

Il giunco è appassito sul lago, e nessun uccello canta più.

Keats

Sono pessimista sulla sorte della razza umana perché essa ha troppo più ingegno di quanto ne occorra al suo benessere. Noi ci accostiamo alla natura solo per sottometerla. Se ci adattassimo a questo pianeta e lo apprezzassimo, invece di considerarlo in modo scettico e dittatoriale, avremmo migliori probabilità di sopravvivere.

E. B. White

Premessa

In una lettera del gennaio 1958, Olga Owens Huckins mi parlava della sua amara esperienza "d'un piccolo mondo ormai privo di vita," e riportava d'un tratto la mia attenzione su un problema che già da tempo mi ero posto. E decisi allora che dovevo scrivere questo libro.

Negli anni successivi ho ricevuto aiuti ed incoraggiamenti da tante persone che non mi è possibile nominare qui singolarmente. Coloro che hanno condiviso con me i frutti di un lungo periodo di esperienza e di studio appartengono ad una vasta cerchia di enti governativi statunitensi e stranieri, di università e di istituti di ricerca e professionali. A tutti esprimo una profonda riconoscenza per il tempo e le idee che mi hanno generosamente elargito.

La mia particolare gratitudine va anche a chi ha letto i vari capitoli del manoscritto, fornendomi commenti e rilievi critici suggeriti dalle proprie conoscenze specifiche. Anche se la responsabilità per l'esattezza e la validità del testo ricade interamente su me, devo dire che non avrei potuto portare a termine il presente volume senza l'aiuto premuroso dei seguenti specialisti: L. G. Bartholomew, M. D., della Mayo Clinic; John J. Biesele della University of Texas; A. W. A. Brown della University of Western Ontario; Morton S. Biskind, M. D., di Westport (Connecticut); C. J. Brejèr del Servizio Protezione Piante olandese; Clarence Cottam della Rob and Bessie Welder Wildlife Foundation; George Crile Jr., M. D., della Cleveland Clinic; Frank Egler di Norfolk (Connecticut); Malcolm M. Hargraves, M. D., della Mayo Clinic; W. C. Hueper, M. D., del National Cancer Institute; C. J. Kerswill del Fisheries Research Board of Canada; Olaus Murie della Wilderness Society; A. D. Pickett del Canada Department of Agriculture; Thomas G. Scott della Illinois Natural History Survey; Clarence Tarzwell del Taft Sanitary Engineering Center e George Y. Wallace della Michigan State University.

Uno scrittore, quando scrive un libro denso di riferimenti, deve fare assegnamento anche sulla bravura e sull'aiuto dei bibliotecari. Ed anch'io ho un debito nei loro confronti, specialmente verso Ida K. Johnston del Department of the Interior Library e Thelma Robinson della Library of the National Institute of Health.

Così pure il mio agente editoriale, Paul Brook, mi è stato di grande sostegno durante anni ed anni di lavoro e ha cortesemente sopportato remore e differimenti. Pertanto, anche per la sua comprovata abilità nel campo dell'editoria, gli sono sinceramente obbligata.

Ho inoltre usufruito, per la necessaria e considerevole mole della ricerca bibliografica, dell'assistenza diligente ed appassionata di Dorothy Algire, Jeanne Davis e Bette Haney Duff. Devo aggiungere poi che, a causa di circostanze per me davvero difficili, non sarei forse riuscita nell'intento senza il fiducioso aiuto della mia governante Ida Sprow.

Ed, infine, devo far presente che sono debitrice verso una folla di persone, molte delle quali a me sconosciute, ma che non di meno rendono legittima la pubblicazione di un libro come questo. Sono le persone che per prime si levarono contro l'avvelenamento irresponsabile ed impudente della Terra su cui viviamo insieme con tutte le altre creature, e stanno oggi combattendo migliaia di piccole battaglie destinate a far trionfare il buon senso e la ragionevolezza nel nostro adattamento al mondo che ci circonda.

