gebruikt, zijn niet nauwkeurig en niet volledig controleerbaar. Het toenemende gebruik van pesticiden zal gepaard gaan met steeds grotere biologische effecten. Het is helemaal niet duidelijk of veel ambtenaren die belast zijn met de bestrijding van schadelijke organismen zich ten volle bewust zijn van de veranderingen die zich momenteel voltrekken.

HOOFDSTUK – 05

DE GRONDSLAG VAN DE WETGEVING INZAKE BESTRIJDINGSMIDDELEN

Op enkele uitzonderingen na zijn beperkingen, biologisch of wettelijk, op het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen niet uitsluitend gebaseerd op chemische gevaren. Een dergelijk oordeel is onvolledig en in ieder geval een eindoordeel. Een goede bestrijding van schadelijke organismen begint niet en mag niet beginnen met een giftige chemische stof en vervolgens terugwerken naar het schadelijke organisme. In de praktijk, zoals blijkt uit de geschiedenis van de bestrijding van schadelijke organismen, zijn niet-chemische factoren veel belangrijker dan chemische factoren bij het voorkomen of verminderen van schade veroorzaakt door dierlijke of plantaardige schadelijke organismen. De huidige focus op enkele belangrijke problemen van het gebruik van pesticiden en pogingen om kennelijke onrechtvaardigheden door middel van wetgeving te corrigeren, zijn slechts symptomatische behandelingen en veranderen niets aan de veel ernstigere onderliggende problemen, zoals de sociale, economische en biologische beperkingen. Pesticidenwetgeving kan, indien nodig, gemakkelijker worden aangepast of beperkt dan andere beperkingen op het gebruik van pesticiden. Een herdefiniëring met een breder perspectief is dringend nodig in de pesticidenwetgeving.

De bescherming van personen en eigendommen

[068] Gevaren voor de gezondheid van de mens, zijn gewassen en zijn huisdieren zijn fundamentele overwegingen bij de bestrijding van schadelijke organismen. Deze gevaren kunnen in drie categorieën worden onderverdeeld: lichamelijk letsel, ziekte en voedselbesmetting.

De kans op direct letsel door roofdieren is tegenwoordig klein. Misschien is die kans nooit groot geweest, maar de angst voor directe schade vormde de eerste basis voor premiewetten, die al sinds de koloniale tijd van kracht zijn. Deze wetten werden al heel vroeg uitgebreid tot de bescherming van vee en wild, en deze zorg bestaat nog steeds. Er zijn honderden premieregelingen geweest, waarvan de meeste zijn opgezet en beheerd door provinciale of nationale overheden. In wezen moedigden deze wetten en verordeningen, door middel van geldelijke beloningen, individuen aan om het aantal roofdieren te verminderen. Schieten en vallen waren de favoriete vangstmethoden, maar soms werd ook met succes gebruik gemaakt van vergiftigd aas. De meeste aandacht ging uit naar poema's en verschillende leden van de hondachtigen, zoals wolven, coyotes en vossen. Premieverordeningen tegen deze dieren zijn in veel staten nog steeds van kracht. In latere jaren werd de reikwijdte uitgebreid tot kleinere roofdieren en sommige vogels. Adelaars en eksters zijn voorbeelden hiervan. Deze latere uitbreidingen hadden voornamelijk betrekking op de bescherming van wild. Jaarlijks worden duizenden dieren voor premie aangeboden. De jacht op dieren is vaak winstgevend. Een beloning van tien of twaalf dollar voor elke gedode coyote kan

bijvoorbeeld een ijverige jager in sommige vlakke- en bergstaten onderhouden. Een man die ik ken, verdient enkele duizenden dollars per jaar met het jagen op coyotes vanuit een vliegtuig.

Premies zijn gebaseerd op de overtuiging dat ze het aantal schadelijke soorten verminderen. Herhaalde studies hebben aangetoond dat dit niet waar is (Allen, 1954) en, althans waar ze worden toegepast voor de bescherming van wild, wordt het premiesysteem langzaam afgeschaft. In schapenhouderijgebieden zal het systeem ongetwijfeld blijven bestaan, ook al wordt het algemeen beschouwd als ineffectief en misbruikt.

De bestrijding van roofdieren door de federale overheid begon in 1906 op verzoek van veehouders in het westen en ging gepaard met een grotere verantwoordelijkheid van de federale overheid voor het beheer van openbare gronden, met name in de westelijke staten, waar nationale bossen zo belangrijk zijn voor de zomerbegrazing. [069] Vaak werd als extra rechtvaardiging de bescherming van wild aangevoerd en, minder vaak en op lokaal niveau, de uitroeiing van ziekten die op vee kunnen worden overgedragen.

De verantwoordelijkheid ligt momenteel bij de Predator and Rodent Control Division van het Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Veel staats- en provinciale overheden hebben soortgelijke programma's. De uitvoering valt normaal gesproken onder een landbouwdepartement, hoewel de financiering of aansturing ook afkomstig kan zijn van een departement voor natuurbescherming of volksgezondheid. Op dit moment wordt de voorkeur gegeven aan gebiedsdekkende be-

strijding met behulp van vergiftigd aas. Het staat buiten kijf dat het systeem effectief is. De tekortkomingen van het systeem worden elders in dit boek besproken (zie hoofdstuk 16).

De bestrijding van veldknaagdieren wordt nu uitgevoerd door dezelfde instanties die verantwoordelijk zijn voor de verwijdering van roofdieren. Letsel aan mensen of dieren is natuurlijk geen rechtvaardiging, hoewel ziekteoverdracht soms een belangrijke reden is. Schade aan landbouwgewassen of aan herstellende bossen is de belangrijkste reden die wordt aangevoerd voor grootschalige campagnes. Net als bij de bestrijding van roofdieren wordt gebruik gemaakt van vergiftigd aas, maar blijft er een grote individuele verantwoordelijkheid, vooral op lokaal niveau. Bestrijdingsambtenaren fungeren grotendeels als adviseurs over methoden en als leveranciers van vergiftigd aas. De laatste jaren heeft de nadruk op bosherstel geleid tot grootschalige bestrijdingsacties tegen knaagdieren op openbare gronden. Het gemak waarmee het aas vanuit vliegtuigen kan worden verspreid, maakt dergelijke acties haalbaar. Grootschalige acties zullen ongetwijfeld onder de bevoegdheid van de overheid blijven vallen, ook al worden particuliere gronden behandeld. De gevaren die inherent zijn aan het uitzetten van lokaas voor zoogdieren vereisen nauwlettend toezicht en controle.

Vectorbestrijdingsprogramma's komen qua verscheidenheid en omvang op de tweede plaats na programma's voor de bestrijding van gewasinsecten. De aandacht gaat bijna volledig uit naar dieren die ziekteverwekkers of parasitaire organismen overbrengen. De bestrijding van hinderlijke organis-

men zoals zandvliegen en muggen wordt vaak uitgevoerd door dezelfde instanties die verantwoordelijk zijn voor de bestrijding van ziekten. Het doel is het aantal dragers van de ziekteverwekkers te verminderen. In enkele gevallen is totale uitroeiing van een vector mogelijk geweest. Vectorbestrijdingsspecialisten onderscheiden zich door hun intensieve inspanningen om veel te leren over de biologie van de doelsoorten. Het is een axioma in de vectorbestrijding dat volledige kennis van de levenscyclus de punten aangeeft waarop bestrijdingsmaatregelen het meest succesvol zullen zijn. De sterke nadruk op habitatmanipulatie (bijvoorbeeld het afgraven van moerassen om stromend water te creëren) onderscheidt dit soort bestrijdingsmaatregelen van de meeste andere. [070] De laatste tijd heeft het succes van insecticiden verspreid via de ether de traditionele scherpzinnigheid van de vectorbestrijder afgestompt, maar hij oefent zijn biologische vak meer dan andere bestrijdingsspecialisten uit met bewustzijn van de gevolgen van zijn activiteiten.

De vectorbestrijder wordt gesteund door een meerderheid van de bevolking, wat tot uiting komt in wetgeving op het niveau van gemeentelijke gezondheidsfunctionarissen tot de Wereldgezondheidsorganisatie. Het Amerikaanse ministerie van Volksgezondheid, Onderwijs en Welzijn en de overeenkomstige organisatie in elke staat hebben ruime bevoegdheden om in het algemeen belang op te treden in gezondheidskwesties. Hun doelstellingen worden zelden betwist; twijfels over hun methoden zijn minder zeldzaam en komen zelfs steeds vaker voor naarmate het gebruik van insecticiden toeneemt. In dit land is het grootste probleem het onop-

zettelijk verlies van huisdieren of wilde dieren of de nadelige verandering van de leefomgeving van gewenste dieren.

De gevaren die een bestrijdingsprogramma mag veroorzaken, staan in verhouding tot de behoeften van de bevolking. In veel delen van de Verenigde Staten worden ziekteverspreiders zo goed bestreden als de sociale structuur toelaat; alleen overlastproblemen moeten nog worden verholpen. In grote delen van de wereld zijn echter drastische maatregelen nodig, en worden deze ook genomen. Overlast is niet te vergelijken met de zwakte en de dood die malaria of bilharzia veroorzaken. De verlichting of bestrijding van een ziekte of parasitaire besmetting kan strenge maatregelen vereisen waarvan de neveneffecten op zichzelf niet zouden worden getolereerd in minder getroffen landen. Kortom, maatregelen ter bestrijding van vectoren worden sterk bepaald door de houding en behoeften van de lokale bevolking. Ze kunnen niet overal ter wereld op dezelfde manier worden beoordeeld, zoals bijvoorbeeld bij de bestrijding van gewasinsecten.

Tot nu toe heb ik in dit hoofdstuk gesproken over het verwijderen van schadelijke soorten die vermoedelijk directe schade toebrengen aan personen of eigendommen. Ik heb gesuggereerd dat pogingen om plagen of ziekteverspreiders te bestrijden, enkele ongewenste effecten kunnen hebben. De wetgeving die tot doel heeft deze ongewenste neveneffecten te beperken, is even divers als de effecten zelf. Er is geen enkel thema dat deze effecten allemaal omvat. Er is echter één soort neveneffect dat bijzondere aandacht heeft getrokken: de effecten van de bestrijdingsmiddelen op de

menselijke gezondheid zelf.

Chemische stoffen, met name insecticiden, worden tegenwoordig op een zodanige wijze gebruikt dat kleine hoeveelheden ervan of hun afbraakproducten in levensmiddelen niet kunnen worden uitgesloten. In bijzondere gevallen leidt onzorgvuldig gebruik of opzettelijke overtreding van de aanbevelingen tot gevaarlijke hoeveelheden pesticiden in voedsel voor mens of dier. De federale verantwoordelijkheid voor de zuiverheid van levensmiddelen berust bij de Food and Drug Administration (1958). [071] Tot deze eeuw werd de “zuiverheid” van voedingsmiddelen bepaald door basisvoorwaarden op het gebied van hygiëne en kwaliteitsverlies. Stoffen die bij de productie of opslag van een product werden gebruikt, waren ofwel van korte duur ofwel beperkt tot een paar producten. Algemene verontreiniging is pas sinds een tiental jaar de regel.

De noodzaak om de residuen van pesticiden in voedingsmiddelen tot een veilig niveau te beperken, wordt al lang erkend. Engeland heeft in 1900 wettelijke veiligheidsniveaus ingevoerd. Californië heeft meer dan veertig jaar geleden wetgeving aangenomen die het gehalte aan arseenhoudende insecticiden in voedingsmiddelen beperkt. Momenteel is het vaststellen van een “tolerantie”, een maximaal toegestaan verontreinigingsniveau, gebaseerd op de Federal Food, Drug, and Cosmetic Act van 1938. Deze wet verbiedt het onnodig toevoegen van giftige stoffen, maar staat, wanneer toevoeging noodzakelijk is, het vaststellen van aanvaardbare en vermoedelijk onschadelijke niveaus toe. Pas door de ontdekkingen tijdens de Tweede Wereldoorlog en de daaropvol-

gende opkomst van chemische ongediertebestrijding kreeg de wetgeving betekenis.

Onmiddellijk na de oorlog werd het voor degenen die betrokken waren bij het gebruik van pesticiden duidelijk dat de verandering in het soort chemicaliën en, meer in het bijzonder, de omvang van de verontreiniging nieuwe soorten informatie vereisten. Wetenschappers, adviseurs en bestuurders in de industrie en de overheid gingen aan de slag om te bepalen welke informatie nodig was. Het feit van de verontreiniging en de bezorgdheid over de gevolgen ervan bereikten al snel het grote publiek, en in 1950 leidde technische kennis in combinatie met publieke bezorgdheid tot een belangrijk congresonderzoek. De speciale commissie van het Huis van Afgevaardigden die onderzoek deed naar chemicaliën in voedingsmiddelen werd voorgezeten door congreslid Delaney. De drie rapporten die hieruit voortkwamen, met talrijke getuigenissen en veel nieuwe gegevens, worden officieus de Delaney-rapporten (1951 en 1952) genoemd. Deze rapporten vormden de basis voor de Pesticide Amendment (wijziging van de wet op pesticiden) van de Federal Food, Drug, and Cosmetic Act, die in 1954 van kracht werd. Deze wijziging wordt informeel geassocieerd met congreslid Miller, een lid van de oorspronkelijke speciale commissie. De “Miller Bill” legde in feite een ordelijke procedure vast voor het vaststellen van toleranties en voorzag in sancties bij overtredingen. De wet trad in werking in 1955, maar er werden nog steeds nieuwe toleranties vastgesteld en oude toleranties herzien. De Food Additives Amendment van 1958 was een tweede afgeleide van het onderzoek van de Dela-

ney-commissie.

De Miller Bill is alleen van toepassing op levensmiddelen in het interstatelijk handelsverkeer. De meeste staten hebben nu soortgelijke wetgeving, die nauw aansluit bij de nationale wetgeving, om buitensporige residuen te controleren. [072] Californië heeft bijvoorbeeld een wet inzake “spuitresiduen” die niet alleen toleranties regelt, maar ook vergunningen en het gebruik van chemische stoffen. De vele fasen van het gebruik van pesticiden zijn op staatsniveau administratief nauwer met elkaar verbonden dan op federaal niveau.

De Canadese wetgeving inzake residuen loopt sterk parallel met de onze. Latijns-Amerikaanse regeringen zijn pas onlangs begonnen met het standaardiseren van hun residuwetten, die nog niet van kracht zijn. De Wereldgezondheidsorganisatie heeft een pesticidencode opgesteld ten behoeve van haar lidstaten en dringt sterk aan op de invoering van uniforme wetgeving in de hele wereld. In Europa hebben Engeland en West-Duitsland momenteel de strengste residuwetgeving.

Overheidsspecialisten zijn niet in staat geweest alle informatie te verstrekken die nodig is voor een goede uitvoering van de pesticidenwetgeving. In het afgelopen decennium zijn sommige verantwoordelijkheden en referentiebronnen zelfs weggehaald bij de overheid. Volgens de huidige wetgeving ligt de bewijslast voor de veiligheid van pesticiden bij de sponsor van de chemische stof. Het verstrekken van toxicologische en prestatiegegevens is een belangrijke taak geworden, die grotendeels wordt uitgevoerd door onderzoeks-

specialisten in particuliere en universitaire laboratoria en door landbouwproefstations. De “deskundige” is een essentieel onderdeel van het regelgevingsproces geworden.

De National Research Council is het coördinerende orgaan geworden dat de meest competente deskundigen bijeenbrengt om technische gegevens te evalueren en aanbevelingen te doen in het algemeen belang. De commissies van de raad houden zich noodzakelijkerwijs bezig met controversiële of anderszins moeilijke kwesties. Het orgaan van deskundigen dat het meest relevant is voor ons onderwerp is de Food Protection Committee van de Food and Nutrition Board. Subcommissies zorgen voor een verdere verfijning van de deskundige kennis. Er zijn verschillende rapporten opgesteld, maar één daarvan is het meest relevant. Dit is Safe Use of Pesticides in Food Production (Natl. Research Council, 1956). Dit rapport geeft een uitstekend overzicht van test- en analysemethoden en de daaropvolgende registratieprocedures. Het rapport is op grote schaal verspreid onder de voedselproducerende, -verwerkende en -distribuerende industrieën.

Ook staten doen een beroep op deskundigen bij het nemen van beslissingen. Het is gebruikelijk geworden dat bestuurders en wetgevers deskundigen raadplegen om te helpen bij het opstellen en uitvoeren van wetgeving. Een voorbeeld hiervan is de Interim Committee on Agriculture van de California Assembly (Geddes, 1961). Het is voor specialisten gebruikelijk om voor dergelijke commissies te verschijnen, en dit is ongetwijfeld een essentieel onderdeel van technologische wetgeving.

[073] Minder gebruikelijk is de reactie van wetgevers van een staat op problemen die tot bijzondere controverse leiden. Twee “Governor's Committees” – één in Wisconsin (Elvehjem, 1960) en één in Californië (Mrak, 1960) – zijn opgericht naar aanleiding van publieke bezorgdheid over toenemende problemen met pesticiden. Het rapport van Wisconsin is zo opgezet dat het de totale impact van het gebruik van pesticiden omvat. De commissie in Californië had een beperktere opdracht, namelijk het onderzoeken van de waarschijnlijkheid van gevaren door residuen van pesticiden in voedsel, maar haar rapport bevat in feite samenvattende verklaringen en aanbevelingen die verder gaan dan dit beperkte doel. De publieke reactie op een aantal veelbesproken gevallen van vissterfte (zie bijvoorbeeld San Francisco Examiner, 1 augustus 1963) was voor gouverneur Edmund Brown aanleiding om een permanente commissie op te richten voor bestrijdingsmethoden en de effecten van pesticiden. Deze commissie, die onder leiding staat van de staatssecretaris van Natuurlijke Hulpbronnen, is niet alleen permanent, maar heeft ook de breedste vertegenwoordiging en de ruimste taakomschrijving van alle tot nu toe opgerichte groepen die zich bezighouden met milieuverontreiniging.

Tegenmaatregelen tegen verspreiding

Door het normale verkeer van planten of handelsgoederen, van mensen voor zaken of plezier, van schepen of vliegtuigen, en door de vermindering van natuurlijke barrières als gevolg van veranderingen in landgebruik, is het onvermijdelijk dat plaagsoorten van het ene gebied naar het andere

worden overgebracht. Aan deze transportmiddelen moet nog de “natuurlijke” verspreidingskracht van organismen worden toegevoegd, die de kans dat een gebied nieuwe plaagsoorten krijgt nog vergroot. Voeg hier nog de verstoringen door wereldoorlogen en de agrarische “kolonisatie” van nieuwe gebieden over de hele wereld aan toe, en het wordt duidelijk waarom nieuwe plagen verschijnen en zich vestigen.

De eerste kolonisten in Noord-Amerika waren opvallend vrij van plagen. Het contact met inheemse soorten was echter van korte duur. De Hessische vlieg kwam tijdens de Amerikaanse Revolutie het land binnen via het stro van Hessische huurlingen. De menselijke commensalen – luizen, vlooiën en bedwantsen – werden geïmporteerd, maar niemand weet precies wanneer. Pas in de tweede helft van de negentiende eeuw, na de Burgeroorlog en de ontwikkeling van exportmarkten, begonnen vreemde insecten in grote aantallen op te duiken. In deze periode werden bijna honderd soorten insecten geïntroduceerd die later belangrijk zouden worden. Enkele bekende voorbeelden zijn de Argentijnse mier, de hoornvlieg, de katoenkever, de Europese rode mijt, de gypsy moth en de San Jose-schildluis.

[074] Een bijna-ramp in de citrusboomgaarden van Californië als gevolg van de San Jose-schildluis leidde in 1881 tot de eerste quarantainewet in Amerika (Camp, 1956). In 1889 maakte de wetgevende macht van Massachusetts voor het eerst kredieten vrij voor de bestrijding en uitroeiing van een geïmmigreerde plaag, de gypsy moth. Geen van beide quarantainemaatregelen was op zichzelf effectief. De San Jose-

schildluis werd in korte tijd bestreden met een biologisch bestrijdingsmiddel; de gypsy moth komt momenteel in verschillende staten voor en kan in het beste geval als “ingedamd” worden beschouwd.

Quarantaine betekent uitsluiting. Het kan worden toegepast om zowel eerste als herhaalde binnenkomst te voorkomen. Nadat een geïntroduceerde soort zich heeft gevestigd, kan quarantaine worden toegepast om verdere verspreiding te voorkomen (beperking) of om de soort volledig uit te roeien (uitroeiing). De drie fasen zijn niet even succesvol. Onder de huidige omstandigheden kunnen we stellen dat uitsluiting in 90 procent van de gevallen effectief is bij beginnende vestigingen, beperking in misschien 10 procent van de gevallen na succesvolle vestiging en uitroeiing in misschien 1 procent of minder.

De eerste federale wet die betrekking had op quarantaine-maatregelen was de Insect Pest Act van 1905. Deze wet verbood de invoer of het vervoer van insectensoorten waarvan bekend was dat ze schadelijk waren voor gewassen. De wet is bijzonder belangrijk, maar ook moeilijk te handhaven in dit tijdperk van vliegtuigverkeer. De Insect Pest Act had echter een relatief beperkte reikwijdte. De Plant Quarantine Act van 1912 gaf de minister van Landbouw ruime bevoegdheden om de voorschriften die hij nodig achtte om de landbouweconomie te beschermen tegen de invoer van insecten en ziekteverwekkers uit het buitenland, te handhaven. Belangrijke punten binnen deze ruime bevoegdheden zijn inspectie bij de grens, inspectie zonder huiszoekingsbevel tijdens het vervoer, strenge straffen voor overtredingen en

inbeslagneming en vernietiging. De wet is sindsdien verschillende keren gewijzigd. Aanverwante wetten hebben voornamelijk betrekking op inspectieprocedures aan internationale grenzen en het voorkomen van de uitvoer van organismen die schadelijk kunnen zijn voor de landbouw van andere landen. Sinds 1936 zijn de postwetten bijzonder effectief geweest als aanvulling op de quarantainewetten (Stefferd, 1952).

De inspectieprocedures zijn opmerkelijk succesvol, gezien het grote commerciële verkeer. Er zijn ongeveer 3000 soorten insecten in vliegtuigen aangetroffen. Het aantal onderscheppingen van ongeoorloofd plantmateriaal is in de periode 1948-1957 gestegen van 137.000 tot 291.000. Sinds de invoering van de Plant Quarantine Act zijn ongeveer dertig economisch belangrijke insectensoorten inheems geworden, waarvan er waarschijnlijk niet meer dan vier of vijf in de afgelopen vijftien jaar zijn bijgekomen.

[075] Zodra een vestiging wordt ontdekt, moet worden besloten of deze moet worden ingeperkt of uitgeroeid. Gewoonlijk worden openbare hoorzittingen gehouden om de kans op verspreiding en schade vast te stellen, waarna een beoordeling van het waarschijnlijke gevaar volgt en een quarantainebevel wordt uitgevaardigd. Aangezien de eerste vestiging zich meestal binnen één staat of regio voordoet, is de federale controle noodzakelijkerwijs sterk afhankelijk van maatregelen van de staat. De meeste staten hebben wetgeving die federale ambtenaren dezelfde inspectie-, inbeslagname- en controlebevoegdheden verleent. In het afgelopen decennium zijn door de samenwerking tussen de land-

bouwministeries van de staten en de federale overheid gezamenlijke acties aanzienlijk vergemakkelijkt (Popham en Hall, 1958). Het is nu niet langer zinvol om te spreken van afzonderlijke verantwoordelijkheden van de quarantaine-instanties van de staten en de federale overheid. Zij zijn met elkaar verbonden door onderling afgestemde operaties waarbij de kosten worden gedeeld en, wat nog belangrijker is, door het besef dat de ene instantie niet adequaat kan functioneren zonder de andere. Deze nauwe banden komen goed tot uiting in de recente bestrijdingsoperaties tegen de gypsy moth in de Midden-Atlantische staten en in de campagnes tegen de Japanse kever en de iepziekte in de noord-centrale staten. Ze waren ook aanwezig bij de enige succesvolle uitroeiingspogingen van de afgelopen twee decennia: de Hall-schaal in Californië, de Khapra-kever in Californië en het zuidwesten, de mediterrane fruitvlieg in Florida en de schroefworm in het zuidoosten. De samenwerking die aanvankelijk werd getoond bij de pogingen om de geïmporteerde vuurmier in het zuiden uit te roeien, kan welwillend worden omschreven als overenthousiast.

Enkele staten handhaven onafhankelijk strenge inspectieprocedures. Californië is het strengst; in sommige gevallen wordt op provinciaal niveau een strikte quarantaine gehandhaafd (Lemmon, 1957). Elke automobilist die de staat binnenkomt, wordt bij de grens controleposten aangehouden en ondervraagd over het plantmateriaal dat hij vervoert. Vracht- en postzendingen van zaden en boomkwekerijproducten moeten vaak via de provinciale landbouwcommissarissen worden gecertificeerd.

Natuurlijke verspreiding en veranderingen in landgebruik, in combinatie met de complicaties van menselijk verkeer en handel, maken nationale quarantaine- en bestrijdingsmaatregelen aan internationale landgrenzen onmogelijk. In het algemeen zijn er twee methoden om internationale maatregelen te nemen. De ene is een gebiedsdekkende of regionale aanpak, waarbij aangrenzende nationale overheden samen een gemeenschappelijke plaag bestrijden. De Anti-Locust Commission, die zowel Europese als Noord-Afrikaanse landen omvat, is een voorbeeld van een dergelijke organisatie. Bolivia, Argentinië, Brazilië en Chili hebben een vergelijkbare organisatie. [076] De bestrijding van de tseetseevlieg is op een vergelijkbare manier georganiseerd in Centraal-Afrika. De tweede methode kan de vorm aannemen van uitsluiting in plaats van bestrijding, zoals bij de citrusvlieg. Dit insect is tot nu toe niet in de Verenigde Staten binnengekomen, hoewel het veel voorkomt in Mexico. Om de verspreiding ervan te beperken, was een nauwe samenwerking tussen de twee regeringen noodzakelijk.

Hoewel een internationale bestrijdingsorganisatie geografisch beperkt kan zijn, hoeft zij zich niet te beperken tot één enkele plaagsoort. Dit is het geval bij de Europese en Mediterrane Plantenbeschermingsorganisatie. Deze groep is voortgekomen uit een meer beperkte organisatie, het Internationaal Comité voor de bestrijding van de coloradokever. Dergelijke organisaties zorgen voor onderzoek naar probleemsoorten, de uitwisseling van informatie en personeel, de verstrekking van werkingsmiddelen en de uitvoering van bestrijdingsprogramma's.

De enige echt mondiale organisatie biedt niet al deze diensten aan. De Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties biedt sinds 1951 een wereldwijde rapportagedienst (het *Plant Protection Bulletin*) en heeft uniforme voorschriften en quarantaineprocedures opgesteld waarvan de lidstaten worden aangespoord deze over te nemen. Alleen al deze doelstellingen, mits volledig gerealiseerd, rechtvaardigen de activiteiten van de FAO. Het is waarschijnlijk dat deze relatief nieuwe nadruk zal dienen als basis voor nog nauwere banden tussen landen op het gebied van de bestrijding van plagen.

Op een minder directe manier draagt ook de Wereldgezondheidsorganisatie bij aan de wetgeving inzake quarantaine en bestrijding. De vele vectorbestrijdingsprogramma's over de hele wereld, die op de een of andere manier door de WHO worden ondersteund, zijn erop gericht het aantal vectorsoorten te verminderen en de menselijke leefomgeving te veranderen om het contact tussen de ziekteverspreidende vectoren en de mens tot een minimum te beperken. Wanneer deze maatregelen lokaal of regionaal tot inperking of uitroeiing leiden, worden ze “quarantainemaatregelen” genoemd. Het beste voorbeeld is de totale uitroeiing in Brazilië van een vrij goed gevestigde populatie van de gele koortsmug (*Anopheles gambiae*), die vermoedelijk uit Frans West-Afrika was meegebracht.

Bescherming van de voedsel- en vezelvoorziening

De bestrijding van plagen die de productie, opslag en distributie van handelsgoederen aantasten, was van oudsher de

verantwoordelijkheid van het individu. Vroege wetgeving had betrekking op de invasie en vestiging van plaagsoorten en had slechts incidenteel betrekking op lokale bestrijdingsproblemen. De Insect Pest Act van 1905 erkende het belang van het tegengaan van het verkeer van insecten tussen landbouwgebieden. [077] De Plant Quarantine Act van 1912 voerde de eerdere wet uit en breidde deze uit. De uitsluitingsclausule in deze wetten werd gehandhaafd door middel van inspecties, inbeslagnames en veroordelingen om het verkeer van insectensoorten te beperken. Programma's voor inperking en uitroeiing zijn slechts een voortzetting van het uitsluitingsidee.

Vele jaren na de goedkeuring van de Plant Quarantine Act erkende het Congres dat algemene ongediertebestrijding in het algemeen belang was. De basiswet die in 1937 door het Congres werd goedgekeurd, delegeerde de verantwoordelijkheid voor de bestrijding aan de minister van Landbouw met de volgende bewoordingen: “De minister van Landbouw is, in samenwerking met de autoriteiten van de betrokken staten, organisaties of personen, gemachtigd en belast om de nodige maatregelen te nemen voor de bestrijding van beginnende of noodsituaties van insectenplagen of plantenziekten ...”. De sleutelwoorden zijn samenwerking en belast. Samen verklaren zij de huidige werkwijze van de federale bestrijdingsinstanties. Een latere wet (1944) stond de minister van Landbouw toe om zelfstandig op te treden indien dit nodig werd geacht voor de bestrijding van een plaag. In 1947 werd deze volgorde van machtiging en uitvoering toegepast op bosinsecten. De minister van Landbouw werd, in

bewoordingen die sterk overeenkomen met het bovenstaande citaat, gemachtigd om onderzoeken uit te voeren, bestrijdingsprocedures te onderzoeken en de maatregelen te nemen die nodig waren om de bestrijdingsdoelstellingen te bereiken. De waarde van bossen voor het publiek kreeg daarmee dezelfde erkenning als die van landbouwgrond (Camp, 1956).

De grootschalige bestrijdingsprogramma's (gypsy moth, vuurmier, sparrenrups en sprinkhaan) zijn gebaseerd op de bovengenoemde richtlijnen aan de minister van Landbouw. De Plant Pest Control Division van het Amerikaanse ministerie van Landbouw is verantwoordelijk voor de uitvoering van besluiten inzake bestrijding op akkerland. De Forest Service neemt de overeenkomstige verantwoordelijkheid op zich voor bosgebieden.

Er worden interdepartementale comités op zowel beleids- als operationeel niveau in het leven geroepen wanneer bestrijdingsprogramma's andere belangen kunnen schaden. De belangrijkste daarvan zijn gezondheid (Amerikaanse ministerie van Volksgezondheid, Onderwijs en Welzijn) en het verlies van wilde dieren (Amerikaanse Fish and Wildlife Service).

Tot nu toe is in de wetgeving alleen voorzien in de noodzaak om het verkeer van plagen te beperken en populaties van schadelijke soorten te bestrijden. Beide doelstellingen zijn in de wetgeving omschreven als zaken van openbaar belang. Door ingrijpende veranderingen in de aard en het verspreidingsvermogen van bestrijdingsmiddelen is het noodzakelijk geworden om bescherming te bieden tegen de bestrij-

dingsmiddelen zelf, wat eveneens als een zaak van openbaar belang is aangemerkt. [078] Er zijn twee wetgevende benaderingen gekozen: de ene om de wijze van gebruik van gevaarlijke pesticiden te definiëren, de andere om de residuen van dergelijke chemische stoffen in levensmiddelen aan te pakken. In beide benaderingen staat de gezondheid van de mens voorop. Beperkingen op de hoeveelheden residuen in het kader van de Miller Bill en de Food Additives Amendment zijn al besproken. Beperkingen op het eerste gebruik vallen onder de verantwoordelijkheid van de Plant Pest Control Division van het Department of Agriculture (IT.S. Dept. Agr., 1948-). De huidige referentiewet is de Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act van 1947. In 1959 werd deze wet gewijzigd om andere categorieën landbouwchemicaliën op te nemen: nematociden, plantengroei-regulatoren, ontbladeringsmiddelen en droogmiddelen.

Het totale proces van controle op het gebruik van pesticiden is complex en reikt veel verder dan de betrokken federale en staatsinstanties. Het is zelfs redelijk juist om te stellen dat deze instanties het gebruik niet rechtstreeks controleren. Zij controleren echter wel de marketing. Zij doen dit voornamelijk door registratie van chemische stoffen. Registratie wordt voorafgegaan door het verzamelen van gegevens over zowel de gevaren als het gebruik. De vermeldingen op de etiketten van verpakte chemische stoffen moeten in overeenstemming zijn met de beste beschikbare informatie. Op elk etiket moeten passende waarschuwingen worden vermeld. Deze vermeldingen moeten duidelijk en expliciet zijn en gebaseerd zijn op vaststellingen dat het gebruik van het product vol-

gens de instructies veilig is voor de gebruiker en het publiek en niet zal leiden tot onwettige residuen. De meeste staten hebben nu instanties die chemische stoffen op dezelfde manier registreren. Californië heeft bijvoorbeeld meer dan 12.000 pesticiden geregistreerd (Lemmon, 1957). Zowel op staats- als op federaal niveau zijn de “registratiewetten” nauw verbonden met de “residuwetten”. De naleving van de wet wordt gecontroleerd door periodieke bemonstering van in de handel gebrachte chemische stoffen om te garanderen dat de garanties op het etiket worden nageleefd.

Recente federale en staatsregistratiewetten hebben tot gevolg dat de fabrikant of formuleerder van chemische stoffen de veiligheid vóór gebruik moet aantonen. Voordat deze wetten werden vastgesteld, was het aan de instanties om het gevaar aan te tonen. De omkering van de verantwoordelijkheid heeft geleid tot een belangrijke beperking van het gebruik, die slechts in tweede instantie een wettelijke beperking kan worden genoemd. Registratievereisten waaraan volledig moet worden voldaan, zijn kostbaar. In combinatie met de kosten van ontwikkeling en veldproeven kunnen de kosten onbetaalbaar worden. De kleine investeerder kan de rol van ondernemer niet spelen.

Er zijn nog andere soorten druk die wetgevende maatregelen op het gebied van pesticiden afdwingen. In het algemeen gaat het om de houding van het publiek, oorlogsbehoeften, marktomstandigheden, enzovoort. De publieke opinie is bijzonder belangrijk, maar moeilijk te analyseren, behalve in algemene termen. [079] Volgens sommige deskundigen ontbreekt het perspectief dat volledige kennis zou kunnen bie-

den. A. C. Worrell van Yale University heeft een zeldzame poging gedaan om de diverse elementen die een rol spelen bij beslissingen over het gebruik van pesticiden te integreren (Worrell, 1960). Zijn artikel is het beste dat ik op dit gebied heb gezien. Het boek van Gunther en Jeppson (1960) heeft grotendeels hetzelfde doel, maar geeft een te sterk beeld van de standpunten van de pesticidenindustrie. Rachel Carsons *Silent Spring* (1962) is het enige verslag over de gevaren van pesticiden dat met succes onder het grote publiek is gebracht.

De bescherming van wenselijke vormen

Er zijn relatief weinig dier- en plantensoorten die schadelijk zijn voor het welzijn van de mens. Er wordt echter veel moeite gedaan om de schade en ellende die door deze paar soorten worden veroorzaakt, te beperken. Het merendeel van de wetgeving weerspiegelt de bezorgdheid over deze soorten. De overige soorten – miljoenen – krijgen geen aandacht in de wetgeving, met uitzondering van enkele soorten die een voorkeursbehandeling krijgen. Bij dieren zijn dit doorgaans soorten die worden gebruikt voor de jacht, die een bijzonder voedingsmiddel opleveren, die de nieuwsgierigheid prikkelen of die zich onderscheiden door hun zeldzaamheid. Planten kunnen om dezelfde redenen worden beschermd, maar vaker worden ze beschermd als schaduwbomen of sierbomen. Op verzoek van het publiek kunnen bijzondere planten- en dierenpopulaties worden beschermd in parken en reservaten, hoewel specifieke soorten en toepassingen vaker het onderwerp zijn van afzonderlijke wetge-

ving.

De zeer uiteenlopende doelstellingen van “natuurbescherming” komen tot uiting in de wetgeving. De wetgeving is over het algemeen inconsistent in haar maatregelen ter bescherming van wilde dieren, met uitzondering van populaire jachtdieren. En behalve wat deze soorten betreft, is de wetgeving ook weinig krachtig. In tegenstelling tot ongediertebestrijding is de voortzetting van de bescherming van wilde dieren afhankelijk van de houding van het publiek.

De U.S. Fish and Wildlife Service is de belangrijkste overheidsinstantie die zich bezighoudt met de bescherming van wilde dieren. De wetten die haar werking regelen, zijn breed geformuleerd, maar haar inspanningen zijn grotendeels gericht op het beheer van de weinige soorten vogels, zoogdieren of vissen die in de volksmond worden beschouwd als wild, voedsel of ongedierte (let op de redundantie in de naam Fish and Wildlife Service). De staatsinstanties voor natuurbehoud volgen dit voorbeeld, met twee belangrijke kanttekeningen. [080] Ten eerste ligt de nadruk vooral op jachtbare soorten; ongediertebestrijding is voor de meeste van deze instanties geen belangrijke zorg, evenmin als natuurbescherming in de breedste zin van het woord. Ten tweede zijn de meeste staatswetgeving weliswaar zo opgesteld dat zij een brede verantwoordelijkheid omvatten, maar nemen slechts enkele staten deze verantwoordelijkheid volledig op zich. Bovendien is handhaving van de wetgeving moeilijk en vaak impopulair.

Met betrekking tot de federale pesticidenwetgeving die ik al

heb besproken, moet één belangrijk punt worden gemaakt. De waarde van wilde dieren wordt erkend in wetten die niet worden beheerd door de U.S. Fish and Wildlife Service. Concreet komt dit tot uiting in de etiketteringsvoorschriften voor pesticiden op grond van de Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act van 1947. Wanneer er een duidelijk gevaar voor wilde dieren bestaat, moeten op elk etiket waarschuwingen worden aangebracht. Er zijn geen sancties voorzien voor overtredingen van aanbevelingen of voor het veroorzaken van onbedoelde schade binnen de grenzen van het aanbevolen gebruik.

In sommige staten wordt veel aandacht besteed aan gevaren voor wilde dieren, zowel bij de registratie van chemische stoffen als bij de aanbevolen procedures. Voorbeelden hiervan zijn Californië, Connecticut en Wisconsin. In deze staten wordt meer gewicht toegekend aan het volledige spectrum van gevaren dan de wet in principe vereist. (Instanties die op deze manier te werk gaan, verdienen bijzondere erkenning voor de moeilijke taak die zij op zich nemen.) De U.S. Fish and Wildlife Service werkt samen met andere instanties bij het verstrekken van informatie en het geven van adviezen over gevaren voor wilde dieren in verband met de bestrijding van gewas- en bosinsecten, waterverontreiniging en gezondheidsgerelateerde bestrijdingsprogramma's. De relaties met andere instanties zijn soms geformaliseerd (bijvoorbeeld de huidige contacten van de commissie met de Plant Pest Control Division en de Forest Service), maar het succes ervan is eerder te danken aan de competenties en persoonlijkheden van individuen. De Fish and Wildlife Service

heeft echter twee formele verantwoordelijkheidsgebieden op het gebied van pesticiden. Het oudste valt onder de Predator and Rodent Control Division, die tot taak heeft schade door gewervelde dieren te bestrijden of te beperken. De ontwikkeling van nieuwe methoden voor de bestrijding van schadelijke gewervelde dieren en de beoordeling van de gevaren voor wilde dieren van alle pesticidengebruik vallen onder de verantwoordelijkheid van de Branch of Wildlife Research. Dankzij ondersteunende fondsen kon een begin worden gemaakt met onderzoek op een breed front. Het belangrijke woord is hier “begin”; dit soort onderzoek is uiterst complex en laat zich niet gemakkelijk onderbrengen in de strakke experimentele opzet van de ontwikkelingschemicus. Niettemin is een begin gemaakt en beginnen zich enkele patronen af te tekenen. Ik schat dat er over drie of vier jaar een veel omvangrijker programma nodig zal zijn.

[081] De relaties tussen instanties zijn niet altijd even soepel en particuliere groepen en overheidsinstanties kunnen niet altijd overeenstemming bereiken. De recente uitvoering van grootschalige “massale” bespuitingsprogramma's werd niet gekenmerkt door effectieve samenwerking tussen instanties onderling of tussen instanties en het publiek. De ernstige onenigheid die volgde op het programma voor de bestrijding van vuurmieren, resulteerde na een periode van verwijten in hechtere banden tussen de instanties en een meer weloverwogen beroep op het begrip van het publiek. Dit leidde echter tot een poging om via wetgeving zowel nauwe samenwerking tussen instanties als een bredere basis voor besluitvorming af te dwingen. Het wetsvoorstel in kwestie is H.R.

11502, “om te voorzien in voorafgaand overleg met de Fish and Wildlife Service en met staatsinstanties voor wildbeheer alvorens een federaal programma van start gaat waarbij pesticiden of andere chemische stoffen voor massale biologische bestrijding worden gebruikt”. In mei 1960 werden uitgebreide hoorzittingen gehouden over de Chemical Pesticides Coordination Act, maar het 86e Congres ondernam geen verdere actie. In wezen werd dezelfde maatregel kort na de bijeenkomst in 1963 aan het Congres voorgelegd, maar de besluitvorming werd uitgesteld tot na het verschijnen van het rapport van de Wetenschappelijke Adviescommissie van de president over het gebruik van pesticiden (Kennedy, 1963). Er blijft sterke publieke druk bestaan voor gedwongen samenwerking tussen overheidsinstanties. Of een dergelijke maatregel haalbaar is, valt nog te bezien. Het meest waarschijnlijke effect zal zijn dat het “enthousiasme” van voorstanders van uitroeiprogramma's wordt getemperd. Voor minder extreme standpunten zal het waarschijnlijk weinig opleveren dat niet ook met andere, aangename middelen kan worden bereikt.

De druk van het Congres voor de Pesticides Coordination Act werd tijdelijk opgeheven na de oprichting van de Federal Pest Control Review Board in oktober 1961. Deze organisatie “...zal ervoor zorgen dat het kader van de doelstellingen van de [pesticidenbestrijdings]programma's deugdelijk is en dat de meest effectieve, economische en veilige procedures worden gevolgd.” De doelstellingen van deze nieuwe raad zijn dezelfde als die welke in de Pesticides Coordination Act zijn vastgelegd. Het valt nog te bezien of deze doel-

stellingen op bevredigende wijze zullen worden verwezenlijkt. Tot op heden zijn er nog geen duidelijke aanwijzingen dat de raad zijn nut bewijst.

Particuliere acties hebben soms een grote invloed op het gebruik van pesticiden en de wetgeving ter zake. Op de lange termijn is alle wetgeving natuurlijk een weerspiegeling van particuliere oordelen, maar op een meer directe manier bepalen individuen en groepen de grenzen van geschillen over pesticiden en de daaropvolgende wetgeving. Ik heb al een voorbeeld hiervan beschreven, namelijk de rechtszaak van burgers tegen het bestrijdingsprogramma voor de gypsy moth (zie hoofdstuk 3). In een aantal gevallen zijn burger-groeperingen opgericht die zich in verschillende staten met succes hebben ingezet voor de waarde van wilde dieren. [082] Particuliere organisaties zoals stichtingen en wetenschappelijke verenigingen hebben deskundig advies en autoriteit verleend voor zaken die onder hun auspiciën vallen. Hun invloed op het beleid en de wetgeving is indirect maar reëel (bijvoorbeeld Conserv. Foundation, 1960).

Een van de meest invloedrijke particuliere instanties is de National Research Council. Dit is geen overheidsinstantie, zoals het op het eerste gezicht lijkt, maar een adviseur van de overheid. De National Research Council heeft onlangs zijn aandacht gericht op de relatie tussen pesticiden en wilde dieren en heeft nu een functionerende commissie voor ongediertebestrijding en de relatie met wilde dieren. De samenvattingen en aanbevelingen die zijn verschenen, zullen naar verwachting van groot belang zijn voor het bepalen van de wetgeving op het gebied van pesticiden. Deze verwachting

is in twee van de drie rapporten die tot nu toe zijn verschenen (Natl. Research Council, 1962) niet uitgekomen. Hoewel ze afkomstig zijn van een vooraanstaande commissie, zijn de rapporten zo algemeen dat ze zinloos zijn, onwetenschappelijk en, het meest opmerkelijke, voorbijgaan aan de belangrijkste reden voor de oprichting van de commissie (een duidelijke evaluatie van de relatie tussen wilde dieren en pesticiden). Hopelijk zal het derde en laatste deel (onderzoeksbehoeften), dat in 1963 [na voltooiing van dit manuscript] zal verschijnen, beter aan zijn doel voldoen. De functionele tegenhanger van de Commissie voor Onge-diertebestrijding en Relaties met Wilde Dieren van de Nationale Onderzoeksraad (hoewel met nauwere banden met de overheid) in Groot-Brittannië is de Nature Conservancy. Deze organisatie staat hoog aangeschreven om haar verantwoordelijke evaluaties. Op haar voorstel werd bijvoorbeeld in Groot-Brittannië het gebruik van aldrin, dieldrin en heptachloor als “zaadcoating” in 1961 stopgezet, nadat duidelijke gevaren en daadwerkelijke schade door het gebruik ervan in de landbouw waren aangetoond. Een voorstel om het gebruik van deze chemicaliën stop te zetten zou in dit land niet zo positief worden ontvangen.

DEEL – III

DE REACTIES VAN DIEREN OP CHEMISCHE BESTRIJDING

HOOFDSTUK – 06

DE GEWERELTE DIEREN WATER, BODEM EN OP- PERVLAKTE

De ongewervelde dieren vormen veruit de grootste groep en verscheidenheid aan levende wezens. Het phylum Arthropoda, waartoe ook de insecten behoren, omvat zelfs ongeveer 90 procent van alle diersoorten. Land-ongewervelden zijn talrijker, terwijl waterdieren een grotere verscheidenheid vertonen. De meeste van onze plagen, parasieten en ziekteverspreiders – het doelwit van ongediertebestrijding – zijn ongewervelde dieren. Hoe belangrijk deze soorten ook zijn als plaagorganismen, de meeste ongewervelde dieren kunnen worden beschouwd als nuttige organismen – in hun eenvoudigste vorm interessant en, bij nadere analyse, zowel economisch wenselijk als werkelijk noodzakelijk voor het behoud van de voedselketens in het dierenrijk. De complexiteit van de interacties tussen ongewervelde dieren en hun fysieke en biologische omgeving wordt door wetenschappers weliswaar onderkend, maar nog niet volledig begrepen. Alleen op de meest eenvoudige manieren worden deze interacties gemanipuleerd ten gunste van de mens.

Geen enkel deel van het aardoppervlak waar de mens permanent woont, is vrij van ongewervelde dieren, noch is er enig gebied waar de mens ze niet nodig heeft. [086] De huidige discussie concentreert zich op de ongewervelde dieren

die in het water of in of op de bodem leven. Het is aanmatigend om de zeer ingewikkelde relaties in een paar pagina's samen te vatten, maar een poging moet worden gedaan.

Waterongewervelden

Er zijn drie watermilieus die voor ons hier van bijzonder belang zijn: zoetwaterstromen en -vijvers, zoetwater- en brakke moerassen en de ondiepe kustgebieden van de zee. De kennis over de effecten van ongediertebestrijding op deze habitats neemt af in de genoemde volgorde. Een groot deel van deze kennis is afkomstig van geplande verontreiniging met insecticiden waarvan de gevaren werden voorzien. Dit is het geval bij de bestrijding van zwarte vliegen, muggen en zandvliegen. Een steeds groter deel is afkomstig van studies naar onbedoelde verontreiniging in verband met de bestrijding van landinsecten. De gevaren hiervan zijn niet altijd voorzien en de ongewenste sterfte is vaak spectaculair geweest.

Een aantal studies in het midden en aan het einde van de jaren veertig richtte zich op de gevaren van DDT bij groot-schalig gebruik in beek- en vijvermilieus. Opmerkelijk zijn de studies die werden gesponsord door de *Public Health Service* en de samenwerkingsprogramma's van het (toenmalige) *Bureau of Entomology and Plant Quarantine* en de *Fish and Wildlife Service*. De artikelen van E. L. Bishop (1949), C. H. Hoffmann (Hoffmann et al., 1949; Hoffmann en Surber, 1949a, 1949b), C. M. Tarzwell (1950) en P. R. Springer (Springer en Webster, 1949, onder andere) zijn bijzonder belangrijk, maar er zijn nog vele andere. Het besef

dat DDT een breed spectrum aan toxiciteit bezat, stimuleerde veel veldonderzoek naar de effecten ervan op niet-doelsoorten. De gegevens uit deze periode van intensief onderzoek naar DDT blijven de beste die beschikbaar zijn. Latere studies hebben onze kennis over de effecten van DDT vergroot, maar voor zover het de directe toxiciteit betreft, hebben ze de eerdere belangrijke conclusies niet gewijzigd. Aan andere chemische stoffen en toepassingswijzen is niet dezelfde aandacht besteed. Deze onoplettendheid lijkt deels gerechtvaardigd vanwege de grondigheid van het onderzoek naar DDT. Maar het is ongerechtvaardigd wanneer men kijkt naar de omvang van de indirecte of vertraagde effecten die in de oorspronkelijke studies niet waren voorzien. De illusie van veiligheid die uit de studies voortvloeide, bleef nog jarenlang bestaan bij de aanbevelende instanties. Pas recentelijk heeft de publieke opinie deze lethargie doorbroken.

[087] Uit deze studies kunnen de volgende algemene uitspraken worden gedaan, die de aard van de biologische effecten van DDT-toepassingen op zoetwaterstromen en brakke moerassen redelijk goed beschrijven.

De meeste opzettelijke toepassingen van DDT op wateroppervlakken zijn gedaan met 0,2 tot 0,5 pond per acre.^{*1-5)} Voordat voortdurende blootstelling resistentie en andere complicaties veroorzaakte, slaagden deze niveaus erin de doelorganismen te bestrijden (d.w.z. tijdelijk drastische verminderingen te bewerkstelligen).

Onbedoelde toepassingen op water zijn het gevolg van behandelingen op land in de buurt van watergrenzen met hoge-

5 1 Pond/acre (lbs.acre) is 1.121 kg/ha

re doses; 0,5 tot 1,5 pond per acre zou het normale toepassingsbereik zijn. Ook deze toepassingen dienen redelijk goed hun beoogde doel. Omdat chemische toepassingen in de meeste gevallen niet rechtstreeks op water worden gedaan, is het waarschijnlijk dat de hoeveelheden die via afvloeiing het wateroppervlak bereiken slechts een fractie vormen van de hoeveelheden die op het land worden aangebracht, misschien een vijfde of minder. Directe accidentele toepassing in volledige doses als gevolg van slechte navigatie vormt een uitzondering.

Kritische factoren voor de toxiciteit zijn het volume en de snelheid van de waterstroom. Ondiepe opgestuwde wateren leiden tot de meest ernstige verminderingen. Sterke spoeling en verdunning als gevolg van getijden of stromingen verminderen de onmiddellijke impact en de duur van het effect.

Onbedoelde effecten kunnen het gevolg zijn van veel minder gif dan gewoonlijk wordt gebruikt of dan nodig is om een plaag te bestrijden. De effecten bij deze kleinere hoeveelheden zijn niet gelijk. De gevoeligheid hangt af van de diergroep, zijn levensgewoonten en de wijze van blootstelling.

In het algemeen zijn geleedpotigen gevoelig voor kleine hoeveelheden chemische verontreiniging. Bijzonder kwetsbaar zijn insectenlarven, moerasspinnen en alle schaaldieren. Oppervlakte-insecten (bijvoorbeeld dytisciden, corixiden) zijn iets minder gevoelig, maar worden niettemin drastisch beïnvloed door concentraties boven 0,5 pond per acre. Bepaalde soorten wormen (bijvoorbeeld oligochaeten) reageren ongeveer even sterk als oppervlakte-insecten. Plank-

tonische vormen variëren in gevoeligheid naargelang de groep; kleine schaaldieren zijn het meest gevoelig (zie bijvoorbeeld de extreem hoge gevoeligheid van *Daphnia* in tabel 10). Volwassen weekdieren – mosselen en slakken – lijken zeer resistent.

TABEL 10

Geschatte concentraties van organische insecticiden die nodig zijn om *Daphnia magna* binnen 50 uur te immobiliseren (uit Anderson, 1960)

Bestrijdingsmiddel	Concentratie in water (delen per miljard)
EPN	0,1
Parathion	0,8
Malathion	0,9
DDT	1,4
Methoxychloor	3,6
Aldrin	29,2
Heptachloor	57,7
Dieldrin	330,0

De snelheid waarmee de populatie zich herstelt, varieert met de mate van vermindering (een functie van de toepassingsdoserings), de faunacomplexiteit, de frequentie van herhaalde toepassingen en de fysische eigenschappen van het aquatisch milieu. [088] Het herstel bij de meeste groepen die werden blootgesteld aan toepassingen van minder dan 0,5 pond per acre lijkt voldoende snel te zijn om een dergelijk

verlies te negeren. Boven deze hoeveelheid lijken eufemistische beoordelingen dat de herstelpercentages snel genoeg zijn om binnen redelijke termijnen opnieuw te bevolken, niet te worden ondersteund. Zelfs bij 0,5 pond per acre lijken optimistische beoordelingen in sommige situaties (zoals ik straks zal beschrijven) twijfelachtig.

Achteraf gezien ben ik van mening dat grootschalige toepassing van DDT slechts een vertragend effect heeft op de plaagsoorten. De beoogde resultaten zijn grotendeels bereikt in programma's waarbij herhaalde blootstelling niet nodig was. Bij herhaalde blootstelling hebben de problemen met residuen en resistentie tegen insecticiden geleid tot het stopzetten van het gebruik van DDT. Het beperkte nut van herhaalde toepassing van DDT wordt nog versterkt door onbedoelde effecten op andere diersoorten. De effecten op waterorganismen zijn groter dan aanvankelijk werd aangenomen en het herstel na behandeling lijkt veel langzamer te verlopen dan verwacht. De uitbreiding van de behandeling tot miljoenen acres in plaats van de enkele acres die voor experimenten of lokale bestrijding werden gebruikt, ging gepaard met ongewenste effecten die even groot waren als de schade veroorzaakt door de plaagorganismen.

De complicaties van herhaalde vectorbestrijding hebben in dit land al geleid tot de vervanging door andere chemicaliën of een terugkeer naar milieumaatregelen. Deze conclusie geldt nog niet op wereldschaal, maar zal dat op termijn wel doen. Voor de bestrijding van bosinsecten is normaal gesproken geen herhaalde chemische behandeling met korte tussenpozen nodig. Problemen met residuen en resistentie

zijn daar dus voorkomen. [089] Andere biotische problemen blijven bestaan en worden zelfs steeds groter.

Ik zal illustreren hoe ernstig deze complicaties kunnen zijn aan de hand van aquatische organismen in grote stromen die door behandelde bosgebieden lopen. De voorbeelden komen uit zalmstromen die werden blootgesteld aan behandelingen tegen knopworm met 0,5 pond DDT per acre in New Brunswick (Ide, 1956) en 1 pond per acre in British Columbia (Crouter en Vernon, 1959).

In het eerdere onderzoek waren de onmiddellijke effecten van een DDT-toepassing midden juni op de fauna in de rivier duidelijk merkbaar. Na de onmiddellijke sterfte kwamen er gedurende een maand na het sproeien nauwelijks insecten tevoorschijn. In de nazomer was er een sterke toename van het aantal insecten, maar bijna allemaal waren het kleine chironomiden. De insecten die in het jaar van het sproeien tevoorschijn kwamen, waren bijna allemaal klein, in tegenstelling tot het voorgaande jaar, toen een groot deel grote exemplaren waren. De werkelijke productie na het sproeien was sterk gedaald. In het jaar na het sproeien werd minder dan de helft van de gebruikelijke hoeveelheid insecten geproduceerd. Er waren significante verschillen met de normale samenstelling van de biomassa. Hetzelfde patroon deed zich voor in het tweede jaar na het sproeien, hoewel er een licht herstel van sommige grote soorten leek plaats te vinden. Het meest opvallende kenmerk van de bespoten beken was het grote aantal chironomiden en de bijna volledige afwezigheid van caddisvliegen. Dezelfde toename van het aantal kleine vliegen na bespuiting van beken is waargeno-

men bij bestrijdingscampagnes tegen zwarte vliegen. De dominantie van de kleine vliegen verminderde de totale productiviteit en ontnam de grotere jonge zalmen door selectieve eliminatie van de grotere soorten voldoende voedsel.

De tweede studie zal later ook worden genoemd in verband met de toxiciteit voor vissen. Het was een bijzonder goede studie, bedoeld om verschillende tekortkomingen in de toepassingsprocedures voor de bestrijding van bosinsecten te analyseren. Sproeien in de buurt van beken werd bewust vermeden. Desondanks waren de effecten op de ongewervelde bodemfauna dramatisch, vrijwel hetzelfde als waar minder zorgvuldig te werk was gegaan. Er werden verschillende locaties onderzocht. De verschillen in aantallen en gewichten per vierkante voet bodem van de beken voor twee locaties vóór en na het sproeien zijn weergegeven in **tabel 11**.

Grotere soorten waren drastisch verminderd. Kokerjuffers waren volledig verdwenen, steenvliegen waren vijf maanden later nog maar half zo talrijk en eendagsvliegen kwamen nog maar ongeveer een tiende zo vaak voor. Samenvattend kan worden gesteld dat de belangrijkste voedselorganismen voor vissen in de getroffen beken drastisch waren verminderd en in het jaar van de bespuiting geen noemenswaardige voedselwaarde hadden. [090] Het trage herstel duidde erop dat dezelfde omstandigheden zich in het jaar na de bespuiting zouden voordoen.

De voorgaande voorbeelden en opmerkingen zijn van toepassing op de meeste beek- en moerasomgevingen. Speciale aandacht moet worden besteed aan organismen in zoutwa-

tergetijdenstromen en de zee zelf. De effecten van pesticiden in zoet water worden grotendeels gemeten aan de hand van veranderingen in het aantal insecten. In zout water komen in wezen geen insecten voor.

TABEL 11

Het gewicht en het aantal organismen per vierkante voet rivierbodem voor en na besproeiing met DDT tegen budworm in British Columbia (naar Crouter en Vernon, 1958). Procentuele verandering berekend op basis van cijfers vóór besproeiing.

	Vóór sproeien	Direct na	verande- ring %	Vijf mnd. na	Verande- ring %
Bespoten gebied					
I. Aantallen	42,0	0,78	-98	2,2	– 95
Gewicht gr	0,0285	0,0038	-87	0,0021	– 92
II. Aantallen	26,9	5,21	-82	5,9	– 78
Gewicht	0,0226	0,0029	-87	0,0018	– 92
Niet bespoten gebied					
Aantallen	24,5	12,6	-49	13,0	– 47
Gewicht	0,0287	0,0212	-26	0,0295	+ 3

De belangrijkste klasse van geleedpotigen in deze omgeving is die van de Crustacea, een groep organismen die bijzonder gevoelig is voor chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden (**tabellen 12 en 13**). De afname van het aantal is catastrofaal wanneer schaaldieren – krabben, zandvlooien, isopoden, enzovoort – worden blootgesteld aan pesticiden in getijden-

moerassen en in alle andere omgevingen waar schaaldieren voorkomen. De andere belangrijke phyla worden iets minder aangetast – wormen matig en volwassen weekdieren schijnbaar helemaal niet bij lage blootstelling.

Belangrijker dan gevoeligheid is hier de kans op blootstelling. Deze zal zeker acuut blijven bij vectorbestrijdingsoperaties in getijdenmoerassen. Zowel het type chemische stof als de wijze van bestrijding kunnen de mate van gevaar aanzienlijk veranderen. Vectorbestrijdingsspecialisten lijken in feite steeds meer de nadruk te leggen op milieumanipulatie als basisprocedure voor bestrijding. [091] Ik denk dat we kunnen verwachten dat vectorbestrijdingsprocedures minder gevaarlijk zullen worden voor waterorganismen.

De zeekusten leveren waardevolle hoeveelheden weekdieren, schaaldieren en vissen op. Andere groepen planten en dieren in de zee zijn economisch minder belangrijk. Toch zijn veel daarvan waardevol voor specifieke doeleinden, afhankelijk van de regio en de culturele traditie. Zeekomkommer is bijvoorbeeld een delicatessen voor Chinezen, hoewel de meeste Amerikanen het niet lekker vinden.

Ook hier is de kans op blootstelling van cruciaal belang. De commerciële visserij is nog steeds afhankelijk van het verwijderen van een deel van de natuurlijk voorkomende populatie. Het beheer is doorgaans zeer eenvoudig en beperkt zich tot het reguleren van de grootte en het aantal gevangen exemplaren. Pas sinds kort worden er algemene beperkingen opgelegd aan de variëteit, de geproduceerde hoeveelheden en de kwaliteit, zoals dat nu gebruikelijk is in de landbouw.

TABEL 12

Geschatte concentratie van vier veelvoorkomende pesticiden die nodig zijn om kleine steenkrabben binnen 24 uur te immobiliseren (uit Butler, 1962)

Pesticide	Concentratie in water (delen per miljard)
Endrin	10
Dieldrin	10
DDT	10
Sevin	1.000

TABEL 13

Geschatte 48-uurs mediane tolerantie (TL) waarden voor witte garnalen (een commercieel waardevolle soort) in aanwezigheid van enkele veelvoorkomende pesticiden (uit Butler, 1962)

Pesticide	Concentratie in water (delen per miljard)
Endrin	6,5
Sevin	13,0
DDT	25-50
Dieldrin	25-50
Toxafeen	75-90
TDE	75-90
Heptachloor	250,0

De vraag rijst of bestrijdingsmiddelen hun invloed ook op de zee uitbreiden. Het beste oordeel dat momenteel kan worden gegeven, is “nog niet erg veel”.

De enige belangrijke uitzondering is de oesterindustrie, die al enkele jaren de uitzaaiing van oesterzaad controleert, gunstige locaties voor de kweek zoekt en probeert roofdieren te bestrijden. Alleen in deze sector is directe, opzettelijke verontreiniging van ondiep zeewater serieus onderzocht. Het Bureau of Commercial Fisheries heeft momenteel een actief programma in New England en aan de Golfkust om mogelijke manieren te onderzoeken om concurrenten van

oesters te bestrijden. [092] Van de gangbare bestrijdingsmiddelen zijn DDT, lindaan, Sevin en dieldrin allemaal nuttig gebleken bij het voorkomen van de vestiging van zeepokken. V. L. Loosanoff, van het Milford (Connecticut) Laboratory van het Bureau of Commercial Fisheries, is van mening dat bestrijdingsmiddelen veilig kunnen worden gebruikt in de oesterteelt. Het onderzoeksgebied is echter nieuw en er is nog weinig bekend over de effecten van toxische verontreiniging. Er zijn zeker effecten waarneembaar. Bij een concentratie van 0,05 ppm (parts per million) veroorzaakte DDT een larvale sterfte van 90% bij oesters en remde het de groei van de overlevenden. Bij concentraties van 0,025 ppm werd de groei belemmerd (Loosanoff, 1960). Lindaan is veilig gebruikt voor de bestrijding van schaaldieren in oesterbanken. Verbindingen die giftige bacteriën remmen, kunnen de groeisnelheid van mosselen en oesters bevorderen. Mariene fytoplankton, een belangrijke voedselbron voor tweekleppige weekdieren, kan echter worden aangetast door veel giftige chemicaliën (**tabel 14**), waarvan sommige al in zeer kleine hoeveelheden dodelijk zijn (Butler, 1962).

Het belangrijkste doel van het gebruik van chemische stoffen in zee is het verwijderen van concurrerende organismen van de oppervlakken van economisch waardevolle dieren. Bestrijding van roofdieren, regulering van groeisnelheden, enzovoort, kan nog niet op grote schaal worden toegepast. Naast schelpdieren zijn er nog andere oppervlakken die we volledig vrij willen houden van mariene organismen, namelijk scheepsrompen en havenpalen. Misschien horen deze

doeleinden hier niet thuis. [093]

TABEL 14

De hoogste concentratie herbiciden en insecticiden die wordt verdragen door vijf soorten fytoplankton die door larven van weekdieren als voedsel worden gebruikt (uit Butler, 1962)

Pesticide	Concentratie in water (delen per miljard)
<i><u>Herbiciden</u></i>	
Monuron	0,02
Diuron	0,04
Lignasan	0,06
Neburon	0,40
Fenuron	290,00
<i><u>Insecticiden</u></i>	
Sevin	100,0
Lindaan	500,0
DDT	1.000,0
Dipterex	10.000,0

Ik hoef alleen maar op te merken dat weekdieren en schaaldieren de belangrijkste plaagorganismen zijn en dat onderzoek naar aangroeiwerende middelen vruchten heeft afgeworpen. Normaal gesproken worden giftige “verven” gebruikt die langzaam kleine hoeveelheden koper afgeven.

Al deze behandelingen werken op of zeer dicht bij het be-

handelde oppervlak en kunnen niet als algemene verontreinigingen worden beschouwd.

Potentieel belangrijker is onbedoelde verontreiniging van ondiepe kustwateren. De rijkdom van het leven aan de rand van de zee is grotendeels te danken aan voedingsstoffen die door zoetwaterstromen worden meegevoerd. Als de stroom zeer groot is, kan de bemestende invloed ervan vele mijlen van het land worden gevoeld. Wanneer de stroom door vele mijlen landbouwgrond heeft gestroomd, is het zeer waarschijnlijk dat er meetbare hoeveelheden pesticiden en andere verontreinigende stoffen in terechtkomen. De volksgezondheidsdienst heeft duidelijk vastgesteld dat er kleine hoeveelheden pesticiden in het water aan de monding van enkele van de belangrijkste rivieren in dit land aanwezig zijn. Deze hoeveelheden zijn weliswaar klein, maar nemen toe, evenals de verscheidenheid aan gevonden chemicaliën (zie hoofdstuk 13). Dat dergelijke chemicaliën überhaupt in grote afwateringssystemen voorkomen, is één probleem. Hun effect, gezien hun aanwezigheid, is een ander probleem. Het lijkt erop dat de tot nu toe vastgestelde hoeveelheden te klein zijn om direct toxische effecten te veroorzaken. Niettemin blijft de kans groot dat bepaalde, zeer gevoelige ongewervelde dieren worden aangetast. De garnalenvisserij voor de kust van Louisiana is een situatie waarin de vraag naar mogelijke effecten van pesticiden aan de orde is gesteld (Gresham, 1962). Pesticide-effecten zijn ook genoemd als verklaring voor het afsterven van sommige krab- en weekdierpopulaties in de kustwateren. Ik ken geen overtuigende gegevens die deze beweringen ondersteunen, maar

ik acht een dergelijk verlies niet onwaarschijnlijk. De Golfkust lijkt aan de essentiële voorwaarden te voldoen: een grote afwatering die via landbouwgrond naar zee stroomt, en ondiepe, productieve, redelijk stabiele zeewateren. Op dit moment worden de gevonden hoeveelheden pesticiden onder de meeste omstandigheden niet als gevaarlijk beschouwd voor mensen of vissen. Er zijn wel eens hoeveelheden gemeten die binnen het bereik van de gevoeligheid van schaaldieren liggen, maar er is geen biologisch onderzoek gedaan om de effecten bij deze concentraties te bevestigen. Ervan uitgaande dat er in de grote riviermondingen pesticiden zullen blijven voorkomen (en misschien zelfs zullen toenemen), kunnen we om twee redenen grootschalige effecten verwachten: in aquatische milieus is er geen ontkomen aan; organismen in de voedselketen nemen stabiele pesticiden uit hun voedsel op, slaan deze op en accumuleren ze, waardoor ze giftig worden voor de dieren die zich daarmee voeden. Deze redenen lijken zorgwekkender dan de hoge sterfte als gevolg van incidentele directe verontreiniging.

In de bodem levende ongewervelde dieren

[094] Als de bodem louter zou worden beschouwd als een inerte stof die planten ondersteunt en meststoffen vasthoudt, dan zou de bestrijding van bodemongedierte gericht moeten zijn op het verminderen van het aantal organismen dat een belangrijke vermindering van de opbrengst of kwaliteit veroorzaakt. In het verlengde daarvan zou de bodem slechts worden beschouwd als een handig medium voor de produc-

tie van voedsel en vezels, totdat we ons ervan kunnen losmaken. We zouden ervan afhankelijk zijn omdat we momenteel geen efficiënt alternatief hebben. Productie in deze zin is een vorm van mijnbouw, slechts iets gecompliceerder dan het winnen van metalen uit de aarde. Deze visie wordt in de praktijk ondersteund door de meeste bemestings- en ongediertebestrijdingsmethoden. Een dergelijke houding gaat voorbij aan de fundamentele bijdrage van levende bodem: de afbraak van organisch materiaal. De terugkeer van eens levende organismen naar de bodem verbetert de structuur en het waterhoudend vermogen en, nog belangrijker, maakt de eenvoudigere chemische stoffen die nodig zijn om het leven voort te zetten weer in bruikbare vorm beschikbaar.

In de elementaire biologie beschrijven we de koolstof- en stikstofkringloop en bespreken we de behoefte aan sporenelementen zonder deze direct te koppelen aan praktische productieproblemen. Zowel studenten als landbouwers lijken de onvermijdelijke waarheden van de organische kringlopen niet te beseffen. De rijkdom van de bodem komt voort uit het leven dat erin aanwezig is. Productieve bodem weemt van het leven. Wanneer een landbouwer de bodemproductiviteit beoordeelt aan de hand van de oogstopbrengst, rapporteert hij een indirecte maatstaf voor de hoeveelheid en verscheidenheid van de bodemorganismen die erin aanwezig zijn. Een relatief steriele bodem levert een relatief slechte oogst op. Het overbrengen van meststoffen en minerale voedingsstoffen van het ene punt op aarde naar het andere heeft tot gevolg dat de bodemvruchtbaarheid op de begun-

stigde locatie toeneemt, maar verandert niets aan het uitgangspunt. “Geavanceerde” teeltsystemen, die als doel hebben een klein deel van de totale biologische productiviteit selectief te benutten en alleen dit deel te vergroten, kunnen contraproductief zijn, vooral als ze de weg van ‘schone’ teelt volgen, waarbij de organische stof aan het oppervlak wordt verbrand of verwijderd, of op een andere manier wordt bijgedragen aan een afname van het humusgehalte en daarmee van het planten- en dierenleven. Onder deze omstandigheden is een afname van de bodemvruchtbaarheid te voorspellen. De achteruitgang wordt versneld wanneer giftige chemicaliën aan de bodem worden toegevoegd, die de afbraakprocessen verstoren of onevenwichtigheden in het bodemcomplex veroorzaken. Vaak ontstaan er nieuwe problemen waar voorheen geen of slechts kleine problemen bestonden. Ik vermoed sterk dat de bodembioïogie het meest verwaarloosde gebied van het onderzoek naar ongediertebestrijding is. [095] Aan het einde van dit hoofdstuk zal ik een aantal punten van kritiek op de huidige filosofieën en technieken van bodembestrijding noemen die deze verdenking rechtvaardigen.

Het aantal organismen in de bodem is duizelingwekkend. De biomassa van bodemorganismen vormt samen ruim de helft van alle levende materie. Ontbindende organismen (bacteriën, schimmels) vormen het grootste deel, maar detrituseters, parasieten en roofdieren vormen waarschijnlijk een grotere massa. De soorten en variëteiten van grotere organismen verschillen meestal naargelang de bodem, het gewastype en de regio op aarde. Er is een grotere uniformiteit

in de soorten microbiële organismen. Als we kijken naar de energiebehoefte in plaats van naar aantallen, soorten of hoeveelheden, kunnen we de “brandstofbehoefte” van hele complexen afleiden. Metabolische activiteit is de beste maatstaf voor productiviteit en afbraaksnelheid (MacFadyen, 1957). In bodems waar de respectieve groepen in normale hoeveelheden aanwezig zijn, zou een geschatte rangorde naar metabolische activiteit als volgt zijn:

Bacteriën	Weekdieren
Nematoden *	Mijten
Schimmels *	Vliegenlarven *
Protozoën	Aardwormen
Springstaarten	Spinnen
Kevers *	Hooiwagens

Hierbij moet worden opgemerkt dat bovenstaande volgorde bij benadering is en dat er bovendien variaties optreden van seizoen tot seizoen en van regio tot regio, afhankelijk van de bodemsoort. Bovendien zijn gewervelde dieren die in de bodem graven of er beschutting zoeken, niet meegenomen.

De meest voorkomende bodemongedierte behoren tot de groepen die in de bovenstaande lijst met een asterisk – * – zijn gemarkeerd. Over het algemeen ontstaat schade in de bodem door het verhinderen van zaadontkieming (voornamelijk door schimmels) en door fysieke beschadiging van wortelsystemen (wat soms secundaire schade veroorzaakt door overdracht van ziekten). Minder vaak is er geen schade in de bodem, maar wordt de bestrijding gericht op het doden

van insecten in een vroeg stadium van hun levenscyclus, die later schade aan het bodemoppervlak zouden veroorzaken. Micro-organismen en nematoden blijven hun hele leven in de bodem; insecten leven normaal gesproken alleen in de bodem tijdens hun larvale stadia. De meeste inspanningen om bodemorganismen te bestrijden zijn gericht op insectenlarven die wortelsystemen beschadigen. De omvang van de schade door nematoden wordt pas sinds enkele jaren onderkend, waarna het onderzoek op het gebied van nematologie sterk is uitgebreid.

[096] Specifieke bestrijdingsdoelen zijn voornamelijk larven van de insectenorden Lepidoptera (vlinders en motten), Coleoptera (kevers) en Diptera (vliegen). De drie bekendste bodemongedierte zijn snuitkevers (mottenlarven), draadwormen (larven van kevers uit de families Tenebrionidae en Elateridae) en witte larven (Japanse kevers, junikevers en andere). Net als bij nematoden is het type teelt van invloed op het aantal. Het veranderen van het gewas of de teeltmethode is de beste manier om het aantal van al deze soorten te verminderen. Waar veranderingen niet mogelijk zijn, wordt chemische bestrijding toegepast. Chemische middelen kunnen rechtstreeks op de bodem worden aangebracht, waar ze over het algemeen worden verspreid door ploegen en schijven in de bovenste paar inches van de bodem. Vluchtige chemicaliën kunnen in de bodem worden geboord of op plekken of in rijen worden aangebracht, van waaruit hun werking zich verspreidt. In sommige gevallen worden beschermende stroken van niet-vluchtige chemicaliën in voren parallel aan de rijen planten aangebracht. Chemische midde-

len kunnen ook rechtstreeks op het zaad worden aangebracht. Fungiciden worden al lang op deze manier gebruikt. Tegenwoordig is het gebruikelijk om ook insecticiden toe te voegen aan de slurry waarin de zaden worden gemengd. Verschillende gechloreerde koolwaterstofinsecticiden zijn met succes gebruikt. De bekendste is BHC of zijn gamma-isomeer, lindaan, voor de bestrijding van draadwormen. Het werkingsgebied van chemicaliën voor zaadbehandeling is beperkt; daarom is hun effect op bodemmicro-organismen niet algemeen.

