

Silent Spring -III

voorpublicatie The New Yorker

30 juni 1962



Illustration by Emiliano Ponzi

Silent Spring Deel-III

De bioloog George Wald vergeleek zijn werk ooit in een buitengewoon gespecialiseerd veld, de visuele pigmenten van het oog, met "een zeer smal venster waardoor men op afstand slechts een lichtflits kan zien" maar waardoor "naarmate men dichterbij komt de het zicht wordt breder en breder, totdat je eindelijk door hetzelfde smalle venster naar het universum kijkt." "Dus het is wanneer we onze aandacht richten op de individuele cellen van levende organismen, vervolgens op de minime structuren in de cellen, en ten slotte, naar de moleculen in deze structuren; naarmate we dichterbij komen, wordt het zicht steeds breder. Pas vrij recent begon medisch onderzoek de vraag te onderzoeken hoe de individuele cel functioneert bij het produceren van de energie die de onmisbare kwaliteit van leven is, hoewel het al lang bekend was dat het ultieme werk van energieproductie of oxidatie, wordt niet bereikt in een gespecialiseerd orgaan maar in elke cel van het lichaam. Net als een oven, verbrandt een levende cel brandstof om energie te produceren, hoewel het "branden" wordt bereikt met alleen de gematigde warmte van de normale temperatuur van het lichaam. Als alle miljarden zacht brandende vuurtjes ophouden te branden, heeft de fysisch chemicus Eugene Rabinowitch gezegd: "Geen hart kon kloppen, geen plant kon opgroeien en de zwaartekracht tarten, geen amoëbe kon zwemmen, geen gevoel kon langs een zenuw gaan, geen gedachte zou kunnen flitsen in het menselijk brein." "En nu dreigt dit prachtig functionerende mechanisme te worden verstoord als gevolg van de activiteiten van de mens zelf, want hij heeft veel radicaal nieuwe stoffen tot stand gebracht - niet alleen radioactief stof maar chemicaliën voor gebruik tegen insecten, knaagdieren,

De transformatie van materie in energie in de cel is een continu proces, een van de vernieuwingscycli van de natuur, die kan worden vergeleken met een wiel dat eindeloos draait. Graan voor korrel, molecuul voor molecuul, brandstof, in de vorm van de koolhydraatglucose, wordt in de cel gevoerd. In zijn cyclische passage ondergaat de brandstofmolecule een reeks zeer kleine chemische veranderingen. De veranderingen worden geordend, stap voor stap, elke stap gestuurd en gecontroleerd door een enzym, en bij de meeste van deze stappen wordt energie geproduceerd en afvalproducten (kooldioxide en water) worden afgegeven. Dit proces waarbij de cel als chemische fabriek functioneert, is een van de wereldwonderen. Het feit dat alle functionerende delen van zeer kleine omvang zijn, draagt bij aan het wonder. Op enkele uitzonderingen na zijn cellen zelf miniem, alleen zichtbaar met behulp van een microscoop. Maar het grootste deel van het werk van oxidatie wordt uitgevoerd in een veel kleiner theater; kleine korrels in de cel, mitochondriën genoemd, zijn de 'krachtpatsers' waarin de meeste energieproducerende reacties plaatsvinden. De energie die vrijkomt tijdens de oxidatieve cyclus wordt overgebracht naar een molecuul dat drie fosfaatgroepen bevat - adenosinetrifosfaat, door de biochemici bekend als ATP. Alleen onder de lichaamseigen stoffen, ATP, om redenen die nog steeds niet volledig worden begrepen door biochemici, heeft het vermogen om energie beschikbaar te maken voor de normale werking van de cel. In de loop van de overdracht van energie neemt ATP deel aan een andere cyclus - een cyclus binnen een cyclus. Terwijl het wiel draait, verliest het molecuul een van zijn fosfaatgroepen en wordt het een difosfaatmolecuul, ADP, en op dat moment geeft het energie af; vervolgens, naarmate het wiel verder draait, voegt een andere fosfaatgroep zich bij ADP en wordt de krachtige ATP hersteld. De analogie van de opslagbatterij is gebruikt, waarbij ATP de opgeladen batterij vertegenwoordigt, ADP de lege batterij. ATP is de universele valuta van energie, die in alle organismen voorkomt, van microben tot mensen. Het levert mechanische energie aan spiercellen, elektrische energie aan zenuwcellen. De zaadcel, het bevruchte ei klaar voor de enorme uitbarsting van activiteit die het zal veranderen in

een kikker of een vogel of een menselijk kind, de cel die een hormoon moet creëren - alle worden geleverd met ATP. Een deel van de energie van ATP wordt gebruikt om de structuur en functie van de mitochondriën te behouden, maar het grootste deel wordt onmiddellijk naar het cytoplasma gestuurd om andere activiteiten van stroom te voorzien. De positie van de mitochondriën in elke cel is welsprekend van hun functie. Ze zijn zo geplaatst dat energie precies daar kan worden geleverd waar dat nodig is. In spiercellen clusteren ze rond samentrekkende vezels; in zenuwcellen worden ze gevonden op de kruising met een andere cel, die energie levert voor de overdracht van impulsen; in zaadcellen zijn ze geconcentreerd op het punt waar de voortstuwende staart is verbonden met het hoofd.

Het opladen van de batterij is nauw verbonden met het oxidatieve proces in de mitochondriën, en deze koppeling van processen staat bekend als gekoppelde fosforylering. Onder sommige omstandigheden kan de combinatie worden ontkoppeld. Dan gaan de middelen verloren voor het leveren van energie aan de cel in bruikbare vorm; oxidatie gaat door, maar er wordt geen ATP geproduceerd. De cel is als een racemotor geworden die warmte genereert maar geen vermogen oplevert. Dan kan de spier niet samentrekken of de impulsrace langs de zenuwbanen. Dan kan het sperma niet naar zijn bestemming bewegen; het bevruchte ei kan zijn complexe indelingen en uitwerkingen niet voltooien. De gevolgen van ontkoppeling kunnen inderdaad rampzalig zijn voor elk organisme, in elk stadium van zijn ontwikkeling, van embryo tot volwassene; na verloop van tijd kan het leiden tot de dood van het weefsel en vervolgens tot de dood van het organisme. Wat veroorzaakt ontkoppeling? Straling kan als ontkoppelaar fungeren en sommigen denken dat de dood van cellen die aan straling worden blootgesteld op deze manier tot stand komt. Bovendien blijkt uit laboratoriumtests dat heel wat chemicaliën deze kracht delen en dat de insecticiden en onkruidverdelgers goed op de lijst staan. De groep chemicaliën die bekend staat als fenolen, heeft een sterk effect op het metabolisme; dat wil zeggen dat ze door hun ontkoppelingsactie een potentieel fatale temperatuurstijging kunnen veroorzaken. De dinitrofenolen en pentachloorfenolen, onder andere leden van deze groep, worden veel gebruikt als herbiciden. Een andere ontkoppelaar onder de herbiciden is 2,4-D, een derivaat van een van de fenolen. Van de gechloreerde koolwaterstoffen - de chemicaliën die, samen met de organische fosfaten,

Ontkoppeling is echter niet de enige manier waarop de kleine, rustig brandende vuren in enkele of alle miljarden cellen van het lichaam kunnen worden gedoofd. We hebben gezien dat elke stap in oxidatie wordt geleid en versneld door een enzym. Wanneer een van deze enzymen wordt vernietigd of verzwakt, komt de oxidatiecyclus in de cel tot stilstand. Als we een koevoet tussen de spaken van een wiel steken, maakt het niet uit waar we het doen - het wiel stopt met draaien. Op dezelfde manier, als we een enzym vernietigen dat op enig punt in de cyclus functioneert, stopt de oxidatie en is er geen verdere productie van energie. De koevoet kan worden geleverd door een aantal chemicaliën die gewoonlijk als pesticiden worden gebruikt. DDT, methoxychloor, malathion, fenothiazine, en verschillende dinitroverbindingen behoren tot de pesticiden waarvan is gevonden dat ze een of meer van de betrokken enzymen in de oxidatiecyclus remmen. Ze verschijnen dus als middelen die mogelijk het hele proces van energieproductie kunnen blokkeren en de cellen bruikbare zuurstof kunnen ontnemen. Dit is een verwonding met desastreuze gevolgen. Door met tussenpozen zuurstof uit weefselculturen achter te houden, heeft Dr. Harry Goldblatt, in experimenten uitgevoerd bij het Institute of Medical Research van het Cedars of Lebanon Hospital in Los Angeles, ervoor gezorgd dat normale cellen in kankercellen zijn veranderd. Andere effecten zijn waargenomen in experimenten op embryo's van dieren. Zonder voldoende zuurstof worden de ordelijke processen waardoor de weefsels zich ontvouwen en de organen zich ontwikkelen verstoord; misvormingen en andere afwijkingen treden dan op. Het bewijs hiervoor bij dierproeven is overweldigend en er is goede reden om aan te nemen dat het menselijke embryo dat onvoldoende zuurstof heeft, ook misvormingen kan ontwikkelen. Er zijn tekenen van een toename van dergelijke rampen, hoewel weinig mensen ver

genoeg kijken om alle oorzaken te vinden. In een van de meest onaangename voorbeelden van die tijd, heeft het Office of Vital Statistics in 1961 een nationale tabel van aangeboren misvormingen geïnitieerd, met de verklarende opmerking dat deze statistieken de benodigde gegevens zouden verschaffen over de incidentie van dergelijke misvormingen en de omstandigheden waaronder ze optreden. Dit soort studies zal ongetwijfeld grotendeels gericht zijn op het meten van de effecten van straling, maar er moet aan worden herinnerd dat veel chemicaliën precies dezelfde effecten hebben.

Het is goed mogelijk dat bepaalde recente bevindingen over verminderde voortplanting bij vogels ook verband kunnen houden met interferentie met biologische oxidatie en een daaruit voortvloeiende uitputting van ATP. Het ei moet, zelfs vóór de bevruchting, royaal worden geleverd met ATP, als voorbereiding op de enorme inspanning die vereist zal zijn zodra de bevruchting heeft plaatsgevonden. Of de zaadcel het ei zal bereiken en binnendringen hangt af van zijn eigen toevoer van ATP, gegenereerd in die mitochondriën die zo dik geclusterd zijn in de nek van de cel. En zodra de bevruchting is voltooid en de celdeling is begonnen, zal de toevoer van energie in de vorm van ATP bepalen of de ontwikkeling van het embryo zal doorgaan. Embryologen bestuderen enkele van hun meest handige onderwerpen, de bevruchte eieren van kikkers en zee-egels, hebben ontdekt dat als het ATP-gehalte in een van deze eieren onder een bepaald kritiek niveau daalt, het ei gewoon stopt met delen en snel sterft. Het is slechts een stap van het embryologielaboratorium naar de appelboom waar het nest van een roodborstje zijn blauw-groene eieren bevat - maar eieren die koud liggen, de vuren van het leven die een paar dagen flikkerden, zijn nu gedooft. Waarom kwamen de roodborstjes niet uit? Zijn de eieren van de vogels gestopt met zich te ontwikkelen simpelweg omdat ze onvoldoende ATP-moleculen misten? En was het gebrek aan ATP het gevolg van het feit dat in de lichamen van de oudervogels en in de eieren zelf voldoende insecticiden waren opgeslagen om de kleine draaiende wielen van oxidatie te stoppen? Het is niet langer nodig om te raden naar de opslag van insecticiden in eieren van vogels, die zich duidelijk gemakkelijker lenen voor dit soort observatie dan de eicel van zoogdieren. Telkens wanneer onderzoekers de eieren van vogels hebben onderzocht die zijn blootgesteld aan DDT en andere gechlloreerde koolwaterstoffen, hetzij experimenteel of in het wild, hebben ze residuen van de chemicaliën gevonden. En de concentraties zijn zwaar. In een experiment in Californië legden fazanten die een dieet kregen dat tweeënveertig delen per miljoen van een gechlloreerde koolwaterstof, dieldrin genaamd - vaak gebruikt bij het bespuiten van gazons - eieren met maximaal honderdnegenennegentig delen per miljoen van de chemische stof. In Michigan vertoonden eieren uit de eileiders van robins die dood waren aan DDT-vergiftiging concentraties tot tweehonderd delen per miljoen. Andere eieren werden genomen uit nesten die onbewaakt waren achtergelaten toen de ouder Robins waren getroffen door gif; ook deze bevatten DDT. Kippen vergiftigd door aldrin - een nog dodelijkere koolwaterstof - gaven de chemische stof door aan hun eieren. Kippen die experimenteel werden gevoed met DDT legden eieren met maar liefst vijfenzeventig delen per miljoen.

Het feit dat insecticide in de kiemcellen van elke soort wordt opgeslagen, zou ons moeten storen, wat vergelijkbare effecten op mensen suggereert. Bovendien zijn er aanwijzingen dat deze chemicaliën zich niet alleen in de kiemcellen zelf nestelen, maar in weefsels die zich bezighouden met de productie van deze cellen. Ophopen van insecticiden zijn ontdekt in de geslachtsklieren van een verscheidenheid aan vogels en zoogdieren die in laboratoria worden blootgesteld aan de chemicaliën en in bespoten velden en bossen - roodborstjes, fazanten, muizen, cavia's, herten. In één mannelijke roodborst was DDT sterker geconcentreerd in de testikels dan in enig ander deel van het lichaam. Fazanten verzamelden ook buitengewone hoeveelheden DDT in de testikels - tot vijftienhonderd delen per miljoen. Waarschijnlijk als een effect van dergelijke opslag in de geslachtsorganen, is atrofie van de testes waargenomen bij experimentele zoogdieren. Jonge ratten blootgesteld aan methoxychlor hadden buitengewoon kleine testikels. Toen jonge hanen DDT kregen, bereikten de testikels slechts achttien procent van hun normale groei, en de kammen en lellen van de vogels,

afhankelijk voor hun ontwikkeling van het testiculaire hormoon, waren slechts een derde van de normale grootte. De spermatozoa kan ook worden beïnvloed door de opslag van chemicaliën. Experimenten tonen aan dat de motiliteit van stiersperma wordt verminderd door dinitrofenol. En enige indicatie van het mogelijke effect op mensen wordt gezien in medische rapporten van oligospermie, of verminderde productie van spermatozoa, onder de piloten van vliegtuigen die worden gebruikt voor het bestrooien van gewassen met DDT.

Voor de mensheid als geheel is een bezit dat oneindig veel waardevoller is dan het individuele leven ons genetische erfgoed, onze link met verleden en toekomst. Gevormd door eonen van evolutie, onze genen maken ons niet alleen wat we zijn, maar houden in hun minieme wezens de belofte of bedreiging in van wat we zullen worden. Toch is genetische achteruitgang als gevolg van het eigen handwerk van de mens de dreiging van onze tijd. De Australische viroloog Sir Macfarlane Burnet, die in 1960 de Nobelprijs won voor zijn werk in de immunologie, heeft "actieve en vermijdbare genetische achteruitgang" beschreven als "het laatste en grootste gevaar voor onze beschaving." Nogmaals, de parallel tussen chemicaliën en straling is exact en onmiskenbaar. De levende straling die wordt aangevallen door straling kan verschillende soorten letsel oplopen: het vermogen om zich normaal te delen kan worden vernietigd; de structuur van zijn chromosomen kan worden gewijzigd; zijn genen, dragers van erfelijk materiaal, kunnen die plotselinge, onomkeerbare veranderingen ondergaan die bekend staan als mutaties, waardoor ze nieuwe kenmerken produceren in opeenvolgende generaties; of, als de cel bijzonder gevoelig is, kan deze volledig worden gedood, of anders, na verloop van tijd gemeten in jaren, kan deze kwaadaardig worden. Al deze gevolgen van straling zijn in laboratoriumonderzoek gedupliceerd door een grote groep chemicaliën, die daarom radiomimetisch of stralingsimiterend worden genoemd. Deze omvatten veel chemicaliën die worden gebruikt als insecticiden en herbiciden. na verloop van tijd gemeten in jaren, kan het kwaadaardig worden.

Al deze gevolgen van straling zijn in laboratoriumonderzoek gedupliceerd door een grote groep chemicaliën, die daarom radiomimetisch of stralingsimiterend worden genoemd. Deze omvatten veel chemicaliën die worden gebruikt als insecticiden en herbiciden. na verloop van tijd gemeten in jaren, kan het kwaadaardig worden. Al deze gevolgen van straling zijn in laboratoriumonderzoek gedupliceerd door een grote groep chemicaliën, die daarom radiomimetisch of stralingsimiterend worden genoemd. Deze omvatten veel chemicaliën die worden gebruikt als insecticiden en herbiciden.

Slechts enkele decennia geleden wist niemand van deze effecten van straling of chemicaliën. Toen, in 1927, ontdekte een professor in de zoölogie aan de Universiteit van Texas, HJ Muller, dat hij door het blootstellen van een organisme aan röntgenstralen mutaties kon produceren in opeenvolgende generaties. Met deze ontdekking werd een enorm nieuw kennisveld geopend. Muller ontving later de Nobelprijs voor de Geneeskunde ter ere van zijn prestatie, en vandaag, in een wereld die ongelukkig bekend is geworden met de grijze regenval van fall-out, kent zelfs de niet-wetenschapper de potentiële resultaten van straling. Er is veel minder aandacht besteed aan een ontdekking van een begeleider, gedaan door Charlotte Auerbach en William Robson aan de Universiteit van Edinburgh in de vroege jaren veertig. Werken met mosterdgas, ze ontdekten dat deze chemische stof permanente chromosoomafwijkingen produceert die niet kunnen worden onderscheiden van die door straling. Mosterdgas, getest op de fruitvlieg - het klassieke onderwerp van genetische experimenten - produceerde ook mutaties. Zo werd het eerste chemische mutageen ontdekt. Mosterdgas is nu vergezeld door een lange lijst van andere chemicaliën waarvan bekend is dat ze genetisch materiaal in planten en dieren veranderen.

Om te begrijpen hoe deze chemicaliën de loop van erfelijkheid kunnen veranderen, moet men eerst kijken naar het basisdrama van het leven zoals het wordt gespeeld op het podium van de levende

cel. Als het lichaam moet groeien en als de levensstroom van generatie op generatie moet blijven stromen, moeten de cellen die de weefsels en organen van het lichaam vormen het vermogen hebben om in aantal te groeien. Deze toename wordt gewoonlijk bereikt door het proces genaamd mitose, of nucleaire deling. In een cel die op het punt staat te delen, vinden veranderingen van het grootste belang plaats. Binnen de kern bewegen en delen de chromosomen op mysterieuze wijze, zich uitstrekkend in patronen die zullen dienen om de determinanten van erfelijkheid, de genen, naar de dochtercellen te verspreiden. Ten eerste nemen de chromosomen de vorm aan van langwerpige draden, waarop de genen zijn uitgelijnd als kralen aan een string. Vervolgens deelt elk chromosoom zich in de lengte en deelt elk gen ook, zodat wanneer de cel zelf deelt, elk van de nieuwe cellen een volledige set chromosomen bevat, en dus alle genetische informatie die erin is gecodeerd. Op deze manier blijft de integriteit van het ras en van de soort behouden. Op deze manier, zoals verwekt zoals. Een speciaal soort celdeling, meiose genaamd, treedt op bij de vorming van de geslachtscellen. Omdat het aantal chromosomen voor een bepaalde soort constant is, moeten het ei en het sperma, die zich moeten verenigen om een nieuw individu te vormen, slechts de helft van het soortnummer naar hun vereniging dragen. Dit wordt bereikt met buitengewone precisie door een verandering die optreedt in het gedrag van de chromosomen tijdens een van de divisies die die cellen produceren. Op dit moment splitsen de chromosomen niet; in plaats daarvan,

In het elementaire drama van celdeling wordt al het leven als één onthuld. Celdeling is gemeenschappelijk voor alle aardse leven; noch mens, noch amoëbe, de gigantische sequoia noch de eenvoudige gistcel kunnen lang bestaan zonder dit proces voort te zetten. "De belangrijkste kenmerken van cellulaire organisatie, waaronder bijvoorbeeld mitose, moeten veel ouder zijn dan vijfhonderd miljoen jaar - meer dan duizend miljoen", schreef George Gaylord Simpson en zijn collega's Colin S. Pittendrigh en Lewis H. Tiffany in hun boek getiteld 'Leven'. 'In deze zin is de wereld van het leven, hoewel zeker fragiel en complex, ongelooflijk duurzaam door de tijd heen - duurzamer dan bergen. Deze duurzaamheid is volledig afhankelijk van de bijna ongelooflijke nauwkeurigheid waarmee de geërfde informatie van generatie op generatie wordt gekopieerd. "

In al de duizend miljoen jaar die deze mannen voor ogen hebben, heeft geen enkele dreiging zo direct en zo krachtig toegeslagen op die 'ongelooflijke nauwkeurigheid' als de dreiging uit het midden van de twintigste eeuw van door de mens veroorzaakte straling en door de mens gemaakte chemicaliën. Sir Macfarlane Burnet beschouwt het als een van de belangrijkste medische kenmerken van onze tijd dat als een bijproduct van steeds krachtigere therapeutische procedures en de productie van chemische stoffen buiten biologische ervaringen, de normale beschermende barrières die mutagene agentia bevatten uit de inwendige organen is steeds vaker gepenetreerd. "Omdat de studie van menselijke chromosomen zelf nog in de kinderschoenen staat, is het pas recent mogelijk geworden om het effect van omgevingsfactoren op hen te bestuderen. Pas in 1956 maakten nieuwe technieken het mogelijk om het aantal chromosomen in de menselijke cel - zesenveertig - nauwkeurig te bepalen en om ze zo gedetailleerd te observeren dat de aanwezigheid of afwezigheid van enkele chromosomen of delen van chromosomen kon worden gedetecteerd. Het hele concept van genetische schade als gevolg van iets in de omgeving is ook relatief nieuw, en wordt weinig begrepen behalve door de genetici, wiens advies zeer zelden wordt ingewonnen wanneer een verandering van de omgeving in het verschiet ligt. Het gevaar van straling in zijn verschillende vormen wordt nu algemeen erkend - hoewel het nog steeds op verrassende plaatsen wordt ontkend. Dr. Muller heeft de gelegenheid gehad om 'de weerstand tegen de aanvaarding van genetische principes door zovelen, niet alleen door regeringsbenoemden in de beleidsbepalende posities, te betreuren,

Hoewel de studie van chemische mutagenen op grote schaal wordt verwaarloosd, is het mogelijk om specifieke informatie te verzamelen over de effecten die een aantal pesticiden hebben op de levende cellen van bepaalde planten en insecten. Toen verschillende generaties muggen werden bloot-

gesteld aan DDT, ontstonden er bijvoorbeeld vreemde wezens genaamd gynandromorphs - deels mannelijk en deels vrouwelijk -. Planten behandeld met verschillende fenolen leden grote schade aan hun chromosomen, veranderingen in genen en een opvallend aantal mutaties. Mutaties traden ook op bij fruitvliegen die werden onderworpen aan fenol en bij blootstelling aan een gemeenschappelijk herbicide - een natriumzout van een van de ftalazuren - of aan urethaan, ontwikkelden deze vliegen mutaties die zo schadelijk en dodelijk waren. Urethaan behoort tot een groep chemicaliën die carbamaten worden genoemd, waaruit steeds meer insecticiden en andere landbouwchemicaliën worden gewonnen. Twee van de carbamaten worden gebruikt om te voorkomen dat aardappelen in de opslag ontspruiten, vanwege hun bewezen effect bij het stoppen van celdeling. Een daarvan, maleïnehydrazide, heeft een krachtige mutageen. Planten behandeld met de gechloreerde koolwaterstof BHC (henzeenhexachloride) of met een isomeer van BHC genaamd lindaan raakten monsterlijk vervormd, met tumorachtige zwellingen op hun wortels. Hun cellen werden gezwollen met chromosomen, die in aantal verdubbelden. De verdubbeling ging door in toekomstige celdelingen totdat verdere verdeling mechanisch onmogelijk was. Het herbicide 2,4-D heeft ook tumorachtige zwellingen geproduceerd in behandelde planten. In dergelijke planten worden de chromosomen kort, dik en klonteren ze samen en wordt de celdeling ernstig vertraagd. Van het algemene effect wordt gezegd dat het het effect dat door röntgenstralen wordt geproduceerd, nauw parallel loopt. En dit zijn slechts enkele van de vele illustraties die kunnen worden geciteerd. Tot nu toe is er echter geen uitgebreid onderzoek gedaan om de mutagene effecten van pesticiden als zodanig te testen. De hierboven genoemde feiten zijn bijproducten van onderzoek in celfysiologie of in genetica. Een directe aanval op het probleem is dringend nodig.