Rachel Carson

Nota dell'autrice

Non ho voluto sovraccaricare di note a margine il testo, ma ritengo che un certo numero di lettori desidererà approfondire qualcuno degli argomenti trattati.

Perciò ho incluso in appendice, alla fine del volume, un elenco delle principali fonti d'informazioni, ordinate con il richiamo del capitolo a cui si riferiscono.

R. C.

Capitolo primo

Una favola che può diventare realtà

C'era una volta una città nel cuore dell'America dove tutta la vita sembrava scorrere in armonia con il paesaggio circostante. La città si stendeva al centro d'una scacchiera di operose fattorie, tra campi di grano e colline coltivate a frutteto dove, di primavera, le bianche nuvole dei rami in fiore spiccavano sul verde dei prati. D'autunno le querce, gli aceri e le betulle si vestivano di un fogliame rosseggiante che lampeggiava come fiamma tra le scure cupole dei pini. Era quello il tempo in cui le volpi ululavano sulle colline e i daini scorrazzavano silenziosi nella campagna, seminascosti dalla bruma del mattino.

Lungo le strade, siepi di bosso e di alloro, ontani, felci giganti e fiori selvatici rallegravano l'occhio del viandante per buona parte dell'anno. Perfino d'inverno i bordi delle strade avevano una loro particolare bellezza, perché innumerevoli uccelli si abbassavano sulla terra per nutrirsi delle bacche e delle gemme rimaste sui rami sporgenti dalla neve. La regione era famosa, infatti, per l'abbondanza e la varietà degli uccelli che vi stanziavano e, quando gli stormi migranti arrivavano e ripartivano in primavera e in autunno, la gente veniva da grandi distanze per assistere al loro passaggio. Altri visitatori venivano a pescare lungo i corsi d'acqua che scendevano limpidi e freddi dalle montagne; qui, in punti ombrosi e profondi, le trote deponevano le uova. Così era sempre stato fin da quando, molti anni prima, i primi coloni avevano edificato le loro case, scavato i pozzi e costruito i fienili:

D'improvviso un influsso maligno colpì l'intera zona, ed ogni cosa cominciò a cambiare. La popolazione cadde sotto il potere di una diabolica magia; il pollame fu decimato da misteriose malattie; i bovini e le pecore si ammalarono e perirono. Dappertutto aleggiava l'ombra della morte. Ogni giorno, nelle campagne, i contadini parlavano di malanni che colpivano le loro famiglie. Nelle città i medici erano costretti a far fronte sempre più spesso a malattie nuove che colpivano i

loro pazienti. Si andavano verificando subitanei ed inesplicabili decessi non soltanto tra gli adulti, ma anche tra i fanciulli: fanciulli che venivano ghermiti improvvisamente dal male mentre erano intenti a giocare e non sopravvivevano più di qualche ora.

Si trattava d'una singolare epidemia. Gli uccelli, per esempio: dov'erano andati a finire? Molta gente ne parlava con perplessità e sgomento; nei cortili non se ne vedeva più uno in cerca di cibo.

I rari uccellini che si potevano vedere erano moribondi; assaliti da forti tremiti, non potevano più volare. La primavera era ormai priva del loro canto. Le albe, che una volta risuonavano del gorgheggio mattutino dei pettirossi, delle ghiandaie, delle tortore, degli scriccioli e della voce di un'infinità di altri uccelli, adesso erano mute; un completo silenzio dominava sui campi, nei boschi e sugli stagni.

Nelle fattorie le chioce continuavano a covare, ma nessun pulcino nasceva. I contadini si lamentavano perché non riuscivano più ad allevare i maiali: infatti ben pochi porcellini venivano al mondo, ed anche quei pochi sopravvivevano per breve tempo. Giunse per i meli la stagione della fioritura, ma le api non danzavano più fra le corolle; non vi fu quindi impollinazione e non si ebbero frutti.