Het beste bewijs dat de bestrijding van bodemongedierte leidt tot sterfte is de afname van het aantal doelsoorten, maar de gebruikelijke maatstaf is de gewasopbrengst na de bestrijding. De meeste beoordelingen van de werkzaamheid van bodemongediertebestrijdingsmiddelen zijn gebaseerd op deze twee maatstaven voor het succes van de bestrijding. Slechts zelden en recentelijk is ook het aantal niet-doelsoorten onderzocht. Lilly (1956) wijst erop dat ecologisch onderzoek de laatste jaren over het algemeen is verwaarloosd. Niettemin constateert hij een toenemend gebruik van bodeminsecticiden door telers (met name van rijgewassen zoals maïs en suikerriet) en voorspelt hij een nog veel groter gebruik.

De meest gebruikte bodeminsecticiden zijn momenteel gechloreerde koolwaterstoffen, die worden gekenmerkt door een lage fytotoxiciteit en een lange nawerking. Het grootste gevaar voor niet-doelwitongewervelden ontstaat door hoge doseringen die rechtstreeks op de bodem worden aangebracht. Een variant hierop is de langzame accumulatie van

insecticiden in de bodem wanneer de toepassing (ook al is het in lage hoeveelheden) wordt herhaald voordat de chemicaliën van eerdere toepassingen volledig zijn afgebroken. (Dit punt wordt later in hoofdstuk 13 nader uitgewerkt; ik hoef hier alleen maar op te merken dat er vrijwel niets bekend is over de ecologische gevolgen van dergelijke accumulaties. [097] Bosentomologen maken zich zorgen over de mogelijke effecten van bosbesproeiing op bodemmicro-organismen. Deze bezorgdheid komt voort uit het besef dat bosgemeenschappen complex moeten blijven om een zo goed mogelijke bestrijding van plagen mogelijk te maken.

DDT is in hoeveelheden tot 25 pond per acre op de bodem aangebracht om witte larven te bestrijden. Dieldrin is in hoeveelheden van 5 pond per acre gebruikt voor witgerande kevers. Bij verschillende grootschalige campagnes worden aldrin, dieldrin of heptachloor gebruikt in hoeveelheden tot 3 pond per acre. De sterfte onder gewervelde dieren is zowel direct als indirect in verband gebracht met al deze toepassingen. Dat er ingrijpende effecten zijn op bodemorganismen, staat voor mij buiten kijf, maar ik ken geen serieuze studies hierover.

Oppervlaktebehandelingen die in de bodem worden ingewerkt, vinden normaal gesproken plaats in een dosering van 0,5 tot 2 pond per acre, afhankelijk van de bodem en de chemische stof. Wanneer ze gelijkmatig over de ploegdiepte worden verdeeld, overschrijden ze zelden één deel per miljoen. De werkelijke verontreinigingsgraad is daarom laag. Niettemin merkte Sheals (1955) op dat BHC in lage concentraties een sterke vermindering van het aantal microarthro-

poden veroorzaakte. DDT veroorzaakte een vermindering van het aantal mijten, maar een toename van het aantal springstaarten (Collembola), wat kennelijk verband hield met een afname van het aantal roofdieren. De afname van het aantal dieren in de getroffen groepen hield 17 maanden aan. De bodemflora vertoont niet hetzelfde patroon. Hoewel het aantal schimmels en bacteriën in bodems die met normale hoeveelheden insecticiden zijn behandeld sterk fluctueert, lijken er geen blijvende effecten op te zijn. Deze conclusie is echter gebaseerd op eenmalige toepassing (Bollen et al., 1954).

Oppervlaktebehandeling, waarbij het middel slechts incidenteel in de bodem terechtkomt, is potentieel ernstiger omdat deze veel vaker en op grotere schaal wordt toegepast. Toch lijken er bij lage doseringen, zoals die incidenteel worden gebruikt bij de bestrijding van bosinsecten, geen blijvende verstoringen op te treden. Hartenstein (1960) kon geen significante afname van mijten en springstaartjes aantonen in bossen die met normale doseringen DDT en malathion waren behandeld. Alleen bij hogere doseringen kon hij een tijdelijk effect aantonen. Hierin lijkt het gevaar voor bodemorganismen te liggen. De meest waarschijnlijke manier om hoge concentraties in de bodem te verkrijgen, is door ophoping van chemicaliën door herhaalde toepassingen. Alleen stabiele chemicaliën kunnen zich op deze manier ophopen. Dat dit mogelijk is, wordt ruimschoots bevestigd. Ginsburg en Reed (1954) vonden DDT in concentraties van 35 tot 113 pond per acre in de bodem onder appelbomen. Deze auteurs constateerden ook bodemresiduen in veel andere ge-

wassen. [098] De laagste waarde die werd gevonden was 4 pond DDT per acre in aardappelgrond. Het belangrijke punt is dat DDT nooit alleen werd toegepast in de hoeveelheden die in dit onderzoek werden gerapporteerd. Ik heb geen enkel onderzoek gezien waarin toenemende accumulatie in verband werd gebracht met veranderingen in de organismische eigenschappen van de bodem; toch treedt accumulatie op en neemt deze zeker toe.

De bovenstaande beschrijving is een beperkte visie: voor het gemak van de discussie wordt ervan uitgegaan dat stabiele chemicaliën in de bodem achterblijven en daar hun effecten kunnen uitoefenen. In werkelijkheid blijven ze niet altijd achter. Chemicaliën kunnen, zoals eerder opgemerkt, met het afstromende water worden meegevoerd. Behandelde zaden kunnen door vogels en zoogdieren worden opgenomen. Deze zaden zijn in wezen vergiftigd aas, waarvan de effecten – mogelijk zelfs de dood – afhankelijk zijn van het type chemische stof en de ingenomen hoeveelheid. Ten slotte kunnen bodemorganismen die chemicaliën bevatten, worden verwijderd door gravende of oppervlaktevoedende dieren. Deze situatie wordt nog gecompliceerder wanneer bodemorganismen, met name regenwormen, het vermogen hebben om chemicaliën op te slaan en te accumuleren in hun weefsels. De overdracht van een stabiele chemische stof in de bodem, de concentratie ervan in een tolerant organisme en de uiteindelijke verspreiding ervan naar een gevoelig gewerveld dier is een zeer interessante reeks gebeurtenissen, die van groot belang is. Vanwege dit belang wordt dit in detail beschreven in een hoofdstuk dat aan dit onderwerp is gewijd

(hoofdstuk 20).

Er zijn dus drie algemene methoden waarmee giftige chemicaliën in de bodem terechtkomen: algemene verspreiding door grondbewerking in de bovenste paar inches van de bodem; plaatselijke behandeling, meestal in de buurt van groeiende planten of op het zaad zelf; en oppervlakteverontreiniging, meestal als gevolg van insectenbestrijding boven het oppervlak. Alle methoden hebben invloed op bodemorganismen en zijn potentieel gevaarlijk voor oppervlakteorganismen.

Uitgebreide bodemverontreiniging als methode voor ongediertebestrijding is relatief nieuw. Mogelijk kan dit feit verklaren waarom er zo weinig bekend is over de algemene effecten ervan. Deze verklaring is echter slechts ten dele bevredigend. Ernstige lacunes in de kennis zijn het gevolg van de nadruk die door ongediertebestrijdingstechnici wordt gelegd op de twee eerder genoemde indirecte maatregelen. Deze maatregelen beschrijven een beperkt probleem, namelijk het effect op de gewasopbrengst in één groeiseizoen. Er wordt veel minder aandacht besteed aan de effecten op de opbrengst op langere termijn. In beide gevallen is het grootste deel van het onderzoek naar chemische neveneffecten gericht op de toxiciteit voor de gewassen of op de mogelijke verontreiniging van producten met chemische residuen. De motivatie voor dit laatste onderzoek is het voorkomen van juridische problemen die de verkoop kunnen beperken.

Kortom, vanaf het begin zijn procedures voor bodembestrijding ontwikkeld door technici die weinig interesse hadden in de totale biologie van duurzame productiviteit.

Dit is brede kritiek, die grotendeels subjectief is. [099] Deze kritiek kan echter worden teruggebracht tot specifieke punten. Ik zal er een paar noemen die ik belangrijk vind. Het belangrijkste punt is het effect op de bodemvruchtbaarheid zelf. De studies die tot nu toe zijn uitgevoerd en die concluderen dat de effecten nihil of onbeduidend zijn, zijn gebaseerd op één teeltperiode en één toepassing van chemische stoffen. Hoewel deze experimentele basis realistisch is voor een eerste beschouwing, dekt zij geenszins het volledige spectrum van mogelijke effecten. De belangrijkste van deze andere effecten komen voort uit de accumulatie van chemische stoffen in de bodem.

Ecologische studies, die volledige kennis van de bodembio-logie tot doel hebben, worden tegenwoordig zelden uitgevoerd door bestrijdingstechnologen. Toch zijn dergelijke studies het meest geschikt om te leiden tot bestrijdingsmethoden die gebruikmaken van culturele en biologische alternatieven. Alleen deze methoden zijn vrij van residuproblemen en van de noodzaak van herhaalde chemische toepassingen.

De vereenvoudiging van de fauna die zich overal bovengronds voordoet, breidt zich nu ook ondergronds uit. Natuurlijk is de landbouw zelf de belangrijkste oorzaak van deze vermindering van de diversiteit aan organismen. Maar wanneer er hoge concentraties chemicaliën voorkomen, worden niet alleen de doelsoorten aangetast. Ongedierte is duidelijk winterhard, maar veel vijanden van ongedierte zijn dat niet. We lijken steeds meer gedeeltelijk steriele omgevingen te creëren die hardere soorten begunstigen. Onder

dergelijke omstandigheden is het gemiddelde aantal plaagsoorten hoger en komen uitbraken vaker voor. Een dergelijk patroon is herhaaldelijk waargenomen bij zowel oppervlakte- als bodemorganismen. Het is vreemd dat bestrijdingstechnici het verband tussen het aantal plagen en de complexiteit van de fauna niet lijken te begrijpen.

Even vreemd is het dat er zo weinig aandacht wordt besteed aan een elementair feit: dat oppervlakteorganismen worden in stand gehouden door organismen onder de oppervlakte. De meest voor de hand liggende aanwijzing hiervoor ligt bij de insectenplagen zelf: hun levensduur in de bodem is van voorbijgaande aard, een intermezzo in een levenscyclus die onvermijdelijk aan de oppervlakte eindigt. Het feit dat een ondergrondse soort als “plaag” wordt aangemerkt, doet niets af aan het biologische feit dat er een voortdurende uitwisseling plaatsvindt tussen de bodem en de oppervlakte. Een verarmde fauna aan de oppervlakte gaat doorgaans gepaard met een verarmde fauna onder de grond. Bovendien komen chemische stoffen die onder de grond worden aangebracht, vaak via biologische dragers weer aan de oppervlakte terecht. De chemische stof kan zich op het lichaam van een stervend organisme bevinden, of, als de chemische stof stabiel is en zich kan ophopen in dierlijk weefsel, kan deze door een ogenschijnlijk gezond dier naar de oppervlakte worden gebracht.

[100] Het zaaien van zaden met een giftige coating neemt snel toe, zowel wat betreft het gebied als de verscheidenheid aan gebruikte chemische stoffen. Behandelde zaden zijn natuurlijk bedoeld om bepaalde doelorganismen te doden of af

te weren, maar hun giftigheid is mogelijk niet zo beperkt. Andere zaadetende soorten kunnen de zaden uit de bodem verwijderen (waardoor ze misschien als plaag worden aangemerkt) of, indien ze worden verspreid, kan een groot deel van de zaden op het bodemoppervlak achterblijven, waar ze niet kunnen ontkiemen en gemakkelijk toegankelijk zijn voor zaadetende soorten. Deze laatste kans wordt vergroot door het zaaien vanuit de lucht, dat tegenwoordig op grote schaal wordt toegepast. Of ze nu in de bodem of op het oppervlak liggen, behandelde zaden kunnen heel goed andere soorten dan de beoogde doelsoort schaden.

Ten slotte is het ongetwijfeld slechts een kwestie van tijd voordat bodemorganismen die genetisch zijn geselecteerd op resistentie tegen bepaalde chemicaliën, niet-resistente stammen verdringen, net zoals veel resistente oppervlakteorganismen dat hebben gedaan. Voortdurende blootstelling aan een chemische stof is nodig om dit soort resistentie te selecteren. Blootstelling kan worden bereikt door veelvuldige herhaalde toepassing, door hoge toepassingen van een stabiele chemische stof of door accumulatie van stabiele chemische stoffen. Alle drie soorten blootstelling komen veel voor en nemen toe. Resistentie is te verwachten.

Land ongewervelden

Insecten vormen niet alleen de grootste klasse van land-ongewervelden, maar zijn als groep waarschijnlijk ook de meest aangepaste dieren op het aardoppervlak. Alleen de mens is een effectieve concurrent van insecten. Het grootste deel van de ongediertebestrijding is gericht op planteneten-

de en ziekteverspreidende insecten.

Het is niet nodig om de uitroeiing van insecten in het algemeen te overwegen. Misschien volstaat het te zeggen dat “bestrijding”, d.w.z. vermindering van het aantal relatief weinig voorkomende insecten die we als belangrijke plagen beschouwen, slechts tijdelijk kan worden bereikt. Chemische stoffen zijn momenteel de belangrijkste bestrijdingsmiddelen. Om te bevestigen dat ze effectief zijn voor hun beperkte doel, volstaat het te verwijzen naar de duizenden artikelen die over insectenbestrijding zijn gepubliceerd. Het *Journal of Economic Entomology* bevat tientallen artikelen per jaar die getuigen van een succesvolle vermindering van bepaalde insectensoorten. De talloze adviescirculaires en bulletins van overheidsinstanties over de hele wereld bevestigen bovendien dat insecten kunnen worden bestreden. De zeven delen van het *Annual Review of Entomology* bevatten talrijke artikelen waarin de vooruitgang in bepaalde fasen van de insectenbestrijding wordt samengevat. De samenvattende delen van *Advances in Pest Control Research* zijn bijna volledig gewijd aan insecten. [101] Soortgelijke informatie over de methoden en resultaten van bestrijding is te vinden in honderden andere publicaties, en het aantal artikelen neemt zo snel toe dat een gewetensvolle student ongediertebestrijding erdoor overweldigd raakt.

Mijn punt is simpel: in beperkte mate is insectenbestrijding succesvol. Ik gebruik het woord 'beperkt' om te benadrukken dat de vermindering van het aantal insecten meestal lokaal en tijdelijk is. De meeste insectenbestrijding leidt niet tot de totale uitroeiing van de plaagsoort, noch tot een ver-

minderde noodzaak van bestrijding. De voordelen van beperkte bestrijding zijn niettemin groot, en er zijn zelfs aanwijzingen dat het aantal insectenbestrijders (en vermoedelijk ook hun succes bij de bestrijding) zal blijven toenemen. Het doden van insecten blijft de belangrijkste bezigheid van toegepaste biologen.

In dit boek heb ik me gericht op de nadelige effecten van ongediertebestrijding. Er zijn veel soorten effecten, maar als we ons beperken tot insecten, kunnen we de problemen in drie categorieën indelen: de schade aan insecten die nuttige producten opleveren; de vermindering van het aantal parasitaire en roofzuchtige insecten die een effectieve natuurlijke bestrijding van insectenpopulaties vormen; het onvermogen om insectensoorten te behouden als studieobject of voor recreatieve doeleinden.

Het laatste punt wordt door veel entomologen niet serieus genomen. Enkelen, met name Europeanen, hebben voorgesteld om natuurreservaten voor insecten in te richten. Soms wordt dit idee uitgebreid tot een maatregel voor insectenbestrijding. Een serieus voorstel was de aanleg van kleine “eilandjes” met natuurlijke fauna, verspreid over intensief bebouwde gebieden. Deze eilandjes zouden als reservoirs dienen van waaruit koloniserende insectenvijanden naar de omliggende verarmde landbouwgronden zouden kunnen emigreren. Het idee is intrigerend, maar er moet worden opgemerkt dat plaagsoorten ook in een dergelijk reservaat zouden overleven, zij het in kleine aantallen. Bovendien heeft de visie van de natuurbeschermers, die gewoonlijk wordt toegepast op vogels en zoogdieren, weinig aanhangers onder

toegepaste biologen.

Wat het tweede punt betreft, worden nuttige insecten die helpen bij de natuurlijke bestrijding van schadelijke soorten vaak door insecticiden gedood, waardoor de bestrijding van insecten moeilijker wordt. In de tekst wordt vaak naar dit probleem verwezen en in latere hoofdstukken wordt hierop nader ingegaan.

Het eerste probleem is acuut. Er zijn maar weinig insecten die voor de mens van direct commercieel belang zijn. Voorbeelden hiervan zijn lakinsecten, zijderupsen en honingbijen. In dit land is de honingbij van uitzonderlijk belang, niet alleen vanwege de honing en bijenwas, maar ook als belangrijkste bestuiver op akkerland. Ongeveer vijftig jaar geleden begonnen fruittelers bijenkasten in fruitboomgaarden te plaatsen. [102] Deze praktijk breidde zich uit toen bleek dat ook andere gewassen een hogere opbrengst opleverden. De bijzondere waarde van bijen voor het verhogen van de zaadopbrengst van peulvruchten werd duidelijk aangetoond tijdens de Tweede Wereldoorlog. Sindsdien is het gebruikelijk geworden dat telers tijdens de bloeiperiode bijenkasten in hun velden plaatsen. Het verhuren van bijen is een winstgevende bezigheid geworden; imkers beschouwen honing niet langer als hun belangrijkste bron van inkomsten.

Helaas zijn bijen kwetsbaar voor veel organische insecticiden. In de tijd dat arseenverbindingen veel op gewassen werden gebruikt, vormden deze het grootste gevaar voor bijenkasten. Arseenresten die mee naar de kast werden genomen, kwamen in de honing terecht, waardoor vaak hele broedsels werden vergiftigd. Arseenverbindingen worden te-

genwoordig niet meer op grote schaal gebruikt. Het grootste gevaar wordt nu gevormd door de contacttoxiciteit voor veldbijen van stof en sproeimiddelen die op het gebladerte worden aangebracht. Een minder belangrijk, maar wel belangrijk probleem is de verontreiniging van plaatsen waar bijen drinken. Beide bronnen vormen een reëel gevaar; er is herhaaldelijk een hoge sterfte waargenomen. In bijentijdschriften (bijvoorbeeld *Gleanings in Bee Culture*) zijn veel artikelen gepubliceerd over insecticidenvergiftiging bij bijen en voorzorgsmaatregelen die moeten worden genomen bij het plaatsen van bijenkasten of het tijdstip van het toepassen van insecticiden. Enkele artikelen en hoofdartikelen lijken qua toon en inhoud opvallend veel op de bezwaren tegen pesticiden die door natuurliefhebbers worden geuit.

De meeste veelgebruikte insecticiden zijn matig tot zeer giftig voor bijen (Anderson en Atkins, 1958; Todd en McGregor, 1960). Door variaties in de timing, op basis van observaties van de piekactiviteit van bijen, en aanpassingen in de dosering kan het risico van sommige chemicaliën (bijvoorbeeld DDT, toxafeen, trithion) worden verminderd. Veel andere chemicaliën zijn zeer giftig en mogen enkele dagen voor of tijdens de bestuivingsperiode niet worden gebruikt. Tot deze groep behoren veelgebruikte insecticiden zoals arsenaten, dieldrin, heptachloor, parathion en Sevin. Er blijven gevallen van bijensterfte voorkomen. Hoewel zowel juridische maatregelen als strenge voorzorgsmaatregelen hebben geleid tot minder contact van bijen met giftige chemicaliën, zie ik geen manier om enig verlies te voorkomen. Af en toe zal dat ernstig zijn. Ik vermoed dat de gevolgen van het ver-

lies van bijen groter zijn dan momenteel wordt aangenomen. Wie weet wat de totale impact van insecticiden is op alle soorten bestuivende insecten? De sterfte van honingbijen op intensief bebouwde gronden kan slechts een gedeeltelijke maatstaf zijn voor het totale effect van de afname van bestuivende insecten, zelfs op akkerland. Als maatstaf voor niet-akkerland is dit duidelijk ontoereikend.

HOOFDSTUK – 07

DE KOELBLOEDIGE GEWERVELDE DIEREN

Omdat koudbloedige gewervelde dieren in het algemeen slechts matig gevoelig lijken te zijn voor ingenomen gifstoffen, kunnen ze hoeveelheden restanten opslaan die voor hen niet dodelijk zijn, maar wel voor hun roofdieren (zie hoofdstuk 20). Kieuw-ademhalers zijn echter zeer gevoelig voor gifstoffen die in contact komen met de kieuwoppervlakken. Bovendien kan sterfte het gevolg zijn van de vermindering van voedselorganismen door pesticiden.

Vissen

Gevallen van lokale vissterfte zijn inmiddels zo gewoon dat ze weinig lokale aandacht trekken. Bij sommige soorten bestrijdingsmaatregelen is vissterfte onvermijdelijk en een te verwachten gevolg van insectenbestrijding.

De gebruikelijke plaatsen waar schade optreedt, zijn de oevers van meren en beken grenzend aan behandelde gebieden, grote waterafleidingskanalen door landbouwgrond en vijvers of putten waar vectorbestrijdingsoperaties plaatsvinden. Vissen kunnen worden vervangen door uitzet (met name na vectorbestrijding), of de vermindering van het aantal kan zo gering zijn dat er geen blijvend gevaar is voor de inheemse populatie. [104] Normaal gesproken is de reactie

plaatselijk en onmiddellijk. Dit is echter niet altijd het geval. Een ernstiger probleem doet zich voor wanneer afstromend water verontreinigd is. Oppervlaktewater dat na gebruik wordt afgevoerd naar verzamelkanalen is vaak vervuild. Bepaalde gewassen, met name rijst, hebben voortdurend stromend water nodig. Insecticidebehandeling van rijstvelden leidt onvermijdelijk tot afvoer van een deel van de giftige stof uit het behandelde gebied. Hevige regenval na een insecticidebehandeling kan insecticiden in vijvers en beken spoelen. Een langzamer proces, maar van dezelfde aard, is de uitspoeling van insecticideresiduen uit de bodem. De “bijdrage” van insecticiden uit een groot stroomgebied of landbouwgebied kan leiden tot aanzienlijke verontreiniging ver stroomafwaarts.

In alle bovengenoemde situaties is de sterfte van vissen uitgebreid gedocumenteerd. (Zie bijvoorbeeld U.S. Public Health Service, 1961.) Het simpele feit dat dergelijke verliezen optreden, is niet erg belangrijk; ze worden ook veroorzaakt door rioolwater en industriële verontreiniging en door puur natuurlijke oorzaken. Bovendien heeft de vraag van de mens naar watervoorziening geleid tot de aanleg van stuwdammen, kanalen en oppervlaktegebruik, die samen een ernstiger effect hebben op de vispopulaties dan verontreiniging door insecticiden.

Niettemin zijn de directe effecten van insecticiden op vissen belangrijk en worden ze om deze redenen steeds belangrijker. Vissen zijn gevoelige indicatoren van verontreiniging. Hoe gevoelig ze zijn, blijkt uit **tabel 15**. Vissterfte is een vroege en duidelijke waarschuwing dat de waterkwaliteit is

verslechterd. Het noodzakelijke hergebruik van water vereist zuiver water.

Lokaal visverlies kan worden getolereerd wanneer het gebruik van pesticiden per saldo meer voordelen dan nadelen oplevert en wanneer natuurlijke of kunstmatige vervanging mogelijk is. Maar “lokaal” mag niet worden opgevat als grote watermassa's, hele stroomgebieden en grote delen van rivieren. Het herstel van vispopulaties onder deze omstandigheden is noch snel, noch zeker. Vissen zijn op zichzelf een belangrijke hulpbron. Het tolereren van incidenteel lokaal verlies betekent niet dat grootschalig verlies wordt goedgekeurd. Lokaal voordeel mag niet worden ingeruild voor algemeen nadeel, ook al zijn de effecten indirect en op lange termijn.

Misschien nog ernstiger dan het voorgaande is de houding van sommige belangengroepen en de weerslag daarvan in de wetgeving. Een vooraanstaand wetgever vertelde mij tijdens een openbare hoorzitting dat hij alleen de belangen van de landbouw vertegenwoordigde en dat water wat hem betreft alleen ten dienste moest staan van de landbouw. Hij stelde stedelijke en industriële gebruikers genereus vrij van zijn algemene aanklacht, maar was wel bereid alle andere vormen van watergebruik op te offeren. [105] Ik heb herhaaldelijk vertegenwoordigers van de industrie en de landbouw ontmoet die soortgelijke opvattingen hadden. Deze mensen hechten geen belang aan voedings- of recreatief gebruik van water. Esthetische of morele verantwoordelijkheden wegen helemaal niet mee. Wat opvallend ontbreekt, is echte kennis van de complexiteit van kwaliteitshandhaving in water en

van de omvang van hergebruik. In de praktijk negeren veel mensen opzettelijk de bestaande beschermingsvoorschriften, terwijl ze heel goed weten dat vervolging onwaarschijnlijk is.

TABEL 15

Geschatte gemiddelde tolerantiegrenzen (TL-waarden) voor vissen van verschillende veelgebruikte gechloteerde koolwaterstofinsecticiden en de praktische toepassingsdoseringen die nodig zijn om deze waarden te bereiken (uit Henderson et al., 1960)

Pesticide	96 uur TL _m (delen per mil- jard)	Pounds per acre toegepast op het wateroppervlak drie voet diep om de TL _m concentratie
Endrin	0,60	0,005
Toxafeen	3,5	00,3
Endrin	0,60	0,005
Toxafeen	3,5	0,03
Dieldrin	7,9	0,07
Aldrin	13,0	0,11
DDT	16,0	0,13
Heptachloor	19,0	0,16
Chloordaan	22,0	0,18
Methoxychloor	62,0	0,51
Lindaan	77,0	0,83
BHC	790,0	6,4

Minder vergeefbaar – forgivable – is de illusie die in de regelgeving wordt gecreëerd dat chemicaliën blijven waar ze zijn toegepast. Residuwetten staan toe dat een bepaalde hoeveelheid van een toegepaste chemische stof uit het gebied waar deze is toegepast, wordt verwijderd; deze hoeveelheden worden aangeduid als “tolerantieniveaus” voor levensmiddelen. De implicatie is dat niet meer dan deze hoeveelheden uit het gebied waar ze zijn toegepast, ontsnappen. Dit is gewoonweg niet waar. Verontreinigde afvloeiing is een van de manieren waarop deze stoffen kunnen ontsnappen. Ik zal in latere paragrafen nog andere manieren beschrijven. In alle gevallen is de veronderstelling dat we door residuwetten worden beschermd tegen blootstelling aan gewasbeschermingsmiddelen onjuist. De beste weerlegging van deze veronderstelling is dat er regelmatig vissterfte optreedt als gevolg van pesticiden, zelfs wanneer er in de directe omgeving geen pesticiden zijn gebruikt.

Zoals in de meeste studies naar economisch belangrijke dieren, worden bij vissen de effecten van vergiftiging bestudeerd in plaats van de oorzaken. [106] Hier volstaat het erop te wijzen dat de oorzaak van snelle sterfte bij vissen die aan chemicaliën worden blootgesteld, meestal verstikking is – verstoring van de ademhaling bij de kieuwmembranen. Vertraagde effecten, secundaire vergiftiging en verstoring van de voedselketen zijn heel andere problemen die nog niet goed zijn onderzocht. Deze onderwerpen komen later in de betreffende paragrafen aan bod.

Ik acht het hier noodzakelijk te onderbouwen dat de populaatietellingen van vissen ernstig kunnen worden verminderd

door normale insectenbestrijdingspraktijken en dat deze verminderingen een groot gebied kunnen treffen. Het eerste voorbeeld betreft het sproeien vanuit de lucht van knopworm in Canadese bossen met 0,5 en 1 pond DDT in olie per acre. Het tweede voorbeeld betreft warmwatervijvers en -stromen in de katoenteeltgebieden van Noord-Alabama.

Sinds 1952 zijn elk voorjaar grote bosgebieden in het noorden van New Brunswick besproeid met DDT in een poging om een epidemie van sparrenrupsen te bestrijden. Ondanks de bestrijdingsmaatregelen breidde de epidemie zich uit en in 1957 werd ongeveer vijf miljoen acre besproeid, waarvan een groot deel voor de tweede of derde keer. Gelukkig had het personeel van de *Fisheries Research Board of Canada* al ruim voor het uitbreken van de epidemie onderzoek gedaan naar de Atlantische zalmstand in de belangrijkste waterlopen van New Brunswick. Daardoor kon een volledig betrouwbare “voor”-beoordeling worden gemaakt (in tegenstelling tot de meeste studies). De effecten van het besproeien op de zalm waren onmiddellijk duidelijk en leidden tot voortgezette en uitgebreide inspanningen om de “na”-situatie te beoordelen. **Figuur 1** geeft een grafische weergave van de numerieke afname en de effecten op de leeftijdsklassen van zalm in één riviersysteem in relatie tot de bespuitingsoperaties in de buurt van de rivier. Merk op dat de effecten verschillend zijn; leeftijden en soorten worden niet uniform beïnvloed. Er treden ook bijkomende effecten op. De groei van parr – zalm in zoetwater periode – is trager door de vermindering van hun voedsel. Het herstel van de forelpopulaties duurt twee jaar. Zalm is een *anadrome* vis die nor-

maal gesproken drie jaar in zoet water doorbrengt voordat hij naar zee trekt. Bij herhaaldelijk sproeien kunnen de jaar-
klassen 0, I en II meer dan eens worden getroffen en kan de
productie van *smolt* – overgang leeftijd zoet naar zout – ernstig wor-
den beperkt. Het aantal dat terugkeert naar zoet water moet
nog volledig worden beoordeeld, maar de kans is groot dat
zowel de zalmtek als de smoltproductie ernstig zullen wor-
den beperkt (Keenleyside, 1959).

Pas recentelijk is het mogelijk geworden om de langeter-
mijneffecten van voortdurende bosbesproeiing in New
Brunswick op de zalmstand te beoordelen (C. J. Kerswill,
persoonlijke mededeling; Fish. Research Board, 1963). Eer-
dere waarnemingen van onmiddellijke verliezen aan zalm
en waterinsecten zijn herhaaldelijk bevestigd. [107] Na het
sproeien vanuit de lucht van 0,5 pond DDT per acre be-
draagt het te verwachten verlies 90 procent van de zalm jon-
ger dan een jaar, ongeveer 70 procent van de paartjes en de
vrijwel volledige uitroeiing van waterinsecten. Het duurt
vijf tot zes jaar voordat de populaties waterinsecten zich
weer aanzienlijk herstellen. De commerciële zalmvangst in
de kustwateren is zoals voorspeld gedaald. De stroomgebie-
den van de Miramichi- en Restigouche-rivieren leveren on-
geveer vier vijfde van het aantal zeezalmen. Geschat wordt
dat als het sproeien met DDT in deze stroomgebieden niet
tot een vermindering van het aantal zalm had geleid, zou de
commerciële vangst anderhalf tot twee keer zo groot zijn
geweest als sinds 1954. Het commerciële verlies ligt tussen
een half miljoen en een miljoen pond per jaar. De zalm die
terugkeert naar zoet water is een andere maatstaf voor het

verlies aan zalm. In de Tobique-rivier bijvoorbeeld bleek uit directe tellingen dat het aantal in de periode 1953-1962 was gedaald tot ongeveer een zesde van het oorspronkelijke aantal. Het succes van sportvissers is evenredig afgenomen, hoewel de visserijdruk aanzienlijk is toegenomen.

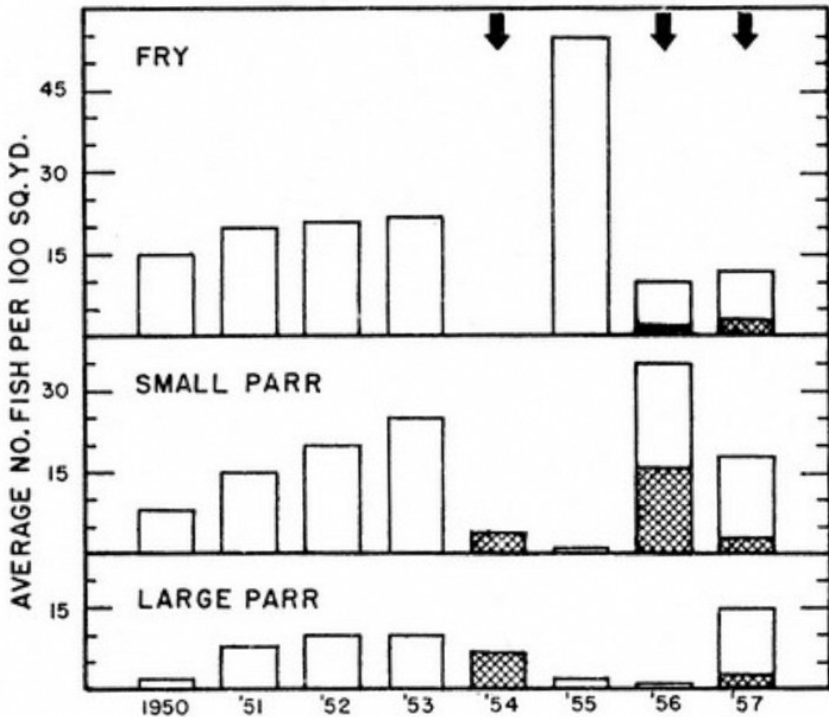


Fig. 1.-Aantal jonge zalm in het noordwesten van de Miramichi-rivier. De pijlen geven de jaren aan waarin DDT in het gebied is gespoten. De arcering geeft de vissen aan die in de bespoten delen van de rivier zijn gevonden (uit Keenleyside, 1959). 'fy' is net uit het ei / par is zoetwaterfase

[108] Sportvissers, vissers en bewoners zullen het recreatieve en economische belang van de Atlantische zalmvisserij in

New Brunswick bevestigen. Dit is geen onbelangrijk probleem.

Canadese onderzoekers hebben het ook niet als een onbelangrijk probleem beschouwd. Er is nauw contact onderhouden tussen de betrokken disciplines, de middelen zijn verhoogd en er is om nuttige opmerkingen gevraagd. Deze onderzoekers hebben gezocht naar verstandige en realistische conclusies. Met deze vooruitziende blik is het frustrerend te moeten melden dat een bijzonder goed gepland programma niettemin heeft geleid tot een ernstige sterfte onder vissen en andere waterorganismen. De campagne was gericht op de zwarte koprups op Vancouver Island; ongeveer 155.000 acres werden besproeid met 1 pond DDT in olie per acre. De testlocaties werden ruim van tevoren vastgesteld en er werden zorgvuldige tellingen uitgevoerd. Om contact met beken te voorkomen, werden de volgende procedures gevolgd:

- (1) Beekjes mochten niet als grens voor de bespuitingsperceelen worden gebruikt. Dit zou voorkomen dat beekjes een dubbele dosis zouden krijgen.
- (2) Piloten moesten parallel aan de loop van grote beekjes sproeien, op een afstand van één strook.
- (3) Het sproeien moest worden gestopt wanneer beekjes werden overgestoken.

De gevaren van het sproeien voor vissen en organismen die als voedsel voor vissen dienen, waren volledig bekend en de piloten deden hun uiterste best om de bovenstaande procedures na te leven. Desondanks was de sterfte in de meeste

beken groot. In vier grote beken bedroeg de sterfte onder jonge cohozalm bijna 100 procent; in andere beken varieerde de sterfte van 10 procent. Het effect op de zalm wordt het best weergegeven in het oorspronkelijke rapport (Crouter en Vernon, 1959: blz. 37):

De cohozalm heeft een overwegend driejarige levenscyclus en er is zeer weinig overlap met andere jaarklassen te verwachten. Zelfs in de veronderstelling dat er geen volledig verlies van jonge vissen was in de vier zwaarst getroffen rivieren, en ook in de veronderstelling dat er enige smoltproductie zal zijn, zal een verstandig beheer de populatie gedurende vele cycli niet herstellen. Het economische verlies zal dan cumulatief zijn totdat de ontsnapping weer op het niveau van 1956 is teruggebracht.

De auteurs voegen hieraan toe dat kunstmatige uitzet niet alleen duur zou zijn, maar waarschijnlijk ook niet succesvol. De effecten op visvoedselorganismen waren vergelijkbaar met de effecten op vissen. De huidige onproductieve toestand van de getroffen rivieren zou een significante uitzet niet ondersteunen. Het effect op andere zalmachtigen (inheemse forel en zoetwaterstadia van steelhead) weerspiegelde het verlies van cohozalm.

[109] Zowel de toepassing van DDT als het onderzoek naar de effecten ervan werden met grote zorgvuldigheid uitgevoerd. De verontreiniging van rivieren tijdens programma's voor de bestrijding van bosinsecten lijkt zowel voorspelbaar als onvermijdelijk. Men kan zich afvragen wat de toekomst voor de vispopulaties zal brengen als de behandeling van

bossen met pesticiden vanuit de lucht wordt voortgezet en uitgebreid.

Pesticiden hoeven niet rechtstreeks in het water te worden gebracht om verontreiniging te veroorzaken. Zoals eerder opgemerkt, kan snelle afvoer van regen- en irrigatiewater aanzienlijke hoeveelheden stabiele insecticiden meevoeren (bijv. Bridges, 1961; Nicholson et al., 1962). In 1950 werden bijna alle katoenvelden in het noorden van Alabama behandeld in een poging om een uitbraak van de katoenkever te beteugelen. Er werd ongeveer 19 miljoen pond insecticiden gebruikt. Bijna alle gebruikte insecticiden waren gechloreerde koolwaterstoffen, die worden gekenmerkt door een hoge stabiliteit en toxiciteit voor vissen. Het meest gebruikte insecticide was toxafeen, een chemische stof die tegenwoordig vaak als visgif wordt gebruikt. Door de ongebruikelijke regenval ten tijde van de uitbraak moesten veel gebieden opnieuw worden behandeld. De snelle afvoer van het water in combinatie met de ongewoon hoge hoeveelheden insecticiden leidde tot een schokkend verlies aan vissen en visvoedselorganismen in zesendertig beken in het behandelde gebied. De verontreiniging was over vele mijlen van individuele waterlopen voelbaar. De evenwichtige productiviteit van de getroffen stromen was zelfs drie jaar na de uitgebreide sterfte nog niet hersteld (Hooper en Hester, 1955; Young en Nicholson, 1951). Hoewel deze omstandigheden ongebruikelijk waren, geeft de wijze van verontreiniging een waarschuwing dat dit gemakkelijk opnieuw kan gebeuren. De toenemende incidentie van grootschalige vissterfte zou voor iedereen een duidelijk bewijs moeten zijn dat che-

mische “bestrijding” niet voldoende gecontroleerd wordt.

Amfibieën en reptielen

Waarnemingen van de effecten van pesticiden op amfibieën en reptielen worden meestal terloops gedaan in het kader van andere studies. Er is dan ook niet veel gegevens beschikbaar om conclusies op te baseren. Er zijn verschillende goede verslagen over sterfte beschikbaar, maar deze verslagen beschrijven zelden de effecten op de hele populatie. De blijvende betekenis van deze sterfte kan alleen worden geschat.

Over het algemeen lijken amfibieën iets gevoeliger voor insecticiden dan reptielen. Dit verschil in gevoeligheid houdt vermoedelijk verband met de aard van de huid. De huid van reptielen is sterk verhoornd, een aanpassing aan het leven op het land. De ademhaling vindt volledig plaats via de longen. Dankzij de dunne, doorlatende, sterk doorbloede huid van de meeste amfibieën kunnen zij naast ademhaling via andere wegen ook huidademhaling toepassen. [110] Alle amfibieën zijn “aquatisch” in die zin dat ze voor hun voortplanting nauw verbonden zijn met water, en sommige, met name salamanders, leven voortdurend op een vochtige ondergrond. Er bestaat echter een grote verscheidenheid in de mate van afhankelijkheid van water binnen beide groepen. Sommige reptielen zijn sterker gebonden aan aquatische milieus dan sommige amfibieën.

Reptielen en amfibieën die zijn aangepast aan het leven in de ondiepe oevers van beken en vijvers of die op het bloot-

gestelde oppervlak van de grond leven, lijken het meest te worden beïnvloed door de huidige methoden voor het toepassen van chemicaliën.

De kritische factoren voor de bewoners van waterranden lijken drie te zijn: het ontbreken van verdunning van giftige stoffen in ondiep water; de giftige eigenschappen van verdunningsmiddelen en oplosmiddelen die bij pesticiden worden gebruikt, vooral omdat deze via de doorlatende huid van amfibieën in het vaatstelsel terechtkomen; en de neiging van pesticiden op oliebasis om zich aan het wateroppervlak te concentreren. Het laatste punt – geconcentreerde blootstelling aan het milieu – is naar mijn mening bijzonder belangrijk. Het wateroppervlak wordt herhaaldelijk doorbroken door kikkers en bepaalde salamanders. De waterslangen bewegen zich voornamelijk aan het oppervlak. Zelfs de schildpadden, die ogenschijnlijk vrij resistent zijn tegen pesticiden, komen vaak aan de oppervlakte om te ademen of te zonnen.

Op de grond levende reptielen en amfibieën komen op vergelijkbare wijze in contact met oppervlakteverontreinigingen, maar het contact is minder vaak van aard. Aan de andere kant worden boombdieren of dieren die zich goed verbergen niet continu blootgesteld aan chemicaliën die op het oppervlak worden aangebracht. Het is algemeen bekend dat chemicaliën worden “gefilterd” door een dichte plantendek; er komen slechts zeer kleine hoeveelheden, indien aanwezig, onder boomstammen en stenen of in ondergrondse spleten terecht, waar veel soorten leven.

De voorgaande conclusies zijn afgeleid. Ze zijn echter geba-

seerd op bekende gevallen van sterfte. De meeste voorbeelden zijn afkomstig uit ervaringen met DDT (zie Rudd en Genelly, 1956). Met deze chemische stof lijkt de sterfte onder amfibieën ernstig te zijn bij een toepassingsdosering van 1 pond per acre en catastrofaal bij 2 pond of meer per acre. Fashingbauer (1957) vermeldt bijvoorbeeld de bijna totale vernietiging van een populatie boskikkers (*Rana sylvatica*) in een gebied dat met 1 pond per acre werd besproeid tegen tentrupsen. Bij lagere doseringen lijkt de toxiciteit grotendeels afhankelijk te zijn van oplosmiddelen of de specifieke soorten blootstelling aan het milieu die ik heb beschreven. Vergelijkbare reacties bij reptielen beginnen bij ongeveer 2 pond per acre en worden waarschijnlijk ernstig bij ongeveer het dubbele van deze dosering. [111] Populatie-effecten worden minder vaak waargenomen. Logier (1949) voorspelde een sterfte van 50 procent onder reptielen en amfibieën wanneer 1 pond per acre (DDT in olie voor de bestrijding van bosinsecten) het wateroppervlak bereikt; hij concludeerde dat een dergelijke sterfte niet ernstig zou zijn als deze niet vaak werd herhaald of niet wijdverspreid was. Stickel (1951) concludeerde dat populaties van doosschildpadden in een bosgebied in Maryland niet zichtbaar werden beïnvloed door jaarlijkse toepassingen van DDT in een dosis van 2 pond per acre.

De bestrijdingscampagne tegen vuurmieren in het zuiden is de enige andere goede bron van gegevens over de effecten van pesticiden op reptielen en amfibieën (DeWitt en George, 1960). In dit geval ging het om het chemische middel heptachloor in korrelvorm in een concentratie van 1,5 tot 2

pond per acre. Onbedoelde verontreiniging van het water was het gevolg van onjuiste toepassing en (waarschijnlijk) van afvloeiing van regenwater van behandelde grond. In een studiegebied in Alabama verdwenen drie slangengeslachten binnen ongeveer een jaar; één puur terrestrische soort overleefde in kleine aantallen, maar de voortplantingspatronen waren aangetast. Een soortgelijk maar minder ernstig patroon werd waargenomen bij de sterfte onder slangen in twee parochies in Louisiana. Zowel de populaties van water- als landschildpadden zijn sterk afgenomen en vertonen geen tekenen van herstel. Hagedissen lijken op dezelfde manier te zijn getroffen. Vier soorten van het geslacht *Rana* zijn vrijwel verdwenen uit een onderzoeksgebied. Boomsoorten van kikkers en salamanders werden weinig getroffen. Het lijkt geen twijfel dat de gevolgen van dit bestrijdingsprogramma voor reptielen en amfibieën catastrofaal waren.

Er kunnen ook vertraagde of indirecte effecten optreden bij deze groepen, maar daar wordt later op ingegaan.

HOOFDSTUK – 08

DE WARMBLOEDIGE GEWERVELDE DIEREN

Onbedoelde effecten van pesticiden op vogels en zoogdieren hebben meer aandacht gekregen dan de effecten op lagere dierlijke vormen, maar zelfs dan is de documentatie schaars en onvolledig. Een groot deel van de sterfte is het gevolg van secundaire vergiftiging, die vanwege het ontbreken van indirect bewijs moeilijk aan pesticiden kan worden toegeschreven zonder analyse van lichaamssweefsels.

Zoogdieren

Informatie over de toxiciteit van pesticiden voor zoogdieren is afkomstig uit drie bronnen: opzettelijke bestrijding van plaagsoorten, voornamelijk knaagdieren en carnivoren; opzettelijk gebruik in de toxicologie en geneeskunde om de gevaren voor mens en vee te beoordelen; en veldstudies naar wilde zoogdieren die onopzettelijk aan pesticiden zijn blootgesteld (Rudd, 1961). Het opzettelijk gebruik van chemische stoffen tegen zoogdieren is het onderwerp van een omvangrijke literatuur en zal hier niet worden behandeld. Er zij echter op gewezen dat het grootste deel van de gegevens over de reactie van zoogdieren op chemische stoffen uit deze bronnen afkomstig is. [113] Het gebruik van proefdieren bij de biologische test van pesticiden vormt in feite de

belangrijkste referentie voor de beoordeling van de toxiciteit van deze chemische stoffen voor mensen en huisdieren (zie **tabel 2**). Bovendien zijn de meeste regelgevende beslissingen gebaseerd op dit soort informatie. Voor relevante samenvattende informatie, zie Negherbon (1959) en Rudd en Genelly (1956).

De nadruk ligt hier op de onbedoelde effecten van pesticiden op wilde zoogdieren en op de effecten van zoogdiergif op andere diersoorten dan zoogdieren. Helaas betreft deze nadruk de minst gedocumenteerde gebieden van de effecten van pesticiden op zoogdieren. Dit is zo en zal waarschijnlijk zo blijven, omdat de wilde zoogdieren van Noord-Amerika over het algemeen niet dezelfde intrinsieke aantrekkingskracht hebben als sommige andere diergroepen. Ze worden vaker gezien als hinderlijke dieren, ziekteverspreiders, voorwerpen van angst of bijgeloof, of economische lasten. Onderzoek naar de interactie tussen dieren en pesticiden richt zich zelden op wilde zoogdieren, terwijl dit wel vaak het geval is voor insecten, ongewervelde waterdieren, vissen en vogels. Opmerkelijke uitzonderingen zijn jachtdieren en, in enkele gevallen, pelsdieren.

Onbedoelde sterfte onder zoogdieren is grotendeels het gevolg van:

- (1) vergiftigd aas dat wordt gebruikt om hinderlijke zoogdieren te bestrijden,
- (2) abnormaal hoge doseringen van chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden, of
- (3) bijzondere omgevingsomstandigheden (meestal bij lagere

doseringen van pesticiden) waarbij een grotere blootstelling waarschijnlijk is.

Giftige chemicaliën die opzettelijk op aanvaardbaar voedsel worden aangebracht (vergiftigd aas) zijn altijd gevaarlijk. Dat komt omdat gifstoffen voor zoogdieren als groep zeer giftig zijn en, wat even belangrijk is, omdat aas aantrekkelijk is voor veel andere diersoorten dan de doelsoort. In veel gevallen wordt de toegankelijkheid van aas voor niet-doelsoorten belemmerd door zorgvuldige plaatsing (bijvoorbeeld in hollen). Deze precisie wordt echter tenietgedaan door het toenemende gebruik van vliegtuigen voor het verspreiden van vergiftigd lokaas.

Bestrijding van wilde honden (coyotes, wolven en dingo's) met vergiftigd vleeslokaas heeft altijd geleid tot enig verlies van andere soorten vleesetende zoogdieren (stinkdieren, vossen, wezels, gedomesticeerde honden). Er lijkt geen manier te zijn om dit soort verliezen te voorkomen. De campagnes om konijnen in Australië, herten en opossums in Nieuw-Zeeland en veldknaagdieren in dit land te bestrijden, hebben onbedoelde sterfte veroorzaakt. De werkelijke omvang van het verlies is niet bekend. De enige groep die de omvang ervan waarschijnlijk kent of in de positie is om deze te achterhalen, is de groep die verantwoordelijk is voor de bestrijdingsoperatie, maar de rapporten zijn onvolledig of ontbreken geheel. Echter, pelsdieren en wilde zoogdieren evenals gedomesticeerde honden hebben luidruchtige verdedigers. [114] Als gevolg daarvan ontstaat er overal waar deze zoogdieren worden vergiftigd of bedreigd, controversen.

Geen enkele campagne ter bestrijding van zoogdieren van deze aard is hieraan ontsnapt (New Zealand Forest Serv., 1958; Robinson, 1953; Rudd en Genelly, 1956; Smelser, 1959).

Vergiftigd aas voor zoogdieren kan vogels als onbedoelde slachtoffers hebben. Directe vergiftiging hangt natuurlijk af van voedselvoorkeuren (secundaire vergiftiging wordt in een later hoofdstuk besproken). Vleeslokazen hebben eksters, kraaien en adelaars gedood, maar dit verlies is blijkbaar niet groot. Graanlokazen veroorzaken waarschijnlijk het grootste onbedoelde verlies van deze soort. In gebieden waar bestrijding plaatsvindt, zijn vaak graanetende vogels dood aangetroffen. In 1960 bijvoorbeeld doodde graanaas met 1080 dat vanuit de lucht werd verspreid om bosknaagdieren te bestrijden, verschillende vogelsoorten, met de grootste sterfte onder Stellergaaien (E. G. Hunt, persoonlijke mededeling). In dit geval werd niet echt naar kadavers gezocht; deze werden gevonden op kampeerterreinen. Duidzenden ganzen werden gedood in het Tule Lake-gebied in het noorden van Californië en Oregon door onzorgvuldig verspreid graan dat bedoeld was voor *veldmuizen* – meadow mice – (Mohr, 1959). Herhaaldelijke verliezen doen zich voor onder fazanten en kwartels onder vergelijkbare omstandigheden.

Abnormaal zware verspreiding van niet-selectieve insecticiden, zoals de gechloreerde koolwaterstoffen dieldrin, DDT, endrin en heptachloor, kunnen zoogdieren doden. In insectenbestrijdingsprogramma's worden deze chemicaliën normaal gesproken toegepast in hoeveelheden van 0,25 tot 1,5

pond giftige stof per acre. Binnen dit bereik zijn geen blijvende directe effecten op zoogdieren waargenomen. Wanneer echter de speciale gewoonten van een plaaginsect hoge doses insecticiden en een langdurige werking vereisen, is sterfte onder zoogdieren veel voorkomend. In een campagne in Illinois tegen de Japanse kever werd dieldrin gebruikt in een dosering van 3 pond per acre. Grond eekhoorns, muskusratten, konijnen en andere gewervelde dieren werden gedood (Scott et al., 1959), en als gevolg van voortdurend direct verlies volgde een algemene afname van de populatie. Het programma tegen de geïmporteerde vuurmier in de zuidelijke staten was aanvankelijk gebaseerd op 2 pond dieldrin of heptachloor per acre (dosering sindsdien verlaagd). Exacte cijfers over het verlies zijn niet beschikbaar, maar de populaties van sommige soorten zijn aanzienlijk afgenomen (bijvoorbeeld wasberen en konijnen). In alle onderzoeken werd sterfte onder zoogdieren vastgesteld en veel onderzochte exemplaren bevatten chemische residuen in hun weefsels. Overlevende wasberen in een onderzocht gebied hadden een jaar na de behandeling nog steeds residuen in hun weefsels (DeWitt en George, 1960). DDT, onder 4 tot 5 pond per acre, heeft geen directe invloed op zoogdieren, maar indirecte effecten zijn zelfs bij normale niveaus van insectenbestrijding waargenomen.

[115] Hoge toepassingsniveaus kunnen niet als “abnormaal” worden beschouwd wanneer ze bedoeld zijn om zoogdieren te doden. De toepassingsdoseringen van deze gechloreerde koolwaterstof “insecticiden” voor de bestrijding van zoogdieren variëren van 1,5 tot 6 pond per acre, afhankelijk van

de chemische stof en de samenstelling. Al deze chemicaliën kunnen een grote verscheidenheid aan gewervelde dieren doden en hebben dat ook gedaan. Het behoeft geen betoog dat ook de insectenpopulaties drastisch worden verminderd. Endrin, de meest giftige van de gebruikte stoffen, wordt niet aanbevolen door natuurbeschermingsinstanties, maar wordt wel vaak aanbevolen door anderen, met name voor de bestrijding van muizen in boomgaarden. Het gevaar voor wilde dieren, huisdieren, landbouwhuisdieren en spuiters is groot genoeg om deze praktijk te stoppen.

Ten slotte kunnen we kijken naar de gevaren die afhankelijk zijn van een bepaalde blootstelling. Deze kunnen het gevolg zijn van het specifieke gedrag van een soort. Herten worden bijvoorbeeld, tot hun ongeluk, aangetrokken door de “zoute” smaak van natriumarseniet, dat in de bosbouw wordt gebruikt om boomschors te verwijderen. In andere gevallen concentreert een chemische stof zich, hoewel in geringe hoeveelheden aangebracht, sterk op een bepaalde plaats. DDT dat op het gebladerte van iepen wordt aangebracht, concentreert zich in de kruinen van grote takken en in de grond aan de druppellijn van de boom. Andere bijzondere omgevingsfactoren kunnen de chemische stof vasthouden of concentreren; dit lijkt het geval te zijn bij het gebruik van DDT in olie op muskusratmoerassen. De olieoplosbare insecticide drijft op het wateroppervlak. Hoewel onmiddellijke toxiciteit kan worden uitgesloten, lijkt er een langduriger effect te zijn, dat tot uiting komt in een afname van de populatie (Steams et al., 1947; Wragg, 1954).

Samenvattend kan worden gesteld dat directe toxiciteit voor

zoogdieren als gevolg van normale insectenbestrijdingsmaatregelen waarschijnlijk zeldzaam is. Maatregelen waarbij relatief hoge doseringen worden gebruikt, zijn gevaarlijk voor zoogdieren en andere levensvormen. Bestrijdingsmaatregelen tegen zoogdieren zijn inherent gevaarlijk. Dit inherente gevaar kan alleen worden verminderd door de blootstelling te beperken tot de doelsoort door gebruik te maken van de specifieke gewoonten van deze soort. De indirecte effecten op zoogdieren zijn waarschijnlijk groter dan momenteel bekend is. Enkele bekende effecten worden in latere paragrafen beschreven. Ongeacht de oorzaak zullen de effecten van pesticiden op zoogdieren tot discussie blijven leiden.

Vogels

Geen enkele andere diergroep is zo populair als vogels. Net als vissen, motten en vlinders hebben ze een complex van adaptieve soorten ontwikkeld die kleurrijk en alomtegenwoordig zijn en, het allerbelangrijkste, opvallen. Vogels zijn de eerste natuurlijke organismen die we als kinderen leren herkennen, en hun aanwezigheid is ons hele leven lang nauw verbonden met menselijke activiteiten en oordelen. [116] Vogels zijn een waardevol onderdeel van onze cultuur en dat zal zo blijven. De georganiseerde “vogelaars” vormen een zeer klein deel van onze bevolking, maar zij vertegenwoordigen lang niet alle belangstelling voor vogels. Alleen de meest sadistische personen zouden vogels onnodig willen doden. In gevallen waarin geplande doden is toegestaan, worden wettelijke voorschriften strikt nageleefd.

Om deze redenen heeft het verlies van vogels door chemicaliën veel aandacht getrokken. Vanuit puur biologisch oogpunt is deze aandacht onevenredig groot. Veel andere diergroepen worden mogelijk evenzeer door chemicaliën getroffen, maar zij hebben geen verdedigers. Menselijke waarden zijn biologisch onevenredig, en daarom hoeven we ons niet te verontschuldigen voor onze bijzondere zorg voor het welzijn van vogels.

Door hun gewoonten komen vogels op veel plaatsen in aanraking met chemicaliën. Er is een grote verscheidenheid. Akkerland, bossen, heggen, zee, oevers, vijvers, rivieren – elke omgeving heeft zijn eigen vogels. Er zijn grondbewonende en in bomen levende soorten, gravende en zwevende soorten, stedelijke en landelijke soorten. Daarom kunnen chemicaliën overal waar ze buiten worden gebruikt, in contact komen met vogels.

Contact betekent niet noodzakelijkerwijs schade. Vogels zijn niet kwetsbaar voor de meeste chemicaliën bij normaal gebruik, en niet alle soorten in een behandeld gebied zijn op elk moment vatbaar voor effecten. De belangrijkste bescherming van de meeste vogels is hun mobiliteit. Als ze dat kunnen, verlaten ze een gebied waar chemicaliën worden gebruikt. Iedereen die een *nevelspuiten* of een sproeivliegtuig in werking ziet, zal zien dat vogels uit het behandelde gebied wegvliegen. Aangezien het sproeien meestal enige tijd duurt, keren vogels niet snel terug naar een gebied. Dit geldt met name voor zangvogels, die geen strikt beperkte voedingsgewoonten hebben.

Sommige vogelsoorten zijn beperkt tot smalle habitats en

kunnen slechts met grote moeite uit hun normale habitat worden verdreven. Waadvogels zijn hier een goed voorbeeld van. Een vijver, moeras of rijstveld is hun thuis. Het maakt weinig uit of er een stoppelveld, boomgaard of alfalfa-veld in de buurt is. Door hun gespecialiseerde habitat is het zeker dat de behandeling van dergelijke gebieden zal leiden tot sterfte als de chemische stof en het middel waarop deze is aangebracht, inherent het potentieel hebben om dodelijk te zijn.

Het verdwijnen van zilverreigers uit de rijstvelden in Californië is een goed voorbeeld (Rudd en Genelly, 1956). Dieldrin is in de aanbevolen dosering giftig genoeg om waadvogels te doden. Zilverreigers kunnen niet uit een veld worden verdreven. Ze verplaatsen zich gewoon naar een ander deel of, indien beschikbaar, naar een aangrenzende sloot of afwateringsgreppel. [117] Dit is een schamele bescherming, aangezien toepassingen vanuit de lucht niet zo nauwkeurig zijn dat verontreiniging van de veldgrenzen kan worden voorkomen. De precieze wijze waarop soorten met een beperkte habitat worden geschaad, is grotendeels een academische kwestie. Reigers worden bijvoorbeeld waarschijnlijk geschaad door een combinatie van directe en secundaire vergiftiging. Voortdurend huidcontact met de giftige oppervlaktefilm heeft ongetwijfeld zijn gevolgen. Minder zeker, maar niet uitgesloten, is de besmetting van vissen en andere waterorganismen die het voedsel van reigers vormen. Maar wat de oorzaak van de schade ook is, de eerste overweging is de beperkte ecologische behoefte van een soort. Technische informatie kan nuttig zijn bij het bepalen van methoden om de

blootstelling te verminderen, maar verandert niets aan de basisbehoeften van de soort of hun gevoeligheid voor blootstelling. Dit is een punt dat door de meeste professionele toxicologen merkwaardig genoeg wordt genegeerd.

Hoe waardevol de mobiliteit van vogels ook is, er kan niet volledig op worden vertrouwd voor bescherming. Naast de beperkte habitatvereisten werken ook de cyclische of ritmische gewoonten van vogels hun mobiliteit tegen. Het resultaat van cyclische gedragspatronen is dat de vogel gedwongen is om gedurende een bepaalde periode in een bepaalde habitat te blijven.

Het meest voor de hand liggende voorbeeld hiervan in de dagelijkse cyclus is het slapen. Hoewel mobiliteit vogels beschermt tegen onmiddellijke blootstelling aan chemicaliën tijdens de dag, is hun terugkeer 's nachts naar een favoriete habitat een regel en geen uitzondering. Als het gebladerte nat is en als chemische residuen niet alleen giftig zijn maar ook beschikbaar, of als er 's nachts wordt gespoten, worden vogels, die hun dagelijkse mobiliteit ontnomen is, volledig blootgesteld aan de giftige werking van de gebruikte chemische stof. Het verlies als gevolg van dit soort blootstelling is weliswaar moeilijk te documenteren, maar ik ben er vrij zeker van dat het wijdverbreid is. Het komt voor bij zangvogels in citrusboomgaarden die met parathion worden besproeid, waar het beschermende bladerdak van de vegetatie blijkbaar ook als een soort ontsmettingsparaplu fungeert. Het komt ook voor in dichtbegroeide plantstructuren zoals alfalfa en bodembedekkers onder fruitbomen. In deze gevallen hebben fazanten en andere hoenderachtige wildvogels

de meeste aandacht getrokken. Maar ook veel zangvogels zijn gedood op rustplaatsen.

Bij doelgerichte bestrijding kan dit soort gevaar effectief worden ingezet (Janzen, 1961). Het verminderen van het aantal kraaien, spreeuwen en merels hangt deels af van de behandeling van rustplaatsen; omdat deze vogels vaak grote zwermen vormen, maakt de combinatie van grote groepen en een beperkte leefomgeving op rustplaatsen hen bijzonder vatbaar voor bestrijding. [118] Het succes van deze behandelingen moet echter worden gezien als een maatstaf voor het gevaar voor gewenste soorten.

Een tweede beperking van de mobiliteit van vogels wordt opgelegd door de gebruikelijke specificiteit van hun voedsel. Er zijn maar weinig vogels die de omnivoor eetgewoonten van beren, stinkdieren of varkens benaderen – of van de mens, wat dat betreft. De manier waarop voedsel wordt verkregen, is beperkt tot een bepaalde groep of soort vogels. De bladetende insectenetende zangers en vireo's – Amerikaanse zangvogel soort – kunnen bijvoorbeeld geen fruit, zaden of grassen als vervanging voor insecten gebruiken. Ze komen tot in de delen van planten waar de insecten, mijten en spinnen leven die hun voedsel vormen en die ook het doelwit zijn van een chemische behandeling. Vogels en economische entomologen richten zich op dezelfde ecologische niche, maar de entomoloog heeft in deze concurrentiestrijd een voordeel. Hij kan niet alleen een voedselbron voor vogels verminderen, maar doet dat vaak met chemicaliën die de vogels rechtstreeks kunnen schaden. Als de niche wordt behandeld, kunnen de vogels niet ontsnappen.

Deze voedselvoorkeur is niet beperkt tot bladetende vogels. Grondvoedende vogels zijn grotendeels insectenetend of grasetend. Hoewel binnen een voedselklasse verschillende soorten voedsel kunnen worden gegeten, zijn deze verschillen slechts seizoensgebonden aanpassingen en leiden ze niet tot grote verschillen in gewoonten. In gebieden waar veel knaagdieren voorkomen, neemt het aantal vleesetende vogels tijdelijk toe, maar niet zo regelmatig als men zou verwachten. En het soort voedsel is hetzelfde, ook al is de specifieke soort misschien niet de gebruikelijke prooi. Het enige significante verschil is de conditie van de prooi. Voor mijn doel hier verwijst “conditie” naar het aantal individuen in een populatie en naar het welzijn van de individuen in een populatie. Beide omstandigheden beïnvloeden de kans dat roofvogels hun prooi kunnen vangen. Als het aantal prooidieren groot is, is de kans dat ze worden gevangen groter. Roofvogels zijn goed gevoed in jaren waarin knaagdieren in overvloed aanwezig zijn. De voortplanting verloopt succesvol en zelfs iets succesvoller dan normaal als er gedurende het hele voortplantingsseizoen voldoende voedsel beschikbaar is. Wanneer het aantal knaagdieren afneemt, is het vangen van prooien minder zeker en hebben roofvogels moeite om in leven te blijven. Hongersnood komt veel voor bij roofvogels en zoogdieren en is in sommige gevallen dramatisch merkbaar, zoals de wintersterfte onder uilen die de afgelopen jaren in Duitsland is waargenomen. Het behoeft geen betoog dat de roofvogels die in jaren met weinig knaagdieren overleven, niet succesvol broeden, aangezien het succes van de voortplanting samenhangt met de kans dat prooien worden gevangen. In sommige jaren begint de

voortplanting wel, maar wordt deze niet voltooid, waardoor er weinig jonge vogels worden voortgebracht.

[119] De tweede “voorwaarde” die verband houdt met het gemak waarmee prooien kunnen worden gevangen – het welzijn van prooien – betreft vergiftigde prooien. Secundaire vergiftiging wordt besproken in een later hoofdstuk over dit onderwerp; hier wordt alleen gekeken naar voedsel. Een klassiek argument dat voortkomt uit de controverses rond Darwin is de aard van de prooien van roofdieren: jagen roofdieren op “ongeschikte” dieren, zoals zieke, zwakke en onnatuurlijk blootgestelde dieren? Het darwinisme is op veel gebieden misbruikt. Dit is een voorbeeld daarvan. Uit veel studies is gebleken dat roofdieren in feite vooral jagen op prooidieren die het gemakkelijkst te vangen zijn. Maar of ons roofdier nu een valk, een wolf of een zwarte baars is, we moeten niet vergeten dat deze dieren ook volkomen gezonde dieren kunnen vangen. Dergelijke dieren zijn gewoon moeilijker te vangen in periodes waarin ze schaars zijn.

Ik heb me afgevraagd waarom secundaire vergiftiging bij roofvogels vaker voorkomt dan op basis van toeval zou worden verwacht (Rudd en Genelly, 1956). Als een rodenticide – noodzakelijkerwijs een stabiele chemische stof (bijvoorbeeld thallium) – veel knaagdieren in een populatie vergiftigt, neemt de kans dat vergiftigde individuen worden gevangen zeker toe. Een dier in *convulsies* – stuipen – is nauwelijks een “fit” dier in darwinistische zin, en zonder twijfel worden dergelijke individuen anders geselecteerd. Het is moeilijk te begrijpen hoe anders zulke grote aantallen uilen in Duitsland thallium in hun weefsel konden bevatten na re-

cente campagnes ter bestrijding van knaagdieren. Een groot-schalige bestrijding van knaagdieren is zelden zo effectief in het verminderen van aantallen als wordt beweerd, en bovendien wordt de bestrijding meestal niet uniform toegepast in de foerageergebieden van veel individuele vleesetende vogels. Ik kan alleen maar concluderen dat in gebieden waar knaagdieren worden vergiftigd, vleesetende vogels vergiftigde dieren als gemakkelijke prooien zullen zien, waardoor secundaire vergiftiging waarschijnlijk is.

Net zoals de mobiliteit van vogels in het milieu wordt beperkt door voedsel en rustplaatsen, wordt deze ook beperkt door hun voortplantingsgewoonten. Door het jaarlijkse broeden en grootbrengen van jongen zijn vogels gedurende een kwart tot een derde van het jaar extra kwetsbaar. De meeste vogels blijven tijdens de voortplantingsperiode in een bepaald gebied, d.w.z. een ruimte die normaal gesproken voldoende is om zowel volwassen dieren als jongen te onderhouden. Normaal gesproken zijn volwassen vogels niet alleen aan het nest en de jongen gebonden, maar ook aan het territorium. Maar zelfs kleine verstoringen kunnen er vaak toe leiden dat het nest en de jongen worden verlaten. De verontreiniging van een territorium met een giftige chemische stof kan volwassen en jonge vogels vergiftigen of leiden tot het verlaten van het nest als gevolg van verstoring. Het eerste resultaat hangt sterk af van de aard van de chemische stof en ook enigszins van het verdunningsmiddel of de drager waarin het bestrijdingsmiddel wordt verspreid. [120] Zelfs water dat op nestjongen wordt gespreoid, veroorzaakt door afkoeling een zodanig temperatuurverlies dat

dit tot de dood kan leiden. Elk sproeien kan dus nestjongen verwonden als het rechtstreeks in contact komt met hen.

Nesten zijn normaal gesproken verborgen en goed beschermd, zodat een dergelijk verlies onwaarschijnlijk is. Dit soort sterfte komt het meest voor bij het besproeien van boomgaarden. Het besproeien van bossen zoals dat gewoonlijk gebeurt, leidt niet tot voldoende verstoring om het verlaten van territoria, nesten of jongen te veroorzaken. Ook lijkt het door toxische werking geen directe schade toe te brengen aan volwassen dieren of jongen. Gespecialiseerde operaties (zoals de bestrijding van de iepziekte, de Japanse kever en teken) en experimentele operaties, die beide hoge doseringen kunnen vereisen, hebben echter een duidelijk effect gehad op zowel nestjongen als volwassen dieren.

De gebruikelijke indicator voor het aantal vogels is een telling op basis van waarneming en geluid. Tijdens het broedseizoen kan het aantal vogels gemakkelijk worden geschat door middel van een dergelijke telling. Niet alleen zijn vogels ruimtelijk beperkt, maar dit is ook de periode waarin ze het meest zingen. De tellingen die door getrainde ornithologen vóór en na het sproeien worden uitgevoerd, zijn betrouwbaar voor het geven van goede relatieve tellingen en kunnen in veel situaties als vrijwel absoluut worden beschouwd. Buiten het broedseizoen kan de mobiliteit van vogels echter zo groot zijn dat tellingen weinig nauwkeurig zijn. Ik vermeld de beperkingen van telmethoden omdat mensen zonder biologische kennis de resultaten van vogeltellingen vaak als zinloos afdoen. De reden die meestal wordt gegeven, is het gebrek aan nauwkeurigheid. Een meer

gegronde reden is misschien het gemak van het argument.

Verschillende studies naar de effecten van pesticiden op vogels komen niet altijd tot dezelfde conclusies, ook al zijn de soorten chemicaliën en de dosering hetzelfde. Dit soort variabiliteit zal een bioloog nauwelijks verbazen, maar voor veel natuurwetenschappers is het een bron van verbazing. Er zijn tal van ecologische variabelen, waarvan vele niet te analyseren zijn (een daarvan is de scherpte van de waarnemer). Het is niet mijn bedoeling om deze variabelen hier te bespreken. Ik wil slechts één conclusie naar voren brengen. Het gebruik van insecticiden heeft ongetwijfeld ecologische gevolgen; het doel ervan is immers verstoring (vermindering van het aantal plagen).

De effecten van DDT op vogels zijn het best bekend. DDT veroorzaakt bij elke ecologische situatie sterfte onder volwassen vogels bij een dosering van 5 of meer pond per acre. Bij 2 of 3 pond per acre doodt het onder bepaalde omstandigheden volwassen dieren, doodt het een aanzienlijk aantal jongen en elimineert het in wezen de populatie vliegende insecten waarvan veel insectenetende vogels afhankelijk zijn. [121] Bij 1 pond per acre zijn de directe effecten op vogels verwaarloosbaar (behalve wanneer ze direct worden besproeid: namelijk nestjongen), maar indirecte effecten zullen het gevolg zijn van de vermindering van het aantal insecten. Bij doseringen van minder dan 0,5 pond per acre – het normale bereik voor muggenbestrijding – zijn de effecten indirect door een vermindering van het aantal voedselinsecten. Deze effecten zijn merkbaar, zij het van voorbijgaande aard, maar kunnen als onbelangrijk worden beschouwd als de

chemische behandeling niet wordt herhaald (George, 1960a; Rudd en Genelly, 1956).

Deze conclusies zijn gebaseerd op onze ervaring met DDT. Over andere chemicaliën is relatief weinig bekend. Er is geen reden om aan te nemen dat het patroon niet hetzelfde is als de nodige correcties worden aangebracht voor de inherente eigenschappen van de chemische stof. Dieldrin en heptachloor zijn bijvoorbeeld giftiger dan DDT. Waar we over gegevens beschikken, lijkt het erop dat we dezelfde conclusies kunnen trekken als we de dosering met de helft of tweederde verminderen. Parathion daarentegen is 'veel giftiger'. We zouden de waarden met driekwart of meer moeten verlagen, maar bedenk wel dat de kans dat er effecten optreden korter is omdat de chemische stof minder stabiel is.

In het eerste deel van dit hoofdstuk heb ik de gewoonten van vogels besproken die hen bijzonder gevoelig maken voor chemische stoffen. De mantel kan worden omgekeerd om de voering bloot te leggen. Hoe worden chemische stoffen in de natuur op een voor vogels gevaarlijke manier toegepast? Er zijn zowel opzettelijke als onopzettelijke effecten.

Vogels moeten soms worden bestreden omdat ze concurreren om voedsel of overlast veroorzaken. Van de vele duizenden soorten die er in de wereld zijn, worden er relatief weinig voortdurend bestreden. In bijna alle gevallen zijn de doelsoorten echt commensaal – ze leven in de buurt van menselijke bewoning – of hebben ze een landbouwmilieu gevonden dat geschikter is dan hun oorspronkelijke habitat.

Bekende voorbeelden zijn kraaien, spreeuwen, bepaalde vinken en merels. Deze aanpasbare soorten zijn ongetwijfeld in aantal toegenomen – waardoor ze als plaag worden beschouwd – als gevolg van menselijke activiteiten. Hun toename is onbedoeld door de mens veroorzaakt en opzettelijke inspanningen om ze te verminderen zijn gerechtvaardigd. Hier kan nog een andere groep vogels worden genoemd. Dit zijn incidentele concurrenten, bijvoorbeeld de kroonmus, die onder bepaalde omstandigheden verantwoordelijk zijn voor het verlies van zaden of groeiende planten. Ook hier gaat het om slechts enkele soorten, en alleen deze soorten zijn het beoogde doelwit van bestrijdingsmaatregelen.

Mechanische apparaten voor het vangen en verjagen van vogels worden lokaal gebruikt om vogels te bestrijden, maar slechts één bestrijdingsmethode is van algemeen belang: het gebruik van giflokazen. Zaden en vlezig vruchten zijn de gebruikelijke dragers van gif, hoewel er ook speciaal aas (bijvoorbeeld niervet voor eksters) wordt gebruikt dat is afgestemd op de gewoonten van een bepaalde soort. [122] Normaal gesproken worden standaardchemicaliën zoals strychnine gebruikt, maar in speciale situaties zijn ook chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden geprobeerd. Merels, kroonspreeuwen, vinken en kraaien worden regelmatig met aas gelokt. In Californië en enkele andere staten worden jaarlijks vele duizenden vogels op deze manier gedood. Chloralhydraat – de “Mickey Finn” – wordt in Zweden en Frankrijk gebruikt en heeft als voordeel dat het vogels slechts in lage doses verdooft, zodat ze naar andere gebie-

den kunnen worden overgebracht.