Wat chromosoomafwijkingen voor de mens kunnen betekenen, is het onderwerp geweest van een enorme hoeveelheid recent onderzoek, uitgevoerd in veel landen. In 1959 ontdekten verschillende Britse en Franse onderzoeksteams dat hun onafhankelijke studies op een gemeenschappelijke conclusie wezen - dat sommige kwalen van de mensheid worden veroorzaakt door een verstoring van het normale chromosoomgetal. Het is nu bijvoorbeeld bekend dat alle typische mongoloiden één extra chromosoom hebben. Af en toe is dit aan een ander bevestigd, zodat het chromosoomnummer de normale zesenvestig blijft. In de regel is het extra chromosoom echter gescheiden, waardoor het getal zevenenvestig is. Bij dergelijke personen moet de oorspronkelijke oorzaak van het defect zijn opgetreden in de generatie voorafgaand aan het verschijnen ervan. Bij sommige patiënten lijkt een ander mechanisme te hebben gewerkt, zowel in Amerika als in Groot-Brittannië, die leed aan een chronische vorm van leukemie. Ze bleken een consistente chromosoomafwijking in bepaalde bloedcellen te hebben, waarbij de afwijking in dit geval bestond uit het verlies van een deel van een chromosoom. Bij deze patiënten hadden de huidcellen het normale complement van chromosomen, wat aangeeft dat het chromosoomdefect niet in de kiemcellen van de ouders is ontstaan, maar eerder schade aan de bloedvormende weefsels tijdens het leven van de patiënten vertegenwoordigde.

De lijst met defecten in verband met chromosoomverstoringen is sinds de opening van dit gebied met verrassende snelheid gegroeid. Eén defect, bekend als het syndroom van Klinefelter, omvat een duplicatie van een van de geslachtschromosomen. Normaal bevatten de cellen van elk mannelijk wezen één X, of vrouwelijk, geslachtschromosoom en één Y, of mannelijk, chromosoom, en de cellen van een vrouw bevatten twee X-chromosomen. Bij het syndroom van Klinefelter is het Y-chromosoom aanwezig, maar het X-chromosoom is gedupliceerd. De resulterende persoon is een man, maar omdat hij twee van de X-chromosomen draagt, is hij enigszins abnormaal en steriel. Overmatige lengte en verschillende mentale defecten gaan vaak gepaard met deze aandoening, want natuurlijk draagt elk chromosoom genen voor een verscheidenheid aan kenmerken. In tegenstelling tot, een persoon die slechts één geslachtschromosoom ontvangt - het X-chromosoom - en dus een aanvulling van XO heeft in plaats van XX of XY, is eigenlijk vrouwelijk maar mist veel secundaire seksuele kenmerken. Nogmaals, de aandoening gaat gepaard met lichamelijke afwijkingen en soms

met mentale afwijkingen. Dit staat bekend als het syndroom van Turner. Beide aandoeningen waren al lang voordat de oorzaak bekend was in de medische literatuur beschreven.

Er wordt nu enorm veel werk verricht aan de Universiteit van Wisconsin, waar een groep onderzoekers onder leiding van Dr. Klaus Patau een verscheidenheid aan aangeboren afwijkingen heeft bestudeerd die het gevolg lijken te zijn van de duplicatie van slechts een deel van een chromosoom - een situatie suggereert dat ergens in de vorming van een van de kiemcellen een chromosoom is gebroken en de stukjes niet correct zijn herverdeeld. Alle aandoeningen die tot nu toe door Dr. Patau en zijn medewerkers zijn beschreven, houden ernstige ontwikkelingsgebreken in, en de meeste houden mentale achterstand in.

Dit is zo'n nieuw vakgebied dat wetenschappers zich tot nu toe hebben geconcentreerd op het identificeren van de chromosoomafwijkingen geassocieerd met ziekte en gebrekkige ontwikkeling, in plaats van te speculeren over hun oorzaken. Het zou dwaas zijn om aan te nemen dat elk middel verantwoordelijk is voor het beschadigen van chromosomen of ervoor zorgt dat ze zich tijdens de celdeling niet goed gedragen. Sommige wetenschappers die bereid zijn het krachtige effect van omgevingsstraling op de mens toe te geven, vragen zich echter af of mutagene chemicaliën in de praktijk hetzelfde effect kunnen hebben; ze wijzen erop dat straling een grote penetrerende kracht heeft en twijfelen of chemicaliën de kiemcellen kunnen bereiken. Zoals we echter hebben gezien, zijn er sterke aanwijzingen uit observatie van dieren dat de gechloreerde koolwaterstoffen de geslachtsklieren bereiken en daar worden opgeslagen, of in de kiemcellen zelf. Er is gevonden dat ten minste één chemische stof - geen pesticide - de celdeling in de geslachtsklieren van vogels stopt. Het is dus duidelijk dat er weinig basis is voor de overtuiging dat de geslachtsklieren van elk organisme zijn beschermd tegen chemicaliën. Opnieuw worden we gehinderd door het feit dat er weinig direct onderzoek is gedaan naar het probleem bij de mens. Maar als er enige twijfel is, kunnen we het ons veroorloven chemicaliën in het milieu te gieten die de macht hebben rechtstreeks op de chromosomen te slaan? Is dit niet een te hoge prijs voor een kiemloze aardappel of een mugvrije patio? We kunnen, als we dat willen, deze bedreiging voor ons genetisch erfgoed verminderen, een bezit dat tot ons is gekomen door zo'n twee miljard jaar evolutie en selectie van levend protoplasma, en dat is alleen voor ons, totdat we het doorgeven aan de komende generatie. We doen nu weinig om de integriteit ervan te behouden. Hoewel fabrikanten van chemicaliën wettelijk verplicht zijn om hun materialen op toxiciteit te testen, zijn ze niet verplicht om tests te doen die op betrouwbare wijze genetische effecten zouden aantonen, en dat doen ze niet.

Terwijl het tij van chemicaliën die uit het industriële tijdperk zijn geboren, is toegenomen om ons milieu te overspoelen, is er een drastische verandering teweeggebracht in de aard van onze ernstigste problemen voor de volksgezondheid. Gisteren leefde de mensheid in angst voor pokken, cholera en pest - geslachten die naties voor hen uitwaaiden. Onze grootste zorg is nu opgehouden deze en andere ziekte-organismen te zijn, die ooit alomtegenwoordig waren; sanitaire voorzieningen, betere levensomstandigheden en nieuwe medicijnen hebben ons een hoge mate van controle over infectieziekten gegeven. We houden ons vandaag bezig met een ander soort gevaar dat op de loer ligt in onze omgeving - een gevaar waaraan wij zelf hebben bijgedragen. De aanwezigheid van radioactieve deeltjes en door de mens gemaakte chemicaliën in de wereld werpt een schaduw die niet minder onheilspellend is omdat hij vormloos en onduidelijk is, niet minder beangstigend omdat het op dit moment gewoon onmogelijk is om de effecten van levenslange blootstelling aan chemische en fysische agentia te voorspellen die geen deel uitmaken van de biologische ervaring van de mens. "We leven allemaal in de schaduw van een angstaanjagende angst dat iets de omgeving zodanig kan corrumperen dat de mens zich bij de dinosauriërs voegt als een verouderde vorm van leven", zegt dr. David E. Price van de United States Public Health Service. . "En wat deze gedachten des te veront- rustender maakt, is de wetenschap dat ons lot misschien twintig of meer jaren bezegeld kan worden

voordat de symptomen zich ontwikkelen." "We leven allemaal in de schaduw van een angstaanjagende angst dat iets de omgeving zodanig kan corrumperen dat de mens zich bij de dinosauriërs voegt als een verouderde vorm van leven", zegt dr. David E. Price van de United States Public Health Service. . "En wat deze gedachten des te verontrustender maakt, is de wetenschap dat ons lot misschien twintig of meer jaren bezegeld kan worden voordat de symptomen zich ontwikkelen." "We leven allemaal in de schaduw van een angstaanjagende angst dat iets de omgeving zodanig kan corrumperen dat de mens zich bij de dinosauriërs voegt als een verouderde vorm van leven", zegt dr. David E. Price van de United States Public Health Service. . "En wat deze gedachten des te verontrustender maakt, is de wetenschap dat ons lot misschien twintig of meer jaren bezegeld kan worden voordat de symptomen zich ontwikkelen."

Waar passen pesticiden in het beeld van milieuziekten? Ze vervuilen nu grond, water en voedsel, en ze hebben de kracht om onze stromen visloos te maken en onze tuinen en bossen stil en vogelloos. De mens, hoe graag hij ook het tegendeel beweert, maakt deel uit van de natuur. Kan hij ontsnappen aan een vervuiling die nu zo grondig over zijn hele wereld wordt verspreid? We weten dat zelfs eenmalige blootstelling aan deze chemicaliën, als de hoeveelheid groot genoeg is, acute vergiftiging kan veroorzaken. Maar dit is niet het grote probleem. De plotselinge ziekte of dood van boeren, sproeiers, piloten en anderen die worden blootgesteld aan aanzienlijke hoeveelheden pesticiden zijn tragisch. Voor de bevolking als geheel moeten we ons echter meer zorgen maken over de vertraagde effecten van het absorberen van herhaalde kleine hoeveelheden pesticiden die onze wereld onzichtbaar besmetten.

Verantwoordelijke volksgezondheidsbeambten hebben erop gewezen dat, aangezien de biologische effecten van chemicaliën gedurende lange perioden cumulatief zijn, het gevaar voor het individu kan afhangen van de som van de blootstellingen die hij gedurende zijn leven ontvangt. Om deze redenen wordt het gevaar gemakkelijk genegeerd. Het is de menselijke natuur om afstand te doen van wat een vage dreiging van toekomstige rampen lijkt. "Mannen zijn van nature het meest onder de indruk van ziekten die duidelijke manifestaties hebben," zegt een wijze arts, Dr. René Dubos, van het Rockefeller Institute, "maar sommige van hun ergste vijanden sluipen er onopvallend op in." Voor elk van ons is dit een probleem van onderlinge relaties, van onderlinge afhankelijkheid - in wezen van ecologie. We vergiftigen de caddis die in een beek vliegt en de zalm loopt weg en sterft. We vergiftigen de muggen in een meer, en het gif reist van link naar link van de voedselketen, en spoedig worden de vogels van de marge van het meer het slachtoffer. We spuiten onze iepen, en de volgende bronnen zijn stil, leeg van het lied van Robin, niet omdat we de robins rechtstreeks aanvielen, maar omdat het gif stap voor stap door de nu bekende cyclus van iepenblad naar aardworm naar robin reisde. Dit zijn geregistreerde zaken en een waarneembaar deel van de zichtbare wereld om ons heen. Maar er is ook een ecologie van de wereld in ons lichaam. In deze ongeziene wereld hebben kleine oorzaken grote gevolgen; het effect lijkt bovendien vaak geen verband te houden met de oorzaak en verschijnt in een deel van het lichaam ver van het gebied waar de oorspronkelijke verwonding was opgelopen. "Een verandering op één punt, zelfs in één molecuul, kan door het hele systeem galmen om veranderingen in schijnbaar niet-verwante organen en weefsels te initiëren," Zegt een recente samenvatting van de huidige status van medisch onderzoek uitgevoerd door de American Foundation, een onafhankelijke onderzoeksorganisatie. Wanneer men zich bezighoudt met de mysterieuze en wonderbaarlijke werking van het menselijk lichaam, dan is het ontdekken van de agent van ziekte en dood afhankelijk van het samenvoegen van vele schijnbaar uiteenlopende feiten die zijn vastgesteld in de loop van een enorme hoeveelheid onderzoek op sterk gescheiden gebieden. Onderzoekers zijn altijd gehandicapt geraakt door de ontoereikendheid van bekende middelen om het begin van een letsel te detecteren; het ontbreken van voldoende delicate methoden om een dergelijk begin te detecteren, is inderdaad een van de grote onopgeloste problemen in de geneeskunde. dan is het ontdekken van de agent van ziekte en dood afhankelijk van het samenvoegen

van vele ogenschijnlijk uiteenlopende feiten die zijn vastgesteld in de loop van een enorme hoeveelheid onderzoek op sterk gescheiden gebieden. Onderzoekers zijn altijd gehandicapt geraakt door de ontoereikendheid van bekende middelen om het begin van een letsel te detecteren; het ontbreken van voldoende delicate methoden om een dergelijk begin te detecteren, is inderdaad een van de grote onopgeloste problemen in de geneeskunde. dan is het ontdekken van de agent van ziekte en dood afhankelijk van het samenvoegen van vele ogenschijnlijk uiteenlopende feiten die zijn vastgesteld in de loop van een enorme hoeveelheid onderzoek op sterk gescheiden gebieden. Onderzoekers zijn altijd gehandicapt geraakt door de ontoereikendheid van bekende middelen om het begin van een letsel te detecteren; het ontbreken van voldoende delicate methoden om een dergelijk begin te detecteren, is inderdaad een van de grote onopgeloste problemen in de geneeskunde.

"Ik weet dat dieldrin stuiptrekkingen heeft veroorzaakt bij sproeiers," kan iemand zeggen, "maar ik heb vaak dieldrin sprays op het gazon gebruikt en ik heb nooit stuiptrekkingen gehad, dus het heeft me geen kwaad gedaan." Het is niet zo eenvoudig zoals dat. Ondanks de afwezigheid van plotselinge en dramatische symptomen, slaat iedereen die dergelijke materialen hanteert ongetwijfeld giftige materialen op in zijn lichaam. De gechloreerde koolwaterstoffen hopen zich op in alle vetweefsels. Wanneer deze vetreserves worden aangetrokken, kan het gif snel toeslaan. Een medisch tijdschrift uit Nieuw-Zeeland gaf onlangs een voorbeeld. Een man die werd behandeld voor obesitas ontwikkelde plotseling symptomen van vergiftiging; bij onderzoek bleek zijn vet opgeslagen dieldrin te bevatten, dat was gemetaboliseerd toen hij gewicht verloor. Hetzelfde kan gebeuren met gewichtsverlies bij ziekte. Of de resultaten van opslag kunnen veel minder voor de hand liggen.

Enkele jaren geleden gaf het Journal of the American Medical Association een krachtige waarschuwing over de gevaren van de opslag van insecticiden in vetweefsel af, erop wijzend dat medicijnen of chemicaliën die zich op deze manier ophopen met meer voorzichtigheid moeten worden behandeld dan anderen. Het vetweefsel is ons gewaarschuwd, is niet alleen een plaats voor de afzetting van vet (dat gewoonlijk ongeveer achttien procent van het lichaamsgewicht uitmaakt), maar heeft vele andere belangrijke functies, die de opgeslagen gifstoffen kunnen verstoren. Verder worden vetten verdeeld over de organen en weefsels van het hele lichaam, zelfs aanwezig in celmembranen; aldus worden de insecticiden opgeslagen in individuele cellen, waar ze in staat zijn om die vitale functies van oxidatie en energieproductie te verstoren.

Xxx wijzend dat medicijnen of chemicaliën die zich op deze manier ophopen met meer voorzichtigheid moeten worden behandeld dan anderen. Het vetweefsel is ons gewaarschuwd, is niet alleen een plaats voor de afzetting van vet (dat gewoonlijk ongeveer achttien procent van het lichaamsgewicht uitmaakt), maar heeft vele andere belangrijke functies, die de opgeslagen gifstoffen kunnen verstoren. Verder worden vetten verdeeld over de organen en weefsels van het hele lichaam, zelfs aanwezig in celmembranen; aldus worden de insecticiden opgeslagen in individuele cellen, waar ze in staat zijn om die vitale functies van oxidatie en energieproductie te verstoren. erop wijzend dat medicijnen of chemicaliën die zich op deze manier ophopen met meer voorzichtigheid moeten worden behandeld dan anderen. Het vetweefsel is ons gewaarschuwd, is niet alleen een plaats voor de afzetting van vet (dat gewoonlijk ongeveer achttien procent van het lichaamsgewicht uitmaakt), maar heeft vele andere belangrijke functies, die de opgeslagen gifstoffen kunnen verstoren. Verder worden vetten verdeeld over de organen en weefsels van het hele lichaam, zelfs aanwezig in celmembranen; aldus worden de insecticiden opgeslagen in individuele cellen, waar ze in staat zijn om die

vitale functies van oxidatie en energieproductie te verstoren. is niet alleen een plaats voor de afzetting van vet (dat gewoonlijk ongeveer achttien procent van het lichaamsgewicht uitmaakt), maar heeft vele andere belangrijke functies, die de opgeslagen gifstoffen kunnen verstoren. Verder worden vetten verdeeld over de organen en weefsels van het hele lichaam, zelfs aanwezig in celmembranen; aldus worden de insecticiden opgeslagen in individuele cellen, waar ze in staat zijn om die vitale functies van oxidatie en energieproductie te verstoren.

Een van de belangrijkste effecten van de gechloreerde koolwaterstofinsecticiden betreft de lever. Van alle organen in het lichaam is de lever misschien wel de meest buitengewone. In zijn veelzijdigheid bij het uitvoeren van een groot aantal onmisbare functies, heeft het zijn gelijke niet; in feite zijn er zoveel van dergelijke activiteiten dat zelfs de minste schade eraan ernstige gevolgen heeft. Het biedt gal voor de vertering van vetten en bovendien, vanwege zijn positie in het lichaam, en de speciale circulatiewegen die erop convergeren, ontvangt het bloed rechtstreeks uit het spijsverteringskanaal en is het diep betrokken bij het metabolisme van alle belangrijkste voedingsmiddelen. Het slaat suiker op in de vorm van glycogeen en geeft het, in de vorm van glucose, in zorgvuldig afgemeten hoeveelheden vrij om de bloedsuiker op een normaal niveau te houden. Het bouwt lichaamseiwitten, waaronder enkele essentiële elementen van bloedplasma, die zich bezighouden met bloedstolling. Het houdt cholesterol op het juiste niveau in het bloedplasma en inactieveert de mannelijke en vrouwelijke hormonen wanneer onbalans dreigt. Het is een opslagplaats met veel vitamines, waarvan sommige op hun beurt bijdragen aan het eigen functioneren. Bovendien verdedigt het het lichaam tegen de grote verscheidenheid aan gifstoffen die het voortdurend binnendringen. Sommige hiervan zijn normale bijproducten van de stofwisseling, die de lever snel en efficiënt onschadelijk maakt. Maar gifstoffen die geen normale plek in het lichaam hebben, kunnen ook worden ontgift. De 'onschadelijke' insecticiden malathion en methoxychloor zijn bijvoorbeeld minder giftig dan hun verwanten, alleen omdat een leverenzym met hen omgaat, waardoor hun moleculen zodanig worden gewijzigd dat hun vermogen tot schade wordt verminderd.

Nu is echter onze verdedigingslinie tegen zowel vergif van binnenuit als vergif van buitenaf verzwakt en afbrokkelt, want het is bekend dat de gechloreerde koolwaterstoffen de lever kunnen beschadigen. Een beschadigde lever is niet alleen niet in staat ons tegen gif te beschermen; het hele brede scala van activiteiten kan worden verstoord. Hoewel de gevolgen ver reikend zijn, betekent hun grote verscheidenheid, samen met het feit dat ze niet altijd onmiddellijk volgen, dat ze mogelijk niet gerelateerd zijn aan hun ware oorzaak. Gezien het bijna universele gebruik van insecticiden die leververgift zijn, is het opmerkelijk dat een sterke toename van hepatitis begon in de jaren vijftig en een fluctuerende klim voortzet. Hoewel het weliswaar moeilijk is om in de omgang met een mens in plaats van een proefdier te 'bewijzen' dat oorzaak A effect B produceert, gewoon gezond verstand suggereert dat de relatie tussen een stijgende snelheid van leverziekte en de prevalentie van leververgift in de omgeving geen toeval is. Of de gechloreerde koolwaterstoffen al dan niet de primaire oorzaak zijn, het lijkt onder de gegeven omstandigheden nauwelijks verstandig om onszelf bloot te stellen aan gifstoffen met een bewezen vermogen om de lever te beschadigen en dus vermoedelijk minder resistent tegen ziekten te maken.

Beide belangrijke soorten insecticiden, de gechloreerde koolwaterstoffen en de organische fosfaten, hebben rechtstreeks invloed op het zenuwstelsel, zij het op enigszins verschillende manieren. Dit is duidelijk gemaakt door een oneindig aantal experimenten op dieren en ook door observatie van menselijke onderwerpen. Om met DDT te beginnen, is de werking ervan bij de mens voornamelijk op het centrale zenuwstelsel; het cerebellum en de hogere motorische cortex worden vermoedelijk de gebieden die het meest worden getroffen. Volgens een standaardhandboek van de toxicologie, kunnen abnormale sensaties, zoals prikken, branden en jeuk, samen met trillingen en zelfs stuiptrekkingen, de blootstelling aan aanzienlijke hoeveelheden volgen. Onze eerste kennis van de sympto-

men van acute vergiftiging door DDT werd verstrekt door verschillende Britse onderzoekers, die zich opzettelijk hebben blootgesteld om de gevolgen te leren. In 1945 twee wetenschappers van het British Royal Naval Physiological Laboratory nodigden absorptie van DDT door de huid uit door te zitten of liggen tegen muren bedekt met een in water oplosbare verf met een concentratie van twee procent DDT bedekt met een dunne laag olie. Het directe effect van DDT op het zenuwstelsel is duidelijk in hun welsprekende beschrijving van hun symptomen: "De vermoeidheid, zwaarte en pijn van de ledematen waren zeer reële dingen, en de mentale toestand was ook het meest pijnlijk. . . . [Er was] extreme prikkelbaarheid. . . grote afkeer van alle soorten werk. . . een gevoel van mentale incompetentie bij het aanpakken van de eenvoudigste mentale taak. . . . De gewrichtspijnen waren soms behoorlijk gewelddadig. "Een andere vroege Britse experimentator, die DDT systematisch in acetonoplossing op zijn handen aanbracht, meldde zwaarte en pijn aan de ledematen, spierzwakte en 'spasmen van extreme nerveuze spanning'. Hij nam vakantie en verbeterde, maar toen hij weer aan het werk ging, verslechterde zijn toestand. Vervolgens bracht hij drie weken in bed door, ellendig gemaakt door constant pijn aan de ledematen, slapeloosheid, nerveuze spanning en gevoelens van acute angst.

Bij gelegenheid schudde tremors zijn hele lichaam - tremors van een soort die sindsdien maar al te vertrouwd zijn geworden door de aanblik van vogels die zijn vergiftigd door DDT. De experimentator was tien weken afwezig van zijn werk en aan het einde van een jaar, toen zijn geval werd gemeld in een Brits medisch tijdschrift, was zijn herstel niet volledig.

Hoewel veel artsen de gevaren van pesticiden traag hebben herkend, zijn er nu veel gevallen bekend waarin zowel de symptomen als het hele verloop van de ziekte naar hen wijzen als de oorzaak. Typisch heeft een dergelijk slachtoffer een bekende blootstelling aan een van de insecticiden gehad en zijn symptomen zijn verdwenen onder behandeling, waaronder het verbannen van alle insecticiden uit zijn omgeving, maar bovenal zijn ze teruggekeerd na elk hernieuwd contact met de beledigende chemicaliën. Dit soort bewijs, en niet meer, vormt de basis van een enorme hoeveelheid medische therapie die betrekking heeft op aandoeningen op andere gebieden. De diagnosemethode die door de allergologen wordt gebruikt, is de patiënt blootstellen aan een vermoedelijk allergeen. Als een reactie optreedt, wordt het allergeen zonder aarzeling belast. Of als een patiënt bij behandeling met een medicijn een bijwerking ontwikkelt, wordt het gebruik van het medicijn gewoonlijk stopgezet in de veronderstelling dat het de oorzaak van het symptoom is. Waarom zou er dan terughoudendheid zijn om pesticiden onder parallele omstandigheden te beschuldigen?