I bordi delle strade, prima tanto attraenti, erano adesso fiancheggiati da una vegetazione così brulla ed appassita che sembrava devastata da un incendio. E pure qui regnava il silenzio e si notava l'assenza di un qualsiasi segno di vita. Anche i corsi d'acqua erano rimasti spopolati. Ed i pescatori li disertavano giacché tutti i pesci erano morti.

Nelle grondaie e tra le tegole dei tetti apparivano le tracce d'una polvere bianca e granulosa; essa era caduta come neve, qualche settimana prima, sulle case e sulle strade, sui campi e sui fiumi.

Nessuna magia, nessuna azione nemica aveva arrestato il risorgere di una nuova vita: gli abitanti stessi ne erano colpevoli.

Una città come questa non esiste nella realtà, ma la si può ricostruire prendendo come esempio migliaia di località in America e in ogni altra parte del mondo. Nessuna comunità — per quanto ne sappia — è stata finora bersagliata dal complesso

di sciagure che ho qui descritto, tuttavia ciascuna di queste calamità ha davvero fatto la sua apparizione da qualche parte, e molti popoli hanno già subito le conseguenze d'un buon numero di esse. Anche se inavvertito, un truce fantasma cammina al nostro fianco, e la catastrofe qui prospettata può facilmente diventare una tragica realtà.

Perché tacciono le voci della primavera in innumerevoli contrade d'America? È quanto cercherò di spiegare in questo libro.

i nostri laboratori continuerebbero a produrre incessantemente altre nuove e pericolose sostanze; basti pensare che, soltanto negli Stati Uniti, ogni anno cinquecento di esse trovano una loro possibilità di impiego. La cifra è sbalorditiva, anche se non se ne afferra completamente il significato: 500 nuove sostanze chimiche ogni anno, alle quali il corpo degli uomini e degli animali deve in qualche modo assuefarsi; e, per di più, sostanze chimiche completamente estranee a qualsiasi esperienza biologica.

Tra esse, molte vengono usate nella lotta condotta dall'uomo contro la natura. Dal 1945 in avanti, più di 200 composti sono stati creati per estirpare erbacce e sterminare insetti, roditori ed altri organismi che, nel linguaggio dei nostri tempi, vengono considerati "pestilenziali": 200 composti messi in vendita con migliaia di differenti marchi di fabbrica.

Da allora queste irrorazioni, polverizzazioni e vaporizzazioni vengono praticate universalmente nelle colture agricole, nei giardini, nelle foreste e nelle abitazioni; e si tratta di prodotti non specifici che sterminano tutti gli insetti, "buoni" e "cattivi," che impediscono agli uccelli di cinguettare ed ai pesci di guizzare nei fiumi e nei torrenti, che coprono ogni foglia d'una pellicola mortale e si depositano al suolo. Tutto ciò nell'unico intento di distruggere poche specie di gramigna e di parassiti. C'è mai qualcuno disposto a sostenere che sia possibile disseminare una tale quantità di veleni sulla superficie della Terra senza nuocere a tutto ciò che vive? Bisognerebbe davvero parlare non di "insetticidi," ma di "biocidi."

Il processo della disinfestazione segue l'andamento di una spirale senza fine. Da quando venne permesso l'impiego del DDT per usi civili, abbiamo assistito ad un costante aumento di produzione di composti chimici sempre più tossici. E questo è avvenuto perché gli insetti, in una trionfale rivendicazione del principio di Darwin della sopravvivenza degli individui più atti, si sono man mano evoluti in razze più resistenti, immuni agli insetticidi usati fino allora. Donde la necessità di trovare un veleno più mortale, destinato ad essere soppiantato, in seguito, da qualcosa di ancora più micidiale. Bisogna anche aggiungere che ciò è avvenuto perché gli insetti da sterminare — per ragioni che spiegheremo più avanti — hanno manifestato spesso, dopo la disinfestazione, insospettiti "ritorni di fiamma," di reviviscenza, diventando più

numerosi di prima. Così la guerra chimica ingaggiata contro di essi non ha mai vinto la sua ultima battaglia, e tutte le forme viventi si trovano perennemente sottoposte al suo fuoco incrociato.