Men kan zich afvragen of veel van deze gevallen van bestrijding wel gerechtvaardigd zijn. Maar afgezien van deze vraag kan waarschijnlijk worden gesteld dat de bestrijding van vogels redelijk goed wordt uitgevoerd om onnodig verlies te voorkomen. Toch bestaat er een gevaar voor andere soorten en is het daadwerkelijke verlies van gewenste soorten gedocumenteerd. Hoewel het uitzetten van lokaas de meest gebruikte bestrijdingsmethode is, wordt er een andere, potentieel gevaarlijkere methode ontwikkeld. Het uniform toepassen van zeer giftige sprays met een korte werkdur (bijvoorbeeld het zeer giftige TEPP) is succesvol gebleken bij merels. Deze methode is alleen toepasbaar op soorten die zich concentreren op broed- of rustplaatsen. De methode is natuurlijk niet selectief, aangezien andere dieren in het behandelde gebied zeker zullen worden gedood door de doses die nodig zijn om de vogels te doden. In dit opzicht zijn dit soort behandelingen vergelijkbaar met de reeds op grote schaal toegepaste methoden voor de bestrijding van knaagdieren, die eveneens niet selectief zijn in hun werking.

Veruit de grootste bron van gevaar voor vogels is onopzettelijke vergiftiging. Ik denk dat de omvang van het verlies veel groter is dan uit gedetailleerde studies en gepubliceerde rapporten blijkt. Ik leid dit af uit een aantal redenen:

- (1) Meldingen van schade aan jachtvogels krijgen onevenredig veel aandacht in vergelijking met zangvogels.
- (2) Bestrijdingsbiologen hechten weinig belang aan het verlies van niet-jachtbare soorten, als ze daar al aandacht aan besteden.

- (3) Veel van de verstorende effecten op vogels zijn subtiel of treden pas later op.
- (4) Rapporten uit andere landen bevestigen de universaliteit van chemische effecten op vogels.
- (5) Commensale en andere aanpasbare soorten zijn in aantal toegenomen rond woongebieden, waardoor de indruk ontstaat dat er “veel vogels” zijn.

Ik heb eerder aangegeven hoe de gewoonten van vogels ertoe leiden dat ze worden blootgesteld aan bestrijdingsmiddelen. Nu moet nog worden bekeken hoe vogels daadwerkelijk in contact kunnen komen met chemicaliën. In het algemeen komt het hierop neer: **[123]** Als de chemische stof op een eetbare stof wordt aangebracht, is vergiftiging door voedselopname de enige mogelijke manier waarop de stof in het lichaam terechtkomt; als de chemische stof niet beperkt is tot een voedingsstof (meestal een sproeimiddel), is besmetting via de mond, de huid of de longen mogelijk, en kan dit allemaal tegelijkertijd gebeuren. Alleen de gewoonten van vogels en het soort gewas bepalen de besmettingsroutes, maar in het algemeen is meervoudige besmetting de regel.

Giftig aas wordt gebruikt om snuitkevers, vliegen, draadwormen en andere larvale vormen in de bodem, sprinkhanen, vleesetende zoogdieren en knaagdieren te doden. Het aas kan bestaan uit stukjes fruit of zoete mengsels, vlees, granen of behandeld zaad. Het voedsel zelf is niet bedoeld om door vogels te worden gegeten, maar dat gebeurt wel. Er zijn talrijke voorbeelden van consumptie van vergiftigde zaden. Karl Borg (1958) heeft melding gemaakt van een groot

verlies aan jachtvogels in Zweden door het eten van zaden die waren behandeld met kwikverbindingen of aldrin. In dit geval was de zaadbehandeling bedoeld om schimmels of draadwormen te bestrijden. Soortgelijke verliezen in Engeland zijn onlangs een zaak van nationaal belang geworden (Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, 1961). Ik heb aanzienlijke sterfte onder fazanten en eenden in de rijstteeltgebieden van Californië beschreven als gevolg van de opname van met DDT gecoate rijstzaad aan de randen van velden (Rudd en Genelly, 1955). Behandeld zaad komt niet noodzakelijkerwijs in contact met vogels. Zo wordt maïszaad in de Delta-regio van Californië regelmatig behandeld met een fungicide of insecticide of beide. In voldoende hoeveelheden kunnen beide chemicaliën schadelijk zijn voor fazanten, een belangrijk wildvogel in het gebied. In de praktijk is er echter geen gevaar, omdat kiemende maïs door de vogels wordt gepeld voordat ze deze eten.

Graanaas behandeld met strychnine, thallium, zinkfosfide of Compound 1080 wordt gebruikt om veldknaagdieren te bestrijden. Al dit soort aas is ook dodelijk voor vogels. Dat er daadwerkelijk aanzienlijke verliezen optreden, blijkt uit recente rapporten uit de Verenigde Staten, Frankrijk, Duitsland, Nederland en Polen. Er is veel controverse ontstaan over de werkelijke of veronderstelde schade door dit soort lokaas (samengevat in Rudd en Genelly, 1956). Het gevaar kan worden geminimaliseerd door granen te kiezen die normaal niet worden gegeten door gewenste vogelsoorten in het behandelde gebied. Hele haver wordt bijvoorbeeld zelden gegeten door kwartels, maar wel door knaagdieren (Emlen

en Glading, 1945). In de praktijk vormt de behandeling met strychnine zelf vrijwel geen gevaar voor hoenderachtige vogels; als groep zijn deze vogels relatief resistent tegen strychnine. Duiven zijn daarentegen, net als alle columbiforme vogels, bijzonder gevoelig voor strychnine. [124] Dankzij de vindingrijkheid van E. R. Kalmbach omvat de aanbevolen procedure voor het bereiden van lokaas nu ook het kleuren van graanlokaas. Door de kleurstof wijzen vogels behandeld graan normaal gesproken af. Deze methode is echter niet onfeilbaar. Onder de duizenden eenden en ganzen die in het Tule Lake-gebied in Californië zijn gedood (tijdens een recente intensieve bestrijding van een muizenplaag) bevonden zich veel dieren met gekleurd graan in hun krop. De meeste dieren zijn echter gedood omdat een aanzienlijk percentage van het muizenlokmiddel dat op open velden was uitgestrooid, in strijd met de aanbevelingen niet gekleurd was (Smelser, 1959).

Vleeslokazen om roofdieren (coyotes, wolven in Noord-Amerika, dingo's in Australië) te bestrijden hebben geleid tot het verdwijnen van eksters, kraaien en adelaars. Echte aaseters, zoals gieren, kunnen vergiftigd vlees snel uitbraken; het is waarschijnlijk dat zij weinig last hebben van vleeslokazen.

Het vergiften van vogels door pesticiden komt veel voor en neemt toe. Dit gebeurt omdat vogels overal voorkomen waar gif wordt gebruikt. Er zijn drie redenen waarom dit toeneemt: het toenemende gebruik van breed werkende chemicaliën, die minder selectief worden toegepast; de uitbreiding van zaadbehandelingspraktijken; en de ophoping van

giftige chemische residuen in het favoriete voedsel van vogels. De laatste bron van vergiftiging is zo ernstig dat ik er in een later hoofdstuk (hoofdstuk 20) speciale aandacht aan heb besteed. Welke bestrijdingsmethode ook schadelijk is voor vogels, de zorg voor hun welzijn zal blijven bestaan vanwege hun waarde als natuurlijke vijanden van ongedierte en vanwege het respect dat de mens van oudsher voor hen heeft.

HOOFDSTUK – 09

HET BELANG VAN AFWEREN

Per definitie moet het woord 'afweermiddel' worden beperkt tot voorwerpen of chemische stoffen die niet dodelijk zijn, maar op een of andere manier onaangenaam zijn voor een aanvallend dier. Afweermiddelen omvatten dus geen fysieke barrières of dodelijke gifstoffen. Ze omvatten wel afschrikmiddelen, onaangename smaken, geluiden, kleuren en geuren, en in sommige gevallen subletale “educatieve” giftige stoffen. Hun doeltreffendheid is gebaseerd op plaatselijke – tijdelijke – verwijdering in plaats van op vermindering van het aantal. Chemische afweermiddelen worden gewoonlijk op oppervlakken aangebracht om toegang te verhinderen, in welk geval hun doeltreffendheid beperkt is tot een smalle strook op of nabij het behandelde oppervlak. Minder vaak kan een afweermiddel doeltreffend zijn in een relatief groot gebied, zonder dat het noodzakelijkerwijs op een bepaald oppervlak is gericht.

Verder is het moeilijk om algemene uitspraken te doen. De zintuiglijke receptoren van dieren zijn intrigerend divers, evenals de manieren waarop aanvallers in contact komen met mensen en hun bezittingen. Hetzelfde geldt voor de waarden die het gebruik van afweermiddelen rechtvaardigen. Een effectief afweermiddel is daarom een middel dat met succes een specifieke weg heeft gevonden door deze

zeer uiteenlopende gebieden van diversiteit. [126] Met andere woorden, ons succesvolle afweermiddel heeft de normale sensorische reactie van een dier verstoord; het is op een specifieke plaats gebruikt om dit te bereiken; en het is gekozen omdat er geen effectief alternatief bestond. Wat het laatste punt betreft, beschermt het afweermiddel vaak meer dan één object, meer dan één waarde.

Er zijn slechts drie groepen dieren waarvoor afweermiddelen als significant effectief kunnen worden beschouwd bij ongediertebestrijding.

De eerste groep is die van de insecten. Bijna alle succesvolle pogingen om insectenwerende middelen te gebruiken, waren gericht op bloedzuigende insecten. Dit kunnen hinderlijke insecten zijn of ziekteverspreiders. De eisen van militaire operaties hebben geleid tot veel onderzoek dat heeft geresulteerd in de ontwikkeling van weinig giftige, niet-irriterende chemicaliën die, aangebracht op de huid, vele verschillende insecten urenlang afweren. Het getal “612” is zeker bekend bij soldaten, wandelaars en anderen die zich in de omgeving van muggen bevinden. Insectenwerende middelen kunnen ook nuttig zijn bij het weren van motten en bij de bestrijding van vliegen op huisdieren. In alle gevallen werkt het middel echter aan het oppervlak en kan het in geen geval worden beschouwd als een gevaarlijke verontreiniging in de natuur.

Insectenwerende middelen worden niet op grote schaal gebruikt om gewassen te beschermen en het lijkt ook niet waarschijnlijk dat dit in de praktijk zal gebeuren (zie De-thier, 1956, voor een overzicht).

Aan de andere kant is veldgebruik wel mogelijk voor middelen tegen zoogdieren en vogels, de enige andere groepen insectenwerende middelen die nuttig zijn bij ongediertebestrijding (Thompson, 1953). In bijna alle gevallen waarin afweermiddelen worden gebruikt om de schade door warmbloedige dieren te beperken, worden zowel het product als het dier zelf tegen mogelijke schade beschermd. De enige belangrijke uitzondering is het voorkomen van schade aan opgeslagen en verpakte producten door knaagdieren, waarbij het dier geen waarde heeft. Aangezien dit soort schade niet van toepassing is op het veld, zal ik het hier met slechts één opmerking afdoen: het grootste deel van het werk in deze fase is uitgevoerd door het *Wildlife Research Laboratory* van de *U.S. Fish and Wildlife Service*; zie Welch (1954) voor een bekwaam overzicht.

De meeste problemen in de land- en bosbouw waarbij afweermiddelen tegen zoogdieren een rol spelen, zijn het gevolg van de schade door herbivore of graminivore soorten. Meer specifiek is het gebruik van afweermiddelen bij herbivoren bedoeld om schade aan fruitbomen en sierbomen door herten en konijnen te verminderen. (Knaagdieren in deze omgevingen kunnen beter worden bestreden met dodelijke gifstoffen.) Afweermiddelen voor deze soorten zijn gebaseerd op een onaangename smaak en worden op het oppervlak van planten gespoten of geschilderd. [127] Verschillende formuleringen zijn effectief als ze in grote hoeveelheden worden aangebracht, maar geen enkele werkt langer dan een paar weken. Bovendien zijn de kosten relatief hoog. Het “ideale” afweermiddel voor deze soorten moet nog worden

gevonden. Het moet goedkoop, duurzaam, smaakafhankelijk en niet giftig zijn (Thompson, 1953).

In de bosbouw hoeven de eisen niet helemaal hetzelfde te zijn. Momenteel wordt in hoge mate vertrouwd op subletale toxiciteit. Herten en konijnen kunnen in deze omgeving niet zo effectief worden afgeschrikt als in akkerland, maar (in tegenstelling tot wat sommigen denken) is de schade niet zo groot dat hoge kosten gerechtvaardigd zijn. Het belangrijkste en ernstige probleem is de schade die knaagdieren aan zaad veroorzaken in herbebossingsprogramma's. Enkele jaren geleden moest een programma voor het zaaien van douglassparren op gekapt land aan de Pacifische kust worden stopgezet omdat bosknaagdieren al het zaad hadden opgegeten. Het gevaar voor dennenzaden is iets minder groot, maar nog steeds aanzienlijk. Direct zaaien is meestal geen succesvolle methode voor het herstel van naaldbomen. Het planten van zaailingen is in de huidige economische situatie te duur. Daarom is een aanpassing van de zaaitechniek wenselijk, zodat een goede ontkieming wordt gegarandeerd en de zaden tegen vernieling worden beschermd. Het terugdringen van het aantal knaagdieren in grote gebieden is zowel kostbaar als tijdelijk. Behandelingen van zaden of de grond eromheen met echte afweermiddelen hebben niet goed gewerkt. Giftige zaadcoatings zijn effectief gebleken, hoewel er wel een risico bestaat. Het gebruik van zaadcoatings met endrin, tetramine of Compound 1080 in hoeveelheden die knaagdieren ziek maken maar laten overleven (waarbij sommige misschien sterven) heeft echter een belangrijke nieuwe methode voor herbebossing opgeleverd (Tevis, 1956). Een-

maal ziek, zijn de knaagdieren geconditioneerd om zowel behandelde als onbehandelde zaden te vermijden. Door de lokale muizenpopulatie grotendeels intact te laten, wordt een toestroom van niet-lokale, niet-geconditioneerde muizen voorkomen. (Kleine zoogdieren zijn van enige waarde voor de bosbouw omdat ze zeer effectieve roofdieren zijn van insectenlarven in de bodem.) Aangeleerde vermijding is misschien een betere term dan afstoting; het is geen echte afstoting en er is een inherent risico. Vreemd genoeg zijn er aanwijzingen dat jonge muizen op de een of andere manier wordt geleerd om behandelde zaden te vermijden. Het effect van ziekte strekt zich daarmee uit tot voorbij de oudergeneratie. De betrouwbaarheid en omvang van dit fenomeen zijn nog niet vastgesteld, maar als het consistent is, zal het van belang zijn voor herbebossing. Mogelijk zal in toekomstig onderzoek de nadruk komen te liggen op niet-dodelijke chemicaliën die misselijkheid of andere tijdelijke ziekteverschijnselen kunnen veroorzaken, waardoor het risico wordt verminderd.

[128] Er zijn nog twee andere manieren om de toegang tot gewenste planten op weidegronden of in bossen te beperken. De ene is het chemisch verwijderen van favoriete voedselplanten, waardoor grote aantallen herbivoren worden ontmoedigd door hun voedsel te vernietigen. Dit zou toepasbaar zijn op weidegronden met gemengde plantensoorten. De andere is afleiding: het toevoegen van gemakkelijk verkrijgbare, aanvullende voedingsmiddelen op plaatsen die bescherming behoeven. Geen van beide methoden kan op grote schaal worden toegepast als maatregel tegen zoogdie-

ren.

Zowel elektrische afrasteringen als ultrasone geluiden kunnen in sommige situaties als “afweermiddelen” worden aangemerkt, maar geen van beide wordt momenteel in de praktijk gebruikt.

Samenvattend kunnen aanvaardbare afweermiddelen voor zoogdieren worden gebaseerd op een onaangename smaak of subletale toxiciteit. Herten en konijnen kunnen met het eerste middel worden afgeschrikt als de kosten daarvan gerechtvaardigd zijn. De schade door bosknaagdieren kan met het tweede middel effectief worden beperkt.

Het afschrikken van vogels is moeilijk. Afschrikmiddelen worden het meest gebruikt, maar hun effectiviteit is beperkt. Er zijn tal van middelen op basis van geluid of glinstering uitgetoetst, maar deze zijn hooguit voor korte tijd effectief. Afschrikmiddelen zijn soms belachelijk. De geschilderde “uilen” van plaatmetaal die de stad San Francisco heeft aangeschaft, hadden bijvoorbeeld veel meer effect op mensen en de politiek dan op duiven. Het afspelen van opgenomen noodkreten, zoals ontwikkeld door de Frings aan de Pennsylvania State University (bijv. Frings en Frings, 1957; Frings en Jumber, 1954), heeft enige verdienste. Ook hier wennen vogels echter meestal snel, hoewel spreeuwen door deze geluiden wel uit gebouwen kunnen worden geweerd.

Zaden worden soms behandeld met giftige chemicaliën om vogels af te schrikken (Meanley et al., 1956). Dit kan beter worden vermeden, omdat de meeste van deze chemicaliën vogels ziek maken en niet echt afschrikken. Over het alge-

meen hebben vogels een slechter smaak- en reukvermogen dan zoogdieren; daarom is echte afschrikking op basis van deze zintuigen normaal gesproken niet haalbaar. Ik heb echter de schade door fazanten aan maïs kunnen verminderen door subletale hoeveelheden lindaan op het zaad of op de grond aan te brengen. Helaas waren de kosten van de benodigde chemische concentratie hoger dan de schade aan de maïs. Dit kan nauwelijks als een eerlijke ruil worden beschouwd. Bovendien nam het gevaar van vergiftiging recht evenredig toe met de chemische concentratie.

De meest veelbelovende aanpak is gebaseerd op het gezichtsvermogen van vogels. Veel vogelsoorten zijn uiterst gevoelig voor kleuren, vormen en texturen. De enige significante toepassing van dit gezichtsvermogen is bij gekleurd aas voor knaagdieren. Terwijl knaagdieren in wezen kleurenblind zijn en weinig of geen aandacht besteden aan de kleur van hun voedsel, vermijden vogels voedsel met onnatuurlijke kleuren. De grootste afkeer van vogels blijkt te bestaan voor kleuren die dicht bij het centrum van het voor mensen zichtbare spectrum liggen: geel en groen. [129] Kleurstoffen die op zaden worden aangebracht, zouden in de meeste gevallen een effectief afweermiddel moeten zijn. De praktische toepasbaarheid van kleurstoffen als afweermiddel voor vogels werd ontwikkeld door E. Kalmbach, voormalig directeur van het Wildlife Research Laboratory van de U.S. Fish and Wildlife Service (Kalmbach en Welch, 1946). Het idee was fantasierijk en heeft de moeilijkheid om veldknaagdieren te bestrijden en tegelijkertijd vogels te beschermen gedeeltelijk opgelost. Een film met de pakkende titel

“Birds, Beasts, and the Rainbow” is sindsdien op grote schaal verspreid en graanaas voor knaagdieren die door staats- en federale instanties wordt uitgelegd, is nu meestal geel, groen of zwart gekleurd. Het gevoel van veiligheid, dat nog steeds grotendeels heerst, is deels illusoir. Dambach en Leedy (1948) ontdekten dat fazanten werden aangetrokken door sommige groengekleurde “afweermiddelen”. Het recente verlies van eenden en ganzen in het Klamath Basin, deels als gevolg van het uitstrooien van gekleurd aas voor knaagdieren, was groot en illustreert de misvatting van een te grote afhankelijkheid van één enkele veiligheidsmarge. Meer in het bijzonder was het een waarschuwing dat niet alle soorten van zelfs één enkele vogelsoort op dezelfde manier reageren. Ik heb zelf dode fazanten en duiven gevonden met geelgekleurde korrels in hun krop. Na het uit de lucht verspreiden van gekleurde, met 1080 behandelde korrels over duizenden acres bos in Californië, werd het verlies aan vogels duidelijker gedocumenteerd dan het verlies aan knaagdieren (E. G. Hunt, persoonlijke communicatie). Ondanks deze kanttekeningen is de aanpak goed. Er is duidelijk behoefte aan meer onderzoek op dit gebied.

Samenvattend zijn deze conclusies van toepassing op de drie belangrijkste groepen dieren waarbij afschrikking wordt gebruikt als methode voor ongediertebestrijding. Insectenwerende middelen zijn op grote schaal in het veld niet bruikbaar. Afweermiddelen voor zoogdieren, met name zoals toegepast bij herbebossing, zijn enigszins gevaarlijk, maar verschillende chemische stoffen kunnen dit gevaar verminderen. Afweermiddelen om schade door vogels te

verminderen zijn over het algemeen niet effectief, maar gekleurd graanaas voor knaagdieren biedt enige bescherming voor vogels. In alle gevallen zijn er grote mogelijkheden voor verder creatief onderzoek. Een effectief afweermiddel kan veel beschermende functies vervullen.

HOOFDSTUK – 10

SUBLETHALE^{*-6)} EFFECTEN

Bestrijdingsmaatregelen, al dan niet uitgevoerd met giftige chemicaliën, hebben effecten op overlevende individuen. Deze effecten kunnen gering of duidelijk zijn en kunnen tot uiting komen in merkbare veranderingen in het gedrag van populaties. Ze kunnen ook gevolgen hebben voor volgende generaties.

Het is merkwaardig dat individuele dieren doorgaans worden beschouwd als statische eenheden die ongeacht tijd of situatie uniform reageren op elke prikkel. De reden dat dieren voor laboratoriumonderzoek worden gekweekt in plaats van in het wild worden gevangen, is om de homogeniteit van de populatie of de uniformiteit van de reactie te waarborgen. Dit zou moeten leiden tot nauwkeurige conclusies en voorspelbaarheid. Het feit dat onderzoekers op het gebied van voeding en toxicologie bijvoorbeeld aandringen op grote aantallen individuen per test en herhaling van tests, bewijst dat geen van beide resultaten volledig haalbaar is. Toch blijft er een wijdverbreide nadruk op het statische individu als maatstaf voor de reactie. Bij tests voor de bestrijding van pesticiden is de meest opvallende reactie van het individu de dood. Overgebracht naar populaties is de meest

6 *) Ondermaats – slechtere overlevingskansen creëren voor een soort of individu..

gebruikte maatstaf het percentage sterfte onder een bekend aantal individuen. [131] Deze maatstaf wordt zowel in laboratoria als in de natuur toegepast. Voor de meeste toegepaste biologen voldoet het meten van sterfte aan de beoogde economische of regelgevende doelstellingen.

De goede bioloog begrijpt het continuüm van groei in het verouderende individu, de continuïteit van tijd en generatie die voortplanting is, de “stabiele toestand” die fysiologische reacties trachten te bereiken. Hij kent de interacties tussen individuen van dezelfde en andere soorten. Hij weet dat populaties niet simpelweg een optelsom zijn van de reacties van de individuen. En hij weet dat aanpassing in organismen het eindresultaat is van al deze en nog meer dynamische processen.

Met dit besef vindt een bioloog het ondenkbaar dat door controlemaatregelen veroorzaakte veranderingen die niet tot de dood leiden, niet zowel veel voorkomen als belangrijk zijn. Dit is een logisch standpunt, maar een standpunt dat niet in veldgegevens wordt meegenomen. De meeste beschikbare gegevens geven geen subtiele effecten weer. Er moet daarom sterk worden vertrouwd op informatie die van toepassing wordt geacht op veldsituaties, totdat er meer directe gegevens beschikbaar komen.

Het lijkt geen twijfel dat individuele en populatiekenmerken veranderen met veranderingen in dichtheid. De fundamentele oorzaak is concurrentie om voedsel, onderdak en partners. De uitgebreide studies van David E. Davis en collega's naar de rattenpopulaties in Baltimore documenteren duidelijk de relaties tussen populatiedichtheid, sociale interacties en

voortplantingsprestaties. De algemene theorie van Christian over populatieregulatie bij zoogdieren is gebaseerd op endocriene veranderingen en “sociopsychologische” verschijnselen (Christian, 1959). Impliciet in de studies van Davis en Christian is dat veranderingen in de populatiegrootte – ongeacht de oorzaak – ingrijpende veranderingen teweegbrengen in de fysiologische samenstelling en voortplantingsprestaties van individuen (Christian en Davis, 1957). Soortgelijke veranderingen doen zich voor in insectenpopulaties tijdens veranderingen in abundantie (Wellington, 1960). De grootschalige kweek van insecten voor massale introductie als biologische bestrijdingsmiddelen heeft herhaaldelijk tot dit soort effecten geleid.

Het relevante punt hier is dat bestrijdingsmaatregelen die leiden tot een vermindering van het aantal individuen onvermijdelijk subtiële subletale effecten hebben op de overlevenden, ongeacht of de overlevenden zelf door de bestrijdingsmiddelen worden aangetast. Dit is een zeer belangrijke reactie, die sterk onderbelicht blijft.

[132] De verschillende subletale effecten van giftige chemicaliën kunnen afzonderlijk worden bestudeerd; ik stel voor ze hier op die manier te beschrijven, met de toevoeging dat een dergelijke beschrijving louter voor het gemak is. De effecten kunnen worden ingedeeld in vitaliteit, gedrag, groei en voortplanting.

Vitaliteit

Een krachtig dier is gezond en actief en in staat om zijn noodzakelijke functies naar behoren uit te voeren. Kracht is een vaag begrip en kan beter worden beschreven aan de hand van de componenten ervan. Er is vermoeden geuit dat het algehele welzijn en de kracht van gewenste dieren wordt aangetast in gebieden waar intensieve chemische bestrijding plaatsvindt. Het is duidelijk dat dieren met acute vergiftigingsverschijnselen, ook al overleven ze, niet krachtig zijn; het vermogen van deze dieren om op natuurlijke wijze te functioneren is verminderd. Ik ken geen enkel veldonderzoek dat bevestigende gegevens biedt over een populatiebrede depressie van alle normale functies. Misschien komt een samengestelde conclusie op basis van studies van dierpopulaties in het gebied waar de vuurmier wordt bestreden het dichtst in de buurt van echte gegevens. In dat geval lag de nadruk echter alleen op een afname van het aantal dieren en een verstoring van het voortplantingssucces. Er blijven nog vragen onbeantwoord over de effecten op de levensvatbaarheid, de selectie van “resistente” types, veranderde fysiologische functies, carcinogene en mutagene effecten, enzovoort. Effecten van deze aard zijn aangetoond onder laboratoriumomstandigheden. Of ze ook van toepassing zijn op dieren in het veld, met name gewervelde dieren, moet nog worden aangetoond.

Ik zal illustreren hoe ze van toepassing kunnen zijn. Chronische toxiciteitsstudies tonen aan dat de levensvatbaarheid kan worden verminderd door voortdurende blootstelling aan subletale – niet dodelijke – hoeveelheden landbouwchemicaliën.

Bovendien kunnen deze effecten worden doorgegeven aan nakomelingen. DeWitt (1956) heeft bijvoorbeeld aangetoond dat subletale hoeveelheden gechloreerde koolwaterstofinsecticiden in het voer van volwassen kwartels en fazanten de levensvatbaarheid van de kuikens verminderden. Ik ken geen enkel bewijs dat individuen die een chemische behandeling van natuurlijke populaties overleven, een kortere levensduur hebben. Maar het is waarschijnlijk, en ik geloof dat het gebeurt.

De celstructuur en het gedrag kunnen door blootstelling aan giftige chemicaliën worden veranderd. Mutagene stoffen – chemicaliën die genetische veranderingen kunnen veroorzaken – komen veel voor in koolwaterstoffen. Er is overvloedig laboratoriumbewijs dat chemicaliën die vergelijkbaar zijn met die welke in de landbouw worden gebruikt, mutageen kunnen zijn. Genetici hebben ze zelfs gebruikt om experimentele veranderingen in gewassoorten teweeg te brengen. Maar ik ken geen gegevens uit de natuur waaruit blijkt dat mutagenese door giftige chemicaliën is veroorzaakt. [133] Dezelfde conclusies gelden voor carcinogenen – chemische stoffen die ongecontroleerde celvermeerdering veroorzaken, d.w.z. kanker. Er zijn een aantal landbouwchemicaliën die onder bepaalde omstandigheden carcinogeen zijn. Een voorbeeld hiervan is het veelgebruikte miticide aramite. De 'cranberry-paniek' van 1959 was gebaseerd op residuen van het herbicide aminotriazool, een chemische stof die in zeer hoge concentraties bij laboratoriumratten kanker kan veroorzaken. Hoewel het mogelijk is, is er echter geen bewijs dat landbouwchemicaliën onder veldomstandigheden

kankerverwekkend zijn.

Evenzo is er, wat betreft een verhoogde vatbaarheid voor ziekten, veranderde stofwisselingssnelheden en andere effecten die onder vitaliteit kunnen worden geschaard, vermoedelijk bewijs uit het laboratorium dat deze kunnen optreden, maar geen sluitend bewijs uit de natuur. De algemene conclusie dat de vitaliteit van wilde dieren niet wordt beïnvloed door milieuverontreiniging door giftige chemicaliën, getuigt van onwetendheid, – we weten het – nog – niet – niet van kennis. In de andere categorieën – meer specifieke componenten van vitaliteit – is het bewijs iets betrouwbaarder.

Gedrag

Gedragsveranderingen na vergiftiging worden zelden in het veld bestudeerd. Het lijkt duidelijk dat overlevende maar aangetaste insecten zich vaak blootstellen aan predatie. Ik heb hetzelfde fenomeen waargenomen bij vissen die aan chemicaliën zijn blootgesteld. Reigers, zilverreigers en meeuwen verzamelen zich op plaatsen waar vissen naar de oppervlakte worden gedreven door de behoefte aan meer zuurstof. Tijdens vergiftigingscampagnes verschijnen veldknaagdieren aan de oppervlakte, waar ze zich blootstellen aan roofdieren (zie bijvoorbeeld J. Craighead, 1959).

Het vermoeden is sterk dat cholinesterase-remmende insecticiden een nieuw soort subletale gedragseffecten veroorzaken. Shellhammer (1961) onderzocht het verband tussen cholinesterasegehalten in de hersenen en het leervermogen van wilde muizen. Psychologen hadden eerder aangetoond

dat het leervermogen van muizen gecorreleerd was met het cholinesterasegehalte in de hersenen. Shellhammer verlaagde het cholinesterasegehalte bij twee geslachten van wilde muizen met 25 tot 50 procent door middel van injecties met parathion. Nadat de cholinesterase-niveaus weer normaal waren (meestal na 3 of 4 weken), onderwierp hij de muizen aan een reeks leertests. In wezen ontdekte hij dat muizen die eenmaal vergiftigd waren, eerdere leertests waren 'vergeten', de tests opnieuw moesten worden aangeleerd en bovendien slechter presteerden dan niet-vergiftigde dieren of zelfs dan zichzelf voordat ze waren vergiftigd. [134] Er traden ook een aantal andere gedragsveranderingen op. Hij had in feite 'sufferen' muizen gecreëerd, ook al zouden ze volgens de gebruikelijke meetnormen als normaal zijn beoordeeld. Men kan zich afvragen hoe sproeiërs, bij wie het cholinesterasegehalte soms met vergelijkbare percentages is gedaald, zouden presteren in test-hertest-situaties.

Het werk van Shellhammer is misschien meer dan alleen academisch. Twee Australische wetenschappers bestudeerden veertien mannen en twee vrouwen bij wie mentale afwijkingen optraden na langdurige blootstelling aan organofosforinsecticiden (Gershon en Shaw, 1961). Alle personen waren beroepsgebruikers van insecticiden. Drie waren wetenschappers, acht waren kasmedewerkers en vijf waren boeren. Van de zestien hadden er vijf symptomen die leken op schizofrenie, met uitgesproken waanideeën. De anderen waren aanhoudend en ernstig depressief, en sommigen hadden aanzienlijk geheugenverlies, slaapwandelden en hadden spraakproblemen. Toen de beroepsmatige blootstelling aan

pesticiden werd stopgezet, herstelden alle personen. Niettemin is voor het eerst duidelijk aangetoond dat pesticiden tijdelijke mentale afwijkingen kunnen veroorzaken.

Weiss (1961) heeft onlangs aangetoond dat cholinesteraseremmende insecticiden het enzymgehalte in vissen sterk verlagen, waarbij het een maand of langer duurt voordat het gehalte weer op het normale niveau is. Het reactiepatroon varieerde per soort. De studies van Weiss vormen een uitstekende basis voor onderzoek naar gedragsveranderingen als gevolg van subletale vergiftiging.

In een eerder hoofdstuk heb ik verwezen naar het werk van Tevis (1956), waarin hij de gedragsverandering beschrijft bij bosknaagdieren die worden blootgesteld aan subletale hoeveelheden vergiftigde naaldboomzaden. Na subletale vergiftiging weigerde de lokale muizenpopulatie alle zaden te eten. Dit soort vermijdingsgedrag wordt “*bait shyness*” genoemd en beperkt de doeltreffendheid van bestrijdingsmethoden die het aantal knaagdieren verminderen. In dit geval kon aangeleerd vermijdingsgedrag echter goed worden gebruikt voor herbebossing. Helaas is dit niet op grote schaal toegepast.

Er treden wel degelijk significante gedragsveranderingen op als reactie op subletale hoeveelheden giftige chemicaliën. Het is niet zeker of deze veranderingen in de natuur algemeen voorkomen, maar ze zijn in beperkte situaties voldoende vastgesteld om verder onderzoek te rechtvaardigen.

Effecten op de groei

In laboratoriumonderzoeken naar chronische toxiciteit is de groeisnelheid een van de standaardmaatstaven. [135] Een significante afwijking van het normale (meestal een vermindering of vertraging van de normale snelheid) wordt geïnterpreteerd als een belangrijk gevolg van voortdurende inname van giftige chemicaliën. Hoewel deze parameter veel voorkomt in laboratoriumstudies, ken ik geen enkel veldonderzoek waarin deze maatstaf centraal stond. Er zijn herhaaldelijk incidentele waarnemingen gedaan waarbij een verandering in de tijd tussen ontwikkelingsstadia bij insecten werd opgemerkt.

Biologische reacties op pesticiden kunnen direct of indirect zijn. De laatste jaren wordt het belang van meststoffen en pesticiden voor de verandering van de hoeveelheid en beschikbaarheid van basisvoedingsstoffen (met name stikstof, kalium en fosfor) steeds meer erkend. De voedingsstatus van waardplanten beïnvloedt de groeifenomenen bij insecten. Voedingseffecten kunnen zich uitstrekken tot veranderingen in de ontwikkelingssnelheid, vruchtbaarheid en sterfte.

Versnelde groei van mijten wijst erop dat bodeminsecticiden de voedingswaarde van waardplanten kunnen verhogen, aangezien bekend is dat de groeisnelheid van mijten reageert op veranderingen in het kalium-, fosfor- en stikstofgehalte van planten (Rodriguez, 1960). Sommige hormoonherbiciden die op planten worden toegepast, verhogen de voortplanting van bladluizen die zich voeden met planten; andere verhogen de sterfte of verminderen de vruchtbaarheid. C. A.

Fleschner en andere onderzoekers van de Universiteit van Californië in Riverside hebben aangetoond dat DDT een stimulerend effect heeft op mijtpopulaties, deels op basis van voeding. Rodriguez concludeerde dat verschillende soorten herbivore geleedpotigen baat hebben bij een overaanbod aan stikstof en dat de waardplanten beter groeien bij toevoeging van insecticide en fungicide sprays of bodeminsecticiden.

Groeiregulerende stoffen zijn bijzonder effectief als herbiciden. Ze zijn niet zonder effect op dieren. Wijdverspreide uitbraken van bladluizen in graanvelden in New Brunswick werden in verband gebracht met selectieve herbicidebehandeling met 2,4-D (Adams, 1960). Dit hormoon vermindert het aantal larven en volwassen exemplaren van roofzuchtige coccinellidae (lieveheersbeestjes), de natuurlijke vijanden van bladluizen, door directe sterfte van larven, door misvorming van larven en door het uitstellen van de verpopping.

Vernon Applegate, die een belangrijke rol heeft gespeeld bij de succesvolle ontwikkeling van chemicaliën om de populatie van lampreien in de Grote Meren te verminderen, merkte in een openbare toespraak op dat de chemicaliën die zijn groep gebruikt ook de ontwikkeling van waterinsecten versnellen. Als dit op grote schaal gebeurt, kan een dergelijke groeistimulatie ernstige ecologische gevolgen hebben.

[137] Indirecte subletale effecten met algemene gevolgen zijn waarschijnlijk van *nutritionele* – voeding gerelateerde – aard. In de literatuur begint men zich bewust te worden van het belang hiervan. Momenteel is er nog weinig onderzoek gedaan naar de meer directe effecten op dieren die lijken te ontstaan door chemicaliën met een lagere toxiciteit, met

name die welke voor bestrijdingsdoeleinden afhankelijk zijn van groeiveranderingen. Beide soorten effecten hebben in sommige gevallen al een blijvend voordeel van pesticiden-behandelingen in de weg gestaan. Een conservatieve voor-spelling is dat subletale effecten steeds duidelijker zullen worden, waardoor zelfs twijfelende toegepaste biologen er-van overtuigd zullen raken dat de verantwoordelijkheid voor bestrijdingsmethoden niet ophoudt bij de eerste aanbevelin-gen.

Voortplanting

In algemene zin beïnvloeden bijna alle landbouwpraktijken het voortplantingsvermogen van volwassen dieren en de overlevingskansen van jonge dieren. De aard van het land-bouwmilieu en het vermogen van dieren om zich daaraan aan te passen zijn fundamentele zaken, maar vormen hier niet het onderwerp. Als we ervan uitgaan dat aanpassing aan een landbouwmilieu plaatsvindt, op welke manier beïnvloe-den bestrijdingsmiddelen dan het voortplantingssucces van een dierpopulatie?

Bestrijdingsmiddelen kunnen het voortplantingssucces zo-wel bevorderen als remmen. Entomologen hebben een aan-tal waarnemingen gedaan die een stimulerend effect op de voortplanting van insecten en mijten beschrijven. Dit effect is herhaaldelijk waargenomen bij mijtpopulaties die aan DDT zijn blootgesteld. Bij soorten die niet direct reageren op de toxische eigenschappen van een bestrijdingsmiddel, is de oorzaak van de verhoogde vruchtbaarheid in principe nu-tritioneel. In lage concentraties vormen organische pestici-

den en meststoffen een aanvullende bron van stikstof, fosfor en andere voedingsstoffen. Deze essentiële chemische stoffen komen via de waardplant in het lichaam van de insecten terecht. De 'kracht' van een plant komt tot uiting in het welzijn van de geleedpotigen die zich ervan voeden. Meer specifiek is aangetoond dat de hoeveelheden van verschillende belangrijke voedingsstoffen in planten sterk variëren naargelang de chemische omstandigheden waaraan de planten zijn blootgesteld (bijvoorbeeld Fleschner, 1952). Het is aangetoond dat het voortplantingsvermogen van afhankelijke insectenpopulaties correleert met de chemische samenstelling van de waardplanten. Het belang van dergelijke reacties is weliswaar duidelijk aangetoond bij insecten, maar bij gewervelde dieren blijft het speculatief. Het enige voorbeeld van een reactie van gewervelde dieren op veranderingen in de plantenvoeding laat slechts indirecte effecten op de voortplanting zien. Het gaat hier om nitraatvergiftiging bij gedomesticeerde herbivoren als gevolg van veranderingen in het nitraat- en nitrietgehalte in planten door de effecten van herbiciden en meststoffen. Bij andere wilde soorten dan geleedpotigen is geen stimulerend of remmend effect van veranderde voeding op de voortplanting aangetoond.

[137] Directe toxische effecten op volwassen dieren, die op hun beurt het voortplantingsvermogen beïnvloeden, zijn een andere zaak. De voortdurende inname van subletale hoeveelheden pesticiden heeft duidelijk geleid tot een verminderde voortplantingscapaciteit bij gewervelde dieren. Opgeslagen residuen van gechloreerde koolwaterstofinsecticiden hebben de neiging zich te concentreren in voortplantingsor-

ganen (Geneliy en Rudd, 1956). Bij wilde soorten is deze ongebruikelijke concentratie waargenomen bij hoenderachtige wildvogels, bij visetende vogels en bij forel. Met name vissen en vogels vertonen een accumulatie van insecticiden in hun eieren (zie bijvoorbeeld Moore, 1962). Het beste bewijs voor reproductieve onderdrukking komt uit gecontroleerde experimenten met wildvogels, maar er zijn goede aanwijzingen uit het veld dat vergelijkbare effecten optreden of waarschijnlijk zullen optreden.

De basismaatstaven voor reproductief succes bij vogels zijn eierproductie, vruchtbaarheid en uitkomst van eieren, en levensvatbaarheid van jongen. R. E. Genelly en I (1956) hebben onder gecontroleerde omstandigheden tests uitgevoerd om de veranderingen in deze componenten bij ringfazanten als gevolg van subletale inname van drie veelgebruikte insecticiden te bepalen. Er waren twee testgroepen, die elk een verschillende hoeveelheid chemische stof kregen, en een controlegroep. De voortplanting werd bij alle met chemicaliën besmette vogels beïnvloed, bij sommige slechts in geringe mate. De voedselconsumptie en de eierproductie waren sterk gecorreleerd; niet al het besmette voedsel was acceptabel voor de vogels, die daardoor minder aten. De eierproductie werd aanzienlijk verminderd door toxafeen of dieldrin. De verminderde vruchtbaarheid en uitkomst in sommige groepen hield zowel verband met de concentraties insecticiden in de eieren als met de slechte conditie van de volwassen vrouwtjes. De initiële sterfte onder jongen (uiteraard werd alleen rekening gehouden met sterfte veroorzaakt door het insecticidegehalte in de eieren) was in alle che-

misch verontreinigde groepen groter dan in de controlegroepen. De levensvatbaarheid van jongen werd het meest beïnvloed door dieldrin en DDT. In totaal was het voortplantingssucces 70 procent bij de controle-vogels en ongeveer de helft daarvan bij de behandelde vogels, wanneer alle chemicaliën werden vergeleken. Bedenk dat alle doses berekend waren op een niveau dat lager was dan de dodelijke dosis voor volwassen dieren. De waargenomen effecten moesten dus het gevolg zijn van de opslag en accumulatie van insecticiden in de weefsels van volwassen vogels en in eieren. DeWitt (1956) liet vergelijkbare reacties zien bij kwartels en fazanten. Een interessante observatie was dat de vruchtbaarheid van eieren licht toenam bij lage DDT-concentraties. Een vergelijkbare situatie is waargenomen bij de vruchtbaarheid van insecteneieren.

[138] Het veldonderzoek dat de beschuldiging van reproductieve onderdrukking bij gewervelde dieren door pesticiden ondersteunt, is voornamelijk suggestief. Groei, overleving en voortplanting bij wilde soorten vormen een biologisch continuüm bij dieren die doorgaans niet langer dan een jaar of twee leven. Misschien is de beste methode om het onderwerp van discussie te beperken, het begrip “reproductieve effecten” zeer eng te definiëren. Zo beperkt zouden de effecten op de voortplanting zich beperken tot pesticide-effecten die subleetaal zijn voor volwassen dieren, maar mogelijk niet voor jongen, en die leiden tot een verminderd algemeen voortplantingssucces in een bepaald seizoen. Uitgesloten van onze definitie zouden sterfte onder volwassen dieren tijdens het broedseizoen zijn, die leidt tot het misluk-

ken van broedsels en verhongering van jongen (Hunt, 1960; Wallace et al., 1961). Ook zou directe sterfte van jongen worden uitgesloten, evenals de aanhoudend lage populatie-aantallen na zware sterfte. Dit zijn allemaal in brede zin voortplantingsstoringen, maar zouden de discussie hier alleen maar ingewikkelder maken. Het fenomeen van voedselketenrelaties en van sterk vertraagde effecten door langzame accumulatie van residuen in weefsels wordt voor een latere gedetailleerde presentatie bewaard (hoofdstuk 20).

Gezien de bovenstaande beperkte definitie moet worden toegegeven dat bewijs voor voortplantingsonderdrukking bij wilde gewervelde dieren grotendeels ontbreekt. Het beschikbare bewijs is indirect, fragmentarisch en niet altijd logisch toegepast (*post hoc, ergo propter hoc*). Ik zal een paar situaties noemen waarin reproductieve effecten waarschijnlijk zijn.

Vijfentwintig jaar lang hield A. H. Miller, een van 's werelds meest vooraanstaande ornithologen, gedetailleerde veldnotities bij over vogels in zijn vakantiehuisje aan de oevers van Clear Lake, Californië. Hij kon niet weten hoe belangrijk zijn gegevens zouden worden voor het ophelderen van de complexe reeks chemische overdrachten bij Clear Lake. Miller was de eerste die het gebrek aan voortplantingssucces bij de lokale broedpopulatie van westelijke futen opmerkte in het jaar na de toepassing van DDD op het meer (Miller, veldnotities). In de daaropvolgende jaren stierven grote aantallen volwassen futen in broedconditie. Pas recent, drie jaar na het einde van de chemische toepassingen, is de voortplanting onder de overlevende volwassen dieren weer suc-

cesvol. Ik twijfel er niet aan dat de voortplanting in deze futenkolonie werd verstoord door aanvankelijk subletale effecten van ingenomen DDD en zijn metabolieten.

Een soortgelijke reeks gebeurtenissen verklaart waarschijnlijk gedeeltelijk de afname van de populatie van bobwhite-kwartels en andere vogels in delen van Alabama die zwaar zijn behandeld met heptachloor en dieldrin voor de bestrijding van vuurmieren. De lokale populaties van kwartels namen in aantal af tot onder het niveau dat alleen door de sterfte onder volwassen dieren kon worden verklaard. [139] Zowel wilde als gedomesticeerde kalkoenen slaagden er bijna niet in zich voort te planten. Op één locatie legden drie hennen vijftig eieren, waarvan er zeven uitkwamen; alle zeven stierven kort na het uitkomen. Kalkoenpopulaties in nabijgelegen onbehandelde gebieden plantten zich normaal voort. In het hele gebied leden grondvogels de hoogste sterfte; het is waarschijnlijk dat de voortplanting van vogels in deze laag ook het zwaarst werd getroffen (DeWitt en George, 1960).

Chemische onderdrukking van de voortplantingsefficiëntie is voorgesteld als verklaring voor het lagere aantal jonge boshoenders. In dit geval was de blootstelling 1 pond DDT per acre boven de bossen van New Brunswick (Wright, 1960). Het is ook mogelijk dat boshoenders op overwinteringsplaatsen weefselresiduen van insecticiden hebben opgenomen die ze in het voorjaar mee terugnamen naar hun broedgebieden. Deze hypothese wordt aannemelijker wanneer men bedenkt dat een groot deel van de houtsnippen in het noordoosten van Noord-Amerika overwintert in Louisia-

na, waar grote delen van het gebied zwaar zijn behandeld met heptachloor.

Er zijn andere vergelijkbare situaties waarin subletale effecten op de voortplanting waarschijnlijk zijn, bijvoorbeeld in gebieden waar de iepziekte, de Japanse kever en de witgerande kever worden bestreden, en in gebieden waar zaadbehandeling gebruikelijk is. R. E. Genelly en ik hebben bijvoorbeeld (Rudd en Genelly, 1955) sterfte bij fazanten geconstateerd in rijstteeltgebieden waar hoge concentraties DDT (20.000 delen per miljoen) op zaadrijst waren aangebracht.

De kans dat hoge concentraties pesticiden in rijstteeltgebieden ingrijpende maar subtiele effecten op de voortplanting hebben, is in 1961 bevestigd door pilotonderzoeken van het California Department of Fish and Game (E. G. Hunt, ongepubliceerd). Deze studies, die nog steeds worden voortgezet, richten zich op ringfazanten in de buurt van Gridley, Californië, waar contrasterende gebieden zijn: een gebied waar pesticiden veel worden gebruikt in de rijst- en andere landbouw, en een aangrenzend natuurreservaat waar geen pesticiden worden gebruikt. Het is belangrijk te beseffen dat in dit onderzoek residuen van pesticiden en de daaruit voortvloeiende effecten het gevolg zijn van volkomen normale landbouwpraktijken en dat de fazanten, afgezien van de noodzaak om monsters te nemen van wilde populaties, onder normale omstandigheden voor het gebied leven. De hennen werden bij het nest geschoten en de eieren werden verwijderd voor verdere incubatie op een wildboerderij of voor chemische analyse. Er werden chemische residucontroles

van vet- en spierweefsel uitgevoerd op 50 hennen, 29 uit het behandelde gebied en 21 uit het nabijgelegen reservaat of “controlegebied”. Alle hennen bevatten DDT of het metabooliet DDE. [140] De hoeveelheden varieerden van 19 tot 2930 ppm (gemiddeld 741,05 ppm) in het behandelde gebied en van 0,4 tot 7,2 ppm (gemiddeld 2,14 ppm) in het controlegebied. Hoewel de waarden in de twee gebieden sterk uiteenliepen, was de verontreiniging algemeen. Bovendien waren er andere residuen van bestrijdingsmiddelen aanwezig. Dieldrin werd in 37 monsters aangetroffen in hoeveelheden tot 48 ppm. Vijf andere soorten residuen van bestrijdingsmiddelen waren ook in enige mate in het weefsel aanwezig. Eidooiers afkomstig van normale legsels bevatten 1,9-406 ppm DDT en 0-1,31 ppm dieldrin. De grootte van de legsels en de vruchtbaarheid verschilden niet tussen de twee gebieden. Maar de sterfte van jonge dieren in de eerste vier weken na het uitkomen bedroeg 46,6 procent in het behandelde gebied en slechts 27,0 procent in het controlegebied. Het percentage jonge dieren met afwijkingen uit eieren in het onderzoeksgebied bedroeg 25,0 procent, bijna twee keer zoveel als in het controlegebied (12,9 procent). De toename van het verlies door misvormingen en onlevensvatbaarheid na het uitkomen bij fazanten in dit gebied, waar intensief gebruik van insecticiden gebruikelijk is, wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de overdracht van residuen van de hennen op de jongen via de eieren. Intensiever onderzoek dat momenteel wordt uitgevoerd, zal meer duidelijkheid verschaffen over de subletale effecten van volledig normale pesticidengebruik, die tot nu toe alleen werden vermoed.

Samenvattend kan de populatieafname worden veroorzaakt door een toename van het sterftecijfer (duidelijk aangetoond) of door een daling van het geboortecijfer (slecht aangetoond). Een aantal dode dieren dat in een behandeld gebied is aangetroffen, kan wijzen op een toename van de sterfte, maar de tekenen van een daling van het geboortecijfer zijn veel minder duidelijk. Ondanks het gebrek aan duidelijk en overvloedig bewijs voor reproductieve onderdrukking onder veldomstandigheden, wijzen zowel laboratorium- als veldstudies er sterk op dat deze effecten zich voordoen. Verder zorgvuldig onderzoek is zeker gerechtvaardigd.

HOOFDSTUK – 11

RESISTENTIE TEGEN INSECTICIDEN

Geen enkel probleem op het gebied van ongediertebestrijding en vectorcontrole is belangrijker dan de ontwikkeling van resistentie tegen insecticiden. Meer dan 120 van de ongeveer 5000 soorten insecten en mijten die op aarde voorkomen, zijn nu in mindere mate vatbaar voor bestrijdingsmiddelen dan vijftien jaar geleden. Dit ogenschijnlijk kleine percentage neemt niet alleen toe en omvat steeds meer soorten, maar vertegenwoordigt helaas ook de meeste belangrijke insectenplagen en ziekteverspreiders. Dit fenomeen is niet beperkt tot bepaalde gebieden. Het doet zich overal ter wereld voor, in steden, op akkers, op boerderijen en in moerasgebieden. De utopie die twintig jaar geleden werd voorgesteld, waarin DDT zou zorgen voor een wereld zonder insectenplagen, begon te vervagen toen insecten resistentie ontwikkelden. Noch wetgeving, noch chemische bestrijdingsmiddelen konden het verbazingwekkende aanpassingsvermogen van insecten langdurig in bedwang houden. Een puur biologisch fenomeen heeft meer gedaan om een terugkeer naar de basisprincipes van de biologie in de bestrijding van plagen te bevorderen dan alle eerdere critici van het gebruik van chemische middelen, ongeacht hun argumenten.

In de eenvoudigste vorm betekent resistentie dat insecten

niet langer kunnen worden gedood door blootstelling aan chemische stoffen in concentraties die vroeger wel effectief waren. [142] In de praktijk betekent dit dat er vaker meer chemische stoffen moeten worden gebruikt om hetzelfde resultaat te bereiken. Als om redenen van veiligheid of kosten hogere doseringen niet kunnen worden gebruikt, moeten andere chemische stoffen of andere bestrijdingsmethoden worden ingezet. Alternatieve methoden zijn niet altijd direct beschikbaar. Het probleem kan daardoor ernstiger worden dan voordat resistentie zich ontwikkelde. Voor de onderzoeks-entomoloog betekent resistentie dat het deel van een populatie dat bestand is tegen blootstelling aan giftige chemicaliën is toegenomen. Wanneer dit deel een prominent deel van een populatie wordt en de resistentie in volgende generaties blijft bestaan, ongeacht of er nog blootstelling aan chemicaliën plaatsvindt, ontstaat er een resistente stam.

De hierboven gegeven algemeen aanvaarde betekenissen van resistentie, of deze nu zijn gedefinieerd vanuit het oogpunt van de toegepaste of de onderzoeks-entomologie, geven niet de oorzaken weer. Het zijn slechts beschrijvingen van eindresultaten, zonder de nodige nadruk op de biologische basis van resistentie.

Biologisch gezien moet het vermogen van insectenpopulaties om relatief resistent te worden tegen insecticiden worden gezien als een speciaal geval van het veel algemenere fenomeen van het aanpassingsvermogen van populaties aan veranderingen in het milieu. Dit aanpassingsvermogen is een gevolg van de genetische variabiliteit van alle seksueel voortplantende dieren. Geen enkele soort, ras of stam beli-

chaamt slechts één bepaald type, een 'norm'. Een individueel organisme vertegenwoordigt nooit een dergelijke norm; het is veeleer de drager van een genetische constitutie die verschilt van die van elk ander individu. De processen van genetische segregatie en recombinatie leiden onvermijdelijk tot nieuwe genetische constituties in elke volgende generatie. Als een omgeving, natuurlijk of kunstmatig, een bepaalde groep genen – een bepaalde genetische constitutie – begunstigt, neemt de begunstigde groep toe en heeft deze de neiging de niet-begunstigde groep te vervangen. Insecticiden zijn dan vaak slechts middelen die de meer vatbare individuen elimineren, wat de toename van meer resistente individuen kan bevorderen. Mutaties zijn niet noodzakelijk voor dit proces, noch voor het voortduren van verandering als regel. Het grote aantal recombinatiemogelijkheden van genen zorgt voor voldoende variatie om verandering in stand te houden. Deze volgorde is geen uitzondering. Het is het ruwe proces waardoor vrijwel alle evolutionaire veranderingen tot stand komen. Bij de ontwikkeling van “resistentie” tegen insecticiden hebben we de kans gehad om evolutionaire veranderingen in een verbazingwekkend korte periode te observeren. Zelfs wat als snelle evolutie wordt beschouwd, vereist een tijdsbestek dat de levensverwachting van een mens te boven gaat. [143] Alleen de alomtegenwoordigheid van insecticiden kan hun “kracht” als intense selectieve middelen verklaren, die in zo'n korte tijd verantwoordelijk zijn voor wereldwijde veranderingen in de genetische samenstelling van hele populaties van soorten.

Benadrukt moet worden dat de term resistentie zoals die ge-

woonlijk wordt gebruikt, alleen van toepassing is op de overlevenden van een blootgestelde populatie. De rest van de populatie is gedood. Ik moet dit woord benadrukken omdat te **veel mensen resistentie verwarren met tolerantie**. Resistentie heeft geen betrekking op het vermogen van een organisme om tijdens zijn leven blootstelling aan toenemende hoeveelheden chemicaliën te weerstaan. Dit is individuele tolerantie, en die varieert per individu, chemische stof, fysiologische toestand, enzovoort. In de meeste gevallen liggen de individuele tolerantieniveaus ver onder die waarbij resistente vormen kunnen overleven. Ik heb de vraag gehoord: als insecten resistent kunnen worden, waarom kunnen vogels, mensen of andere hogere levensvormen dan niet ook resistent worden? Dat zou kunnen, na voldoende generaties die aan soortgelijke stress zijn blootgesteld. Het moet nu echter duidelijk zijn dat niemand van ons “resistentie” wil onder de omstandigheden die nodig zijn om dit te bereiken. – de niet resistente worden ziek en gaan dood!

Hoewel resistentie een gevolg is van een normaal biologisch proces, is de identificatie van resistente vormen niet gericht op algemene biologische verschijnselen. Het is begrijpelijk dat de tot nu toe geïdentificeerde resistente geleedpotigen allemaal vormen zijn die van direct belang zijn voor de mens. Resistentie komt in de natuur waarschijnlijk voor bij geleedpotigen die niet zo direct verband houden met de inspanningen van de mens om zichzelf en zijn gewassen te beschermen. Van de meer dan 120 soorten insecten en spinachtigen waarvan bekend is dat ze resistentie hebben ontwikkeld, is ongeveer de helft landbouwongedierte en de andere helft geleedpotigen die van belang zijn voor de volks-

gezondheid of de diergeneeskunde (A. W. A. Brown, 1958). Op basis van taxonomische groeperingen zijn er 54 Diptera, 23 Hemiptera, 16 Acarina, 14 Lepidoptera, 6 Coleoptera en de overige 9 zijn tripsen, vlooien, kakkerlakken en luizen. Het is duidelijk dat resistentie wijdverspreid is onder ongedierte zonder ruggengraat. Het aantal getroffen populaties en soorten blijft toenemen.

Het optreden van resistentie houdt verband met het wijdverbreide gebruik van persistente insecticiden in de twintigste eeuw. Het werd voor het eerst waargenomen meer dan 50 jaar geleden, maar pas na de Tweede Wereldoorlog is het zo wijdverbreid geworden. De geschiedenis van de verspreiding van resistentie is als volgt (A. W. A. Brown, 1958):

1908	Kalkzwavel op San Jose-schildluis in appels
1916	Waterstofcyanide op rode en zwarte schildluizen in citrusvruchten
1928	Arseen op fruitmot in appels [144]
1935	Arseen op teken van runderen
1938	Waterstofcyanide op citricola-schildluis in citrusvruchten
1939	Waterstofcyanide op meelkevers in graan
1942	Tartar emetic op trips in citrusvruchten Fenothiazine op schroefwormen bij runderen
1946	DDT op huisvliegen
1947	DDT op muggen
1949	Parathion op kasmijten
1951	DDT op lichaamsluizen DDT op fruitmot in appels

1952	DDT op muggen (gedragsresistente resistentie) Pyrethrum op huisvliegen
1955	Parathion op huisvliegen
1963	Veel insecticiden en meer dan 120 soorten geleedpotigen, en de recente suggestie (1962) dat ook gewervelde dieren met een korte generatietijd resistent kunnen worden tegen insecticiden.

Deze lijst bevat alleen de eerste gevallen van resistentie tegen belangrijke insecticiden. Veel soorten en milieusituaties zijn niet opgenomen, evenmin als de complexiteit van kruisresistentie. Meer dan 30 soorten belangrijke plagen zijn resistent tegen DDT alleen, en de meeste daarvan hebben een zekere mate van resistentie tegen verwante organische insecticiden, ongeacht of ze daar eerder aan zijn blootgesteld. Het is gebruikelijk dat tijdens het proces van het verkrijgen van resistentie tegen de primaire blootstelling ook resistentie tegen verwante insecticiden wordt verworven. Dergelijke kruisresistentie valt uiteen in drie groepen. De eerste omvat DDT en zijn analogen, methoxychlor en DDD. De tweede is dieldrin en de verwante chemische stoffen aldrin, endrin, heptachloor, chloordaan, toxafeen en BHC. Het derde type resistentie is tegen organische fosforverbindingen, die op hun beurt weer kunnen worden onderverdeeld in subtypen.

De resistentie blijft mogelijk niet op hetzelfde niveau als de blootstelling aan de chemische stof wordt stopgezet. Normaal gesproken wordt dit veroorzaakt door de verdunnende werking van paringen met “wilde” individuen uit omringende populaties waarin geen resistentie is ontwikkeld. Hoewel

nieuwe broedplaatsen of besluiten niet menselijke woningen binnen te gaan. Als de eigenschap is geselecteerd door een insecticide behandeling die een groot deel van de populatie die dit gedrag niet vertoont, heeft verwijderd, is de eigenschap even zeker “resistent” als elke fysiologische of morfologische manifestatie. Het gedrag van een individu is immers de functionele uitdrukking van al zijn samenstellende delen. Als de nadruk ligt op de interacties met de omgeving van een nieuw gedragspatroon, kunnen we terecht spreken van “ecologische resistentie” als een uitbreiding van het nieuw verworven gedragspatroon.

In zekere zin is het mogelijk om alle resistentieproblemen onder een ecologische noemer te brengen. Hoewel de precieze mechanismen doorgaans in het laboratorium worden opgehelderd, ligt de betekenis van resistentie in de natuur. Deze betekenis is tweeledig: het illustreert het verbazingwekkende aanpassingsvermogen van insecten, dat snelle evolutionaire veranderingen mogelijk maakt, en het herinnert ons eraan dat voedselproductie en ziektepreventie in wezen complexe biologische processen zijn die nog niet volledig worden begrepen of beheerst. We zijn nog niet bevrijd van onze afhankelijkheid van de natuur en de uitdagingen die deze ons biedt.

Er zijn twee bijkomende vragen die belangrijk genoeg zijn om gesteld te worden, ook al kunnen ze niet beantwoord worden. Worden andere insectensoorten dan plaaginsecten ook resistent? En heeft een insecticideresistente populatie dezelfde dichtheid (aantal per oppervlakte-eenheid) als een niet-resistente populatie?

Wat de eerste vraag betreft, zijn verschillende soorten laboratoriuminsecten natuurlijk al onderworpen aan geïnduceerde resistentie. Er is weinig moeite gedaan om nuttige roofinsecten te selecteren op resistentie voordat ze als biologische bestrijdingsmiddelen worden uitgezet; het is mogelijk om dit te doen, maar niet praktisch. [146] Er is alleen een suggestie dat andere gewasinsecten dan plaaginsecten resistent kunnen worden. De mogelijkheid is nog niet onderzocht, noch wat betreft het voorkomen ervan, noch wat betreft de benutting ervan. Kortom, de vraag met betrekking tot geleedpotigen kan worden gesteld, maar niet worden beantwoord.

Zeer recentelijk heeft een groep van de Mississippi State University echter sterk bewijs geleverd voor de waarschijnlijkheid van resistentie tegen insecticiden bij gewervelde dieren (Boyd et al., 1962, 1963; Vinson et al., 1962). De studies daar waren gericht op krekels (*Acris*) en muggenvissen (*Gambusia*) die leven in sloten, vijvers en moerassen grenzend aan intensief behandelde katoenvelden. DDT wordt al lang gebruikt op deze velden, hoewel ook toxafeen, methylparathion en endrin veel worden toegepast. Twaalf keer per groeiseizoen pesticiden vanuit de lucht verspreiden is niet ongebruikelijk en de hoge toxiciteit van rondwarrelende spoeistoffen is bevestigd door incidentele massale sterfte van gewervelde dieren, variërend van vissen tot watervogels. Het feit dat kriketkikkers en muggenvissen in een dergelijke omgeving konden overleven, leidde tot experimentele tests met DDT, die duidelijk bevestigden dat deze organismen inderdaad een ongewoon vermogen hadden om te

overleven in verontreinigd water dat dodelijk was voor individuen die er niet eerder aan waren blootgesteld. Bovendien kon ook kruisresistentie tegen aldrin worden aangetoond, hoewel aldrin niet op nabijgelegen katoenvelden was gebruikt. Vermoedelijk vindt er onder deze vissen en kikkers een intensieve selectie plaats van genetisch aanpasbare fracties van de totale populatie, op een manier die volledig vergelijkbaar is met die bij geleedpotigen.

Het antwoord op de tweede vraag – dichtheid populatie – is “nee”. Hieraan moet echter worden toegevoegd dat de redenen voor de grotere *abundantie* – talrijkheid – van resistente insecten niet altijd duidelijk zijn. Bovendien is in enkele gevallen het tegenovergestelde waar. Een toename van de populatie van resistente vormen kan het gevolg zijn van een succesvollere voortplanting (in verband met een grotere vitaliteit), of van het wegvallen van natuurlijke remmende factoren. Hoewel veel eerdere studies weinig of geen verschillen in vruchtbaarheid tussen resistente en niet-resistente stammen aantoonde, blijkt uit recenter onderzoek dat sommige resistente stammen meer eitjes leggen (Gratz, 1959). De eerdere studies richtten zich op DDT-resistentie. Vooral dieldrinresistentie lijkt verantwoordelijk te zijn voor een groter voortplantingssucces. De kwestie is nog niet opgelost. In het algemeen lijkt het erop dat de meeste resistente stammen geen bijzondere extra vitaliteit hebben (voortplantingspotentieel als een uiting daarvan), maar dat er variatie optreedt, variërend van een slechter tot een sterk verbeterd voortplantingssucces. De vele waargenomen toenames van de populatie-aantallen van resistente stammen zijn waarschijnlijk niet te

danken aan een grotere vitaliteit of voortplantingsprestaties.

[147] Opgemerkt moet worden dat de effecten van insecticidenbehandeling veel verder reiken dan de doelsoorten. Een grotere populatie van resistente insecten is dan ook niet zozeer het gevolg van een inherent voordeel, maar van de effecten van insecticiden op niet-doelsoorten die normaal gesproken concurreren met of jagen op de resistente vorm. Het wegvallen van natuurlijke beperkingen van het aantal individuen is herhaaldelijk aangetoond bij insecten die van belang zijn voor de landbouw en de geneeskunde (zie hoofdstuk 21). Ik wil dit bekrachtigen met enkele voorbeelden uit volksgezondheidsprogramma's (Gratz, 1959). In Zanzibar namen de populaties van bedwantsen, vlooien en kippenmijten toe na het sproeien met dieldrin. In Zuid-Rhodesië nam het aantal bedwantsen dat resistent was tegen BHC, DDT en dieldrin toe tot aantallen die voorheen in het gebied onbekend waren. In Phoenix, Arizona, kwamen resistente huisvliegen in veel grotere aantallen voor in met dieldrin behandelde privétoiletten; de reden lijkt te zijn dat een zeer gevoelige concurrerende vliegsoort is uitgeroeid, die normaal gesproken de inhoud van privétoiletten ongeschikt maakt als broedplaats voor huisvliegen. A. W. A. Brown (1958) vestigt de aandacht op de toegenomen productie van huisvliegen in Liberia, Nepal, Saoedi-Arabië, Japan, Sicilië, Sardinië, Egypte, Kenia en Tanganyika na besproeiing. De lijst wordt dus steeds langer; het probleem is wereldwijd.

Ik weet niet in hoeverre de hierboven beschreven effecten kunnen worden uitgebreid tot zogenaamde natuurlijke populaties. Bovendien zijn de processen die resistentie tegen in-

secticiden tot stand brengen en de daaruit voortvloeiende ecologische gevolgen het gevolg van biologische verschijnselen. Waar blootstelling aan insecticiden plaatsvindt, kunnen ingrijpende effecten in de natuur worden voorspeld.

Het voorkomen en het belang van resistentie tegen insecticiden bij insecten kan als volgt worden samengevat (zie ook Fay, 1959):

Het aantal resistente soorten en hun verspreidingsgebied zullen blijven toenemen.

Resistentie is het gevolg van voortdurende blootstelling van insecten aan giftige chemische stoffen; het komt voor bij een grote verscheidenheid aan insecten en wordt veroorzaakt door een grote verscheidenheid aan chemische stoffen.

Resistentie wordt het vaakst in verband gebracht met persistente chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden; wanneer niet-persistente chemische stoffen resistentie veroorzaken, is dit het gevolg van veelvuldig gebruik.

Resistentie tegen één insecticide leidt vaak tot een zekere mate van resistentie tegen andere verwante insecticiden, zelfs als er geen blootstelling aan deze insecticiden heeft plaatsgevonden.

Het fenomeen resistentie is de belangrijkste biologische beperking voor een succesvolle bestrijding van insecten.

De nadruk op persistente insecticiden voor ongediertebestrijding wordt langzaam teruggetrokken en er is een gedeeltelijke terugkeer naar basisvoorzieningen, culturele praktijken of biologische bestrijding gaande. [148]

Resistente insecten zijn over het algemeen niet sterker dan

niet-resistente insecten, maar hun aantal per oppervlakte-eenheid is vaak groter. Dit houdt verband met de nadelige effecten van de behandeling op concurrerende of roofzuchtige soorten die normaal gesproken het aantal beperken.

Er is geen kennis over de ontwikkeling van resistentie in niet-schadelijke insectensoorten in de natuur, en pas recentelijk is resistentie vastgesteld bij vissen en amfibieën.

Er zijn veel meer feiten uit de praktijk nodig om de volledige betekenis van resistentieverschijnselen te kunnen beoordelen. Niettemin biedt de huidige resistentie tegen insecticiden een somber vooruitzicht voor het toekomstige gebruik van chemicaliën in grootschalige insectenbestrijdingsprogramma's.

HOOFDSTUK – 12

GEVAREN VOOR DE MENS

Het doel van ongediertebestrijding is om de mens te helpen en iets te beschermen wat voor hem waardevol is. De mens bedenkt de bestrijdingsmethoden en produceert en distribueert de chemicaliën die daarvoor nodig zijn. Hij moet zichzelf ook beschermen tegen de schadelijke effecten van de chemicaliën die hij bij de ongediertebestrijding gebruikt. De waarden die hij hoog in het vaandel heeft staan en zijn verlangen naar zelfbescherming plaatsen hem in een heel andere categorie dan de andere organismen die in dit boek worden beschreven. Hij verdient daarom een speciale behandeling als initiatiefnemer van praktijken die hem zowel ten goede komen als schade berokkenen.

Ik ben niet van plan om uitgebreid in te gaan op de gevaren van pesticiden voor de mens (zie ook hoofdstuk 10). Ons eigenbelang komt tot uiting in duizenden artikelen over gevaren voor de mens. Er zijn enkele uitstekende overzichtsartikelen verschenen, die het raadplegen waard zijn. Ik verwijs in het bijzonder naar die van J. M. Barnes (1958) en W. J. Hayes (1959, 1960), die zich kenmerken door een grote reikwijdte en een uitstekende technische kennis van volksgezondheidskwesties. Ik moet hier echter aan toevoegen dat, waar het om waardeoordelen gaat, de opvattingen van deze

of andere recensenten evenzeer ter discussie staan als die van ieder ander. [150] Het woord “deskundige” moet worden voorbehouden aan technische expertise.

Mensen zijn beter beschermd tegen schade door pesticiden dan andere levende wezens. Dat wordt gewaarborgd door wetgeving, onderwijs en moraal. In statistische zin is de mens redelijk goed beschermd tegen de directe gevolgen van zijn eigen uitvindingen. De herhaaldelijk geuite twijfels over de veiligheid zijn van tweeërlei aard: bezorgdheid over het deel van de bevolking dat per ongeluk in direct contact komt met giftige chemicaliën, en bezorgdheid over de consumptieve meerderheid die voortdurend lage concentraties van insecticiden via de voeding binnenkrijgt. Ik laat voorlopig buiten beschouwing het kleine deel van de bevolking dat pleit voor een volledige afschaffing van chemische bestrijding van ongedierte.

Directe blootstelling aan giftige hoeveelheden chemicaliën is meestal per ongeluk. Slechts in zeldzame gevallen is blootstelling opzettelijk. Een aantal zelfmoorden (en enkele moorden) is gepleegd met behulp van landbouwchemicaliën. Sommige van deze chemicaliën zijn daar bijzonder geschikt voor. Parathion is bijvoorbeeld in Duitsland vaak gebruikt voor zelfmoord. Het merendeel van de ziektegevallen of sterfgevallen is niet opzettelijk en het gevolg van onzorgvuldigheid of onwetendheid.

In huishoudens kunnen volwassenen onbewust besmet voedsel binnenkrijgen of kunnen kinderen toegang krijgen tot opgeslagen pesticiden of tot de lege verpakkingen waarin deze zijn geleverd. Parathion en thallium hebben bijvoor-

beeld beide de dood veroorzaakt door hun aanwezigheid in meel. Een heel gezin werd ziek na het eten van spinazie die was vervoerd in een jutezak waarin eerder parathion had gezeten; de spinazie zelf was vrij van insecticiden. Er zijn veel gevallen van accidentele sterfte onder kinderen gemeld. Bijzonder verantwoordelijk zijn rodenticiden en organische fosfaatinsecticiden die worden bewaard in gemakkelijk te openen of breekbare verpakkingen. Zo stierf een kind na het drinken uit een Coca-Cola-fles waarin parathion was bewaard. Een meisje stierf nadat ze een fles TEPP had gebroken en een deel van de inhoud over zichzelf had gemorst. Een ander kind stierf na het spelen in een grote lege verpakking waarin parathionstof had gezeten. Grove onzorgvuldigheid en onwetendheid zijn evenzeer de oorzaak als de pesticiden zelf. Blootstelling van deze aard blijft voorkomen en is wellicht altijd te verwachten. In de Verenigde Staten worden jaarlijks ongeveer 150 sterfgevallen toegeschreven aan pesticiden. In één jaar (1956) was bijna de helft te wijten aan de “oudere” pesticiden, arseen en fosfor. In dat jaar waren slechts 35 van het totale aantal sterfgevallen in verband gebracht met de nieuwere synthetische verbindingen. De volksgezondheidsdiensten en vergiftigingeninformatiecentra in de Verenigde Staten doen al het mogelijke om dit soort gevaren te reguleren en voorlichting te geven. [151] De Wereldgezondheidsorganisatie verzamelt via haar afdeling Milieuhygiëne gepubliceerde gevallen van ziekte of overlijden door pesticiden over de hele wereld. Uit deze rapporten blijkt duidelijk dat het probleem geen landsgrenzen kent, maar dat de mate waarin een bevolking zich bewust is van de giftigheid van pesticiden, samenhangt met het aantal ver-

giftigingsgevallen.

Beroepsmatige blootstelling leidt veel vaker tot ziekte of overlijden door pesticiden dan accidentele blootstelling. Elk jaar worden wereldwijd honderden gevallen geregistreerd. In de meeste gevallen gaat het om gebruikers die door onzorgvuldigheid of onwetendheid de voorzorgsmaatregelen niet in acht nemen of niet begrijpen. Mannen die werkzaam zijn in de productie of formulering van pesticiden worden getraind om gevaren te vermijden; ongevallen komen dan ook zelden voor bij deze blootstellingen.

Het aantal ongevallen onder spuiters is toegenomen naarmate het gebruik, de verscheidenheid en de verspreiding van pesticiden zijn toegenomen. Hoe verleidelijk het ook is, de toename van het aantal ongevallen kan niet worden toegeschreven aan ongeletterde inheemse volkeren. Californië bijvoorbeeld, waar pesticiden in grotere hoeveelheden en in meer variëteiten worden gebruikt en waar het gebruik ervan strenger wordt gereguleerd en gecontroleerd dan in enig ander vergelijkbaar gebied op aarde, heeft een opvallende toename van het aantal vergiftigingsgevallen gekend. In 1957 werden bijna 500 gevallen van vergiftiging met landbouwchemicaliën gemeld. Het grootste aantal werd veroorzaakt door blootstelling aan organische fosfaatinsecticiden. Slechts één geval in dat jaar was dodelijk: een “swamper” stierf binnen vijf uur na het schoonmaken van een vliegtuig dat eerder was gebruikt voor het verspreiden van demeton (Kleinman et al., 1960). In recentere jaren is het aantal vergiftigingen toegenomen. Beroepsvergiftiging door landbouwchemicaliën in Californië is tussen 1957 en 1959 meer

dan verdubbeld (Calif. Dept. Publ. Health, 1961). In 1959 werden bijna 1100 gevallen gemeld. Bijna de helft daarvan betrof systemische vergiftiging, waarvan veruit het grootste percentage (81,7%) werd veroorzaakt door organofosforinsecticiden. Vooral Mexicaanse braceros, die seizoensgebonden werden ingehuurd om op de Californische velden te werken, waren kwetsbaar. Bij verschillende gelegenheden werden hele ploegen mannen ziek door residuen van parathion, Thimet en fosdrin. Dit soort vergiftigingen moet grotendeels worden tegengegaan door voorlichting en zorgvuldigheid bij het omgaan met chemicaliën. Instructie is echter niet voldoende; er moet nog veel meer worden geleerd over de afbraak en de wijze van blootstelling aan gebruikte chemicaliën voordat volledige correctie mogelijk is.