Niet iedereen die insecticiden hanteert en gebruikt, ontwikkelt dezelfde symptomen, want hier komt de kwestie van individuele gevoeligheid binnen. Er zijn aanwijzingen dat vrouwen gevoeliger zijn dan mannen, zeer jonge kinderen meer dan volwassenen, degenen die sedentair zijn, binnenleven meer dan degenen die een ruig leven leiden van werken of sporten in de open lucht. Naast deze verschillen zijn er andere, niet minder reëel omdat ze ongrijpbaar zijn. Wat een persoon allergisch maakt voor stof of pollen, gevoelig is voor een gif of vatbaar is voor een infectie, terwijl een ander dat niet is, is een medisch mysterie. De situatie bestaat niettemin en treft aanzienlijke aantallen van de bevolking. Sommige artsen schatten dat een derde of meer van hun patiënten tekenen van enige vorm van gevoeligheid vertonen en dat het aantal groeit. En helaas gevoeligheid voor een stof kan zich plotseling ontwikkelen bij een persoon die er eerder ongevoelig voor is geweest; sommige medische mannen geloven zelfs dat intermitterende blootstelling aan chemicaliën precies zo'n gevoeligheid kan veroorzaken.

Het hele probleem van pesticidevergiftiging is enorm gecompliceerd door het feit dat een mens, in tegenstelling tot een laboratoriumdier dat onder strikt gecontroleerde omstandigheden leeft, nooit alleen aan één chemische stof wordt blootgesteld. Tussen de verschillende insecticiden, en tussen

hen en andere chemicaliën, zijn er interacties die serieuze mogelijkheden hebben. Of ze nu in de grond of in water of in het bloed van een man worden vrijgegeven, deze niet-gerelateerde chemicaliën blijven niet gescheiden; er zijn interacties waardoor de een de macht van de ander verandert voor schade. Er is een dergelijke interactie zelfs tussen de twee hoofdgroepen van insecticiden, hoewel ze gewoonlijk worden beschouwd als volledig verschillend in hun werking.

De organische fosfaten alleen, omdat ze het zenuwbeschermende enzym cholinesterase vergiftigen, kan symptomen veroorzaken die variëren van duizeligheid en wazig zien tot stuip trekkingen en coma, vaak met fatale afloop. Dit komt omdat het cholinesterase-niveau onder het normale niveau kan dalen wanneer de leverfunctie wordt verstoord. Het extra depressieve effect van het organische fosfaat kan dan voldoende zijn om acute symptomen te veroorzaken. Paren van de organische fosfaten zelf kunnen zodanig interageren dat hun toxiciteit honderdvoudig toeneemt. En de organische fosfaten kunnen een wisselwerking hebben met verschillende medicijnen, met voedseladditieven, en met wie kan zeggen hoeveel meer van het oneindige aantal door de mens gemaakte stoffen die nu onze wereld doordringen?

Bovendien kan het effect van een zogenaamd onschadelijke chemische stof drastisch worden gewijzigd door de werking van een andere chemische stof, zoals gebeurt met methoxychlor, een naaste verwant van DDT. Omdat methoxychlor niet in grote mate wordt opgeslagen wanneer het alleen wordt gegeven, wordt ons verteld dat het een veilige chemische stof is. Maar dit is niet noodzakelijk waar. Als de lever door een ander middel is beschadigd, kan methoxychlor honderd keer in het lichaam worden opgeslagen en zal het de effecten van DDT imiteren die langdurige effecten op het zenuwstelsel veroorzaken. Toch kan de leverschade die dit veroorzaakt zo klein zijn dat het tot die tijd onopgemerkt is gebleven. Het kan het gevolg zijn van een aantal alledaagse situaties - het gebruik van een ander insecticide, een reinigingsvloeistof die tetrachloorkoolstof bevatte, of het nemen van een van de zogenaamde kalmerende medicijnen,

De schade aan het zenuwstelsel door chemicaliën in de omgeving is niet beperkt tot acute vergiftiging; er kunnen ook vertraagde effecten zijn. Blijvende schade aan de hersenen en de zenuwen is gemeld voor methoxychlor en anderen. Dieldrin, naast de onmiddellijke gevolgen ervan, kan langdurige gevolgen hebben, variërend van "geheugenverlies, slapeloosheid en nachtmerries tot manie", zoals een ambtenaar van de Public Health Service in 1959 schreef. Lindane, medische bevindingen hebben aangetoond, is opgeslagen in aanzienlijke hoeveelheden in de hersenen en in functionerend leverweefsel, en kunnen 'diepgaande en langdurige effecten op het centrale zenuwstelsel' veroorzaken. Toch wordt deze chemische stof veel gebruikt in verdamper - apparaten die een stroom van vervluchtigd insecticide in huizen, kantoren gieten, en restaurants.

De organische fosfaten, die meestal alleen worden beschouwd in verband met hun meer gewelddadige manifestaties bij acute vergiftiging, hebben ook: het vermogen om blijvende fysieke schade aan zenuwweefsels te veroorzaken en, volgens recente bevindingen, om psychische stoornissen te veroorzaken. Verschillende gevallen van vertraagde verlamming hebben het gebruik van een van deze insecticiden gevolgd. Een bizarre gebeurtenis in de Verenigde Staten rond 1930 was een voorbode van de dingen die zouden komen. Het werd niet veroorzaakt door een insecticide, maar door een stof die chemisch tot dezelfde groep behoort als de organische fosfaatinsecticiden. Tijdens het verbodstijdperk werden sommige geneeskrachtige stoffen in gebruik genomen als vervanging voor sterke drank, omdat ze waren vrijgesteld van de verbodswet.

Een daarvan was Jamaica-gember. Maar omdat het Amerikaanse product Pharmacopoeia duur was, bootleggers bedachten het idee om een vervangende Jamaica-gember te maken. Ze slaagden er zo goed in dat hun onechte product reageerde op de juiste chemische testen en de

overheidschemici misleidde.

Om hun valse gember de nodige smaak te geven, hadden ze echter een chemische stof genaamd tri-orthocresylfosfaat geïntroduceerd, die, net als de andere organische fosfaten, inclusief de bekende parathion, het beschermende enzym cholinesterase vernietigt. Als gevolg van het drinken van het product van de **bootleggers**, ontwikkelden ongeveer vijftienduizend mensen een permanent verlamme vorm van de beenspieren, een aandoening die bekend werd als 'gemberverlamming'. De verlamming ging gepaard met schade aan de omhulsels van de zenuwvezels en door degeneratie van de cellen van de **voorhoorns** van het ruggenmerg.

Ongeveer twee decennia later, toen verschillende organische fosfaten in gebruik kwamen als insecticiden, begonnen zich gevallen voor te doen doen denken aan de episode van gemberverlamming. Bijvoorbeeld, een serrearbeider in Duitsland die parathion had gebruikt en bij enkele van dergelijke gelegenheden milde vergiftigingsverschijnselen had gehad, raakte enkele maanden later plotseling verlamd. Toen ontwikkelde een groep van drie werknemers in een chemische fabriek acute vergiftiging door blootstelling aan insecticiden van deze groep. Ze herstelden onder behandeling, maar tien dagen later ontwikkelden twee van hen spierzwakte in de benen. Dit duurde tien maanden in één, een negenendertigjarige man; de andere, een achtentwintig-jarige vrouw, werd zwaarder getroffen, met verlamming in beide benen en enige betrokkenheid van de handen en armen. Twee jaar later, toen haar zaak werd gemeld in een medisch tijdschrift, ze kon nog steeds niet lopen. Het insecticide dat verantwoordelijk is voor deze gevallen is uit de markt genomen, maar sommige insecticiden die nu in **gebruik zijn**, kunnen soortgelijke schade veroorzaken. Zowel malathion (geliefd bij tuinders) als een ander organisch fosfaat, een fenolische verbinding die wordt gebruikt als insecticide, hebben ernstige spierzwakte teweeggebracht in experimenten met kippen, en dit ging gepaard met vernietiging van de omhulsels van de heup- en ruggenmergzenuwen.

Al deze gevolgen van organische fosfaatvergiftiging kunnen een opmaat zijn naar iets dat nog erger is. Gezien de ernstige schade die insecticiden van deze groep aan het zenuwstelsel toebrengen, was het misschien onvermijdelijk dat ze uiteindelijk in verband zouden worden gebracht met psychische aandoeningen. In ieder geval is dat verband recentelijk verstrekt door onderzoekers van de University of Melbourne en Prince Henry's Hospital in Melbourne, die melding maakten van zestien gevallen van psychische aandoeningen. Alle patiënten hadden een geschiedenis van langdurige blootstelling aan organische fosfaat-insecticiden. Drie waren wetenschappers die de werkzaamheid van sprays hadden gecontroleerd; acht hadden in kassen gewerkt; vijf waren landarbeiders geweest. Hun symptomen varieerden van geheugenstoornissen tot schizofrene en depressieve reacties. Echo's van dit soort dingen zijn overal in de medische literatuur te vinden, waarbij soms de gechloreerde koolwaterstoffen betrokken zijn, soms de organische fosfaten. Verwarring, wanen, geheugenverlies, manias - dit zijn een zware prijs om te betalen voor de tijdelijke vernietiging van enkele insecten, maar ze zijn een prijs die zal worden geëvalueerd zolang we erop staan chemicaliën te gebruiken die direct op de zenuwstelsel.

De strijd tussen levende wezens tegen kanker begon zo lang geleden dat het begin ervan verloren ging in de tijd. Maar het begon ongetwijfeld in een natuurlijke omgeving, waarin het leven dat de aarde bewoonde, voor goed of slecht werd onderworpen aan invloeden die hun oorsprong hadden in zon en storm en de oude substanties van de planeet. Sommige elementen van deze omgeving creëerden gevaren, waaraan het leven zich moest aanpassen of vergaan. De ultraviolette straling in zonlicht kan kwaadaardigheid veroorzaken. Zo kunnen straling van bepaalde rotsen, en zo ook arseen uit grond of rotsen worden gewassen om voedsel of watervoorraden te besmetten. De omgeving bevatte deze vijandige elementen nog voordat het leven begon. Toch ontstond het leven, en gedurende miljoenen jaren bestond het in oneindige aantallen en eindeloze variëteit. De natuurlijke kankerver-

wekkende middelen zijn nog steeds een factor bij het produceren van maligniteit; er zijn er echter maar weinig in aantal en ze behoren tot die oude reeks krachten waarmee het leven vanaf het begin heeft moeten worstelen. Het was met de komst van de mens dat de situatie begon te veranderen, want de mens, alleen van alle vormen van leven, kan stoffen creëren die kanker veroorzaken. Een aantal door de mens gemaakte kankerverwekkende stoffen (de medische term voor alle kankerverwekkende stoffen) maken al eeuwen deel uit van ons milieu; een voorbeeld is roet. Met het aanbreken van het industriële tijdperk werd de wereld een plaats van voortdurende en steeds versnellende verandering. De natuurlijke omgeving werd snel vervangen door een kunstmatige, bestaande uit nieuwe chemische en fysische agentia, waarvan vele krachtige capaciteiten bezaten om biologische verandering teweeg te brengen.

Het eerste besef dat externe, of omgevingsfactoren kanker konden produceren, ontstond bijna twee eeuwen geleden in de geest van een Londense arts. In 1775 verklaarde Percivall Pott dat scrotumkanker, toen gebruikelijk bij schoorsteenvegers, moet worden veroorzaakt door het roet dat zich ophoopte op hun lichaam. Hij kon niet het bewijs leveren dat we vandaag zouden eisen, maar moderne onderzoeksmethoden hebben nu de dodelijke chemicaliën in roet geïsoleerd. Al een eeuw of langer na de ontdekking van Pott lijkt er weinig meer te beseffen dat bepaalde chemicaliën in de menselijke omgeving kanker kunnen veroorzaken, door herhaald huidcontact, inademing of slikken. Toegegeven, het was opgemerkt dat huidkanker de overhand had bij werknemers die werden blootgesteld aan arseenrook in de kopersmelters en tingieterijen in Cornwall en Wales. En men besepte dat arbeiders in de kobaltmijnen in Saksen en in de uraniummijnen in Joachimsthal, in Bohemen, aan een longziekte leden, die later als kanker werd geïdentificeerd. Maar dit waren fenomenen uit het pre-industriële tijdperk. De vroegste erkenning van kwaadaardige ziekten die terug te voeren zijn tot het tijdperk van de industrie vond plaats in het laatste kwart van de negentiende eeuw. Rond de tijd dat Pasteur de microbiële oorsprong van veel infectieziekten aantoonde, ontdekten andere mannen de chemische oorsprong van bepaalde vormen van kanker - huidkanker bij werknemers in de nieuwe bruinkoolindustrie in Saksen en in de Schotse schalie-industrie, en verschillende soorten kanker veroorzaakt door blootstelling aan teer en pek. Tegen het einde van de negentiende eeuw waren er een half dozijn industriële kankerverwekkende stoffen bekend; de twintigste eeuw zou talloze nieuwe kankerverwekkende chemicaliën creëren. In de minder dan twee eeuwen sinds het pionierswerk van Pott is de milieusituatie sterk veranderd. Blootstellingen aan gevaarlijke chemicaliën zijn niet langer alleen op het werk; dergelijke chemicaliën zijn in het milieu van bijna iedereen terechtgekomen - waarschijnlijk zelfs van nog ongebornen kinderen. Het is daarom niet verwonderlijk dat de laatste tijd een alarmerende toename van kwaadaardige ziekten heeft plaatsgevonden. Het maandelijkse rapport van het Office of Vital Statistics voor juli 1959 stelt dat kwaadaardige gezwellen, inclusief die van de lymfatische en bloedvormende weefsels, vijftien procent van de sterfgevallen in 1958 vertegenwoordigden, vergeleken met slechts vier procent in 1900. Op basis van de huidige incidentie van de ziekte, schat de American Cancer Society dat vijfenveertig miljoen Amerikanen die nu leven uiteindelijk kanker zullen ontwikkelen;

De situatie met betrekking tot kinderen is nog dieper verontrustend. Een kwart eeuw geleden werd kanker bij kinderen beschouwd als een medische zeldzaamheid. Toen werd het frequenter, en in 1947 werd de eerste kliniek in de Verenigde Staten, exclusief gewijd aan de behandeling van kinderen met kanker, gevestigd in Boston. Tegenwoordig sterven meer Amerikaanse schoolkinderen aan kanker dan aan enige andere oorzaak behalve ongelukken. Twaalf procent van alle sterfgevallen van kinderen tussen één en veertien jaar worden veroorzaakt door kanker. Grote aantallen kwaadaardige tumoren worden klinisch ontdekt bij kinderen jonger dan vijf jaar, maar een nog grimmiger feit is dat een aanzienlijk aantal van dergelijke gezwellen aanwezig is bij of vóór de geboorte. Dr. WC Hueper, hoofd van de afdeling milieukanker van het National Cancer Institute, een van de belangrijkste autoriteiten op dit gebied, heeft gesuggereerd dat aangeboren kankers en kankers bij zuige-

lingen kunnen voortkomen uit carcinogenen waaraan de moeder tijdens de zwangerschap is blootgesteld en die de placenta binnendringen om in te werken op de snel ontwikkelende foetale weefsels.

" Experimenten tonen aan dat hoe jonger een dier is wanneer het wordt onderworpen aan een kankerverwekkende stof, hoe waarschijnlijker het is dat kanker verschijnt. Dr. Francis E. Ray, van de Universiteit van Florida, heeft gewaarschuwd dat "we bij de kinderen van vandaag kanker kunnen initiëren door de toevoeging van chemicaliën," en dat "we misschien niet weten, misschien voor een generatie of twee, wat de effecten zullen zijn. "

Bewijs verkregen uit dierproeven heeft aangetoond dat verschillende van de pesticiden absoluut als kankerverwekkend moeten worden beoordeeld. Wat betreft hun effect op mensen, het bewijs is indirect, aangezien het moet zijn, omdat we geen mensen gebruiken in laboratoriumexperimenten met kanker, maar het is niettemin indrukwekkend. De lijst met kankerverwekkende chemicaliën is aanzienlijk verlengd als we die toevoegen die volgens sommige artsen leukemie veroorzaken. Sommige pesticiden kunnen kanker veroorzaken, niet omdat de chemische stoffen zelf kankerverwekkend zijn, maar omdat de aardoliedestillaten waarin ze zijn opgelost of gesuspenderd kankerverwekkend kunnen zijn.

Nog andere chemicaliën zullen aan de lijst worden toegevoegd als we die opnemen waarvan de werking op levende weefsels of cellen kan worden beschouwd als een indirecte oorzaak van kwaadaardigheid. Een van de pesticiden die het langst in verband zijn gebracht met kanker is arseen, dat voorkomt in natriumarseniet, dat wordt gebruikt als onkruidverdelger, en in calciumarsenaat en loodarsenaat, die worden gebruikt als insecticiden.

Een opvallend voorbeeld van de gevolgen van blootstelling wordt verteld door Dr. Hueper in zijn "Beroepstumoren en aanverwante ziekten", een klassieke monografie over het onderwerp. De stad Reichenstein, in Silezië, was gedurende honderden jaren de locatie van arseenmijnen en arseenafval verzamelde zich in de buurt van de mijnschachten en werd opgepikt door beekjes die uit de nabijgelegen bergen kwamen. Het ondergrondse water werd vervuild en arseen kwam het drinkwater binnen. Eeuwenlang, veel van de inwoners van het gebied leden aan wat bekend werd als 'de ziekte van Reichenstein' - chronisch arsenicum met bijbehorende aandoeningen van de lever, de huid en het maagdarm- en zenuwstelsel. Kwaadaardige tumoren waren een veel voorkomende bijwerking van de ziekte. De ziekte van Reichenstein is nu vooral van historisch belang, een kwart eeuw geleden werden nieuwe watervoorraden voorzien, waaruit arseen grotendeels werd geëlimineerd. In de provincie Córdoba in Argentinië daarentegen is chronische arseenvergiftiging, vergezeld van huidkanker, endemisch, omdat het drinkwater is vervuild door rotsformaties die arseen bevatten. Het zou niet moeilijk zijn om overal ter wereld omstandigheden te creëren die vergelijkbaar zijn met die in Reichenstein en Córdoba, gewoon door het langdurig gebruik van arseeninsecticiden in de Verenigde Staten,

Sommige van de vele nieuwe chemicaliën waaraan we worden blootgesteld, blijken ook kankerverwekkend te zijn - zeker niet alleen pesticiden, hoewel pesticiden er een prominente rol in spelen. In laboratoriumtests bij proefpersonen heeft DDT verdachte levertumoren geproduceerd. Wetenschappers van de Food and Drug Administration, die de ontdekking van deze tumoren meldden, wisten niet hoe ze te classificeren, maar vonden dat er een "rechtvaardiging was om hen te beschouwen als lage carcinomen van levercellen." Dr. Hueper beoordeelt DDT nu zeker als een " chemisch carcinogeen. "Van de onkruidverdelger aminotriazol is bewezen dat het schildklierkanker veroorzaakt bij proefdieren. In 1959 werd deze chemische stof door een aantal cranberry-telers zodanig misbruikt dat ze residuen produceerden op sommige van de in de handel gebrachte bessen. *De Food and Drug Administration* heeft de besmette veenbessen in beslag genomen, en in de controverse die on-

vermijdelijk volgde, werd de bewering dat de chemische stof feitelijk kanker produceerde, aangevochten, zelfs door veel medische mannen. De wetenschappelijke feiten die zijn vrijgegeven door de *Food and Drug Administration* laten echter duidelijk zien dat aminotriazol carcinogeen is in laboratoriumratten. Toen deze dieren de chemische stof met een snelheid van honderd delen per miljoen in hun drinkwater hadden gekregen - dat wil zeggen, één theelepel chemische stof in tienduizend theelepels water gedurende achtenzestig weken, begonnen ze schildkliertumoren te ontwikkelen. Na twee jaar waren dergelijke tumoren aanwezig in meer dan de helft van de onderzochte ratten. Ze werden gediagnosticeerd als goedaardige en kwaadaardige gezwellen van verschillende typen. De tumoren verschenen ook wanneer de concentratie van de chemische stof was verminderd; in feite werd een concentratie die geen effect produceerde niet gevonden. Niemand weet,

Sinds de introductie van de gechloreerde koolwaterstofinsecticiden en de moderne herbiciden is onvoldoende tijd verstreken om hun volledige effecten te onthullen. De meeste maligniteiten ontwikkelen zich langzaam. In het begin van de jaren twintig slikten vrouwen die lichtgevendende figuren op de wijzerplaten van de wijzerplaat kleine hoeveelheden radium slikten als gevolg van het aanraken van de borstels aan hun lippen, en in sommige van deze vrouwen ontstonden botkanker na een verloop van meer dan vijftien jaar. Voor sommige kankers veroorzaakt door beroepsmatige blootstelling aan carcinogenen is een periode van dertig jaar of zelfs meer aangetoond. De eerste blootstellingen aan de nieuwe synthetische pesticiden dateren van omstreeks 1942 voor militairen en vanaf omstreeks 1945 voor burgers, en het was pas in de vroege jaren vijftig dat een grote verscheidenheid aan bestrijdingsmiddelen in gebruik werd genomen, dus de volledige rijping van de zaden van kwaadaardigheid die deze chemicaliën hebben gezaaid, moet nog komen. Er is echter één ziekte die meestal als kwaadaardig wordt beschouwd en die geen lange latentieperiode hoeft te hebben. Dit is leukemie in zijn acute vorm.

Overlevenden van Hiroshima begonnen pas drie jaar na de atoombom leukemie te ontwikkelen en er is nu reden om aan te nemen dat de latente periode soms aanzienlijk korter kan zijn. Binnen de periode van de opkomst van moderne chemicaliën is ook de incidentie van leukemie gestaag toegenomen. Cijfers die verkrijgbaar zijn bij het Office of Vital Statistics bevestigen dit feit duidelijk. In het jaar 1960 eiste alleen leukemie 12.290 slachtoffers, in tegenstelling tot 8.845 in 1950. Het aantal sterfgevallen door alle soorten kwaadaardigheid van het bloed en de lymfe bedroeg 25.400, in tegenstelling tot 16.690 in 1950. In termen van sterfgevallen per honderdduizend inwoners bedroeg het cijfer voor 1950 11,1 en dat voor 1960 14,1. En in alle landen neemt het geregistreerde aantal sterfgevallen door leukemie op de leeftijd van vier tot vijf procent per jaar toe.

Wereldberoemde instellingen zoals de Mayo Clinic laten nu honderden slachtoffers van bloed- en lymfeziekten toe. In geval na geval wordt een noodlottige reeks gebeurtenissen onthuld in de recente geschiedenis van de patiënt. Bepaalde waarheden zijn onvermijdelijk duidelijk geworden voor Dr. Malcolm Hargraves, van de afdeling Hematologie van de Mayo Clinic: in veel gevallen, slachtoffers van leukemie, van een ernstige depressie van het beenmerg genaamd aplastische anemie, van de ziekte van Hodgkin en van andere aandoeningen van de ziekte van Hodgkin. het bloed en de bloedvormende weefsels hebben een geschiedenis van blootstelling aan moderne chemicaliën gehad - waaronder verven, stookoliën en verschillende sprays die DDT, chloor, BHC, de nitrofenolen bevatten, het gewone motkristal paradichloorbenzeen, lindaan en natuurlijk de vloeistoffen waarin ze werden opgelost of gesuspendeerd. Volgens Dr. Hargraves, milieuziekten die verband houden met het gebruik van verschillende giftige stoffen zijn toegenomen, vooral in de afgelopen tien jaar. "Ik geloof dat de overgrote meerderheid van de patiënten die lijden aan bloeddyscrasieën en lymfoïde ziekten een aanzienlijke geschiedenis hebben van blootstelling aan de verschillende koolwaterstoffen, die op hun beurt de meeste pesticiden van vandaag omvatten," zei hij. "Een zorgvuldige medische geschiedenis zal bijna altijd zo'n relatie tot stand brengen."

Wat voor soort belichting tonen de casuïstiek? Onder degenen die door Dr. Hargraves worden bewaard, is blootstelling aan een enkele chemische stof eerder uitzondering dan regel. Een commercieel bestrijdingsmiddel bevat meestal een combinatie van verschillende chemicaliën gesuspenderd in een aardoliedestillaat, plus wat dispergeermiddel. Vanuit praktisch oogpunt, in plaats van medisch, is dit onderscheid echter van weinig belang, omdat deze aardoliedestillaten een onlosmakelijk onderdeel zijn van de meest gebruikelijke sprays. Een typische casusgeschiedenis betreft een huisvrouw die spinnen verafschuwde. Half augustus ging ze haar kelder in met een spuitbus met DDT en aardoliedestillaat. Ze besproeide de hele kelder grondig - onder de trap, in de fruitkasten en rond het plafond en de spanten. Toen ze klaar was met spuiten, werd ze behoorlijk ziek, misselijkheid en extreme angst en nervositeit ervaren.

Binnen enkele dagen voelde ze zich echter beter en, blijkbaar de oorzaak van haar moeilijkheid niet vermoedend, herhaalde ze de hele procedure tweemaal in september. Na het derde gebruik van de aerosol ontwikkelden zich nieuwe symptomen - koorts, algemene malaise, pijn in de gewrichten en acute flebitis in één been. Toen ze in oktober door Dr. Hargraves werd onderzocht, bleek ze te lijden aan acute leukemie. Ze stierf binnen een maand. Een andere patiënt van Dr. Hargraves besproeide de kelder en alle afgelegen gebieden van een voorn met roet besmet gebouw met een concentratie van vijfentwintig procent DDT in een oplosmiddel dat gemethyleerde naftalenen bevat. Binnen korte tijd begon hij te kneuzen en te bloeden. Hij ging de kliniek binnen met een aantal bloedingen. Studies van zijn bloed onthulden aplastische bloedarmoede. Gedurende de volgende vijf en een halve maand ontving hij negenenvijftig transfusies, naast andere therapie. Er was gedeeltelijk herstel, maar ongeveer negen jaar later ontwikkelde zich een fatale leukemie.

De medische literatuur van dit land en andere bevat veel gevallen die het geloof in een oorzaak-gevolg relatie tussen de nieuwe chemicaliën en leukemie en andere bloedaandoeningen ondersteunen. De gevallen betroffen boeren die waren gevangen in de "fall-out" van hun eigen spuitplatforms of van vliegtuigen, een student die zijn kamer op mieren sproeide en in de kamer bleef om te studeren, een vrouw die een draagbare linaanverdamper in haar huis had geïnstalleerd, en een werker in een katoenveld dat was besproeid met chloorordaan en toxafeen. En toen was er een Zweedse boer wiens zaak vreemd doet denken aan die van de Japanse visser Aikichi Kuboyama, van het tonijnvaartuig de Lucky Dragon. Net als Kuboyama was de boer een gezonde man geweest die zijn leven uit het land had gehaald terwijl Kuboyama het zijne uit de zee had gehaald. Voor elke man een gif dat in de lucht zweefde, droeg een doodvonnis. Ten eerste was **het radioactieve as. Voor de ander was het chemisch stof.**

Op een dag vroeg in mei behandelde de boer ongeveer zestig hectare land met een stof met DDT en BHC. Terwijl hij aan het werk was, brachten windwolken kleine stofwolken om hem heen. **"S Avonds** voelde hij zich ongewoon moe, en gedurende de daaropvolgende dagen had hij een algemeen gevoel van zwakte, met rugpijn en pijnlijke benen en koude rillingen, en was hij verplicht naar zijn bed te brengen," zegt een rapport van de medische kliniek in van Lund. Zijn toestand werd slechter en een week na het sproeien vroeg hij opname in het plaatselijke ziekenhuis. Hij had hoge koorts en zijn bloedbeeld was abnormaal. Na twee en een halve maand stierf hij. Een post-mortem onderzoek onthulde een volledige verspilling van het beenmerg. **het was radioactieve as. Voor de ander was het chemisch stof.**

Op een dag vroeg in mei behandelde de boer ongeveer zestig hectare land met een stof met DDT en BHC. Terwijl hij aan het werk was, brachten windwolken kleine stofwolken om hem heen. "S Avonds voelde hij zich ongewoon moe, en gedurende de daaropvolgende dagen had hij een algemeen gevoel van zwakte, met rugpijn en pijnlijke benen en koude rillingen, en was hij verplicht naar zijn bed te brengen," zegt een rapport van de medische kliniek in van Lund. Zijn toestand werd slechter en een week na het sproeien vroeg hij opname in het plaatselijke ziekenhuis. Hij had hoge koorts en zijn bloedbeeld was abnormaal. Na twee en een halve maand stierf hij. Een post-mortem onderzoek onthulde een volledige verspilling van het beenmerg. het was radioactieve as. Voor de ander was het chemisch stof.

Op een dag vroeg in mei behandelde de boer ongeveer zestig hectare land met een stof met DDT en BHC. Terwijl hij aan het werk was, brachten windwolken kleine stofwolken om hem heen. "s- Avonds voelde hij zich ongewoon moe, en gedurende de daaropvolgende dagen had hij een algemeen gevoel van zwakte, met rugpijn en pijnlijke benen en koude rillingen, en was hij verplicht naar zijn bed te brengen," zegt een rapport van de medische kliniek in van Lund. Zijn toestand werd slechter en een week na het sproeien vroeg hij opname in het plaatselijke ziekenhuis. Hij had hoge koorts en zijn bloedbeeld was abnormaal. Na twee en een halve maand stierf hij. Een post-mortem onderzoek onthulde een volledige verspilling van het beenmerg.

De weg naar kanker kan een indirecte zijn. Een stof die in de normale zin geen carcinogeen is, kan het normale functioneren van een deel van het lichaam zodanig verstoren dat er een kwaadaardigheid ontstaat. Belangrijke voorbeelden zijn de vormen van kanker, vooral van het voortplantingssysteem, die verband lijken te houden met verstoringen in de balans van de geslachtshormonen, want deze verstoringen kunnen op hun beurt in bepaalde gevallen het gevolg zijn van iets dat het vermogen van de lever beïnvloedt om het juiste niveau van de hormonen te behouden. De gehloeerde koolwaterstoffen zijn precies het soort middel dat dit kan doen. Zowel de mannelijke als de vrouwelijke hormonen zijn natuurlijk normaal aanwezig in het lichaam, hoewel in verschillende verhoudingen bij de twee geslachten, en ze vervullen een noodzakelijke groeistimulerende functie met betrekking tot de verschillende voortplantingsorganen. Daarnaast, we absorberen synthetische hormonen uit externe bronnen, zoals cosmetica, medicijnen en voedingsmiddelen. Het is belangrijk dat het lichaam wordt beschermd tegen een onbalans tussen mannelijke en vrouwelijke hormonen en tegen een overmatige ophoping van beide, en normaal gesproken biedt de lever deze bescherming. Het is echter mogelijk dat het de vrouwelijke hormonen of oestrogenen niet kan inactiveren (hoewel het de mannelijke hormonen blijft beheersen), als het is beschadigd door ziekte of chemicaliën, of als de toevoer van de B-complexvitaminen onvoldoende is. Onder deze omstandigheden bouwen de oestrogenen zich op tot abnormaal hoge niveaus.

Wat zijn de effecten? In dieren is er in ieder geval overvloedig bewijs uit experimenten. Een onderzoeker van het Rockefeller Institute ontdekte bijvoorbeeld dat vrouwelijke konijnen waarvan de lever door ziekte was beschadigd, een zeer hoge incidentie van baarmoedertumoren vertoonden; men denkt dat deze zich hebben ontwikkeld omdat de lever de oestrogenen in het bloed niet langer kon inactiveren, met als gevolg dat ze tot een kankerverwekkend niveau zijn gestegen. Uitgebreide experimenten met muizen, ratten, cavia's en apen tonen aan dat de langdurige toediening van oestrogenen - niet noodzakelijkerwijs op hoge niveaus - veranderingen in de weefsels van de voortplantingsorganen heeft veroorzaakt, variërend van goedaardige overgroei tot definitieve kwaadaardigheid. Tumoren van de nieren zijn bij hamsters geïnduceerd door de toediening van oestrogenen.

Hoewel de medische mening over de vraag verdeeld is, er bestaat veel bewijs om de opvatting te ondersteunen dat vergelijkbare effecten kunnen optreden in menselijke weefsels. Onderzoekers van het Royal Victoria Hospital aan de McGill University die honderdvijftig gevallen van baarmoeder-

kanker bestudeerden, vonden dat tweederde hiervan optrad bij patiënten bij wie de oestrogeenspiegels abnormaal hoog waren. Van een latere serie, van twintig gevallen, had negentig procent even hoge oestrogeenspiegels.

Leverbeschadiging die voldoende is om de inactivering van oestrogenen te verstoren, kan worden veroorzaakt door de gechlloreerde koolwaterstoffen, die bij zeer lage inname veranderingen in levercellen veroorzaken. Net als alle andere stoffen die oxidatieve enzymen vernietigen, kunnen ze ook verlies van de B-vitamines veroorzaken, die, zoals bepaalde andere bewijsketens hebben aangetoond, een beschermende rol spelen tegen kanker. De overleden CP Rhoads, ooit directeur van het Sloan-Kettering Institute for Cancer Research, ontdekte dat proefdieren die werden blootgesteld aan een zeer krachtige chemische kankerverwekkende stof geen kanker ontwikkelden als ze gist hadden gekregen, een rijke bron van de natuurlijke B-vitamines. In experimenten uitgevoerd in de jaren veertig bleek een tekort aan deze vitamines mondkeizerlijc en misschien ook kanker van andere delen van het spijsverteringskanaal te vergezellen. Dit is waargenomen zowel in de Verenigde Staten als in de noordelijke delen van Zweden en Finland, waar het dieet gewoonlijk een tekort aan vitamines heeft. Bepaalde groepen mensen - de Bantu-stammen van Afrika bijvoorbeeld - zijn vooral gevoelig voor primaire leverkanker, en dergelijke groepen lijden meestal aan ondervoeding. Kanker van de mannelijke borst komt ook veel voor in delen van Afrika en wordt meestal geassocieerd met leverziekte en ondervoeding.

Ook hier zien we op het gebied van kanker - direct of indirect - een bekend patroon. Blootstelling van mensen aan gevaarlijke chemicaliën, waaronder pesticiden, is ongecontroleerd en ze zijn meer-
voudig. Een individu kan veel verschillende blootstellingen aan dezelfde chemische stof hebben. Het is heel goed mogelijk dat hoewel geen van deze blootstellingen voldoende zou zijn om maligniteit te veroorzaken, elke enkele zogenaamd "veilige dosis" voldoende zou kunnen zijn om de weegschaal te belasten die al is geladen met andere "veilige doses". En nogmaals, de schade kan worden toegebracht door twee of meer carcinogenen die samenwerken. Het individu dat wordt blootgesteld aan DDT is vrijwel zeker blootgesteld aan andere koolwaterstoffen - in bijvoorbeeld oplosmiddelen, verfverwijderaars, ontvettingsmiddelen, stomerijvloei-
stoffen en anesthetica. Wat dan, kan een "veilige dosis" DDT zijn? De situatie wordt nog ingewikkelder gemaakt door het feit dat de ene chemische stof op de andere inwerkt om het effect ervan te veranderen. Kanker kan soms het gevolg zijn van de complementaire werking van twee chemicaliën, waarvan er één de cel of het weefsel sensibiliseert, zodat het later, onder invloed van een tweede, zogenaamd promotiemiddel, kwaadaardigheid ontwikkelt; de herbiciden IPC en CIPC, leden van de carbamaatgroep, kunnen bijvoorbeeld fungeren als initiators bij de productie van huidtumoren, die de zaadjes van kwaadaardigheid zaaien, die door andere stoffen in de praktijk kunnen worden gebracht. Een dergelijke interactie kan complex en ingrijpend zijn. Watervervuilingdeskundigen in de Verenigde Staten zijn bezorgd over het feit dat reinigingsmiddelen nu een lastige en praktisch universele verontreiniging van openbare watervoorraden zijn, en dat er geen praktische manier is om ze door behandeling te verwijderen. Sommige wasmiddelen kunnen kanker op een indirecte manier bevorderen - ze werken op de bekleding van het spijsverteringskanaal en veranderen de weefsels ervan, zodat ze gemakkelijker gevaarlijke chemische stoffen absorberen, waarvan het effect wordt verergerd. Wie kan deze actie voorzien en beheersen? In de caleidoscoop van veranderende omstandigheden, welke dosis van zelfs een indirect kankerbevorderend middel kan "veilig" zijn behalve een nul-dosis? Het is namelijk een centrum van controversiële discussie en enige actie geweest.

In 1958 plaatste de wijziging van de levensmiddelenadditieven van de federale wet inzake levensmiddelen, geneesmiddelen en cosmetica, die van toepassing is op stoffen die daadwerkelijk in voedsel zijn opgenomen, en niet op pesticiden, kankerverwekkende stoffen in een andere categorie dan andere giftige stoffen. Wat dit betekende, was dat terwijl de *Food and Drug Administration* administratieve discretie werd toegekend bij het vaststellen van veilige niveaus van levensmiddelenadditie-

ven in het algemeen, elke stof waarvan werd vastgesteld dat deze kanker bij mensen of dieren induceerde, automatisch als onveilig werd aangemerkt en het gebruik ervan als additief voor levensmiddelen verboden was. En in een gevierde instantie, in 1959, past Arthur S. Flemming, minister van Volksgezondheid, Onderwijs en Welzijn, "nultolerantie" toe op een pesticide toen hij de verkoop verbood in Amerikaanse handel van veenbessen met residuen van de kankerverwekkende onkruidverdelger aminotriazol.

We tolereren kankerverwekkende middelen in onze omgeving op eigen risico, zoals een recente gebeurtenis duidelijk illustreert. In het voorjaar van 1961 verscheen een epidemie van leverkanker onder regenboogforel in federale, staats- en particuliere broederijen. Forel in zowel het oostelijke als het westelijke deel van de Verenigde Staten werd getroffen, en in sommige gebieden ontwikkelde bijna honderd procent van de forel ouder dan drie jaar kanker. Deze ontdekking is gedaan op grond van een reeds bestaande regeling tussen de Fish and Wildlife Service en de afdeling milieukanker van het National Cancer Institute, waarbij de eerstgenoemde het bestaan van tumoren in elke vis aan de laatstgenoemde zou melden, als een voorzorgsmaatregel tegen kanker gevaar voor de mens door waterveroontreinigingen. Studies zijn nog gaande om de exacte oorzaak van deze epidemie in een zo groot gebied te bepalen, maar het beste bewijs zou wijzen op een stof die aanwezig is in de voorbe-reide broederijvoerders, die een ongelooflijke verscheidenheid aan chemische additieven en medicinale stoffen bevatten. Het verhaal van de forel is om vele redenen belangrijk, maar vooral als een voorbeeld van wat er kan gebeuren wanneer een krachtig carcinogeen in de omgeving van elke soort wordt geïntroduceerd.

Dr. Hueper heeft deze epidemie geïnterpreteerd als een serieuze waarschuwing dat er veel meer aandacht moet worden besteed aan het beheersen van het aantal en de verscheidenheid aan kankerverwekkende stoffen in het milieu. "Als dergelijke preventieve maatregelen niet worden genomen," zegt hij, "zal het stadium worden bepaald in een progressief tempo voor het toekomstige optreden van een soortgelijke ramp als de menselijke bevolking."

De ontdekking dat we leven in wat een andere onderzoeker 'een zee van kankerverwekkende stoffen' heeft genoemd, is natuurlijk ontmoedigend en kan gemakkelijk leiden tot een reactie van wanhoop en defaitisme. "Is het geen hopeloze situatie?", Is het gemeenschappelijke antwoord. "Is het zelfs onmogelijk om te proberen deze kankerproducerende middelen uit onze wereld te elimineren? Zou het niet beter zijn om geen tijd te verspillen aan het proberen, en al onze inspanningen te wijden aan onderzoek om in plaats daarvan een remedie voor kanker te vinden?" Wanneer deze vraag aan dr. Hueper wordt gesteld, antwoordt hij met de attentheid van iemand die erover heeft nagedacht lang. Hij is van mening dat onze huidige situatie met betrekking tot kanker sterk lijkt op die van de mensheid met betrekking tot infectieziekten in de laatste helft van de negentiende eeuw.

Dankzij het briljante werk van Pasteur en Koch, medici en zelfs het grote publiek, werden ons ervan bewust dat de menselijke omgeving werd bewoond door een enorm aantal micro-organismen die ziektes kunnen veroorzaken, net zoals we ons tegenwoordig steeds meer bewust zijn van de kankerverwekkende stoffen die onze omgeving doordringen. Defaitisme was duidelijk niet het antwoord in het geval van infectieziekten, want, zoals we hebben gezien, zijn de meeste van hen onder een redelijke mate van controle gebracht, en sommige zijn praktisch geëlimineerd.

Deze briljante medische prestatie kwam tot stand door een tweevoudige aanval - een die zowel preventie als genezing benadrukte. Ondanks de prominente plaats die wordt gegeven aan "magische kogels" en "wondermiddelen", bestonden de meeste van de echt beslissende gevechten in de oorlog tegen besmettelijke ziekten uit maatregelen om ziekteorganismen uit de omgeving te elimineren. Een voorbeeld uit de geschiedenis betreft de grote uitbraak van cholera in Londen meer dan honderd jaar geleden. Een Londense arts, John Snow, bracht het voorkomen van gevallen in kaart en

ontdekte dat ze uit een gebied kwamen, waarvan alle inwoners hun water uit een pomp in Broad Street haalden. In een snelle en beslissende slag van preventieve geneeskunde verwijderde Dr. Snow de hendel van de pomp en de epidemie werd daardoor onder controle gebracht. Zelfs therapeutische maatregelen hebben niet alleen het resultaat van het genezen van de patiënt, maar van het verminderen van de foci van infectie; de huidige relatieve zeldzaamheid van tuberculose is bijvoorbeeld in belangrijke mate een gevolg van het feit dat tegenwoordig de gemiddelde persoon zelden in contact komt met de tuberkelbacil. Vandaag zijn we omringd door een grote verscheidenheid aan kankerproducerende middelen. Volgens Dr. Hueper

Waarom zijn we traag geweest om deze logische benadering van het kankerprobleem te volgen? Waarschijnlijk omdat, zoals Dr. Hueper het stelt, "het doel van het genezen van de slachtoffers van kanker opwindender, tastbaarder, glamozeuzer en meer lonend is dan preventie." Toch is het voorkomen van kanker geenszins hopeloos. In één belangrijk opzicht zijn de vooruitzichten inderdaad bemoedigender dan de situatie met betrekking tot infectieziekten rond de eeuwwisseling was. De mens had de bacteriën niet in het milieu gebracht en zijn rol bij het verspreiden ervan was onvrijwillig. De mens heeft daarentegen de overgrote meerderheid van de kankerverwekkende stoffen in het milieu gebracht en hij kan, als hij dat wenst, veel van deze stoffen elimineren. De chemische middelen van kanker zijn - ironisch genoeg - verankerd in onze wereld door de zoektocht van de mens naar een betere en gemakkelijkere manier van leven. Het zou onrealistisch zijn om te veronderstellen dat ze allemaal uit de moderne wereld kunnen of zullen worden geëlimineerd, maar van de agenten die verantwoordelijk zijn voor de huidige voorspelling van de American Cancer Society dat één op de vier kanker zal ontwikkelen, **is een zeer groot deel geenszins levensbehoeften**. Door hun eliminatie zou de totale lading kankerverwekkende stoffen enorm worden verlicht. In het belang van degenen bij wie kanker al een verborgen of zichtbare aanwezigheid is, moeten de inspanningen om genezing te vinden natuurlijk doorgaan. Maar voor degenen die nog niet door de ziekte zijn getroffen, en zeker voor de nog ongeboorte generaties, is preventie de absolute noodzaak.

Iedereen die eraan twijfelt dat de leeftijd waarin we leven, een tijdperk van vergif is, hoeft alleen maar een supermarkt binnen te lopen, waar hij zal ontdekken dat hij, zonder vragen te stellen, stoffen met een veel grotere dodelijkheid kan kopen dan het medicijn voor waarbij hij mogelijk een 'gifboek' moet ondertekenen in de apotheek hiernaast. Een paar minuten onderzoek in een supermarkt zou voldoende zijn om de meest harteloze klant te alarmeren als hij ooit een paar basisfeiten had gekregen over de chemicaliën die voor zijn keuze werden gepresenteerd. Als een enorme schedel en gekruiste knokkels boven de insecticidenafdeling waren opgehangen, zou de klant het op zijn minst kunnen betreden met het respect dat normaal wordt toegekend aan doodsafhankelijke materialen, maar in plaats daarvan is het display huiselijk en vrolijk en met de augurken en olijven aan de gang, en de aangrenzende bad- en waszeep, de rijen op rijen insecticiden zien er onschadelijk genoeg uit. Binnen handbereik van een kind zijn hand verkennen chemicaliën in glazen containers; als een kind of een zorgeloze volwassene een van deze op de grond zou laten vallen, zou iedereen in de buurt worden bespat met hetzelfde soort chemische stof dat spraymannen in stuiptrekkingen heeft gebracht. Een blikje motbestendig materiaal dat DDD bevat, een familielid van DDT, draagt in zeer kleine lettertjes de waarschuwing dat de inhoud ervan onder druk staat en dat het kan barsten als het wordt blootgesteld aan hitte of open vuur. Een veel voorkomend insecticide voor huishoudelijk gebruik, inclusief diverse toepassingen in de keuken, bevat chlordaan, hoewel de hoofdfarmacoloog van de Food and Drug Administration heeft verklaard dat het potentiële gevaar van wonen in een huis dat met chlordaan is besproeid, "behoorlijk groot" is.

Gebruik van de gifstoffen wordt aantrekkelijk en gemakkelijk gemaakt. Plankpapier, wit of getint om aan het kleurenschema van onze keuken te voldoen, kan worden geïmpregneerd met insecticiden, niet alleen aan één kant, maar aan beide. Fabrikanten bieden ons doe-het-zelf-boekjes aan over

hoe we bugs kunnen doden. Met drukknopgemak sturen we een mist van dieldrin naar de meest on-toegankelijke hoekjes en gaten van onze kasten, kasten en plinten. Als we last hebben van muggen, chiggers of andere insecten op onze personen, hebben we een keuze uit ontelbare lotions, crèmes en sprays voor toepassing op onze huid of onze kleding. Een gevierde winkel in New York adverteert met een insecticidendispenser in zakformaat, die in de tas of in een strandtas, golf tas of vismand kan worden gestopt. We kunnen onze vloeren polijsten met een wax die gegarandeerd insecten doodt die erover lopen. Het ministerie van landbouw, adviseert ons in een huis- en tuinbulletin onze winterkleding te besproeien met een olie-oplossing van DDT, dieldrin, chlordane of een van de vele andere mottenmoordenaars. Nadat aan al deze zaken is voldaan, kunnen we onze dag afsluiten met insecticiden door te gaan slapen onder een motvrije deken geïmpregneerd met dieldrin.

Tuinieren is nauw verbonden met de nieuwe vergiften. Elke ijzerhandel, tuinwinkel en supermarkt heeft rijen insecticiden die zijn ontworpen om elke denkbare tuinbouwsituatie het hoofd te bieden. De tuinpagina van elke krant en de meerderheid van de tuinmagazines nemen het gebruik van deze stoffen als vanzelfsprekend aan. Zelfs de organische fosfaatinsecticiden, zoals parathion en malathion, worden zo uitgebreid toegepast op gazons en sierplanten dat in 1960 de Florida State Board of Health het nodig vond om het gebruik van pesticiden in woongebieden te beperken; een aantal sterfgevallen door parathion had plaatsgevonden in Florida voordat deze verordening werd aangenomen.

Over het algemeen wordt er echter weinig gedaan om de tuinman of huiseigenaar te waarschuwen dat hij extreem gevaarlijke materialen hanteert. Integendeel, een constante stroom van nieuwe gadgets blijft het gemakkelijker maken om gif op gazon en tuin te gebruiken - en het contact van de tuinman met hen te vergroten. Krachtmaaiers zijn uitgerust met apparaten voor de verspreiding van pesticiden - hulpstukken die een dampwolk afgeven als de huiseigenaar zijn gazon maait. Dus aan de potentieel gevaarlijke dampen van benzine worden de fijn verdeelde deeltjes van elk insecticide toegevoegd dat de nietsvermoedende suburbaniet heeft gekozen om te verdelen, waardoor het niveau van luchtvervuiling boven zijn eigen gronden wordt verhoogd tot iets dat weinig steden kunnen evenaren. Zelfs de eens onschadelijke tuinslang is uitgerust met gevaarlijke apparaten. Men kan bijvoorbeeld een bevestiging van het jar-type voor de slang krijgen, waarmee chemicaliën zoals chloorlane en dieldrin op het gazon kunnen worden aangebracht als men het water geeft. Een dergelijk hulpstuk is niet alleen een gevaar voor de persoon die de slang gebruikt; het is ook een openbare dreiging.