[152] De landbouwvliegtuigindustrie is bijzonder gevoelig voor letsel door pesticiden. Vergiftiging is in feite het grootste gevaar in de sector en het belang ervan neemt met het jaar toe.

Een bepaald percentage letsel is te verwachten wanneer pesticiden veel worden gebruikt. Onwetendheid ligt hieraan ten grondslag; in theorie kan het aantal letsels worden vermindert door voorlichting. Bij analfabete bevolkingsgroepen die onvoldoende middelen hebben voor een correct gebruik van chemicaliën en adequate veiligheidsmaatregelen, is een vermindering minder waarschijnlijk. Een Mexicaanse landarbeider die niet kan lezen, kan niet worden beschermd door voorzorgsmaatregelen op etiketten.

In veel landen zijn de omstandigheden waaronder pesticiden worden toegepast primitief en zijn grote risico's bij het ge-

bruik van pesticiden inherent en vanzelfsprekend. Tegelijkertijd is in die landen de noodzaak van drastische maatregelen voor ongediertebestrijding overduidelijk. De malaria-bestrijdingscampagnes hebben op zichzelf al geleid tot een verlichting van het menselijk leed die zijn weerga niet kent in de geschiedenis. Welke kanttekeningen men ook mag plaatsen bij de gevaren van ongediertebestrijding, men moet toegeven dat het risico dat wordt genomen in verhouding moet staan tot de noodzaak. In die landen is de noodzaak groot; deze is in geen geval te vergelijken met de verwende eisen van een welvarend volk zoals dat in de Verenigde Staten.

De vraag naar het belang van residuen in levensmiddelen heeft een nationale controverse doen ontstaan, waarin grote delen van het publiek en verschillende staats- en federale instanties tegenover elkaar staan. Het geschil berust op verschillende tegenstrijdige elementen:

Sommige mensen, voor het gemak gegroepeerd als “biologische boeren”, willen geen gebruik van landbouwchemicaliën; zij leggen de nadruk op natuurlijke bestrijding.

Sommige vertegenwoordigers van de chemische industrie en instanties hebben het gebruik van pesticiden overijverig gepromoot.

Er zijn soms buitensporige hoeveelheden chemische residuen in levensmiddelen aangetroffen.

Pesticiden hebben in veel gevallen bijen, huisdieren en wilde dieren gedood.

Velen vinden de controlecampagnes van de overheid te eenzijdig.

dig; er is onvoldoende aandacht besteed aan de totale effecten van het gebruik van pesticiden (bijvoorbeeld in de campagne tegen de vuurmier).

De snelle toename van het gebruik van giftige chemicaliën, in combinatie met de bekende schadelijke effecten ervan, is niet gepaard gegaan met een evenredige toename van het onderzoek naar de gevaren en de inspectieactiviteiten.

Door “bangmakerij” in de media is bij veel mensen een sfeer van ongerustheid ontstaan. [153]

Sommige onverwachte reacties op chemische stoffen hebben de ongerustheid nog vergroot (bijvoorbeeld de ophoping van verschillende stabiele chemische stoffen in weefsels, de toename van residuen in de bodem en in waterlopen, kortom een grotere blootstelling aan residuen dan verwacht).

Niet al het bovenstaande kan rechtstreeks in verband worden gebracht met de vraag of residuen van chemische stoffen schadelijk zijn voor de mens. Toch zijn deze onderwerpen in alle belangrijke onderzoeken met elkaar verweven. Ze kwamen aan de orde in de Delaney Committee en latere hoorzittingen van het Congres, de rechtszaak tegen de bestrijdingscampagne tegen de gypsy moth op Long Island (het zogenaamde DDT-proces), de twee speciale commissies van de gouverneurs (Wisconsin en Californië), de onderzoeken naar de bestrijdingscampagne tegen de vuurmier en de beraadslagingen van de National Research Council (zie hoofdstuk 5).

Niet al deze controversiële elementen kunnen even zwaar worden gewogen, noch kunnen ze allemaal worden terugge-

bracht tot een feitelijke beoordeling. Om een algemene beoordeling te kunnen geven, stel ik vier fundamentele vragen, die ik zal beantwoorden met een korte mening over de huidige stand van zaken.

Worden levensmiddelen verontreinigd met residuen van bestrijdingsmiddelen? Ja, dat gebeurt, maar het komt aan op het soort levensmiddel, de manier waarop het is geproduceerd en in zekere mate ook de regio waar het vandaan komt. De hoeveelheden zijn meestal sporen, ver onder de door de Food and Drug Administration vastgestelde residu-tolerantieniveaus. Overmatige hoeveelheden, dat wil zeggen hoeveelheden die de wettelijke tolerantieniveaus overschrijden, komen zelden voor en zijn meestal het gevolg van het niet opvolgen van de precieze aanbevelingen voor het gebruik. De enige belangrijke uitzonderingen doen zich voor in melk en in het vetweefsel van slachtdieren. Volgens de wet mogen er geen residuen in melk aanwezig zijn, maar uit monsters blijkt dat melk die in de handel wordt gebracht, consequent verontreinigd is, meestal in sporenhoeveelheden (zie hoofdstuk 13). De verontreinigingen zijn meestal gechlореerde koolwaterstofinsecticiden, waarvan de meeste momenteel niet worden aanbevolen voor gebruik in de buurt van melkveestallen. Achtergebleven residuen van eerdere behandelingen, de bijna universele aanwezigheid van DDT, het voeren van verontreinigd voer of overtredingen van het gebruiksvoorschrift moeten hiervoor verantwoordelijk worden gehouden. Verontreiniging van vlees is voornamelijk het gevolg van het voeren van verontreinigd voer. Waarschijnlijk wordt residu op voer meestal niet vermoed. Resi-

duale verontreiniging van levensmiddelen kan gemakkelijk worden overgedragen op menselijk weefsel. In een studie (Laug et al., 1950) werd het gemiddelde DDT-gehalte in de moedermelk van twintig vrouwen met baby in een ziekenhuis in Washington D.C. vastgesteld op 0,13 ppm; geen van de vrouwen was beroepsmatig blootgesteld aan DDT. [154] De gemiddelde concentratie DDT in menselijk vetweefsel is de afgelopen vijftien jaar gestaag gestegen; in 1963 bedroeg deze 12 ppm. Mensen die beroepsmatig worden blootgesteld aan DDT hebben doorgaans hogere concentraties. De alomtegenwoordigheid van DDT-residuen in voedingsmiddelen is hiervan de oorzaak. In een willekeurige analyse van typische restaurantmaaltijden bleek alle maaltijden DDT te bevatten. De gemiddelde maaltijd bevatte 0,2 ppm (Walker et al., 1954). Kortom, de meeste maaltijden en de meeste mensen bevatten residuen van bestrijdingsmiddelen.

Vormen residuen in levensmiddelen een significant gevaar voor de gezondheid van de mens? Het antwoord is misschien discutabel. De meeste beoordelende instanties zeggen “nee”. Een minderheid stelt niet alleen dat de huidige residuen in menselijk weefsel schadelijk zijn, maar ook dat hun aanwezigheid in verband kan worden gebracht met bepaalde pathologische aandoeningen. Hayes (1959) stelt dat er geen belangrijke pathologische veranderingen kunnen worden in verband gebracht met DDT-residuen in menselijk weefsel en dat insecticiden, mits correct gebruikt, geen oorzaak zijn van ziekten bij mens of dier. Hij schat de hoeveelheid residuen die in typische maaltijden is aangetroffen op ongeveer een honderdste van de hoeveelheid die nodig is

om twijfelachtige leververanderingen bij ratten te veroorzaken. Dr. Hayes heeft menselijke vrijwilligers gedurende meer dan een jaar dagelijks relatief grote hoeveelheden DDT toegediend zonder dat er duidelijke pathologische effecten optraden.

De hoeveelheid DDT en zijn metabolieten in het vet van personen zonder beroepsmatige blootstelling in de Verenigde Staten is de afgelopen vijftien jaar gestaag toegenomen. Hayes (1959) schatte de gemiddelde hoeveelheid in 1958 op 5 tot 6 ppm. In 1963 bedroeg de hoeveelheid ongeveer 12 ppm. Recente studies in Engeland en Duitsland tonen een gemiddelde concentratie van 2 ppm aan. Onlangs is dieldrin aangetroffen in het vet van inwoners van Zuid-Engeland. Het is zeer waarschijnlijk dat dieldrin en andere chloorhoudende koolwaterstofresiduen op grote schaal zullen worden aangetroffen bij Amerikanen wanneer er passende monsters worden genomen (Kennedy, 1963).

Mijn persoonlijke oordeel is dat de huidige toegestane residuen in levensmiddelen niet aantoonbaar schadelijke effecten hebben gehad op de algemene gezondheid. Sommige personen kunnen bijzonder gevoelig zijn voor deze residuen, maar het is zeer moeilijk om een verband te leggen tussen deze gevoeligheid en pesticiden. Evenmin is een grotere vatbaarheid voor ziekten aangetoond. Niettemin moet het gevaar van inname van residuen gedurende zeer lange perioden nog worden beoordeeld. Als de residuen in het algemeen toenemen, zou elk gevaar worden vergroot. Bovendien kan het grootste deel van de bevolking deze residuen niet ontlopen. Het zou voor onze “deskundigen” meer dan

gênant zijn als zou blijken dat er op lange termijn wel degelijk significante effecten optreden. [155] Honderdtachtig miljoen menselijke proefkonijnen zouden een hoge prijs hebben betaald voor hun vertrouwen. Een ernstige morele vraag moet nog worden beantwoord. Hebben wij het recht om te eisen dat wij kunnen kiezen tussen met residuen verontreinigd en niet-verontreinigd voedsel? De huidige wetgeving inzake residuen zegt in feite “nee”!

Zijn de huidige overheidsinstanties in staat om de residugehalten goed te controleren en te garanderen dat de veiligheidsnormen worden nageleefd?

Ik denk van niet. Ik heb eerder aangegeven dat fabrikanten en regelgevende en adviserende instanties sterk afhankelijk zijn van “gebruikservaring”. Impliciet in deze afhankelijkheid is het vermogen om overtredingen of nieuwe patronen in de verspreiding van residuen op te sporen. De inspecterende instanties zijn voor deze taken slecht bemand. Bovendien bestaat de neiging om lage verontreinigingsniveaus licht op te vatten als handhaving moeilijk is. Dit geldt met name voor producenten van melk en andere dierlijke producten. Deze neiging wordt tegengegaan door een algemene aanscherping van de aanbevelingen voor procedures voor het gebruik van chemische stoffen, die grotendeels voortkomt uit de mogelijke afkeuring van producten en uit publieke kritiek. Dit geldt met name voor de landbouwproefstations in de afgelopen drie of vier jaar. Zij zijn wettelijk aansprakelijk indien een aanbevolen procedure leidt tot residuen die de vastgestelde grenswaarden overschrijden. Hoewel er recentelijk conservatieve krachten in het spel zijn ge-

komen, vraagt de toename van de residucontaminatie om veel meer inspecties. Een verdubbeling van het aantal inspecteurs en onderzoekers op het gebied van residuen lijkt op dit moment gerechtvaardigd.

Is een oordeel dat residuen van chemische stoffen op dit moment geen gevaar vormen voor de mens ook van toepassing op andere levensvormen? Het antwoord is duidelijk “nee”. De productie en het in de handel brengen van levensmiddelen zijn goed begrepen processen. “Residubeheer”, om een term te gebruiken, is momenteel ontoereikend, maar op termijn zal er in ieder geval enig inzicht komen in de niveaus in levensmiddelen en de effecten daarvan op de mens. Er is echter nog maar weinig bekend over de cumulatieve effecten van residuen in de bodem, over de hoeveelheden en de wegen waarlangs chemische stoffen uit behandelde gebieden ontsnappen, over de hoeveelheden die in levende organismen aanwezig zijn en de wegen waarlangs deze organismen residuen concentreren en overdragen, en over de chemische omzettingen die in de bodem en in levende organismen plaatsvinden. Ik vond het merkwaardig paradoxaal dat de Special Committee on Public Policy Regarding Agricultural Chemicals (Mrak, 1960) van de gouverneur van Californië enerzijds kon concluderen dat er geen onbeheersbare residuproblemen bestonden en anderzijds elf punten aanbeveelde voor strengere administratieve controles of intensiever onderzoek. [156] Met een van de aanbevelingen van de commissie – een voorstel voor een Ecologisch Onderzoekscentrum – ben ik het van harte eens. Het is echter een stilzwijgende erkenning dat “milieuhygiëne” – die voor een

groot deel betrekking heeft op chemische residuen – een gebied is dat nog veel verder moet worden onderzocht.

DEEL – IV.

DE REACTIES VAN HET MILIEU OP CHEMISCHE BESTRIJDING

HOOFDSTUK – 13

RESIDUEN VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN

De chemische stoffen die worden gebruikt om insecten in de landbouw te bestrijden, worden normaal gesproken op het bladoppervlak van planten aangebracht. Een groot deel komt natuurlijk niet op de plant terecht, maar blijft op het grondoppervlak achter. Door afvloeiing van de plant komt er nog meer op het grondoppervlak terecht. Nog meer komt er bij door bepaalde bestrijdingsmiddelen die rechtstreeks op de grond worden aangebracht. Bij elke toepassing door middel van sproeien komt het middel dus zowel op de plant als op het grondoppervlak terecht. Door regen of normale teelt komt een deel van de toegepaste pesticiden in de bodem terecht. Zonder rekening te houden met natuurlijke dynamiek kunnen we verwachten dat pesticiden terechtkomen op de plant zelf, op het grondoppervlak en in de bovenste paar inches van de bodem. Behalve bij dieplopende bomen en struiken valt de hele plantstructuur in een behandeld gebied – van de wortelpunt tot het meristeem – binnen de verontreinigde zone.

Het chemische mengsel dat op de plant of de grond valt, vormt een afzetting die nodig is voor de bestrijding van ongedierte. Deze afzetting behoudt normaal gesproken niet lang zijn oorspronkelijke karakter. De afzetting verandert

onder invloed van levende organismen en door de fysische effecten van warmte, licht en water. [160] Het resterende deel van de omgezette afzetting is wat ik herhaaldelijk heb aangeduid als residu. Het residu zelf kan verminderde hoeveelheden van het oorspronkelijke toxische bestanddeel bevatten, metabolische derivaten van deze chemische stof, fysisch omgezette derivaten met een heel andere chemische structuur en overgebleven delen van de oplosmiddelen en verdunningsmiddelen van het oorspronkelijke materiaal. De zeer grote verschillen in chemische reacties op de nog grotere variabiliteit van de natuur maken een nauwkeurige definitie van het woord “residu” onmogelijk. Zoals duidelijk zal worden, vormen de chemische aard van residuen, hun invloed op levende systemen en de specifieke betekenis die ze hebben in relatie tot ons onderwerp een uiterst complex geheel van problemen. Naast resistentie tegen insecticiden is er vandaag de dag geen enkel probleem op het gebied van chemische ongediertebestrijding dat zo belangrijk is.

Alle gangbare pesticiden produceren residuen die gedurende een aanzienlijke periode aanwezig blijven. Sommige blijven slechts een dag of twee aanwezig, andere kunnen, afhankelijk van de bodem, de plant en de weersomstandigheden, tien tot vijftien jaar of langer aanwezig blijven. Zowel de waarde als het gevaar van pesticiden ligt in het giftige deel van het residu. Bij een chemische stof als TEPP kan het giftige deel slechts een dag of twee aanwezig blijven. De restwaarde als insecticide is daarom beperkt tot deze periode. De beheersing van het gevaar gedurende deze periode hangt af van het voorkomen van toegang tot de residuen. Voor een

kortlevende chemische stof is het in principe mogelijk om contact volledig te voorkomen; na een paar dagen – misschien tot drie weken – is de beheersing van het gevaar minder succesvol. Giftige residuen die langer dan een paar dagen blijven bestaan, kunnen ernstige problemen veroorzaken. Er zijn momenteel geen aanwijzingen dat het probleem van sterk persistente residuen adequaat kan worden opgelost.

In de meeste gevallen hebben residuen op bladeren of op het directe doelwit niet langer dan twee of drie weken een pesticidegebruik. Hierop zijn twee uitzonderingen: de “systemische” chemische stoffen, waarvan de pesticidegebruik afhankelijk is van een vertraagde werking, hetzij chemisch, hetzij fysiologisch, en de meest stabiele chemische stoffen, die hun primaire structuur slechts langzaam verliezen en daardoor gedurende lange tijd pesticidegebruiken. Tot de eerste categorie behoren hormonen, herbiciden, systemische insecticiden en, bij ruime interpretatie van de definitie, anticoagulerende rodenticiden. De eerste twee zijn afhankelijk van de translocatie van het oorspronkelijke materiaal naar een nieuwe plaats in de plant, waar het gewenste effect wordt bereikt. Vaak zijn afgeleide chemische stoffen van onbekende identiteit verantwoordelijk voor het resultaat. [161] De anticoagulerende rodenticiden zijn slechts toepassingen van chronische toxiciteit – van de waarde van meervoudige blootstelling, die afzonderlijk geen dood tot gevolg zou hebben. Tot de tweede klasse behoren veel van de gangbare gechloreerde koolwaterstofinsecticiden en de meeste rodenticiden die buiten woongebieden worden gebruikt. De be-

kendste insecticiden zijn aldrin, DDT, dieldrin, endrin, heptachloor en toxafeen. Strychnine, thallium en Compound 1080 zijn de bekendste stabiele rodenticiden. Residuele insecticiden zijn bijzonder waardevol voor de bestrijding van ziekteverspreiders en bodeminsecten. Het woord “residueel” wordt normaal gesproken niet gebruikt voor rodenticiden, maar hun stabiliteit is gelijk aan of groter dan die van de zogenaamde “residuele” insecticiden. De ernstigste gevaren voor mens en dier komen uit deze tweede categorie uitzonderingen.

Het eerste kritieke aspect van het residugevaar is de overlevingstijd van stabiele chemicaliën in de bodem of op oppervlakken. Dit wordt normaal gesproken beschreven als een percentage verlies of 'verdwijning' over een bepaalde periode. Een handige uitdrukking is de 'halfwaardetijd', die de tijd beschrijft die nodig is om de helft van het residu onder normale omstandigheden te laten verdwijnen.

In **tabel 16** staan enkele halfwaardetijden (in dagen) voor persistente insecticiden op bladeren of fruit. Deze beknopte tabel geeft de grote variabiliteit aan tussen gewassoorten wat betreft de overlevingstijd van specifieke insecticiden. Een dergelijke lijst is waardevol voor marketeers, die overmatige residuen op producten voor de verkoop moeten vermijden. Ze is echter zeer misleidend. Ten eerste zegt ze niets over waar de residuen naartoe gaan of welke andere chemische verbindingen ze kunnen vormen.

TABEL 16

Residu-halfwaardetijden van enkele veelgebruikte, persistente insecticiden (uit Gunther en Jeppson, 1960)

Chemische stof	Gewas	Halfwaardetijd (dagen)
DDT	Citrus	50
	Perziken	11-15
	Alfalfa	7
Dieldrin	Citrus	60
	Appels	6
	Perziken	6
Parathion	Citrus	78
	Appels	3-6
	Alfalfa	2

[162] Ten tweede gaat ze ervan uit dat de snelheid waarmee de residuen verdwijnen gedurende de hele restlevensduur gelijk is, wat absoluut niet het geval is. Ten derde is zij gebaseerd op afzonderlijke waarden tijdens afzonderlijke teeltseizoenen. Ten vierde, en dat is het belangrijkste, wekt zij de indruk dat deze gangbare chemische stoffen relatief kortlevend zijn. In andere situaties kan hun residuele levensduur veel langer zijn. Landbouwspecialisten hebben de neiging om een specifiek residuprobleem als opgelost te beschouwen wanneer aan de handelsnormen kan worden voldaan. Biologisch gezien lost deze benadering echter weinig op.

Belangrijker is het residu reservoir in de bodem. Een groot deel van dit reservoir is afkomstig van het bovenliggende

blad en is toegevoegd aan de hoeveelheden die al in en op de bodem aanwezig waren. Het is de levensduur van deze residuen waar we ons het meest zorgen over maken. Over het algemeen blijven residuen van chemicaliën veel langer onder het blad aanwezig dan erop. Hoewel fracties inderdaad “verdwijnen”, worden deze ontbrekende fracties door herhaalde toepassingen, die vaker wel dan niet plaatsvinden, weer aangevuld en komen er nog meer bij. Een ophoping van hoeveelheden residuen van stabiele chemicaliën in de bodem is de norm geworden in landbouwgrond. Bovendien vormt de bodem uiteindelijk de bron waaruit de transformatie van chemicaliën plaatsvindt. Niet alleen nemen de hoeveelheden residuen toe, maar ook hun structuur verandert. Deze veranderingen gaan niet altijd in de richting van chemicaliën met een lagere toxiciteit. De beperking van de handelsnormen bij de beoordeling van de gevaren van residuen wordt nergens beter geïllustreerd dan door deze veranderingen in hoeveelheid en aard. Chemische transformatie blijft niet beperkt tot de bodem; biologische processen zorgen voor verdere transformatie.

We kunnen de vraag naar het voortbestaan van residuen van chemische stoffen in de bodem in twee categorieën indelen: de snelheid waarmee ze worden afgebroken of verdwijnen uit de bodem, en de opbouw of accumulatie van chemische stoffen in de bodem. Vervolgens kunnen we logischerwijs verdergaan met de volgende vragen: wat gebeurt er met chemische stoffen in de bodem en hoe kunnen ze worden overgebracht van de plaats waar ze zijn neergeslagen?

Het voortbestaan van residuen in de bodem

De snelheid waarmee chemicaliën verdwijnen, moet worden berekend na eenmalige blootstelling. Herhaalde behandelingen vertroebelen namelijk de werkelijke snelheid. Aangezien de meeste behandelingen worden herhaald, is het soms noodzakelijk om een vrij ruwe schatting te maken van de totale hoeveelheden die zijn toegepast en vervolgens jaarlijkse beoordelingen van de residuele hoeveelheden te maken, op basis waarvan een geschatte snelheid van verdwijning kan worden berekend.

DDT, BHC, chloordaan, dieldrin en heptachloor blijven lange tijd in de bodem aanwezig. Percelen die in 1947 experimenteel werden behandeld met de ongewoon hoge hoeveelheid van 100 pond DDT per acre, vertoonden in 1951 een residu van 28,2 pond per acre. [163] Als we uitgaan van een gelijkmatige jaarlijkse afname, komt dit neer op een gemiddeld jaarlijks verlies van ongeveer 18 procent van het totaal of ongeveer 27 procent van de residuen die elk jaar achterblijven (Allen et al., 1954). Na 3 jaar was de hoeveelheid BHC die met 100 pond per acre was toegepast met ongeveer de helft verminderd, wat neerkomt op een jaarlijks verdwijnen van ongeveer 20 procent. Fleming en Maines (1953) rapporteerden een verlies van ongeveer 10 procent per jaar gedurende 8 jaar in gebieden die zwaar met DDT waren behandeld tegen Japanse kevers. Lichtenstein (1957) rapporteerde in een onderzoek onder 14 boomgaarden een herstel van 26,6 procent van de totale hoeveelheid DDT die gedurende een periode van tien jaar als sproeimiddel was toegepast. MacPhee et al. (1960) schatten in een vijfjarig onder-

zoek het gemiddelde jaarlijkse verlies van DDT en BHC op respectievelijk ongeveer 12 en 16 procent. Lindaan- en aldrineresiduen in leemgrond bleven minder goed behouden; na respectievelijk twee en tweeënhalf jaar was nog slechts 10 en 3 procent aantoonbaar. De mogelijkheid van omzetting van aldrine in dieldrin kon niet worden gecontroleerd omdat er geen dieldrinanalyses werden uitgevoerd (Lichtenstein en Schultz, 1959a). Uit bodems die negen jaar eerder waren behandeld, werd geen heptachloor teruggevonden, maar het omzettingsproduct heptachloorepoxide was aanwezig in ongeveer 5 procent van de oorspronkelijke toepassingsdosering. Onder dezelfde omstandigheden was 15 procent van een enkele toepassing van chloordaan na 12 jaar nog detecteerbaar (Lichtenstein en Polivka, 1959). In het gebied waar het bestrijdingsprogramma tegen vuurmieren werd uitgevoerd, was 12 procent van een enkele toepassing van granulaat heptachloor na zes maanden in de bodem terug te vinden (Barthel et al., 1960). Heptachloor zal naar verwachting in dit programma drie tot vijf jaar lang insectendodend blijven.

Er zouden nog andere studies kunnen worden aangehaald, maar bovenstaande studies tonen aan dat verschillende gangbare gechloreerde koolwaterstofinsecticiden inderdaad langdurig in de bodem aanwezig blijven. Oordelen op basis van residuen in voedingsmiddelen die op de markt worden gebracht, geven een verkeerd beeld van de levensduur van deze chemische stoffen. Zelfs organische fosfaatverbindingen die doorgaans als “residuvrij” worden beschouwd, blijven in kleine hoeveelheden gedurende meerdere jaren aan-

wezig (H. P. Nicholson, 1962).

Het feit dat residuen blijven bestaan, wordt nog versterkt door de toevoeging van chemicaliën bij herhaalde toepassingen, wat leidt tot ophoping van residuen in de bodem. Ophoping is bijzonder belangrijk omdat het een gevaar kan vormen voor planten die in behandelde grond groeien en omdat het de overdracht van giftige chemicaliën uit de bodem door dierlijke dragers of door fysieke inwerking waarschijnlijker maakt.

De toename van arseenresiduen in de bodem als gevolg van herhaaldelijk gebruik van arseenhoudende insecticiden wordt al een halve eeuw waargenomen (Boswell, 1952). [164] In sommige landbouwgronden bereikte de ophoping van residuen verbazingwekkende niveaus. De niveaus waren bijzonder hoog in de bodem onder fruitbomen en in bodems die bestemd waren voor de katoenteelt. Bijna alle residuen bleven beperkt tot de bovenste paar inches, en volgroeide planten waarvan de wortels ver onder de gecultiveerde laag doordrongen, vertoonden weinig of geen effecten van deze buitensporige hoeveelheden. Groentegewassen deden het echter slecht in met arseen zwaar verontreinigde bodems, net als bodembedekkers in boomgaarden. Pogingen om oude fruitbomen te vervangen door jonge mislukten meestal. Pogingen om boomgaardgrond opnieuw te gebruiken voor de productie van graan, voedergewassen of groentegewassen bleken in grote gebieden economisch rampzalig. Het probleem werd nog verergerd door de toenemende resistentie van insecten tegen arseenverbindingen, wat vooral in appelboomgaarden leidde tot zwaardere en frequentere

toepassingen van arseen. Dit patroon was vooral duidelijk in het noordwesten van de Verenigde Staten, waar in sommige gebieden tot 1400 pond arseentrioxide per acre was opgehoopt. Peulvruchten werden steeds slechter; alfalfa en bonen stierven vaak op percelen met een hoog arseengehalte, hoewel ze goed gedijden op direct aangrenzende percelen waar geen sporeiresiduen aanwezig waren. Er waren meerdere jaren van natuurlijke uitloging en chemische afbraak nodig voordat gewone gewassen als rogge, aardappelen, tomaten, bonen en erwten weer acceptabel konden groeien. De gestaag toenemende toepassingshoeveelheden leidden ertoe dat de hoeveelheden op de markt gebracht fruit uiteindelijk onaanvaardbaar werden. Groot-Brittannië wilde geen Amerikaanse appels meer kopen. Het gevaar van arseenophoping was groot, van de bodem tot het product in de winkel, en leidde, helaas heel langzaam, tot ingrijpende veranderingen in de productie, verwerking en verkoop van groenten en fruit. De economische verliezen waren enorm voor boeren die land bewerkten waar de ophoping buitensporig was. De gevolgen waren wijdverbreid en deden zich voor bij veel verschillende gewassen, en pas na vele jaren zijn de nawerkingen verminderd.

Arseenhoudende insecticiden worden nu veel minder gebruikt. De ervaringen die er in drie decennia mee zijn opgedaan, hebben echter de basis gelegd voor de huidige residu-onderzoek en wetgeving. De opkomst van DDT in 1945, snel gevolgd door verschillende andere stabiele insecticiden, verminderde het probleem met arseenhoudende middelen, maar luidde een nieuwe reeks problemen in. Insecticiden

zijn nog nooit zo op grote schaal gebruikt als in het afgelopen decennium. De meest gebruikte middelen zijn ook stabiel en hopen zich op in de bodem. Het bekendste middel is natuurlijk DDT, dat een uitstekend voorbeeld is van de neiging tot ophoping in de bodem.

[165] De kans op ophoping van DDT in de bodem door besproeiing is groter in boomgaarden en bij gewassen waarbij de groene planten na elke oogst worden ondergeploegd en in de bodem worden opgenomen, zoals gebruikelijk is bij aardappelen en suikermaïs (Ginsburg en Reed, 1954). In appelboomgaarden kan de bodem bijvoorbeeld jaarlijks 30 tot 40 pond DDT per acre accumuleren. In een onderzoek naar 12 appelboomgaarden varieerde de hoeveelheid DDT na zes jaar gebruik van 35 tot 113 pond per acre onder bomen en van 26 tot 61 pond tussen bomen. In maïsodems werd gemiddeld 11 pond DDT per acre aangetroffen, variërend van 5 tot 19. Aardappelodems bevatten gemiddeld 7 pond per acre. Een cranberrymoeras bevatte 34,5 pond DDT per acre. Dergelijke waarden zijn in veel situaties geregistreerd. Het is redelijk om te concluderen dat accumulaties de regel zullen zijn wanneer gewassen herhaaldelijk worden behandeld met stabiele insecticiden.

Accumulatie lijkt onwaarschijnlijk bij de meeste bestrijdingsoperaties tegen bosinsecten of bij gewassen waar de toepassing niet buitensporig groot is of vaak wordt herhaald. De residuele toxiciteit na eenmalige of onregelmatige toepassingen is dus het gevolg van de inherente stabiliteit van de chemische stof of de afbraakproducten ervan. Men kan zich echter afvragen hoe het zit met een aantal speciale ge-

vallen waarin de behandelingen relatief onregelmatig zijn, maar de toepassingsdoseringen hoog. Huidige voorbeelden zijn te vinden in de bestrijdingscampagnes tegen de Japanse kever, de geïmporteerde vuurmier, de witgerande kever en de iepziekte. Deze bestrijdingsprogramma's vereisen hoge doses gechloreerde koolwaterstoffen (dieldrin, heptachloor, aldrin of DDT) die bedoeld zijn om lang te blijven werken en waarvoor het niet ongebruikelijk is dat ze jaarlijks opnieuw moeten worden toegepast.

De verandering van residuen in de bodem

Hoewel residuen in de bodem normaal gesproken niet ver onder de grond doordringen, worden na het aanbrengen van insecticiden op het oppervlak sommige residuen door regen en andere natuurlijke krachten onder de grond getransporteerd. Deze neerwaartse beweging wordt bevorderd door grondbewerking en in sommige gevallen is het gebruikelijk om na het aanbrengen op het oppervlak te ploegen of te schijven. De meeste residu-ophopingen lijken zich voornamelijk te beperken tot de bovenste 30 cm van de bodem, en binnen deze diepte wordt het meeste residu aangetroffen in de bewerkte laag (10 tot 15 centimeter). In het bestrijdingsprogramma tegen vuurmieren zijn de meeste heptachloorresiduen aangetroffen in de bovenste inch van de bodem (Barthel et al., 1960). Het is duidelijk dat humuslagen binnen de zone vallen waar de meeste residuen voorkomen. Nadelige biologische reacties die volgen op residuele bodemverontreiniging kunnen meestal worden teruggevoerd tot deze paar inches van de bovenste bodemlagen. Het is

vanaf hier dat zowel planten als dieren weefselresiduen opnemen, en vanaf hier dat residuen worden afgevoerd door afvloeiend of irrigatiewater. [166] Met andere woorden, hoewel residuen vanuit het oppervlak in de bodem terechtkomen, dringen ze niet diep genoeg door om biologische gevaren te voorkomen.

Algemeen wordt aangenomen dat residuen uit de bodem verdwijnen door chemische afbraak tot niet-toxische componenten, door erosie en dissipatie, of door binding met bodemelementen. Er is echter weinig aandacht besteed aan de uiteindelijke bestemming van bodemresiduen. De meeste aandacht ging uit naar de overblijvende toxische fractie van de oorspronkelijke chemische stof. Een nieuw fenomeen heeft het vertrouwen in deze eenvoudige maatregel aan het wankelen gebracht. Afbraak- of omzettingsproducten blijken giftiger te zijn dan het oorspronkelijke residu, of de giftigheid ervan te versterken. De bekendste gevallen zijn de twee gechloreerde koolwaterstoffen aldrin en heptachloor, die op grote schaal worden gebruikt in bestrijdingsmiddelen tegen sprinkhanen, Japanse kevers en vuurmieren. Miljoenen acres zijn behandeld met deze verbindingen, die in de natuur worden omgezet in giftigere derivaten.

Enkele jaren geleden werd voor het eerst opgemerkt dat aldrin in de bodem wordt omgezet in het giftigere dieldrin. Deze chemische verandering is sindsdien herhaaldelijk bevestigd (Gannon en Bigger, 1958; Lichtenstein en Schultz, 1959a) en blijkt op grote schaal voor te komen. Aldrin zelf verdwijnt vrij snel uit de bodem, maar de omzettingsproducten blijven achter. Uit een onderzoek bleek dat na enkele ja-

ren zes tot twaalf keer meer dieldrin dan aldrin kon worden teruggevonden in met aldrin behandelde grond. De vorming van dieldrin bereikte een piek na ongeveer twee maanden en de residuen werden langzamer afgebroken dan aldrin.

Een soortgelijk beeld kan worden geschetst voor heptachloor. De omzetting in het giftigere epoxide is herhaaldelijk bevestigd. Dit verontrustende gevolg leidde tot de vaststelling van een nultolerantie voor heptachloorresiduen in levensmiddelen. Heptachloor is geen ongebruikelijk insecticide. Het meest werd heptachloor gebruikt in het bestrijdingsprogramma tegen vuurmieren, waarbij miljoenen acres werden behandeld. Bij de aanvankelijk aanbevolen dosering (2 pond per acre) op het bodemoppervlak bleef zes maanden na de behandeling 12 procent van het insecticide in de bovenste inch van de bodem achter. Dit percentage bestond uit tweeënhalf keer meer van het omzettingsproduct heptachloorepoxide dan van heptachloor (Barthel et al., 1960). Het epoxide is overigens veel giftiger voor de vuurmier dan de oorspronkelijke chemische stof.

[167] Aldrin en heptachloor werden op grote schaal gebruikt voordat dit omzettingsverschijnsel werd ontdekt. De toepassingsdoseringen, veiligheidsmaatregelen en residutoleranties waren gebaseerd op de primaire chemische stof. Logischerwijs zou geen van de oorspronkelijke aanbevelingen van kracht moeten blijven.

De overdracht van residuen uit het behandelde gebied

Op veel plaatsen in de tekst wordt verwezen naar sterfte of

minder ernstige effecten, waarvan verontreinigde grond en planten als primaire bron kunnen worden aangewezen. In grote lijnen kunnen de transportmiddelen en secundaire verontreiniging worden ingedeeld in fysische en biologische categorieën.

Giftige residuen worden voornamelijk door water van een behandeld gebied naar een onbehandeld gebied getransporteerd. De chemische stoffen hoeven niet opgelost te zijn. Verontreinigd oppervlaktewater voor irrigatie en afstromend regenwater hebben aangetoond dat ze stabiele chemische stoffen van het land naar beken en vijvers transporteren (Iti-Ticholson. et al., 1962). De gebruikelijke aanwijzing dat een dergelijk transport plaatsvindt, is vissterfte. DDT, toxafeen, heptachloor, aldrin, dieldrin en endrin zijn allemaal betrokken geweest bij dit soort verliezen (vijftien beken in het noorden van Alabama vervuild door insecticiden voor katoen, hele stroomgebieden verontreinigd door DDT voor de bestrijding van bosinsecten, heptachloor uitgelooft in boerderijvijvers in het zuiden, endrin door regen in vijvers meegevoerd, enzovoort). Er moeten minder opvallende effecten optreden, maar deze worden zelden onderzocht. De Amerikaanse volksgezondheidsdienst is begonnen met directe metingen van chemicaliën in grote rivieren in de Verenigde Staten (Tarzwell, 1959). In de Mississippi bij New Orleans werd DDT aangetroffen in concentraties van 0,02 deel per miljoen. Forel uit rivieren in de Rocky Mountains, ver van bespoten gebieden, had DDT in zijn weefsels (Cope, 1961). Zeevissen vertonen vaak residuen (Kennedy, 1963). Niemand kan precies zeggen waar deze residuen vandaan ko-

men. Residuen van pesticiden zijn ook op andere onverwachte plaatsen aangetroffen. Bij het verzamelen van verschillende soorten watervogels ten noorden van Great Slave Lake in Canada – meer dan 500 mijl van de dichtstbijzijnde bekende toepassingsgebieden van insecticiden – werden bij bijna de helft van de geanalyseerde volwassen vogels residuen aangetroffen. Alle geteste eendeneieren (vier legfels van broedende toppereenden) bevatten residuen, gemiddeld 2,2 p.p.m. DDT en metabolieten (George, 1963). Het is waarschijnlijk dat de hoeveelheden residuen zullen toenemen en dat we verrast zullen blijven wanneer we ze aantreffen. De Miller Bill staat toe dat een bepaalde hoeveelheid residu via voedingsmiddelen het land verlaat. Andere routes waarlangs residu het land verlaat, kunnen niet goed worden gereguleerd, behalve door de hoeveelheden die op het land worden aangebracht te verminderen.

Belangrijker dan de fysieke route is de biologische route die residu aflegt wanneer het het gebied waar het is afgezet verlaat (Entomol. Research Div., 1959; U.S. Fish and Wildl. Serv., 1962). [168] De mogelijke routes zijn zo talrijk en gevarieerd dat classificatie moeilijk is. Bovendien worden ze gecompliceerd door verschillende waarden en door het jargon van gespecialiseerde vakgebieden. Ik zal de belangrijkste routes voor de overdracht van residuen schetsen, waarbij ik benadruk dat de categorieën elkaar niet uitsluiten. Veel van de categorieën zijn belangrijk genoeg om in andere hoofdstukken uitvoerig te worden behandeld; deze hoofdstukken worden aangeduid met verwijzingen in de betreffende paragraaf.

ENKELVOUDIGE RELATIES IN BIOLOGISCHE OVERDRACHT

Opname van residuen in plantenweefsels. – Sommige residuen zijn bedoeld om door de plant te circuleren, zoals bij het gebruik van sommige herbiciden en systemische insecticiden. Andere insecticiden kunnen zich over de hele plant verspreiden, maar worden niet voor dit doel toegepast. De meeste hechten zich toevallig aan het buitenoppervlak of worden, indien geabsorbeerd, opgenomen in bepaalde plaatsen dicht bij het oppervlak. De wortelharen en de wasachtige cuticula van vruchten zoals appels en citrusvruchten zijn favoriete plaatsen waar ze zich concentreren. Alleen toevallige hechting aan het oppervlak kan door reiniging worden verwijderd.

Direct contact van dieren met besmette grond en planten. – Dieren kunnen in contact komen met giftige residuen op planten of grondoppervlakken en in de bodem. Fysiek contact met besmette oppervlakken leidt tot chemische opname, voornamelijk via de huid en de luchtwegen (bijvoorbeeld sterfte onder grondvogels in het gebied waar rode mieren worden bestreden).

Inname van plantaardig voedsel dat residuen bevat, kan leiden tot vergiftigingsverschijnselen (het gewoonlijk waargenomen resultaat, zoals het sterven van houtduiven of eenden door de inname van behandelde zaden) of tot opslag in weefsels in lage concentraties. Veel dieren dragen residuen in hun weefsels aan te lage concentraties om symptomen te veroorzaken (arseen bij weidevogels; DDT en aldrin bij watervogels).

Symptomatische uitingen van lage concentraties kunnen worden vertraagd totdat ongunstige omgevingsfactoren ze significant maken. De toxische drempelwaarde hangt niet alleen af van de hoeveelheid residu, maar ook van de fysiologische toestand. Een voorbeeld hiervan is de vertraagde sterfte bij forel (zonder toename van residuen in de weefsels).

MEERVOUDIGE VERBANDEN (VOEDSELKETEN) BIJ BIOLOGISCHE OVERDRACHT

Biologische dragers van residuen. – Bij dit type overdracht zijn twee of meer dragers betrokken en kan het in verschillende situaties voorkomen. [169]

- (1) Secundaire vergiftiging (zie hoofdstuk 19): Opname door dieren van vergiftigde dieren leidt tot secundaire besmetting, wat kan leiden tot de dood, tot effecten op hun jongen of tot opslag van residuen in weefsels. Secundaire vergiftiging komt vaak voor bij het gebruik van rodenticiden (coyotes en vleesetende vogels die vergiftigde knaagdieren eten) en komt waarschijnlijk vaker voor dan wordt opgemerkt bij vissen en vogels die vergiftigde insecten eten. De vergiftiging van jonge vogels door opslag in eieren van residuen afkomstig van residuen van de ouders is goed gedocumenteerd.
- (2) Langeafstandsdragere: Chemische analyses van trekvogels hebben aangetoond hoe ver residuen kunnen worden meegevoerd vanaf de plaats waar ze zijn afgezet. Watervogels bevatten vaak residuen van een of meer gechlooreerde koolwaterstofinsecticiden in hun weefsels. Tot nu toe hebben monsters aangetoond dat dit soort verontreinig-

ging vaker voorkomt bij watervogels op plaatsen waar ook sterfte is waargenomen (U.S. Fish and Wildl. Serv., 1962). In de bossen van New Brunswick is aangetoond dat houtsnippen tijdens het broedseizoen heptachloor en het epoxide daarvan in hun weefsels bevatten (gemiddeld 0,18 ppm), dat alleen afkomstig kan zijn van hun overwinteringsgebieden in Louisiana (binnen het gebied waar de rode mier wordt bestreden). In de meeste gevallen is de bron van de residuen waarschijnlijk besmet voedsel voor dieren (biologische dragers).

- (3) De menselijke gevallen – residuen op in de handel verkrijgbare levensmiddelen: De meeste dieren hebben een beperktere voedselvoorkeur dan mensen. Residuen kunnen aanwezig zijn op een grote verscheidenheid aan plantaardige en dierlijke levensmiddelen. Het verband kan eenvoudig zijn, zoals in het geval van directe consumptie van besmette plantaardige levensmiddelen. Residuen kunnen toevallig aanwezig zijn, als restanten die niet door wassen of verwerken zijn verwijderd, of ze kunnen zijn opgenomen in de wasachtige of olieachtige delen van planten, in welk geval wassen de residuen niet verwijderd. In de meeste gevallen gaat het om sporenhoeveelheden. De kans op grotere residuen is groter in dierlijke producten. Door de tussenkomst van huisdieren tussen besmette planten en de menselijke consumptie kunnen residuen worden opgeslagen en ophopen. Residuen kunnen aanwezig zijn in het vlees, de melk of de eieren van de drager. De residugehalten in vlees of melk overschrijden vaak de wettelijke tolerantienormen. In een onderzoek bleek bijvoorbeeld dat 60 procent van ongeveer 800 willekeurig in het hele land verzamelde melkmonsters residuen van gechloreerde koolwaterstofinsecticiden bevatte; volgens de

wet mogen deze niet aanwezig zijn (Clifford, 1957).

De mens staat normaal gesproken aan het einde van de voedselketen; gelukkig wordt er vrij weinig gebruik gemaakt van menselijk weefsel. Zoals opgemerkt in hoofdstuk 12, hopen residuen zich echter wel op in menselijk weefsel en in menselijke afscheidingsproducten. De processen verschillen weinig van die bij gedomesticeerde zoogdieren. [170]

Het belang van deze residuen voor de menselijke drager of voor zuigelingen, indien ze worden overgedragen, is speculatief, maar hun aanwezigheid is wel vast vastgesteld en lijkt onvermijdelijk.

Biologische concentrators van residuen (zie hoofdstuk 20). – Ik heb al verwezen naar de overdracht van residuen van de bodem naar planten, naar herbivoren, naar carnivoren en uiteindelijk naar de afscheidingsproducten van zoogdieren. Stabiele chemische stoffen kunnen via deze voedselketen worden meegevoerd, met of zonder toename van de residuen. Levende organismen kunnen echter zowel opgenomen residuen opslaan als vermeerderen in hun weefsels, zonder dat ze bij geaccumuleerde niveaus schade lijken op te lopen. Algen, regenwormen en vissen zijn voorbeelden hiervan. We kunnen deze organismen “niet-reagerende concentrators” noemen. Als een voedselketen een directe reeks niet-reagerende concentrators bevat, zal er onvermijdelijk een punt worden bereikt waarop de concentraties stijgen tot niveaus die een reactie veroorzaken. Tot nu toe zijn alleen warmbloedige dieren aantoonbaar gedood door deze reeks gebeurtenissen. De 'warmbloedigen' slaan ook hoeveelheden residuen op in hun weefsels en verhogen deze, maar in tegenstelling tot eerdere con-

concentrators in de reeks reageren zij wel op de toenemende concentraties van giftige residuen. We kunnen deze dieren 'responsieve concentrators' noemen. Deze reeks gebeurtenissen heeft geleid tot massale sterfte. Het concentratiepotentieel dat inherent is aan de overdracht van chemische stoffen via een opeenvolging van trofische niveaus kan alleen worden begrepen door ecologisch georiënteerde personen die zich volledig bewust zijn van de complexe relaties tussen dieren die leiden tot de opeenvolging van concentratieniveaus. (Voor meer informatie, zie de beschrijvingen in hoofdstuk 20 over dit fenomeen in het programma tegen de iepziekte, bij de bestrijding van de Clear Lake-mug en in het programma tegen de vuurmier.)

Het is mijn bedoeling geweest om in dit hoofdstuk aan te tonen dat de aandacht van wetgevers en adviseurs voor residuen van bestrijdingsmiddelen in voedingsmiddelen die op de markt worden gebracht, het hele residuprobleem ernstig vertekent. Niemand van ons wil minder bescherming tegen verontreiniging van voedingsmiddelen, en velen van ons willen zelfs meer bescherming. Maar de wetgeving inzake residuen is alleen gericht op in de handel verkrijgbare levensmiddelen, en specialisten en adviseurs houden de merkwaardige illusie in stand dat de huidige aanbevelingen daadwerkelijk residuen onder controle houden. Door de aandacht te beperken tot de eetbare, verwerkte fracties van plantaardig en dierlijk weefsel, wordt voorbijgegaan aan de volgende feiten: de bodem wordt meer verontreinigd dan de planten die erop groeien; een biologisch product kan alleen worden geproduceerd in een levende gemeenschap; gewassen en hun

residuen zijn van voorbijgaande aard en keren na een groeiseizoen terug naar de bodem; residuen blijven geenszins beperkt tot de plaats waar ze zijn afgezet; dieren kunnen residuen uit een behandeld gebied wegvoeren (soms duizenden mijlen ver); residuen kunnen worden opgeslagen en geconcentreerd in levend weefsel, wat soms ingrijpende gevolgen heeft. [171] Kortom, residuele verontreiniging is algemeen en blootstelling is veel gecompliceerder en uitgebreider dan gewoonlijk wordt toegegeven.

HOOFDSTUK – 14

VERANDERINGEN IN HET BIOLOGISCHE LANDSCHAP

De bezetting van land door de beschaafde mens heeft altijd geleid tot ingrijpende veranderingen in de biotische samenstelling. De eenvoudigste van deze veranderingen is de afname van het aantal inheemse soorten die rechtstreeks in strijd zijn met zijn belangen. De grote roofdieren zijn door de mens volledig uitgeroeid op alle plaatsen waar het terrein geschikt was voor zijn bewoning. Ook veel inheemse soorten die als voedsel of voor de jacht werden gebruikt, zijn uitgestorven of bijna uitgestorven. Voorbeelden hiervan zijn de heidehoen, de bizon en de trekduif. Enkele inheemse soorten hebben zich opmerkelijk goed aangepast aan de door de mens gecreëerde nieuwe omgevingen, zijn in aantal toegenomen en hebben hun verspreidingsgebied uitgebreid. Voorbeelden hiervan zijn herten, coyotes, opossums, merels en coloradokevers. In al deze gevallen hangt de kans op ruimtelijke of numerieke veranderingen af van het biologische aanpassingsvermogen van de betreffende soort. Sommige soorten zijn bevoordeeld, de meeste niet.

Aan de andere kant hebben geïntroduceerde soorten doorgaans een bijzonder voordeel dat hun inheemse tegenhangers niet hebben. In biologische zin komt dit voort uit het

ontbreken van concurrenten die hun aantal normaal gesproken zouden verminderen. [173] De term “*natuurlijke balans*” beschrijft een dynamisch evenwicht in de *biota* – biotoop – waarin zowel de soortensamenstelling als de aantallen weinig fluctueren en waarin grote veranderingen geleidelijk verlopen. Door de exploitatie door de mens neemt het aantal soorten af, ontstaan er milieus die de voortplanting van enkele soorten bevorderen en treden er snelle veranderingen op in de biota. Onder deze omstandigheden worden geïntroduceerde planten en dieren, die niet langer worden geremd in hun groei, nog talrijker en verspreiden ze zich nog verder.

De coloradokever, die normaal gesproken voorkomt bij wilde soorten *Solanum* in de Rocky Mountains, verlegde zijn voorkeur naar gekweekte aardappelen, kwam in grotere aantallen voor en verspreidde zich naar de oostkust, via de route die werd geboden door intensieve landbouw. Tijdens zijn trek naar het oosten kwam hij zo veel voor dat hij als plaag werd aangemerkt. Toch waren de schade die hij in dit land aanrichtte nooit zo groot als na zijn vestiging in Europa. Daar blijft hij een van de ernstigste plagen van het Europese continent. Slechts een kleine verandering in de samenstelling van de soorten en in de geografische patronen levert ons zulke destructieve insecten op als de Japanse kever, de Europese maïsboorder en de gypsy moth. Ook planten vertonen dit patroon. Zo'n 15 miljoen acres in de Rio Grande Valley, ooit weelderig grasland, wordt nu bezet door mesquite (Carter, 1958). In de recente geschiedenis is uitstekend weideland grotendeels door overbegrazing tot arm landdegradeerd. Dit patroon is zeker niet beperkt tot Zuid-

Texas; miljoenen acres in andere delen van Texas en in de aangrenzende staten New Mexico en Arizona hebben dezelfde weg naar minder bruikbaarheid gevolgd. In een mensenleven is het weideland van Californië, dat ooit werd gedomineerd door inheemse vaste planten, grotendeels samengesteld uit eenjarige grassen van mediterrane oorsprong. Een groot deel van het “beheer” van weidegronden bestaat uit pogingen om meerjarige soorten te herstellen. Cactussen in Australië of Zuid-Afrika, lantana in Hawaï of Rhodesië, Klamath-kruid in Californië of Sint-Janskruid in Australië en gaspeldoorn in Nieuw-Zeeland zijn typische voorbeelden van geïntroduceerde plantensoorten die zich hebben verspreid, gevestigd en in aantal zijn toegenomen totdat ze als “ongedierte” worden bestempeld.

De mens is voor zijn levensonderhoud niet afhankelijk van inheemse gewassen. Zijn voedselgewassen zijn ook geïntroduceerd. Doordat ze door selectie sterk zijn veranderd ten opzichte van hun oorspronkelijke karakter, zijn ze niet langer onderhevig aan de natuurlijke processen die hen in staat stellen effectief te concurreren met andere planten en dieren. [174] Het beplanten van grote oppervlakten met één enkele plantensoort, zowel in de landbouw als in de bosbouw, en het stimuleren van een grotere plantengroei door middel van teelt, irrigatie en bemesting, creëren bijzonder gunstige omstandigheden voor soorten die deze omstandigheden ook gunstig vinden. De mens is verantwoordelijk voor de omstandigheden waarin ongedierte gedijt. Het overgrote deel van de ongediertebestrijding is gericht op het corrigeren van onevenwichtigheden die door de mens zelf zijn veroorzaakt.

Onevenwichtigheden kunnen het logische gevolg zijn van noodzakelijke praktijken, of ze kunnen voortkomen uit onwetendheid. Wat de oorzaak ook is, ze worden versterkt door moderne landbouwpraktijken en het gemak van het huidige transport. Het is hier niet mijn bedoeling om stil te staan bij de effecten van de mens op het milieu. Geïnteresseerde lezers kunnen terecht bij de uitstekende samenvattende werken van Elton (1958), Darling (1955), E. H. Graham (1944) en Thomas (1956). In de huidige context moet ik een eindpunt benadrukken. Misschien kan een reeks actuele vragen, waarvan sommige al in andere verbanden zijn besproken, de positie van ongediertebestrijding in relatie tot biotische veranderingen illustreren. *Versterkt ongediertebestrijding de bestaande trend naar vereenvoudigde biologische milieus? Draagt het bij aan de verspreiding van schadelijke organismen? Zijn we momenteel bezig met het uitroeien van gewenste plant- en diersoorten door ongediertebestrijding? Veroorzaken we onbewust veranderingen in de biotische samenstelling van grote gebieden? Of, nog actueler, creëren we “biologische woestijnen”? Is onkruidbestrijding langs wegen en nutsvoorzieningen een gevaar voor de inheemse biota?*

Men zou nog andere vragen kunnen stellen. Het antwoord op al deze vragen is een voorwaardelijk 'ja'. Maar het is onmogelijk om vragen van deze aard precies te beantwoorden.

De eerste beperking is een kwestie van waarden. De meeste mensen stellen deze vragen niet en maken zich geen zorgen over de gevolgen op langere termijn. Onder de minderheid die dat wel doet, bestaan tegenstrijdige waarden. Enerzijds

heeft de buitengewone grondigheid waarmee de mens (met name de Europese mens) zijn exploitatie van het milieu heeft voortgezet, geleid tot een materiële levensstandaard die zijn weerga niet kent in de geschiedenis van de mensheid. Dit patroon zet zich wereldwijd voort en wordt door de meeste mensen als wenselijk en vooruitstrevend beschouwd. Anderzijds moet de ecologische dominantie van de mens gepaard gaan met morele verantwoordelijkheid ten opzichte van de natuur. Een verrijkte 'levenswijze' omvat meer dan de materiële levensstandaard die we kunnen bereiken. Morele verantwoordelijkheid berust niet alleen op het behoud van objecten van schoonheid, nieuwsgierigheid of sport. Het 'ecologische geweten' (naar Aldo Leopold) omvat ook de verantwoordelijkheid om de productieve bronnen in stand te houden waarvan het voortdurende materiële welzijn afhankelijk is. [175] Velen van ons twijfelen eraan of de grondigheid van de mens gepaard gaat met wijsheid. Natuurbeschermers kunnen honderden voorbeelden noemen die deze gedachte uit het rijk der twijfel halen.

De tweede belangrijke beperking is van technische aard. We beschikken over weinig goede maatregelen om het belang van ecologische veranderingen vast te stellen. De maatregelen die we hebben, worden in de praktijk te weinig gebruikt. Veranderingen zijn duidelijk zichtbaar, maar we raken pas gealarmeerd wanneer de productiviteit of het aantal favoriete soorten onomkeerbaar (of bijna onomkeerbaar) afneemt. We hebben niet de kennis (of de wijsheid) om de langetermijngevolgen van onze exploitatie te voorspellen. We kunnen wel leren van historische voorbeelden van door de mens

veroorzaakte uitsterving; deze zijn nuttig om de overtuiging te onderbouwen dat mens en milieu in harmonie moeten leven om het welzijn te behouden. Maar de geschiedenis biedt geen voorbeelden van de snelle veranderingen die de moderne technologie mogelijk heeft gemaakt.

We kunnen er ook niet op vertrouwen dat we onze kennis verstandig gebruiken. Kuenen (1961) merkte op dat “... een rationele analyse ons al snel leert dat irrationele factoren zelfs vandaag de dag nog veel van ons handelen bepalen.”

De kennis waarop we moeten vertrouwen voor een verstandig ecologisch beheer, moet afkomstig zijn van wetenschappers die zich bewust zijn van de complexiteit van het probleem. Meestal zijn studies – zelfs goede – onvolledig omdat slechts kleine delen van een probleem worden onderzocht en zelden wordt geprobeerd deze delen met het totale probleem in verband te brengen. Te veel wetenschappers beperken zich tegenwoordig tot dit soort onderzoek. Daar zijn vele redenen voor; hier volgen er enkele.

Veel wetenschappers zijn eenzijdig en houden zich niet bezig met grote concepten of de integratie van feiten uit zeer uiteenlopende disciplines. Dit is deels te wijten aan de academische opleiding en de mate van specialisatie binnen de wetenschappen. De manier waarop veel biologische “senrice”-afdelingen van de overheid zijn georganiseerd, draagt in hoge mate bij aan deze beperking. Het onderzoek in deze instanties is meestal kortlopend, beperkt tot directe problemen, beperkt tot het deel dat op dat moment economisch belangrijk wordt geacht, sterk beïnvloed door druk van speciale belangengroepen en in ieder geval onvoldoende gefinan-

cierd. Het is geen wonder dat wetenschappers in instanties over het algemeen niet kunnen worden beschouwd als bronnen van de informatie en volledige beoordelingen die nodig zijn voor ecologisch beheer.

Er is misschien een ernstiger verwijt te maken aan wetenschappers die wel in staat en vrij zijn om het onderzoek te doen dat we zo hard nodig hebben. Vooral in de Verenigde Staten voelen maar weinig vooraanstaande biologen zich aangetrokken tot het onderzoek naar ecologische problemen van maatschappelijk belang. “Verstoorde” gebieden worden niet gezocht voor onderzoek. [176] Wat schijnbaar over het hoofd wordt gezien, is dat er tegenwoordig weinig meer ongerept is door de mens. Ernstige maatschappelijke beslissingen zijn gebaseerd op ons begrip van door de mens veroorzaakte ecologische verstoringen. De knapste koppen moeten zich hierop concentreren. Dat er recentelijk enige verandering in deze houding is opgetreden, blijkt uit de boeken die ik eerder heb genoemd. De auteurs van deze werken zijn pioniers op een intellectueel terrein dat volledig in kaart moet worden gebracht.

Verdere veranderingen blijken uit de recente activiteiten van zowel staats- als federale instanties. Op beide overheidsniveaus zijn beoordelingscommissies opgericht om de ecologische en andere gevaren van pesticiden te onderzoeken. Een voorbeeld hiervan is de Governor's Committee on Pesticide Residues in Californië. Een ander voorbeeld op federaal niveau is het rapport van de President's Scientific Advisory Committee over pesticiden. Ook het Congres en de National Research Council hebben beoordelingen gemaakt die

beperkt zijn tot bepaalde fasen van door de mens veroorzaakte veranderingen als gevolg van pesticiden. Toch is dit nog maar een begin. De mate waarin de moderne mens het milieu waarin hij leeft verandert, wordt nog niet volledig onderkend.

Deze toelichtingen lijken misschien een antwoord te geven op de vragen die ik heb gesteld. Ze zijn bedoeld om de lezer die niet bekend is met de algemene stand van zaken op het gebied van veldbiologie wegwijs te maken. Ze zijn ook een verontschuldiging voor het feit dat er geen algemene antwoorden kunnen worden gegeven.

Versterkt ongediertebestrijding de trend naar vereenvoudigde biologische milieus? Ja, maar in de meeste biologische categorieën is dit nog niet de belangrijkste oorzaak. Alleen bij roofzuchtige zoogdieren is ongediertebestrijding een belangrijke oorzaak van populatieafname of uitsterven. Voor zover ik weet, is geen enkele inheemse insectensoort door ongediertebestrijding uitgestorven. Zeer weinig insecten – allemaal geïntroduceerde soorten – zijn uit grote gebieden verdwenen. Voorbeelden zijn *Anopheles gambiae* in Brazilië, de mediterrane fruitvlieg en de schroefworm in Florida, en de dadelpalmschildluis en de khaprakever in Californië. Aantalvermindering komt vaak voor, soms bijna tot het punt van uitsterven, maar de oorzaak ligt meestal in andere aspecten van de aanwezigheid van de mens dan opzettelijke bestrijding. Biologische bestrijding vermindert van nature het aantal individuen, maar verrijkt de soortvertegenwoordiging. Chemische bestrijding kan in potentie even ingrijpen-

de gevolgen hebben voor de biota als de veranderingen in de habitat die door de aanwezigheid van de mens worden veroorzaakt. In beperkte gewassituaties leidt dit al tot grote veranderingen. Ik zal de aard van deze veranderingen in het aantal dieren en soorten in een later hoofdstuk (zie hoofdstuk 21) nader toelichten. [177] Herbiciden dragen bij aan het in stand houden van monoculturen in de land- en bosbouw. Westhoff en Zonderwijk (1961) zijn bijvoorbeeld van mening dat ongeveer een derde van de plantensoorten in Nederland wordt bedreigd door het gebruik van herbiciden in de landbouw. Het streven naar “technische efficiëntie” verklaart het succes van herbiciden bij het uitroeien van concurrerende soorten uit graan- en voedergewassen. Selectieve herbiciden kunnen effectief monoculturen creëren in bosaanplantingen en op weidegronden. Er zijn geen aanwijzingen dat bodembehandelingen met pesticiden meer effect hebben dan een tijdelijke vermindering van grote aantallen; door te rooien kan een diersoort natuurlijk wel lokaal worden uitgeroeid. Samenvattend kan worden gesteld dat ongediertebestrijding bijdraagt aan biotische vereenvoudiging door vermindering van aantallen en verschuivingen in de dominantie van soorten. Dat is ook het doel ervan. Maar met uitzondering van grote zoogdieren in dichtbevolkte gebieden lijkt geen enkele inheemse plant- of diersoort te zijn uitgeroeid door ongediertebestrijding op zich.

Helpt ongediertebestrijding bij de verspreiding van plaagorganismen? Ja, maar op een ruimtelijk beperkte manier. Organismen die ongediertebestrijdingsmaatregelen overleven en zich daaraan aanpassen, worden reservoirs voor ver-

verspreiding. Vallenstellers zijn van mening dat agressieve bestrijdingscampagnes hebben geleid tot slimmere coyotes die hun verspreidingsgebied uitbreiden. Afschuw bij knaagdieren en resistentie tegen pesticiden bij geleedpotigen leiden tot aangepaste populaties die in staat zijn om opnieuw binnen te dringen of zich te vestigen in nieuwe gebieden, in overeenstemming met hun aangeboren vermogen om zich te verspreiden. Het grootste potentiële reservoir voor verspreiding bevindt zich in geleedpotige soorten die vroeger zeldzaam waren, maar na het gebruik van insecticiden (door de verwijdering van concurrerende insecten door niet-selectieve chemicaliën) in overvloed zijn gekomen. Voor zover ik weet, zijn er geen kwantitatieve studies naar de mate waarin deze nieuwe populaties zich hebben verspreid. Er is natuurlijk wel overvloedig bewijs dat veranderingen in habitats kunnen leiden tot een grotere verspreiding van dieren en planten.

Zijn we momenteel bezig om gewenste plant- en diersoorten door ongediertebestrijding tot lage aantallen of zelfs tot uitsterven te brengen? Ik heb deze vraag gedeeltelijk beantwoord onder de eerste vraag. De nadruk moet in dit verband liggen op waarde, op wat “gewenst” betekent. Aangezien de meeste soorten door iemand als waardevol worden beschouwd, is het antwoord “ja”. De coyote, die nu in sommige gebieden zeldzaam is, wordt vaak beschouwd als een waardevolle hulp bij de bestrijding van knaagdieren, maar ook als een pittoreske vertegenwoordiger van de fauna van het Amerikaanse Westen (ondanks de houding van veehouders en de overheidsinstanties die hen steunen). [178] Een

meer sprekend voorbeeld is de *fulvous tree duck*, – Rosse Fluit-eend zeldzaam in ons land – die ernstig bedreigd wordt als het behandelen van rijstzaad met aldrin en andere giftige chemicaliën wordt voortgezet binnen het beperkte verspreidingsgebied van deze vogel in de Verenigde Staten (U.S. Fish and Wildl. Serv., 1962). Het aantal slechtvalken en andere roofvogels is de afgelopen jaren sterk afgenomen in delen van Groot-Brittannië en Noord-Europa. Systematische analyse van zowel het vlees als de eieren van roofvogels heeft vaak aanzienlijke residuen van gechloreerde koolwaterstofinsecticiden aangetoond (Moore en Ratcliffe, 1962). Verschillende veel voorkomende vogelsoorten in Groot-Brittannië lijken eveneens in aantal af te nemen. De aanwezigheid van insecticideresiduen in de weefsels van veel van deze vogels is vastgesteld. Het is echter nog niet mogelijk om te bevestigen dat insecticiden een primaire doodsoorzaak zijn (Moore, 1962). Er wordt herhaaldelijk verwezen naar het verlies van insecten die nuttig zijn voor de natuurlijke bestrijding. In de meeste gevallen moet de oorzaak van de achteruitgang van inheemse soorten echter in de eerste plaats worden gezocht in het landgebruik en niet in de bestrijding van plagen.

Leidt de bestrijding van plagen tot biotische veranderingen in grote gebieden? Creëren we “biologische woestijnen”? Ja, de bestrijding van plagen, wanneer deze bijdraagt tot de vereenvoudiging van habitats, heeft deze gevolgen. Chemische bestrijding vermindert het aantal van sommige gewenste fauna-elementen, maar elimineert zelden soorten. In enkele gevallen zijn er sterke aanwijzingen dat, indien de huidige bestrijdingsmethoden, waarbij herhaaldelijk grote ge-

bieden worden behandeld, worden voortgezet, dit zal leiden tot een permanente afname van zowel het aantal als de soorten vogels. Een voorbeeld hiervan is het verlies van insectenetende vogels in gebieden waar de iepziekte met DDT wordt bestreden. Wanneer herhaalde behandeling niet de regel is, lijkt een permanente afname van het aantal onwaarschijnlijk. Het herstelvermogen van de meeste soorten is voldoende om dit te garanderen. Zeldzame dieren vormen hierop een uitzondering. De afname van het aantal Amerikaanse zeearenden is hier een goed voorbeeld van. Hun aantal neemt snel af en recente veldonderzoeken en voedingsexperimenten wijzen er sterk op dat langzaam opgehoopte residuen van bestrijdingsmiddelen hebben bijgedragen aan de afname (DeWitt en Buckley, 1962; George, 1963). Onge-diertebestrijding kan ook indirect leiden tot het uitsterven van soorten. Zo wordt bijvoorbeeld erkend dat de bestrijding van de tseetseevlieg grote delen van Centraal-Afrika vrij zal maken voor menselijke bewoning, wat, afgaande op ervaring, zal leiden tot het uitsterven van veel unieke grote zoogdieren die daar nu voorkomen. In de niet al te verre toekomst zullen technieken beschikbaar zijn om deze bestrijding mogelijk te maken. Lokale successen hebben de eerste stappen gezet.

Is de bestrijding van planten langs wegen en nutsvoorzieningen een gevaar voor de inheemse biota? Ja, in die zin dat de soortensamenstelling altijd verandert. De voordelen voor het onderhoud zijn duidelijk. [179] Egler (1958) merkt op dat alleen al de rechten van nutsbedrijven een oppervlakte beslaan die groter is dan alle zes staten van New England

samen. Het lijkt geen twijfel dat de toenemende eisen op het gebied van vervoer en communicatie zullen leiden tot grotere oppervlakten die worden aangepast voor gemakkelijk onderhoud. Veranderingen van deze omvang kunnen niet lichtvaardig worden opgevat. Rechten van overpad zijn geen privé-eigendom. Ze dienen vele belangen en waarden. Het juiste beheer ervan moet een zaak zijn van alle burgers.

Ik concludeer dan ook dat veranderingen in de biota onvermijdelijke gevolgen zijn van intensief landgebruik, dat er minder soorten voorkomen in zo gewijzigde gebieden en dat ongediertebestrijding normaal gesproken slechts een secundair instrument is in biotische veranderingen. Ongediertebestrijding leidt weliswaar tot veranderingen, maar het gebruikelijke resultaat is een tijdelijke vermindering van het aantal exemplaren. Om te voorkomen dat uit deze conclusies blijkt dat ik pesticiden niet als een bron van grote biotische veranderingen beschouw, moet ik de volgende kanttekeningen plaatsen. Ik heb getracht algemene conclusies te trekken die zo breed mogelijk toepasbaar zijn. In beperktere zin (hoewel vaak met gevolgen voor miljoenen mensen) zijn biotische veranderingen als gevolg van pesticiden van groot belang. Deze veranderingen zijn immers een belangrijk aandachtspunt voor toegepaste biologen, volksgezondheidswerkers en natuurbeschermers. Gevaren voor de menselijke gezondheid en voor wenselijke levensvormen moeten, hoewel ze misschien geen onmiddellijke biotische veranderingen teweegbrengen, niettemin als onderdeel van het algemene probleem worden beschouwd. Bovendien zijn mijn algemene

beoordelingen gebaseerd op traditionele ongediertebestrijdingsmethoden. We beginnen nog maar net patronen van invloed te zien die we als niet-traditioneel kunnen bestemmen. Het massaal sproeien met niet-selectieve chemicaliën staat nog in de kinderschoenen; intensieve, grootschalige monocultuur in land- en bosbouw is wereldwijd nog maar net begonnen; de overdracht van insecten en ziekten van het ene deel van de wereld naar het andere zal onvermijdelijk versnellen, hoe onder de indruk we op dit moment ook zijn van de huidige middelen om dit te voorkomen; het huidige bewijs voor de veelzijdige gevolgen van pesticiden in leefomgevingen geeft slechts een hint van hun toekomstige betekenis; de snel groeiende bevolking, die niet in evenwicht is met de voedselvoorziening, zal leiden tot wanhopige maatregelen voor ongediertebestrijding; meer bevoorrechte bevolkingsgroepen zullen steeds hogere eisen stellen aan de kwaliteit en productiviteit van voedsel en vezels, en tegelijkertijd aandringen op meer bescherming van wilde dieren, wateren, parken en natuurreservaten. Het lijkt geen twijfel dat het belang van pesticiden als veroorzakers van biotische veranderingen in de komende decennia zal toenemen.

DEEL – V.

ECOLOGISCHE RELATIES EN CHEMISCHE BESTRIJDING

In een tijdperk dat wordt gedomineerd door technologie, wordt het feit dat het ene levende wezen voor zijn bestaan afhankelijk is van het andere, merkwaardig genoeg vaak verdoezeld. De mens haalt de energie en het plezier dat hij nodig heeft uit levende wezens. Het doel van beheerders van gewassen, vee, hout en wilde dieren is om de energie van levende wezens op een effectieve manier om te zetten in nuttige producten. Ongediertebestrijding in zijn eenvoudigste vorm waarborgt het welzijn van de mens door hem te beschermen en door levende concurrenten te bestrijden die hem zouden beroven van wat hij wil en nodig heeft. Hieruit volgt dat zowel de productieve als de beschermende fase van de relatie van de mens met andere levende wezens een continuüm vormen van complexe interacties tussen levende wezens; de wetenschappelijke studie van deze relaties is de ecologie.

Empirische manipulatie van ecologische relaties om steeds grotere voordelen voor de mens te verkrijgen, is al eeuwenlang een vast patroon. De wetenschappelijke toepassing van ecologische regels met hetzelfde doel voor ogen is nieuw. Deze levert nu al veel op en belooft nog veel meer; de toegepaste ecologie staat nog maar aan het begin van haar bijdrage. [184] Sommige van deze bijdragen zijn misschien gemakkelijker te herkennen als de samenstellende disciplines worden geïdentificeerd. Dit zijn de belangrijkste: bosbiologie, weidebeheer, wildbeheer, bodemkunde, economische entomologie, plantenecologie, natuurbeschoud, menselijke ecologie. Elk van deze disciplines wordt vertegenwoordigd door beroepsverenigingen, overheidsinstanties en universitaire afdelingen. De opsplitsing in gespecialiseerde disciplines doet niets af aan het feit dat ze allemaal betrekking hebben op hetzelfde biologische continuüm. Ze zijn allemaal met elkaar verbonden door een onontkoombaar web van ecologische eenheid. De ecologische benadering van het gebruik van levende hulpbronnen biedt de enige zekere weg naar voortdurende veiligheid, productiviteit en plezier. Succesvolle maatregelen voor ongediertebestrijding zijn altijd gebaseerd op een goed begrip van de natuurlijke relaties tussen de betreffende ongedierte soorten.

Het belang van deze ecologische basis wordt niet voldoende onderkend. In de huidige context zijn er twee duidelijke redenen waarom dat zo is. De eerste is het recente ontstaan van de geformaliseerde ecologische wetenschap. Nog jonger zijn de managementdisciplines die losjes worden gegroepeerd onder de noemer “toegepaste ecologie”. Er is meer in-

formatie en synthese nodig voordat deze disciplines hun volledige status bereiken. Ten tweede hebben de indrukwekkende prestaties van de chemische technologie in de afgelopen decennia het perspectief van veel toegepaste biologen vertroebeld. Biologen waren algemeen gaan denken dat hun problemen chemisch van aard waren en niet biologisch. Dit omgekeerde perspectief leidde tot praktijken waarbij chemische middelen niet langer als precisie-instrumenten werden gebruikt die op verstandige wijze en spaarzaam in levende systemen werden ingebracht, maar als mokers die zonder onderscheid grote delen van deze biotische systemen aantastten. Idealiter, om A. W. A. Brown (1951) te parafraseren, moet een chemisch wapen in biologische systemen worden gebruikt als een stiletto en niet als een zeis.

Het is hier niet mijn bedoeling om een algemene ecologische balans op te maken van de invloed van de mens op het leefmilieu. Ik wil veeleer de biologische relaties beschrijven die het duidelijkst aantonen hoe plagen het gevolg zijn van landbouwpraktijken en hoe bestrijdingsmethoden effecten hebben die verder reiken dan de doelsoort.

Binnen deze beperkte context zijn er drie soorten ecologische relaties in de bestrijding van plagen. De eerste betreft de veranderingen in het milieu die leiden tot het ontstaan van grote aantallen schadelijke dieren en planten. In het algemeen leidt het beheer van landbouw- en bosgrond tot een vermindering van het totale aantal soorten dat voorheen aanwezig was en tot het ontstaan van omstandigheden die gunstig zijn voor een overmatige voortplanting van de weinige soorten die zich aan de nieuwe omgeving kunnen aanpas-

sen. [185] De tweede relatie betreft de behoefte van alle dieren aan geschikt voedsel. Het in stand houden van ononderbroken voedselketens zonder chemische residuen is essentieel voor het welzijn van de meeste diersoorten. De derde categorie heeft betrekking op populatiebalansen en houdt zich meer specifiek bezig met de veranderingen in de numerieke verhoudingen tussen soorten na een afname van het aantal exemplaren van een doelsoort.