In 1960 gaf de New York Times op zijn tuinpagina een waarschuwing dat, tenzij speciale beschermingsmiddelen werden geïnstalleerd, gifstoffen in de watertoevoer zouden kunnen komen door achtersifonage. Als een voorbeeld van wat er met de tuinman zelf kan gebeuren, kunnen we kijken naar het geval van een arts - een enthousiaste tuinman in de vrije tijd - die DDT en vervolgens malathion op zijn struiken en gazon ging gebruiken, en wekelijkse aanvragen deed. Soms bracht hij de chemicaliën aan met een handspray, soms met een slanghulpstuk. Welke methode hij ook gebruikte, zijn huid en kleding werden vaak doordrenkt met spray. Na ongeveer een jaar hiervan stortte hij plotse-ling in en werd in het ziekenhuis opgenomen. Onderzoek van een biopsiemonster van vet toonde een accumulatie van drieëntwintig delen per miljoen DDT. Hij had uitgebreide zenuwschade opgelopen, die zijn artsen als permanent beschouwden. Naarmate de tijd verstreek, verloor hij gewicht, was hij onderhevig aan extreme vermoeidheid en had hij een bijzondere spierzwakte.

De mores van de buitenwijken dicteren nu dat krabgras koste wat het kost moet gaan, en zakken met chemicaliën die zijn ontworpen om het gazon van dergelijke verachte vegetatie te bevrijden, zijn bijna een statussymbool geworden. Deze onkruidverdelgende chemicaliën worden verkocht onder merknamen die geen suggestie van hun identiteit of aard bevatten. De beschrijvende literatuur die kan worden opgehaald in hardware- of tuinartikelenzaken onthult zelden of nooit de echte geva-

ren van het hanteren of aanbrengen van het materiaal dat het aanbeveelt. In plaats daarvan beeldt de typische illustratie een gelukkige familiescène af - vader en zoon glimlachen terwijl ze zich voorbereiden om de chemische stof op het gazon aan te brengen, of kleine kinderen die met een hond over het gras tuimelen.

Het publiek wordt inderdaad nauwelijks bewust gemaakt van de ware aard van de meeste pesticiden. Advertenties voor linaan, om een voorbeeld te noemen, bevatten geen suggestie dat de chemische stof gevaarlijk is. Evenmin advertenties voor verdampers die linaandampen afgeven; in feite wordt ons verteld dat ze veilig zijn. Maar de waarheid is dat de American Medical Association elektronische verdampers die linaan gebruiken zo gevaarlijk vindt dat ze onlangs een uitgebreide campagne tegen hen heeft gevoerd in haar Journal. Om te leren dat zakken met onkruidverdelgers chlordane of dieldrin bevatten, moet men een buitengewoon goed type lezen dat op het minst opvallende deel van de zakken is geplaatst. Op containers met insecticiden worden waarschuwingen zo onopvallend afgedrukt dat maar weinig mensen de moeite nemen om ze te lezen. Een industrieel bedrijf verbond zich onlangs om erachter te komen hoe weinig.

De kwestie van chemische residuen op het voedsel dat we eten is het onderwerp van een warm debat. Het bestaan van dergelijke residuen wordt ofwel door de fabrikanten van chemicaliën als onbelangrijk afgezwakt of wordt ontkend. Tegelijkertijd is er een sterke neiging om fanatici of cultisten allen te noemen die zo pervers zijn dat ze eisen dat hun voedsel vrij is van insectengif. Wat zijn de feiten in al deze controversiewolk?

Het gezond verstand vertelt ons dat de lichamen van personen die leefden en stierven vóór het aanbreken van het DDT-tijdperk - dat wil zeggen vóór ongeveer 1942 - geen spoor van DDT of soortgelijk materiaal bevatten. Monsters van lichaamsvet verzameld bij de algemene bevolking tussen 1954 en 1956 bevatten gemiddeld 5,3 tot 7,4 delen per miljoen DDT. Er zijn aanwijzingen dat het gemiddelde niveau sindsdien gestaag is gestegen, en dat personen die beroepsmatige of andere speciale blootstelling aan insecticiden oplopen consequent nog meer opslaan. Er is aangenomen dat onder de algemene bevolking, zonder bekende bruto blootstelling aan insecticiden, veel van de DDT opgeslagen in vetafzettingen het lichaam is binnengekomen in voedsel.

In 1954 een wetenschappelijk team van de *Public Health Service* dat restaurant- en institutionele maaltijden had bemonsterd om deze veronderstelling te testen, rapporteerde dat elke maaltijd DDT bevatte. Hieruit concludeerden de onderzoekers redelijkerwijs dat "er maar weinig of geen voedsel is dat volledig DDT-vrij is." Eigenlijk kunnen de hoeveelheden DDT in dergelijke maaltijden enorm zijn. In een afzonderlijke studie van de *Public Health Service*, onthulde een analyse van gevangensmaaltijden items als gestoofd gedroogd fruit met 69,6 delen per miljoen en brood met 100,9 delen per miljoen. In het dieet van de gemiddelde woning bevatten vlees en de verschillende producten die zijn afgeleid van vetten de zwaarste residuen van gechlloreerde koolwaterstoffen, om de eenvoudige reden dat deze chemicaliën oplosbaar zijn in vet. Residuen op fruit en groenten zijn meestal iets minder. Deze worden echter weinig beïnvloed door wassen; de enige remedie is om alle buitenste bladeren van groenten zoals sla en kool te verwijderen en weg te gooien, fruit te schillen en geen huiden of andere buitenste bedekkingen te gebruiken. Koken vernietigt geen residuen.

Om een dieet te vinden dat vrij is van DDT en aanverwante chemicaliën, moet men naar een afgelegen en primitief land gaan. Zo'n land, of stuk land, lijkt te bestaan aan de verre noordpoolkust van Alaska, hoewel je zelfs daar de naderende schaduw kunt zien. Een jaar of twee geleden onderzochten wetenschappers het inheemse dieet van de Eskimo's in deze regio en ontdekten dat het vrij was van insecticiden. De verse en gedroogde vis; het vet, olie of vlees van bever, kariboe, eland, ijsbeer, zeehond en walrus; veenbessen, zalmbessen en wilde rabarber - ze waren tot nu toe allemaal ontsnapt aan besmetting. Toen enkele Eskimo's zelf werden gecontroleerd door analyse van vetmon-

sters, werden echter kleine residuen van DDT gevonden (tot 1,9 delen per miljoen). De reden hiervoor was duidelijk. De vetmonsters werden genomen van mensen die hun geboortedorpen hadden verlaten om het chirurgisch ziekenhuis van de Verenigde Staten in Anchorage binnen te gaan. Daar heersten de manieren van beschaving en bleken de maaltijden in het ziekenhuis evenveel DDT te bevatten als die in de dichtstbevolkte stad. Voor hun korte verblijf in de beschaving werden de Eskimo's beloond met een vleugje gif.

Het feit dat elke maaltijd die we eten zijn lading gechlloreerde koolwaterstoffen draagt, is het onvermijdelijke gevolg van de bijna universele besproeiing of bestuiving van landbouwgewassen met deze gifstoffen. Als de boer nauwgezet de instructies op de etiketten volgt, zal zijn gebruik van landbouwchemicaliën geen residuen produceren die groter zijn dan toegestaan door de *Food and Drug Administration*.

Om de vraag of deze legale residuen even 'veilig' zijn als ze worden voorgesteld, even te laten, blijft het bekende feit dat landbouwers de voorgeschreven doseringen zeer vaak overschrijden, de chemische stof te dicht bij het tijdstip van oogst, gebruik verschillende insecticiden waar men zou doen, en deel op andere manieren de gemeenschappelijke mens die nalaat de kleine lettertjes te negeren.

Zelfs de chemische industrie erkent het veelvuldige misbruik van insecticiden en de noodzaak om boeren te informeren over hun toepassing; een van de toonaangevende vakbladen verklaarde onlangs dat "veel gebruikers niet lijken te begrijpen dat ze insecticidetoleranties overschrijden als ze hogere doseringen gebruiken dan aanbevolen - het lukrake gebruik van insecticiden in veel gewassen kan gebaseerd zijn op de **grillen** van boeren." van de *Food and Drug Administration* bevatten gegevens van een verontrustend aantal van dergelijke willekeurige toepassingen.

Een paar voorbeelden zullen dienen om het **negeren van richtingen** te illustreren: een slaboer die niet één maar acht verschillende insecticiden op zijn gewas toepaste binnen een korte tijd van oogst, een verlader die parathion op selderij gebruikte in een hoeveelheid die vijf keer het aanbevolen maximum was en telers die een week voor de oogst spinazie bespoten met DDT. Er zijn ook gevallen van toeval of onbedoelde besmetting.

Grote hoeveelheden groene koffie in jutezakken zijn besmet geraakt terwijl ze werden vervoerd in schepen die ook een lading insecticiden droegen. Verpakt voedsel in magazijnen wordt onderworpen aan herhaalde aerosolbehandelingen met DDT, lindaan en andere insecticiden, die in de verpakkingsmaterialen kunnen doordringen en in meetbare hoeveelheden op het voedsel kunnen voorkomen. Hoe langer het voedsel bewaard blijft, des te groter het gevaar van besmetting. die in de verpakkingsmaterialen kan doordringen en in meetbare hoeveelheden op het voedsel kan voorkomen. Hoe langer het voedsel bewaard blijft, des te groter het gevaar van besmetting. die in de verpakkingsmaterialen kan doordringen en in meetbare hoeveelheden op het voedsel kan voorkomen. Hoe langer het voedsel bewaard blijft, des te groter het gevaar van besmetting.

Op de vraag 'Maar beschermt de overheid ons niet tegen dergelijke dingen?' Is het antwoord 'slechts in beperkte mate'. De *Food and Drug Administration* stelt maximale toelaatbare grenzen voor besmetting vast, zogenaamde 'toleranties', die variëren van voedsel tot voedsel en van pesticide tot pesticide. Maar de activiteiten van de *Food and Drug Administration* op het gebied van consumentenbescherming tegen pesticiden worden sterk beperkt door twee factoren. De eerste is dat het alleen bevoegd is voor levensmiddelen die worden verzonden in de handel tussen staten; voedingsmiddelen die worden verkocht in de staat waar ze zijn verbouwd, vallen volledig buiten het bevoegdheidsgebied, ongeacht de overtreding.

Het is belangrijk om op te merken dat de meeste staten op dit gebied jammerlijk ontoereikende wetten hebben.

Het tweede, en nog kritischer beperkende, factor is het kleine aantal inspecteurs van het personeel

van de *Food and Drug Administration* - minder dan zeshonderd mannen voor al zijn gevarieerde werk. Met de bestaande faciliteiten kan volgens een functionaris voor voedsel en medicijnen slechts een uiterst kleine fractie van de gewasproducten die in de handel tussen staten worden verplaatst worden gecontroleerd - veel minder dan één procent of niet genoeg om statistische significantie te hebben. Melk is een van de weinige voedingsmiddelen waarin geen residuen van bestrijdingsmiddelen zijn toegestaan volgens de voorschriften van de *Food and Drug Administration*. In werkelijkheid duiken echter vaak residuen op. Ze zijn het zwaarst in boter en andere zuivelproducten. Een controle van vierhonderd eenenzestig monsters van dergelijke producten in 1960 toonde aan dat een derde residuen bevatte. Men kan zich dan het volume van besmette en ongecontroleerde zuivelproducten voorstellen dat we consumeren.

Afgezien van deze beperkende factoren, heeft het systeem waaronder de *Food and Drug Administration* toleranties vaststelt duidelijke gebreken. Onder de heersende omstandigheden biedt het louter papierveiligheid en wekt het bovendien een volkomen ongerechtvaardigde indruk dat veilige grenzen zijn vastgesteld en worden nageleefd. Wat betreft de veiligheid van het toestaan van een besprenkeling van vergif over ons voedsel - een beetje hierover, een beetje daarover - veel mensen beweren dat geen gif veilig is voor voedsel.

Bij het vaststellen van een tolerantieniveau beoordeelt de *Food and Drug Administration* tests van het gif op proefdieren en stelt vervolgens als maximale besmettingsgraad een hoeveelheid vast die veel minder is dan die welke vereist is om symptomen bij de proefdieren te veroorzaken. Dit systeem, dat verondersteld wordt de veiligheid te verzekeren, negeert een aantal belangrijke feiten. Zoals we hebben opgemerkt, een laboratoriumdier, dat leeft onder zeer kunstmatige omstandigheden en een bepaalde hoeveelheid van een specifieke chemische stof consumeert, is heel anders dan een mens, wiens blootstelling aan pesticiden niet alleen meervoudig is, maar voor het grootste deel onbekend, onmeetbaar en oncontroleerbaar.

Zelfs als zeven delen per miljoen DDT op de sla in zijn lunchsalade 'veilig' waren, zoals de *Food and Drug Administration* verklaart, bevat de maaltijd verschillende andere voedingsmiddelen met toegestane eigen residuen, en, natuurlijk, de pesticiden op zijn voedsel is slechts een deel, en mogelijk een klein deel, van zijn totale blootstelling. Dit opeenstapelen van chemicaliën uit veel verschillende bronnen zorgt voor een totale blootstelling die hij niet kan meten. Het heeft daarom geen zin om te praten over de 'veiligheid' van een specifieke hoeveelheid residu.

En er zijn andere gebreken. Soms zijn toleranties vastgesteld op basis van onvoldoende kennis van de betreffende chemische stof. In dergelijke gevallen heeft betere informatie of een beoordeling van bestaande informatie geleid tot een latere vermindering of intrekking van de tolerantie, maar alleen nadat het publiek maanden of jaren is blootgesteld aan de weliswaar gevaarlijke niveaus van de chemische stof. Dit gebeurde toen heptachlor een tolerantie kreeg, die later moest worden ingetrokken. In bepaalde omstandigheden kan een tolerantie worden ingesteld tegen een beter oordeel van wetenschappers van de *Food and Drug Administration*, want de chemische fabrikant heeft het recht om in beroep te gaan bij een hogere autoriteit - in de praktijk een door de National Academy of Sciences ingestelde commissie. In een dergelijk geval heeft de *Food and Drug Administration* vastgesteld dat een pesticide kankerverwekkend was, maar wat met verschillende administratieve procedures, het twee jaar duurde voordat deze chemische stof effectief een nultolerantie kon krijgen. En om de problemen van de *Food and Drug Administration* te vergroten, bestaat er voor sommige chemicaliën geen praktische analysemethode voordat ze worden geregistreerd voor gebruik, en inspecteurs zijn gefrustreerd in hun inspanningen om residuen te detecteren.

Wat is de oplossing voor het probleem van besmet voedsel? De eerste noodzaak is het elimineren van toleranties voor de gechloreerde koolwaterstoffen, de organische fosfaatgroep en de rest van de

zeer giftige chemicaliën. Men kan tegenwerpen dat dit de landbouwer te zwaar belast. Maar als, zoals nu wordt aangenomen, het mogelijk is om chemicaliën zo te gebruiken dat ze een residu achterlaten van slechts één deel per miljoen (de tolerantie voor DDT op aardappelen), of zelfs slechts 0,1 deel per miljoen (de tolerantie voor dieldrin op een grote verscheidenheid aan groenten en fruit), waarom is het dan niet mogelijk om, met slechts een beetje meer zorg, het optreden van residuen te voorkomen? Het feit is dat voor bepaalde chemicaliën op bepaalde gewassen al een nultolerantie vereist is. Als het in deze gevallen als praktisch wordt beschouwd, waarom niet in alles? Maar zelfs een nultolerantie is geen complete oplossing, met meer dan negenennegentig procent van onze interstate voedseltransporten zonder inspectie. Een waakzame en agressieve *Food and Drug Administration*, met een sterk toegenomen kracht van inspecteurs, is een andere dringende behoefte. En nog een andere behoefte is strikte inspectie en controle van voedsel dat nooit de staat verlaat waar het wordt geproduceerd.

Dit systeem, echter - ons voedsel vergiftigen en vervolgens het resultaat controleren - doet te veel denken aan de witte ridder van Lewis Carroll, die dacht aan "een plan om de snorharen groen te verven en altijd een zo grote ventilator te gebruiken dat ze niet te zien waren." Het ultieme antwoord is om chemicaliën te gebruiken die minder giftig zijn, zodat het publieke risico van misbruik veel kleiner wordt. Dergelijke chemicaliën bestaan al: de pyrethrins, die zijn gemaakt van de gedroogde bloemen van chrysanten; rotenon, dat voorkomt in de wortels van een Oost-Indiase plant; ryania, dat voorkomt in het stengelhout van een struik afkomstig uit Zuid-Amerika; en anderen, ook afgeleid van plantaardige stoffen. (Sinds enige tijd leek een kritisch tekort aan pyrethrines op handen, maar deze stoffen zijn onlangs synthetisch gedupliceerd, dus ze zouden nu direct beschikbaar moeten zijn.) Naast deze wijziging in de aard van chemische bestrijdingsmiddelen, moeten we ook ijverig de mogelijkheden van niet-chemische methoden voor ongediertebestrijding onderzoeken.

Het gebruik van insectenziekten - veroorzaakt door bacteriën en virussen die bepaalde soorten destructieve insecten aanvallen - is in sommige gebieden al succesvol geweest en er zijn meer uitgebreide tests van deze methode gepland. Er zijn ook veel andere mogelijkheden voor effectieve insectenbestrijding door methoden die geen residuen achterlaten op voedsel. Maar totdat een groot-schalige conversie naar deze methoden heeft plaatsgevonden, zullen we weinig verlichting hebben van een situatie die, volgens alle gezond verstandnormen, ondraaglijk is. Zoals het nu gaat, zijn we iets beter af dan gasten van de Borgias.

Het probleem dat deze serie artikelen heeft geprobeerd duidelijk te maken, is dat onze wereld op grote schaal is vervuild met de stoffen die worden gebruikt voor de bestrijding van insecten - chemicaliën die al het water zijn binnengedrongen waarvan alle levende wezens afhankelijk zijn, de bodem zijn binnengekomen, en hebben een giftige film over de vegetatie verspreid. De nieuwe chemicaliën onderscheiden niet de soort waarvan we willen afkomen. Elk van hen wordt gebruikt om de eenvoudige reden dat het een dodelijk gif is. Daarom vergiftigt het al het leven waarmee het in contact komt - de kat, geliefd in een gezin, het vee van de boer, het konijn in het veld en de gehoornde leeuwerik in de lucht.

Deze wezens zijn onschuldig voor de mens. Door hun bestaan maken ze zijn leven inderdaad aangenamer. Toch beloont hij hen met een dood die plotseling en verschrikkelijk is. Het vogelleven van hele gebieden is al bijna uitgeroeid, de vissen van rivieren en meren zijn vernietigd en aanhoudende gifstoffen zijn vast komen te zitten in de lichamen van schepsels, variërend van de regenwormen van de bodem tot het wilde wild van het bos. Wat de mens zelf betreft, er is geen reden om te geloven dat hij immuun is voor het gif dat al de dood heeft gebracht aan zoveel van deze wezens waarmee hij de aarde deelt. Waar de effecten op de mens al bekend zijn, blijken ze destructief te zijn. Voorbij deze bekende effecten is het nog angstaanjagender vooruitzicht van schade die jarenlang

niet kan worden gedetecteerd en van mogelijke genetische effecten die generaties lang niet bekend kunnen zijn, tegen welke tijd de verwoesting die we hebben veroorzaakt niet ongedaan kan worden gemaakt.

Mijn stelling is niet dat gematigde chemische controles onder geen enkele omstandigheid mogen worden gebruikt, maar eerder dat we het gebruik ervan tot een minimum moeten beperken en zo snel mogelijk biologische controles moeten ontwikkelen en versterken. Ik beweer dat we giftige en biologisch krachtige chemicaliën zonder onderscheid in handen hebben gelegd van personen die grotendeels of volledig onwetend zijn van de schade die ze kunnen aanrichten. Er is nog een zeer beperkt bewustzijn van de aard van de dreiging. Dit is een tijdperk van specialisten, elk van hen ziet zijn eigen probleem en is zich niet bewust van of onverschillig voor het grotere kader waarin het past. Het is ook een tijdperk dat wordt gedomineerd door de industrie, waarin het recht om geld te verdienen, koste wat kost voor anderen, zelden wordt aangevochten. We zullen niet verlost worden van deze vergiftiging van het milieu totdat onze ambtenaren de moed en integriteit hebben om te verklaren dat het openbare welzijn belangrijker is dan dollars, en dit standpunt te handhaven in het licht van alle druk en alle protesten, zelfs van het publiek zelf.

In die gevallen waarin het publiek, geconfronteerd met enig duidelijk bewijs van de schadelijke resultaten van toepassingen met pesticiden, het waagde het gebruik van giftige chemicaliën in twijfel te trekken, kreeg het kleine kalmerende pillen met halve waarheid. We moeten dringend een einde maken aan deze valse garanties. Het is het publiek dat wordt gevraagd om de risico's te nemen die de insectenbestrijders berekenen. Het publiek moet beslissen of het door wil gaan op de huidige weg, en dit kan alleen als het volledig in het bezit is van de feiten.

(Dit is de laatste van een reeks van drie artikelen.)

Dit artikel verscheen in de gedrukte editie van The New Yorker van 30 juni 1962,

(Opmerking: in de vertaalde versie zaten meerdere dubbele tekstdelen, vermoedelijk ook in onderstaande Engelse – oorspronkelijke – versie....)

Silent Spring part-III

The biologist George Wald once compared his work in an exceedingly specialized field, the visual pigments of the eye, to “a very narrow window through which at a distance one can see only a crack of light” but through which “as one comes closer the view grows wider and wider, until finally through this same narrow window one is looking at the universe.” So it is when we turn our attention to the individual cells of living organisms, then to the minute structures within the cells, and, finally, to the molecules within these structures; as we come closer, the view grows wider and wider. Not until quite recently did medical research begin to explore the question of how the individual cell functions in producing the energy that is the indispensable quality of life, though it had long been known that the ultimate work of energy production, or oxidation, is accomplished not in any specialized organ but in every cell of the body. Like a furnace, a living cell burns fuel to produce energy, though the “burning” is accomplished with only the moderate heat of the body’s normal temperature. Should all the billions of gently burning little fires cease to burn, the physical chemist Eugene Rabinowitch has said, “no heart could beat, no plant could grow upward defying gravity, no amoeba could swim, no sensation could speed along a nerve, no thought could flash in the human brain.” And now this beautifully functioning mechanism is in danger of being disrupted as a result of the activities of man himself, for he has brought into being many radically new substances—not only radioactive dust but chemicals for use against insects, rodents, and weeds—and the nature of some of these substances is such that they may strike directly at this very system.

The transformation of matter into energy in the cell is a continuous process, one of nature’s cycles of renewal, which can be compared to a wheel endlessly turning. Grain by grain, molecule by molecule, fuel, in the form of the carbohydrate glucose, is fed into the cell. In its cyclic passage, the fuel molecule undergoes a series of minute chemical changes. The changes are made in orderly fashion, step by step, every step directed and controlled by an enzyme, and at most of these steps energy is produced and waste products (carbon dioxide and water) are given off. This process by which the cell functions as a chemical factory is one of the wonders of the world. The fact that all the functioning parts are of infinitesimal size adds to the marvel. With few exceptions, cells themselves are minute, visible only with the aid of a microscope. Yet the greater part of the work of oxidation is performed in a far smaller theatre; tiny granules within the cell, called mitochondria, are the “power-houses” in which most of the energy-producing reactions take place. The energy released during the oxidative cycle is transferred to a molecule containing three phosphate groups—adenosine triphosphate, familiarly spoken of by the biochemists as ATP. Alone among the body’s substances, ATP, for reasons that are still not fully understood by biochemists, has the ability to make energy available for the normal functioning of the cell. In the course of the transfer of energy, ATP takes part in another cycle—a cycle within a cycle. As the wheel turns, the molecule loses one of its phosphate groups, becoming a diphosphate molecule, ADP, and at that point it releases energy; then, as the wheel turns further, another phosphate group joins ADP, and the potent ATP is restored. The analogy of the storage battery has been used, with ATP representing the charged, ADP the discharged battery. ATP is the universal currency of energy, found in all organisms, from microbes to man. It furnishes mechanical energy to muscle cells, electrical energy to nerve cells. The sperm cell, the fertilized egg ready for the enormous burst of activity that will transform it into a frog or a bird or a human infant, the cell that must create a hormone—all are supplied with ATP. Some of the energy of

ATP is used to maintain the structure and function of the mitochondria, but most of it is immediately sent out into the cytoplasm to provide power for other activities. The position of the mitochondria within each cell is eloquent of their function. They are placed so that energy can be delivered precisely where it is needed. In muscle cells they cluster around contracting fibres; in nerve cells they are found at the junction with another cell, supplying energy for the transfer of impulses; in sperm cells they are concentrated at the point where the propellent tail is joined to the head.

The charging of the battery is closely linked to the oxidative process within the mitochondria, and this linking of processes is known as coupled phosphorylation. Under some conditions the combination may become uncoupled. Then the means is lost for providing energy to the cell in usable form; oxidation continues, but no ATP is produced. The cell has become like a racing engine, generating heat but yielding no power. Then the muscle cannot contract or the impulse race along the nerve pathways. Then the sperm cannot move to its destination; the fertilized egg cannot carry to completion its complex divisions and elaborations. The consequences of uncoupling can, indeed, be disastrous for any organism, at any stage of its development, from embryo to adult; in time it can lead to the death of the tissue, then to the death of the organism. What is it that causes uncoupling? Radiation can act as an uncoupler, and the death of cells exposed to radiation is thought by some to be brought about in this way. Moreover, laboratory tests show that a good many chemicals share this power, and the insecticides and weed killers are well represented on the list. The group of chemicals known as phenols have a strong effect on metabolism; that is, through their uncoupling action they have the ability to cause a potentially fatal rise in temperature. The dinitrophenols and pentachlorophenols, among other members of this group, are widely used as herbicides. Another uncoupler among the herbicides is 2,4-D, a derivative of one of the phenols. Of the chlorinated hydrocarbons—the chemicals that, along with the organic phosphates, are now the most commonly used insecticides—DDT has been demonstrated to be an uncoupler, and further study will probably reveal others among this group.

However, uncoupling is not the only way in which the little, quietly burning fires in some or all of the body's billions of cells may be extinguished. We have seen that each step in oxidation is directed and expedited by an enzyme. When one of these enzymes is destroyed or weakened, the cycle of oxidation within the cell comes to a halt. If we thrust a crowbar between the spokes of a wheel, it makes no difference where we do it—the wheel stops turning. In the same way, if we destroy an enzyme that functions at any point in the cycle, oxidation ceases, and there is no further production of energy. The crowbar can be supplied by any of a number of chemicals commonly used as pesticides. DDT, methoxychlor, malathion, phenothiazine, and various dinitro compounds are among the pesticides that have been found to inhibit one or more of the enzymes concerned in the cycle of oxidation. They thus appear as agents potentially capable of blocking the whole process of energy production and depriving the cells of utilizable oxygen. This is an injury with disastrous consequences. By intermittently withholding oxygen from tissue cultures, Dr. Harry Goldblatt, in experiments conducted at the Institute of Medical Research of Cedars of Lebanon Hospital, in Los Angeles, has caused normal cells to turn into cancer cells. Other effects have been observed in experiments on animal embryos. Without sufficient oxygen, the orderly processes by which the tissues unfold and the organs develop is disrupted; malformations and other abnormalities then occur. The evidence of this from animal experiments is overwhelming, and there is good reason to believe that the human embryo that is deprived of adequate oxygen may also develop deformities. There are signs of an increase in such disasters, though few people look far enough to find all the causes. In one of the more unpleasant portents of the times, the Office of Vital Statistics in 1961 initiated a national tabulation of congenital malformations, with the explanatory comment that these statistics would provide needed data about the incidence of such malformations and the circumstances under which they occur. Studies of this sort will no doubt be directed largely toward measuring the effects of radiati-

on, but it must be remembered that many chemicals produce precisely the same effects. Some of the defects and malformations in tomorrow's children will almost certainly be caused by these chemicals, which now permeate our outer and inner worlds.

It may well be that certain recent findings about diminished reproduction in birds can also be related to interference with biological oxidation, and a consequent depletion of ATP. The egg, even before fertilization, needs to be generously supplied with ATP, in preparation for the enormous effort that will be required once fertilization has occurred. Whether the sperm cell will reach and penetrate the egg depends upon its own supply of ATP, generated in those mitochondria so thickly clustered in the neck of the cell. And once fertilization is accomplished and cell division has begun, the supply of energy in the form of ATP will determine whether the development of the embryo will proceed. Embryologists studying some of their most convenient subjects, the fertilized eggs of frogs and of sea urchins, have found that if the ATP content in one of these eggs falls below a certain critical level, the egg simply stops dividing and soon dies. It is only a step from the embryology laboratory to the apple tree where a robin's nest holds its complement of blue-green eggs—but eggs that lie cold, the fires of life that flickered for a few days now extinguished. Why did the robins not hatch? Did the eggs of the birds stop developing simply because they lacked enough ATP molecules? And was the lack of ATP the result of the fact that in the bodies of the parent birds and in the eggs themselves there were stored enough insecticides to stop the little turning wheels of oxidation? It is no longer necessary to guess about the storage of insecticides in birds' eggs, which obviously lend themselves to this kind of observation more readily than the mammalian ovum. Whenever researchers have examined the eggs of birds that have been exposed to DDT and other chlorinated hydrocarbons, either experimentally or in the wild, they have found residues of the chemicals. And the concentrations have been heavy. In a California experiment, pheasants that were fed a diet containing forty-two parts per million of a chlorinated hydrocarbon called dieldrin—commonly used in the spraying of lawns—laid eggs containing up to a hundred and ninety-three parts per million of the chemical. In Michigan, eggs taken from the oviducts of robins dead of DDT poisoning showed concentrations of up to two hundred parts per million. Other eggs were taken from nests that had been left unattended when the parent robins were stricken with poison; these, too, contained DDT. Chickens poisoned by aldrin—an even deadlier hydrocarbon—passed the chemical on to their eggs. Hens that were experimentally fed DDT laid eggs containing as much as sixty-five parts per million.

The fact that insecticide is stored in the germ cells of any species should disturb us, suggesting comparable effects in human beings. Moreover, there are indications that these chemicals lodge not only in the germ cells themselves but in tissues concerned with the manufacture of these cells. Accumulations of insecticides have been discovered in the gonads of a variety of birds and mammals exposed to the chemicals in laboratories and in sprayed fields and forests—robins, pheasants, mice, guinea pigs, deer. In one male robin, DDT was concentrated more heavily in the testes than in any other part of the body. Pheasants also accumulated extraordinary amounts of DDT in the testes—up to fifteen hundred parts per million. Probably as an effect of such storage in the sex organs, atrophy of the testes has been observed in experimental mammals. Young rats exposed to methoxychlor had extraordinarily small testes. When young roosters were fed DDT, the testes achieved only eighteen per cent of their normal growth, and the birds' combs and wattles, being dependent for their development upon the testicular hormone, were only a third the normal size. The spermatozoa, too, may well be affected by the storage of chemicals. Experiments show that the motility of bull sperm is decreased by dinitrophenol. And some indication of the possible effect on human beings is seen in medical reports of oligospermia, or reduced production of spermatozoa, among the pilots of planes used for dusting crops with DDT.

For mankind as a whole, a possession infinitely more valuable than individual life is our genetic heritage, our link with past and future. Shaped through aeons of evolution, our genes not only make

us what we are but hold in their minute beings the promise, or threat, of what we shall become. Yet genetic deterioration as a result of man's own handiwork is the menace of our time. The Australian virologist Sir Macfarlane Burnet, who won the Nobel Prize in 1960 for his work in immunology, has described "active and avoidable genetic deterioration" as "the last and greatest danger to our civilization." Again, the parallel between chemicals and radiation is exact and unmistakable. The living cell assaulted by radiation may suffer various kinds of injuries: its ability to divide normally may be destroyed; the structure of its chromosomes may be altered; its genes, carriers of hereditary material, may undergo those sudden, irreversible changes known as mutations, which cause them to produce new characteristics in succeeding generations; or, if the cell is especially susceptible, it may be killed outright, or else, after a lapse of time measured in years, it may become malignant. All these consequences of radiation have been duplicated in laboratory studies by a large group of chemicals, which are therefore known as radiomimetic, or radiation-imitating. These include many chemicals used as insecticides and herbicides.

Only a few decades ago, no one knew about these effects of either radiation or chemicals. Then, in 1927, a professor of zoology at the University of Texas, H. J. Muller, found that by exposing an organism to X-rays he could produce mutations in succeeding generations. With this discovery, a vast new field of knowledge was opened up. Muller later received the Nobel Prize for Medicine in honor of his achievement, and today, in a world that has gained unhappy familiarity with the gray rains of fallout, even the nonscientist knows the potential results of radiation. Far less notice has been taken of a companion discovery, made by Charlotte Auerbach and William Robson at the University of Edinburgh in the early nineteen-forties. Working with mustard gas, they found that this chemical produces permanent chromosome abnormalities that cannot be distinguished from those produced by radiation. Tested on the fruit fly—the classic subject of genetic experiments—mustard gas also produced mutations. Thus the first chemical mutagen was discovered. Mustard gas has now been joined by a long list of other chemicals known to alter genetic material in plants and animals.

To understand how these chemicals can change the course of heredity, one must first watch the basic drama of life as it is played on the stage of the living cell. If the body is to grow and if the stream of life is to be kept flowing from generation to generation, the cells composing the tissues and organs of the body must have the power to increase in number. This increase is ordinarily accomplished by the process called mitosis, or nuclear division. In a cell that is about to divide, changes of the utmost importance occur. Within the nucleus, the chromosomes mysteriously move and divide, ranging themselves in patterns that will serve to distribute the determiners of heredity, the genes, to the daughter cells. First, the chromosomes assume the form of elongated threads, on which the genes are aligned like beads on a string. Then each chromosome divides lengthwise, and each gene divides, too, so that when the cell itself divides, each of the new cells will contain a complete set of chromosomes, and hence all the genetic information encoded within them. In this way, the integrity of the race and of the species is preserved. In this way, like begets like. A special kind of cell division, called meiosis, occurs in the formation of the germ cells. Because the number of chromosomes for a given species is constant, the egg and the sperm, which are to unite to form a new individual, must carry to their union only half the species number. This is accomplished with extraordinary precision by a change that occurs in the behavior of the chromosomes during one of the divisions that produce those cells. At this time, the chromosomes do not split; instead, whole chromosomes go into each daughter cell.

In the elemental drama of cell division, all life is revealed as one. Cell division is common to all earthly life; neither man nor amoeba, the giant sequoia nor the simple yeast cell can long exist without carrying on this process. "The major features of cellular organization, including, for instance, mitosis, must be much older than five hundred million years—more nearly a thousand million,"

wrote George Gaylord Simpson and his colleagues Colin S. Pittendrigh and Lewis H. Tiffany in their book entitled "Life." "In this sense the world of life, while surely fragile and complex, is incredibly durable through time—more durable than mountains. This durability is wholly dependent on the almost incredible accuracy with which the inherited information is copied from generation to generation."

In all the thousand million years envisioned by these men, no threat has struck so directly and so forcefully at that "incredible accuracy" as the mid-twentieth-century threat of man-made radiation and man-made chemicals. Sir Macfarlane Burnet considers it "one of the most significant medical features" of our time that "as a by-product of more and more powerful therapeutic procedures and the production of chemical substances outside of biological experiences, the normal protective barriers that kept mutagenic agents from the internal organs have been more and more frequently penetrated." Because the study of human chromosomes is itself in its infancy, it has only recently become possible to study the effect of environmental factors upon them. Not until 1956 did new techniques make it possible to determine accurately the number of chromosomes in the human cell—forty-six—and to observe them in such detail that the presence or absence of single chromosomes, or parts of chromosomes, could be detected. The whole concept of genetic damage as a result of something in the environment is also relatively new, and is little understood except by the geneticists, whose advice is very seldom sought when any alteration of the environment is in prospect. The hazard from radiation in its various forms is now generally recognized—though it is still denied in surprising places. Dr. Muller has had occasion to deplore "the resistance to the acceptance of genetic principles on the part of so many, not only of governmental appointees in the policy-making positions, but also of so many of the medical profession." He warns that various chemicals, including groups represented by pesticides, "can raise the mutation frequency as much as radiation," and he says, "As yet far too little is known of the extent to which our genes, under modern conditions of exposure to unusual chemicals, are being subjected to such mutagenic influences."

Although the study of chemical mutagens is widely neglected, it is possible to assemble specific information on the effects that a number of pesticides have on the living cells of certain plants and insects. When several generations of mosquitoes were exposed to DDT, for instance, strange creatures called gynandromorphs—part male and part female—resulted. Plants treated with various phenols suffered profound damage to their chromosomes, changes in genes, and a striking number of mutations. Mutations also occurred in fruit flies that were subjected to phenol, and on exposure to a common herbicide—a sodium salt of one of the phthalic acids—or to urethane, these flies developed mutations so damaging as to be fatal. Urethane belongs to a group of chemicals called carbamates, from which an increasing number of insecticides and other agricultural chemicals are drawn. Two of the carbamates are used to prevent potatoes from sprouting in storage, because of their proved effect in stopping cell division. One of these, maleic hydrazide, is rated a powerful mutagen. Plants treated with the chlorinated hydrocarbon BHC (henzene hexachloride) or with an isomer of BHC called lindane became monstrously deformed, with tumorlike swellings on their roots. Their cells became swollen with chromosomes, which doubled in number. The doubling continued in future cell divisions until further division was mechanically impossible. The herbicide 2,4-D has also produced tumorlike swellings in treated plants. In such plants, the chromosomes become short, thick, and clumped together, and cell division is seriously retarded. The general effect is said to parallel closely the effect produced by X-rays. And these are but a few of many illustrations that could be cited. As yet, however, there has been no comprehensive study aimed at testing the mutagenic effects of pesticides as such. The facts noted above are by-products of research in cell physiology or in genetics. A direct attack on the problem is urgently needed.

What chromosome abnormalities can mean to man has been the subject of an immense amount of

recent research, conducted in many countries. In 1959, several British and French research teams discovered that their independent studies pointed to a common conclusion—that some of humanity's ills are caused by a disturbance of the normal chromosome number. For example, it is now known that all typical mongoloids have one extra chromosome. Occasionally, this is attached to another, so that the chromosome number remains the normal forty-six. As a rule, however, the extra chromosome is separate, making the number forty-seven. In such individuals, the original cause of the defect must have occurred in the generation preceding its appearance. A different mechanism seems to have operated in some patients, both in America and in Great Britain, who suffered from a chronic form of leukemia. They were found to have a consistent chromosome abnormality in certain blood cells, the abnormality in this case consisting of the loss of part of a chromosome. In these patients, the skin cells had the normal complement of chromosomes, indicating that the chromosome defect did not originate in the parents' germ cells but, rather, represented damage to the blood-forming tissues during the life of the patients.

The list of defects linked to chromosome disturbances has grown with surprising speed since the opening up of this territory. One defect, known as Klinefelter's syndrome, involves a duplication of one of the sex chromosomes. Normally, the cells of any male creature contain one X, or female, sex chromosome and one Y, or male, chromosome, and the cells of a female contain two X chromosomes. In Klinefelter's syndrome, the Y chromosome is present but the X chromosome is duplicated. The resulting individual is a male, but because he carries two of the X chromosomes he is somewhat abnormal, and is sterile. Excessive height and various mental defects often accompany this condition, for, of course, each chromosome carries genes for a variety of characteristics. In contrast, an individual who receives only one sex chromosome—the X chromosome—and thus has a complement of XO instead of either XX or XY, is actually female but lacks many secondary sexual characteristics. Again, the condition is accompanied by physical abnormalities and sometimes by mental defects. This is known as Turner's syndrome. Both conditions had been described in medical literature long before the cause was known.

Some extremely significant work is now being done at the University of Wisconsin, where a group of researchers, headed by Dr. Klaus Patau, has been studying a variety of congenital abnormalities that seem to result from the duplication of only part of a chromosome—a situation suggesting that somewhere in the formation of one of the germ cells a chromosome has broken and the pieces have not been properly redistributed. All the conditions that have so far been described by Dr. Patau and his associates involve serious defects in development, and most of them involve mental retardation. This is such a new field of study that up to now scientists have concentrated on identifying the chromosome abnormalities associated with disease and defective development, rather than on speculating about their causes. It would be foolish to assume that any single agent is responsible for damaging chromosomes or causing them to behave erratically during cell division. Some scientists who are willing to concede the potent effect of environmental radiation on man nevertheless question whether mutagenic chemicals can, as a practical proposition, have the same effect; they point out that radiation has great penetrating power, and doubt whether chemicals can reach the germ cells. However, as we have seen, there is strong evidence from observation of animals that the chlorinated hydrocarbons do reach the gonads and are stored there, or in the germ cells themselves. At least one chemical—not a pesticide—has been found to halt cell division in the gonads of birds. Obviously, then, there is little basis for the belief that the gonads of any organism are shielded from chemicals.

Once again we are hampered by the fact that there has been little direct investigation of the problem in man. But if there is any doubt at all, can we afford to pour chemicals into the environment that have the power to strike directly at the chromosomes? Is this not too high a price to pay for a sprouless potato or a mosquitoless patio? We can, if we wish, reduce this threat to our genetic heritage, a

possession that has come down to us through some two billion years of evolution and selection of living protoplasm, and that is ours for the moment only, until we pass it on to the generation to come. We are doing little now to preserve its integrity. Although manufacturers of chemicals are required by law to test their materials for toxicity, they are not required to make the tests that would reliably demonstrate genetic effects, and they do not do so.

As the tide of chemicals born of the Industrial Age has risen to engulf our environment, a drastic change has come about in the nature of our most serious public-health problems. Only yesterday, mankind lived in fear of smallpox, cholera, and plague—scourges that swept nations before them. Now our major concern has ceased to be these and other disease organisms, which were once omnipresent; sanitation, better living conditions, and new drugs have given us a high degree of control over infectious disease. We are concerned today with a different kind of hazard that lurks in our environment—a hazard that we ourselves have contributed to. The presence of radioactive particles and man-made chemicals in the world casts a shadow that is no less ominous because it is formless and obscure, no less frightening because it is simply impossible at the moment to predict the effects of lifetime exposure to chemical and physical agents that are not part of the biological experience of man. “We all live under the shadow of a haunting fear that something may corrupt the environment to the point where man joins the dinosaurs as an obsolete form of life,” Dr. David E. Price, of the United States Public Health Service, has said. “And what makes these thoughts all the more disturbing is the knowledge that our fate could perhaps be sealed twenty or more years before the development of symptoms.”

Where do pesticides fit into the picture of environmental disease? They now contaminate soil, water, and food, and they have the power to make our streams fishless and our gardens and woodlands silent and birdless. Man, however much he may like to pretend the contrary, is part of nature. Can he escape a pollution that is now so thoroughly distributed throughout his world? We know that even single exposures to these chemicals can, if the amount is large enough, precipitate acute poisoning. But this is not the major problem. The sudden illness or death of farmers, spraymen, pilots, and others exposed to appreciable quantities of pesticides are tragic. For the population as a whole, however, we must be more concerned with the delayed effects of absorbing repeated small amounts of the pesticides that invisibly contaminate our world.

Responsible public-health officials have pointed out that since the biological effects of chemicals are cumulative over long periods, the hazard to the individual may depend on the sum of the exposures he receives throughout his lifetime. For these very reasons, the danger is easily ignored. It is human nature to shrug off what seems a vague threat of future disaster. “Men are naturally most impressed by diseases which have obvious manifestations,” says a wise physician, Dr. René Dubos, of the Rockefeller Institute, “yet some of their worst enemies creep on them unobtrusively.” For each of us, this is a problem of interrelationships, of interdependence—essentially, of ecology. We poison the caddis flies in a stream, and the salmon runs dwindle and die. We poison the gnats in a lake, and the poison travels from link to link of the food chain, and soon the birds of the lake margin become its victims. We spray our elms, and the following springs are silent, empty of robin song, not because we attacked the robins directly but because the poison travelled, step by step, through the now familiar cycle of elm leaf to earthworm to robin. These are matters of record and an observable part of the visible world around us. But there is also an ecology of the world within our bodies. In this unseen world, minute causes produce mighty effects; the effect, moreover, often seems to have no connection with the cause, appearing in a part of the body remote from the area where the original injury was sustained. “A change at one point, in one molecule even, may reverberate throughout the entire system to initiate changes in seemingly unrelated organs and tissues,” says a recent summary of the current status of medical research carried out by the American Foundation, an independent re-

search organization. When one is concerned with the mysterious and wonderful functioning of the human body, then, discovering the agent of disease and death depends on a piecing together of many apparently disparate facts established in the course of a vast amount of research in widely separated fields. Research men have always been handicapped by the inadequacy of known means of detecting the beginnings of injury; indeed, lack of sufficiently delicate methods of detecting such beginnings is one of the great unsolved problems in medicine.

“I know that dieldrin has caused convulsions among spraymen,” someone may say, “but I have used dieldrin sprays on the lawn many times, and I have never had convulsions, so it hasn’t harmed me.” It is not as simple as that. Despite the absence of sudden and dramatic symptoms, anyone who handles such materials is unquestionably storing up toxic materials in his body. The chlorinated hydrocarbons accumulate in all the fatty tissues. When these reserves of fat are drawn upon, the poison may strike quickly. A New Zealand medical journal recently provided an example. A man under treatment for obesity suddenly developed symptoms of poisoning; on examination, his fat was found to contain stored dieldrin, which had been metabolized as he lost weight. The same thing could happen with loss of weight in illness. Or the results of storage could be far less obvious. Several years ago, the Journal of the American Medical Association issued a strong warning about the hazards of insecticide storage in adipose tissue, pointing out that drugs or chemicals that accumulate in this manner must be handled with greater caution than others. The adipose tissue, we were warned, is not merely a place for the deposition of fat (which ordinarily makes up about eighteen per cent of the body weight) but has many other important functions, which the stored poisons may interfere with. Furthermore, fats are distributed throughout the organs and tissues of the whole body, being present even in cell membranes; thus the insecticides are stored in individual cells, where they are in a position to interfere with those vital functions of oxidation and energy production.

One of the most significant effects exerted by the chlorinated-hydrocarbon insecticides is concerned with the liver. Of all the organs in the body, the liver is perhaps the most extraordinary. In its versatility in performing a large number of indispensable functions, it has no equal; in fact, it presides over so many such activities that even the slightest damage to it has serious consequences. It provides bile for the digestion of fats, and, in addition, because of its position in the body, and the special circulatory pathways that converge on it, it receives blood directly from the digestive tract and is deeply involved in the metabolism of all the principal foodstuffs. It stores sugar, in the form of glycogen, and releases it, in the form of glucose, in carefully measured quantities, to keep the blood sugar at a normal level. It builds body proteins, including some essential elements of blood plasma, concerned with blood clotting. It maintains cholesterol at its proper level in the blood plasma, and inactivates the male and female hormones when imbalance threatens. It is a storehouse of many vitamins, some of which, in turn, contribute to its own functioning. Moreover, it defends the body against the great variety of poisons that continually invade it. Some of these are normal by-products of metabolism, which the liver swiftly and efficiently renders harmless. But poisons that have no normal place in the body may also be detoxicated. For example, the “harmless” insecticides malathion and methoxychlor are less poisonous than their relatives only because a liver enzyme deals with them, altering their molecules in such a manner that their capacity for harm is lessened. In similar ways, the liver deals with the majority of the toxic materials to which we are exposed.

Now, however, our line of defense against both poisons from within and poisons from without is weakened and crumbling, for it is known that the chlorinated hydrocarbons can damage the liver. Not only is a damaged liver incapable of protecting us from poisons; the whole wide range of its activities may be interfered with. Far-reaching though the consequences are, their very variety, together with the fact that they do not always immediately follow exposure, means that they may fail to be related to their true cause. In view of the nearly universal use of insecticides that are liver poi-

sons, it is noteworthy that a sharp rise in hepatitis began during the nineteen-fifties and is continuing a fluctuating climb. While it is admittedly difficult, in dealing with a human being, rather than a laboratory animal, to “prove” that Cause A produces Effect B, plain common sense suggests that the relation between a soaring rate of liver disease and the prevalence of liver poisons in the environment is no coincidence. Whether or not the chlorinated hydrocarbons are the primary cause, it seems hardly sensible, under the circumstances, for us to expose ourselves to poisons that have a proved ability to damage the liver, and so, presumably, to make it less resistant to disease.