HOOFDSTUK – 15

HET ONTSTAAN VAN ONGEDIERTE

Ongedierde zijn organismen die individueel schade kunnen toebrengen of die, als populatie (waarbij het individu weinig betekenis heeft), ons iets ontnemen dat we voor onszelf willen behouden. Het succes van ongedierdebestrijding wordt afgemeten aan de mate waarin we volledige bescherming van personen en eigendommen kunnen bieden. Te vaak wordt over het hoofd gezien dat het woord 'plaaag' geen biologische betekenis heeft. Een plaagsoort is onderworpen aan dezelfde ecologische regels die het voortbestaan van elke andere levensvorm bepalen. Wat wij als 'plaaag' bestempelen, verdient die benaming misschien alleen maar omdat wij zelf de normale verspreiding, het aantal of de relatie met andere levende wezens hebben veranderd. Een doordachte bestrijding van plagen hangt af van het inzicht in de mate waarin de levensbehoeften van de mens bepaalde dier- en plantensoorten begunstigen. Door dit inzicht worden vaak methoden ontdekt om de gunstige habitat te manipuleren. Even belangrijk is dat inzicht in natuurlijke relaties het mogelijk maakt te herkennen op welk punt niet-biologische bestrijdingsmiddelen moeten worden ingezet om het voordeel voor de mens te behouden.

[187] Drie concepten liggen ten grondslag aan de praktische beschouwing van het ontstaan en de verergering van plagen

door door de mens veroorzaakte verstoringen van het biologische milieu. Dit zijn het gemeenschapsconcept in de ecologie, de vereenvoudiging van biotische gemeenschappen en het daaruit voortvloeiende gevolg: het concept van onkruid bij planten en dieren.

De biotische gemeenschap

Het gemeenschapsconcept in de ecologie is een formele erkenning dat levende wezens niet willekeurig met elkaar verbonden zijn. Natuurlijke samenstellingen zijn gemakkelijk te herkennen aan hun uiterlijk en verspreiding. Er zijn geen geavanceerde analyses nodig om te bevestigen dat graslanden, naaldbossen, regenwouden, bossen, savannes en toendra's, met de bijbehorende fauna, natuurlijke groepen zijn. Hun voortbestaan hangt af van de fysische bijdragen van bodem en klimaat en de biologische omstandigheden die gepaard gaan met elke vorm van landgebruik. Onder statische omstandigheden blijft de biologische gemeenschap stabiel. Na verloop van tijd is instabiliteit de regel. Op korte termijn is instabiliteit het gevolg van rampen, zoals orkanen en ontbossing door de mens. Op langere termijn evolueren hele gemeenschappen naar andere types door langzaam verlopende natuurlijke processen, zoals glaciatie, bodemvorming en erosie. Toch zijn er op continentale schaal grotere aggregaties van planten en dieren te onderscheiden. De continentale identiteit van biotische gemeenschappen wordt in stand gehouden door de effectieve barrières voor natuurlijke verspreiding die worden gevormd door grote bergketens en watermassa's.

Het voortbestaan van individuele gemeenschappen hangt af van de integriteit van de bodem, die op zijn beurt afhankelijk is van de planten- en diergemeenschappen die erop en erin leven. Het voortbestaan van elke diersoort die deel uitmaakt van de gemeenschap is afhankelijk van het voortbestaan van andere diersoorten in de gemeenschap, aangezien voedsel en onderdak alleen door andere organische leden kunnen worden geleverd. Er bestaat een algemeen evenwicht in het aantal en de soorten in een gemeenschap, dat wordt bepaald door de concurrentie om de eerste levensbehoeften: voedsel en onderdak. Normaal gesproken fluctueren het aantal en de soorten organismen in een stabiele gemeenschap weinig. Het resulterende evenwicht dat zo duidelijk te zien is in stabiele gemeenschappen, geeft aanleiding tot het populaire concept van “het evenwicht in de natuur”.

Dit natuurlijke evenwicht kan niet worden gehandhaafd wanneer er belangrijke veranderingen optreden in afzonderlijke bestanddelen. In deze context maakt het weinig uit wat de oorzaak van de verandering is. Een verandering in de bodemgesteldheid zal onvermijdelijk leiden tot een verandering in de afhankelijke flora. [188] De daaruit voortvloeiende verandering in het karakter van planten (een veranderde habitat, zoals dierlijke ecologen het graag noemen) moet onvermijdelijk leiden tot een verandering in de samenstelling van de fauna. De reeks veranderingen hoeft niet bij de bodem te beginnen. Als op enig moment het aantal individuen van een enkele soort verandert, zorgt de innige verbondenheid binnen een biotische gemeenschap ervoor dat ook an-

dere leden zullen veranderen.

Tot nu toe heb ik opgemerkt dat er een zekere orde schijnt te bestaan in de verspreiding en aggregatie van soorten. Het woord 'gemeenschap', hoe ruim ook gebruikt in ruimtelijke zin, impliceert een voorspelbare vorm en functie van de planten en dieren waaruit deze bestaat. De numerieke samenstelling van deze verschillende organische componenten wordt binnen relatief nauwe grenzen gestabiliseerd door interactie tussen hen, waarbij concurrentie de belangrijkste factor is. Er moet echter worden opgemerkt dat de vernietiging van een gemeenschapsstructuur wordt gevolgd door een regelmatige opeenvolging van biotische assemblages die leiden tot het herstel van de oorspronkelijke gemeenschap. Deze ecologische successie is ordelijk, directioneel en beschrijfbaar, en de eindproducten ervan zijn in veel gevallen voorspelbaar. De gehele reeks opeenvolgende stadia wordt de sere genoemd. Veranderingen die binnen de sere plaatsvinden, worden serale verschijnselen genoemd. De onstabiele vroege stadia van een sere worden pioniersgemeenschappen genoemd, en het relatief stabiele eindproduct staat bekend als de sereclimax of, vaker, gewoon de climax.

Uit deze korte en algemene samenvatting mag niet worden geconcludeerd dat alle biotische sequenties die leiden tot de vorming en stabilisatie van gemeenschappen goed worden begrepen. Het is altijd gemakkelijker om verschijnselen te beschrijven dan mechanismen te begrijpen. Deze ideeën over gemeenschapskenmerken worden niettemin aanvaard door professionele ecologen en moeten in gedachten worden gehouden bij het lezen van de meer gedetailleerde beschrij-

vingen die hierna volgen.

De vereenvoudiging van biotische milieus

De vermindering van de complexiteit van de biotische elementen in levende gemeenschappen is het natuurlijke gevolg van de omzetting van landbouwgrond in de teelt van één of, in het beste geval, enkele gewassoorten. Deze omschakeling gaat gepaard met een daadwerkelijke vermindering van het aantal plant- en diersoorten in het gebied dat op deze manier wordt verstoord, een grotere kans dat de soorten die overblijven in grotere aantallen voorkomen en een grotere gevoeligheid van het land voor invasieve soorten. In termen van successie heeft de omschakeling van landgebruik tot gevolg dat de successiestadia terug worden gedrongen naar de pioniersfase, waardoor een permanente subclimax en dus een onstabiele gemeenschap in stand wordt gehouden. [189] In termen van landbouw of bosbouw heeft dit tot gevolg dat meer energie naar begunstigde soorten wordt geleid, waardoor de opbrengst van hun nuttige producten toeneemt. Biologische vereenvoudiging is essentieel voor het behoud van gewassoorten overal ter wereld en gaat altijd gepaard met ongedierte problemen. De moderne “vereenvoudiging omwille van efficiëntie” is misschien slechts een speciaal geval, maar de omvang ervan en de manier waarop deze nu kan worden gerealiseerd, hebben een reeks nieuwe gevaren met zich meegebracht. Voordat we ingaan op deze gevaren, zullen we eerst nader kijken naar de processen waarmee vereenvoudiging van gemeenschappen kan worden bereikt.

Vereenvoudigde omgevingen komen in de natuur voor. In het algemeen hangt de mate van complexiteit van de biota samen met de strengheid van de omgeving. Er zijn duidelijke ecologische verspreidingspatronen waarneembaar. De biota wordt steeds complexer naarmate men van de pool naar de evenaar gaat, en neemt in complexiteit af naarmate men stijgt naar de toppen van hoge bergketens. We kunnen daarom spreken van simplificatie in de breedtegraad en in de hoogte. In speciale situaties wordt de biota voor de betreffende breedtegraad nog verder vereenvoudigd door topografische omstandigheden die ongebruikelijke droogte veroorzaken.

De verschillen in complexiteit van biotische gemeenschappen in verschillende breedtegraden zijn verbazingwekkend. In de arctische toendra komen bijvoorbeeld slechts een tiental of twee tientallen permanente plant- en diersoorten voor. De korte zomer biedt plaats aan enkele extra soorten, met name broedvogels. Muggen, 'neefjes' en zwarte vliegen worden in de zomer verschrikkelijk talrijk. Migratiepatronen zijn uitgesproken om de beperkte seizoensgebonden voedselvoorraden te compenseren. Tundragemeenschappen worden gekenmerkt door heftige schommelingen in aantallen. De klassieke lemmingcycli, waarbij de dichtheid regelmatig met een factor vijfhonderd verandert, vinden hun parallel, maar met een kleinere amplitude, in veranderingen in het aantal roofvogels en zoogdieren. Daarentegen kan een paar acres tropisch regenwoud meer boomsoorten bevatten dan in de hele flora van Europa (Odum, 1959). Op de zes vierkante mijl van het eiland Barro Colorado, een onderzoeks-

station in het tropisch regenwoud van het Panamakanaalgebied, komen zo'n 20.000 insectensoorten voor, meer dan in heel Frankrijk. Door de seizoensgebonden stabiliteit op tropische breedtegraden is migratie niet nodig en komt deze alleen in speciale situaties, voornamelijk in semi-aride gebieden, voor. Het aantal individuen van een soort is meestal veel kleiner dan op middelbare of hoge breedtegraden en er treden geen heftige schommelingen in de populatiedichtheid op.

Kunstmatige vereenvoudiging is een handige term om de vermindering van de soortendiversiteit te beschrijven die optreedt wanneer de mens het land intensief gebruikt. [190] De enige menselijke culturen die het land gebruiken zonder de biota te vereenvoudigen, zijn die van de jagers en de verzamelaars. Het is echter biologisch niet correct om de mens als een kunstmatige invloed op biotische systemen te beschouwen. Het woord “kunstmatig” wordt een meer aanvaardbare term als we bedenken hoe de biota eruit zou zien als de mens er niet was geweest.

Aangezien de manipulatie van het land door de mens altijd leidt tot biotische vereenvoudiging, heeft het geen zin om uit eigenbelang te beweren dat vereenvoudiging schadelijk is. We moeten ontginnen, cultiveren en beplanten. De belangrijke vraag is hoe ver vereenvoudiging kan worden doorgevoerd zonder dat dit ten koste gaat van de opbrengst van gewassen of andere producten van het land. Er is natuurlijk geen eenduidig antwoord op deze vraag, en zelfs wanneer de vraag wordt toegepast op specifieke locaties, zal het moeilijk zijn om het precieze punt te bepalen waarop de

waarde afneemt.

Vier onderling samenhangende processen kunnen het gemakkelijkst worden besproken. Dit zijn ontginning, bebouwing, aanplant van één soort en misbruik van land. Het laatste is natuurlijk een speciale situatie, terwijl de eerste drie de normale volgorde zijn in de landbouw.

Het eenvoudig ontginnen van bos en kruidachtige begroeiing, gevolgd door de voorbereiding voor de teelt, vermindert het aantal plant- en diersoorten. De manier waarop dit gebeurt, is duidelijk te zien wanneer men zich een gemengd hardhoutbos voorstelt dat tot op de grond is gekapt. De volgorde van de biotische veranderingen na ontginning is duidelijk, logisch en wijdverbreid. Verrassend genoeg is er echter weinig gedocumenteerd onderzoek gedaan. Er lijken helemaal geen beoordelingen te zijn gemaakt van de veranderingen in de totale biota die aan verandering onderhevig is. Veranderingen in bepaalde groepen worden vaker geregistreerd. In Malaya komen bijvoorbeeld veel meer diersoorten voor in regenwouden dan in ontboste gebieden. In Selangor, Malaya, noteerde Audy (1956) ten minste 49 soorten knaagdieren en insecteneters in het oorspronkelijke bos, maar 15 (waarvan 5 geïntroduceerd) in ontboste gebieden en slechts 5 (allemaal geïntroduceerd) in bebouwde gebieden. De ectoparasieten van zoogdieren (trombiculid-mijten) volgden deze afname in soorten: 58 in het bos, 16 in ontboste gebieden en slechts 3 in de stad. Waarschijnlijk waren 4 van de 19 soorten die buiten het bos voorkwamen, geïntroduceerd. De afname van het aantal soorten gaat gepaard met een gebruikelijk patroon van opsluiting en concentratie in de

verstoorde gebieden.

In een ander voorbeeld werd de successie van eens gecultiveerde grond naar de climaxgemeenschap gedurende meerdere jaren zorgvuldig bestudeerd. We kunnen de parallelle toename van de biotische complexiteit nemen om het omgekeerde van het ontginningsproces te illustreren. [191] Verlaten akkerland in het voorgebergte van Georgia doorliep vijf successiestadia in zijn terugkeer naar de climax: kruidachtige planten, gras, gras-struikgewas, dennenbos en eiken-hickory climax. Het aantal broedende zangvogels nam in deze reeks toe, zowel in soortendiversiteit als in dichtheid. De verandering in diversiteit varieerde van 2, 2, 9, 18 en 20. Het geschatte aantal paren per 100 acres nam als volgt toe: 15, 40, 136, 158 en 228 (Johnston en Odum, 1956).

Normaal gesproken zijn landbouw en aanplant zo nauw met elkaar verbonden dat het zinloos is ze van elkaar te scheiden. Cultuurland met planten herbergt echter een meer gedi-versifieerde fauna dan kale grond. In zekere zin zet aanplant een omgekeerde ontwikkeling in gang. In deze context is het echter belangrijk dat de complexiteit van gewasecosystemen nooit die van de ecosystemen die ze vervangen benadert. Op cultuurland worden normaal gesproken één soort gewassen (monoculturen) geteeld. Een monocultuur in een gedi-versifieerd landschap, met een oppervlakte die niet zo groot is dat deze het verspreidingsvermogen van de dieren die er leven overschrijdt, onderhoudt een redelijk diverse en stabiele fauna. Vanuit het oogpunt van ecologische stabiliteit kunnen dergelijke monoculturen niet groter worden dan de

omvang die normaal gesproken kenmerkend is voor tuinbouw of boerenlandbouw. De Amerikaanse landbouw heeft deze norm al lang geleden achter zich gelaten. Het extreme voorbeeld van monocultuur is te vinden in graangewassen, die vaak vele duizenden acres met dichte gewassen bedekken. Bij andere gewassen variëren de afstanden tussen de gewassen vaker van 40 tot 200 acres. Ook deze zijn groot genoeg om ecologische eenvoud en instabiliteit te garanderen. Eenjarige gewassen, vooral wanneer er gewisseld wordt tussen verschillende soorten, zijn minder vatbaar voor catastrofale instabiliteit. Gewassen met een langere levensduur, zoals boomgaarden, voedergewassen en weiden, zijn bij grote oppervlakten bijzonder gevoelig voor de gevolgen van instabiliteit.

Biologische vereenvoudiging wordt nog versterkt door veranderingen binnen en rond landbouwgronden. Het onderhoud van schone heggen en veldwegen en van naburige bomen, struiken en kruidachtige bermen verwijdert reservoirs van complexiteit waar verdreven fauna zich anders gemakkelijk zou kunnen vestigen. De praktijken van schone teelt, hetzij met machines, hetzij met chemische middelen, vereenvoudigen de biota nog verder. Een voorbeeld van het laatste is het selectief verwijderen van breedbladige onkruiden in graanvelden om het oogsten te vergemakkelijken.

Kunstmatige vereenvoudiging is dus het normale en noodzakelijke patroon in de landbouw. Vereenvoudiging met het oog op efficiënt onderhoud en gemakkelijke oogst is een relatief nieuwe praktijk. Dat geldt ook voor de praktijk van grootschalige monocultuur. Deze elementen vormen de ba-

sis voor catastrofale instabiliteit. [192] Als we deze verschillende manieren waarop biotische eenvoud momenteel wordt bereikt, samen nemen, kunnen we constateren dat de wereldwijde trend in de richting gaat van een gewasbiota die nauwelijks complexer is dan de arctische toendra.

Parallele patronen zijn soms ook in de bosbouw gevolgd. De dennenbossen in het zuidoosten van de Verenigde Staten zijn door middel van brand en herbiciden in stand gehouden als in wezen zuivere bossen met een grote oppervlakte. Insectenplagen zijn soms in verband gebracht met het in stand houden van dergelijke monoculturen (Franz, 1961). Bosecolo-gen hebben echter de neiging om de waarde van gediversifieerde bosbestanden en een daarmee gepaard gaande gestabiliseerde fauna te waarderen (misschien zijn ze daartoe wel gedwongen); de lange levensduur van houtbomen en het oneconomische karakter van herhaalde chemische en mechanische behandelingen dicteren een beleid van zo min mogelijk verstoring. Er worden nu verschillende maatregelen genomen om de ernst van insectenplagen te verminderen, waaronder diversificatie van recent aangeplante bosbestanden en het mengen van naaldbomen met loofhoutsoorten.

Ook bosbeheerders bevelen steeds vaker mengsels van plantensoorten aan voor het opnieuw inzaaien van weidegronden. In dit geval, net als in veel andere voorbeelden in de land- en bosbouw, kan diversificatie van plantensoorten andere voordelen hebben dan ecologische stabiliteit. Zo kan een mengsel van eenjarige en meerjarige grassen met verschillende rijpingstijden de periode verlengen waarin vee ef-

ficiënt kan grazen op weidegronden. Wat het doel ook is, het bewust ingewikkelder maken van het biotisch systeem heeft altijd voordelen.

Sommige van de praktijken die ik heb beschreven, kunnen worden beschouwd als ecologisch misbruik, en worden inderdaad als zodanig beschouwd door veel ecologen en natuurbeschermers. Toch zijn er economische redenen voor het bestaan ervan, of het doel nu productie of gebruiksgemak is. Er is een speciale categorie van misbruik waarvan de gevolgen worden erkend door de gewasproducenten zelf. Wanneer gewassen of weidegronden intensiever worden gebruikt dan hun vermogen om de gewenste plantensoorten in stand te houden, ontstaat er een biotische vereenvoudiging. De natuurlijke graslanden zijn bijzonder gevoelig voor dit soort misbruik. Veel vroege beschavingen ontwikkelden zich in graslandgebieden en verdwenen door misbruik ervan. Zelfs vandaag de dag, en vooral in het recente verleden van het westen van de Verenigde Staten, worden nog steeds duizenden acres omgevormd tot in het ergste geval nutteloze woestijn of op zijn minst tot land met een verminderde productiviteit. De daarmee gepaard gaande afname van plant- en diersoorten wordt gevolgd door een overmatige vermenigvuldiging van enkele soorten, zoals de opkomst van eenjarige grassoorten op overbegraasde weidelanden. Een toename van het aantal knaagdieren is een normaal gevolg op grond van deze aard en kan, bij voortdurende intensieve begrazing, bijdragen tot verdere vereenvoudiging en vernietiging van het landschap. [193] Het spreekt vanzelf dat het aantal grazende dieren op vereenvoudigde weidelanden moet worden

verminderd om woestijnvorming te voorkomen.

Het concept van onkruid bij planten en dieren

Volgens één definitie is onkruid een plant die op de verkeerde plaats groeit. Het is een plaag omdat wij het zo noemen. Ongewenste planten kunnen zich in hun natuurlijke habitat goed gedragen, maar wanneer hun biotische relaties veranderen – met name wanneer de planten naar nieuwe gebieden worden vervoerd – ontwikkelen ze zich krachtiger dan de lokale bewoners. De meeste soorten hinderlijke planten zijn niet inheems in het gebied waar ze “onkruid” worden genoemd. Bijna alle soorten zijn door de mens naar het nieuwe gebied gebracht, sommige opzettelijk. De meeste schadelijke planten in Californië zijn bijvoorbeeld afkomstig uit het Middellandse Zeegebied; enkele belangrijke soorten komen uit Noord-Europa. De ontwikkeling van onkruid ter plaatse houdt bijna altijd verband met door de mens veroorzaakte verstoring van het land, vaak als gevolg van ernstig misbruik van de grond. Slechts in zeldzame gevallen is een inheemse wilde plantsoort sterk genoeg om serieuze concurrentie te blijven bieden aan geïntroduceerde gewassen als het landbouwgebied goed wordt beheerd.

Voor ecologen zijn de patronen waarin planten, insecten of knaagdieren verstoorde en vereenvoudigde habitats bezetten vrijwel hetzelfde. De concepten van biotische vereenvoudiging en gemeenschapsopvolging moeten niet-ecologen voorbereiden op het idee dat alle planten biologisch gezien onkruid zijn, winterharde bewoners van verstoorte omgevingen. In Malaya bijvoorbeeld merkt Audy (1956) op dat

het geïntroduceerde onkruid lalang (afkomstig uit Afrika) na ontbossing in dichte concentraties voorkomt. Hiermee geassocieerd zijn twee soorten geïntroduceerde ratten, voornamelijk *Rattus argentiventer*, die op hun beurt zwaar worden geteisterd door twee soorten mijten die scrubtyfus overbrengen. Een van deze mijten (*Trombicula akamushi*) werd grotendeels door vogels in Maleisië geïntroduceerd en verspreid.

De term “dierlijke onkruiden” werd geïntroduceerd door Taylor, Vorhies en Lister (1935), die in dit geval de geïnduceerde overvloed van jackrabbits beschreven als een reactie op overbegrazing van weidegronden. Studies naar knaagdieren in weidegronden – kangoeroeratten, prairiehonden en eekhoorns – hebben herhaaldelijk aangetoond dat hun aantal toeneemt na verstoring van het climaxstadium en afneemt wanneer de climaxvegetatie zich herstelt.

Of het nu om dieren of planten gaat, de volgende kenmerken worden normaal gesproken in verband gebracht met biologische onkruiden:

- (1) Ze zijn krachtig in verstoorde gebieden (subclimaxgemeenschappen). [194]
- (2) Efficiënte voortplanting en verspreiding zorgen voor een uitgebreide verspreiding. Gewoonlijk zijn “onkruiden” geïntroduceerde soorten.
- (3) Ze worden meestal alleen met succes van de ene eenvoudige (door de mens veroorzaakte) habitat naar de andere overgebracht en hun verspreiding blijft meestal beperkt tot de verstoorde habitat (ze dringen niet door in complexere habitats).

- (4) In deze gebieden waar ze voorkomen, vermenigvuldigen ze zich sneller en blijven ze in grotere aantallen aanwezig dan in hun oorspronkelijke habitat of dan hun soortgenoten in aangrenzende complexe gemeenschappen.
- (5) Misbruik van de grond versterkt hun voortplanting, wat vaak leidt tot catastrofale verwoesting, vaak met verstrekende nadelige gevolgen voor het herstelvermogen van de grond.
- (6) Het wegnemen van biologische bestrijdingsmiddelen als gevolg van vereenvoudiging maakt overmatige voortplanting en populatie-instabiliteit waarschijnlijker.
- (7) Als aan alle gunstige voorwaarden is voldaan, zijn hoge dichtheden van de schadelijke soorten te verwachten. Even voorspelbaar is een hoge resistentie tegen bestrijdingsmaatregelen door de mens. Er zijn tal van compensatiemechanismen. Bij planten kunnen zaadverspreiding, kiemrust of vegetatieve voortplanting het voortbestaan en een snel herstel verzekeren. Bij knaagdieren, de meest voorkomende dierlijke onkruiden, wordt een sterke afname van het aantal dieren gevolgd door een groter voortplantingssucces. Twee factoren die hieraan bijdragen zijn grotere worpen en frequentere oestruscycli.

Het besef dat biotische vereenvoudiging zowel de gewasopbrengsten als het aantal plagen verhoogt, is niet nieuw. Het besef dat effectief ecologisch beheer kan leiden tot voldoende gewasopbrengsten en lagere plaagdichtheden is relatief recent en wordt nog niet algemeen aanvaard. Vroege quarantainemaatregelen waren een empirische erkenning dat vereenvoudigde omgevingen bijzonder kwetsbaar waren

voor geïntroduceerde plagen. Het manipuleren van levende tegenplagen, nu 'biologische bestrijding' genoemd, bestaat al eeuwen, maar pas in deze eeuw heeft het brede acceptatie gekregen. Geïntegreerde bestrijding als een speciaal aspect van ecologisch beheer is een relatief nieuw concept, dat in ecologische termen betekent dat de biotische complexiteit zoveel mogelijk in stand wordt gehouden in overeenstemming met hoge opbrengsten van het gewenste product, en dat waar nodig aanvullende chemicaliën worden gebruikt. In verschillende disciplines van productiebeheer – bijvoorbeeld bodembescherming, weide- en wildbeheer en bosbouw – is het in stand houden en stimuleren van biotische diversiteit een basiskenmerk geworden. Pas in de laatste twee of drie decennia hebben deze disciplines aan belang gewonnen.

[195] De ecologische eenheid die de wetenschappen die in de landbouwproductie worden toegepast nauw met elkaar verbindt, wordt door de beoefenaars zelf onvoldoende gewaardeerd. Gelukkig is er in het afgelopen decennium een gunstige ontwikkeling op gang gekomen onder professionele ecologen en wint deze beweging snel aan kracht. Het moment waarop totaal ecologisch beheer evenveel acceptatie zal hebben gekregen als de diverse, gefragmenteerde beheersdisciplines die zich daarmee bezighouden, lijkt niet ver meer. De weerstand tegen volledige acceptatie van ecologisch beheer onder mensen die werkzaam zijn in de productie, distributie en regelgeving komt voornamelijk voort uit het onvermogen om de biologische basis of de praktische voordelen van biologische manipulatie te onderkennen.

Analyses van de biologische basis voor landgebruik zijn samengevat door Elton (1958) en E. H. Graham (1944). Ik wil er nogmaals op wijzen dat ecologisch beheer afhankelijk is van het omkeren van de trend naar vereenvoudiging van het milieu. De praktische maatregelen zijn gebaseerd op het behoud van diversiteit en het bewust herstel van complexere ecosystemen. Precieze methoden zijn herhaaldelijk beschreven in andere contexten in dit boek. Voor uitspraken over de economische voordelen van de toepassing van ecologische kennis kan een twijfelende lezer zowel het hierboven geciteerde werk van Elton raadplegen als een latere samenvatting van E. H. Graham (1947). De gevolgen van deze toepassing dienen vele waarden, waarvan een betere bestrijding van ongedierte zeker niet de minste is.

HOOFDSTUK – 16

ROOFDIER-PROOFDIER RELATIES

Het woord predator komt van het Latijnse praeda-prey. Zowel biologisch als etymologisch hebben de woorden een gemeenschappelijke oorsprong en is het ene een logische afleiding van het andere: er kan geen prooi zijn zonder roofdier. Geen enkele levende gemeenschap is vrij van predatie, en alleen in door de mens gedomineerde omgevingen is het biologische belang van predatie verwaterd. Predatie is daarom biologisch normaal, alomtegenwoordig en, op enkele uitzonderingen na, essentieel voor het welzijn van de mens, hoewel dat voor niet-biologen niet meteen duidelijk is. Toch is het grotendeels door deze uitzonderingen dat er een sterk vertekend beeld is ontstaan van wat predatie is, hoe het werkt, wat de gunstige en nadelige effecten ervan zijn en hoe de concurrentie met de belangen van de mens het best kan worden aangegaan. Het is mijn taak hier deze verschillende fasen te beschrijven op een manier die kan leiden tot een beter begrip van de volledige betekenis van predatie in relatie tot ongediertebestrijding. Helaas kan ik dat niet volledig met succes doen – niemand kan dat – omdat onwetendheid, speciale belangen en geconditioneerde waarden onenigheid garanderen. [197] Er zijn maar weinig onderwerpen in de biologie die zo gemakkelijk tot controverse leiden als de relatie tussen roofdier en prooi.

Biologisch gezien is een roofdier een vleesetend dier. Soms wordt het begrip predatie ook uitgebreid tot plantenetende dieren, maar dit gebruik maakt de definitie minder scherp: Het is slechts een andere manier om te zeggen dat dieren voor hun voedsel afhankelijk zijn van planten, ongeacht of er tussenstappen zijn waarbij plantenweefsel wordt omgezet in vlees. Het voordeel van een dergelijke benadering is dat het de beschrijving van het energieverlies in ecosystemen en de efficiëntie van de energietransmissie op de overdrachtpunten langs dit pad vergemakkelijkt. Hoe belangrijk deze benadering ook is voor de ecologie, onze nadruk moet liggen op individuele soorten en de omvang van hun populaties, want dat zijn de huidige maatstaven voor succes en gevaar bij ongediertebestrijding. Wanneer ik het dus over predatie heb, bedoel ik alleen de relatie tussen dieren. Ik moet hier echter aan toevoegen dat parasieten van dieren normaal gesproken ook onder deze definitie vallen. Ook zij zijn afhankelijk van dierlijk weefsel; alleen hun verspreidingswijze, de manier waarop ze dierlijk voedsel 'vangen', en hun effecten op hele organismen verschillen. Bovendien leiden parasitisme en predatie, bekeken vanuit het standpunt van hele populaties, vaak tot dezelfde resultaten.

Twee overwegingen liggen ten grondslag aan alle praktische discussies over predator-prooi-interacties: prooispecificiteit en controle van prooipopulaties. In de vorm van vragen zouden we kunnen stellen: Is een bepaalde predator beperkt tot een bepaald soort prooi? Controleert de predator de omvang van zijn prooipopulatie? Geen van beide vragen kan algemeen met 'ja' of 'nee' worden beantwoord. Ik hoop echter

dat uit de volgende discussie aanvaardbare, genuanceerde antwoorden naar voren zullen komen.

De biologie van predatie

De componenten van predatie zijn talrijk en gevarieerd. Toch zijn er enkele algemene categorieën te onderscheiden. De eerste heeft betrekking op de voedselkeuze van het roofdier. Facultatieve roofdieren zijn dieren die onder verschillende omstandigheden kunnen leven, waarvan het type prooi optioneel is en waarvan de voedingsgewoonten opportunistisch zijn. Obligate roofdieren daarentegen zijn nauw gebonden aan bepaalde ecologische niches en voedseltypes. Onder vleesetende zoogdieren zijn beren bijvoorbeeld in wezen facultatieve voedselzoekers. Hun dieet bestaat uit wortels, bessen, insecten, vis, knaagdieren, aas en vee. De keuze van het voedsel wordt enigszins bepaald door voorkeur, maar vaker door de mogelijkheden die het seizoen en de omgeving bieden. Coyotes zijn in principe het hele jaar door afhankelijk van knaagdieren en konijnen, maar hun dieet varieert sterk naargelang de mogelijkheden. [198] Ze kunnen worden aangeduid als gedeeltelijk obligaat. Poema's daarentegen zijn voornamelijk afhankelijk van herten voor hun voedsel, en hoewel ze ook andere dieren zoals konijnen eten, is het welzijn van poema's gekoppeld aan het aantal herten. In praktische zin zijn ze obligaat. Hetzelfde soort vergelijkingen kan worden gemaakt voor alle gewervelde dieren. Insecten zijn over het algemeen meer aangepast aan hun omgeving en de beste voorbeelden van obligate voeding bij dieren zijn dan ook te vinden onder insecten. Ter illustra-

tie volstaat het te wijzen op het feit dat het succes van biologische bestrijdingsmethoden afhangt van de mate waarin een roof- of parasietinsect zich beperkt tot één prooidier-soort. Een volledig obligate roofdier heeft de voorkeur, omdat het welzijn van de ene soort dan volledig afhankelijk is van de andere.

Naast voedselvoorkeur zijn er nog vele andere factoren die van invloed zijn op predatie (Holling, 1961). De basisvariabelen zijn de dichtheid van roofdieren en prooidieren – onvermijdelijke kenmerken van elke roofdier-prooidierrelatie. Andere factoren vloeien hieruit voort.

Het aantal prooidieren dat door roofdieren wordt gedood, is uiteraard het product van het aantal gedode prooidieren per roofdier en het aantal aanwezige roofdieren. Deze tweeledige aard van predatie werd erkend door Solomon (1949), die de termen 'functionele respons' voor de consumptie van prooien en 'numerieke respons' voor de dichtheid van roofdieren voorstelde.

Gepubliceerde informatie over de functionele respons van roofdieren op de prooidichtheid heeft grotendeels betrekking op insectenparasieten (een speciaal type predatie). In alle gevallen vallen parasieten meer gastheren aan naarmate de gastherendichtheid toeneemt. Maar deze directe relatie tussen aanvallen en het aantal gastheren houdt niet oneindig aan. Bij hogere dichtheden neemt de relatieve intensiteit van de aanvallen af, zodat de curve die de relatie beschrijft, afvlakt. De relatie is kromlijinig en verschijnt in een grafiek als een eenvoudige boog die aan de bovenkant afvlakt, wanneer de dichtheid op de x-as wordt uitgezet en het percenta-

ge parasitering op de y-as. Dit soort functionele responscurves zijn niet beperkt tot parasieten. Hetzelfde is aangetoond bij roofinsecten.

De functionele respons van gewervelde roofdieren op de dichtheid van insectenprooien lijkt van een andere aard te zijn. Kleine zoogdieren (*Peromyscus*, *Sorex*, *Blarina*) zijn bijvoorbeeld belangrijke roofdieren van de cocons van de Europese dennenzaagwesp. Zowel experimenteel als in de natuur vielen individuen van elke soort meer prooien aan naarmate de prooidichtheid toenam. In tegenstelling tot de responscurve van insectenparasieten was de functionele responscurve van deze insectenroofdieren “S-vormig” of sigmoïde. [199] Het lijkt er dus op dat gewervelde roofdieren schaarse prooien bij toeval aanvallen, maar op de een of andere manier het vermogen of de neiging ontwikkelen om een groter aandeel te vinden wanneer de prooien overvloediger worden (Leopold, 1933). Het aantal aanvallen van roofdieren hangt daarmee samen met een grotere vaardigheid die door leren wordt verworven. Ook hier kan het aantal prooien niet oneindig worden verhoogd, simpelweg omdat er grenzen zijn aan het aantal roofdieren en aan de hoeveelheid voedsel die zij nodig hebben. De responscurve bij deze bovengrens moet dan afvlakken en een bovenste plateau vormen. Hetzelfde soort respons geldt voor vogels en hun insectenprooien. Tinbergen (1949) suggereerde dat vogels die op verschillende insecten jagen een “zoekbeeld” van de favoriete prooi ontwikkelen wanneer de totale prooi-populatie dicht genoeg wordt om dit rendabel te maken.

In alle functionele reacties op prooidichtheid zijn er drie

universele componenten: de tijd dat prooien aan roofdieren worden blootgesteld; de snelheid waarmee prooien worden ontdekt; en de tijd die wordt besteed aan het identificeren, vangen en eten van prooien. Deze zijn logischerwijs in alle situaties aanwezig. Sommige andere variabelen werken niet in alle roofdier-prooidierinteracties op dezelfde manier. Honger bijvoorbeeld. Vermoedelijk wordt het zoeken intensiever wanneer een roofdier honger heeft en stopt het zoeken wanneer het geen honger heeft. Dit is over het algemeen waar, maar er zijn uitzonderingen. Sommige roofdieren blijven aanvallen en doden, zelfs wanneer ze geen honger meer hebben. Waterkevers en wezels zijn hier voorbeelden van. We hebben dus een vierde element dat meestal aanwezig is: honger die leidt tot intensiever zoeken. Deze vier factoren samen zijn voldoende om de boogvormige of kromlijnige reacties van insectenparasieten en roofdieren te verklaren. Om de sigmoïde responscurve van gewervelde dieren te verklaren, moet hier nog een vijfde factor aan worden toegevoegd. Vogels ontwikkelen complexere zoekpatronen dan insecten. Het hierboven genoemde 'zoekbeeld' is niet alleen een reactie op een grotere dichtheid, maar ook op een intensievere prikkel die de vogel ertoe aanzet selectief naar een bepaald soort prooi te zoeken. Dit feit verklaart de hoge concentratie van vogels en het selectief eten van plaagsoorten bij uitbraken. Er is inderdaad een mogelijke zesde component: de reactie van roofdieren op zwermen prooien. Uit een aantal gevallen blijkt duidelijk dat zeer dichte groepen prooien een roofdier in verwarring brengen door voortdurende afleiding, waardoor het minder efficiënt kan jagen.

Maar ook het roofdier heeft zijn beperkingen. De functionele reacties op de dichtheid van roofdieren zijn net als de functionele reacties op prooien terug te voeren op componenten. Deze reacties zijn grotendeels het gevolg van exploitatie en interferentie. [200] Naarmate de populaties van parasieten en roofdieren toenemen als reactie op de prooidichtheid, neemt de kans af dat prooien worden ontdekt die nog niet door een bepaalde parasiet of roofdier zijn aangevallen. Ze concurreren immers om dezelfde bron; de “exploitatie” moet dan ook afnemen. “Interferentie” beschrijft eenvoudigweg de concurrentie tussen roofdieren onderling. Het resultaat van twee roofdieren die ‘ruzie maken’ om een prooi kan alleen maar zijn dat er meer tijd wordt besteed aan het vangen en verwerken ervan. Bij sommige dieren wordt het aanvallen niet verhinderd of gehinderd, maar wordt het een stimulans voor een ander om hetzelfde te doen. Een vis die achter vliegen aan gaat, stimuleert andere vissen om ook achter de vliegen aan te gaan, ook al is er misschien geen prooi te zien. Dit is geen interferentie, maar 'complementatie', een derde, maar ondergeschikte component die alleen werkt wanneer groepen roofdieren samen jagen. Vermoedelijk komt een dergelijke reactie veel voor bij zoogdierroofdieren die in losse groepen jagen.

Tot nu toe is de nadruk gelegd op de effecten van het aantal prooien of roofdieren op de prooi. Deze focus op de prooi is wat ik bedoel met de twee functionele reacties die ik heb beschreven: exploitatie en interferentie. Kortom, ik heb de mechanismen beschreven waarmee predatie functioneert. Maar er is meer te zeggen. Beide soorten functionele reacties kun-

nen van invloed zijn op het aantal aanwezige roofdieren, zodat er zowel een numerieke als een functionele reactie kan optreden. Er zijn veel voorbeelden die illustreren dat het aantal roofdieren in de natuur toeneemt naarmate de prooidichtheid toeneemt. Niet alleen het absolute aantal roofdieren neemt toe, maar ook het aantal soorten roofdieren kan toenemen. De snelheid waarmee extra exemplaren van een enkele soort binnendringen, hangt af van de lengte van de voortplantingsgeneratie. De snelheid waarmee extra soorten binnendringen, hangt af van de verspreidingssnelheid, die rechtstreeks verband houdt met de kans op het vinden van een geschikte voedselbron.

Zowel de dichtheid van ongewervelde als gewervelde roofdieren reageert op deze manier. Onder gewervelde dieren komen bepaalde insectenetende vogels bijvoorbeeld consequent vaker voor tijdens uitbraken van de sparrenrups; andere vogels vertonen geen reactie (Kendeigh, 1947; Morris et al., 1958). Het broedsucces is groter bij een hoge prooidichtheid, ook al kan de roofdierdichtheid eveneens hoog zijn. Pitelka et al. (1955) toonden aan dat het aantal, de soorten en het broedsucces van roofvogels die uitsluitend van lemmingen leven, rechtstreeks verband hielden met het aantal van deze knaagdieren. Bij deze roofvogels, net als bij roofzuchtige zoogdieren in het Noordpoolgebied (Elton, 1942), zorgt de vertraging in de toename als gevolg van een reproductieve generatie die langer duurt dan die van de prooi, ervoor dat de effecten pas in een volgend seizoen merkbaar worden. [201] Roofdierachtige zoogdieren waarvan de cycli van overvloed parallel lopen met die van prooidieren, lopen

altijd merkbaar achter op zowel de toename als de afname van het aantal prooidieren. Dit resulteert vaak in een oscillerend patroon. De relatie tussen de lynx en de haas in Canada en het noorden van de Verenigde Staten is een klassiek voorbeeld. De poolvos reageert direct op schommelingen in het aantal lemmingen, maar met een vertraging van één generatie. Wanneer de Europese dennenbladwants in grote aantallen voorkomt, zijn ook spitsmuizen en hertenmuizen talrijk. Kortom, een hoge prooidichtheid verhoogt het totale welzijn van roofdieren of van roofdiercomplexen. Pas wanneer het aantal roofdieren tot zeer hoge niveaus stijgt, treden functionele reacties (exploitatie en interferentie) in werking om een verdere toename van de roofdierdichtheid te beperken.

Het is duidelijk dat de waarnemingsvermogen van het roofdier en de aard van de omgeving van invloed zijn op de hoeveelheid prooidieren die een roofdier kan verwijderen. Met andere woorden, de draagkracht van een omgeving, zoals eerder gedefinieerd, beschrijft niet alleen een evenwicht tussen roofdieren en prooidieren, maar voegt daar ook een fysiek element aan toe. Een gebied dat onvoldoende voedsel en beschutting biedt, stelt een grote prooidierpopulatie bloot aan buitensporige gevaren. Het is een grondbeginsel in het wildbeheer geworden, voornamelijk afgeleid uit de vele studies van Errington (bijvoorbeeld Errington, 1946), dat ongevoelmatig succes van roofdieren eerder wijst op een slechte habitat dan op de vaardigheid van de roofdieren. De prooidieren die door predatie worden verwijderd, zijn slechts overtollig; ze zouden om andere redenen zijn gestorven als de

roofdieren ze niet hadden gevangen. Dit idee is voldoende onderbouwd voor gewervelde dieren die zich voeden met gewervelde dieren, maar heeft weinig betekenis voor prooidieren met een geringere mobiliteit, zoals de meeste insecten. De meeste insecten bereiken niet de populatiedichtheden die nodig zijn om de door dichtheid bepaalde reactie te veroorzaken waar Errington het over heeft.

Een vraag die vaak wordt gesteld, vooral door natuurbiologen, is: welke componenten van een prooidierpopulatie zijn het meest kwetsbaar voor predatie? Als niet alle leden in gelijke mate de aandacht van roofdieren trekken, kan het belang van gedeeltelijke maar selectieve verwijdering niet op puur wiskundige wijze worden beoordeeld. Is predatie in feite selectief, d.w.z. verwijderen roofdieren meer zwakke, jonge, verminkte, zieke en slecht aangepaste leden van een prooidierpopulatie dan op basis van toeval te verwachten zou zijn?

Hoewel er onvoldoende informatie beschikbaar is om deze vraag overtuigend te beantwoorden, lijkt het erop dat ongewervelde roofdieren normaal gesproken geen specifieke leden van hun gekozen prooidiersoort selecteren. [202] Het belangrijkste kenmerk van predatie door ongewervelde dieren is de kans om ontdekt te worden. Eenmaal ontdekt, lijken hele prooidierpopulaties even kwetsbaar. Een uitzondering hierop vormen de vele soorten parasieten die geen eitjes leggen in prooien waarin al eitjes zijn afgezet. Bovendien hangt het gebied dat door insectenroofdieren en parasieten wordt afgezocht sterk af van de dichtheid van de prooidierenpopulaties. Het succes van biologische bestrij-

ding bevestigt dat roofdieren en parasieten in wezen niet selectief zijn. Helaas is selectiviteit bij insecten die niet van economisch belang zijn nauwelijks onderzocht.

Over gewervelde dieren is het moeilijker om algemene uitspraken te doen. Zoals Errington (1946) duidelijk aantoonde, variëren de vaardigheden van roofdieren sterk, evenals de verdedigingsmechanismen van gewervelde prooidieren. Bovendien wordt de analyse bemoeilijkt door territoriaal gedrag en intraspecifieke intolerantie in een mate die bij ongewervelde dieren niet voorkomt. Het lijkt erop dat warmbloedige gewervelde roofdieren wel degelijk prooiën “selecteren” in die zin dat prooidieren die geen veilig territorium en “dekking” hebben, het belangrijkste doelwit van predatie worden. Deze individuen zijn, zoals Errington (1943) heeft aangetoond in zijn onderzoek naar de predatie van muskusratten door nertsen, vaak jonge of zieke dieren. Wolven die op kariboes jagen, zijn meestal afhankelijk van achterblijvers en kalveren (Crisler, 1956; Murie, 1944). Met betrekking tot de jacht van wolven op bizons merkte Soper (1941) op dat de meeste gedode dieren subvolwassen dieren zijn die op de een of andere manier ziek zijn, of dieren in de laatste stadia van hun leven. Borg (1962) heeft in Zweden op overtuigende wijze aangetoond dat roofdieren zieke reeën op een andere manier doden. Van de 156 door roofdieren gedode reeën die door dierenartsen zijn onderzocht, was 54,5 procent ziek. Soortgelijke voorbeelden zijn talrijk bij roofdieren uit de hondachtigen, maar er moet worden opgemerkt dat deze dieren bijzonder bedreven zijn in de jacht (net als roofvogels: Rudebeck, 1950, 1951). Zelfs bij men-

senetende roofdieren is het idee ontstaan dat kinderen en de minder goed bewapende dieren het meest kwetsbare prooien zijn. De dichtheid van de prooidieren en de mate waarin ze zich kunnen verschuilen, zijn belangrijker factoren voor het succes van roofdieren. Toch speelt selectiviteit wel degelijk een rol in blootgestelde populaties. Rudebeck (1950) toont in een uitstekende studie op basis van jarenlange veldobservaties aan dat roofvogels die zich voeden met vogels, een aanzienlijk aantal verzwakte prooidieren vangen. Het is een algemeen verschijnsel bij veel soorten jachtvogels dat jonge vogels vaker worden gegeten dan volwassen exemplaren. Visetende vogels zijn ook het meest afhankelijk van jongere vissen. [203] In het algemeen oefenen gewervelde roofdieren dus enige selectiviteit uit binnen prooidiersoorten en worden ze instrumenten van “milieusanering”, waardoor gevestigde dieren beter kunnen gedijen door het verwijderen van buitensporige aantallen jonge, oude en zieke dieren. Het optreden van selectieve verwijdering wordt niet betwist; het belang ervan voor de populatiecontrole is een andere vraag.

We moeten nu opnieuw kijken naar een van de twee eerder gestelde basisvragen: of roofdieren de omvang van hun prooidierpopulaties reguleren. Dat is een zeer moeilijke vraag. Op dit moment beperk ik me tot de biologische analyse en laat ik het argument over de noodzaak van regulering voorlopig buiten beschouwing. (Laten we ook niet vergeten dat eerdere discussies over voedselrelaties en successiestadia in relatie tot de vertegenwoordiging en abundantie van dieren hier relevant zijn.

Een definitie is nodig. “Controle” betekent hier niet het be-

perken van aantallen tot een voor de mens aanvaardbaar niveau. Het verwijst veeleer naar het vermogen van roofdieren om de omvang van een prooidierpopulatie te bepalen (natuurlijke regulering), waarbij alle andere factoren gelijk blijven. Ook is enige achtergrondinformatie nodig. Als we grove factoren van verandering zoals geologische tijd, evolutionaire processen en rampen buiten beschouwing laten, moeten we in het algemeen concluderen dat roofdier- en prooidierpopulaties in relatief harmonieus evenwicht naast elkaar bestaan. Overmatige predatie in voldoende mate om prooidierpopulaties te verminderen of uit te roeien komt alleen voor in gespecialiseerde situaties: de introductie van roofdieren in voorheen gestabiliseerde ecosystemen zoals oceaan eilanden; de eliminatie van alternatieve voedselbronnen voor facultatieve roofdieren; omstandigheden, zoals watervogelreservaten, die een onnatuurlijk hoge productiviteit van gewenste soorten proberen te induceren.

Onder natuurlijke omstandigheden komt zware predatie van planten door insecten zelden voor. Ontbladering van planten komt het meest voor bij gewassen en in monocultuur. De neiging van bladete insecten om tot hun voedselgrens en daarbuiten te eten is duidelijk aanwezig in landbouwgewassen; in bossen komt dit minder vaak voor (Voute, 194fi), waar ontbladering niet uniform of zeker is. De meeste insecten worden voornamelijk onder hun voedselgrens gehouden door de aanwezigheid van insectenparasieten en insectenpredatoren. Het beste bewijs hiervoor ligt in biologische bestrijding. In het meest klassieke en overtuigende geval, de vedalia-kever, die werd geïmporteerd om de wolluis te be-

strijden, werkte dit zo goed dat de wolluis nu schaars is, maar dat geldt ook voor de kever. De wolluis wordt beperkt door de predator en de kever door zijn voedselvoorziening. Hier is, zoals in zoveel vergelijkbare voorbeelden, sprake van een sterk vereenvoudigde situatie: één geïntroduceerde plaag en één geïntroduceerde tegenplaag. Het is echter mogelijk dat er twee of meer parasieten of roofdieren nodig zijn. Door samen te werken kunnen zij een prooidierpopulatie effectief beperken. Vogels jagen veel op insecten; er worden astronomische aantallen gevangen. [204] Er is echter geen bevestiging dat vogels op zichzelf de populatieaantallen van insecten op de lange termijn beperken. Belangrijkere invloeden op insectenpopulaties zijn snelle voortplantingssnelheden en andere sterftefactoren dan predatie door vogels. De belangrijke bijdrage van vogels lijkt groter te zijn bij lage dichtheden dan bij hoge, net als bij insectenetende zoogdieren. Een relatief groter deel van de prooien wordt bij de laagste dichtheden gevangen (in tegenstelling tot de aannames van Howard en Fiske, 1911), waardoor het uitbreken van plagen kennelijk wordt vertraagd en deze misschien meer verspreid plaatsvinden.

Net als bij de meeste gewervelde dieren hebben roofdieren op vissen de neiging om bepaalde delen van een prooidierpopulatie te prefereren en te selecteren. Deze selectiviteit van gewervelde roofdieren staat in contrast met die van insectenroofdieren. Het resultaat is dat voedsel – of de concurrentie daarom – en niet predatie meestal de populatiegrootte van prooidieren beperkt. Toch is predatie niet zonder effect. In dichte vispopulaties die niet aan predatie onderhevig zijn,

zijn de grootte en groeisnelheid klein. Matige tot zware predatie waarbij de grootste en oudste vissen worden gevangen (bijvoorbeeld overbevissing) verlaagt de gemiddelde leeftijd, maar verhoogt de groeisnelheid, zodat jongere vissen sneller een grotere omvang bereiken. Zware predatie op jonge vissen beïnvloedt het karakter van de hele populatie. Het verdwijnen van ijsvogels en zaagbekken in Oost-Canada leidde bijvoorbeeld duidelijk tot een hogere overlevingskans onder jonge Atlantische zalm, en men denkt dat dit effect ook te zien was in grotere aantallen oudere vissen (Holling, 1961). Concurrentie om voedsel lijkt dus de oorzaak te zijn van de beperking van de vispopulatie; alleen wanneer roofdieren vaardig en gespecialiseerd zijn, zullen hun effecten groter zijn dan die van concurrentie. Met andere woorden, deze selectieve roofdieren zijn verplicht zich te voeden met delen van de vispopulatie. Wanneer deze roofdieren bijzonder vaardig zijn, wordt predatie belangrijk voor het beperken van het aantal vissen.

Vogels zijn een veelvoorkomend doelwit van roofzuchtige zoogdieren en vleesetende vogels. Ook hier kunnen grote aantallen vogels als prooi worden gevangen, maar alleen in speciale situaties lijkt predatie de vogelpopulaties buitensporig te beperken. In het beste onderzoek in zijn soort toonde Tinbergen (1946) aan dat Europese sperwers in een bepaald jaar een groot percentage huismussen vingen (misschien wel 50 procent). Toch kon hij niet concluderen dat de populatie van jaar tot jaar aanzienlijk werd aangetast. Bovendien lijkt er in andere gebieden van Engeland en de Lage Landen, waar sperwers ijverig zijn verwijderd, geen com-

penserende toename van de huismuspopulaties te zijn. [205] Een soortgelijke conclusie moet worden getrokken uit het uitstekende onderzoek van Bump et al. (1947). In dit geval werden korhoenders door verschillende roofvogels en zoogdieren belaagd. Op het eerste gezicht leken de totale verliezen enorm hoog. De predatie op eieren bedroeg 39 procent, op jongen 63 procent en op volwassen dieren 50 procent. De totale predatie over het hele jaar bedroeg ongeveer 80 procent. Om de waarde van het verwijderen van roofdieren te bepalen, werd een energieke campagne opgezet om roofdieren in een groot studiegebied uit te roeien. Het programma was bijzonder effectief tegen de kleinere carnivoren, maar wist niet alle vleesetende vogels uit te roeien. Deze aanzienlijke verwijdering van roofdieren halveerde het verlies aan eieren, maar had geen invloed op de druk van roofdieren op andere plaatsen of momenten van het jaar. Bovendien nam de populatie korhoenders in de daaropvolgende jaren niet toe. In dit geval was de toename van het aantal echter gericht op een groter succes van de jagers, slechts enkele maanden voor het broedseizoen. Het is speculatief of deze toename van jaar tot jaar zou kunnen worden gehandhaafd. Jacht als vorm van predatie verwijdert dus mogelijk alleen een overschot dat toch al gedoemd is. Predatie op vogels heeft, zoals Errington in zijn proefschrift suggereert, alleen succes als het deel van een populatie wordt verwijderd dat toch niet levensvatbaar is.

Predatie is bij zoogdieren intensiever bestudeerd dan bij enige andere diergroep. Hoewel predatie duidelijk effecten heeft, staat niet vast dat populatiebeperking voornamelijk

door predatie wordt veroorzaakt. Bepaalde feiten zijn duidelijk. Zoogdieren vernietigen normaal gesproken hun voedselvoorziening niet (hoewel dit in het Noordpoolgebied wel kan voorkomen); er moet dus iets anders dan voedsel zijn dat de populaties beperkt. Het aantal zoogdieren dat door roofdieren wordt gedood, kan soms zeer groot zijn. Predatie op zoogdieren wordt vaak waargenomen en is vaak dramatisch. Populatieschommelingen, met name bij knaagdieren, zijn even dramatisch. In sommige speciale situaties (bijvoorbeeld de beroemde Kaibab-hertenkudde) is totale bestrijding van roofdieren gevolgd door een explosieve toename van herbivoren, wat vaak leidde tot overmatige exploitatie van de vegetatie en vervolgens tot hongersnood. Ondanks een verwarrende wirwar van schijnbaar tegenstrijdige gegevens en opvattingen lijkt het waarschijnlijk dat roofdieren geen dominante invloed hebben op de regulering van de meeste zoogdierpopulaties. Uitzonderingen hierop zijn prooidieren waarvan de voortplantingssnelheid hoger is dan die van hun roofdieren. Roofdieren zijn echter niet zonder invloed en kunnen tijdelijk verantwoordelijk zijn voor een aanzienlijke afname van het aantal dieren.

[206] Sommige zoogdieren, zoals sommige vogels, kunnen buitengewoon effectieve jagers zijn. Zoogdieren met speciale eigenschappen en een schijnbare jachtdrift kunnen een belangrijkere rol spelen in de regulering dan momenteel kan worden aangetoond. Als voorbeelden kan ik deze paren noemen: vossen-konijnen; vissers-stekelvarkens; poema's-herten; en fretten-prairiehonden. Maar zelfs onder deze bekwaame jagers lijken de slachtoffers meestal gehandicapten te

zijn: onvolwassen dieren, zwervers, slecht aangepaste dieren. Het verwijderen van dergelijke prooidieren kan mogelijk leiden tot een grotere in plaats van een kleinere prooidierenpopulatie.

Op de lange termijn heeft predatie een minder blijvende invloed op de populatie dan habitatbeperkingen, concurrentie om voedsel en sociale conflicten. Maar voorzichtigheid is geboden. Bijna alle beschrijvingen die men tegenkomt, hebben betrekking op eenvoudige relaties: één roofdiersoort en één prooidiersoort. Studies naar “voedingsgewoonten” hebben meestal betrekking op één soort die door iemand als belangrijk wordt beschouwd. In veel gevallen is het biologisch haalbaar om de totale effecten van predatie af te leiden uit de studie van enkele paren van gewervelde roofdier-prooidiersoorten. Bij meer soorten echter maken de grotere verschillen in voedingsgewoonten bij vogels en zoogdieren dit in het algemeen onmogelijk. Zeer zelden wordt de invloed van roofdiercomplexen op plaagprooidiersoorten naar behoren erkend. Willekeurige selectie van enkele soorten voor onderzoek vertekent doorgaans de totale evaluatie en kan leiden tot biologische illusies. Te vaak wordt deze illusie opzettelijk gecreëerd om bepaalde bestrijdingsprogramma's te rechtvaardigen. Zo wijst het uitstekende onderzoek van Fitch en Bentley (zie hoofdstuk 17) er terecht op dat coyotes niet in de buurt kwamen van een totale uitroeiing van het jaarlijkse overschot aan grondeekhoorns in een uitlopersgebied van de San Joaquin Valley. Dit feit wordt vaak gebruikt om coyotebestrijdingcampagnes te rechtvaardigen. Wat echter niet algemeen bekend is, is dat coyotes zich ook op

andere knaagdierensoorten voedden en dat alle gewervelde roofdieren, van ratelslangen tot coyotes, samen het grootste deel van de jaarlijkse productie van grondeekhoorns consumeerden. Deze conclusie kan niet worden uitgebreid naar andere knaagdierensoorten, aangezien deze niet op dezelfde manier zijn onderzocht.

Er moet naar het totale complex worden gekeken. Ik heb me afgevraagd waarom biologen zelf een biologische onwetendheid in stand houden waarin alleen één-op-één-relaties worden bestudeerd. Ik kan alleen maar concluderen dat de neiging om zich in alle fasen van de economische zoölogie te concentreren op “begunstigde” soorten heeft geleid tot een verwrongen beeld van de ecologische functies van dieren.

Het is zeker hoog tijd voor bredere studies waarin de totale waarde van predatie centraal staat. [207] Evenzeer achterstallig zijn studies die voedselconcurrentie, sociale strijd en habitatmanipulatie benutten als benaderingen voor de bestrijding van gewervelde plaagdieren. Noch de uitdagingen, noch de voordelen van dergelijke fantasierijke benaderingen lijken te worden gewaardeerd door de voorstanders van steeds giftigere gifstoffen, die op steeds grotere schaal worden verspreid.

Campagne en controverse

Van alle methoden voor ongediertebestrijding heeft het doden van roofdieren de felste kritiek op zich gehaald. De kritiek varieert in intensiteit en motivering, afhankelijk van het

soort predatie en het doel van de bestrijding. Insecten, vogels en zoogdieren spelen een prominente rol in deze discussies.

Het verlies van roofzuchtige en parasitaire insecten als gevolg van het willekeurig verspreiden van niet-selectieve chemicaliën wordt nu algemeen erkend en behoeft geen verificatie meer. Economische entomologen erkennen vrijwel unaniem de ernst van dit verlies en trachten het waar mogelijk te voorkomen. In de praktijk wordt getracht het verlies van deze belangrijke natuurlijke bestrijders te voorkomen door pesticiden op het juiste moment toe te passen, door voortdurend te zoeken naar pesticiden die specifiekere werken, door biologische en chemische bestrijdingsmethoden te coördineren en door, waar mogelijk, geïntroduceerde soorten roofdieren en parasieten in te zetten. Het netto-effect van deze inspanningen is nog niet groot en in de meeste landbouwsituaties wordt nog steeds sterk geleund op chemische bestrijding, ongeacht de gevolgen voor andere leden van de insectenfauna (zie hoofdstuk 21). Er bestaat een zekere mate van onenigheid – soms sterk – over de houding van entomologen ten aanzien van het herstel van het verlies aan insectenpredatoren en -parasieten als gevolg van chemische bestrijdingsmethoden. Al met al heeft dit verlies een grotere algemene betekenis dan vergelijkbare problemen bij de bestrijding van gewervelde plaagdieren. Niettemin lijken de discussies onder entomologen merkwaardig gematigd voor iemand die bekend is met de heftige controverses die veel bestrijdingsmethoden voor vogels en zoogdieren kenmerken.

De bestrijding van knaagdieren en roofzuchtige zoogdieren buiten woongebieden is in het belang van producenten van gewassen, hout, vee en wild. In minder voorkomende gevallen, wanneer een ziekte die op de mens overdraagbaar is, zoals momenteel het geval is met rabiës, bij wilde dieren voorkomt, kunnen bestrijdingscampagnes ook om redenen van volksgezondheid gerechtvaardigd zijn. [208] Campagnes voor de bestrijding van vogels (in tegenstelling tot lokale bestrijding van hinderlijke vogels) worden door voorstanders van bestrijding om soortgelijke redenen gerechtvaardigd: verminderde gewasopbrengsten, verstoring van de teelt en, in zeldzamere gevallen, overdracht van ziekten.

De bestrijding van roofdieren is de afgelopen vijftig jaar steeds meer door federale instanties gesponsord. Lokale bestrijdingsmaatregelen waren en zijn nog steeds gebaseerd op jacht en vallen. Het enige echt nieuwe is het gebruik van vliegtuigen, waardoor in open land meer dieren kunnen worden gedood dan anders mogelijk zou zijn. Jagers en vallenzetters zijn meestal lokale bewoners, die worden ingehuurd door lokale producenten en door overheidsinstanties op alle niveaus, met als doel het aantal roofdieren in de omgeving te verminderen. Hun belangrijkste steun komt van veehouders, die recentelijk zijn aangesloten bij pluimveehouders. De lokale jagers en vallenzetters worden in hun levensonderhoud geholpen door premies voor bepaalde soorten en, in sommige gevallen, door de verkoop van bont. Door de daling van de premies in veel gebieden en de sterke prijsdaling van bont op de markt, met name in de afgelopen jaren, zijn zij meer afhankelijk geworden van werk bij de

overheid dan voorheen het geval was.

Jacht en vallen zetten echter veel geld kost en hebben slechts een lokaal effect. Vlak voor de Eerste Wereldoorlog ontstond een filosofie van gebiedsbrede bestrijding met giflokalen. De belangrijkste begunstigen en voorstanders waren veehouders. Grootschalige bestrijdingsprogramma's namen tijdens de Eerste Wereldoorlog sterk toe en zijn sindsdien niet afgenomen, noch op enig ander moment zo sterk uitgebreid (ongeacht de redenen die werden aangevoerd om verdere steun te verkrijgen). De belangrijkste argumenten voor steun waren de jachtproductie en ziektepreventie. Geen van beide argumenten biedt nu nog dezelfde rechtvaardiging als in de jaren twintig en dertig. Strychnine was aanvankelijk de belangrijkste chemische stof die werd gebruikt, maar de Duitse ontdekking van thallium tijdens de Eerste Wereldoorlog gaf de bestrijding van zoogdieren een nieuw, zeer giftig middel dat niet de nadelen van strychnine had. Omdat thallium geen smaak had en geen onmiddellijke toxische effecten had, was de kans op een dodelijke dosis veel groter dan bij strychnine. Twintig jaar lang was thallium de belangrijkste chemische stof die werd gebruikt voor de bestrijding van veldknaagdieren en roofzuchtige zoogdieren. Strychnine had onbedoelde slachtoffers gemaakt, maar thallium veroorzaakte er nog meer (deels vanwege de stabiliteit en hoge toxiciteit van de chemische stof, deels vanwege de sterk uitgebreide bestrijdingsoperaties en deels vanwege de onzorgvuldigheid en onverschilligheid van de bestrijdingsmedewerkers). Er was al tegenstand tegen de eerdere campagnes met strychnine, maar deze bezwaren waren verwaar-

loosbaar in vergelijking met de bezwaren die later kwamen. [209] Vanaf het midden van de jaren 1920 en gedurende enkele jaren nam de tegenstand toe totdat er een controverse ontstond die doordrong tot de staats- en federale wetgevend instanties. In 1930 kwam het conflict zoals het op dat moment bestond volledig aan de orde tijdens de jaarlijkse bijeenkomst van de American Society of Mammalogists (zie het Journal of Mammalogy van 1930 voor de verschillende artikelen die daarop volgden). Het conflict werd niet opgelost; de bestrijdingscampagnes veranderden niet van karakter en bleven even groot en even vastberaden. Door de noodsituatie van de daaropvolgende depressiejaren werd er zelfs meer dan minder bestreden, in dit geval vooral als maatregel om de werkgelegenheid op peil te houden. De tegenstand hield niet op. De discussies gingen door in de jaren dertig. Er kwamen wel enkele veranderingen in de bestrijdingsmethoden. Er werd meer onderzoek gedaan naar de voedingsgewoonten van dieren. Werknemers kregen de opdracht om nieuwe en selectievere methoden voor de bestrijding van zoogdieren te ontwikkelen. Veldbiologen kregen de opdracht om te bestuderen hoe predatie in de natuur eigenlijk werkt en om te bepalen hoe bestrijdingsmaatregelen beter konden worden afgestemd op de biologie van zowel gewenste als schadelijke soorten. Er kwamen meer bekende mensen in het werk terecht. Er werden “waakhond”-commissies ingesteld om methoden en problemen met regionale toepasbaarheid te evalueren (bijvoorbeeld de Wildlife Administration and Pest Control Relations Committee, bijeengeroepen door de Senaat van Californië in 1933, die tot aan de Tweede Wereldoorlog bijeenkwam). Achteraf moet

ik concluderen dat de controverses en verwijten van de twintig jaar voorafgaand aan de Tweede Wereldoorlog niet zonder waarde waren. De grotere kwesties werden gedefinieerd; reorganisaties van de bedrijfsvoering en het bestuur moesten volgen op de evaluaties; op alle niveaus vond een pijnlijke verbetering van de competentie plaats. Tegenstrijdige waarden moesten nog worden opgelost, toen net als nu. De Tweede Wereldoorlog maakte een einde aan het debat.

De productie van materialen was in de Tweede Wereldoorlog een nog groter probleem dan in de Eerste Wereldoorlog. Er waren meer mannen in uniform, die over de hele wereld verspreid waren en een meer technisch georiënteerde oorlog voerden. Onderzoek en ontwikkeling werden omgeleid naar het veiligstellen van voedsel en andere materialen tijdens de distributie en opslag ervan in verschillende klimaten. Omdat grote aantallen militairen onder zware omstandigheden in contact kwamen met nieuwe dieren en ziekten, waren grote inspanningen op het gebied van veldhygiëne en bestrijding van ziekteverspreiders noodzakelijk. Middelen om knaagdieren en ziekten te bestrijden werden de belangrijkste zorg van onderzoekschemici en biologen.

[210] Onder druk van militaire behoeften kunnen gezamenlijke inspanningen verbluffende resultaten opleveren. Als we alleen al kijken naar de bestrijding van zoogdieren, waren de resultaten van het chemisch onderzoek tijdens de oorlog inderdaad indrukwekkend. Een van de belangrijkste ontdekkingen voor ons onderwerp was de grote effectiviteit van natriumfluoroacetaat, beter bekend onder zijn experimentele nummer 1080. Het bleek zeer giftig (de meest giftige chemi-

sche stof die momenteel op grote schaal wordt gebruikt), oplosbaar in water en chemisch uiterst stabiel; het kon zonder argwaan door knaagdieren worden gegeten (waardoor er geen “aasschuwheid” ontstond) en het werkte niet zo snel dat het de consumptie van een dodelijke dosis belemmerde. De komst ervan werd even enthousiast onthaald als de ontwikkeling van DDT. Al snel werd opgemerkt dat de giftigheid van Compound 1080 niet voor alle dieren gelijk was. Onder de gewervelde dieren bleken hondachtigen het meest gevoelig, andere carnivoren iets minder en knaagdieren nog minder, terwijl vogels meerdere malen resistenter waren dan zoogdieren. Toxicologisch gezien waren de verschillen in toxiciteit academisch; de chemische stof bleef zeer giftig. Maar in combinatie met biologische kennis en een juiste plaatsing betekenden deze verschillen dat 1080 selectief kon worden gebruikt om alleen bepaalde soorten dieren te vergiften. Zo werden programma's mogelijk waarbij roofzuchtige zoogdieren en knaagdieren konden worden bestreden met vermoedelijk minimale schade voor andere levende wezens. Sindsdien (1946-47) is het gebruik van verbinding 1080 uitgebreid en is het in de Verenigde Staten de standaardchemische stof geworden om de populaties van coyotes en knaagdieren in bossen en op open terreinen te vermindern. Het wordt natuurlijk ook gebruikt in stedelijke situaties en voor meer beperkte bestrijdingsdoeleinden elders. Het is gebruikt in grootschalige programma's in Australië en Nieuw-Zeeland, waar het, afhankelijk van de locatie, gericht is op herten, opossums, kangoeroes, Europese konijnen, dingo's en vossen. Geen enkel ander land gebruikt Compound 1080 in de hoeveelheden die in deze drie landen wor-

den verbruikt. Bovendien wordt in alle drie de landen steeds vaker gebruik gemaakt van vliegtuigen om een groter bereik, een betere verspreiding van het vergiftigde aas en lagere toepassingskosten te realiseren.

In de Verenigde Staten werd de filosofie van gebiedsbrede bestrijding van plaagsoorten met dit chemische middel zo goed geïmplementeerd dat er weinig behoefte leek te zijn aan andere methoden. Toen de grondegels en coyotes, de belangrijkste doelwitten, sterk in aantal waren afgenomen, verschoof de aandacht naar knaagdieren in de bossen en op de graslanden. [211] De middelen om een einde te maken aan de problemen met schadelijke zoogdieren waren voorhanden – als men slechts één definitie van schadelijk aanvaardde, als men het erover eens was dat ongediertebestrijding door overheidsinstanties moest worden uitgevoerd in het belang van productiegroepen, als men het erover eens was dat openbare gronden moesten worden behandeld ten behoeve van de specifieke voordelen van deze groepen, en als men van mening was dat de verliezen voor andere wilde dieren en huisdieren als verwaarloosbaar konden worden beschouwd in het licht van de duidelijke economische voordelen.

Het gebruik van 1080 leverde al vroeg problemen op, die grotendeels te voorzien waren. Risicobeoordeling was een belangrijke fase in de ontwikkeling en de empirische toepassing ervan in het veld. Soms waren de verliezen aan wilde dieren groot; de gebruikte methoden konden de verwachte selectiviteit niet garanderen (d.w.z. dat vleesetende dieren alleen vlees eten en graanetende dieren alleen graan). De

kleinere pelsdieren werden regelmatig het onbedoelde doelwit van met 1080 vergiftigde vleesstations die voor coyotes waren uitgezet. De kleuring van graanaas was slechts gedeeltelijk succesvol in het verminderen van onbedoelde verliezen van vogels. Secundaire vergiftiging, een logisch gevolg van de stabiliteit van de chemische stof, kwam veel voor en werd in sommige gevallen zelfs geprezen als een extra bewijs van de waarde van Compound 1080.

Al vroeg rezen er twijfels over de veiligheid van grootschalige programma's met 1080 en de laatste jaren is er nationale oppositie ontstaan (net als in Nieuw-Zeeland).

Wat mij betreft is het meest trieste aspect, ongeacht de argumenten die tegen het middel worden aangevoerd, dat de U.S. Fish and Wildlife Service – die bijna volledig verantwoordelijk is voor de ontwikkeling en het gebruik van 1080 in het veld – zijn overige verantwoordelijkheden met betrekking tot wilde dieren niet heeft genomen. Na het aantonen van de gevaren in het veld en, meer recentelijk, de brede oppositie tegen vergiftigingscampagnes met een steeds groter bereik, heeft de dienst niet gereageerd (zoals hij dat eind jaren dertig wel deed) door een volledig onderzoek in te stellen naar de effecten van zijn eigen programma's. Er hebben geen voortdurende evaluaties, herschikkingen en hergroeperingen van bekwaam personeel plaatsgevonden. De reactie lijkt mij eerder een verstrakking binnen de “controlegerichte” schil. De behandeling vanuit de lucht van tienduizenden acres verbrand bos in Californië in 1960 getuigt van een verontrustende richting. Ik zou meer tevreden zijn met een dergelijke operatie als de mate van knaagdierreductie, het

tempo van het herstel van de populatie, de werkelijke effecten van knaagdieren op herbebossing en de economische winst waren onderzocht en bekendgemaakt. Hopelijk zal het onderzoeksprogramma naar pesticiden en wilde dieren, dat momenteel een prominente plaats inneemt in de onderzoeksactiviteiten van de Amerikaanse Fish and Wildlife Service, in de toekomst de gevaren van zijn eigen bestrijdingsprogramma's onderzoeken. Het ministerie van Landbouw is niet de enige overtreder op het gebied van het eenzijdige gebruik van gif.

[212] Tot nu toe heb ik geprobeerd een beschrijvend verslag te geven van wat predatie biologisch gezien inhoudt en heb ik alleen die mening gegeven die ik gerechtvaardigd achtte op basis van operaties die de relatie tussen roofdieren en prooidieren ten onrechte hebben verstoord. Ik ben geneigd het eens te zijn met veel critici van de specialist dat zijn verslaggeving vaak veel te theoretisch is en deprimerende geen verband houdt met de praktijk. Laat ik nu duidelijk stellen dat, hoezeer ik ook begaan ben met het trekken van de beste biologische conclusies, ik me er terdege van bewust ben dat de houding ten opzichte van en het oordeel over de bestrijding van vogels en zoogdieren veel verder reiken dan de biologie van de zaak. Niettemin is de afhankelijkheid van biologische informatie bij de bestrijding van schadelijke gewervelde dieren veel te gering. Waar we onwetend zijn, lijken we niet de weg naar kennis te kiezen. Wanneer er een geschil ontstaat, lijken we niet over de middelen of de wijsheid te beschikken om dit op een voor alle partijen aanvaardbare manier op te lossen. Met andere woorden, de be-

strijding van warmbloedige dieren is maar al te vaak niet gebaseerd op biologische feiten en evenmin duidelijk gerechtvaardigd door economische noodzaak. Bijgeloof, tegenstrijdige tradities, eigenbelang en het ontbreken van feiten zorgen ervoor dat de onenigheid voortduurt.

Niemand zal betwisten dat een landeigenaar zijn eigendom en middelen van bestaan moet beschermen, of dat een populatie van hw aan voldoende voedsel en vezels moet krijgen voor lichamelijk en materieel welzijn. Ik denk ook dat weinigen zullen betwijfelen dat overheidsinstanties moeten helpen bij het verminderen van economische verliezen wanneer wilde soorten verantwoordelijk zijn voor plunderingen. Bij de beheersing van wilde soorten die een rol spelen bij de overdracht van ziekten, moeten volksgezondheidsinstanties logischerwijs worden ingeschakeld om te doen wat het individu niet kan. We kunnen ook aanvaarden dat het overwicht van wilde dieren, met hun economische, recreatieve en esthetische voordelen, bescherming en aanmoediging verdient; beschermende wetgeving heeft het belang ervan erkend. Het is dan ook niet nodig om stil te staan bij algemeen aanvaarde waarden.