Both major types of insecticides, the chlorinated hydrocarbons and the organic phosphates, directly affect the nervous system, though in somewhat different ways. This has been made clear by an infinite number of experiments on animals and by observation of human subjects as well. To begin with DDT, its action in man is primarily on the central nervous system; the cerebellum and the higher motor cortex are thought to be the areas chiefly affected. According to a standard textbook of toxicology, abnormal sensations, as of prickling, burning, and itching, along with tremors and even convulsions, may follow exposure to appreciable amounts. Our first knowledge of the symptoms of acute poisoning by DDT was furnished by several British investigators, who deliberately exposed themselves in order to learn the consequences. In 1945, two scientists at the British Royal Naval Physiological Laboratory invited absorption of DDT through the skin by sitting or lying against walls covered with a water-soluble paint containing a two-per-cent concentration of DDT overlaid with a thin film of oil. The direct effect of DDT on the nervous system is apparent in their eloquent description of their symptoms: “The tiredness, heaviness, and aching of the limbs were very real things, and the mental state also was most distressing. [There was] extreme irritability great distaste for work of any sort a feeling of mental incompetence in tackling the simplest mental task. The joint pains were quite violent at times.” Another early British experimenter, who systematically applied DDT in acetone solution to his hands, reported heaviness and aching of the limbs, muscular weakness, and “spasms of extreme nervous tension.” He took a holiday and improved, but when he returned to work his condition deteriorated. He then spent three weeks in bed, made miserable by constant aching of the limbs, insomnia, nervous tension, and feelings of acute anxiety. On occasion, tremors shook his whole body—tremors of a sort that have since become all too familiar through the sight of birds poisoned by DDT. The experimenter was away from his work for ten weeks, and at the end of a year, when his case was reported in a British medical journal, his recovery was not complete.

Although many doctors have been slow to recognize the hazards of pesticides, there are now many cases on record in which both the symptoms and the whole course of the illness point to them as the cause. Typically, such a victim has had a known exposure to one of the insecticides, and his symptoms have subsided under treatment, which has included the banishing of all insecticides from his environment, but, most significantly, they have returned after each renewed contact with the offending chemicals. This sort of evidence, and no more, forms the basis of a vast amount of medical therapy concerned with disorders in other fields. The method of diagnosis used by the allergists is to expose the patient to a suspected allergen. If a reaction occurs, the allergen is incriminated without hesitation. Or if a patient, on being treated with a drug, develops an adverse reaction, use of the drug is ordinarily discontinued on the assumption that it is the cause of the symptom. Why, then, should there be reluctance to incriminate pesticides under parallel circumstances?

Not everyone who handles and uses insecticides develops the same symptoms, for here the matter of individual sensitivity enters in. There is some evidence that women are more susceptible than men, very young children more than adults, those who lead sedentary, indoor lives more than those who lead a rugged life of work or exercise in the open. Beyond these differences are others, no less real because they are intangible. What makes one person allergic to dust or pollen, sensitive to a

poison, or susceptible to an infection while another is not is a medical mystery. The situation nevertheless exists, and it affects significant numbers of the population. Some physicians estimate that a third or more of their patients show signs of some form of sensitivity, and that the number is growing. And, unfortunately, sensitivity to a substance may suddenly develop in a person who has previously been insensitive to it; in fact, some medical men believe that intermittent exposures to chemicals may produce just such sensitivity.

The whole problem of pesticide poisoning is enormously complicated by the fact that a human being, unlike a laboratory animal living under rigidly controlled conditions, is never exposed to one chemical alone. Between the various insecticides, and between them and other chemicals, there are interactions that have serious potentials. Whether they are released into the soil or into water or into a man's blood, these unrelated chemicals do not remain segregated; there are interactions by which one alters the power of another for harm. There is such interaction even between the two major groups of insecticides, though they are usually thought to be completely distinct in their action. The organic phosphates alone, because they poison the nerve-protective enzyme cholinesterase, may produce symptoms ranging from dizziness and blurred vision to convulsions and coma, often with fatal results. Even an exposure that would normally be too small to produce symptoms may do so if the body has first been exposed to a chlorinated hydrocarbon, which injures the liver. This is because the cholinesterase level may drop below normal when liver function is disturbed. The additional depressive effect of the organic phosphate may then be enough to precipitate acute symptoms. Pairs of the organic phosphates themselves may interact in such a way as to increase their toxicity a hundredfold. And the organic phosphates may interact with various drugs, with food additives, and with who can say how many more of the infinite numbers of man-made substances that now pervade our world?

Furthermore, the effect of a supposedly innocuous chemical can be drastically changed by the action of another chemical, as happens with methoxychlor, a close relative of DDT. Because methoxychlor is not stored to any great extent when it is given alone, we are told that it is a safe chemical. But this is not necessarily true. If the liver has been damaged by another agent, methoxychlor may be stored in the body at a hundred times its normal rate and will then imitate the effects of DDT producing long-lasting effects on the nervous system. Yet the liver damage that brings this about may be so slight as to have passed unnoticed up to that time. It may have resulted from any of a number of commonplace situations—using another insecticide, using a cleaning fluid that contained carbon tetrachloride, or taking one of the so-called tranquillizing drugs, a number (but not all) of which are chlorinated hydrocarbons and possess power to interfere with liver function.

The damage done to the nervous system by chemicals in the environment is not confined to acute poisoning; there may also be delayed effects. Lasting damage to the brain and to the nerves has been reported for methoxychlor and others. Dieldrin, besides its immediate consequences, can have long-delayed consequences ranging from "loss of memory, insomnia, and nightmares to mania," as an official of the Public Health Service wrote in 1959. Lindane, medical findings have shown, is stored in significant amounts in the brain and in functioning liver tissue, and may induce "profound and long-lasting effects on the central nervous system." Yet this chemical is much used in vaporizers—devices that pour a stream of volatilized insecticide into homes, offices, and restaurants. The organic phosphates, which are usually considered only in relation to their more violent manifestations in acute poisoning, also have: the power to cause lasting physical damage to nerve tissues and, according to recent findings, to induce mental disorders. Various cases of delayed paralysis have followed the use of one or another of these insecticides. A bizarre occurrence in the United States around 1930 was an omen of things to come. It was caused not by an insecticide but by a substance belonging chemically to the same group as the organic-phosphate insecticides. During the prohibi-

on era, some medicinal substances were pressed into service as substitutes for liquor, since they were exempt from the prohibition law. One of these was Jamaica ginger. But because the United States Pharmacopoeia product was expensive, bootleggers conceived the idea of making a substitute Jamaica ginger. They succeeded so well that their spurious product responded to the appropriate chemical tests and deceived the government chemists. To give their false ginger the necessary tang, however, they had introduced a chemical called triorthocresyl phosphate, which, like the other organic phosphates, including the well-known parathion, destroys the protective enzyme cholinesterase. As a consequence of drinking the bootleggers' product, some fifteen thousand people developed a permanently crippling type of paralysis of the leg muscles, a condition that became known as "ginger paralysis." The paralysis was accompanied by damage to the sheaths of the nerve fibres and by degeneration of the cells of the anterior horns of the spinal cord.

About two decades later, as various organic phosphates came into use as insecticides, cases reminiscent of the ginger-paralysis episode began to occur. For example, a greenhouse worker in Germany who had been using parathion and had experienced mild symptoms of poisoning on a few such occasions suddenly became paralyzed several months afterward. Then a group of three workers in a chemical factory developed acute poisoning from exposure to insecticides of this group. They recovered under treatment, but ten days later two of them developed muscular weakness in the legs. This persisted for ten months in one, a thirty-nine-year-old man; the other, a twenty-eight-year-old woman, was more severely affected, with paralysis in both legs and some involvement of the hands and arms. Two years later, when her case was reported in a medical journal, she was still unable to walk. The insecticide responsible for these cases has been withdrawn from the market, but some insecticides that are now in use may be capable of like harm. Both malathion (beloved of gardeners) and another organic phosphate, a phenolic compound used as an insecticide, have induced severe muscular weakness in experiments on chickens, and this was attended by destruction of the sheaths of the sciatic and spinal nerves.

All these consequences of organic-phosphate poisoning may be a prelude to something even worse. In view of the severe damage that insecticides of this group inflict upon the nervous system, it was perhaps inevitable that they should eventually be linked with mental disease. In any event, that link has recently been supplied, by investigators at the University of Melbourne and Prince Henry's Hospital, in Melbourne, who reported on sixteen cases of mental disease. All the patients had a history of prolonged exposure to organic-phosphate insecticides. Three were scientists who had checked the efficacy of sprays; eight had worked in greenhouses; five had been farm workers. Their symptoms ranged from impairment of memory to schizophrenic and depressive reactions. Echoes of this sort of thing are to be found widely scattered through medical literature, involving sometimes the chlorinated hydrocarbons, sometimes the organic phosphates. Confusion, delusions, loss of memory, manias—these are a heavy price to pay for the temporary destruction of a few insects, but they are a price that will continue to be exacted as long as we insist on using chemicals that strike directly at the nervous system.

The battle of living things against cancer began so long ago that its beginnings are lost in time. But it unquestionably began in a natural environment, in which whatever life inhabited the earth was subjected, for good or ill, to influences that had their origin in sun and storm and the ancient substances of the planet. Some of the elements of this environment created hazards, to which life had to adjust or perish. The ultraviolet radiation in sunlight could cause malignancy. So could radiations from certain rocks, and so could arsenic washed out of soil or rocks to contaminate food or water supplies. The environment contained these hostile elements even before life began. Yet life arose, and, over millions of years, it came to exist in infinite numbers and endless variety. The natural cancer-causing agents are still a factor in producing malignancy; however, they are few in number, and

they belong to that ancient array of forces with which life has had to struggle from the beginning. It was with the advent of man that the situation began to change, for man, alone of all forms of life, can create substances that cause cancer. A few man-made carcinogens (the medical term for all cancer-causing substances) have been part of our environment for centuries; an example is soot. With the dawn of the Industrial Age, the world became a place of continuous and ever-accelerating change. The natural environment was rapidly replaced by an artificial one, composed of new chemical and physical agents, many of which possessed powerful capacities for inducing biological change. Against the carcinogens that his own activities have created, man has no protection, for even as his biological heritage has evolved slowly, so it adapts slowly to new conditions.

The first awareness that external, or environmental, agents could produce cancer dawned in the mind of a London physician nearly two centuries ago. In 1775, Percivall Pott declared that scrotal cancer, then common among chimney sweeps, must be caused by the soot that accumulated on their bodies. He could not furnish the proof that we would demand today, but modern research methods have now isolated the deadly chemicals in soot. For a century or more after Pott's discovery, there seems to have been little further realization that certain chemicals in the human environment could cause cancer, by repeated skin contact, inhalation, or swallowing. True, it had been noticed that skin cancer was prevalent among workers exposed to arsenic fumes in the copper smelters and tin foundries in Cornwall and Wales. And it was realized that workers in the cobalt mines in Saxony and in the uranium mines at Joachimsthal, in Bohemia, were subject to a disease of the lungs, which was later identified as cancer. But these were phenomena of the pre-industrial era. The earliest recognition of malignancies traceable to the Age of Industry came during the last quarter of the nineteenth century. At about the time Pasteur was demonstrating the microbial origin of many infectious diseases, other men were discovering the chemical origin of certain cancers—skin cancers among workers in the new lignite industry in Saxony, and in the Scottish shale industry, and various cancers caused by exposure to tar and pitch. By the end of the nineteenth century, a half-dozen industrial carcinogens were known; the twentieth century was to create countless new cancer-causing chemicals. In the less than two centuries since the pioneering work of Pott, the environmental situation has changed greatly. No longer are exposures to dangerous chemicals occupational alone; such chemicals have entered the environment of almost everyone—probably even of children still unborn. It is hardly surprising, therefore, that there has lately been an alarming increase in malignant disease. The Monthly Report of the Office of Vital Statistics for July, 1959, states that malignant growths, including those of the lymphatic and blood-forming tissues, accounted for fifteen per cent of the deaths in 1958, compared to only four per cent in 1900. On the basis of the present incidence of the disease, the American Cancer Society estimates that forty-five million Americans now living will eventually develop cancer; this means that malignant disease will strike two out of three families. The situation with respect to children is even more deeply disturbing. A quarter of a century ago, cancer in children was considered a medical rarity. Then it became more frequent, and in 1947 the first clinic in the United States devoted exclusively to the treatment of children with cancer was established in Boston. Today, more American schoolchildren die of cancer than of any other cause except accidents. Twelve per cent of all the deaths of children between the ages of one and fourteen are caused by cancer. Large numbers of malignant tumors are discovered clinically in children under the age of five, but an even grimmer fact is that significant numbers of such growths are present at or before birth. Dr. W. C. Hueper, chief of the environmental-cancer section of the National Cancer Institute, who is one of the foremost authorities on his subject, has suggested that congenital cancers and cancers in infants may arise from carcinogens to which the mother has been exposed during pregnancy and which penetrate the placenta to act on the rapidly developing fetal tissues. Experiments show that the younger an animal is when it is subjected to a carcinogen, the more likely cancer is to appear. Dr. Francis E. Ray, of the University of Florida, has warned that "we may be initiating cancer in the children of today by the addition of chemicals," and that "we will not know,

perhaps for a generation or two, what the effects will be.”

Evidence gained from animal experiments has established that several of the pesticides must definitely be rated as carcinogens. As for their effect on human beings, the evidence is circumstantial, as it must be, since we do not use human beings in laboratory experiments involving cancer, but it is nonetheless impressive. The list of carcinogenic chemicals is greatly lengthened if we add those which are believed by some physicians to cause leukemia. Some pesticides may cause cancer not because the chemicals in themselves are carcinogenic but because the petroleum distillates in which they are dissolved or suspended may be carcinogenic. Still other chemicals will be added to the list if we include those whose action on living tissues or cells may be considered an indirect cause of malignancy. One of the pesticides that have been longest associated with cancer is arsenic, occurring in sodium arsenite, which is used as a weed killer, and in calcium arsenate and lead arsenate, which are used as insecticides. A striking example of the consequences of exposure is related by Dr. Hueper in his “Occupational Tumors and Allied Diseases,” a classic monograph on the subject. The town of Reichenstein, in Silesia, was for several hundred years the site of arsenic mines, and arsenic wastes accumulated in the vicinity of the mine shafts and were picked up by streams coming down from the nearby mountains. The underground water became contaminated, and arsenic entered the drinking water. For centuries, many of the inhabitants of the area suffered from what came to be known as “the Reichenstein disease”—chronic arsenicism with accompanying disorders of the liver, the skin, and the gastrointestinal and nervous systems. Malignant tumors were a common accompaniment of the disease. Reichenstein’s disease is now chiefly of historical interest, for a quarter of a century ago new water supplies were provided, from which arsenic was largely eliminated. In Córdoba Province, in Argentina, on the other hand, chronic arsenical poisoning, accompanied by skin cancers, is endemic, because the drinking water is contaminated by rock formations containing arsenic. It would not be difficult to create anywhere in the world conditions similar to those in Reichenstein and Córdoba, simply by the long-continued use of arsenical insecticides in the United States, the arsenic-drenched soils of tobacco plantations, of many orchards in the Northwest, and of blueberry lands in the East may easily lead to the pollution of water supplies.

Some of the many new chemicals we are exposed to are also proving to be carcinogenic—by no means only pesticides, to be sure, though pesticides are prominent among them. In laboratory tests on animal subjects, DDT has produced suspicious liver tumors. Scientists of the Food and Drug Administration, who reported the discovery of these tumors, were uncertain how to classify them but felt that there was some “justification for considering them low grade hepatic cell carcinomas.” Dr. Hueper now definitely rates DDT as a “chemical carcinogen.” The weed killer aminotriazole has been proved to cause thyroid cancer in test animals. In 1959, this chemical was misused by a number of cranberry growers in such a way as to produce residues on some of the marketed berries. The Food and Drug Administration seized the contaminated cranberries, and in the controversy that inevitably followed, the contention that the chemical actually was cancer-producing was challenged, even by many medical men. The scientific facts released by the Food and Drug Administration, however, clearly show aminotriazole to be carcinogenic in laboratory rats. When these animals had been given the chemical at the rate of a hundred parts per million in their drinking water—that is, one teaspoonful of chemical in ten thousand teaspoonfuls of water for sixty-eight weeks, they began to develop thyroid tumors. After two years, such tumors were present in more than half the rats examined. They were diagnosed as benign and malignant growths of various types. The tumors also appeared when the concentration of the chemical was reduced; in fact, a concentration that produced no effect was not found. No one knows, of course, the concentration of which aminotriazole may be carcinogenic for man, but, as a professor of medicine at Harvard, Dr. David Rutstein, has pointed out, this concentration is just as likely to be lower than that for rats as it is to be higher.

Insufficient time has elapsed since the introduction of the chlorinated-hydrocarbon insecticides and the modern herbicides to reveal their full effects. Most malignancies develop slowly. In the early nineteen-twenties, women who painted luminous figures on watch dials swallowed minute amounts of radium as a result of touching the brushes to their lips, and in some of these women bone cancers developed after a lapse of more than fifteen years. A period of thirty years, or even more, has been demonstrated for some cancers caused by occupational exposures to carcinogens. The first exposures to the new synthetic pesticides date from about 1942 for military personnel and from about 1945 for civilians, and it was not until the early fifties that a wide variety of pesticidal chemicals came into use, so the full maturing of whatever seeds of malignancy these chemicals have sown is yet to come. There is, however, one disease usually considered malignant that need have no long period of latency. This is leukemia in its acute form. Survivors of Hiroshima began to develop leukemia only three years after the atomic bombing, and there is now reason to believe that the latent period may sometimes be considerably shorter. Within the period covered by the rise of modern chemicals, the incidence of leukemia, too, has been steadily rising. Figures available from the Office of Vital Statistics clearly establish this fact. In the year 1960, leukemia alone claimed 12,290 victims, as opposed to 8,845 in 1950. Deaths from all types of malignancies of the blood and lymph totalled 25,400, as opposed to 16,690 in 1950. In terms of deaths per hundred thousand of population, the figure for 1950 was 11.1 and that for 1960 was 14.1. And in all countries the recorded deaths from leukemia, at an ages, are rising at a rate of between four and five per cent a year.

Such world-famous institutions as the Mayo Clinic now admit hundreds of victims of blood and lymph diseases. In case after case, a fateful sequence of events is revealed in the patient's recent history. Certain truths have become inescapably clear to Dr. Malcolm Hargraves, of the Hematology Department of the Mayo Clinic: in many cases, victims of leukemia, of a severe depression of the bone marrow called aplastic anemia, of Hodgkin's disease, and of other disorders of the blood and blood-forming tissues have had a history of exposure to modern chemicals—among them paints, fuel oils, and various sprays containing DDT, chlordane, BHC, the nitrophenols, the common moth crystal paradichlorobenzene, lindane, and, of course, the liquids in which they were dissolved or suspended. According to Dr. Hargraves, environmental diseases related to the use of various toxic substances have been increasing, particularly during the past ten years. "I believe that the vast majority of patients suffering from the blood dyscrasias and lymphoid diseases have a significant history of exposure to the various hydrocarbons, which in turn include most of the pesticides of today," he has said. "A careful medical history will almost invariably establish such a relationship."

What sort of exposure do the case histories show? Among those kept by Dr. Hargraves, exposure to a single chemical is the exception, rather than the rule. A commercial pesticide usually contains a combination of several chemicals suspended in a petroleum distillate, plus some dispersing agent. From the practical, rather than the medical, standpoint, however, this distinction is of little importance, because these petroleum distillates are an inseparable part of most common sprays. A typical case history concerns a housewife who abhorred spiders. In mid-August, she went into her basement with an aerosol spray containing DDT and petroleum distillate. She sprayed the entire basement thoroughly—under the stairs, in the fruit cupboards, and around the ceiling and the rafters. As she finished the spraying, she became quite ill, experiencing nausea and extreme anxiety and nervousness. Within the next few days, however, she felt better, and, apparently not suspecting the cause of her difficulty, she repeated the entire procedure twice in September. After the third use of the aerosol, new symptoms developed—fever, general malaise, pains in the joints, and acute phlebitis in one leg. When she was examined by Dr. Hargraves, in October, she was found to be suffering from acute leukemia. She died within a month. Another of Dr. Hargraves' patients sprayed the basement and all the secluded areas of a roach-infested building with a twenty-five-per-cent concentration of DDT in a solvent containing methylated naphthalenes. Within a short time, he began to bruise and

bleed. He entered the Clinic with a number of hemorrhages. Studies of his blood revealed aplastic anemia. During the next five and a half months, he received fifty-nine transfusions, in addition to other therapy. There was partial recovery, but about nine years later a fatal leukemia developed. The medical literature of this country and others contains many cases that support the belief in a cause-and-effect relation between the new chemicals and leukemia and other blood disorders. The cases involve farmers caught in the “fallout” of their own spray rigs or of planes, a college student who sprayed his room for ants and remained in the room to study, a woman who had installed a portable lindane vaporizer in her home, and a worker in a cotton field that had been sprayed with chlor-dane and toxaphene. And then there was a Swedish farmer whose case is strangely reminiscent of that of the Japanese fisherman Aikichi Kuboyama, of the tuna vessel the Lucky Dragon. Like Kuboyama, the farmer had been a healthy man, gleaning his living from the land as Kuboyama gleaned his from the sea. For each man, a poison drifting in the sky carried a death sentence. For one, it was radioactive ash. For the other, it was chemical dust. One day early in May, the farmer treated about sixty acres of land with a dust containing DDT and BHC. As he worked, puffs of wind brought little clouds of the dust swirling about him. “In the evening he felt unusually tired, and during the subsequent days he had a general feeling of weakness, with backache and aching legs as well as chills, and was obliged to take to his bed,” says a report from the medical clinic at Lund. His condition became worse, and a week after the spraying he applied for admission to the local hospital. He had a high fever, and his blood count was abnormal. After two and a half months, he died. A post-mortem examination revealed a complete wasting away of the bone marrow.

The road to cancer may be an indirect one. A substance that is not a carcinogen in the ordinary sense may disturb the normal functioning of some part of the body in such a way that malignancy results. Important examples are the cancers, especially of the reproductive system, that appear to be linked with disturbances in the balance of the sex hormones, for these disturbances, in turn, may in certain cases be the result of something that affects the ability of the liver to preserve a proper level of the hormones. The chlorinated hydrocarbons are precisely the kind of agent that can do this. Both the male and the female hormones are, of course, normally present in the body, though in different proportions in the two sexes, and they perform a necessary growth-stimulating function in relation to the various organs of reproduction. In addition, we absorb synthetic hormones from external sources—cosmetics, drugs, and foods, among others. It is important that the body be protected against an imbalance of male and female hormones and against an excessive accumulation of either, and normally the liver provides this protection. It may not be able to inactivate the female hormones, or estrogens, however (although it continues to control the male hormones), if it has been damaged by disease or by chemicals, or if its supply of the B-complex vitamins is deficient. Under these conditions, the estrogens build up to abnormally high levels.

What are the effects? In animals, at least, there is abundant evidence from experiments. For example, an investigator at the Rockefeller Institute found that female rabbits whose livers had been damaged by disease showed a very high incidence of uterine tumors; these are thought to have developed because the liver was no longer able to inactivate the estrogens in the blood, with the result that they rose to a carcinogenic level. Extensive experiments on mice, rats, guinea pigs, and monkeys show that the prolonged administration of estrogens—not necessarily at high levels—has caused changes in the tissues of the reproductive organs, varying from benign overgrowths to definite malignancy. Tumors of the kidneys have been induced in hamsters by the administration of estrogens. Although medical opinion is divided on the question, much evidence exists to support the view that similar effects may occur in human tissues. Investigators at the Royal Victoria Hospital at McGill University who studied a hundred and fifty cases of uterine cancer found that two-thirds of these occurred in patients whose estrogen levels were abnormally high. Of a later series, of twenty cases, ninety per cent had similarly high estrogen levels.

Liver damage sufficient to interfere with the inactivation of estrogens can be caused by the chlorinated hydrocarbons, which set up changes in liver cells at very low levels of intake. Also, like any other substances that destroy oxidative enzymes, they can cause loss of the B vitamins, which, as certain other chains of evidence have shown, play a protective role against cancer. The late C. P. Rhoads, onetime director of the Sloan-Kettering Institute for Cancer Research, found that test animals exposed to a very potent chemical carcinogen developed no cancer if they had been fed yeast, a rich source of the natural B vitamins. In experiments carried out in the nineteen-forties, a deficiency of these vitamins was found to accompany mouth cancer and perhaps cancer of other parts of the digestive tract as well. This has been observed both in the United States and in the northern parts of Sweden and Finland, where the diet is ordinarily deficient in vitamins. Certain groups of people—the Bantu tribes of Africa, for example—are especially prone to primary liver cancer, and such groups typically suffer from malnutrition. Cancer of the male breast is also prevalent in parts of Africa, and is typically associated with liver disease and malnutrition.