De twijfels over bestrijdingscampagnes tegen gewervelde dieren komen niet voort uit deze algemeen aanvaarde maatregelen. De twijfelachtige bestrijdingsprogramma's zijn die welke in wezen voortkomen uit competitief eigenbelang en die worden bepaald door een houding die al te vaak biologische en sociale misstanden in de hand werkt. De belangrijkste kritiek betreft dan ook de vraag wie er daadwerkelijk baat heeft bij de bestrijdingsmaatregelen, wie ervoor moet

betalen en welke nawerkingen deze hebben. Alle drie deze punten – baat, kosten en effecten – kunnen worden vertaald naar maatschappelijke kwesties die veel verder reiken dan de argumenten van de egoïstische tegenstanders. Hoe mager de biologische rechtvaardiging ook is en hoe onzinnig de economische redenering vaak ook is, het argument houdt geen stand op biologische of economische gronden. [213] De culturele wortels van de mens zijn diep. Zijn gemoedstoestand, gewoonten en sociale organisatie breiden de problemen van de bestrijding van dieren uit tot wat in feite een metafysische limbo is. De bestrijdingsspecialist die voor zijn conclusies niet verder kijkt dan zijn eigenbelang, leeft in een illusie. Dat geldt ook voor de producenten van gewassen, hout en vee. Hun problemen zijn groter dan zij denken.

Ik heb al enkele algemene aspecten van predatie beschreven. Op biologische gronden werd geconcludeerd dat bij gewervelde dieren predatie alleen zelden bepalend is voor de omvang van prooidierpopulaties. Predatie versterkt andere beperkende factoren, zodat prooidiersoorten de grenzen van hun leefomgeving niet overschrijden. Predatie is dus niet zonder effect. Bovendien worden, vooral wanneer prooidieren in overvloed aanwezig zijn, de minder capabele dieren vaker gevangen dan op basis van toeval alleen te verwachten is. In speciale gevallen waarin prooidierpopulaties klein zijn, kan predatie een primaire oorzaak van populatiebeperking worden. Dit feit is van bijzonder belang voor prooidieren, ongeacht of ze selectief worden gevangen, als de roofdier sneller voortplant dan de prooi (zoals in de relatie tus-

sen coyotes en pronghorn antilopen). Ongeacht het speciale geval, heeft predatie de neiging om het aantal prooidieren te beperken door de populatiegroei te vertragen, en kan het prooidieren die de voedselgrens overschrijden (herten) binnen de grenzen van het milieu houden.

Naast biologische overwegingen met betrekking tot de beheersing van roofdieren, zijn vier conditionerende factoren van het grootste belang bij het formuleren van beheersmaatregelen: de vorming van attitudes; het primaat van economische belangen; de voorkeur voor bepaalde wildsoorten; en, als laatste, de wens om te behouden.

Onze houding ten opzichte van roofdieren grenst aan biologische onzin. De morele fabels van Aesop en de fantasieën van Mother Goose, die we in onze vroege kinderjaren hebben geleerd, hebben onze opvattingen over predatie hopeeloos vooringenomen gemaakt. De wolf in “Roodkapje” komt er niet beter vanaf dan de wezel in Burgess' “Danny Meadow Mouse”. Het beeld verandert weinig in de traditionele folklore van doorgewinterde jagers en buitenmensen, en wordt nog versterkt door avonturenromanschrijvers. De echte problemen van de pioniers werden door hun nakomelingen als even reëel beschouwd. Toen de grotere roofdieren werden uitgeroeid, kregen de kleinere de meer angstaanjagende eigenschappen van hun voorgangers toegeschreven. Een hele reeks provocerende woorden – die beter de gevoelens van de mens weergeven dan het gedrag van roofdieren – werden en worden nog steeds gebruikt om roofdieren te beschrijven: sluw, listig, bloederig met hun tanden en klauwen, sluw, met kraaloogjes, kwijlend, vraatzuchtig, moord-

zuchtig, wreed, verraderlijk. [214] Er zijn nog andere. Ze hebben allemaal een onaangename bijklank; sommige suggereren dat sommige dieren vlees eten, misschien zelfs mensenvlees, dat deze dieren ons op andere momenten op slimme wijze iets afnemen dat wij zelf willen hebben, en dat hun verwijdering ervoor zal zorgen dat er meer van dit iets overblijft.

We kunnen ons misschien verontschuldigen voor de zwakheden van ons erfgoed. Onze angsten zijn deels gebaseerd op feiten. Maar we kunnen minder goed het propagandistische gebruik van deze traditionele angsten door overheidsinstanties verontschuldigen. Zij zijn een berekende Mother Goose die zegt dat hun doel is om “voorlichting te geven”, maar wier onderliggende doel is om onvoorwaardelijke steun te zoeken voor campagnes tegen roofdieren. Hier is een voorbeeld uit de California Livestock News (21 januari 1958):

Het aantal sluwe coyotes en heimelijke bobcats werd met de dag sterk verminderd door de dagelijkse inspanningen van jagers en vallenzetters.... San Diego County, altijd een broeinest van coyotes.... In het nabijgelegen San Bernardino County hebben jagers 111 van deze gevreesde veedoders en plaaggeesten gevangen.

Het bovenstaande citaat staat niet op zichzelf. Dit is de gebruikelijke manier van verslaggeving door medewerkers van roofdierbestrijdingsdiensten. Het is goede politiek en slechte biologie, en economisch wordt het alleen ondersteund door implicaties.

Wanneer de economische aansprakelijkheid duidelijk is aangetoond en de individuele eigenaar maatregelen neemt om de schade te beperken, is de bestrijding van roofdieren gemakkelijk te rechtvaardigen. Wanneer de problemen bijzonder moeilijk te verhelpen zijn en veel landeigenaren treffen, kan redelijkerwijs een beroep worden gedaan op advies- en dienstverlenende instanties van de overheid. Voorbij dit punt is de acceptatie van de bestrijding van roofdieren niet langer uniform. De gebruikelijke “subsidie” wordt nu vervangen door door belastingen gefinancierde instanties die de hoofdverantwoordelijkheid voor de bestrijding van roofdieren op zich nemen. Steeds vaker verwachten veehouders volledige bescherming zonder dat zij daar zelf iets voor hoeven te doen. In veel gebieden worden speciale heffingen per dier opgelegd om bestrijdingsprogramma's gedeeltelijk te financieren, maar deze heffingen dekken zelden meer dan een kwart van de kosten. Gewoonlijk wordt de bestrijding van roofdieren rechtstreeks gesubsidieerd met provinciale en nationale middelen die worden toegekend als premies in het kader van de bescherming van het wild of via overgedragen middelen die aanvankelijk werden gerechtvaardigd als middelen voor ziektebestrijdingsprogramma's. Op enkele uitzonderingen na is de enige begunstigde (en zelfs dat is twijfelachtig) de schapen- of pluimveehouder, die de bestrijdingswerkzaamheden dan “gratis” voor zich laat uitvoeren. [215] De bestrijdingswerkzaamheden zijn natuurlijk geenszins gratis, en in combinatie met andere soorten subsidies doen ze zelfs een tolerant persoon aarzelen. De situatie wordt nog verergerd door buitensporige voordelen voor een klein aantal mensen op openbare weidegronden, waar volle-

dig door de belastingbetaler gefinancierde bestrijdingsprogramma's worden uitgevoerd onder het mom van “meervoudig gebruik”, terwijl tegelijkertijd de verantwoordelijkheid voor het algehele welzijn van deze gronden wordt afgeschoven. Dat economische primaat een rechtvaardiging is, valt niet te beargumenteren; als speciaal voorrecht kan het echter niet door het grote publiek worden gedragen.

Roofdierbeheersing wordt niet langer ondersteund als algemene praktijk in de wildproductie (Latham, 1952; Nagel et al., 1955). Het premiesysteem wordt nu erkend als fraudegevoelig en economisch verspillend en, wat nog belangrijker is, als niet bijdragend aan een toename van het wildbestand. Om politieke redenen is het in veel staten en provincies nog steeds van kracht, maar het gewicht van het verzamelde bewijs spreekt tegen de waarde ervan. Er is ook een vermindering van de middelen die door jachtinstanties worden overgedragen aan andere instanties voor de bestrijding van roofdieren, en een daling van het aantal professionele jagers en vallenzetters dat door jachtinstanties in dienst wordt gehouden. De wildbeheerder is er nu van overtuigd dat de bestrijding van roofdieren alleen in uitzonderlijke gevallen het belang van het publiek dient.

Het behoud van roofdieren is misschien moeilijker te begrijpen dan het behoud van vele andere levensvormen. In wezen berust het op twee houdingen. De eerste is een spiegelbeeld van de conditionering door Moeder de Gans die ik al noemde. Het zien van een grizzlybeer in Yellowstone Park roept bijvoorbeeld beelden op van een gedurfd, primitief tijdperk. Ik herinner me nog levendig hoe opgewonden ik

was toen ik als jongen voor het eerst een poema hoorde brullen. Het geblaf van een coyote geeft een stille woestijnavond spanning en dimensie. De jacht op beren, leeuwen, tijgers en dergelijke is gebaseerd op deze atavistische reactie. Er bestaat een algemene wens om veel van de grotere roofdieren in stand te houden. Hun aanblik en sporen zijn een link met een verleden waarvan de rauwe eenvoud traditioneel geromantiseerd is.

De tweede houding is meer samenhangend, minder definieerbaar en niet zo gebruikelijk. Dit is behoud omwille van het behoud zelf. Het maakt weinig uit om welke soort het gaat: de ivoren snavel specht, de bizon, de Amerikaanse kraanvogel, de Sumatraanse neushoorn, de timberwolf of de zwartstaartbunzing. Waar mogelijk proberen we te voorkomen dat een hele soort wordt uitgeroeid. Hoewel lokale uitsterfing van soorten een onvermijdelijk gevolg is van menselijke aanwezigheid, wordt de westerse cultuur gekenmerkt door krachtige inspanningen om sommige leden van verdwijnende soorten in reservaten en natuurgebieden te beschermen. [216] Deze houding heeft zich snel over de hele wereld verspreid, misschien als een afgeleide van de Europese kolonisatie, en wordt nu door inheemse, niet-westerse regeringen als een wenselijk beleid beschouwd. Samen vormen deze twee redenen voor het behoud van roofdieren sterke argumenten tegen de uitroeifilosofieën die door sommige telersgroepen worden aangehangen en in sommige overheidsinstanties tot uiting komen.

De rechtvaardigingen voor de bestrijding van roofdieren en voor het verzet daartegen worden grotendeels bepaald door

dezelfde factoren. De rechtvaardigingen wegen natuurlijk niet even zwaar. De meest tastbare is het economisch primaat. De basisveronderstelling van overheidsinstanties die verantwoordelijk zijn voor de bestrijding van roofdieren is dat hun programma's economisch voordeel opleveren. Een bijkomende aanname is dat de risico's die inherent zijn aan bestrijdingsprogramma's niet opwegen tegen de voordelen die eruit voortvloeien.

De eerste aanname is uitsluitend gebaseerd op economische overwegingen. Het zou dan ook logisch zijn te verwachten dat programma's voor de bestrijding van roofdieren worden beargumenteerd op basis van een kosten-batenanalyse. Hoewel een gunstige verhouding wordt gesuggereerd, worden er geen feiten aangevoerd om dit te staven. Ik denk dat deze praktijk wordt gevolgd, ten eerste omdat slechts een kleine groep van de producerende bevolking hiervan profiteert. Ten tweede omdat, gezien de beperkte voordelen, er geen adequate gegevens worden verzameld om tot volledige en overtuigende conclusies te komen over de economische voordelen van de bestrijding van roofdieren voor de samenleving als geheel; ten derde omdat de verantwoordelijken voor de bestrijding weten dat productiegroepen en wetgevende instanties kunnen worden gemanipuleerd door gebruik te maken van traditionele angsten en vooringenomenheid; ten vierde omdat een groot aantal verantwoordelijken voor de bestrijding zelf het slachtoffer is van het door mij beschreven Mother Goose-syndroom.

Er wordt geen beroep gedaan op logica. In plaats daarvan wordt een soort “cijferspel” gespeeld, dat in combinatie met

angst en implicaties met succes heeft geleid tot voortdurende en groeiende wettelijke steun voor bestrijdingsprogramma's. Hier volgt een illustratie uit de jaarverslagen van de U.S. Fish and Wildlife Service.

De jaarlijkse vangst van roofdieren die via deze samenwerking werd gerealiseerd, bedroeg in totaal 94.040, waarmee het record van vorig jaar met 4.751 werd overtroffen. De vangst bestond uit 88.844 coyotes, 1.360 wolven, 7.189 bobcats en lynxen, 392 beren en 255 poema's. Samenwerkingscampagnes voor de bestrijding van knaagdieren omvatten de behandeling van 29.204.282 acres die waren besmet met prairiehonden, katoenratten, kangoeroeratten en bosmarmotten, en van 237.788 terreinen voor de uitroeiing van gewone bruine ratten. [1938]

Het aantal roofdieren dat in het kader van dit samenwerkingsprogramma in de loop van het jaar werd gedood, was groter dan ooit tevoren, te oordelen naar de resultaten in termen van het vrijwaren van veel veehouders van verliezen door roofdieren. [217] Een volledige telling is onpraktisch met de nieuwe methoden die nu worden gebruikt, maar het totaal aantal getelde dieren bedroeg 112.996 (slechts 4.209 minder dan vorig jaar). De geregistreerde vangst bestond uit 103.982 coyotes, 1.460 wolven, 6.508 bobcats en lynxen, 909 vee-dodende beren en 127 poema's. Bij de bestrijding van knaagdieren werd 12.079.044 acres besmet land behandeld voor de bestrijding van prairiehonden, grondeekhoorns, pocket gophers, jackrabbits, katoenratten, kangoeroeratten, stekelvarkens en bosmarmotten.... De dienst is nu in staat om toezicht te houden op een effectief programma voor de

bestrijding van roofdieren en knaagdieren, waarvan de reikwijdte op nationaal niveau alleen wordt beperkt door de beschikbare federale en coöperatieve middelen. [1947)

Andere bestrijdingsprogramma's, die gemakkelijk kunnen worden uitgevoerd in dunbevolkte gebieden waar zeer giftige bestrijdingsmiddelen veilig kunnen worden gebruikt, worden enorm bemoeilijkt door de toenemende bevolkingsgroei en de daaruit voortvloeiende concurrentie om landgebruik. Het intensievere landgebruik vereist grote inspanningen van het Bureau om tegemoet te komen aan de vele eisen op het gebied van dierenbestrijding in een steeds complexere wereld. [1959)

De “successen” van de bestrijding van roofdieren zijn niet opgenomen in dit laatste rapport. Deze worden nu overgelaten aan regionale verslaggevers voor publicatie. In november 1958 werden bijvoorbeeld, zoals gemeld in California Livestock News, 642 coyotes en 248 bobcats gevangen in de staat.

Nergens in deze en andere rapporten van organisaties voor de bestrijding van roofdieren worden volledige gegevens gepresenteerd die een objectief oordeel over het economische nut van de bestrijding mogelijk maken. Ik heb herhaaldelijk geprobeerd dergelijke gegevens te verzamelen door persoonlijk contact met de verantwoordelijken voor de bestrijding. Zij lijken echter niet over de nodige informatie te beschikken en zijn er ook niet van overtuigd dat het wenselijk is deze te verzamelen. Zij volstaan met “cijferpraat”, insinuaties en voordelen die worden afgeleid uit de vermindering van het aantal roofdieren voor de belangen van de vee-

houders. Zoals in eerdere paragrafen is aangegeven, zijn de werkelijke kosten van zowel roofdier- als knaagdierbestrijding op weidegronden in sommige gevallen berekend door betrouwbare instanties. Bovendien is bekend dat oneigenlijk gebruik van land leidt tot meer concurrentie tussen dieren en tot een algemene verslechtering van de totale productiviteit van het land. Ten slotte is het de vraag of er een goed evenwicht bestaat tussen de verschillende bestemmingen waarvoor federale gronden kunnen worden gebruikt.

Ik ben van mening dat het aantal gedode dieren, de behandelde oppervlakte, het aantal ingezet personeel of, wat dat betreft, de uitgegeven bedragen geen bewijs vormen voor het verminderen van schade. Deze factoren zijn het eenvoudigst te beoordelen, maar geven geen volledig beeld. De weinige studies die zijn gedaan naar veeverliezen door predatie suggereren dat economische winst in brede zin twijfelachtig is. Helaas kunnen de instanties die verantwoordelijk zijn voor bestrijdingsprogramma's geen echt kritisch onderzoek doen naar hun eigen activiteiten. [218] Hun conclusies kunnen momenteel evenmin volledig worden aanvaard. Zoals Durward Allen (1954) het zo treffend onderstreept: “Het is algemeen bekend dat populaire rapporten ter ondersteuning van overheidsbestrijdingsprogramma's niet bepaald bekend staan om hun kritische onpartijdigheid.” Allen's boek is verplichte kost voor iedereen die een vollediger beeld wil krijgen van de feiten en kwesties rond dierenbestrijding.

Er is een vergelijkbaar gebrek aan analyses waarin wordt beschreven of de gevaren van bestrijdingsmaatregelen opwegen tegen de voordelen. De voordelen die eruit voort-

vloeien, zijn veel minder schatbaar dan de economische winst. De gevaren worden grotendeels beoordeeld door de bestrijdingsmedewerkers zelf. De logische prioriteit van waarden, die economische superioriteit veronderstelt, is geïnterpreteerd als zou betekenen dat andere waarden voor praktische doeleinden zinloos zijn, of in het beste geval alleen betekenis hebben in het kader van publieke en wetgevende discussies. De aard van deze gevaren wordt elders in dit boek beschreven. Wat hier nog moet worden besproken, is wat er moet worden gedaan om een goede evaluatie van de vereisten voor de bestrijding van zoogdieren in het veld te waarborgen.

De eerste voorwaarde voor herwaardering is de erkenning dat onderzoek naar de bestrijding van roofdieren niet mag ophouden bij pogingen om deze dieren effectiever te doden. De onderzoekers die verantwoordelijk zijn voor het vermindern van de concurrentie tussen dieren en mensen moeten goed opgeleide biologen zijn, die intellectueel in staat zijn om alle gevolgen van de aanwezigheid en gecontroleerde verwijdering van dieren te onderzoeken, en die administratief vrij zijn om te publiceren, te praktiseren en zelfs te prediken wat zij in alle eerlijkheid willen. Deze complexe vaardigheden worden momenteel niet algemeen beheerst door wildbiologen in overheidsdienst. Ten tweede, en voortvloeiend uit het eerste, moeten de verklaringen van bestuurders aan het publiek en de wetgevende macht niet worden gepresenteerd als fragmentarische probleemstellingen die worden gerechtvaardigd door fragmentarische belangen van de samenleving, maar als totaalbeoordelingen, waarin zorgvuldig

wordt aangegeven waar bestrijding nodig is en waar de waarde ervan twijfelachtig is. Ten derde (aangezien ik niet zo visionair ben om te geloven dat de punten één en twee tot stand zullen komen door rationele bezwaren en een zelfopgelegde heroriëntatie binnen de controle-instanties) moet het hele onderwerp van landgebruik in relatie tot de bestrijding van roofdieren volledig worden onderzocht door het Congres, en moeten de aanbevelingen onder meer inhouden dat (ten vierde) de National Academy of Sciences-National Research Council wordt verzocht het probleem in al zijn aspecten te beoordelen. Wat het laatste punt betreft, zou de onlangs opgerichte Commissie voor Ongediertebestrijding en Relaties met Wilde Dieren de logische kern vormen voor een dergelijk onderzoek. [219] Het onderzoek moet zo ruimschoots worden ondersteund dat de vele twijfels die nu tot discussie leiden, na onderzoek kunnen worden weggenomen door feiten, niet door argumenten. Het is hoog tijd om zowel folklore als buitensporige speciale belangen uit de werking van openbare instanties voor de bestrijding van roofdieren te verwijderen.

HOOFDSTUK – 17

VOEDSELKETENS EN BESTRIJDINGSMIDDELEN: VERVANGING EN CONCURRENTIE

Het grootste deel van de bestrijding van schadelijke dieren is gericht op de bescherming van eetbare producten. Insecten die een deel van een plant eten, zijn vergelijkbaar met coyotes die lammeren aanvallen en muggen die op zoek zijn naar bloed. Planten worden grotendeels geteeld voor menselijke consumptie, of we de plant nu rechtstreeks eten of via een tussenstadium (voornamelijk vee). De meeste dieren die ziekten overbrengen, doen dat normaal gesproken tijdens het zoeken naar voedsel.

Directe reacties op chemische bestrijding

Substituties

Concurrentie

Interacties tussen roofdieren en prooidieren (zie hfd. 16)

Indirecte effecten van chemische bestrijding

Overgedragen effecten – voedselontzegging (zie hfd. 18)

Overgedragen chemische stoffen

Secundaire vergiftiging (zie hfd. 19)

Vertraagde expressie (zie hfd. 20)

De basisvoorwaarde voor ongediertebestrijding is inzicht in de voedselrelaties van dieren. Een belangrijk onderdeel van

dit inzicht is de verstoring van voedselrelaties als gevolg van ongediertebestrijdingsmaatregelen. Voedselrelaties omvatten een wirwar van actuele problemen. Al deze problemen zijn belangrijk en soms controversieel. Ze worden zelden in hun onderlinge samenhang bekeken. In het bovenstaande overzicht worden deze verschillende aspecten van het basisthema met elkaar in verband gebracht. [221]

Substituties

De mate waarin dieren die een favoriete voedselbron ontnomen is, in staat zijn deze te vervangen door een andere, is een belangrijke overweging bij het vaststellen van de voordelen, gevaren en doeltreffendheid van chemische bestrijdingsmethoden. De labiliteit van voedselvoorkeuren varieert van obligate voedselzoekers (die zich grotendeels beperken tot één soort, misschien zelfs tot één deel daarvan) tot alleseters (die alleen worden beperkt door hun fysieke vermogen om voedsel te verkrijgen en te verteren). De gevolgen van een dergelijke variabiliteit in de voedingsgewoonten van dieren zijn talrijk en komen in dit boek herhaaldelijk aan de orde in andere contexten. Hier wil ik kort enkele algemene kenmerken van de voedselvoorkeuren van dieren bespreken, op basis waarvan praktische beoordelingen kunnen worden gemaakt.

Levende planten zijn de voedselbron voor de meeste dieren. Normaal gesproken is een vleesetend dier slechts één of twee stappen verwijderd van de plantaardige basis. Plantaardige dieren vormen het eerste niveau van energieomzetting waarvan alle predatie en parasitisme afhankelijk zijn. Plan-

ten zelf zijn aangepast aan het leven in de aanwezigheid van dieren, en in veel gevallen is het duidelijk dat de soortensamenstelling en het uiterlijk van plantengemeenschappen worden bepaald door afhankelijke dieren. Deze afhankelijkheid is echter wederzijds. De verspreiding van zaden, normale successiereeksen en de vorm en diversiteit van planten worden grotendeels in stand gehouden door dierlijke componenten van de biotische gemeenschap. Er is opgemerkt dat de angiosperme planten hun huidige diversiteit en verspreiding alleen hadden kunnen bereiken in aanwezigheid van zoogdieren die zich parallel snel ontwikkelden. De diversiteit van een gemeenschap leidt tot de aanpassingsvermogen van haar leden.

Er zijn maar weinig planten die bestand zijn tegen de aanvallen van dieren, hoewel veel planten fysieke of chemische mechanismen hebben die bepaalde soorten dieren afschrikken. Een groot aantal planten is bestand tegen bepaalde soorten insecten. Giftige planten zijn een indicatie van het aanpassingsvermogen van planten om zich te verzetten tegen aanvallen van dieren. [222] Veel gangbare pesticiden zijn 'botanische middelen', dat wil zeggen chemische stoffen die uit planten worden gewonnen. Sommige daarvan worden tegenwoordig synthetisch geproduceerd. Pyrethrum-extracten werden bijvoorbeeld al eeuwenlang als insecticide gebruikt, lang voordat de giftige bestanddelen chemisch konden worden geïdentificeerd en gesynthetiseerd. De aanwijzing voor hun waarde als bestrijdingsmiddel kwam voort uit eenvoudige, ongeunstelde observaties. Andere botanische middelen zijn rotenone, ryania en rode zeekraal. Zelfs

Compound 1080, het giftigste rodenticide dat in gebruik is, is een natuurlijk voorkomend organisch zout. Nitraat- en seleniumvergiftiging bij vee zijn een weerspiegeling van het vermogen van planten om giftige stoffen te concentreren. De urgentie om Halogeton en Klamath-onkruid te bestrijden is gebaseerd op hun giftigheid voor grazende dieren. De geplande selectie van resistente gewasvariëteiten is normaal gesproken gericht op bepaalde ziekten of insectenplagen. De basis van een dergelijke resistentie kan een fysieke belemmering, afstoting of toxiciteit zijn. Meestal is het vermogen van resistente planten om bepaalde soorten plagen te remmen duidelijk zichtbaar, maar de mechanismen waarmee dit wordt bereikt, zijn slecht bekend en onvoldoende onderzocht. (Martin, 1957b, heeft de chemische basis van “antibiosis” in planten onderzocht.) De manieren waarop planten zich hebben aangepast aan het leven in de aanwezigheid van dieren zijn zeer divers. Het lijkt zeer wenselijk om het onderzoek naar deze manieren te intensiveren, zodat ze ten volle kunnen worden benut voor de bestrijding van plagen.

Dankzij hun mobiliteit kunnen dieren op zoek gaan naar hun “prooi”, of die nu dierlijk of plantaardig is. Het minder ontwikkelde zoekvermogen van sommige dieren wordt gecompenseerd door een hoge voortplantingssnelheid en mechanismen voor passieve verspreiding. Ongewervelde dieren zijn over het algemeen minder opportunistisch in hun voedselkeuze dan gewervelde dieren. Of het nu gaat om herbivoren, carnivoren of parasieten, geleedpotigen zijn over het algemeen gebonden aan een bepaalde soort of voedseltype. De complexiteit van de relaties die voedsel specificiteit ga-

randeren is soms ongelooflijk. Een voorbeeld hiervan is de verplichte opeenvolging van gastheer afhankelijkheid bij parasieten. Bovendien vertonen insecten in hun groei- en ruststadia vaak heel verschillende vormen en gewoonten, die elk voedsel specifiek kunnen zijn en totaal verschillen van andere. Bij soorten die een metamorfose ondergaan (waaronder de meeste insectenplagen) worden seizoensgebonden aanpassingen opgevangen door verschillende stadia in de levenscyclus in plaats van door vervanging van andere voedingsmiddelen, zoals normaal het geval is bij gewervelde dieren. De enige verschuiving in voedselvoorkeuren bij gewervelde dieren die vergelijkbaar is met die bij insecten met een cyclus, vindt plaats op het moment dat de zeer jonge dieren hun afhankelijkheid van hun ouders verliezen. Vanaf dat moment worden de voedingsgewoonten gekenmerkt door opportunisme, dat alleen wordt beperkt door de algemene aard van het dier. [223] De algemene conclusie is dat gewervelde dieren beter in staat zijn dan ongewervelde dieren (met name insecten) om andere soorten en typen voedsel te vervangen.

De grotere afhankelijkheid van insecten van precieze voedselbronnen in sequenties die zijn afgestemd op de stadia van de levenscyclus, vergroot de kans op bestrijding. Bestrijding van insecten is idealiter gericht op de meest kwetsbare schakel in een specifieke voedselketen, waardoor de hele keten wordt verstoord. Bij de bestrijding van gewervelde dieren kunnen maatregelen zelden zo specifiek worden toegepast, waardoor het gewervelde plaagdier gedurende een groot deel van zijn leven het doelwit van bestrijding is. Of het nu

gaat om insecten of gewervelde dieren, de bestrijdingsmethoden bepalen ook de daarmee gepaard gaande risico's. In de volgende voorbeelden zullen we enkele van deze risico's bekijken.

Het voedselbereik van herbivore insecten varieert sterk per soort (overzicht door Thorsteinson, 1960). Monofagie en polyfagie zijn algemene termen die dit bereik beschrijven. Het gebruik van deze termen weerlegt niet de algemene regel dat de meeste insecten in biologisch opzicht in elke fase van hun levenscyclus nauw gebonden zijn aan bepaalde voedselbronnen. Hun status wordt door productie-entomologen vaak antropocentrisch beoordeeld: of de insecten zich voeden met één of meer gewassoorten en of ze dat in voldoende mate doen om als plaag te worden aangemerkt. De voedselkeuze van insecten blijkt uit de gangbare namen van veel soorten: coloradokever, sparrenrups, tarwezaagwesp, lodgepole pine needle miner, alfalfa weevil, artichoke plume moth, enz. Insecten die een breder scala aan gewassen aanvallen, worden vaker aangeduid met vulgariseerde wetenschappelijke namen, morfologische kenmerken of het land van herkomst. Voorbeelden hiervan zijn lygus-wantsen, “witte larven” en Japanse kevers.

Chemische bestrijding is meestal gericht op een bepaalde plaagsoort, maar gebeurt met niet-selectieve insecticiden die ook veel andere soorten kunnen doden. Als voedselvervanging mogelijk is, kan dit worden voorkomen door resistente gewasvariëteiten, door vruchtwisseling of door chemische sterilisatie van de fauna. Het komt vrijwel nooit voor dat een plaag van één gewassoort zijn aandacht verlegt naar een

andere, en in ieder geval is een zogenaamd polyfaag insect niet even algemeen of destructief voor alle soorten waarop het zich voedt. Een soort kan ecologisch als polyfaag worden beschouwd, hoewel hij economisch gezien monofaag of bijna monofaag is. Chemische bestrijding zou oneindig veel moeilijker zijn als dit niet het geval was. Met andere woorden, de omvang van de insectenbestrijdingsproblemen vloeit voort uit het grote aantal nauw aangepaste insectensoorten en -stadia, niet uit brede voedingsgewoonten of uit het vermogen om vrijelijk het ene voedseltype door het andere te vervangen.

[224] Selectieve chemische bestrijding maakt gebruik van deze beperking, en biologische bestrijding past deze als regel toe. Succesvolle onkruidbestrijding met specifieke insecten reduceert het aantal bestrijdende insecten tot een laag niveau, samen met dat van hun waardplant. Een vergelijkbare specificiteit bij roofzuchtige en parasitaire insecten leidt tot lage aantallen van zowel plaag- als bestrijdende soorten. In een extreem geval hebben biologische bestrijders zelfs voorgesteld om een deel van de plaagpopulatie te herstellen om een effectief aantal bestrijdende soorten in stand te houden. Biologische bestrijding is afhankelijk van een beperkte specificiteit van de voeding (of van de eiafzet) om ervoor te zorgen dat alleen de plaagpopulaties worden verminderd. In ecologische termen wordt de voedselketen verlengd ten opzichte van één prooidiersoort, maar niet uitgebreid tot extra voedselketenrelaties.

Het feit dat voedselketens voor insecten specifiek en identificeerbaar zijn, brengt een belangrijk gevaar met zich mee

voor niet-selectieve chemische bestrijdingsmethoden. Het onvermogen om het doden tot de doelsoort te beperken, leidt tot een verlies van nuttige bestrijdingssoorten. Hun tragere herstel in aantal, in combinatie met de vermindering van hun specifieke voedsel en hun onvermogen om andere soorten als prooi te vervangen, leidt tot een onbeperkte groei van de overlevende plaagpopulaties en tot een verwaterd succes wanneer roofdieren en parasieten worden geïntroduceerd. Deze effecten worden in een later hoofdstuk (hoofdstuk 21) meer in detail besproken.

Hoewel gewervelde dieren over het algemeen vrijer in staat zijn om voedsel te vervangen dan de meeste ongewervelde dieren, zijn er veel gevallen waarin dit compenserend vermogen niet voldoende flexibel is geweest om voedseltekorten en verhongering te voorkomen. Het beste bewijs hiervoor is te vinden bij gewervelde populaties die sterk in aantal fluctueren. Pitelka (1957) benadrukt dat lemmingen zich zo sterk vermeerderen dat ze hun voedselbron vrijwel volledig vernietigen. Het duurt drie tot vier jaar voordat zowel de planten (korstmossen) als de daarvan afhankelijke herbivoren zich kunnen herstellen. Na een “lemmingencrash” neemt het aantal roofvogels en zoogdieren af. Het vereenvoudigde ecosysteem van de toendra biedt weinig mogelijkheden voor vervanging van voedsel.

In lagere breedtegraden, waar alternatieve plantaardige en dierlijke voedselbronnen aanwezig zijn, kan en wordt er wel worden gesubstitueerd. Het vermogen tot substitutie is minder belangrijk bij herbivore gewervelde dieren, waarvan het dieet relatief onspecifiek is, dan bij carnivore gewervelde

dieren. Niettemin nemen herbivoren over het algemeen voedsel dat in overvloed aanwezig is en passen ze hun dieet aan als de overvloed verandert. [225] Herten in Californië eten bijvoorbeeld in de late herfst en het vroege voorjaar meer gras dan in andere seizoenen. Als de bitterbrush in het voorjaar en de zomer is afgegraasd, schakelen foeragerende herten over op nieuwe groei van minder geliefde struiken en bomen. De roofzucht van elanden en herten in boomgaarden en voedergewassen leidt tot klachten van boeren en bewijst dat hoefdieren in staat zijn hun dieet aan te passen. Jameson (1952) heeft aangetoond dat het dieet van de witvoetmuis (*Peromyscus boylei*) seizoensgebonden varieert, afhankelijk van voorkeur en beschikbaarheid, en heeft aangetoond dat twee soorten *Peromyscus* die in hetzelfde gebied leven, geen parallelle labiliteit in voedselvervanging vertonen. Verschillende populatieschommelingen binnen een enkel knaagdiergeslacht zijn dus mogelijk. Knaagdieren in gecultiveerde gebieden kunnen ook opportunistisch van dieet veranderen. Pocket gophers in bezaaide weidegronden geven bijvoorbeeld de voorkeur aan de vlezige vegetatie en grotere wortels van meerjarige soorten, maar wanneer de favoriete soorten worden verminderd door oogst, seizoensgebonden achteruitgang of selectieve verwijdering door herbivoren of herbiciden, schakelen de gophers over op de minder gewenste eenjarige planten. Het is overduidelijk dat ratten en muizen zich voeden met een grote verscheidenheid aan opgeslagen voedsel. Grasetende vogels reageren ook opportunistisch op beschikbaar voedsel. Hun dieet kan variëren van zaden, grassprietten tot ongewervelde dieren. Het dieet van watervogels vertoont vergelijkbare variatie.

Vleesetende gewervelde dieren hebben een veel bredere voedselvoorkeur. Het dieet van coyotes bestaat bijvoorbeeld voornamelijk uit knaagdieren en konijnen. In het seizoen wordt fruit gegeten. Aas wordt gegeten wanneer het beschikbaar is, en in sommige gevallen worden herten, huisdieren en pluimvee gegeten. Konijnen hebben de voorkeur, maar de beschikbaarheid is belangrijker dan de voorkeur bij het bepalen van het soort voedsel dat wordt gegeten. De overvloed en beschikbaarheid bepalen ook het voedsel van insectenetende vogels. Er zijn veel voorbeelden bekend van vogels die op uitbraken van insectenplagen hebben gereageerd door zich in de uitbraakgebieden te concentreren en zich uitsluitend met de plaaginsecten te voeden (Cottam en Uhler, 1940). Hier volgen enkele voorbeelden: meeuwen en de mormoonkrekel (Henderson, 1931); meeuwen en een sprinkhanensoort (York, 1949); zangers in gebieden waar de sparrenrups uitbraak heeft (Dowden et al., 1953); verschillende vogelsoorten bij sprinkhanenplagen (Smith en Popov, 1953); en nog veel meer zijn opgenomen in een recent Russisch overzicht (Poznanin, 1956). Een soortgelijke concentratie van roofvogels doet zich voor bij een overvloed aan knaagdieren. De wisselende reactie van vleesetende vissen op de beschikbaarheid van insecten is bij vissers zo bekend dat hier geen verdere toelichting nodig is.

[226] Wanneer het favoriete voedsel schaarser wordt en de voedselvoorkeuren beperkt zijn, zal het aantal afhankelijke carnivoren door voedseltekort en verhongering ook afnemen. Dit patroon is te zien in veel voedselinteracties (zie Errington, 1946). De vervanging van ander voedsel voorkomt

echter vaak dat roofdieren verhongeren of zich verspreiden. Deze verschuivingen in voedsel zijn zo algemeen dat het concept van buffersoorten in het wildbeheer formeel is erkend. Buffersoorten zijn alternatieve voedselbronnen waarvan roofdieren afhankelijk zijn in tijden waarin hun favoriete prooidieren schaars zijn. Roofdieren kunnen daardoor in een gebied blijven en een toename van het aantal prooidieren tegengaan. De literatuur over wildbeheer bevat veel voorbeelden hiervan (zie bijvoorbeeld Errington, 1946, en Scott, 1943).

Over het algemeen wordt er in programma's voor ongediertebestrijding weinig gebruik gemaakt van kunstmatige aanpassing van de omstandigheden om de dichtheid van roofdieren op peil te houden. In sommige gevallen heeft het creëren van geschikte nest- en rustplaatsen geleid tot een toename van de vogelpopulaties. Canadese bosbouwers hebben een soortgelijk idee toegepast bij insectenetende zoogdieren. Bij de bestrijding van knaagdieren zijn daarentegen geen fantasierijke pogingen ondernomen om alternatieve prooidieren of geschikte bescherming voor roofdieren te bieden. Een interessante uitzondering hierop is D. E. Davis (195'), die een doelbewust experiment en een analyse van de relatie tussen katten en ratten heeft uitgevoerd. Door bij behoefte een alternatieve voedselbron (commercieel kattenvoer) aan te bieden, handhaafde hij een hoge populatie roofdieren (katten) in verhouding tot een proefpopulatie (ratten rond boerderijgebouwen) die door de katten laag werd gehouden. De rattenpopulaties die werden blootgesteld aan de kunstmatig in stand gehouden roofdieren, namen in de herfst eer-

der af en groeiden in het voorjaar niet zo snel als gewoonlijk. Experimenten van deze aard zijn waardevol, maar zeldzaam. Ik zou graag zien dat dit soort experimenten wordt uitgebreid naar het veld, het landschap en het bos.

Voedseltekorten als gevolg van bestrijdingsmaatregelen moeten veel voorkomen, hoewel er maar weinig studies zijn die zich op dit probleem hebben gericht. Verderop in dit hoofdstuk worden verschillende studies genoemd die betrekking hebben op veranderingen in hele populaties. De normale maatstaf voor voedseltekort is de procentuele afname van een populatie. Het oordeel is natuurlijk totaal en definitief. De precieze mechanismen waarmee de populatieafname wordt bereikt, worden slechts in grote lijnen beschreven met termen als voedseltekort en hongersnood. Er zijn echter verschillende studies die suggereren dat chemische bestrijdingsmiddelen logischerwijs een voedseltekort kunnen veroorzaken. De klapperrail, een moerasvogel, is voor zijn voedsel grotendeels afhankelijk van vioolkrabben (Oney, 1951). [227] Chemische behandelingen van moerasgebieden hebben herhaaldelijk geleid tot de vrijwel volledige uitroeiing van deze schaaldieren (Rudd en Genelly, 1956; Harrington en Bidlingmayer, 1958). Weekdieren en ringwormen, die relatief onaangetast blijven door bestrijdingsmiddelen, zijn niet gemakkelijk bruikbaar voor klapperrails. Er is geen onderzoek gedaan naar de omvang van de populatieafname in de behandelde gebieden, hoe waarschijnlijk het ook is dat er een afname plaatsvindt. Een catastrofale afname van het aantal rivierkreeften en hun trage herstel volgden op een lage toepassing van DDT in bossen en vijvers in

Illinois. Door dit verlies van rivierkreeften werd een grote populatie wasberen beroofd van een belangrijk onderdeel van hun dieet (Couch, 1946). Vossen in Engeland gingen, na een sterke afname van het aantal konijnen door myxomatose, op zoek naar voedsel in de vorm van kleine knaagdieren, pluimvee en wild gevogelte. Deze alternatieve voedselbronnen vormen onvoldoende “buffers” en het aantal vossen neemt af. Vissen zijn bijzonder gevoelig voor contact met chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden, en bijna totale vissterfte komt vaak voor. Een groot aantal visetende vogels wordt getroffen door het verdwijnen van een prooidier dat niet door andere soorten kan worden vervangen.

Ik zou de belangrijkste punten over voedselvervanging in het kort kunnen samenvatten. Over het algemeen zijn geleedpotigen nauw verbonden met bepaalde voedselbronnen; deze specificiteit is een voordeel vanuit het oogpunt van hun bestrijding. Diezelfde specificiteit vormt een ecologisch gevaar als chemische bestrijding leidt tot het verdwijnen van nuttige insecten. Vertebraten daarentegen zijn slechts in grote lijnen gebonden aan bepaalde voedselbronnen en variëren hun dieet vaak naargelang het aanbod. Dit opportunisme is herhaaldelijk van waarde gebleken bij plagen. Zeldzamer, maar niet zo belangrijk, is het feit dat opportunistische vertebraten gewenste planten en dieren als voedsel nemen, meestal alleen wanneer hun voorkeursvoedsel uitgeput is. De economische aansprakelijkheid van gewervelde dieren wordt gecompenseerd door het aanzien dat gewervelde dieren als groep genieten. Arthropoden staan daarentegen niet hoog in aanzien.

Concurrentie

In de vorige paragrafen werd concurrentie in brede zin beschreven. Meestal wordt het woord echter beperkt tot specifieke soorten concurrentieverhoudingen in de bosbouw en in het beheer van wilde dieren en weidegronden. Het gaat dan meestal om vogels en zoogdieren, waarvan er vele jachtdieren zijn of anderszins gewaardeerd worden. In deze gevallen is het probleem om het aantal gewenste dieren op peil te houden en tegelijkertijd de schade aan gewassen of houtsoorten te beperken. Herten eten bijvoorbeeld regelmatig in alfalfa-velden, boomgaarden of regenererende bosaanplantingen. [228] Watervogels veroorzaken af en toe aanzienlijke schade aan graan- of groentegewassen. Hooglandvogels of zangvogels kunnen op verschillende manieren schade toebrengen aan landbouwgewassen. De relatie verschilt van de schade die insecten aan planten toebrengen, voornamelijk doordat de meeste vogels en zoogdieren bijzonder worden gewaardeerd. Bovendien verschillen toegepaste biologen die zich bezighouden met schade door vogels en zoogdieren aanzienlijk van andere ongediertebestrijders vanwege hun waarden, opleiding en professionele allianties. De problemen van deze werknemers zijn talrijk en moeilijk.

Even uitdagend is de kwestie van de concurrentie tussen herbivoren op graslanden. Ik wil hier graag bij stilstaan omdat ik dit beschouw als een van de meest onbegrepen aspecten van ongediertebestrijding. Er is veel te veel onwetendheid, verkeerd toegepaste biologie en controverse rond deze kwestie.

Laten we eens kijken naar het drama van de graslanden. Ons

toneel is de natuurlijke graslanden over de hele wereld. Aan deze vele miljoenen acres moeten nog de miljoenen acres worden toegevoegd die in gebruik zijn genomen als weiland of die gedeeltelijk kunnen worden omgezet in grasland. In Californië bijvoorbeeld worden krachtige programma's uitgevoerd om zo'n 20 miljoen acres chaparral of struikgewas te 'verbeteren' door het om te vormen tot grasland. Het probleem van het gebruik van voedergrassen door herbivoren wordt nog verergerd door de eigendom van de grond. Het Amerikaanse ministerie van Landbouw en het ministerie van Binnenlandse Zaken beheren zo'n 400 miljoen acres land, voornamelijk in de westelijke staten. Bijna de helft van dit totaal staat open voor begrazing door vee; het beheer van al deze grond moet worden gebaseerd op een concept van zo breed mogelijk gebruik, maar particuliere eigenaren van weidegrond staan meestal niet open voor meerdere gebruiksdoeleinden. Soortgelijke conflicten, die niet minder intens zijn, doen zich voor op kleinere oppervlakten in parken, reservaten en militaire gebieden in alle delen van het land.

De helden en heldinnen van dit drama zijn de hoefdieren die voedergras omzetten in nuttige dierlijke producten. Deze producten zijn voornamelijk vlees en dierlijke vezels van gedomesticeerde dieren, voornamelijk schapen en runderen. Het behoud van wilde hoefdieren, voornamelijk hertachtigen, herten en elanden, vloeit voort uit hun belang voor de jacht, recreatie, wetenschappelijk onderzoek en het behoud van soorten.

De vermeende schurken in dit verhaal zijn insecten, konij-

nen, knaagdieren en soms herten, die voedergewassen omleiden naar onbruikbare kanalen of, zoals vaak wordt beweerd, bijdragen aan de achteruitgang van weidegronden. De marginale schurken zijn de roofzuchtige zoogdieren die de plot ingewikkeld maken.

Een analyse van de concurrentie, die dus beperkt is, begint in zijn eenvoudigste vorm met de vraag of de verschillende herbivoren daadwerkelijk met elkaar concurreren. [229] De daaruit voortvloeiende vragen zijn talrijk en divers, vaak gevormd door de speciale belangen van bepaalde groepen. Hier volgen enkele vragen om het spectrum van problemen te illustreren:

Zijn hoge knaagdierpopulaties een oorzaak of een gevolg van de achteruitgang van de weidegronden?

Kan de uitbraak van sprinkhanen in verband worden gebracht met overbegrazing en ander landmisbruik?

Eten runderen, schapen en herten hetzelfde voedsel en concurreren ze dus om voedsel?

Waarom kunnen eens zo goede weidegronden onproductief worden en snel eroderen tot halfwoestijnen?

Hoe kan men de verslechterende effecten van terugkerende droogte onderscheiden van die van herbivore dieren?

Dragen inheemse herbivoren bij aan de vorming van goede graslanden (door bodemvorming en -stabilisatie, zaadverspreiding, bemesting, plantstabiliteit, enzovoort)?

Kunnen misbruikte weidegronden worden hersteld tot hun vroegere productiviteit?

Houden roofzuchtige zoogdieren de populaties van knaag-

dieren in het wild onder controle? Zijn programma's voor de bestrijding van insecten en knaagdieren in het wild biologisch of economisch verantwoord?

In hoeverre moeten belastinggelden worden gebruikt om commerciële begrazingsbelangen op openbare gronden in stand te houden?

De vragen zijn eindeloos. Het beantwoorden ervan is veel moeilijker en vereist sociale, economische, biologische en esthetische afwegingen. Ik zal zeker niet proberen definitieve antwoorden te geven, noch geloof ik dat iemand op dit moment algemeen aanvaardbare oplossingen kan bieden voor de vele problemen waarmee het graslandbeheer te maken heeft. Voor achtergrondinformatie kan de lezer terecht bij de samenvattingen van Dasmann (1959), Darling (1956), E. H. Graham (1944), Koford (1958) en Sampson (1952). Het volgende korte overzicht concentreert zich op de concepten en praktijken die bijzonder belangrijk zijn voor de bestrijding van ongedierte in weidegronden.

Veel schade aan weidegronden ontstaat doordat eigenaren zich niet realiseren dat elk gebied een beperkte draagkracht heeft. De draagkracht kan worden gedefinieerd als het aantal grazende dieren dat in goede conditie kan worden gehouden zonder schade aan de bodem of het voedergewas. Grassen kunnen slechts een beperkte druk verdragen. Meerjarige grassen produceren een overschot aan bladeren, dat veilig kan worden verwijderd. Het blad van eenjarige grassen kan in theorie volledig worden verwijderd na de zaadvorming. In beide gevallen moet echter een deel van het blad blijven

staan om de bodem te beschermen en zaadontkieming mogelijk te maken. [230] Grassoorten zijn niet allemaal even goed bestand tegen begrazing. Sommige zijn winterhard, andere gaan gemakkelijk kapot. De soortensamenstelling verandert vaak als reactie op overmatig gebruik en de introductie van niet-inheemse soorten. Aanhoudend misbruik heeft tot gevolg dat de plantengroei in een vroeg stadium van successie blijft steken. Onder deze omstandigheden krijgen geïntroduceerde soorten gemakkelijker de overhand, omdat ze geen deel uitmaken van de normale successievolgorde. Door dit proces kunnen eens climaxgraslanden veranderen in heel andere, maar relatief stabiele formaties. Deze verstoringsclimaxen zijn nu veel voorkomende vervangingen voor oorspronkelijke graslanden. Zelfs het volledig verwijderen van vee leidt niet tot het herstel van de oorspronkelijke climaxen. In Californië bijvoorbeeld zijn weidegronden geleidelijk stabiele gemeenschappen van eenjarige grassen geworden, die verschillen van de oorspronkelijke bedekking. De inspanningen op het gebied van weidebeheer zijn nu gericht op het optimaal benutten van deze nieuwe samenstelling van de gemeenschappen of op pogingen om door introductie graslanden te herstellen die het oorspronkelijke karakter benaderen. Uiteraard wordt ook vee geïntroduceerd. Geïntroduceerde planten en grazende dieren hebben dus de climaxrelaties veranderd. De afname van het aantal grote inheemse herbivoren is ruimschoots gecompenseerd door de introductie van gedomesticeerde vee. Veranderingen in de samenstelling van graslanden, met name als gevolg van overbegrazing door gedomesticeerde dieren, hebben geleid tot verschuivingen in de relaties tussen kleinere inheemse

herbivoren, soms tot schadelijke proporties (zie hoofdstuk 15). In sommige landen hebben de introductie van exotische soorten ernstige schade toegebracht aan productieve weidegronden, die verder ging dan misbruik van de gronden door overbegrazing door vee. Voorbeelden hiervan zijn de *Opuntia*-cactus en het Europese konijn in Australië.

De mate waarin inheemse knaagdieren met vee concurreren om voedsel is van bijzonder economisch belang. Het is duidelijk dat inheemse knaagdieren vaak in aantal toenemen in de aanwezigheid van begrazing. Jackrabbits in Arizona kwamen bijvoorbeeld het meest voor in matig begraasde gebieden, minder in licht begraasde gebieden en vrijwel niet in uitstekende weidegronden waar vee was geweerd en in gebieden die volledig waren uitgeput door ernstige overbegrazing (Taylor et al., 1935). Vóór de menselijke bewoning waren de leefgebieden van prairiehonden afhankelijk van lokale schade door bizons aan de oorspronkelijke kortgrasprairie. De omvorming van de oorspronkelijke prairie tot veeweiden, die gepaard ging met overbegrazing, zorgde voor een uitbreiding van het verspreidingsgebied en een toename van het aantal prairiehonden (Koford, 1958; R. E. Smith, 1958). [231] Op woestijnweiden in New Mexico kwamen jackrabbits en verschillende soorten knaagdieren vaker voor in zwaar begraasde gebieden (Norris, 1950). Volgens Fitch en Bentley (1949) gedijden grondeekhoorns en kangoeroeratten het best in gebieden met matige tot intense begrazingsdruk. De pocket gopher kwam vaker voor en richtte meer schade aan in bergweiden die door intensieve begrazing waren teruggekeerd naar vroege successiestadia die ge-

kenmerkt werden door onkruidachtige kruidachtige planten en grassen (Moore en Reid, 1951).

Uit bovenstaande verslagen blijkt ook duidelijk dat een toename van het aantal knaagdieren na intensief gebruik van weidegronden problemen oplevert voor veehouders. Over een groot gebied beschouwd zijn knaagdieren op goed beheerde graslanden niet talrijk en ook niet bijzonder competitief. Op intensief begraasde gebieden komen allerlei soorten “onkruid” voor die in feite voedsel wegnemen dat vermoedelijk door vee had kunnen worden gegeten. Het herstel van slechte weidegronden tot een goede productieve toestand wordt vaak belemmerd door knaagdieren. Zonder populatiebeheersing kan een relatief stabiel, vroeg successiestadium (en dus een slechte toestand) in stand worden gehouden. Op zeer slechte weidegronden kunnen knaagdieren en konijnen bijdragen aan verdere achteruitgang, wat uiteindelijk leidt tot hun eigen ondergang.

In geen enkel geval is aangetoond dat knaagdieren de primaire oorzaak zijn van de achteruitgang van weidegronden. Integendeel, de aanwezigheid van geïntroduceerd vee, vaak in een verhouding die niet in overeenstemming is met de draagkracht van de weide, zet de achteruitgang in gang, die op zijn beurt bijdraagt aan de welvaart van knaagdieren en konijnen op de weide. De grote inheemse hoefdieren die door vee werden vervangen, veroorzaakten slechts lokale reacties van deze aard. In tegenstelling tot vee waren zij nomadisch, voedden zij zich selectief en oefenden zij slechts op enkele plaatsen een continue begrazingsdruk uit.

Erkennend dat woestijnkonijnen en knaagdieren in sommige

gevallen concurreren om voedsel en dat in de meeste gevallen de aanwezigheid van knaagdieren het herstel van een gewenste samenstelling van de weide belemmert, blijven we met een belangrijke praktische vraag zitten. Is het economisch haalbaar om de populaties van knaagdieren en konijnen op weideland te verminderen (meestal met vergiftigd aas)? Bij het antwoord op deze vraag moet met verschillende factoren rekening worden gehouden. Er moet worden vastgesteld dat er sprake is van concurrentie in aanzienlijke mate. Onwetendheid en overdrijving maken dit oordeel moeilijk. Normaal gesproken wordt de maximale of potentiële schade gerapporteerd alsof deze uniform en algemeen is. In een uitstekende studie hebben Fitch en Bentley (1949) gedurende meerdere jaren kleine, omheinde percelen met een ongewoon hoge dichtheid van één soort knaagdieren gevolgd en aangetoond dat de schade aan het voer aanzienlijk was. [232] Hoewel de auteurs hun resultaten zorgvuldig nuanceerden en waarschuwden voor onterechte extrapolaties, worden hun cijfers op grote schaal verspreid als bewijs van ernstige schade aan weidegronden. Onder meer representatieve omstandigheden concludeerde Norris (1950) na acht jaar onderzoek dat knaagdierbestrijding geen zin had in goed onderhouden weidegronden en dat de voortdurende vergiftiging die nodig was om de voederopbrengst op armere gronden te verhogen, economisch niet te rechtvaardigen was. Vorhies (1936) berekende dat het verwijderen van het aantal zwartstaarthazen dat gelijk stond aan één koe 47,36 dollar zou kosten – in een tijd waarin vee misschien 25 dollar per stuk opbracht. Wat vaak over het hoofd wordt gezien – en nader onderzoek verdient – is de gunstige bijdrage van

weidegronden. Deze kan groter zijn dan algemeen wordt aangenomen. Bond (1945) heeft bijvoorbeeld in een door-dachte studie gesuggereerd dat konijnen en sommige knaagdieren kunnen bijdragen aan het herstel van weidegronden. Door een verschillende druk uit te oefenen op voedselplanten die typisch zijn voor verstoorde gebieden, kunnen ze de terugkeer van climaxgras zelfs versnellen. Bijkomende voordelen zijn onder meer bemesting, zaadopslag, bodemluchting, bodemvernieuwing en waterdoorlatendheid (zie bijvoorbeeld Formosov en Kodachova, 1961).

In bijzondere situaties, waar het herstel van weidegronden meer waarde heeft dan begrazing of waar de omvorming van het vegetatietype tot een relatief hoge productiviteit leidt, kan bestrijding zowel noodzakelijk als economisch haalbaar zijn. Niettemin moet de schuld voor hoge populaties van knaagdieren, lage draagkracht en verslechterde weidegronden eerlijk worden toegewezen. Deze ziekte van het land is in de eerste plaats te wijten aan overbevolking; knaagdieren en konijnen zijn secundaire factoren. Ik kan niet beter doen dan de gedachte van de eminente weidecoloog W. P. Taylor te herhalen: De beste bestrijding van weideknaagdieren is een drievoudig prikkeldraadhek.

Het pleidooi voor grootschalige bestrijding van knaagdieren op weidegronden gaat door en wordt steeds luider. Er is nog geen andere effectieve methode voor de bestrijding van gevestigde knaagdieren op weidegronden dan vergiftigd graan. Momenteel wordt gekozen voor de chemische stof Compound 1080. Handmatig aanbrengen is alleen economisch verantwoord als de arbeidskosten laag zijn. Gezien de hoge

arbeidskosten gaat de trend in de richting van verspreiding vanuit de lucht over grote oppervlakten (Howard et al., 1956). In meer beperkte situaties kunnen toxafeen, dieldrin en endrin worden toegepast als gif voor zoogdieren. Voorstanders zijn vooral te vinden in landbouwscholen en overheidsinstanties, en laten zich, zonder enig ecologisch besef, leiden door de belangen van veehouders. De voortzetting van deze programma's wordt gesteund door sterke veehouderijorganisaties en door wetgevers, met name in het westen van de Verenigde Staten, waar de belangen van de veehouderij domineren. [233] Gezien het feit dat bestrijding door overheidsinstanties de veehouder bijna niets kost, is dit niet verwonderlijk. Steun voor de bestrijding van knaagdieren in het wild lijkt gemakkelijk beschikbaar, maar geldt voor onderzoek en evaluatie lijkt vreemd genoeg schaars.

Ook andere herbivoren dan knaagdieren concurreren om voedsel in het wild. Inheemse hoefdieren worden vaak beschuldigd van ernstige concurrentie met schapen en runderen. Deze beschuldiging is gedeeltelijk juist, maar overdreven. Schapen, runderen en herten eten in bepaalde seizoenen inderdaad hetzelfde voedsel. William Longhurst (persoonlijke mededeling) van het Hopland Field Station van de Universiteit van Californië concludeerde na jarenlang onderzoek dat schapen en herten niet zozeer met elkaar concurreren als algemeen wordt aangenomen, aangezien herten seizoensgebonden veel selectiever zijn in hun voedselkeuze. Buechner (1950) heeft aangetoond dat pronghornantilopen in Texas beter gedijen op weidegronden die matig worden begraasd door vee dan op weidegronden die licht worden

begraasd. Het aantal herten lijkt ook toe te nemen na bepaalde veranderingen in het gebruik van het gebied. Het feit dat er concurrentie is, staat vast; de mate ervan wordt waarschijnlijk nogal eens overdreven. In dit land worden de resterende inheemse hoefdieren zorgvuldig beheerd wat betreft schade aan gewassen, en in geen enkel geval wordt vergif gebruikt als beheersinstrument. Contact tussen gewassen en herten kan het beste worden voorkomen door hekken en door het aantal te verminderen door middel van afschot. De algemeen aanvaarde wens om inheemse hoefdieren op een zo groot mogelijk aantal te houden, verzacht hun concurrentiepositie ten opzichte van vee.

De concurrentie tussen vee en insecten (sprinkhanen) kan ook hevig zijn, maar is eerder incidenteel. Vrijwel dezelfde omstandigheden die de toename van knaagdieren bevorderen, spelen ook een rol bij de plotselinge toename van sprinkhanen op weidegronden, maar deze insecten reageren bovendien op een droog klimaat. Hun incidentele toename tot verwoestende aantallen, in combinatie met veranderingen van sedentaire naar migrerende gewoonten, is door de hele geschiedenis heen waargenomen. (In het algemeen verwijst “sprinkhaan” naar insecten met een lage dichtheid in sedentaire populaties; “sprinkhanen” naar migrerende zwermen.) Uitbraken ontwikkelen zich normaal gesproken op brandpunten die zich in de loop van opeenvolgende jaren uitbreiden. Migrerende zwermen kunnen honderden mijlen afleggen en onderweg vaak catastrofale schade aanrichten aan gewassen en inheemse vegetatie.

Over de hele wereld gedijen sprinkhanen (of sprinkhanen)

het beste in open, semi-aride gebieden met schaarse vegetatie. Onder deze omstandigheden zijn de eiafleg en de ontwikkeling van de nimfen het gunstigst. [234] Er zijn twee soorten omgevingsfactoren die deze omstandigheden veroorzaken: periodes van droogte, die leiden tot een vermindering van de vegetatiebedekking en het uitdrogen en barsten van de grond, en begrazing en landbouw, die hetzelfde effect hebben.

Terugkerende droogtes hangen sterk samen met periodieke uitbraken van sprinkhanen (Gunn, 1960). Bedenk dat deze insecten altijd in kleine aantallen aanwezig zijn in gebieden waar uitbraken voorkomen. Hun plotselinge toename is het natuurlijke gevolg van een door extreme weersomstandigheden veroorzaakte vereenvoudiging van het ecosysteem. In de Verenigde Staten komen ze vooral voor in de noordelijke staten van de Great Plains. De “Dust Bowl” zorgde zowel voor migrerende sprinkhanen als voor migrerende arbeiders. Sprinkhanen komen echter overal in de Verenigde Staten voor. Sedentaire populaties die verantwoordelijk zijn voor oogstverliezen vinden gunstige plekken voor eiafzet langs wegen, slootkanten en andere verstoorde maar onbebouwde randen grenzend aan akkerland. De eenvoudige maatregel om een uniforme grasbedekking aan te leggen vermindert hun aantal door voortplanting te ontmoedigen.

Het voortdurende intensieve gebruik van weidegronden, die altijd onderhevig zijn aan langdurige periodes van weinig regen, draagt ook bij aan het ontstaan van een gunstig milieu voor sprinkhanen. Het lijkt weinig twijfel dat overbegrazing door vee leidt tot overbegrazing door sprinkhanen. Het

lijkt ook niet twijfelachtig dat, om de genoemde redenen, de periodes tussen schadelijke sprinkhanenplagen steeds korter worden.

Verschillende waarnemers hebben een direct verband opgemerkt tussen vee en het aantal sprinkhanen. In Kansas waren er weinig sprinkhanen in onbegraasde gebieden in vergelijking met het aantal in direct aangrenzende, intensief begraasde gebieden (R. E. Smith, 1958). Weese (in Taylor et al., 1935) merkte op dat orthoptera (sprinkhanen) in Oklahoma acht keer zo talrijk waren op overbegraasde gronden als op conservatief begraasde gronden. Het verband tussen uitputting van weidegronden en uitbraken van schadelijke sprinkhanen in British Columbia is duidelijk aangetoond door Treherne en Bucknell (1924). Zij concluderen: “Verstandig beheer van vee binnen geselecteerde begrazingsgrenzen is de sleutel tot succes bij de bestrijding van sprinkhanen op weidegronden.” Ook op andere continenten kan de dichtheid van sommige sprinkhanensoorten in verband worden gebracht met de aanwezigheid van vee. In Noord-Afrika bijvoorbeeld gedijt de Marokkaanse sprinkhaan op de kale, steenachtige woestijnen die intensief worden begraasd door schapen en geiten (Uvarov, 1957). In het oosten van Australië zijn de sprinkhanenplagen grotendeels door de mens veroorzaakt en zijn ze groter geworden sinds het land door Europeanen werd gekoloniseerd (Clark, 1947). [235] Door ontbossing en overmatig gebruik van grassen door schapen, runderen en konijnen zijn er voortdurende uitbraakhaarden ontstaan. Bepaalde grassoorten die sprinkhanen graag eten en als schuilplaats gebruiken, zijn via de wol van schapen

naar Australië meegekomen en hebben het welzijn van deze insecten nog verder verbeterd. Uit verspreide rapporten blijkt dat het aantal sprinkhanen in belangrijke mate samenhangt met intensief gebruik van weidegronden. Misschien kan ook hier de drie-draads prikkeldraadomheining worden ingezet om deze dierlijke “onkruiden” te bestrijden.

In de praktijk worden sprinkhanen en sprinkhanen nu echter bestreden met chloorhoudende koolwaterstofchemicaliën die jaarlijks miljoenen acres worden verspreid. Ecologische bestrijdingsconcepten die vóór de Tweede Wereldoorlog werden overwogen, worden nu nauwelijks nog erkend, laat staan in praktijk gebracht. Op onze westelijke weidegronden zijn de bestrijdingsprogramma's voor sprinkhanen de afgelopen jaren afhankelijk geweest van een spray met 2 ounce aldrin per acre. Op deze manier zijn vele miljoenen acres behandeld, sommige herhaaldelijk. De biologische oorzaken van de uitbraak zijn niet aangepakt en er is ook niet veel onderzoek gedaan naar de biologische effecten van deze spray-behandeling. Net als bij de bestrijding van knaagdieren in de weidegronden, werkt de specialist vastberaden aan een tijdelijke vermindering van het economisch schadelijke aantal, zonder zich te bekommeren om de mogelijkheden van ecologisch beheer om het probleem definitief op te lossen.

In wezen is de noodzaak van ongediertebestrijding in weidegronden, zoals die nu wordt opgevat, een gevolg van overmatig gebruik van de grond. De semi-aride gebieden van de wereld kunnen de sedentaire veeteelt die wij als wenselijk zijn gaan beschouwen, niet in stand houden. Of het nu in Israël is of in New Mexico, de resultaten van voortdurende in-

tensieve begrazing zijn pijnlijk duidelijk. De lessen lijken niet goed te zijn geleerd. Wat ik als “concurrentie” heb beschreven, is slechts een symptoom van landmisbruik. Alleen het verminderen van dit misbruik kan verdere verarming en achteruitgang van de weidegronden voorkomen. De huidige methoden voor de bestrijding van knaagdieren en insecten op weidegronden zijn op zijn best lapmiddelen.

HOOFDSTUK – 18

VOEDSELKETENS EN PESTICIDEN: OVERDRACHTE EFFECTEN VAN CHEMISCHE BESTRIJDING

Elk dier weerspiegelt op de een of andere manier elke verandering in het voedselaanbod waaraan het is aangepast, en wij maken gebruik van dit feit in verschillende culturele en biologische bestrijdingstechnieken. Het mag niemand verbazen dat hetzelfde soort reactie optreedt bij alle diersoorten die zijn aangepast aan of een voorkeur hebben voor bepaalde soorten voedsel. Het lijkt echter niet algemeen bekend te zijn dat elke bestrijdingsmethode die zelfs maar tijdelijk grote delen van voedselpopulaties verwijdt, onvermijdelijk gevolgen heeft voor de dieren die zich daarmee voeden.

Met name chemische bestrijding, die het grootste deel van een plaagpopulatie verwijdt, leidt ook tot een vermindering van de populaties van andere soorten in het behandelde gebied. Dit leidt onvermijdelijk tot voedseltekorten, die in extreme gevallen kunnen leiden tot verzwakking, verhongering of emigratie. De reacties van een individueel dier dat hierdoor wordt getroffen, kunnen onmiddellijk optreden, maar vaak treden ze pas na verloop van tijd op en komen ze tot uiting op een manier die op het eerste gezicht geen verband lijkt te houden met de oorspronkelijke oorzaak. In dit deel wil ik benadrukken dat de problemen van voedseltekorten veroorzaakt door chemische middelen niet ingebeeld of

theoretisch zijn, maar vaak verborgen en vertraagd optreden. [237] Directe toxische effecten van chemische stoffen op de voedselbronnen worden hier niet besproken.

Eerder heb ik beschreven hoe veel vogels en zoogdieren worden aangetrokken door concentraties van prooidieren. Omgekeerd kan een prooipopulatie die plotseling is uitgeroeid door een chemische behandeling, haar voedselbronnen niet in stand houden. Als ze voldoende mobiel zijn, zullen de voedselzoekers het behandelde gebied verlaten. Deze beweging is herhaaldelijk waargenomen bij insectenetende vogels (zie Rudd en Genelly, 1956). Zo was er geen sterfte waarneembaar onder vogels op het grasland van Montana na een enkele toepassing van Sevin in een dosering van één pond per acre voor de bestrijding van sprinkhanen. Toch daalde het aantal vogels in het onderzoeksgebied binnen twee weken na het sproeien van 173 tot 30 (DeWitt en George, 1960). In een ander geval, opnieuw zonder zichtbare sterfte, vertrokken alle insectenetende vogels, behalve spechten, binnen drie dagen toen een laaggelegen gebied in Illinois midden in de zomer werd behandeld met DDT in een concentratie van een half pond per acre (Couch, 1946). Niet alle vogels zijn echter in staat om een behandeld gebied te verlaten en tijdens het broedseizoen zijn ze allemaal beperkt in hun bewegingsvrijheid. Bij vogels is, net als bij andere dieren, onvoldoende onderzoek gedaan naar de onmiddellijke reacties van sedentaire soorten op een plotselinge vermindering van het voedselaanbod. In veel rapporten waarin na enkele dagen een afname van het aantal vogels wordt geconstateerd, wordt deze afname over het algemeen

toegeschreven aan de directe toxische werking van de toegepaste chemische stof. Ik vermoed dat voedseltekort, en niet de directe chemische toxiciteit, vaak verantwoordelijk is voor de waargenomen sterfte. Dit soort effecten treedt vaker op bij verzwakte, snelgroeiende of zeer jonge dieren en wordt steeds belangrijker naarmate het behandelde gebied groter wordt.

De effecten van voedseltekorten zijn duidelijker zichtbaar over langere perioden. Voor het gemak kunnen deze worden aangeduid als seizoensgebonden vertraagde effecten, hoewel de effecten gedurende meerdere opeenvolgende seizoenen voelbaar kunnen zijn. In alle bekende gevallen hebben sedentaire soorten de belangrijkste reacties vertoond. In zekere zin zijn zij gevangen van een ecosysteem: soorten die sterk afhankelijk zijn van één soort voedsel of fysieke omgeving. Normaal gesproken heeft chemische vermindering van voedselbronnen weinig onmiddellijke gevolgen tijdens de productievrije seizoenen. Wanneer de verminderde voedselpopulaties worden overgedragen naar ongunstige seizoenen en door seizoensgebonden inactiviteit minder beschikbaar zijn, kan de gecombineerde vermindering – chemisch en natuurlijk – tot massale hongersnood leiden. [238] Deze reeks gebeurtenissen is in een aantal gevallen waargenomen en is een van de ernstigere problemen van het gebruik van chemische stoffen (zie Rudd en Genelly, 1956: pp. 75-76).

Een van de beste voorbeelden hiervan is de massale vissterfte in de Yellowstone River na een behandeling met DDT tegen spinnenrupsen in het midden van de zomer (Cope en

Springer, 1958). Drie maanden na het sproeien (in oktober) werden grote aantallen forellen, witvis en zuigkarpers, waaronder veel jonge exemplaren, dood aangetroffen langs een meer dan 100 mijl lang stuk van de rivier. Het aantal waterongewervelden nam sterk af. Het verlies van voedsel, dat misschien niet ernstig was zolang er in de zomermaanden nog extra insecten uitkwamen, werd kritiek toen het koude weer ervoor zorgde dat er geen insecten meer uitkwamen. In dit geval, net als in veel andere gevallen, heeft de mobilisatie van vetreserves met een laag DDT-gehalte mogelijk bijgedragen aan de sterfte. Er is overvloedig bewijs dat dit gebeurt onder hongersomstandigheden in het laboratorium. Het is vrijwel onmogelijk om alle beïnvloedende factoren onder veldomstandigheden analytisch te scheiden.

Aanvullende studies in Montana en Wyoming hebben bevestigd dat de aantallen waterongewervelden, en vervolgens gewervelde dieren, sterk afnemen na ongediertebestrijdingsbehandelingen in de buurt (Cope, 1960, 1961; Graham en Scott, 1959). Hoewel weinig vissen onmiddellijk na het sproeien met de standaardbehandeling met DDT stierven, deed zich later in het seizoen opnieuw een sterfte voor. In dit geval werden DDT-residuen in alle vissen aangetroffen, maar de verschillen in hoeveelheden, in combinatie met vele ecologische variabelen, rechtvaardigden geen direct verband tussen DDT en de vertraagde vissterfte. In twee intensief bestudeerde beken nam de populatie van sportvissen ernstig af. De gemiddelde afname bedroeg 75 procent in het tweede jaar na de behandeling. De overvloed aan voedsel, het soort voedselorganismen en de weefselverontreiniging lijken alle-

maal bij te dragen aan deze afname.

Een soortgelijk patroon kwam naar voren bij bosbesproeiingsoperaties op de Miramichi-rivier in New Brunswick (Kerswill, 1958). Ook daar was de spruce budworm het doelwit, maar in tegenstelling tot de meeste bosbesproeiingen in de Verenigde Staten bedroeg de toepassingsdosering slechts 0,5 pond DDT per acre. De sterfte was hoog onder jonge Atlantische zalm (tot 91 procent) en waterongewervelden (100 procent voor sommige soorten). Door hongersnood aan het einde van het seizoen daalde het aantal overlevenden van de chemische behandeling nog verder. Volwassen zalm die zich op het moment van de besproeiing in de beek bevonden, werd niet aangetast. Het gevaar schuilt hier in de sterfte van jonge exemplaren, die één tot vier jaar naar zee trekken voordat ze terugkeren naar zoet water om te paaien. [239] Er worden nu inspanningen geleverd om de populaties van de grotere waterinsecten weer op peil te brengen, zodat er voldoende voedsel van de juiste grootte beschikbaar is voor oudere zalmgroepen. De gecombineerde effecten van directe sterfte en verhongering hebben de omvang van de zalmtrek al aanzienlijk verminderd. In 1962 bedroeg de trek minder dan 20 procent van het normale niveau (Kerswill, persoonlijke mededeling).

Dit soort vertraagde effecten zijn niet beperkt tot vissen en organismen die als voedsel voor vissen dienen, maar zijn bij hen het meest uitgesproken. Aan de randen van met insecticiden behandelde wateren is een catastrofale afname van het aantal ongewervelde dieren te zien. Kreeftachtigen zijn bijzonder gevoelig voor vergiftiging. Ik heb eerder al melding

gemaakt van grote verliezen aan rivierkreeften in zoet water en gewezen op de grote afhankelijkheid van wasberen van deze kreeftachtigen. Ook is melding gemaakt van de ongevoeligheden onder schaaldieren in getijdenmoerassen en de waarschijnlijke voedseltekorten waarmee vogels en zoogdieren die zich met deze schaaldieren voeden, te maken krijgen. In deze gevallen zijn de studies niet ver genoeg gevorderd om de precieze effecten van de aanhoudende voedseltekorten op de afhankelijke populaties te kunnen vaststellen.

Chemisch veroorzaakte voedseltekorten komen ook voor bij landfauna. Een studie suggereert indirect dat voedseltekorten belangrijke langetermijneffecten kunnen hebben op vogelpopulaties. Een struikbos in Maryland werd vijf jaar lang behandeld met DDT in een dosering van twee pond per acre. In een periode van vier jaar nam de lokale vogelpopulatie met 26 procent af (Robbins et al., 1951). Uit studies naar de bestrijding van vuurmieren blijkt duidelijk dat veel diersoorten in aantal zijn afgenomen (DeWitt en George, 1960). Insecten en alle groepen gewervelde dieren hebben hierop gereageerd met een aanhoudende afname van hun aantal. Wanneer een stabiele chemische stof in relatief hoge concentraties wordt toegepast, is het moeilijk om de afzonderlijke bijdragen van de chemische toxiciteit en het daardoor veroorzaakte voedselverlies aan de waargenomen afname te kwantificeren. Beide factoren spelen een rol, maar de mate waarin dat gebeurt, is speculatief. Waarschijnlijk versterken ze elkaar alleen maar.

Het belang van voedselvermindering wordt misschien niet

duidelijk in een onderzoek van slechts één jaar. De meeste onderzoeken zijn in het beste geval beperkt tot één seizoen en vaker nog tot directe “voor-en-na”-controles. Dit soort onderzoek is in sommige situaties waardevol, maar kan niet worden geëxtrapoleerd om de effecten van grootschalige toepassingen van residuele chemicaliën of zelfs de langetermijneffecten van minder stabiele chemicaliën te beoordelen.