Here, again, in the field of cancer—whether brought about directly or indirectly—we see a familiar pattern. Human exposures to dangerous chemicals, including pesticides, are uncontrolled, and they are multiple. An individual may have many different exposures to the same chemical. It is quite possible that while no one of these exposures would be sufficient to precipitate malignancy, any single supposedly “safe dose” might be enough to tip the scales already loaded with other “safe doses.” And, again, the harm may be done by two or more carcinogens acting together. The individual exposed to DDT is almost certain to be exposed to other hydrocarbons—in, for instance, solvents, paint removers, degreasing agents, dry-cleaning fluids, and anesthetics. What, then, can be a “safe dose” of DDT? The situation is made still more complicated by the fact that one chemical may act on another to alter its effect. Cancer may sometimes result from the complementary action of two chemicals, one of which sensitizes the cell or tissue so that later, under the action of a second, so-called promoting agent, it develops malignancy; for example, the herbicides IPC and CIPC, members of the carbamate group, may act as initiators in the production of skin tumors, sowing the seeds of malignancy, which may be brought into actual being by other substances. Such interaction may be complex and far-reaching. Water-pollution experts throughout the United States are concerned over the fact that detergents are now a troublesome and practically universal contaminant of public water supplies, and that there is no practical way to remove them by treatment. Some detergents may promote cancer in an indirect way—acting on the lining of the digestive tract and changing its tissues so that they more easily absorb dangerous chemicals, whose effect is thereby aggravated.

Who can foresee and control this action? In the kaleidoscope of shifting conditions, what dose of even an indirect cancer-promoting agent can be “safe” except a zero dose? As it happens, this question has been a center of controversial discussion and some action. In 1958, the Food Additives Amendment of the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act, which applies to substances actually incorporated into food, and not to pesticides, placed carcinogens in a different category from other toxic substances. What this meant was that whereas the Food and Drug Administration was granted administrative discretion in establishing safe levels of food additives in general, any substance found to induce cancer in man or animals was automatically branded unsafe and its use as a food additive prohibited. And in a celebrated instance, in 1959, Arthur S. Flemming, Secretary of Health, Education and Welfare, applied “zero tolerance” to a pesticide when he prohibited the sale in interstate commerce of cranberries bearing residues of the carcinogenic weed killer aminotriazole.

We tolerate cancer-causing agents in our environment at our peril, as a recent event clearly illustrates. In the spring of 1961, an epidemic of liver cancer appeared among rainbow trout in many federal, state, and private hatcheries. Trout in both the Eastern and the Western parts of the United States

were affected, and in some areas practically a hundred per cent of the trout over three years of age developed cancer. This discovery was made by virtue of a preëxisting arrangement between the Fish and Wildlife Service and the environmental-cancer section of the National Cancer Institute, whereby the former would report the existence of tumors in any fish to the latter, as a precaution against a cancer hazard to man from water contaminants. Studies are still under way to determine the exact cause of this epidemic over so wide an area, but the best evidence is said to point to some substance present in the prepared hatchery feeds, which contain an incredible variety of chemical additives and medicinal agents. The story of the trout is important for many reasons, but chiefly as an example of what can happen when a potent carcinogen is introduced into the environment of any species. Dr. Hueper has interpreted this epidemic as a serious warning that greatly increased attention must be given to controlling the number and variety of environmental carcinogens. "If such preventive measures are not taken," he says, "the stage will be set at a progressive rate for the future occurrence of a similar disaster to the human population."

The discovery that we are living in what another investigator has called "a sea of carcinogens" is, of course, dismaying, and may easily lead to a reaction of despair and defeatism. "Isn't it a hopeless situation?" is the common response. "Isn't it impossible even to attempt to eliminate these cancer-producing agents from our world? Wouldn't it be better not to waste time trying, and to devote all our efforts to research to find a cure for cancer instead?" When this question is put to Dr. Hueper, he replies with the thoughtfulness of one who has pondered it long. He believes that our situation today with regard to cancer is very similar to that which faced mankind with regard to infectious diseases in the latter part of the nineteenth century. Thanks to the brilliant work of Pasteur and Koch, medical men, and even the general public, were becoming aware that the human environment was inhabited by an enormous number of microorganisms capable of causing disease, just as today we are increasingly conscious of the carcinogens that pervade our surroundings. Defeatism was clearly not the answer in the case of infectious diseases, for, as we have seen, most of them have been brought under a reasonable degree of control, and some have been practically eliminated. This brilliant medical achievement came about by an attack that was twofold—one that stressed prevention as well as cure. Despite the prominence given to "magic bullets" and "wonder drugs," most of the really decisive battles in the war against infectious disease consisted of measures to eliminate disease organisms from the environment. An example from history concerns the great outbreak of cholera in London more than a hundred years ago. A London physician, John Snow, mapped the occurrence of cases and found that they originated in one area, all of whose inhabitants drew their water from a pump on Broad Street. In a swift and decisive stroke of preventive medicine, Dr. Snow removed the handle from the pump, and the epidemic was thereby brought under control. Even therapeutic measures have the result not only of curing the patient but of reducing the foci of infection; for example, the present comparative rarity of tuberculosis is to a considerable extent a result of the fact that nowadays the average person seldom comes in contact with the tubercle bacillus. Today we are surrounded by a great variety of cancer-producing agents. In Dr. Hueper's opinion, an attack on cancer that is concentrated wholly, or even largely, on therapeutic measures (even assuming that a "cure" can be found) will fail, because it will leave untouched the great reservoirs of carcinogens.

Why have we been slow to adopt this common-sense approach to the cancer problem? Probably because, as Dr. Hueper puts it, "the goal of curing the victims of cancer is more exciting, more tangible, more glamorous, and more rewarding than prevention." Yet the task of preventing cancer is by no means a hopeless one. In one important respect, indeed, the outlook is more encouraging than the situation in regard to infectious disease was at the turn of the century. Man had not put the germs into the environment, and his role in spreading them was involuntary. By contrast, man has put the vast majority of carcinogens into the environment, and he can, if he wishes, eliminate many of them. The chemical agents of cancer have—ironically—become entrenched in our world through

man's search for a better and easier way of life. It would be unrealistic to suppose that all of them can or will be eliminated from the modern world, but of the agents responsible for the American Cancer Society's current prediction that one person in every four will develop cancer, a very large proportion are by no means necessities of life. By their elimination, the total load of carcinogens would be enormously lightened. In the interests of those in whom cancer is already a hidden or a visible presence, efforts to find cures must, of course, continue. But for those not yet touched by the disease, and certainly for the generations yet unborn, prevention is the imperative need.

Anyone who doubts that the age we live in is an age of poisons has only to walk into a grocery store, where he will find that, with no questions asked, he can buy substances of far greater death-dealing power than the medicinal drug for which he may be required to sign a "poison book" in the pharmacy next door. A few minutes' research in any supermarket would be enough to alarm the most stout-hearted customer if only he had ever been given a few basic facts about the chemicals presented for his choice. If a huge skull and crossbones were suspended above the insecticide department, the customer might at least enter it with the respect normally accorded death-dealing materials, but instead the display is homey and cheerful, and, with the pickles and olives across the aisle, and the bath and laundry soaps adjoining, the rows upon rows of insecticides look harmless enough. Within easy reach of a child's exploring hand are chemicals in glass containers; if either a child or a careless adult should drop one of these to the floor, everyone nearby would be splashed with the same sort of chemical that has sent spraymen using it into convulsions. A can of a mothproofing material containing DDD, a relative of DDT, carries in very fine print the warning that its contents are under pressure and that it may burst if it is exposed to heat or open flame. A common insecticide for household use, including assorted uses in the kitchen, contains chlordane, though the Food and Drug Administration's chief pharmacologist has declared the potential hazard of living in a house sprayed with chlordane to be "quite great." Other household preparations contain the even more toxic dieldrin.

Use of the poisons is made attractive and easy. Shelf paper, white or tinted to match our kitchen color scheme, may be impregnated with insecticides, not merely on one side but on both. Manufacturers offer us do-it-yourself booklets on how to kill bugs. With push-button ease, we may send a fog of dieldrin into the most inaccessible nooks and crannies of our closets, cabinets, and baseboards. If we are troubled by mosquitoes, chiggers, or other insect pests on our persons, we have a choice of innumerable lotions, creams, and sprays for application to our skin or our clothing. A celebrated New York store advertises a pocket-sized insecticide dispenser, which can be tucked into the purse or into a beach bag, golf bag, or fishing creel. We can polish our floors with a wax guaranteed to kill insects that walk over it. The Department of Agriculture, in a Home and Garden Bulletin, advises us to spray our winter clothing with an oil solution of DDT, dieldrin, chlordane, or any of several other moth killers. All these matters having been attended to, we may round out our day with insecticides by going to sleep under a mothproof blanket impregnated with dieldrin.

Gardening is firmly linked with the new poisons. Every hardware store, garden-supply shop, and supermarket has rows of insecticides designed to cope with any conceivable horticultural situation. Every newspaper's garden page and the majority of the gardening magazines take the use of these substances for granted. So extensively are even the organic-phosphate insecticides, such as parathion and malathion, applied to lawns and ornamental plantings that in 1960 the Florida State Board of Health found it necessary to restrict the use of pesticides in residential areas; a number of deaths from parathion had occurred in Florida before this regulation was adopted. In general, however, little is done to warn the gardener or homeowner that he is handling extremely dangerous materials. On the contrary, a constant stream of new gadgets continues to make it easier to use poisons on lawn and garden—and to increase the gardener's contact with them. Power mowers have been fitted

with devices for the dissemination of pesticides—attachments that will dispense a cloud of vapor as the homeowner mows his lawn. So to the potentially dangerous fumes from gasoline are added the finely divided particles of whatever insecticide the unsuspecting suburbanite has chosen to distribute, raising the level of air pollution above his own grounds to something that few cities could equal. Even the once innocuous garden hose has been fitted out with dangerous devices. One may get a jar-type attachment for the hose, for example, by which such chemicals as chlordane and dieldrin can be applied to the lawn as one waters it. Such an attachment is not only a hazard to the person using the hose; it is also a public menace. In 1960, the New York Times issued a warning on its garden page to the effect that unless special protective equipment was installed, poisons might get into the water supply by back siphonage. As an example of what can happen to the gardener himself, we might look at the case of a physician—an enthusiastic spare-time gardener—who took to using DDT and then malathion on his shrubs and lawn, making regular weekly applications. Sometimes he applied the chemicals with a hand spray, sometimes with a hose attachment. Whichever method he used, his skin and clothing often became soaked with spray. After about a year of this, he suddenly collapsed and was hospitalized. Examination of a biopsy specimen of fat showed an accumulation of twenty-three parts per million of DDT. He had suffered extensive nerve damage, which his physicians regarded as permanent. As time went on, he lost weight, was subject to extreme fatigue, and experienced a peculiar muscular weakness.

The mores of suburbia now dictate that crab grass must go, at whatever cost, and sacks containing chemicals designed to rid the lawn of such despised vegetation have become almost a status symbol. These weed-killing chemicals are sold under brand names that hold no suggestion of their identity or their nature. The descriptive literature that may be picked up in any hardware or garden-supply store seldom, if ever, reveals the true hazards involved in handling or applying the material it recommends. Instead, the typical illustration portrays a happy family scene—father and son smiling as they prepare to apply the chemical to the lawn, or small children tumbling over the grass with a dog.

Indeed, the public is hardly ever made aware of the true nature of most of the pesticides. Advertisements for lindane, to take one example, contain no suggestion that the chemical is dangerous. Neither do advertisements for vaporizers that dispense lindane fumes; in fact, we are told that they are safe. Yet the truth of the matter is that the American Medical Association considers electronic vaporizers employing lindane so dangerous that it recently conducted an extended campaign against them in its Journal. To learn that sacks of weed killers contain chlordane or dieldrin, one must read exceedingly fine type placed on the least conspicuous part of the sacks. On containers of insecticides, warnings are printed so inconspicuously that few people take the trouble to read them. An industrial firm recently undertook to find out just how few. Its survey indicated that out of a hundred people using insecticide aerosols and sprays scarcely fifteen are aware that there are any warnings at all on the containers.

The question of chemical residues on the food we eat is the subject of a hot debate. The existence of such residues either is played down by the manufacturers of chemicals as unimportant or is flatly denied. Simultaneously, there is a strong tendency to brand as fanatics or cultists all who are so perverse as to demand that their food be free of insect poisons. In all this cloud of controversy, what are the facts?

Common sense tells us that the bodies of persons who lived and died before the dawn of the DDT era—that is, before about 1942—contained no trace of DDT or any similar material. Samples of body fat collected from the general population between 1954 and 1956 contained an average of from 5.3 to 7.4 parts per million of DDT. There is some evidence that the average level has been

steadily rising since, and that individuals who incur occupational or other special exposure to insecticides consistently store even more. It has been assumed that among the general population, with no known gross exposures to insecticides, much of the DDT stored in fat deposits has entered the body in food. In 1954, a scientific team from the Public Health Service that had sampled restaurant and institutional meals in order to test this assumption reported that every meal contained DDT. From this the investigators concluded, reasonably enough, that “few if any foods can be relied upon to be entirely free of DDT.” Actually, the quantities of DDT in such meals may be enormous. In a separate Public Health Service study, an analysis of prison meals disclosed such items as stewed dried fruit containing 69.6 parts per million and bread containing 100.9 parts per million. In the diet of the average home, meats and the various products derived from fats contain the heaviest residues of chlorinated hydrocarbons, for the simple reason that these chemicals are soluble in fat. Residues on fruits and vegetables tend to be somewhat less. These are little affected by washing, however; the only remedy is to remove and discard all the outside leaves of such vegetables as lettuce and cabbage, to peel fruit, and to use no skins or other outer coverings whatever. Cooking does not destroy residues.

To find a diet free from DDT and related chemicals, it seems, one must go to a remote and primitive land. Such a land, or stretch of land, appears to exist on the far arctic shores of Alaska, although even there one may see the approaching shadow. A year or two ago, scientists investigated the native diet of the Eskimos of this region, and found it to be free from insecticides. The fresh and dried fish; the fat, oil, or meat from beaver, caribou, moose, polar bear, seal, and walrus; cranberries, salmonberries, and wild rhubarb—all had so far escaped contamination. When some of the Eskimos themselves were checked by analysis of fat samples, however, small residues of DDT were found (up to 1.9 parts per million). The reason for this was clear. The fat samples were taken from people who had left their native villages to enter the United States Public Health Service Hospital in Anchorage, for surgery. There the ways of civilization prevailed, and the meals in the hospital were found to contain as much DDT as those in the most populous city. For their brief stay in civilization, the Eskimos were rewarded with a taint of poison.

The fact that every meal we eat carries its load of chlorinated hydrocarbons is the inevitable consequence of the almost universal spraying or dusting of agricultural crops with these poisons. If the farmer scrupulously follows the instructions on the labels, his use of agricultural chemicals will produce no residues larger than those permitted by the Food and Drug Administration. To leave aside for the moment the question of whether these legal residues are as “safe” as they are represented to be, there remains the well-known fact that farmers very frequently exceed the prescribed dosages, use the chemical too close to the time of harvest, use several insecticides where one would do, and in other ways share the common human failing of neglecting to read the fine print. Even the chemical industry recognizes the frequent misuse of insecticides and the need for educating farmers in their application; one of its leading trade journals recently declared that “many users do not seem to understand that they may exceed insecticide tolerances if they use higher dosages than recommended—the haphazard use of insecticides on many crops may be based on farmers’ whims.” The files of the Food and Drug Administration contain records of a disturbing number of such haphazard uses. A few examples will serve to illustrate the disregard of directions: a lettuce farmer who applied not one but eight different insecticides to his crop within a short time of harvest, a shipper who used parathion on celery in an amount that was five times the recommended maximum, and growers who sprayed spinach with DDT a week before harvest. There are also cases of chance or accidental contamination. Large lots of green coffee in burlap bags have become contaminated while they were being transported in vessels that also carried a cargo of insecticides. Packaged foods in warehouses are subjected to repeated aerosol treatments with DDT, lindane, and other insecticides, which may penetrate the packaging materials and occur in measurable quantities on the foods. The

longer the food remains in storage, the greater the danger of contamination.

To the question “But doesn’t the government protect us from such things?” the answer is “Only to a limited extent.” The Food and Drug Administration establishes maximum permissible limits of contamination, called “tolerances,” which vary from food to food and from pesticide to pesticide. But the activities of the Food and Drug Administration in the field of consumer protection against pesticides are severely limited by two factors. The first is that it has jurisdiction only over foods shipped in interstate commerce; foods marketed within the state where they were grown are entirely outside its sphere of authority, no matter what the violation. Most states, it is important to note, have woefully inadequate laws in this field. The second, and even more critically limiting, factor is the small number of inspectors on the staff of the Food and Drug Administration—fewer than six hundred men for all its varied work. With the existing facilities, according to a Food and Drug official, only an infinitesimal fraction of the crop products moving in interstate commerce can be checked—far less than one per cent, or not enough to have statistical significance. Milk is one of the few foods in which no pesticide residues whatever are permitted by Food and Drug Administration regulations. In actuality, however, residues frequently turn up. They are heaviest in butter and other manufactured dairy products. A check of four hundred and sixty-one samples of such products in 1960 showed that a third contained residues. One can imagine, then, the volume of contaminated and unchecked dairy products that we consume.

Beyond these limiting factors, the system under which the Food and Drug Administration establishes tolerances has obvious defects. Under the conditions prevailing, it provides mere paper security, and, in addition, it promotes a completely unjustified impression that safe limits have been established and are being adhered to. As for the safety of allowing a sprinkling of poisons on our food—a little on this, a little on that—many people argue that no poison is safe on food. In setting a tolerance level, the Food and Drug Administration reviews tests of the poison on laboratory animals and then establishes as the maximum level of contamination a quantity that is much less than that required to produce symptoms in the test animals. This system, which is supposed to insure safety, ignores a number of important facts. As we have noted, a laboratory animal, living under highly artificial conditions and consuming a given amount of a specific chemical, is very different from a human being, whose exposures to pesticides are not only multiple but for the most part unknown, unmeasurable, and uncontrollable. Even if seven parts per million of DDT on the lettuce in his luncheon salad were “safe,” as the Food and Drug Administration declares, the meal includes several other foods with allowable residues of their own, and, of course, the pesticides on his food are only a part, and possibly a small part, of his total exposure. This piling up of chemicals from many different sources creates a total exposure that cannot be measured. It is meaningless, therefore, to talk about the “safety” of any specific amount of residue.

And there are other defects. Sometimes tolerances have been established on the basis of inadequate knowledge of the chemical concerned. In such cases, better information, or a review of existing information, has led to a later reduction or withdrawal of the tolerance, but only after the public has been exposed to admittedly dangerous levels of the chemical for months or years. This happened when heptachlor was given a tolerance, which later had to be revoked. In certain circumstances, a tolerance can be set up against the better judgment of Food and Drug Administration scientists, for the chemical manufacturer has the right to appeal to higher authority—in practice, a committee appointed by the National Academy of Sciences. In one such case, the Food and Drug Administration found that a pesticide was carcinogenic, but, what with various administrative procedures, it was two years before this chemical could effectively be given a zero tolerance. And, to compound the Food and Drug Administration’s difficulties, no practical field method of analysis exists for some chemicals before they are registered for use, and inspectors are frustrated in their efforts to detect

residues.

What is the solution to the problem of contaminated food? The first necessity is to eliminate tolerances for the chlorinated hydrocarbons, the organic-phosphate group, and the rest of the highly toxic chemicals. It may be objected that this will place too much of a burden on the farmer. But if, as is now presumed to be true, it is possible to use chemicals in such a way that they leave a residue of only one part per million (the tolerance for DDT on potatoes), or even of only 0.1 part per million (the tolerance for dieldrin on a great variety of fruits and vegetables), then why is it not possible, with only a little more care, to prevent the occurrence of any residues at all? The fact is that a zero tolerance is already required for certain chemicals on certain crops. If it is considered practical in these instances, why not in all? Yet even a zero tolerance is not a complete solution, with more than ninety-nine per cent of our interstate food shipments slipping by without inspection. A vigilant and aggressive Food and Drug Administration, with a greatly increased force of inspectors, is another urgent need. And still another need is strict inspection and control of foods that never leave the state where they are produced.

This system, however—poisoning our food and then policing the result—is too reminiscent of Lewis Carroll's White Knight, who thought of "a plan to dye one's whiskers green, and always use so large a fan that they could not be seen." The ultimate answer is to use chemicals that are less toxic, so that the public hazard from any misuse will be much reduced. Such chemicals already exist: the pyrethrins, which are made from the dried flowers of chrysanthemums; rotenone, which occurs in the roots of an East Indian plant; ryania, which is found in the stem wood of a shrub native to South America; and others, also derived from plant substances. (For some time, a critical shortage of the pyrethrins appeared imminent, but these substances have recently been duplicated synthetically, so they should now be readily available.) In addition to making this change in the nature of chemical pesticides, we should diligently explore the possibilities of non-chemical methods of pest control. The use of insect diseases—caused by bacteria and viruses that attack certain types of destructive insects—has already been successful in some areas, and more extended tests of this method are planned. A great many other possibilities also exist for effective insect control by methods that will leave no residues on foods. But until a large-scale conversion to these methods has occurred, we shall have little relief from a situation that, by any common-sense standards, is intolerable. As things are now, we are little better off than guests of the Borgias.

The problem that this series of articles has attempted to make clear is that our world has been widely contaminated with the substances used in the control of insects—chemicals that have already invaded the water on which all living things depend, have entered into the soil, and have spread a toxic film over vegetation. The new chemicals do not single out the one species of which we desire to be rid. Each of them is used for the simple reason that it is a deadly poison. It therefore poisons all life with which it comes in contact—the cat beloved of a family, the farmer's cattle, the rabbit in the field, and the horned lark in the sky. These creatures are innocent of any harm to man. Indeed, by their very existence they make his life more pleasant. Yet he rewards them with a death that is sudden and horrible. The bird life of whole regions has already been almost wiped out, the fish of rivers and lakes have been destroyed, and lingering poisons have become lodged in the bodies of creatures ranging from the earthworms of the soil to the wild game of the forest. As for man himself, there is no reason to believe he is immune to the poisons that have already brought death to so many of these creatures with which he shares the earth. Where the effects on man are already known, they are found to be destructive. Beyond these known effects is the even more frightening prospect of damage that cannot be detected for years and of possible genetic effects that cannot be known for generations, by which time the havoc we have wrought cannot be undone. And it is ironic that in inflicting so much damage and incurring such risks we have destroyed many of the de-

fenses in nature that are our true protection against the excessive multiplication of any species of insect, while even as we have done so, the insects that most seriously threaten our welfare have developed resistance to the chemicals used against them, raising the threat that we may lose control over insect-borne disease.

My contention is not that moderate chemical controls should never be used under any circumstances but, rather, that we must reduce their use to a minimum and must as rapidly as possible develop and strengthen biological controls. I contend that we have put poisonous and biologically potent chemicals indiscriminately into the hands of persons who are largely or wholly ignorant of the harm they can do. There is still a very limited awareness of the nature of the threat. This is an era of specialists, each of whom sees his own problem and is unaware of or indifferent to the larger frame into which it fits. It is also an era dominated by industry, in which the right to make money, at whatever cost to others, is seldom challenged. We shall have no relief from this poisoning of the environment until our officials have the courage and integrity to declare that the public welfare is more important than dollars, and to enforce this point of view in the face of all pressures and all protests, even from the public itself. On those occasions when the public, confronted with some obvious evidence of the damaging results of pesticide applications, has ventured to question the use of poisonous chemicals, it has been fed little tranquillizing pills of half truth. We urgently need to put an end to these false assurances. It is the public that is being asked to assume the risks that the insect controllers calculate. The public must decide whether it wishes to continue on the present road, and it can do so only when it is in full possession of the facts. In the words of the French biologist Jean Rostand, "The obligation to endure gives us the right to know."

(This is the last of a series of articles.)

This article appears in the print edition of the June 30, 1962, issue.

•