Logica en de huidige biologische kennis zijn voldoende om ernstige verstoringen van de fauna te vermoeden, hoewel intensief onderzoek over meerdere jaren wellicht ontbreekt.

[240] De nadruk op het direct dodende vermogen van chemicaliën is deels het resultaat van vooropgezette opvattingen die vergelijkbaar zijn met de indoctrinatie door Mother Goose die ik eerder heb beschreven. Maar hongersnood en dood als indirect gevolg van chemische behandeling zijn niet bepaald een fraai beeld, of ze nu voor iedereen zichtbaar zijn of niet. Uitgestelde verliezen en verstoringen van de fauna vereisen veel meer onderzoek. Ik ben van mening dat ze sterk worden onderschat.

HOOFDSTUK – 19

VOEDSELKETENS EN PESTICIDEN: OVERGEDRAGEN CHEMICALIËN EN SECUNDAIRE VERGIFTIGING

De dood van een dier door het eten van een vergiftigd dier is een geval van secundaire vergiftiging. In het meest gangbare gebruik wordt een eenvoudige één-op-één-relatie tussen de doelsoort en het dier dat zich daarmee voedt bedoeld. De besmetting van weefsel met pesticiden uit een voedselbron kan al dan niet als secundaire vergiftiging worden aange merkt. Wanneer een dergelijke besmetting pas veel later do delijk is (zoals ik heb beschreven), dan is er sprake van se cundaire vergiftiging, ongeacht of voedseltekorten, groei be hoefden of klimatologische stressfactoren het opgeslagen gif activeren. Voor het gemak kan dit fenomeen echter beter worden omschreven als vertraagde toxiciteit. Evenzo is de overdracht van chemische stoffen langs voedselketens op een manier die alleen het eindlid doodt, een secundaire ver giftiging die ik vertraagde expressie heb genoemd; deze wordt in het volgende hoofdstuk beschreven. Om de discus sie hier te vereenvoudigen, heb ik de definitie beperkt tot dat soort relaties waarin beide dieren sterven. Subletale ver giftiging bij het tweede dier moet zeker in de natuur voorko men, maar ik heb geen gegevens die dit bevestigen.

[242] Inherente toxiciteit of het vermogen om dieren te vergiften die niet tot de oorspronkelijke doelgroep behoren, komt bij veel gifstoffen niet voor, maar een aantal veelgebruikte gifstoffen hebben deze eigenschap wel. Hoewel niet alle methoden voor het toepassen van chemische stoffen waarschijnlijk leiden tot overdracht op een tweede soort, is dit bij voldoende methoden wel het geval, waardoor secundaire vergiftiging een ernstig probleem vormt. De algemene vereisten voor secundaire vergiftiging zijn het gebruik van een zeer giftige chemische stof, de relatieve stabiliteit van de chemische stof in levend weefsel, een voedselrelatie tussen de “doelsoort” en de voeder, en een “lokstof” die niet alleen de doelsoort aantrekt, maar ook de chemische stof concentreert.

Voor zover ik weet, is secundaire vergiftiging in het veld alleen aangetoond bij insecticiden met DDT, aldrin, dieldrin en Systox en bij rodenticiden met zinkfosfide, strychnine, thallium en Compound 1080. Andere chemicaliën hebben wel degelijk het vermogen om secundaire vergiftiging te veroorzaken, maar dit is in de natuur nog niet waargenomen. Over het algemeen vormen alleen gifstoffen voor zoogdieren een consistent en voorspelbaar gevaar. Vanwege de aard van hun doelwitten moeten ze zeer giftig en stabiel zijn en worden aangeboden op aantrekkelijk voedsel (aas).

De bestrijdingsmethoden die momenteel aanleiding geven tot potentieel ernstige secundaire vergiftiging zijn: sproeien vanuit de lucht boven bossen, met name waar waterlopen zijn; vergiftigd graan als lokaas bij de bestrijding van knaagdieren; vergiftigd vlees als lokaas (stations) voor de bestrij-

ding van carnivoren; giftige middelen op gezaaid zaad in akkerland; systemische insecticiden die worden gebruikt op akkerbouwgewassen.

Secundaire vergiftiging komt voor bij de volgende belangrijke dierenparen:

- met Systox vergiftigde insecten en insecteneters
- met DDT vergiftigde insecten en forel
- met DDT vergiftigde insecten en amfibieën of reptielen
- DDT-vergiftigde vissen en waterreptielen
- DDT-vergiftigde insecten en zowel nestjongen als volwassen vogels
- 1080-vergiftigde knaagdieren of carnivoren en aasetende vogels Thallium-vergiftigde knaagdieren en roofvogels
- Thallium-vergiftigde knaagdieren en kleine carnivoren 1080-vergiftigde knaagdieren en coyotes of vossen
- Met 1080 vergiftigde knaagdieren en huisdieren (honden, katten, varkens) Met warfarine vergiftigde knaagdieren en huisdieren
- Met aldrin en dieldrin vergiftigde houtduiven en carnivoren (inclusief roofvogels)

De kwestie van secundaire vergiftiging van insecten is zelden onderzocht. Toen de systemische insecticiden echter werden aangeboden als selectieve middelen die zuigende insecten doden en hun roofdieren en parasieten sparen, vroegen sommige onderzoekers zich af of de chemicaliën wel zo onschadelijk waren voor nuttige insecten als werd gesuggereerd. [243] Tot ongeveer 1954 was de literatuur over de effecten van systemische insecticiden op nuttige insecten verwarrend en onduidelijk. Uit indirect bewijs bleek dat secundaire vergiftiging wel degelijk voorkwam bij sommige soor-

ten roofdieren die via hun prooi aan bepaalde soorten chemicaliën werden blootgesteld. Ahmed et al. (1954) toonden vervolgens duidelijk aan dat de larven van verschillende soorten zweefvliegen zeer gevoelig waren voor katoenluizen die met Systox waren gedood. Sommige larven van lieveheersbeestjes waren ook zeer gevoelig. In geen enkel geval leken de volwassen dieren te reageren op de aanwezigheid van Systox in hun prooi. Sinds zijn terugkeer in Egypte heeft Ahmed (1955) deze bevindingen bevestigd met andere soorten, met andere systemische chemicaliën en in een andere omgeving. Ondanks deze resultaten kan beter worden vermeld dat de omvang of ernst van secundaire vergiftiging bij insecten niet bekend is. Blijkbaar is dit niet waargenomen na toepassing van andere soorten chemicaliën dan “systemische middelen”.

Na vele jaren ervaring met bosbesproeiingsprogramma's lijkt het nu redelijk om te concluderen dat secundaire vergiftiging van vissen weliswaar consequent voorkomt, maar niet in grote mate. Insecten die het slachtoffer zijn van bosinsectenbestrijding worden regelmatig door vissen gegeten. Gevoelige vissen zijn voornamelijk vissen die zich aan het oppervlak voeden met volwassen insecten die uit het bladerdak zijn geslagen. Vermoedelijk dragen deze insecten meer DDT op hun lichaam dan nodig is om ze te doden. Hoewel waternimfen en larven zelf dodelijk worden aangetast door DDT, vertonen zij geen significante oppervlakteverontreiniging. Zij zijn geen “vergiftigd aas”, zoals insecten die in de lucht worden gedood. Bovendien moeten aan het oppervlak voedende vissen vaak de olievlek doorbreken die ontstaat bij

het besproeien van bossen met DDT. Deze dubbele verontreiniging lijkt verantwoordelijk te zijn voor de vissterfte. Langford (1949) merkte bijvoorbeeld op dat gevlekte forel (*Salvelinus*) bijzonder gevoelig was voor secundaire vergiftiging. Deze waarneming is sindsdien in andere gebieden bevestigd.

De vergiftiging wordt verergerd wanneer aan deze voorwaarden is voldaan en jonge, verzwakte of gedeeltelijk uitgehongerde vissen zich voeden met vergiftigde insecten (HofEmann en Surber, 1949a). Ook hier is luchtverontreiniging door insecten nodig voordat toxiciteit optreedt. Baars, blauwbaars en crappie werden allemaal op deze manier gedood, waarbij baars het meest gevoelig was.

Dezelfde reeks conditionerende factoren moet de enkele meldingen van secundaire vergiftiging van kikkers, schildpadden en waterslangen verklaren. [244] Herald (1949) schreef de sterfte onder twee soorten schildpadden toe aan de consumptie van met DDT gedode blauwbaars. Van vier slangen die kikkers aten die vergiftigd waren door het eten van met DDT gedode insecten, stierf er één (Logier, 1949) – een voorbeeld van tertiaire vergiftiging. Er zijn andere gevallen waarin amfibieën en reptielen het kennelijke slachtoffer waren van secundaire vergiftiging, maar het is waarschijnlijk dat hun gewoonte om aan het oppervlak te eten heeft bijgedragen aan de sterfte.

Zoogdieren lijken zich niet uitgebreid te voeden met door DDT gedode insecten. Vogels doen dat wel vaak, en in enkele gevallen is secundaire vergiftiging van kleine insectenetende vogels gemeld. Ongetwijfeld treedt na de inname van

vergiftigde insecten vaak weefselbesmetting op, maar secundaire vergiftiging lijkt zeldzaam te zijn bij goed gevoede volwassen vogels. Bij nestjongen en misschien ook bij snelgroeïende jongen is secundaire vergiftiging waarschijnlijker en is deze in verschillende gevallen beschreven. George en Mitchell (1947) gaven nestjongen bijvoorbeeld een minimaal dieet dat volledig bestond uit met DDT gedode insecten, wat leidde tot een aanzienlijke sterfte. In andere gevallen kon onder veldomstandigheden bij gebruikelijke toepassingsdoseringen geen duidelijk effect van de behandeling worden waargenomen. Ik vermoed dat ook hier aan speciale voorwaarden moet worden voldaan. Waarschijnlijk zijn hogere doseringen nodig om een algemeen gevaar voor jonge vogels te veroorzaken. Omdat de nestgewoonten van vogels sterk variëren, zal ook de kans op directe besmetting variëren. Bij insectenetende soorten is de incidentie van secundaire vergiftiging waarschijnlijk groter bij soorten met blootliggende nesten.

Het behandelen van zaad met fungiciden en insecticiden is een snel groeiende praktijk. Vogels die met kwikverbindingen behandeld zaad eten, sterven vaak. In Finland, Zweden, Engeland en de Verenigde Staten zijn opmerkelijke verliezen aan vogels geconstateerd na veldtoepassingen van zaad dat was behandeld met kwikverbindingen, aldrin en dieldrin. Er is ongetwijfeld sprake van weefselbesmetting bij de overlevenden. Minder duidelijk is de kans op secundaire vergiftiging door deze zaadbehandelingen. Valkers in Engeland vermoeden dat roofvogels zijn gestorven door het eten van houtduiven die zich hadden gevoed met zaad dat met

dielddrin was gecoat. Recente informatie uit Engeland (Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, 1961) bevestigt dat het aantal zaadetende vogels in de drie voorgaande jaren ongewoon hoog was en dat bovendien secundaire vergiftiging waarschijnlijk was bij roofdieren die zich met deze vogels voedden. In gebieden waar primaire vergiftiging van vogels ernstig was, zijn een aantal vossen en dassen gestorven. Zowel veldwaarnemingen als chemische analyses ondersteunen het vermoeden dat secundaire vergiftiging veel voorkomt.

[245] Volgens gepubliceerde informatie lijkt snelwerkende secundaire vergiftiging door insecticiden onwaarschijnlijk bij warmbloedige dieren.

Het feit dat weefsels besmet zijn, is iets anders. Ik acht het mogelijk dat secundaire vergiftiging optreedt in aanwezigheid van langzaam accumulerende pesticiden (zoals gechloreerde koolwaterstoffen) op een wijze die niet veel verschilt van de “vertraagde expressie” die in het volgende hoofdstuk wordt beschreven: aan alle voorwaarden voor de eerder gegeven beperkte definitie van secundaire vergiftiging zou worden voldaan, behalve dat het tijdsinterval langer zou zijn. Hoewel er momenteel geen bevestigend bewijs is, vermoed ik dat deze vorm van secundaire vergiftiging belangrijk kan zijn; en als ze bestaat, is ze potentieel zeer ernstig. Dit is zo omdat zaadbehandeling en gewasbesproeiing regelmatig, minstens één keer per jaar, worden toegepast op akkerland, in tegenstelling tot de incidentele besproeiing van bossen. De geleidelijke ophoping van pesticiden tot toxische niveaus in weefsels vereist een continue bron van

besmetting.

Grootschalige ongediertebestrijding is momenteel de belangrijkste bron van snelwerkende secundaire vergiftiging. In dit land zijn bestrijdingscampagnes tegen knaagdieren in het wild en op het land grotendeels gericht tegen grondeekhoorns, prairiehonden, zakratten en veldmuizen. De kleinere knaagdieren zijn recentelijk het doelwit geworden van uitgebreide bestrijdingsmaatregelen. Compound 1080 is momenteel de chemische stof bij uitstek in dit land, net als in Australië en Nieuw-Zeeland, waar grotere herbivoren (herten, opossums en Europese konijnen) intensief worden bestreden. Thallium, dat vroeger veel werd gebruikt in de Verenigde Staten, is bijna volledig vervangen door Compound 1080. Thallium wordt nog steeds veel gebruikt in Europa. Vleeslokazen die worden gebruikt bij de bestrijding van roofdieren zijn in mindere mate verantwoordelijk voor het secundaire verlies van aasetende vogels en zoogdieren.

Aangezien een eerdere studie de secundaire vergiftiging door bestrijdingscampagnes tegen zoogdieren al vrij gedetailleerd heeft onderzocht (Rudd en Genelly, 1956), zal ik hier niet uitgebreid op ingaan. Bovendien zijn de methoden en houdingen ten aanzien van de bestrijding van zoogdieren al beschreven (zie hoofdstuk 16). Hier zal ik dan ook de belangrijkste groepen noemen die secundair worden getroffen, en enkele schattingen geven van het waarschijnlijke verlies.

Roofvogels zijn gedood door het eten van vergiftigde knaagdieren. Sommige soorten lijken beter bestand tegen het gif dan andere. Adelaars en kleine haviken zijn naar mijn mening gevoeliger dan breedvleugelige haviken. [246]

Adelaars zijn bijvoorbeeld gedood door bestrijdingscampagnes tegen prairiehonden (Arnold, 1954). In Europa zijn een aantal torenvalken gedood door met thallium vergiftigde muizen. Uilen zijn op dezelfde manier gedood (Steiniger, 1952). Meeuwen, die zich concentreren op plaatsen waar veel knaagdieren voorkomen, zijn gedood na bestrijdingsmaatregelen. Blijkbaar zijn niet alle leden van een blootgestelde vogelpopulatie even vatbaar, maar de redenen voor dit verschil in vatbaarheid zijn niet bekend. De mate van eerdere uithongering is mogelijk van cruciaal belang.

Aaseters voeden zich bij voorkeur met ingewanden en maaginhoud in plaats van met hele kadavers. Adelaars, gieren, raven, kraaien en eksters worden vaak waargenomen terwijl ze zich op deze manier voeden met vergiftigde knaagdieren en carnivoren. Alleen gieren blijven gespaard van de schadelijke gevolgen van vergiftiging, omdat ze gemakkelijk kunnen braken. Gifstoffen concentreren zich in de ingewanden van hun prooi. Dit niet-opgenomen deel kan voldoende zijn om een aaseter te doden. Bovendien consumeren de meeste doeldiersoorten in het veld waarschijnlijk meer dan een dodelijke dosis. Hier ligt een probleem. Bij extrapolaties van in het laboratorium vastgestelde toxiciteitscijfers naar veldomstandigheden is geen rekening gehouden met de waarschijnlijk ingenomen overmatige hoeveelheden, maar alleen met de minimale dodelijke doses van chemische stoffen. De illusie van veiligheid die hierdoor wordt gecreëerd (soms, denk ik, opzettelijk) is zeer waarschijnlijk in strijd met de werkelijke gevaren.

Secundaire vergiftiging van zoogdieren, met name hondach-

tigen, is een veelvoorkomend gevolg van veldcampagnes voor de bestrijding van knaagdieren. Vossen, coyotes en gedomesticeerde honden zijn bijzonder gevoelig voor indirecte vergiftiging met 1080. Veel bestrijdingsfunctionarissen zijn van mening dat het vergiftigen van grondeekhoorns met Compound 1080 de goedkoopste en meest effectieve methode is om coyotes te bestrijden. Kort nadat de veldproeven met 1080 waren begonnen, schatte Kalmbach (niet gepubliceerd) dat de bestrijding van knaagdieren zou kunnen leiden tot een vermindering van 30 procent van de coyotepopulatie in de behandelde gebieden. Wallace was recenter (geciteerd in Longhurst et al., 1952) van mening dat in sommige gebieden wel 90 procent van de coyotepopulatie wordt uitgeroeid door de bestrijding van grondeekhoorns. Wat de schatting van de vermindering ook is, het regelmatig voorkomen van secundaire vergiftiging moet als een feit worden aanvaard. In behandelde gebieden zijn ook vossen en stinkdieren dood aangetroffen, en vermoedelijk zijn vergiftigde knaagdieren hiervoor verantwoordelijk. Over deze en andere kleine pelsdieren bestaat geen goed onderzoek dat de omvang van het populatieverlies aangeeft. Het is echter waarschijnlijk minder ernstig dan bij coyotes en komt waarschijnlijk meer plaatselijk voor.

[247] De werkelijke omvang van secundaire vergiftiging is niet bekend. Alleen in het geval van coyotes hebben we een maatstaf voor de invloed ervan op de populatieaantallen. Ik twijfel er niet aan dat het vaker voorkomt dan de huidige schattingen aangeven. Het toenemende gebruik van Compound 1080 lijkt een verdere verspreiding van secundaire

vergiftiging bij zoogdieren te garanderen. Het is voor biologen duidelijk dat het moeilijk is om in een veldonderzoek tot een juiste inschatting te komen. Een dergelijke inschatting wordt nog bemoeilijkt door de uiteenlopende standpunten over de bestrijding van zoogdieren en de bestrijdingsmethoden. De instanties die verantwoordelijk zijn voor de bestrijding zijn het minst geneigd om een inschatting te geven.

HOOFDSTUK – 20

VOEDSELKETENS EN BESTRIJDINGSMIDDELEN: OVERGEDRAGEN CHEMICALIËN EN VERTRAGING VAN DE WERKING

Zoals we zojuist hebben gezien, kan een chemische stof niet alleen aantoonbaar worden overgedragen van het weefsel van het ene levende wezen naar dat van een ander, maar kan deze ook steeds geconcentreerder worden naarmate deze door een voedselketen wordt doorgegeven. Uiteindelijk kan dit leiden tot de dood. De overdracht via twee schakels waarbij beide leden sterven, hebben we secundaire vergiftiging genoemd. *Vertraagde expressie*, zoals ik dat hier gebruik, beschrijft de overdracht via twee of meer schakels van een voedselketen waarbij alleen het laatste lid sterft. De omstandigheden die secundaire vergiftiging mogelijk maken, gelden ook hier, hoewel het in dit geval vrijwel altijd om een aanvankelijk minder giftige chemische stof gaat. Een te hoge toxiciteit spaart de eerste schakel in de keten niet. Bij vertraagde expressie moet weefselbesmetting, maar niet de dood, optreden in ten minste de eerste of twee schakels. Omdat de initiële toxiciteit lager is, moet een chemische stof bij elke opeenvolgende stap in de overdracht worden geconcentreerd om uiteindelijk toxisch te worden. Elk lid dat een toxische chemische stof in zijn weefsels concentreert, wordt een biologische concentrator genoemd.

[249] Ter verduidelijking van onze definities: secundaire vergiftiging betreft twee dieren, die beide sterven, maar waarbij geen van beide noodzakelijkerwijs een giftige chemische stof in zijn weefsels concentreert. Uitgestelde toxiciteit betreft ook twee leden, waarvan de eerste niet hoeft te sterven en de tweede pas sterft wanneer de in de weefsels opgeslagen chemische stoffen worden gemobiliseerd tijdens periodes van ecologische of fysiologische stress. Uitgestelde expressie voegt normaal gesproken ten minste één lid toe aan de voedselketen, en alleen dit laatste lid vertoont symptomen van vergiftiging. De vergiftiging kan dodelijk zijn voor dit lid of voor zijn jongen.

Vertraagde expressie zoals hier gebruikt, benadrukt de dood van het laatste lid. Het moet duidelijk zijn dat de volgorde in de meeste gevallen complexer is dan hier beschreven. Biologisch gezien is een voedselrelatie vereist waarbij de eerdere schakels niet reageren op opgeslagen chemische stoffen en alle schakels een duidelijke mate van afhankelijkheid van bepaalde voedselsoorten vertonen. Subletale symptomen kunnen vroeg in de reeks optreden, maar zijn niet waargenomen.

De vertraagde manifestatie van toxische symptomen bij biologische concentrators van pesticiden is een ernstig probleem, vooral omdat het zo verraderlijk is. Het blijft onopgemerkt totdat sterfte optreedt, en zelfs dan wordt de oorzaak van de sterfte vaak niet vermoed. Het probleem wordt nog ernstiger wanneer de vertraagde manifestatie wordt teruggevoerd op de chemische bestrijdingsmethoden die eraan ten grondslag liggen: goedgekeurde en aanbevolen procedu-

res hebben dit veroorzaakt. De meeste toepassingen vinden plaats in lage concentraties die als “veilig” of in het slechtste geval als minimaal gevaarlijk zijn aangemerkt. Alle toepassingen maken gebruik van de stabiele gechloreerde koolwaterstofinsecticiden die op grote schaal worden gebruikt. In veel situaties is herhaald gebruik van deze chemicaliën de regel. In sommige gevallen worden bepaalde programma's waarbij stabiele insecticiden worden gebruikt, jaarlijks op miljoenen acres toegepast en vormen zij, in combinatie met de bekende accumulaties gedurende vele jaren van gebruik, omvangrijke en voortdurende bronnen van ecologische verontreiniging. De onderstaande illustraties werden twaalf jaar geleden nog nauwelijks gesuggereerd en pas de laatste jaren is hun betekenis vastgesteld. De vertraagde uitwerking is het gevolg van de algemene verspreiding van stabiele pesticiden. Ik twijfel er niet aan dat het probleem ernstiger en wijdverbreider is dan de onderstaande voorbeelden aangeven.

Het grootste gevaar ontstaat bij herhaaldelijk gebruik van stabiele chemicaliën. Bij de beoordeling van het gevaar in specifieke situaties moet rekening worden gehouden met de tijd tussen de toepassingen, de dosering en de stabiliteit van de residuen. Biologisch gezien is concentratie het meest waarschijnlijk in “gesloten” ecosystemen, dat wil zeggen waar obligate voedselrelaties bestaan in omgevingen die chemische residuen effectief insluiten. [250] Stabiele waterlichamen zijn de meest waarschijnlijke locaties, maar zoals zal blijken, kan residuconcentratie ook optreden op andere locaties waar aan de voorwaarden is voldaan.

Het economische belang van vertraagde toxische expressie van biologisch geconcentreerde chemische stoffen zal variëren naargelang de regio, de intensiteit van het landgebruik, de diversiteit van de fauna en de houding van de bevolking. Het is samen met resistentie tegen insecticiden een van de grootste biologische problemen die zich nog zullen voordoen als gevolg van chemische ongediertebestrijding. Het is vooral belangrijk voor biologen die zich bezighouden met wilde dieren. Helaas vallen wilde dieren niet onder de wettelijke controles die vermoedelijk veilige grenswaarden voor de verontreiniging van menselijk weefsel garanderen. Gezien de algemene aanwezigheid van verontreiniging met residuen van bestrijdingsmiddelen, betwijfel ik ook of de “veilige grenswaarden” voor mensen wel correct zijn vastgesteld. Het is duidelijk dat de processen waardoor zowel mensen als wilde dieren weefselverontreinigingen opnemen, dezelfde zijn. Alleen de hoeveelheden verschillen.

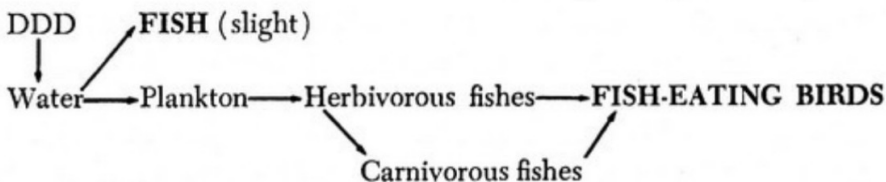
Er zijn nieuwe benaderingen nodig om de aard en de economische aspecten van vertraagde expressie te bepalen. Voor specifiek onderzoek is een grotere verscheidenheid aan specialisten nodig, die allemaal inzicht moeten hebben in de ecologische complexiteit. Er moet meer geld en tijd worden besteed aan dit soort onderzoek, aangezien kortetermijnwerk aan geïsoleerde aspecten niet kan leiden tot inzicht in het algemene probleem. Er is een drastische heroriëntatie nodig in het onderzoek naar pesticiden in het veld voordat de volledige betekenis van vertraagde expressie kan worden beoordeeld.

Hieronder worden zes voorbeelden van vertraagde expressie

beschreven, drie uit aquatische en drie uit terrestrische gemeenschappen. Ze worden niet in gelijke mate door feiten ondersteund, maar ecologen zullen het er ongetwijfeld mee eens zijn dat de volgorde redelijk is. Er moeten nog slechts enkele kleine hiaten in de informatie worden opgevuld; het bewijs voor vertraagde expressie van overgedragen chemische stoffen is niet langer zwak. Elk voorbeeld wordt voorafgegaan door een vereenvoudigd diagram dat de vermoedelijke routes van de overgedragen chemische stoffen aangeeft. We kunnen er vrij zeker van zijn dat de chemische effecten zich verder vertakken dan hier wordt weergegeven, maar er is nog geen bewijs dat dit ook daadwerkelijk het geval is. Het punt waarop sterfte optreedt, wordt aangegeven met vetgedrukte hoofdletters. Directe sterfte, die onmiddellijk na het toepassen van de chemische stof optreedt, wordt ook vetgedrukt weergegeven, maar wordt hier niet besproken.

Vertraagde expressie in aquatische gemeenschappen

Voorbeeld 1 – De dood van visetende vogels na het toepassen van DDD's om muggen te bestrijden in Clear Lake, Californië.



Clear Lake is een ondiep, warm watergebied van ongeveer 46.000 acres, 100 mijl ten noorden van San Francisco. De hoge productiviteit komt tot uiting in de uitstekende sportvisserij, een van de attracties die Clear Lake tot een belangrijk toeristisch en recreatiecentrum heeft gemaakt. Helaas delen ook insecten in deze hoge productiviteit. De Clear Lake-mug (*Chaoborus astictopus*) is een bijzonder hinderlijke insectensoort. Hoewel hij geen bloed zuigt, is hij in de warmere maanden zo talrijk dat hij een ondraaglijke overlast vormt. Er zijn al vele jaren pogingen ondernomen om de mug te bestrijden, maar pas in 1948 werd een effectieve methode gevonden die niet schadelijk is voor vissen. Het doelgebied was de modder op de bodem van het meer, waar de muggenlarven zich ontwikkelen. DDD, een nauwe verwant van DDT, werd op het oppervlak van het meer aangebracht en zo goed mogelijk gemengd. Een concentratie van één deel DDD op zeventig miljoen delen water was voldoende om de larven te doden. Het doodde ook grote aantallen andere waterdieren, maar had weinig directe schade voor de visstand. DDD werd in september van de jaren 1949, 1954 en 1957 op het meer aangebracht. De tweede en derde toepassing vond plaats met een hogere dosering van één deel DDD op vijftig miljoen delen water. De eerste *Chaoborus*-sterfte bedroeg 99 procent, maar binnen drie jaar waren de aantallen weer hoog. In 1954 leidde een tweede toepassing ook tot een sterfte van 99 procent. Na deze toepassing herstelden de aantallen zich nog sneller, en een derde toepassing in 1957 was niet zo succesvol in de bestrijding van *Chaoborus*. Ongunstige weersomstandigheden werden als een van de redenen genoemd, maar het snelle herstel van

de muggenpopulatie en de geringere onmiddellijke afname duiden op resistentie tegen het insecticide.

Vóór de eerste toepassing broedden meer dan 1000 paren westelijke fuut (*Aechmophorous occidentalis*) aan het meer; het jaar daarop keerde de zomerse broedkolonie niet terug. Tot op het moment van schrijven is deze nog niet hersteld. Tijdens de broedseizoenen van 1958-1960 waren er enkele paren (15-20) vogels aanwezig, maar er werden geen jongen grootgebracht. In 1961 werden 16 nesten van westelijke futen gevonden, maar er kwamen geen jongen uit. In 1962 werd één jong gezien. In 1963 werden drie jongen waargenomen. Desondanks bleven futen in de winter in grote aantallen het meer bezoeken. [252] In december 1954 stierven veel futen; er waren meer dan 100 dode exemplaren bekend. Een latere sterfte vond plaats in maart van het volgende jaar. In beide gevallen konden biologen die gespecialiseerd waren in ziekten bij wilde dieren geen aanwijzingen voor ziekte vinden. Na de derde toepassing van DDD, in december 1957, werd een derde sterfte waargenomen. Ook bij deze gelegenheid werd naar ziekte gezocht, maar deze werd niet gevonden. Achteraf werd het ingewandsvet van twee futen verwijderd en geanalyseerd op DDD. In deze weefsels werd een verbazingwekkend gehalte van 1600 delen per miljoen aangetroffen, een concentratie die 80.000 keer hoger was dan die welke in het meer was toegepast. Verontreinigd voedsel werd als bron aangewezen. Deze conclusie was het startsein voor het verzamelen van gegevens die duidelijkheid zouden verschaffen over de opeenvolging van biologische concentrators, wat misschien wel het beste voorbeeld

tot nu toe is van de vertraagde toxische werking van overgedragen chemische stoffen. Sinds 1958 zijn vele soorten vissen en andere organismen verzameld en dit zal worden voortgezet totdat er geen sporen van DDD meer in weefsels kunnen worden aangetroffen. Op aanbeveling van het Lake County Mosquito Abatement District is geen DDD meer in het meer gebracht.

Honderden exemplaren – plankton, vissen, kikkers en vogels – uit Clear Lake zijn nu chemisch geanalyseerd. Alle exemplaren bevatten DDD. De analyses zijn gericht op vissen, omdat in vissen de meeste chemische concentratie plaatsvindt. Maar vogels zijn niet de enige viseters; dat zijn ook de vele duizenden mensen die Clear Lake jaarlijks bezoeken.

Over het algemeen varieert het DDD-gehalte in deze vissen van 40 tot 2500 delen per miljoen. Het meeste DDD wordt aangetroffen in het vetweefsel, dat de belangrijkste bron van verontreiniging is. Vogels eten natuurlijk hele, meestal kleine vissen. De DDD-waarden die zijn gemeten in visceraal vet (in delen per miljoen) geven daarom een minimale maatstaf voor de verontreiniging van vogels. De waargenomen verontreinigingsniveaus zijn weergegeven in **tabel 17**.

Mensen die vis eten, gooien een groot deel van de vis weg, waaronder sommige delen waar DDD het meest geconcentreerd is. We zouden daarom verwachten dat mensen die vis eten, geen zeer hoge verontreinigingsniveaus zouden hebben, en dat is ook zo. Om het gevaar voor de mens te beoordelen, hoeft alleen DDD in eetbaar vlees in aanmerking te worden genomen. Maar de DDD-niveaus in eetbaar vlees

zijn nog steeds aanzienlijk en veel ervan liggen boven de maximale tolerantieniveau van 7 ppm dat door de Food and Drug Administration is vastgesteld voor DDD-residuen in in de handel gebrachte levensmiddelen. Alleen veel gegeten soorten zijn opgenomen in **tabel 18**. Door koken daalden de waarden met slechts ongeveer 10 procent. [253] Analyses van het vetgehalte van eetbaar vlees leverden natuurlijk veel hogere waarden op dan analyses van het totale eetbare vlees.

TABLE 17

Concentratie DDD in visvet van vissen uit Clear Lake	
Soort	Concentratie
Witte meerval	80-2375
Grote Baars	1550-1700
Bruine stierkop	342-2500
Zwarte vis	700-983
Blauwbaars	125-254
Karper	40
Kikkers	5

TABLE 18

Concentratie DDD in niet eetbaar vlees van vissen uit Clear Lake	
Soort	Concentratie
Witte meerval	1-196 *
Grote Baars	4-138 #
Bruine stierkop	12-80
Blauwbaars	5-10

* De meeste boven de 20.

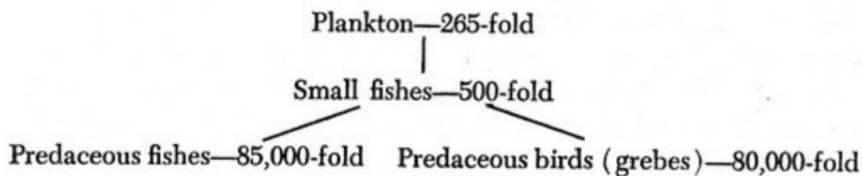
Ongeveer de helft boven de 20.

De verontreiniging is niet bij alle vissen gelijk. Planktoneters en herbivoren slaan minder op, evenals jongere vissen van alle categorieën. De opslag is maximaal en de gemiddelde verontreiniging is groter bij roofvissen. Ter illustratie: bij baars die zeven tot negen maanden na de laatste DDD-toepassing uitkwam, werd in het eetbare vlees een DDD-gehalte van 22 tot 25 ppm aangetroffen; bij vissen die een jaar

ouder waren 25 tot 30 ppm en bij zesjarige vissen gemiddeld 138 ppm. Sacramento-zwarte vis, die zich voedt met plankton, vertoonde waarden van 7 tot 9 ppm bij jonge vissen die enkele maanden na de derde toepassing van DDD uitkwamen. Oude blackfish daarentegen hadden twee tot drie keer zoveel in het eetbare vlees. Deze waarden geven alleen aan dat mensen met residuen verontreinigd vlees binnenkrijgen. Ze geven geen echte maatstaf voor de hoeveelheid residu die wordt gegeten. Visetende vogels en vissen zullen natuurlijk grotere hoeveelheden DDD binnenkrijgen.

De oorspronkelijke bron van verontreiniging in de voedselketen is plankton. In Clear Lake is er vaak zoveel drijvend algen dat het wateroppervlak gekleurd is. Een samengesteld planktonmonster had een verontreinigingswaarde van 5,3 ppm.

In de volgende reeks heb ik enige vrijheid genomen om tot enkele getallen te komen die de factoriale toename van de concentratie ten opzichte van de oorspronkelijke bron van verontreiniging in een eenvoudige voedselketen beschrijven. Dit zijn maximale schattingen. We beginnen met een berekende verontreiniging van het water



Warmbloedige dieren zijn gevoeliger voor opgenomen gifstoffen dan koudbloedige dieren. Het is echter alleen de op-

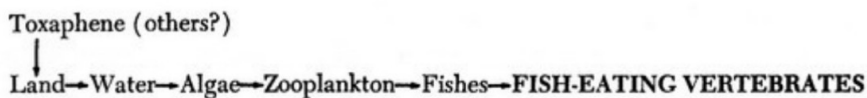
nameweg – inname – die vissen spaart. Kiemademende dieren zijn bijzonder gevoelig voor chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden in het omringende water. Een vijf- tot tienvoudige toename van DDD in het water (d.w.z. 0,1-0,2 ppm) zou voldoende zijn om alle vissen in het meer te doden. De relatief lage sterfte onder vissen na standaardtoepassingen van DDD is een eerste aanwijzing dat het water zelf geen direct gevaarlijke hoeveelheden DDD bevat. Hoewel er bij deze hoge concentraties opgeslagen DDD geen vissterfte is waargenomen, kan niet worden geconcludeerd dat er geen gevaar bestaat. De kans op verdere verontreiniging tot toxische drempelwaarden is niet onderzocht, evenmin als de effecten op het voortplantingssucces of de overleving van jonge dieren.

Er valt nog veel te leren van dit voorbeeld, ook al is er geen verdere verontreiniging door gechloreerde koolwaterstofinsecticiden gepland. Wat dat betreft waren de effecten op visetende vogels waarschijnlijk veel groter dan hier wordt geschetst. Alleen westelijke futen kregen systematische aandacht, maar ook de populaties van zilvereigers en reigers zijn veel kleiner dan in voorgaande jaren. Logischerwijs moeten ook deze vogels hetzelfde lot hebben ondergaan als de fuut, maar alleen indirect bewijs brengt ons tot deze conclusie. Problemen met pesticiden en wilde dieren worden te vaak even beperkt gedefinieerd als de ongediertebestrijdingsprocedures die ervoor verantwoordelijk zijn.

De analyse van Clear Lake, hoe onvolledig ook, blijft een fascinerend voorbeeld van de complexiteit van chemische overdracht in levende systemen en een duidelijke waarschu-

wing aan professionals om hun oplossingen voor ongedier-tebestrijdingsproblemen niet te simplificeren. (De gegevens voor dit gedeelte zijn afkomstig van Hunt en Bischoff, 1960; Lindquist en Roth, 1950; en ongepubliceerd materiaal van Hunt en Bischoff en van A. H. Miller.) [255]

Voorbeeld 2.-De dood van visetende dieren na het gebruik van toxafeen in een concentratie van 2 pond per acre op land voor insectenbestrijding, waarbij residuen vervolgens in het water terechtkwamen.



Een ongewone sterfte onder veel soorten visetende vogels werd voor het eerst opgemerkt in mei 1960 in de reservaten van het Klamath Basin, die worden beheerd door de Amerikaanse Fish and Wildlife Service. Binnen korte tijd werden 307 dode vogels gevonden. Het merendeel werd gevonden in het Lower Klamath Refuge aan de noordgrens van Californië. De aantallen en soorten – allemaal viseters – waren verdeeld zoals weergegeven in **tabel 19**.

Er werden onmiddellijk deskundigen op het gebied van ziekten bij wilde dieren geraadpleegd, maar er konden geen ziekteverschijnselen worden vastgesteld. Gealarmeerd door de ervaringen in Clear Lake en na waarneming van duidelijke symptomen van vergiftiging door gechloreerde koolwaterstoffen, lieten de deskundigen chemische analyses uitvoeren op weefsels van de twee soorten die het meest dood

werden aangetroffen. In de lever van een Amerikaanse zil-verreiger werd 50,2 ppm toxafeen aangetroffen. De lever en de nieren van een witte pelikaan bevatten respectievelijk 2,9 ppm en 23,4 ppm. Het vermoeden werd sterker dat vergiftiging, en niet ziekte, de oorzaak was van deze massale sterfte.

TABLE 19 Soortverdeling van dode vogels gevonden in het Lower Klamath Refuge

Soort	Number
Witte pelikanen	156
Amerikaanse zilverreigers	84
“Meeuwen”	34
Zwarte kroonreigers	12
Westelijke futen	12
Dubbelkuifaalscholvers	5
Grote blauwe reigers	3
Sneeuwreigers	1

De belangrijkste vissoorten in de vijvers en afwateringskanalen van deze twee reservaten zijn karperachtige minnows, kopvoornachtigen van de geslachten Gila en Siphateles. [256] Er komen ook andere geslachten voor, maar de twee genoemde lijken het favoriete voedsel te zijn van de meeste visetende vogels. Het waterpeil en de stroming in het reservaat worden nauwkeurig geregeld en zijn gekoppeld aan de irrigatie van landbouwgrond binnen en buiten het reservaat. Een aanzienlijke hoeveelheid water uit het reservaat stroomt

af van de omliggende landbouwgrond.

In en rond de reservaten werden al vele jaren pesticiden gebruikt. DDT werd 19 jaar lang gebruikt en de laatste jaren werd op grotere oppervlakten op grotere schaal gebruik gemaakt van aldrin en toxafeen. In 1958 werd toxafeen vanuit de lucht verspreid in een hoeveelheid van twee pond per acre om de snuitkever te bestrijden op een gebied van 1500 acre dat grenst aan de belangrijkste broedgebieden. Andere chloorhoudende koolwaterstofinsecticiden werden veel gebruikt in aangrenzende landbouwgebieden. Daardoor konden zowel de bron als het voorkomen van insecticidenvergiftiging worden vastgesteld.

Een reeks vergiftigde vogels werd vervolgens onderzocht op weefselverontreiniging. De meeste bevatten toxafeen. De nieren van een witte pelikaan bevatten bijvoorbeeld 14 ppm; een hele Amerikaanse zilverreiger bevatte 17 ppm toxafeen. Futen, sterns en reigers bevatten ook toxafeen in hoeveelheden tot 39 ppm. Maar er werden ook residuen van andere insecticiden in weefsels aangetroffen. De zojuist genoemde Amerikaanse zilverreiger bevatte naast toxafeen ook 138 ppm DDT en 52 ppm DDD, oftewel in totaal 207 ppm chloorhoudende koolwaterstofresiduen. Het onderhuidse vet van een westelijke fuut bevatte respectievelijk 39 ppm, 348 ppm en 302 ppm toxafeen, DDT en DDD, een totaal van 689 ppm. Andere vogels vertoonden vergelijkbare verontreinigingspatronen. Hoewel het vrijwel onmogelijk was om de effecten van de verschillende giftige stoffen van elkaar te scheiden, werd toxafeen als belangrijkste doodsoorzaak aangewezen vanwege de hogere toxiciteit en het feit dat het

twee jaar eerder in grote hoeveelheden in het reservaat was gebruikt. Ziekte werd als oorzaak uitgesloten vanwege het ontbreken van ziektesymptomen en de waarneming van vergiftigingsverschijnselen (Keith, persoonlijke mededeling).

Tot nu toe hebben we geconcludeerd dat de sterfte het gevolg was van vergiftiging door pesticiden, waarschijnlijk door ophoping van toxafeen in de weefsels en mogelijk met aanvullende effecten van andere verontreinigende stoffen. Kunnen we concluderen dat de vertraagde werking van overgedragen chemicaliën de waarschijnlijke blootstellingsroute was? Het eerste feit dat we in gedachten moeten houden, is dat de meest recente intensieve toepassing van insecticiden bijna twee jaar eerder plaatsvond. Uit andere ervaringen met toxafeen kan worden geconcludeerd dat ten minste driekwart van de toxafeenresiduen binnen een jaar was verdwenen. [257] Zelfs als dit feit buiten beschouwing wordt gelaten, zou een toepassing van 2 pond per acre niet leiden tot residuniveaus in de bodem of op het gebladerte die overeenkomen met de hoeveelheden die in het weefsel van de vogels zijn aangetroffen. Biologische concentratie moest de oorzaak zijn; bevestiging moest worden afgewacht van chemische analyse van eerdere schakels in de voedselketen. Te zijner tijd werden analyses uitgevoerd. Deze worden in vereenvoudigde vorm weergegeven in **tabel 20**.

Deze waarden lijken veel lager te zijn dan die welke in het Clear Lake-onderzoek zijn vastgesteld. Als er overal visceeraal vet was gebruikt, zouden de waarden beter vergelijkbaar zijn geweest.

TABEL 20

Maximale concentraties van bestrijdingsmiddelen in organismen in het Klamath Basin, uitgedrukt in delen per miljoen (totaal gewicht)

Organisme	Hoeveelheid	residu (p.p.m.)
Algen	0,1-0,3	toxafeen
Slakken; Daphnia	0,2	toxafeen; 0,7 DDE (bijproduct DDT)
Kleine vissen	3,0	toxafeen 0,2 andere
Grotere vis (6 inch)	8,0	toxafeen;
Vis etende vogels	39,0	toxafeen; 138 DDT; ook ander

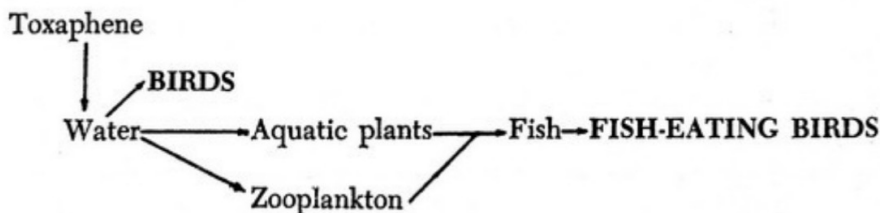
De waarschijnlijke volgorde werd verder gedocumenteerd door weefselverontreinigingsniveaus die werden aangetroffen bij dieren met verschillende voedingsgewoonten:

Plantenetende vogels (meerkoe-ten)	Sporen of geen besmetting Vogels
Zich voedend met kleine water- en landdieren (oorduikers)	0,5-4,0 ppm, toxafeen
Vis etende slang (kousenband-slang)	3.2 ppm, toxafeen
Vis etende vogels	2-56 ppm, inclusief twee of meer residuen

Bijzonder verontrustend was de meervoudige besmetting van de eierstokken van een dubbelkuifaal. De totale residu-besmetting bedroeg 2,2 ppm toxafeen en 2,4 ppm DDE. De eieren in de eierstokken van deze vogel bevatten echter 20 ppm toxafeen en 12 ppm DDT en DDE. De vogel was blijk-

baar gezond toen hij werd geschoten. Op dit moment kunnen we alleen maar gissen naar de mogelijke schadelijke effecten van meervoudige hoge verontreiniging op het voortplantingsvermogen van deze vogel. We weten niet in hoeverre soortgelijke verontreiniging voorkomt in wilde populaties, noch kunnen we met zekerheid onderscheid maken tussen chemisch veroorzaakte functiestoornissen en functiestoornissen die door andere factoren worden veroorzaakt. [258] Ik twijfel er niet aan dat dergelijke residugehalten belangrijke, zij het verborgen, effecten hebben (gegevens voornamelijk afkomstig van Pillmore, 1961).

Voorbeeld 3.-Het verlies van vogels na twee toepassingen van toxafeen om vissen uit Big Bear Lake, Californië, te elimineren.



In 1960 werd toxafeen tweemaal toegepast in Big Bear Lake in San Bernardino County, Californië, in een poging om populaties van “ruwe vis” (twee soorten goudvis) te elimineren die het vissen op forel belemmerden. De twee toepassingen vanuit de lucht brachten de totale toepassingsgraad op 0,1 ppm in het ondiepere deel van het meer en 0,2 ppm in het diepere deel. Toxafeen is een zeer effectief visgif en bij deze concentraties werden de meeste vissen gedood. Kort na de

toepassing stierven een aantal vogels. Gedurende een periode van enkele weken daarna werden zieke en dode vogels gemeld.

In dit geval was de sterfte blijkbaar het gevolg van drie oorzaken, waarvan de afzonderlijke bijdragen moeilijk vast te stellen zijn. Directe vergiftiging veroorzaakte blijkbaar de dood van vissen en sommige vogels. Binnen enkele dagen na de vergiftiging bedekte een opvallende oliefilm delen van het meer. De olie was vermoedelijk afkomstig van de ontbindende kadavers van vissen. De oliefilm zelf heeft waarschijnlijk veel vogels met water doordrenkt, wat mogelijk heeft bijgedragen aan een grotere opname van toxafeen. De hoge concentraties toxafeen in weefsels wijzen op een vertraagde chemische reactie. Er werden meer dan tweehonderd dode vogels gevonden. Ongeveer vijftig dode meerkoeien zijn waarschijnlijk gestorven aan acute vergiftiging. Er zijn geen dode vogels chemisch geanalyseerd. Levende vogels, die werden geschoten en geanalyseerd, vertoonden weefselverontreiniging (in delen per miljoen), zoals weergegeven in **tabel 21**.

Gerangschikt in voedselketens nam de toxafeenverontreiniging als volgt toe (in ppm):

Waterplanten (<i>Potamogeton</i>)	0,03
Zoöplankton (<i>Daphnia</i>)	0,73-0,97
Visvlees	3-21
Vogels, vet	13-1700

[259] Van de twee geschoten en geanalyseerde meeuwen was er één geringd in Montana en de andere in Idaho. Dit wijst erop, zoals inmiddels in talrijke gevallen is vastgesteld, dat trekvogels een belangrijke rol spelen bij de verspreiding van chemische residuen over grote afstanden.

TABEL 21

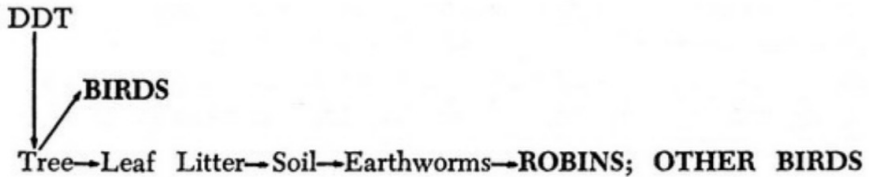
Weefselbesmetting bij overlevende vogels in de buurt van Big Bear Lake

Soort	Toxaphene in weefsel (ppm)
Witte pelikaan, vet	1700
Witte pelikaan, lever	6
Eenden, vet	12-69
Meeuwen, vet	39
Oorduikers, vet	33
Sterns, vet	13

Zalm kon gedurende zestien maanden na de toepassing niet in het meer worden uitgezet; herhaalde proeven toonden aan dat het water giftig bleef voor vissen (“heet”, zoals de visserijbiologen het uitdrukten). Ondertussen wordt het onderzoek naar de verontreiniging voortgezet. Het is waarschijnlijk dat de vertraagde expressie heeft bijgedragen aan de waargenomen sterfte en nog tot extra sterfte kan leiden. De forel die eind 1962 in het meer werd uitgezet, overleefde echter; in 1963 werd geen vergiftiging van vogels waargenomen (gegevens niet gepubliceerd; afkomstig van E. G. Hunt).

Vertraagde expressie in terrestrische gemeenschappen

Voorbeeld 1 – Sterfte onder vogels vele maanden na de toepassing van 2-5 pond DDT per boom ter bestrijding van schorskevers.



Nog maar een paar jaar geleden zou de boekhouding die ik nu ga geven ongelooflijk hebben geleken. Nu zijn zowel het feit van de omvangrijke verliezen aan vogels als de routes waarlangs deze verliezen worden veroorzaakt zorgvuldig gedocumenteerd. [260] Het enige wat nog onbekend is, is waarom ongediertebestrijders zo lang hebben geweigerd toe te geven dat er verliezen plaatsvonden en wat de werkelijke verliezen aan vogels moeten zijn. De waarheid is eindelijk doorgedrongen tot de controle-instanties, maar de totale verliezen aan vogels kunnen niet worden vastgesteld. Waarschijnlijk gaat het om miljoenen. Van de huidige bestrijdingsprogramma's kan alleen de bestrijding van de vuurmier een even groot effect hebben gehad.

De nu beschikbare gegevens zijn te omvangrijk om hier in detail weer te geven. De lezer wordt aangeraden de volgende referenties te raadplegen om het belang van dit probleem te kunnen beoordelen: Barker, 1958; Benton, 1951; Blag-

brough, 1952; Hickey en Hunt, 1960; Hunt, 1960; Mehner en Wallace, 1959; en Wallace et al., 1961. Andere lopende onderzoeken zullen de documentatie verder aanvullen. De nadruk ligt hier op de keten van chemische overdracht die leidt tot de vertraagde manifestatie van toxische symptomen en sterfte bij vogels. Andere aspecten van het probleem worden slechts in algemene termen behandeld.

De schimmel die de iepziekte veroorzaakt, werd pas 30 jaar geleden in de Verenigde Staten ontdekt. Sinds de ziekte voor het eerst werd vastgesteld in Ohio en New York, heeft ze zich verspreid over ongeveer 20 staten, waarbij miljoenen iepen zijn gestorven of op sterven na dood zijn. DDT leek een veelbelovend middel om de twee soorten schorskevers te bestrijden die hoofdzakelijk verantwoordelijk zijn voor de verspreiding van de schimmel. Veel gemeenschappen voerden snel programma's in om de iepziekte te bestrijden, met enig lokaal succes. Toch bleef de ziekte zich verspreiden. In 1949 bereikte ze Illinois, in 1950 Michigan, in 1956 Wisconsin en in 1957 Iowa. Het verwijderen van aangetaste bomen bestrijdt de ziekte effectief, evenals het minder giftige methoxychloor. Helaas zijn beide bestrijdingsmethoden duurder dan het gebruik van DDT. De meeste georganiseerde gemeenschapsprogramma's in het middenwesten van de VS vertrouwen voor de bestrijding op DDT, waarbij de aanbevelingen van de staat en de federale overheid voor formuleringen, doseringen en toepassingsmethoden worden gevolgd. Bladbespuiting wordt niet meer toegepast; men vertrouwt nu op bespuiting tijdens de rustperiode. Vanuit het oogpunt van chemische overdracht maakt het weinig ver-

schil of de bomen in april of oktober worden bespoten, maar de meeste gemeenschappen zijn nu overgestapt op bespuiting na de bladval in het vroege najaar en, afhankelijk van het weer, gedurende de hele winter. De omstandigheden voor vertraagde expressie blijven bestaan.

Hoewel de sterfte van vogels als gevolg van het besproeien van iepen met DDT al in 1947 was geregistreerd, werden pas in 1950 de waarnemingen gedaan die leidden tot de ontdekking van de overdracht van DDT via biologische concentrators in een voedselketen (Barker, 1958). In 1949, toen de campus van de Universiteit van Illinois in Urbana-Champaign voor het eerst werd bespoten om floëemnecrose te bestrijden, stierven er maar heel weinig vogels. Kort daarna brak echter de iepziekte uit, waardoor extra bespuitingen nodig waren. [261] Enkele maanden later werden er op de campus stervende roodborstjes opgemerkt, nog voordat het voorjaarsbespuitingsprogramma was begonnen. Na regenval werden regelmatig stervende vogels gemeld, waardoor het vermoeden rees dat waterplassen op verontreinigde grond DDT bevatten. Analyses van het water toonden echter slechts sporen van DDT aan. Voeding werd vervolgens als mogelijke bron van DDT aangewezen. In de zomer van 1950 werden regenwormen verzameld voor analyse, waarna de aanwezigheid van DDT in deze wormen chemisch werd aangetoond. In de twee daaropvolgende jaren werden talrijke chemische analyses uitgevoerd, die de cyclus van chemische overdracht bevestigden die aan het begin van dit hoofdstuk in een diagram werd weergegeven.

Een reeks roodborstjes en andere gewervelde dieren werd

geanalyseerd op DDT en het metabolische derivaat DDE, waaruit de aanwezigheid van chemische residuen in een aantal inwendige organen werd vastgesteld. Tabel 22 geeft enkele voorbeelden van concentraties in organen van dode of stervende dieren.

TABEL 22

Concentraties van DDT en DDE in inwendige organen van gewervelde dieren na bestrijding van schorskevers

Weefsel	Soort	Hoeveelheden (ppm)	
		DDT	DDE
Hersenen	Roodborstje	28	11
	Roodborstje	90	252
	Rotsduif	4	175
	Huismus	167	29
	Spreeuw	0	29
	Grijze eekhoorn	4	0
Lever	Roodborstje	19	744
Hart	Roodborstje	127	120

Chemische analyses van verschillende organen van regenwormen die na het sproeien in de vroege zomer werden verzameld, toonden aan dat alle wormen DDT bevatten. De concentraties varieerden van 4 ppm in het ventrale zenuwstelsel tot 403 ppm in de krop en de spiermaag. Alle organen behalve het centrale zenuwstelsel bevatten concentraties van meer dan 48 ppm. De analyses van verschillende soorten

ringwormen toonden vergelijkbare concentraties in alle soorten. Zes exemplaren die vóór de eerste besproeiing in 1951 (8 tot 9 maanden na de dichtstbijzijnde eerdere besproeiing) waren verzameld, vertoonden een gemiddelde totale residucontaminatie van 86 ppm DDT en 33 ppm DDE.

[262] De theorie dat DDT de chemische stof was die de dood veroorzaakte en dat de regenworm de giftige drager was, leek bijna bewezen. Van de chemische cyclus hoefden alleen nog de tussenstappen te worden bevestigd. Uiteindelijk werden ook deze vastgesteld. Er kon nu een volledig beeld worden geschetst van de besmetting, overdracht, concentratie en sterfte. De stappen kunnen in de volgende volgorde worden gerangschikt:

Iep	2 lbs. of meer DDT per boom in de zomer
Bodemoppervlak	1.3 lbs. per acre
Top twee inches van de grond	5.9-9.5 p.p.m. DDT; 0.7-5.4 p.p.m. DDE
Bladeren na besproeiing	174-273 p.p.m. DDT; 9-20 p.p.m. DDE
Bladeren na bladval, enkele maanden later	20-28 p.p.m. DDT; 1-4 p.p.m. DDE
Regenwormen, onmiddellijk na het sproeien.	33-164 p.p.m. DDT; 3-73 p.p.m. DDE
Regenwormen, enkele maanden later	86 p.p.m. DDT; 33 p.p.m. DDE

lbs. per boom = 0,45 kg /boom
 lbs. per acre = 1,12 Kg / hectare

Roodborstjes die in het voorjaar na de besproeiingen in de zomer terugkeerden om te nestelen, kregen dus een favoriet

voedsel voorgeschoteld dat minstens tien keer zoveel DDT bevatte als de bodem. Met andere woorden: een dieet van 100 regenwormen bevatte meer dan 3 mg DDT, een dodelijke dosis voor een roodborstjes. De individuele organen van de roodborst concentreerden de chemische stof mogelijk iets meer, maar voor algemene vergelijkingen waren de verontreinigingsniveaus in regenwormen en roodborstjes gelijk. Vermoedelijk bezwijkt het complexere zenuwstelsel van de roodborst sneller dan dat van de regenworm aan insecticiden die voornamelijk op het centrale zenuwstelsel werken. Toch lijkt de populatie regenwormen op de campus van de Universiteit van Illinois af te nemen. Mogelijk hebben ook zij hun grenzen.

Nu de feiten over sterfte en vertraagde chemische expressie aan de basis vaststaan, is de volgende vraag hoe groot het populatieverlies is. Een sterfte die wordt gecompenseerd door een goed broedsucces zal geen daling van het gemiddelde jaarlijkse aantal veroorzaken. Maar een buitensporige sterfte in combinatie met geen of een slecht broedsucces kan alleen maar leiden tot een snelle afname van de populatiegrootte.

Een scherpe afname van veel vogelsoorten is in feite de regel geweest waar de iepziekte herhaaldelijk met DDT is bestreden. Wallace et al. (1961) melden een afname van het aantal roodborstjes op de hoofdcampus van Michigan State University, van 370 tot 15 tot 4 vogels in drie jaar tijd. [263] Het nestfalen was nog schokkender: in de jaren na het begin van de bespuitingen kwamen vrijwel geen broedsels tot ontwikkeling. Hickey en Hunt (1960) schatten de totale sterfte

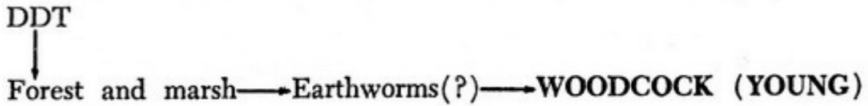
onder roodborstjes op ten minste 85 procent per bespuiting. In verschillende gemeenschappen in Wisconsin die drie jaar lang achtereenvolgens werden bespoten, daalde de totale broedpopulatie met 30 tot 90 procent. Waar slechts 10 iepen per acre stonden en deze jaarlijks werden bespoten, bedroeg de populatieafname ongeveer 90 procent.

Hoewel roodborstjes de meest voor de hand liggende slachtoffers lijken te zijn van DDT-behandelingen tegen de iepziekte, worden ook veel andere soorten getroffen en er is geen twijfel over de wijdverspreide achteruitgang van de avifauna in de getroffen gebieden. Wallace *et al.* (1961) hebben bijvoorbeeld een lijst opgesteld van 94 vogelsoorten die dood of stervend zijn aangetroffen in behandelde gebieden. Van 41 van deze soorten zijn monsters geanalyseerd; 34 soorten bevatten DDT. De meest getroffen soorten zijn de grondvoeders, op de voet gevolgd door bladvoedende wielewalen, zangers en vireo's, en in mindere mate knopvoeders en schorszoekende soorten. Vreemd genoeg werden ook verschillende soorten vleesetende vogels dood aangetroffen met tremoren, en bij veel individuen werden chemische afzettingen gevonden. Schreeuwuilen werden vaak dood of stervend aangetroffen, maar niemand kan precies zeggen wat de vergiftigingsroute was. Secundaire vergiftiging is een mogelijkheid, maar het lijkt mij waarschijnlijker dat deze soort in bepaalde periodes van het jaar ook regenwormen eet, waardoor de vergiftigingsroute vergelijkbaar zou zijn met die van roodborstjes. Deze conclusie wordt indirect ondersteund door de waarneming dat dode schreeuwuilen werden gevonden na een periode van ongewoon hevige regen-

val, waardoor grote aantallen regenwormen aan de oppervlakte kwamen (Hickey, persoonlijke communicatie). De dood van grote haviken en uilen kan nog niet worden verklaard. Maar wat de voedselgroep of de manier van vergiftiging ook is, het kan overtuigend worden aangetoond dat de vogelpopulaties op grote schaal zijn gedecimeerd.

De vraag die vaak wordt gesteld, is niet simpelweg een keuze tussen de iepen of de vogels. Voorstanders van de goedkoopste bestaande bestrijdingsmethoden stellen het zo, maar daarbij begaan zij een fundamentele fout. Noch het behoud van bomen, noch het behoud van vogels kan op strikt economische gronden worden gerechtvaardigd, maar beide worden gewaardeerd om het comfort en plezier dat ze bieden; beide moeten worden behouden. Indien nodig moeten hiervoor duurdere maatregelen worden genomen. Het zoeken naar aanvaardbare, economische en eenvoudige bestrijdingsmethoden moet worden voortgezet in het belang van iedereen. Het lijkt geen twijfel dat de behandeling met DDT heeft geleid tot het redden van vele iepen en tot het vertragen van de verspreiding van de iepziekte. [264] Maar de behandeling heeft ook geleid tot een snelle afname van de vogelpopulaties. Bestrijdingsdoelstellingen mogen nooit zo eng worden gedefinieerd dat het algemene voordeel in gevaar komt, ongeacht de heilige waarde die binnen de grenzen van een enkel doel kan worden verondersteld.

Voorbeeld 2.-De vermindering van het voortplantingssucces van houtsnippen na herhaalde besproeiing van bosgebieden in New Brunswick met 0,5 en 1 lb DDT per acre.



Vermoedelijk bewijs suggereert dat er minder jonge houtsnippen worden gevangen in met DDT besproeide gebieden in New Brunswick dan in niet-besproeide gebieden (Wright, 1960). De behandeling om uitbraken van sparrenrupsen in te dammen heeft het afgelopen decennium vele miljoenen acres bestreken. Bij een dosering van 0,5 lb per acre vanuit de lucht lijkt er geen sprake te zijn van effecten die door iemand als ernstig onaanvaardbaar worden beschouwd en het lijkt geen twijfel dat het aantal insecten ten minste jaarlijks wordt teruggedrongen. De ernstige aspecten van het probleem zijn de effecten van herhaaldelijk sproeien op zowel houtsnip als sparrenrups. Eenmalige jaarlijkse behandeling leidt niet tot permanente onderdrukking van het aantal knopwormen, en de populaties van houtsnip, die zich het volgende jaar kunnen herstellen van een eenmalige jaarlijkse verstoring van hun voedselbronnen, lijken niet in staat om hun aantal op peil te houden na een reeks behandelingen gedurende meerdere jaren. Sinds 1952 is in New Brunswick ongeveer 22.000 vierkante mijl besproeid, en de meeste gebieden zijn minstens twee keer besproeid. Sommige gebieden zijn wel vijf keer behandeld, hoewel dit zelden jaarlijkse herhalingsbehandelingen waren.

Wright (1960 en persoonlijke communicatie) heeft met de enige analysemethode die hem ter beschikking stond, het aantal volwassen en onvolwassen vogels in de herfstvangst van houtsnip uit bespoten en onbespoten gebieden vergeleken. Een indirecte meting van dit type kan natuurlijk geen uitsluitsel geven over het effect van pesticiden op de voortplanting. De waargenomen verschillen zijn echter statistisch significant en het patroon van de afname van het aantal jonge vogels in de jaarlijkse gegevensreeks lijkt meer dan alleen interessant.

In de jaren 1953 tot 1958 maakte het aantal onvolwassen vogels ongeveer de helft uit van het totale aantal geschoten vogels in niet-bespoten gebieden. [265] In 1953 was het cijfer voor het bespoten gebied hetzelfde als dat voor het onbespoten gebied, maar het besproeien vond plaats nadat de jonge vogels waren uitgekomen. In de drie daaropvolgende jaren nam het aantal onvolwassen vogels uit bespoten gebieden aanzienlijk af. Uitgedrukt in percentages vormden zij achtereenvolgens 17, 21 en 20 procent van de herfstvangsten, tegenover 50, 52 en 45 procent onvolwassen vogels in vergelijkbare vangsten in niet-bespoten gebieden. Over de periode van vier jaar leverden bespoten gebieden 23 procent onvolwassen vogels op, terwijl 45 procent onvolwassen vogels werd geteld in vangsten uit niet-bespoten gebieden. De productie van jonge vogels in bespoten gebieden was volgens deze maatstaf de helft van die in onbespoten gebieden. Het meest overtuigende bewijs dat deze afname significant verband houdt met DDT komt uit het laatste jaar, 1959, waarin niet werd gespoten. In dat jaar steeg het aantal on-

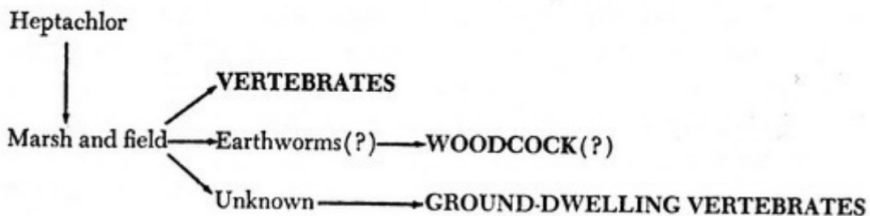
volwassen vogels in zakken uit eerder bespoten gebieden tot 49 procent van het totaal, een stijging van 145 procent ten opzichte van het voorgaande jaar. Hoe spectaculair deze stijging ook is, ze bleef nog steeds achter bij het percentage onvolwassen vogels dat in dat jaar in niet-bespoten gebieden werd gevangen. Deze vormden ongeveer 60 procent van de herfsttrek. Het is duidelijk dat volledig herstel zelfs na een jaar zonder blootstelling aan DDT niet mogelijk is.

Een patroon van vertraagde chemische expressie, dat in dit geval indirecte effecten op jonge dieren heeft, is bij deze populaties van houtsnippen niet overtuigend vastgesteld. Ik geef dit voorbeeld omdat ik denk dat het lopend onderzoek dit zal bevestigen. De biologie van de soort en het patroon van de toepassing van insecticiden maken dit een redelijke veronderstelling.

Onlangs is er een complicerende factor bijgekomen. In juni 1959 bleek een monster van tien houtsnippen gemiddeld 0,18 ppm heptachloorepoxide in het weefsel te bevatten. Ongeveer tweederde van de Noord-Amerikaanse populatie houtsnippen overwintert in het zuiden van de Verenigde Staten, waar grotendeels heptachloor is gebruikt in de bestrijding van vuurmieren. Aardwormen die tot 12 maanden na de behandeling in dit gebied werden verzameld, bevatten gemiddeld 3 ppm heptachloor in hun weefsel. Slechts 10 procent van de houtsnippen die kort daarvoor op hun behandelde overwinteringsgebied waren aangekomen, bevatte aantoonbare sporen van heptachloor of het epoxide daarvan. Maar zes weken na aankomst bevatte meer dan 50 procent gemiddeld 0,2 ppm (DeWitt et al., 1960). De houtsnip wordt

nu aan beide uiteinden van zijn 2000 mijl lange trekroute blootgesteld aan verontreiniging door pesticiden. De twee chemische residuen in voedsel of weefsels, die in onderlinge samenhang werken, kunnen drastischer effecten hebben dan tot nu toe is waargenomen. [266] Alleen de tijd en gezamenlijke aandacht zullen dit uitwijzen. Ondertussen blijft een dubbele chemische bedreiging voor een belangrijke jachtsoort met vrij beperkte voedingsgewoonten een ernstige mogelijkheid.

Voorbeeld 3.-Sterfte en populatieafname onder gewervelde dieren in de zuidelijke staten op gebieden die zijn behandeld met heptachloor (voornamelijk) in een concentratie van 1,5 lbs. per acre in een poging om de geïmporteerde vuurmier uit te roeien.



Het bestrijdingsprogramma tegen vuurmieren heeft geleid tot een hoge directe sterfte onder gewervelde dieren, een afname van de populatie, een traag herstel en residuele verontreiniging van weefsels met heptachloor en heptachloor-epoxide bij het grootste deel van de fauna in het behandelde gebied. Deze feiten staan vast, maar het is moeilijk vast te stellen of er bij verontreinigde populaties sprake is van ver-

traagde effecten. Ondanks veel onderzoek ontbrak het de Amerikaanse Fish and Wildlife Service en de samenwerkende instanties aan een ecologische kern. De nadruk lag op het tellen van populaties en weefselsanalyses, die beide helpen verklaren hoe en in hoeverre biologische processen worden verstoord door de aanwezigheid van giftige chemicaliën, maar geen van beide mogen worden beschouwd als het einddoel van het onderzoek. Niettemin zijn alle voorwaarden voor vertraagde chemische expressie aanwezig onder dit bestrijdingsregime; ik verwacht dan ook dat er na verloop van tijd veel voorbeelden van chemische overdracht langs voedselketens duidelijk zullen worden.

Regenwormen op overwinteringsgebieden van houtsnippen in Louisiana bevatten tot 20 ppm heptachloorepoxide in hun weefsel, 6 tot 10 maanden na de behandeling van de grond. Zoals zojuist opgemerkt, weerspiegelen houtsnippen deze concentraties door aanzienlijke hoeveelheden epoxide in hun eigen weefsels op te slaan. Tot nu toe zijn er geen aanwijzingen voor directe sterfte als gevolg van deze bron van verontreiniging.

Vleesetende zoogdieren bevatten residuen die grotendeels afkomstig moeten zijn van verontreinigd voedsel. Katoenratten, die een belangrijke voedselbron vormen voor carnivoren, hadden bijvoorbeeld een residugehalte van 5,9 ppm heptachloorepoxide in hun weefsels. Vissen en amfibieën, die regelmatig door gewervelde dieren worden gegeten, bevatten bijna zonder uitzondering aantoonbare hoeveelheden heptachloorepoxide. [267] Ook reptielen waren vaak verontreinigd. Bij al deze groepen die als voedsel dienen, moet de

bron van de weefselverontreiniging hun eigen voedselsoorten zijn. Een centrachide vis (blauwbaars), bijvoorbeeld, met een residugehalte in het weefsel van 36,2 ppm, kon dergelijke concentraties alleen hebben bereikt en toch overleven als het epoxide geleidelijk was opgehoopt uit voedselbronnen. Rivierkreeften met 1,6 ppm in het weefsel na maandenlange blootstelling konden dit alleen hebben opgedaan door inname van kleinere hoeveelheden. Een tiende van die concentratie in water zou de hele populatie van zowel blauwbaars als rivierkreeften effectief uitroeien. Overdracht van chemische stoffen via de voedselketen moet een van de meest voorkomende bronnen van effecten zijn na overleving van de eerste blootstelling. Het uiteindelijke verband tussen overgedragen chemische stoffen en langdurige effecten moet echter nog worden aangetoond (gegevens van DeWitt en George, 1960).

HOOFDSTUK – 21

FAUNAVERPLAATSING SOORTEN UIT BALANS

De term faunaverplaatsing verwijst naar een verandering in het aantal en de verspreiding van afzonderlijke soorten, of een herschikking van de soorten waaruit een ecosysteem bestaat. Het aantal en de kenmerken van afzonderlijke populaties variëren normaal gesproken van seizoen tot seizoen en van jaar tot jaar. Soms zijn de veranderingen groot, maar vaker zijn alle andere factoren gelijk en zijn de veranderingen gedurende het jaar en door de jaren heen redelijk voorspelbaar en bepaald door de beperkingen van de omgeving. Veranderingen in abundantie, verspreiding en faunasamenstelling komen op natuurlijke wijze tot stand, op korte of lange termijn, door de vele eerder besproken factoren. Geen enkele populatie groeit oneindig, en in ongestoorde omgevingen is de regel een relatieve stabiliteit in faunasystemen waarvan de leden samen zijn geëvolueerd en zich aan elkaar hebben aangepast.

Het concept van het “evenwicht in de natuur” is ontstaan uit deze algemeen waargenomen stabiliteit. Maar niemand beweert dat een dergelijk evenwicht absoluut is of dat een eenmaal verstoorde omgeving onvermijdelijk zal terugkeren naar de precieze samenstelling en stabiliteit van de vroegere omgeving. [279] Wat we vaak als de natuurlijke, gestabiliseerde populatie beschouwen, is slechts de populatie die we

kennen uit onze ervaring. In de regel is deze populatie in door mensen bewoonde gebieden het laatste resultaat van een reeks verstoringen en terugkeer naar stabiliteit. Onze redenen om te willen dat een verstoorde omgeving in zijn oude staat wordt hersteld, hebben wellicht weinig te maken met de vraag of er een evenwicht in de natuur bestaat.

In grote lijnen bestaat die natuurlijk wel. Het bewijs hiervoor wordt zeker geleverd door de gevolgen van de biotische vereenvoudiging die we op akkerland veroorzaken en door de resultaten van de verplaatsing van soorten van het ene gebied naar het andere, hetzij per ongeluk, hetzij opzettelijk. In beide gevallen ontstaan onevenwicht en instabiliteit, en de verplaatsing van soorten versterkt het effect van de biotische vereenvoudiging. Wanneer extra factoren een reeds onstabiele omgeving nog verder vereenvoudigen, raakt het evenwicht nog meer verstoord. Leven met deze verstoring is een van de grootste uitdagingen voor de mens. Ongediertebestrijding is een van de manieren waarop de mens probeert een onevenwicht in de natuur te herstellen.

Pesticiden zijn echter de meest recente algemene oorzaak van onevenwicht in de fauna. Pogingen om met chemicaliën stabiliteit te bereiken, hebben in feite alleen maar voor meer instabiliteit gezorgd. Dit hoofdstuk gaat over de bijdrage van pesticiden aan de instabiliteit van de fauna. Niet-chemische maatregelen voor ongediertebestrijding kunnen ook leiden tot instabiliteit, maar niet in dezelfde mate. Elke groep dieren binnen een faunacomplex reageert wanneer er grote verschuivingen optreden in andere groepen. Maar alleen bij geleedpotigen zijn de gevolgen van dergelijke verschuivin-

gen überhaupt bekend. Ongedierte-insecten vormen natuurlijk de belangrijkste kern van studies naar deze verschuivingen.

In de meeste gevallen veroorzaken pesticiden die op landbouwgrond worden gebruikt geen onevenwichtigheden die op korte termijn niet kunnen worden beheerst. Het gebruik van pesticiden die wel economisch of biologisch ernstige onevenwichtigheden veroorzaken, kan de volgende gevolgen hebben:

- (1) Veel soorten nemen in aantal af, samen met de plaag; de natuurlijke vijanden van de plaag worden vaak samen met de plaagsoort gedood.
- (2) Herhaald gebruik kan resistentie tegen de chemische stof veroorzaken.
- (3) Pesticiden kunnen ondoeltreffend zijn tegen potentieel schadelijke soorten, maar in plaats daarvan soorten verwijderen die deze soorten onder controle houden, waardoor de eerstgenoemde soorten zich kunnen vermeerderen tot plaagproporties.
- (4) Niet-selectieve toepassing van chemische stoffen maakt frequentere behandelingen noodzakelijk, met catastrofale gevolgen als de behandelingen worden stopgezet; een afnemende afhankelijkheid van natuurlijke bestrijding is de regel. [270]
- (5) De kosten stijgen en de kans op onaanvaardbare residuen en beroepsrisico's neemt toe door de steeds grotere afhankelijkheid van chemische stoffen.
- (6) Bij gewervelde dieren kan het selectief verwijderen van roofdieren ertoe leiden dat prooidieren zich tot plaagpo-

populaties ontwikkelen.

Voor het gemak kan de verdrijving van fauna worden onderverdeeld in twee tijdschalen. *Kortetermijneffecten* zijn voornamelijk effecten die zich tijdens een bepaald teeltjaar voordoen en waarvan de vermindering de aandacht van veel toegepaste biologen vereist. Het belangrijkste faunaprobleem dat door het gebruik van pesticiden wordt veroorzaakt, is de heropkomst van plaagsoorten. Het herstel van de populaties verloopt na de behandeling vaak snel en kan vaak leiden tot populaties die groter en destructiever zijn dan vóór de behandeling. *Langetermijneffecten* zijn effecten die pas na een aantal jaren zichtbaar worden en een gevaar vormen dat op een bepaald moment niet gemakkelijk kan worden ingeschat. De geleidelijke toename tot een ernstige situatie wordt maar al te vaak gekenmerkt door het feit dat men zich er niet van bewust is dat er überhaupt iets verandert. Het zijn zowel de sluipende aard als de uiteindelijk duidelijke ernst die de langetermijneffecten van het gebruik van pesticiden kenmerken (algemene referentie: Ripper, 1956).

Heroplevingen in aantallen na chemische behandeling

Ondanks een hoge initiële dodingsgraad leiden pesticiden soms tot een enorme toename van het aantal soorten waartegen ze zijn toegepast. Veel van de niet-selectieve gechlooreerde koolwaterstoffen en organofosfaten hebben dit effect, maar het blijft niet beperkt tot deze chemische groepen. Minder giftige soorten, zoals zwavelhoudende fungiciden en de “inert” verdunningsmiddelen van insecticiden, kunnen

ook een heropleving – heropflakking – of “terugslag” veroorzaken, zoals dit gewoonlijk wordt genoemd. Heroplevingen zijn zowel in gematigde als in tropische klimaten waargenomen bij meer dan 50 soorten plantenetende insecten en mijten. De meeste van deze soorten zijn ernstige plagen die nu op grote schaal voorkomen in vergelijkbare gewassoorten over de hele wereld.

Het sproeien in boomgaarden heeft het aantal plagen herhaaldelijk doen toenemen. Pickett en zijn medewerkers hebben in een reeks artikelen (bijv. Pickett et al., 1958) dit fenomeen beschreven in appelboomgaarden in Nova Scotia. Zij melden bijvoorbeeld dat het grootschalige gebruik van kalknicotinesulfaatpoeder tussen 1918 en 1924 leidde tot extreme uitbraken van de oogvlekkenmot en tot het verschijnen van de spintmijt. De appelmot nam in aantal toe na het gebruik van calciumarsenaat. Oesterkalk werd een groot probleem na het gebruik van een mild zwavelhoudend fungicide. [271] Uitbraken van spintmijten volgden op het gebruik van DDT. Deze onderzoekers noemen nog veel meer voorbeelden, die allemaal aantonen dat na het gebruik van pesticiden bestaande plagen vaak toenemen en nieuwe plagen kunnen verschijnen.

Hetzelfde fenomeen is waargenomen in de citrusteelt. Maleisische citrusboomgaarden die regelmatig met kerosine-emulsie werden behandeld, hadden grotere populaties citrusvliegen dan onbehandelde boomgaarden; schildluizen kwamen meer voor in boomgaarden in Florida die met zwavel werden behandeld; mijt- en bladluispopulaties namen aanzienlijk toe na het gebruik van DDT in boomgaarden in

Californië; de citrusrode mijt nam zo drastisch toe in Florida na het gebruik van DDT dat alle aanbevelingen voor het gebruik van DDT in citrusboomgaarden werden ingetrokken (DeBach en Bartlett, 1951).

In akkerbouwgewassen en boomgaarden heeft herhaaldelijk gebruik van veel gangbare insecticiden en fungiciden geleid tot uitbraken van mijten, bladluizen en andere geleedpotigen. Pogingen om de verwoestende gevlekte alfalfa-bladluis te bestrijden met parathion leidden tot ernstigere uitbraken (Stern en van den Bosch, 1959). De cyclaammijt op aardbeien nam dramatisch toe na behandeling met parathion (Huffaker en Kennett, 1956). Behandeling met niet-selectieve insecticiden tegen bladluizen op groentegewassen leidde tot een heropleving, waardoor binnen twee weken een nieuwe behandeling nodig was. Toen para-oxon bijvoorbeeld commercieel werd gebruikt in Engeland, trad binnen 14 dagen de grootste uitbraak van koolbladluizen op die ooit was geregistreerd, hoewel de initiële sterfte extreem hoog was geweest (Ripper, 1956). Het gebruik van heptachloor in het bestrijdingsprogramma tegen vuurmieren in Louisiana leidde tot zowel een toename van de populaties als van de schade door de suikerrietboorder (Hensley et al., 1961). Bijkomende gevolgen van dit programma waren verschillende rechtszaken.

In bossen lijken dit soort verplaatsingen niet ernstig te zijn. Hoffmann en Merkel (1948) constateerden een tijdelijke afname van het aantal, maar geen permanente verplaatsing van doel- of niet-doelsoorten. In bossen kunnen we concluderen dat heroplevingen minder waarschijnlijk zijn door de

over het algemeen lagere doseringen, de relatief lage frequentie van toepassing en de inherente complexiteit van het faunasysteem. Niettemin nam in de bossen van Nieuw-Guinea, na stopzetting van herhaalde luchtbehandelingen met DDT ter bestrijding van een malariamug, het aantal van deze vector sterk toe (Laird, 1959). Een belangrijke factor voor het verschil in reactie lijkt herhaling te zijn.

In bosbodems lijkt heropflakking niet voor te komen (Hartenstein, 1960), maar in landbouwbodems zijn hogere populaties van springstaartjes de regel na behandeling met DDT, BHC en parathion (Satchell, 1955). Ook hier lijkt herhaling het cruciale verschil te zijn.

[272] Ook in het water treedt heropflakking op bij waterinsecten. Wanneer een hinderlijke soort als eerste in grote aantallen terugkeert na het besproeien van bossen met DDT vanuit de lucht, maskeert dit de werkelijke situatie en wordt vaak geconcludeerd dat er geen permanente vermindering van het aantal insecten heeft plaatsgevonden. Het gaat veel eerder om een verschuiving in het evenwicht, waarbij de hinderlijke soort een groter percentage van de totale populatie uitmaakt dan voorheen. Davies (1950) toonde bijvoorbeeld aan dat de toepassing van DDT in een beek in Ontario om simuliiden (zwarte vliegen) te bestrijden, leidde tot een dramatische en aanhoudende toename van hun aantal; drie jaar na de toepassing was de gemiddelde uitkomstgraad 17 keer zo hoog als in de periode vóór de bestrijding. Na grootschalige behandeling van bossen zijn zwarte vliegen regelmatig de eerste die zich herstellen en het meest waarschijnlijk numeriek dominant worden (zie hoofdstuk 6). Deze reactie

lijkt te worden veroorzaakt door de totale verwijdering van concurrerende soorten, en niet door herhaalde behandelingen.

In alle omgevingen kan herhaald gebruik van pesticiden leiden tot een heropleving van de populatie. Deze heropleving gaat meestal gepaard met het gebruik van breedspectrum-insecticiden. Nu moet nog worden onderzocht welke biologische factoren een heropleving van plaagpopulaties mogelijk maken.

Er zijn verschillende mogelijke verklaringen. Ze hebben allemaal op de een of andere manier te maken met een verandering van het biotisch potentieel, waardoor een snelle terugkeer naar hoge aantallen waarschijnlijker wordt. De heropleving kan het gevolg zijn van een direct gunstige invloed van het pesticide op het individu, maar vaker zijn de invloeden indirect.

De voedingsstatus kan worden beïnvloed, maar voedingsstudies zijn vaak onvoldoende om correlaties met populatieverschijnselen te kunnen vaststellen. Ik heb eerder vermeld dat kleine hoeveelheden van sommige pesticiden voedingswaarde hebben. We kunnen deze beschouwen als “dierlijke meststoffen”. Mogelijk komt het verbeterde welzijn van de plant ook tot uiting in een grotere vitaliteit van de overlevenden van de insecticidenbehandeling. Door de afname van het aantal insecten hebben de overlevenden minder concurrentie om meer en beter voedsel. Laird (1958) breidde dit idee uit naar de effecten van pesticiden op muggenlarven in kweekmedia. Hij toonde aan dat DDT in het medium verantwoordelijk was voor een aanvankelijk hoge sterfte onder

de larven. Dode larven versnelden de bacteriële werking, wat op zijn beurt de rijping van de microfauna versnelde. De daardoor verrijkte kweek voldeed veel beter aan de voedselbehoeften van groeiende muggenlarven dan normale kweek zonder DDT. [273] Het resultaat was een insect dat robuuster was dan normaal. Maar dit onderzoek werd uitgevoerd in het laboratorium en daarom is, zoals bij de meeste studies naar de bijdrage van voeding aan het welzijn van dieren, veldonderzoek nodig.

Resistente stammen kunnen misschien beter worden beschouwd als een langetermijngevolg van blootstelling aan insecticiden (zie hoofdstuk 11). Ik wil hier alleen opmerken dat een heropleving van het aantal insecten een onvermijdelijk gevolg is van resistentie tegen insecticiden. De vraag is gerezen of resistente stammen biologisch gezien krachtiger zijn dan niet-resistente stammen. Als dit waar zou zijn, zou een van de gevolgen zijn dat resistente insecten in aantal zouden toenemen tot boven het niveau van de populaties vóór de behandeling. Over dit punt bestaat enige discussie. In enkele gevallen lijken resistente insectenstammen het beter te doen: ze leggen meer eitjes, hebben een kortere generatietijd, enzovoort. Toch zijn er veel gevallen waarin resistente stammen niet beter presteerden dan hun niet-veranderde tegenhangers, en zelfs veel gevallen waarin ze slechter presteerden. We laten dit punt open, maar suggereren sterk dat een ongebruikelijke heropleving van een resistente populatie eerder te wijten is aan een verandering in het faunistische evenwicht dan aan een inherent biologisch voordeel dat voortvloeit uit resistentie tegen insecticiden.

De vermindering van concurrentie, die indirect verband houdt met voeding, kan beter worden aangetoond als een factor die het welzijn van zowel individuen als populaties verbetert. Alle levende wezens hebben last van de gevolgen van overbevolking. Een afname van het aantal leidt vaak tot compenserende reacties in groei en voortplantingssucces. Een eenvoudige vermindering van het aantal zal daarom in de meeste groepen leiden tot een sneller herstel van de populatie.

Maar al deze factoren zijn van minder belang voor het mogelijk maken van een heropleving dan de vermindering van natuurlijke vijanden. Bij geleedpotigen, en misschien minder bij gewervelde dieren, is dit de factor die de meeste waargenomen gevallen van populatieherstel na chemische behandeling verklaart.

Een van de meest dramatische voorbeelden waarbij pesticiden de natuurlijke vijanden van plagen vernietigden, deed zich voor met de komst van DDT in citrusboomgaarden in 1946 (DeBach en Bartlett, 1951). Het unieke succes van de vedalia-kever, geïmporteerd uit Australië om de cottony cushion scale te bestrijden, is een van de klassieke verhalen over biologische bestrijding. Bijna 60 jaar lang werd deze schildluis in toom gehouden, in kleine aantallen, door zijn geïntroduceerde vijand, maar door het wijdverbreide gebruik van DDT nam de schildluis zodanig toe dat hij opnieuw een ernstige plaag werd. DDT was veel giftiger voor de coccinellide-roofdier dan voor de schildluis. Alleen de uniforme terugtrekking van DDT uit citrusboomgaarden herstelde het vroegere evenwicht.

[274] Er zijn nu talloze voorbeelden waarin DDT en parathion de populaties van roofdieren en parasieten ongunstig hebben beïnvloed. Hieruit kan worden afgeleid dat deze onderdrukking van natuurlijke vijanden, in combinatie met hun onvermogen om zich even snel voort te planten als hun prooi, een snelle heropleving van plagen mogelijk maakt. Deze gevolgtrekking is echter niet voldoende om dit te bewijzen. Er kunnen twee algemene beoordelingsmethoden worden gebruikt om na te gaan of de heropleving inderdaad het gevolg is van de remming van het aantal parasieten en roofdieren door pesticiden.

De eerste methode bestaat uit het vergelijken van de samenstelling van bespoten en onbespoten percelen met betrekking tot de frequentie van roofinsecten. Er zijn veel rapporten van dit soort. Hier volgen enkele voorbeelden. De spinpopulaties waren groter in onbespoten appelboomgaarden in New Jersey dan in bespoten boomgaarden. De agressieve, of jagende, spinnen werden ernstiger getroffen dan de passieve, of webspinnende, soorten (Specht en Dondale, 1960). Inheemse roofdieren spelen een belangrijke rol bij het in toom houden van bladluispopulaties in alfalfa-velden in Californië. Malathion, een breedwerkend insecticide, elimineert vrijwel alle belangrijke roofwantsen van het geslacht *Hippodamia* en de bladluis etende zweefvliegen. Herhaaldelijk nam het aantal bladluizen snel toe op plaatsen waar deze roofdieren tot een laag niveau waren teruggebracht door dit niet-selectieve chemische middel (Smith en Hagen, 1959). Roofmijten kwamen vaker voor in onbespoten appelboomgaarden in Connecticut dan in bespoten

boomgaarden (Hurlbutt, 1958). Doult (1948) constateerde dat het gebruik van DDT in perenboomgaarden duidelijk verantwoordelijk was voor ernstige plagen van de Baker-wolluis, door onderdrukking van natuurlijke vijanden, en dat bovendien DDT-residuen gedurende lange tijd dodelijk bleven voor deze vijanden, waardoor ze in feite een barrière vormden voor het herstel van de populatie roofdieren gedurende een heel teeltseizoen.

Een variant van deze vergelijkende methode is het correleren van veranderingen in de frequentie van schade door plagen met het niveau van de populatie van roofdieren. Een voorbeeld waarbij deze variant werd gebruikt, is de toename van de suikerrietboorder (Hensley et al., 1961), die eerder in dit hoofdstuk werd genoemd. Pickett (1961) heeft dezelfde methode toegepast door een afname van appelschurft vast te stellen in boomgaarden zonder herhaalde chemische bestrijding. In 1948 bijvoorbeeld, vóór de start van een geïntegreerd programma waarbij zowel chemische als ecologische methoden werden toegepast, bleef 73,1 procent van het fruit onbeschadigd; in 1959, toen het concept en de praktijk van geïntegreerde bestrijding volledig waren ingevoerd, bleef 93,9 procent onbeschadigd door insecten.

De tweede methode om de onderlinge relatie tussen plaagpopulaties en hun natuurlijke vijanden te controleren, is het gebruik van *heropkomst* als experimentele methode. [275] Aangezien sommige geleedpotigen in aantal toenemen na het gebruik van insecticiden, is er geen effectievere manier om het belang van predatie vast te stellen dan deze bewust uit te schakelen als bestrijdingsmiddel. DeBach (1946) be-

schreef voor het eerst de “insecticidecontrole”-methode, die sindsdien vele malen is toegepast. Fleschner (1958) toonde bijvoorbeeld aan dat de populaties van de citrusrode mijt veel groter waren op met DDT behandelde bomen dan op citrusbomen waar de natuurlijke vijanden van de mijt met de hand waren verwijderd. En de mijtpopulaties waren natuurlijk veel kleiner waar de natuurlijke vijanden op geen van beide manieren waren verwijderd.

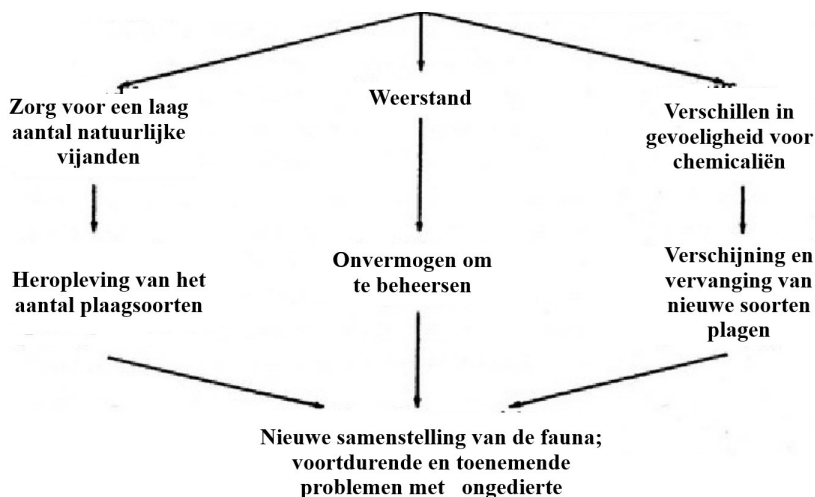
Sinds de introductie van de insecticidecontrole methode zijn er verschillende experimentele studies verschenen met belangrijke theoretische en praktische conclusies. Misschien wel het beste daarvan is dat van Huffaker en Kennett (1956). Deze onderzoekers gebruikten laboratoriumpopulaties van een plantenetende mijt en zijn roofdier, eveneens een mijt, en volgden dit op met veldproeven om hun resultaten te bevestigen. Hun drie basismethoden waren het verwijderen van roofdieren met parathion, het verwijderen van roofdieren met de hand en het uitzetten van roofdieren. Elke aanpak bevestigde de andere. De plantenetende mijten waren twintig keer talrijker waar geen roofdieren aanwezig waren dan waar roofdieren waren uitgezet. De terugkeer van de plaagmijt in buitensporige aantallen kon gemakkelijk worden veroorzaakt door de toepassing van parathion.

Veranderingen in de samenstelling van de fauna

Langetermijnveranderingen in arthropodcomplexen zijn het gevolg van het voortdurende gebruik van niet-specifieke chemicaliën, ongeacht hun chemische aard. Men zou kunnen stellen dat langetermijneffecten niet verschillen van ef-

fecten die zich binnen één teeltjaar voordoen. Maar dat is niet helemaal waar. De analyse van faunaverschuivingen tijdens afzonderlijke teeltjaren maakt het niet mogelijk om langetermijnveranderingen in de fauna te voorspellen, terwijl een langetermijnanalyse wel voorspellingen over de richting van veranderingen in andere situaties kan vergemakkelijken. In plaats van te zeggen dat kortetermijn- en langetermijneffecten in aard verschillen, is het wellicht juist om te zeggen dat ze verschillen in voorspellende waarde: we beschikken niet over de kennis om op basis van kortetermijnstudies voorspellingen te doen over toekomstige ontwikkelingen. Helaas beschrijven faunistische analyses, zelfs op korte termijn, hooguit enkele soorten en enkele factoren die van invloed zijn op veranderingen in deze soorten. De niet-onderzochte delen kunnen de sleutel zijn tot voorspelbaarheid. Hoewel multivariate analyses in de natuur veel meer tijd en aandacht verdienen, zullen de gebruikelijke beperkingen op het gebied van geld, personeel en doelstellingen ervoor zorgen dat er geen grote veranderingen zullen optreden in de voorspelbaarheid van faunistische verschuivingen op lange termijn. Daarom moeten we patronen samenstellen uit fragmentarische bewijzen, d.w.z. grotendeels vertrouwen op een historische benadering, om te bevestigen dat herhaaldelijk gebruik van chemicaliën door de jaren heen inderdaad de samenstelling van de fauna verandert. [276] De volgende discussie concentreert zich noodzakelijkerwijs op de economisch belangrijke gevolgen van veranderingen in de fauna. Het onderstaande diagram illustreert de soorten en richtingen van de veranderingen die ik heb besproken.

Herhaalde bestrijding met niet-selectieve chemicaliën leidt tot:



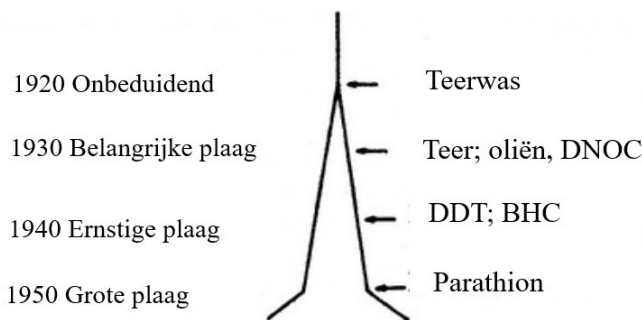
Het cumulatieve resultaat van chemische behandelingen gedurende een aantal jaren is een fauna die armer is aan parasieten en roofdieren die in staat zijn om sterke oplevingen van het aantal plagen het hoofd te bieden. De natuurlijke vijanden die overblijven, fluctueren sterk in aantal. Het gevolg van de ontstane onbalans is een chronische terugkeer van plagen. Uitbraken komen vaker voor, vaak tijdens slechte weersomstandigheden, en het resultaat is een nieuwe, door de mens veroorzaakte plaag. De normale reactie van telers is om vaker chemicaliën toe te passen. Na frequentere blootstelling ontstaat er resistentie bij de plagen, wat zich uit in een verminderde werking van de chemicaliën bij de gebruikelijke dosering. Vervolgens wordt niet alleen de frequentie van toepassing verhoogd, maar ook de dosis. Als be-

paalde soorten bovendien minder gevoelig zijn voor de gebruikelijke chemicaliën en zich tot schadelijke niveaus vermeerderen, moeten deze soorten met andere chemicaliën worden bestreden. Vaak worden twee of meer middelen in één behandeling gecombineerd. Het resultaat van alle drie de reacties van de teler is dat de uitbraken nog verder worden versterkt. Chemische behandelingen bereiken hun nut wanneer volledige resistentie tegen insecticiden optreedt, wanneer de kosten van steeds frequentere toepassingen onbetaalbaar worden, of wanneer de teler, omdat hij de verliezen niet langer kan dragen, overschakelt op andere gewassen of bestrijdingsmiddelen.

[277] Heropflakking ligt aan de basis van de problemen van de teler; resistentie bemoeilijkt de bestrijding; en differentiële gevoeligheid, in combinatie met de vernietiging van natuurlijke vijanden en concurrenten, verheft een soort die voorheen als onbelangrijk of helemaal niet als plaag werd beschouwd, tot de status van plaag. De eerste twee aspecten van deze reeks zijn al besproken. Het laatste aspect moet ook worden besproken, omdat het vaak belangrijk is. De nieuwe plagen die door voortdurende toepassing van chemische middelen ontstaan, worden soms vervangende of secundaire plagen genoemd.

Kort na de introductie van DDT werden mijten een ernstige plaag in veel boomgaardgewassen vanwege hun relatief lage gevoeligheid. Andere chemicaliën, waarvan sommige minder giftig zijn, hebben ook geleid tot secundaire plagen. Zo hebben zwavelsprays bijgedragen aan de toenemende plaagstatus van de oogvlekkever, de oesterschelpschildluis en de

Europese rode mijt in boomgaarden in Nova Scotia (Pickett et al., 1958). De zachte bruine schildluis, voorheen een onbeduidend ongedierte, nam drastisch toe na het gebruik van parathion (DeBach en Bartlett, 1951). Er zijn nog veel meer voorbeelden te noemen, maar ze laten allemaal zien dat een soort die ooit niet als plaag werd beschouwd, dat wel is geworden. De vernietiging en voortdurende onderdrukking van natuurlijke vijanden door niet-selectieve chemicaliën verklaart de nieuwe status als plaag. Het kan enkele jaren duren voordat een plaag of een groep plagen ernstig wordt, en zoals Pickett en zijn collega's hebben aangetoond, kan het ook jaren duren voordat de schade door een plaagcomplex door geïntegreerde chemische en ecologische bestrijding wordt verminderd.



De tetranychid-mijten zijn een van de beste voorbeelden van de vorming en ontwikkeling van vervangende plagen (secundair alleen in tijd, niet in schade). Het onderstaande diagram illustreert de evolutie van een onbeduidende tot een belangrijke plaag van één belangrijke mijtensoort (*Metatetranychus ulmi*) in Engeland als gevolg van een opeenvolging van blootstellingen aan pesticiden van verschillende aard en met verschillende doeleinden (Jacob, 1958). Het

spreekt voor zich dat de volgorde is gegeneraliseerd.

[278] Het merendeel van de studies naar schadelijke geleedpotigen levert niet de informatie die nodig is om substitutie- of vervangingsverschijnselen in faunacomplexen te beoordelen. Door de focus op één soort die op een bepaald moment als ernstig wordt beschouwd, kan geen onderzoek worden gedaan naar hele complexen. Het wordt nu duidelijk dat buitensporige inspanningen tegen één soort met pesticiden die veel soorten aantasten, bijdragen aan het voortduren van ongedierteproblemen. Het besef van deze mogelijkheid is geconcentreerd in drie belangrijke entomologische kernen: West-Europese bosbouwers en fruittelers, Canadese fruitteelt-ecologen (voornamelijk Pickett en zijn groep) en medewerkers op het gebied van biologische bestrijding, met name Canadese bosentomologen en de groep entomologen van de Universiteit van Californië. In 1939 had A. J. Nicholson de bezorgdheid geformaliseerd dat pesticiden ongedierte zouden kunnen veroorzaken. Na de oorlog hebben synthetische chemicaliën de realiteit van deze bezorgdheid overtuigend aangetoond.

Onlangs hebben vervangingsverschijnselen bij insecten die van belang zijn voor de volksgezondheid de aandacht getrokken van kritische studenten (Aitken en Trapido, 1961; Laird, 1959). De studies van Aitken en Trapido op Sardinië zullen dit illustreren.

Pogingen om de belangrijke malariamug *Anopheles labranchiae* uit te roeien leidden tot nieuwe dominantieverhoudingen binnen de gehele anofeline muggenpopulatie. Gedurende een periode van vijf jaar, beginnend met het uitroeings-

programma tegen *labranchiae* in 1946, werd de veranderende populatie van vijf soorten bestudeerd. Na 1948 kwam *labranchiae* nog maar zelden voor, maar een andere soort, *A. hispaniola*, die voorheen zeldzaam was, kwam veel voor. Intensieve controles in grote gebieden in 1952 bevestigden dat *Hispaniola* de niche die door de uitroeingspogingen tegen *Labranchiae* was vrijgekomen, effectief had overgenomen. Het was duidelijk dat *Hispaniola* zijn dominante positie, eenmaal gevestigd, kon handhaven. Gelukkig is *hispaniola* geen malariamug. We zien hier dus een belangrijke mogelijkheid: de vervanging van een gevaarlijke soort door een onschadelijke soort door middel van gepland ecologisch beheer. Toch werd *A. sacharovi*, een zeer effectieve malariamug, in 1952 veel aangetroffen, terwijl deze soort vóór dat jaar niet aanwezig leek te zijn, en drie andere soorten anofelen kwamen tijdens de jaren van uitroeingsbehandelingen vaker voor. Het is duidelijk dat deze anofeline soorten in een dynamisch evenwicht met elkaar verkeren en dat zelfs een vermoedelijk selectieve aanval op één enkel element in het complex onbedoeld ook de andere elementen beïnvloedt. De overdracht van ziekten kan door deze herschikkingen worden verminderd of versterkt, maar ongeacht de beoordeling van het gevaar van de plaag moeten we alert zijn op veranderingen in de samenstelling van de fauna wanneer pesticiden tegen één enkele soort worden ingezet.

[279] Een discussie van deze aard kan zowel op populaties van gewervelde dieren als op populaties van geleedpotigen worden toegepast, maar de gegevens in termen van fauna

zijn moeilijker te beoordelen. De effecten van pesticiden op gewervelde dieren hebben betrekking op minder soorten, kleinere aantallen, langere generaties en complexere gedragspatronen. Bovendien worden gewervelde dieren zelden objectief benaderd. Gezien deze grotere belangstelling voor en het relatieve gemak waarmee gewervelde dieren kunnen worden bestudeerd in vergelijking met geleedpotigen, heb ik het beter geacht ze afzonderlijk te beschrijven. In eerdere paragrafen over voedsel, concurrentie en predatie heb ik dan ook de heropleving van populaties en successieve verschuivingen in de soortensamenstelling bij gewervelde dieren besproken. Normaal gesproken stond één enkele soort die als economisch belangrijk werd beschouwd centraal in dergelijke discussies. Niettemin zou ik graag zien dat de nieuwe nadruk op faunistisch beheer door middel van geïntegreerde bestrijdingsmaatregelen, die nu gangbaar wordt onder entomologen, ook wordt overgenomen door degenen die zich bezighouden met het beheer van gewervelde populaties. De bestrijding van gewervelde plaagdieren en het beheer van wilde dieren hebben te lijden onder een veel te grote focus op één enkele soort.

DEEL – VI.

TERUGBLIK EN VOORUITBLIK

HOOFDSTUK – 22

STANDPUNTEN EN DE TOEKOMST

In dit boek ben ik ervan uitgegaan dat de bedoelingen en gevolgen van de huidige chemische bestrijding van plagen onvoldoende zijn gedefinieerd. Mijn doel was om het volledige spectrum van ongediertebestrijding te beschrijven door eerst de landgebruikspraktijken te identificeren die de toename en verspreiding van ongedierte soorten bevorderen, vervolgens de middelen waarmee ongedierte wordt bestreden, daarna de biologische gemeenschap waarin deze bestrijdingsmiddelen worden geïntroduceerd, en ten slotte enkele korte- en langetermijneffecten van bestrijdingsmiddelen op de fauna. Ik heb specifiek benadrukt hoe een voortdurende sterke afhankelijkheid van de huidige chemische bestrijdingssystemen uiteindelijk contraproductief moet zijn, hoe bestrijdingsmethoden zijn afgeweken van fundamentele biologische principes en ten slotte hoe de beperkte doelstellingen van de huidige bestrijdingspraktijken niet beantwoorden aan de productieve waarden op langere termijn, noch aan de uiteenlopende belangen van een publiek dat wordt opgeroepen om deze praktijken te steunen en dat onlosmakelijk verbonden is met de gevolgen ervan.

[284] Wat ook de onmiddellijke gevolgen van giftige chemicaliën in het “levende landschap” mogen zijn – en die zijn

soms ernstig – ze zijn doorgaans te verhelpen. De eenvoudigste tegenmaatregel tegen een chemische praktijk die onmiddellijk duidelijke ongewenste effecten heeft, is deze praktijk te beëindigen voordat de effecten onomkeerbaar worden. Maar de minder voor de hand liggende gevolgen – en veel daarvan zijn van groot belang – zijn minder gemakkelijk aan te pakken en worden niet snel als zodanig herkend. De biologische specialisten die aanbevelingen doen voor het gebruik van chemicaliën, moeten de langetermijngevolgen van deze aanbevelingen snel grondiger onderzoeken.

Voordat ik verder ga met enkele specifieke voorstellen voor verandering, wil ik eerst het algemene probleem schetsen zoals ik dat zie. Gewassystemen zijn noodzakelijkerwijs ecologisch vereenvoudigd om op economische wijze verkoopbare voedingsmiddelen en vezels te produceren. Het gevolg is vaak een onevenwichtig ecosysteem waarin enkele soorten organismen zich vermeerderen tot boven de drempelwaarden die we kunnen tolereren. Deze soorten worden dan per definitie ongedierte. Wanneer de huidige kennis geen culturele of biologische methoden biedt om de effecten van “gecreëerd” ongedierte tegen te gaan, moeten we chemicaliën gebruiken om het aantal tijdelijk te verminderen. Het doel van het gebruik van chemicaliën op deze manier moet alleen zijn om voldoende tijd te “winnen” om effectieve en permanente oplossingen voor ongedierte problemen te vinden. Chemicaliën worden verondersteld zo te worden geselecteerd en toegepast dat ze alleen dit doel dienen, zonder de problemen van ongediertebestrijding verder te complice-

ren of toxische effecten te veroorzaken buiten de doelsoorten. Dit zijn logische verwachtingen van het gebruik van pesticiden in de landbouw, waar de meeste pesticiden worden toegepast.

In de bosbouw, het weidebeheer en de volksgezondheid zijn de eisen voor ongediertebestrijding niet direct vergelijkbaar met die in de landbouw. In deze disciplines is de afhankelijkheid van milieubeheersing veel groter. Chemische bestrijdingsmiddelen worden over het algemeen alleen ingezet wanneer blijkt dat habitatmanipulatie niet zal werken. De redenen voor een dergelijke mislukking zijn talrijk en vaak eerder van sociale dan van biologische aard. Hoewel redelijkerwijs kan worden verwacht dat veel chemische bestrijdingsmethoden in deze sectoren economische voordelen opleveren, worden er even vaak minder tastbare doelen nagestreefd. Hoe subjectief de waarden ook zijn die meespelen bij de beslissing om met chemische middelen te bestrijden, de veronderstellingen die ik hierboven voor landbouwgebruik heb beschreven, gelden ook hier. Specificiteit van de werking van chemische middelen is een logische verwachting wanneer chemische middelen worden gebruikt. In gevallen waarin de specificiteit niet nauwkeurig is en ongewenste schade ontstaat, moeten de aard en omvang van deze schade vooraf bekend zijn en zorgvuldig worden afgewogen tegen de verwachte voordelen van het gebruik van chemische middelen. [285] De beslissing om met bestrijding te beginnen moet daarom worden genomen met een zo volledig mogelijke kennis van het doel en de gevolgen ervan, zoals bepaald door het hele spectrum van relevante biologi-

sche, economische en sociale waarden. De werking van een giftige chemische stof moet specifiek en tijdelijk zijn, maar de waarde van de gebruikte chemische stof voor de mens moet algemeen en blijvend zijn.

De huidige chemische bestrijdingsmethoden zijn vaak een onsamenvattende mengeling van werkelijke noodzaak, oppervlakkige beoordeling, onevenwichtige perspectieven en opportunisme. Klachten over deze praktijken zijn in de eerste plaats gericht tegen de chemische stoffen zelf – de gevaren bij het gebruik ervan –, vervolgens tegen de bestrijders – hun onvermogen om de biologische complexiteit van hun werk te begrijpen – en ten slotte tegen het beoogde doel – het gebrek aan volledige aandacht voor alle waarden die door het gebruik van chemische stoffen worden beïnvloed.

De eerste van deze klachten is in zekere zin het minst ernstig. Het feit dat giftige chemische stoffen een direct gevaar vormen, wordt erkend door verschillende test-, onderwijs-, regelgevende en wetgevende instanties. Bij de overheid, de industrie en de landbouw bestaat het besef dat pesticiden potentieel schadelijk zijn. De vraag blijft of dit besef groot genoeg is en of het voldoende gericht is op gevaren voor andere soorten dan de mens. *Breedwerkende* chemicaliën doden altijd meer dan alleen de ongedierte soorten, maar dit feit wordt lichtvaardig opgevat, tenzij er klachten worden ingediend. Te vaak is een aanbeveling voor het praktische gebruik van een pesticide gebaseerd op een eenvoudige één-op-één-relatie: deze chemische stof kan dat ongedierte doden. Zo ontstaat de illusie dat de effecten van de chemische stof inderdaad beperkt blijven tot het beoogde doel. Dat is

echter geenszins het geval, noch wat betreft de directe dodelijke werking van een giftige chemische stof, noch wat betreft de indirecte ecologische effecten die het gebruik ervan onvermijdelijk met zich meebrengt. Chemische stoffen die voldoende stabiel zijn om gedurende langere tijd giftige residuen achter te laten, dragen bij aan een nog grotere illusie: dat giftige residuen daadwerkelijk worden “beheerst” door de huidige aanbevelings- en regelgevingsprocedures. De huidige wetgeving inzake residuen beschermt consumenten niet tegen verontreiniging en houdt onvoldoende rekening met het feit dat residuen zich niet gedragen zoals we zouden willen. Chemische stoffen worden niet nauwkeurig toegepast; ze blijven niet beperkt tot de gebieden die behandeld moeten worden. Residuen hopen zich op in de bodem en in levend weefsel. Via zowel fysische als biologische kanalen 'ontsnappen' ze uit de gebieden waar de oorspronkelijke chemische stoffen zijn toegepast. Ik ben van mening dat het gevaar van giftige chemische stoffen over het algemeen te eng wordt gedefinieerd. Dit leidt tot een illusie van veiligheid.

[286] Er is een bemoedigende beweging gaande onder toegepaste biologen. De gestage verschuiving van de afgelopen twee decennia, waarbij de fundamenteel biologische aard van ongediertebestrijding niet werd erkend, wordt nu tegengegaan door enkele krachtige nieuwe stemmen. Problemen op het gebied van gevaren, resistentie en residucontrole hebben de overtuiging versterkt dat algemene chemische ongediertebestrijding op de lange termijn contraproductief is. Simmons (1957) bracht deze gedachte naar voren met be-

trekking tot ziekteverspreiders, maar zijn conclusies kunnen in het algemeen worden toegepast. Hij verwoordde het als volgt:

Het is duidelijk dat de uitroeiing van vectoren met residuele insecticiden waarschijnlijk niet haalbaar is. We lijken in een eindeloze cyclus te zitten waarin we tegen steeds hogere kosten steeds meer insecticiden synthetiseren, waartegen vectoren steeds resistenter worden. Het lijkt er dus op dat we niet eeuwig op insecticiden kunnen blijven vertrouwen. Een meer definitieve en permanente oplossing voor het probleem van door vectoren overgedragen ziekten zou ecologische bestrijding kunnen zijn.

Geier en Clark (1961) kwamen tot soortgelijke conclusies voor de bestrijding van gewasinsecten met chemicaliën en suggereerden dat veel huidige programma's niet veel meer zijn dan “... *een reeks bijna blindelings toegebrachte slagen met een maximum aan geweld.*” Zij omschreven dit als de “vliegenmepperbenadering”, waarbij het meeste opgeleide personeel bezig is met toegepast werk en weinig tijd en energie overhoudt om na te denken over de fundamentele aspecten.

Ongediertebestrijding mist nog steeds een fundamenteel karakter. De methoden zijn voornamelijk empirisch en de doelstellingen zijn te eng omschreven. Te lang leek het schijnbare succes van chemische bestrijding een volledig begrip van de biologische relaties in de bestrijding van plagen overbodig te maken.

Door de verkeerde nadruk op chemische middelen wordt

ook de beoordeling van de aard en de waarde van de voordelen van bestrijding van plagen vertekend. De prospectussen en verslagen van chemische bestrijdingsprogramma's van overheidsinstanties staan vol met uitspraken over algemene voordelen. Samen met de afname van de afhankelijkheid van biologische ongediertebestrijding is ook de aandacht voor de gevaren en neveneffecten van de gebruikte chemicaliën afgenomen. De onderwaardering van neveneffecten en belangenconflicten viel samen met een periode van steeds verdergaande chemische bestrijdingsprogramma's. Met andere woorden, hoewel chemicaliën meer neveneffecten hebben op een groter gebied, worden deze door bestrijdingspersoneel minder zwaar wegend dan vroeger. De netto voordelen van de huidige programma's voor vermindering, beheersing en uitroeiing zijn niet overtuigend aangetoond, noch worden er serieuze pogingen ondernomen om dergelijke programma's op economische gronden te rechtvaardigen. [287] Bovendien worden zaken als residuen, verlies van wilde dieren, biotische onevenwichtigheden en langetermijneffecten vaak afgedaan als louter hinderlijke overwegingen. Alternatieve bestrijdingsmethoden worden meestal met apathie ontvangen of afgedaan als ondoeltreffend of onpraktisch. De prijs van de afhankelijkheid van chemicaliën bij de bestrijding van ongedierte is helaas de verwatering van waarden die ooit als belangrijk werden beschouwd en de aanvaarding van beperkte doelstellingen als norm.

In de nabije toekomst verwacht ik een toenemende weerstand van het publiek tegen programma's die gebaseerd zijn op het willekeurig gebruik van giftige chemicaliën. De ver-

ontreiniging van het “levende landschap” zal toenemen en zal ernstig blijken te zijn op plaatsen waar dat nu nog niet wordt vermoed. Er zullen nieuwe schadelijke effecten worden ontdekt en de effecten die nu alleen worden vermoed, zullen als ernstig worden bevestigd. Steeds meer bewijzen zullen de weerstand van het publiek ondersteunen, dat, al is het maar intuïtief, van wetenschappers en ambtenaren meer geavanceerde oplossingen voor complexe problemen en een grotere verantwoordelijkheid voor hun handelen eist dan nu het geval is bij de bestrijding van schadelijke organismen.

In eerdere paragrafen zijn in specifieke contexten een aantal maatregelen voorgesteld. Meer in het algemeen zou ik aandringen op de volgende onmiddellijke maatregelen (zie ook de bijlage, waarvan ik de aanbevelingen onderschrijf):

Pas de “uitroeifilosofie” alleen toe op recente en ruimtelijk beperkte invasies van nieuwe plagen, of alleen wanneer de uitroeitechnieken duidelijk selectief zijn.

Stop alle chemische behandelingen die afhankelijk zijn van hoge doses stabiele chemicaliën waarvan de effecten niet beperkt blijven tot de doelsoort. Op dit moment geldt deze conclusie het meest voor programma's waarbij *dieldrin*, *aldrin* en *heptachloor* worden gebruikt. Volgens de biologische definitie zijn deze programma's mislukt en ik vermoed dat ze ook economisch gezien mislukt zijn. De enige uitzondering op deze aanbeveling zou gelden wanneer een ramp dreigt en duidelijk is; geen enkel bestrijdingsprogramma in de Verenigde Staten valt momenteel in deze categorie.

Moedig programma's voor culturele en faunistische diversificatie aan die zorgen voor een complexere fauna en minder sta-

biliteit van plaagpopulaties. Er zijn onmiddellijk versnelde inspanningen nodig op het gebied van biologische bestrijding, de selectie van resistente planten en diversificatie van het landschap.

Start een programma voor “gebruikersvoorlichting” waarin alle gevaren van het gebruik van chemicaliën worden uitgelegd. Het is niet voldoende om telers en gebruikers voor te lichten over de juiste methoden voor het omgaan met giftige chemicaliën. Zij moeten ook worden geïnformeerd over de biologische en sociale gevolgen van voortgezet gebruik van chemicaliën. [288] Alternatieven voor het gebruik van chemicaliën op zowel korte als lange termijn moeten even duidelijk worden uitgelegd als de onmiddellijke gevaren voor de gebruiker.

Eis dat elk door belastinggeld gefinancierd bestrijdingsprogramma openbaar wordt gemotiveerd en dring erop aan dat deze motivering een duidelijke beschrijving bevat van de doelstellingen van het bestrijdingsprogramma, de methoden waarmee het zal worden uitgevoerd, de inherente gevaren ervan en de economische of sociale voordelen die zowel de kosten als de gevaren rechtvaardigen.

Er zijn nog twee andere actiegebieden die meer tijd zullen vergen, maar die ongetwijfeld zullen leiden tot een meer algemeen bevredigende bestrijding van schadelijke organismen. Het eerste is een andere kijk van degenen die zich met ongediertebestrijding bezighouden; het tweede is de aanpassing van het bestaande ongediertebestrijdingsbeleid in de richting van een bredere verantwoordelijkheid voor ongediertebestrijding.

De traditionele ongediertebestrijding moet plaats maken voor een nieuwe visie, waarin ongedierte niet wordt beschouwd als iets dat losstaat van de natuurlijke krachten die alle levende wezens beïnvloeden. In dit licht bezien zijn het behoud van de ene soort en de bescherming tegen een te grote populatie van een andere soort twee kanten van dezelfde medaille. Het beheer van populatieaantallen, voor welk doel dan ook, vereist een grondige kennis van de ecologische factoren die de populatiedichtheid bepalen. We moeten daarom het standpunt innemen dat ongediertebestrijding niet meer is dan het bewust verminderen van het aantal ongewenste soorten en dat het woord “ongedierte” zelf geen betekenis heeft wanneer de populaties klein genoeg zijn om de mens geen noemenswaardig ongemak te berokkenen. Zoals ik heb aangetoond, zijn biologische manipulaties een veel zekerder middel om ongedierte te bestrijden dan chemische middelen.

Er zijn al goede beginstappen gezet. Deze komen tot uiting in de termen 'begeleide ongediertebestrijding' en 'geïntegreerde' of 'harmonieuze' ongediertebestrijding. Geier en Clark (1961) pleiten voor 'beschermend populatiebeheer'. Ik heb elders aangedrongen op 'ecologisch beheer' en bovendien geadviseerd om de ecologische beheerder te beschouwen als de belangrijkste bron van aanbevelingen voor ongediertebestrijding. Ongediertebestrijding moet alleen worden gezien als een speciale toepassing van populatie-ecologie. Er is overvloedig bewijs dat regulering van aantallen door ecologische manipulatie redelijk en betrouwbaar is. Hoewel niet alle huidige ongedierteproblemen snel met deze metho-

den kunnen worden opgelost, zijn de vooruitzichten veelbelovend. Het is nu economisch gezien zinvol om traditionele ongediertebestrijding te vervangen door populatiebeheer, maar op de lange termijn gaan de voordelen veel verder dan alleen economische aspecten.

[289] Als toegepaste biologen deze nieuwe visie op bestrijding overnemen, zullen ongediertebestrijdingsinstanties en -organisaties worden overgehaald om een beleid te voeren dat in overeenstemming is met ecologische feiten. Tradities sterven echter langzaam. Er kunnen verschillende maatregelen worden genomen om de overgang naar gezondere bestrijdingsprogramma's en een verstandiger gebruik van chemicaliën te versnellen.

De eerste daarvan is een actievere coördinatie tussen overheidsinstanties die verantwoordelijk zijn voor de regulering van pesticiden of voor het gebruik ervan in door de overheid uitgevoerde bestrijdingsprogramma's. De *Federal Pest Control Review Board*, opgericht in 1961, heeft een coördinerende functie. Binnen het kader van traditionele bestrijdingsmethoden en de gebruikelijke verdeling van verantwoordelijkheden binnen bepaalde instanties, betekent deze raad ongetwijfeld een verbetering ten opzichte van eerdere coördinerende instrumenten. Het is echter slechts een eerste stap; de raad zal de efficiëntie van de bestrijdingsoperaties van federale instanties weliswaar vergroten, maar weinig veranderen aan de onderliggende methoden en filosofieën. Ook deze moeten worden aangepast. Daarom moeten de doelstellingen van deze raad worden herzien, zodat deze de noodzakelijke en wenselijke veranderingen die ik hierboven

heb beschreven, omvatten. Het is niet voldoende om alleen de efficiëntie van maatregelen te verhogen waarvan de methoden moeten worden afgeschaft. Om te helpen bij het formuleren van nieuwe definities, moet de vertegenwoordiging in deze raad worden verbreed, zodat alle belanghebbenden bij de bestrijding van schadelijke organismen worden vertegenwoordigd. Dit vereist vertegenwoordiging door de industrie, onderwijsinstellingen en natuurbeschermingsorganisaties. De federale instanties vertegenwoordigen geenszins alle belangen op het gebied van de bestrijding van schadelijke organismen.

Opleiding, coördinatie en integratie van ongediertebestrijdingsgroepen zijn doorgaans gericht op een grotere efficiëntie van bestrijdingsprogramma's en een bredere vertegenwoordiging van belangen, maar houden niet noodzakelijkerwijs rekening met het feit dat een mentaliteitsverandering nodig is. Ik ben van mening dat de huidige kennis over de gevaren van giftige chemische stoffen in de natuur voldoende is om een fundamentele verandering van visie te rechtvaardigen. Deze mening wordt gedeeld door veel biologen en deskundigen op het gebied van natuurlijke hulpbronnen.

Twijfels over de rechtvaardiging van ingrijpende veranderingen kunnen worden weggenomen door een zorgvuldige beoordeling door algemeen aanvaarde instanties. De huidige Commissie voor Ongediertebestrijding en Wilde Dieren van de Nationale Onderzoeksraad moet naar mijn mening concluderen dat de gevaren voor wilde dieren ernstiger zijn dan we tot nu toe hebben erkend. Vanwege haar mandaat kan zij echter niet ver genoeg gaan. Ik stel voor dat de Commissie

voor Biologie en Landbouw en de Commissie voor Natuurlijke Hulpbronnen van de Nationale Onderzoeksraad gezamenlijk de verantwoordelijkheid op zich nemen voor een algemene beoordeling van het belang van milieuverontreiniging door giftige chemicaliën. [290] Hun beoordeling zou kunnen beginnen in het kader van een nog groter onderzoek, namelijk dat naar door de mens veroorzaakte veranderingen in productieve ecosystemen. Een van de belangrijkste thema's van een dergelijk onderzoek moet zeker de biologische gevolgen zijn van de steeds verdergaande monocultuur en de daaruit voortvloeiende vereenvoudiging van de fauna. Er moet worden getracht zowel het veranderingsproces als de verandering zelf in productie-ecosystemen op nationale schaal te begrijpen. Alleen dan zullen we het volledige belang van milieuverontreiniging door pesticiden kunnen begrijpen en alleen dan zullen we de gezondheid van de mens zelf volledig kunnen beschermen. Zelfs nu, zonder volledig begrip, vormen de veelzijdige effecten van pesticiden een belangrijk probleem van onze tijd, dat met elk jaar ernstiger wordt. Het begrip wordt vertroebeld en de verantwoordelijkheid verwaterd door de huidige praktijk binnen de Nationale Onderzoeksraad om problemen op het gebied van hulpbronnen op te splitsen (subcommissies die rapporteren aan subcommissies).

Ik heb dit onderwerp in wezen behandeld als een Amerikaans probleem, maar ongediertebestrijding, beschouwd als een probleem in het beheer van levende hulpbronnen in het belang van de mens, kent geen nationale grenzen. Het milieu wordt overal ter wereld waar ongediertebestrijding

plaatsvindt, verontreinigd met giftige chemicaliën en de daarmee gepaard gaande problemen zijn opmerkelijk vergelijkbaar, ongeacht de verschillen in het milieu en de cultuur van de inheemse bevolking. De omvang van deze problemen wordt duidelijk in een paar landen waar op grote schaal giftige chemicaliën worden gebruikt. Met het toenemende gebruik van chemicaliën kunnen we verwachten dat de problemen in de meeste productiegebieden op aarde ernstiger zullen worden.

Internationale instanties hebben het gebruik van chemicaliën tot nu toe alleen behandeld in het kader van onmiddellijke doelstellingen en beperkte definities van het doel. De Wereldgezondheidsorganisatie heeft zich bijvoorbeeld beziggehouden met de chemische bestrijding van ziekteverspreiders, en de aandacht voor neveneffecten blijft grotendeels beperkt tot onmiddellijke gevaren voor de mens. De Rockefeller Foundation, die dezelfde doelstellingen nastreeft, heeft haar beoordeling enigszins uitgebreid en zich ook gebogen over de vraag welke sociale gevolgen een succesvolle ziektebestrijding heeft. De Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties presenteert pesticiden aan haar leden voornamelijk als instrumenten voor de voedselproductie. Hoewel de directe gevaren van pesticiden voor de menselijke gezondheid door de Voedsel- en Landbouworganisatie duidelijk zijn omschreven, worden de problemen waarvoor zij verantwoordelijk is niet vanuit een breed biologisch perspectief benaderd en worden de wijdivertakte effecten van pesticiden op productie-ecosystemen niet erkend. [291] Tot voor kort hield de Internationale Unie voor het behoud

van de natuur en natuurlijke hulpbronnen zich voornamelijk bezig met de bescherming van wilde diersoorten in wildreservaten en niet met de veelzijdige problemen van ecologisch verantwoord hulpbronnenbeheer.

Productie en bescherming zijn twee kanten van dezelfde medaille. Ze kunnen biologisch niet van elkaar worden gescheiden. Ik stel voor dat internationale instanties de bestrijding van plagen in een bredere context gaan bestuderen en dat als eerste stap groepen worden opgericht om de huidige impact van chemische verontreiniging van biologische hulpbronnen te beoordelen, ongeacht het uiteindelijke gebruik van deze hulpbronnen. De Rockefeller Foundation, de organisatie met de meeste ervaring op het gebied van internationale biologie en menselijk welzijn, zou het beste het voorwout kunnen nemen bij deze beoordelingen en aanbevelingen kunnen doen voor passende onderzoeksprogramma's. Andere organisaties zouden dan de verantwoordelijkheid kunnen nemen voor onderzoek, beoordeling en aanbevelingen die aansluiten bij hun doelstellingen.

Er moet onmiddellijk actie worden ondernomen. We kunnen het ons niet langer veroorloven om de “afzonderlijke” problemen die voortvloeien uit ongecontroleerde chemicaliën in leefomgevingen afzonderlijk te behandelen. Er zijn geen afzonderlijke problemen.

BIJLAGE

Aanbevelingen van de Wetenschappelijke Adviescommissie van de president inzake het gebruik van pesticiden (Kennedy, 1963: blz. 19-23)

De letterlijke transcriptie van deel IV van het rapport van de president over pesticiden is hier opgenomen, voornamelijk omdat de aanbevelingen specifiek betrekking hebben op de activiteiten van federale instanties. Hoewel ik veel van dezelfde aanbevelingen in de tekst heb besproken, heb ik dat meestal in een andere context gedaan. Het hele rapport is het lezen waard; het is naar mijn mening de meest oordeelkundige beoordeling van de waarde en gevaren van pesticiden die tot nu toe is verschenen.

zie <https://www.dode-lente.nl/dode-lente-kennedy-rapport-inhoud.html>

AANBEVELINGEN

De aanbevelingen van het panel zijn gericht op een beoordeling van de niveaus van pesticiden in de mens en zijn omgeving; op maatregelen die de veiligheid van de huidige praktijken zullen vergroten; op noodzakelijk onderzoek en de ontwikkeling van veiligere en specifiekere methoden voor ongediertebestrijding; op voorgestelde wijzigingen of openbare wetten inzake het gebruik van pesticiden; en op voorlichting van het publiek.

A). Om de huidige niveaus van pesticiden en de trends daarvan

in de mens en zijn omgeving te bepalen, wordt aanbevolen dat het ministerie van Volksgezondheid, Onderwijs en Welzijn:[296]

1. Een uitgebreid programma voor gegevensverzameling ontwikkelt, zodat de niveaus van pesticiden kunnen worden bepaald bij beroepsarbeiders, bij personen waarvan bekend is dat zij herhaaldelijk zijn blootgesteld, en bij een steekproef van de algemene bevolking. Het onderzoek moet ten minste het volgende omvatten: metingen van vet, hersenen, lever en voortplantingsorganen bij volwassenen en zuigelingen; onderzoeken om vast te stellen of overdracht via de placenta plaatsvindt; en metingen van de concentraties die via de moedermelk kunnen worden uitgescheiden. Voor deze onderzoeken moeten voldoende grote en correct genomen monsters worden gebruikt om een duidelijk beeld te krijgen van de wijze waarop deze chemische stoffen in het menselijk lichaam worden opgenomen en verdeeld.
 2. Samenwerken met andere departementen om een permanent netwerk op te zetten voor het monitoren van residueniveaus in lucht, water, bodem, mens, wilde dieren en vis. De door de *Food and Drug Administration* geïnitieerde studies naar de totale inname van gechloreerde koolwaterstoffen via de voeding moeten worden uitgebreid. Deze moeten bijvoorbeeld gegevens omvatten over organofosfaten, herbiciden en carbamaten in dichtbevolkte gebieden waar deze stoffen op grote schaal worden gebruikt.
 3. Federale middelen ter beschikking stellen om afzonderlijke staten te helpen hun capaciteit te verbeteren voor het monitoren van pesticiden in voedingsmiddelen die binnen de staat worden geproduceerd en geconsumeerd.
- B). Om de veiligheid van de huidige praktijken te vergroten,

wordt aanbevolen dat:

1. De *Food and Drug Administration* zo snel mogelijk voortgaat met haar huidige herziening van de residutoleranties en de experimentele studies waarop deze zijn gebaseerd. Wanneer deze herziening is voltooid, wordt aanbevolen dat de minister van Volksgezondheid, Onderwijs en Welzijn een panel selecteert uit voordrachten van de *National Academy of Sciences* om de toxicologische gegevens over momenteel gebruikte pesticiden opnieuw te evalueren en te bepalen welke van de huidige residutoleranties eventueel moeten worden gewijzigd. Van de veelgebruikte chemische stoffen moet in de eerste plaats aandacht worden besteed aan heptachloor (1974), methoxychloor (1990), dieldrin (1982), aldrin (1982), chloordaan (1983), lindaan (2007) en parathion,^{*7)} omdat de toleranties daarvoor oorspronkelijk waren gebaseerd op gegevens die met name moeten worden herzien. Met handhaving van dezelfde normen moet de minister ervoor zorgen dat nieuwe verbindingen die voor registratie worden voorgesteld, grondig worden geëvalueerd.
2. De bestaande federale advies- en coördinatiemechanismen moeten kritisch worden geëvalueerd en indien nodig worden herzien om een duidelijke verdeling van de verantwoordelijkheden voor de controle op het gebruik van pesticiden te waarborgen. Het panel is van mening dat de huidige mechanismen ontoereikend zijn en dat het noodzakelijk is om op continue basis te voorzien in:
 - (a) Herziening van de huidige en voorgestelde federale controle- en uitroeiprogramma's om te bepalen of, na afweging van de voordelen en risico's, sommige program-

7 *) Tussen haakjes jaar van verbod in veel landen waar onder Nederland – DDT is sinds 1973 in ons land verboden.

ma's moeten worden gewijzigd of beëindigd. :

- (b) De ontwikkeling en coördinatie van een door federale instanties uitgevoerd monitoringprogramma om tijdig systematische gegevens over residuen van pesticiden in het milieu te verkrijgen.
 - (c) Coördinatie van de onderzoeksprogramma's van de federale instanties die zich bezighouden met pesticiden. [297]
 - (d) Start van een breed voorlichtingsprogramma waarin de gevaren van zowel het aanbevolen gebruik als het verkeerde gebruik van pesticiden worden beschreven.
 - (e) Herziening van het gebruik van pesticiden en, na een risicobeoordeling, beperking of verbod van het gebruik op basis van “redelijke twijfel” over de veiligheid.
 - (f) Een forum voor beroep door belanghebbenden.
3. De National Academy of Sciences-National Research Council wordt verzocht de technische aspecten van de begrippen “nultolerantie” en “geen residuen” te bestuderen met het oog op het voorstellen van wetswijzigingen.
 4. De ministers van Landbouw, Binnenlandse Zaken en Volksgezondheid, Onderwijs en Welzijn evalueren en definiëren hun rol bij de registratie van pesticiden die niet in levensmiddelen voorkomen, maar die schadelijk kunnen zijn voor vissen en wilde dieren of in nauw contact kunnen komen met het publiek.
 5. De accumulatie van residuen in het milieu moet worden beheerst door een geleidelijke vermindering van het gebruik van persistente pesticiden.

Als eerste stap zouden de verschillende instanties van de federale overheid het grootschalige gebruik van persistente

insecticiden kunnen beperken, behalve voor de noodzakelijke bestrijding van ziekteverspreiders. De federale instanties moeten hun leiderschap gebruiken om de staten ertoe aan te zetten soortgelijke maatregelen te nemen.

Het doel moet zijn het gebruik van persistente toxische pesticiden uit te bannen.

C). Onderzoeksbehoeften:

1. Om veiligere, specifiekere bestrijdingsmiddelen te ontwikkelen, wordt aanbevolen dat door de overheid gesubsidieerde programma's hun accent blijven verleggen van onderzoek naar breedwerkende chemische stoffen naar meer ondersteuning van onderzoek naar

(a) selectief toxische chemische stoffen

(b) niet-persistente chemische stoffen

(c) selectieve toepassingsmethoden

(d) Niet-chemische bestrijdingsmethoden, zoals het gebruik van lokstoffen en het voorkomen van voortplanting. De afgelopen jaren heeft het ministerie van Landbouw zijn programma's op deze specifieke bestrijdingsmethoden gericht. Het panel is van mening dat deze trend moet worden voortgezet en versterkt. De productie van veiligere, specifiekere en minder persistente pesticiden is geen onredelijk doel, maar om dit te bereiken moeten de onderzoeksinspanningen worden uitgebreid tot meer fundamentele studies van onderwerpen zoals: de werking van pesticiden; vergelijkende toxicologie; het metabolisme van verbindingen in insecten, planten en hogere dieren; en de processen van chemische afbraak en inactivering in de natuur. Dergelijke

studies zullen ook de informatie opleveren die nodig is om plagen te bestrijden die snel resistent worden tegen de momenteel beschikbare chemische stoffen. Er moeten meer inspanningen worden geleverd om selectieve methoden voor de toepassing van pesticiden te vinden. Verbindingen worden vaak in te grote hoeveelheden of te vaak toegepast vanwege inefficiënties zoals drift, ongelijke dekking of distributiemethoden die onvoldoende specifiek zijn om het doelwit te bereiken. [298]

2. Toxiciteitsstudies met betrekking tot de mens
3. De toxiciteitsgegevens waarop registraties en toleranties zijn gebaseerd, moeten vollediger en van betere kwaliteit zijn. Hoewel er gegevens beschikbaar zijn over acute toxische effecten bij de mens, zijn chronische effecten gemakkelijker aan te tonen bij dieren omdat hun generatietijd korter is en de natuurlijke geschiedenis van de effecten van pesticiden daardoor chronologisch wordt verkort. Er zullen echter onzekerheden blijven bestaan bij de extrapolatie van proefdieren naar de mens en bij de voorspelling van de aard en frequentie van effecten bij de mens op basis van de effecten die bij andere levensvormen zijn waargenomen.

Het panel beveelt aan dat toxiciteitsstudies het volgende omvatten

(a) Effecten op de voortplanting gedurende ten minste twee generaties bij ten minste twee soorten warmbloedige dieren. De waarnemingen moeten betrekking hebben op de vruchtbaarheid, de grootte en het gewicht van het nest, de foetale mortaliteit, teratogeniteit, de groei en ontwikkeling van zuigelingen en gespeende dieren.

(b) Chronische effecten op organen van zowel onvolgroeide

als volwassen dieren, met bijzondere aandacht voor tumorigeniciteit en andere effecten die vaak voorkomen bij de klasse van verbindingen waartoe de teststof behoort.

(c) Mogelijke synergie en versterking van de effecten van veelgebruikte pesticiden met veelgebruikte geneesmiddelen zoals sedativa, tranquillizers, analgetica, antihypertensiva en steroïde hormonen, die gedurende langere tijd worden toegediend.

3. Toxiciteitsstudies met betrekking tot in het wild levende dieren

Het panel beveelt aan dat het ministerie van Binnenlandse Zaken het onderzoek naar en de evaluatie van de toxische effecten van pesticiden op in het wild levende gewervelde en ongewervelde dieren uitbreidt.

Het onderzoek naar wilde dieren biedt een unieke kans om de effecten op de voedselketen waarvan elk dier deel uitmaakt, te ontdekken en om mogelijke routes te bepalen waarlangs geaccumuleerde en in sommige gevallen versterkte residuen van bestrijdingsmiddelen direct of indirect hun weg kunnen vinden naar wilde dieren en de mens.

4. Uitbreiding van de onderzoeksmiddelen

Alleen door het stimuleren van opleiding en fundamenteel onderzoek op het gebied van toxicologie en ecologie kan aan de onderzoeksbehoeften worden voldaan. Een grotere output van fundamentele onderzoeksgegevens en een continue aanvoer van bekwaam onderzoekspersoneel kunnen worden gewaarborgd door een systeem van subsidies en contracten. Opleidingssubsidies, subsidies voor fundamenteel onderzoek en contracten met universiteiten en andere niet-gouvernementele onderzoeksinstituten, gefinancierd

door de ministeries van Landbouw, Binnenlandse Zaken en Volksgezondheid, Onderwijs en Welzijn, zouden dit onderzoek stimuleren. Om onmiddellijke vooruitgang te bespoedigen, kan het nuttig zijn te onderzoeken welke bijdragen kunnen worden geleverd door bekwame onderzoekers en hun faciliteiten in andere landen. [299]

D). Om de wetgeving inzake bestrijdingsmiddelen aan te scherpen, wordt aanbevolen wijzigingen in de wetgeving aan te vragen. Deze moeten:

1. “Protestregistraties” afschaffen.

Het panel is het met het ministerie van Landbouw eens dat deze technisch gezien de bedoeling van de wetgeving omzeilen. De industrie heeft echter een beroepsmechanisme nodig om zich tegen willekeurige beslissingen te beschermen. Over dergelijke beroepen zouden openbare hoorzittingen kunnen worden gehouden.

2. Vereisen dat elke pesticideformulering het officiële registratienummer op het etiket vermeldt.

Het ministerie van Landbouw heeft een dergelijke wijziging aanbevolen als middel om de bescherming van de consument te verbeteren.

3. De bedoeling van de Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act om vissen en wilde dieren te beschermen verduidelijken door deze op te nemen als nuttige gewervelde en ongewervelde dieren.

4. Als onderdeel van de operationele begrotingen van federale bestrijdings- en uitroeiprogramma's middelen beschikbaar stellen om de efficiëntie van de programma's en hun effecten op niet-doelorganismen in het milieu te evalueren.

De resultaten van deze studies moeten onmiddellijk worden gepubliceerd.

In 1962 werd ongeveer 20 miljoen dollar toegewezen aan ongediertebestrijdingsprogramma's, maar er werden geen middelen beschikbaar gesteld voor gelijktijdige veldstudies naar de effecten op het milieu. Het ministerie van Landbouw heeft herhaaldelijk voorgesteld dat andere belanghebbende instanties aan de bestrijdingsprogramma's deelnemen, maar er zijn geen middelen beschikbaar, behalve door middel van een omleiding van andere essentiële taken van de instanties.

- E). Om het publiek beter bewust te maken van de voordelen en gevaren van pesticiden, wordt aanbevolen dat de bevoegde federale ministeries en instanties voorlichtingsprogramma's opzetten waarin het gebruik en de giftige aard van pesticiden worden beschreven. Uit openbare literatuur en de ervaringen van de panelleden blijkt dat mensen zich vóór de publicatie van "Silent Spring" van Rachel Carson over het algemeen niet bewust waren van de giftigheid van pesticiden. De overheid moet deze informatie op een zodanige wijze aan het publiek presenteren dat het zich bewust wordt van de gevaren, maar tegelijkertijd de waarde van pesticiden erkent.

Jaargang 5 Nummer 2 Zomer 1965

Rudd, Robert L.,
Pesticides and the Living Landscape Rudd, Robert

Roland C. Clement

Aanbevolen bronvermelding

Roland C. Clement, Rudd, Robert L., Pesticides and the Living Landscape, 5 NAT. RES. J. 432 (1965).

Beschikbaar op: <https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3793&context=nrlj>

Deze boekbespreking wordt u gratis en vrij toegankelijk aangeboden door de Law Journals van UNM Digital Repository. Ze is door een bevoegde redacteur van UNM Digital Repository aanvaard voor opname in *Natural Resources Journal*. Voor meer informatie kunt u contact opnemen met disc@unm.edu.

Pesticides and the Living Landscape

Door ROBERT L. RUDD – [wikipedia.de](https://nl.wikipedia.org/wiki/Robert_L._Rudd)

Madison: The University of Wisconsin Press. 1964.
Pp. xiv, 320, \$6,50

In een artikel over een ander onderwerp gaf de Yale-bioloog Edward S. Deevey⁸ onbedoeld een perfecte samenvatting van het pesticidenprobleem toen hij schreef: “De naïeve en ondeugende opvatting dat biologie kan worden herleid tot chemie wordt aangehangen door veel chemici, enkele biologen en een buitensporig aantal decanen van universiteiten.”

De naïviteit is te vergeven als een historisch toeval, omdat de natuurkunde en scheikunde eerst hun belangrijkste problemen moesten oplossen voordat de biologie haar beschrijvende fase kon ontgroeien. Pas nu de biologie gebruikmaakt van de bijdragen die de natuurwetenschappen hebben geleverd aan het begrip van de basis van het leven, kan de ecologie, de ultieme wetenschap, dynamisch worden. De schade die deze intellectuele achterstand heeft veroorzaakt, is ook begrijpelijk, maar minder te vergeven. Ze is ontstaan doordat wetenschappers die het positivisme van de negentiende eeuw nog niet ontgroeid waren, zich door de technologie hebben laten inhalen. We moeten nog steeds in het reine komen met de enorme macht die de technowetenschap ons heeft gegeven.

In dit boek dicht Rudd, een van de pioniers op het gebied van onderzoek⁹ naar de effecten van nieuwe chemische bestrijdings-

8 Deevey, Environments of the Geologic Past, Science, 5 februari 1965.

9 2. Rudd & Genelly, Pesticides: Their Use and Toxicity in Relation to Wildlife (Cal. Dep't of Fish and Game 1956).

middelen in het landschap, de ernstige kloof tussen de huidige praktijk en onze kennis van de effecten ervan. Het is de meest evenwichtige uiteenzetting van de voor- en nadelen van het gebruik van synthetische chemicaliën voor de bestrijding van ongedierte, en het is gemakkelijk te lezen, zij het niet zo lyrisch als het boek ^{Q310} dat een nationale zelftransformatie teweegbracht.

In een kort eerste hoofdstuk vat Rudd de keuzes samen die we hebben om het hoofd te bieden aan zowel gewervelde als ongewervelde “ongedierte” dat de landbouw en de gezondheid van de mens al zo lang teistert en dat steeds moeilijker in toom te houden is naarmate we met meer mensen worden en onze eisen toenemen. Dit is zijn stelling: onze enige keuzes zijn (1) samenwerken met de natuur om de plaagpopulaties onder controle te houden, of (2) aandringen op een steeds synthetischer landschap, waarin de mens de taak en de risico's op zich neemt om alle factoren in evenwicht te houden. Deze keuzes zijn niet academisch, omdat een briljante en agressieve minderheid al aandringt op het tweede alternatief.

[433] Een zestig pagina's tellend hoofdstuk geeft vervolgens een overzicht van de elementen van de huidige praktijk en regelgeving die volgens Rudd te lijden hebben onder een ontoereikende probleemstelling en daardoor noodzakelijkerwijs ook ontoereikend zijn. Het is een duidelijke aanklacht tegen de uitroeiingsfilosofie van de bestrijdingsentomologen en tegen het werk van de afgelopen twintig jaar op het gebied van de bestrijding van roofdieren, waarbij in naam van de wetenschap fundamentele ecologische principes werden genegeerd of buiten beschouwing gelaten en dat daarom als kosmisch geknoei moet worden bestempeld.

10 3. Carson, *Silent Spring* (Houghton Mifflin Co. 1962).

Dit is een nuttige samenvatting, zelfs voor wie al veel over dit onderwerp heeft gelezen. Hoewel Rudd al vroeg zijn voorkeur voor de ecologische benadering uitspreekt, worden de successen van andere benaderingen niet afgezwakt, behalve wanneer ze nieuwe problemen hebben gecreëerd of hun eigen problemen hebben verergerd. Deze recensent vindt dat er een neiging bestaat om meer lof toe te kennen dan misschien terecht is, maar dit wordt alleen vermeld om te benadrukken dat Rudd conservatief, kalm en genereus is in zijn beoordelingen.

De zestien korte hoofdstukken die volgen – het grootste deel van het boek – bieden een goede bespreking van de reacties van dieren en omgevingen op chemische bestrijding (de problemen van resistentie en residuen) en de ecologische effecten van het toevoegen van persistente chemische stoffen als nieuwe milieuparameter (vergiftiging van de voedselketen en het ontstaan van plagen). Deze 183 pagina's geven een inleiding tot het ecologische begrip van de dynamische onderlinge relaties die bestaan in levende gemeenschappen; het zijn “feiten” die tot nu toe grotendeels zijn genegeerd.

Hoewel dit niet verder wordt benadrukt, is een van de meest vernietigende bewijzen tegen de filosofie van chemische bestrijding in dit boek de geschiedenis van de verspreiding van resistentie in insectenpopulaties (pp. 143-44). Dit evolutionaire fenomeen, dat in 1946 iedereen leek te verrassen alsof het nieuw was voor de wetenschap, werd in feite al in 1908 voor het eerst waargenomen, en opnieuw – voor verschillende combinaties van chemicaliën en insecten – in 1916, 1928, 1935, 1938, 1939 en 1942.

Sinds 1946 heeft de resistentie zich verspreid naar meer dan 120 soorten geleedpotigen en enkele kortlevende gewervelde dieren.

Het enige punt waar ik op wil hameren, is de bewering dat “de door getrainde ornithologen uitgevoerde tellingen vóór en na het sproeien betrouwbaar zijn voor een goede relatieve telling”.¹¹ Dit is alleen het geval wanneer de invloed van herbevolking is gemeten.¹²

Ecologische discussies zijn moeilijk samen te vatten, omdat de poging van de ecooloog om het geheel te zien even belangrijk is als zijn feiten. Technologen hebben zich schuldig gemaakt aan het verknippen van de werkelijkheid, dus het boek van Rudd is een waardevolle bijdrage aan de dialoog die we moeten stimuleren als we op een intelligente manier met onze alternatieven willen omgaan. Het boek bevat een uitstekende bibliografie, maar de index is karig. In een bijlage zijn de aanbevelingen van de President's Science Advisory Committee over het gebruik van pesticiden afgedrukt.¹³

ROLAND C. CLEMENT *

* Staff Bioloog, National Audubon Society,
New York City.

11 Q4. P. 120.

12 Q5. Stewart & Aldrich, Removal and Repopulation of Breeding Birds in a Spruce-Fir Forest Community, 68 Auk 471 (1951).

13 Q6. Clement, Boekbespreking, 4 Natural Resources J. 246 (1964).

R. O. WHYTE

'Dr. R. O. Whyte, in this second (fully revised) edition of *Crop Production and Environment* has done great service to all who are interested in world crop-production problems, be they agronomists, farmers, plant-breeders, crop ecologists, agricultural botanists, general biologists, or geographers. It deals not only with the influence of external factors such as light, temperature, water supplies and altitude on plant growth, development and reproduction, but also indicates how these factors influence the production and distribution of the more important crops throughout the world . . . it is very well produced with an excellent list of references and a very adequate index.' *The Guardian* 63s net

MICRO-ORGANISMS AS ALLIES

G. L. DUDDINGTON

'The author has been conspicuously successful in shaping so much heterogeneous material into an intensely interesting text . . . the book contains a wealth of background material, so that while it loses nothing in value to the student it can still be enjoyed by the non-specialist the book gains much in appeal from its direct conversational style, while its range makes it unlikely that it will readily lose topicality.' Dr. A. H. Cook in the *New Scientist* 25s net

SOIL BIOLOGY

With special reference to the Animal Kingdom.

WILHELM KIIHNELT

Translated by Norman Walker

'Very few scientific authorities have attempted to survey the world literature on soil biology, and condense the information to a medium-sized book. The encyclopaedic knowledge and balanced wisdom of Professor Kiihnelt have enabled him to accomplish this feat . . . this book should be studied by every agricultural scientist worthy of the name. Farmers and farmers will be particularly interested in the chapters on soil cultivation and modern insecticides. . . .'
Scottish Farmer 45s net



FABER & FABER LTD 24 Russell Square London W.C.1