Parallelamente all'eventualità della totale estinzione del genere umano in una guerra atomica, l'altro fondamentale problema della nostra epoca consiste, dunque, nella contaminazione dell'ambiente in cui viviamo ad opera di sostanze con un incredibile potenziale di devastazione — sostanze che si accumulano nei tessuti delle piante e degli animali e penetrano anche nelle cellule germinali per distruggere o alterare i fattori dai quali dipende l'eredità e, in ultima istanza, la sorte stessa dell'umanità.

Qualche sedicente profeta del nostro avvenire prevede già i tempi in cui sarà possibile modificare a piacimento il plasma del germe umano. Ebbene, con la nostra avventatezza, abbiamo già conseguito un obiettivo del genere, perché molte sostanze chimiche da noi prodotte, al pari delle radiazioni, provocano effettivamente mutazioni nei geni. E non è priva di un'amara ironia la constatazione che l'uomo può determinare il proprio futuro valendosi d'una bazzecola così banale come può esserlo la scelta di un insetticida.

La verità è che oggi corriamo questo rischio. Perché mai? Gli storici che un giorno investigheranno sul nostro tempo avranno ben ragione di sorprendersi della mancanza di senso delle proporzioni di cui stiamo dando prova. Come è possibile, infatti, che esseri ragionevoli cerchino di impedire il diffondersi di poche specie di organismi "indesiderabili" servendosi di un mezzo che contamina la Terra intera ed è portatore di malattia e di morte anche per il genere umano? Eppure è proprio questo che stiamo facendo. E continuiamo a farlo adducendo ragioni che crollano nel momento stesso in cui le prendiamo in esame. Affermiamo che l'enorme e crescente impiego degli insetticidi è necessario per preservare la produzione agricola. Ma non siamo noi stessi costretti a fronteggiare, al contrario, un problema di *sovraproduzione*? La nostra agricoltura, nonostante le misure adottate per ridurre la superficie coltivata (compensando i contadini che non producono), ha registrato una tale sorprendente sovrabbondanza di raccolti che i contribuenti americani, per il 1962, stanno pagando più di un miliardo di dollari all'anno di tasse per la

L'importazione di piante è stato il principale fattore determinante dell'attuale diffusione delle specie, dato che, con esse, sono stati trasportati anche gli organismi che vi vivevano a loro spese. La istituzione delle "quarantene" è una misura di sicurezza relativamente recente e di parziale efficacia. Il solo United States Office of Plant Introduction ha introdotto negli U.S.A. almeno 200.000 specie e varietà di piante da ogni parte del mondo; sempre negli Stati Uniti, circa la metà dei 180 peggiori parassiti dei vegetali proviene dall'estero, e la più parte vi è arrivata "viaggiando abusivamente" sulle piante.

Nei nuovi territori, questi vegetali ed animali importati — ormai fuori del raggio d'azione di quella ristretta cerchia di nemici naturali che ne impedivano l'eccessiva moltiplicazione nella terra d'origine — aumentano di numero con grande rapidità. Non è perciò un caso che i nostri più insidiosi insetti appartengono a specie importate.

Queste invasioni — quella spontanea e quella favorita dall'uomo — sono destinate, con ogni probabilità, a protrarsi indefinitamente. Le quarantene e le massicce campagne di disinfezione chimica costituiscono un costoso palliativo che permette solo di guadagnare tempo. Presto o tardi dovremo fronteggiare, secondo il dott. Elton, "un'alternativa di vita o di morte che esige non certo la scoperta di nuovi mezzi tecnici per sopprimere questa pianta o quell'insetto," ma invece un'approfondita conoscenza delle popolazioni animali e dei loro rapporti con il rispettivo ambiente, conoscenza atta a "promuovere un giusto equilibrio e a neutralizzare sia la prorompente forza di riproduzione, sia il verificarsi di nuove invasioni."

Già oggi possediamo le necessarie cognizioni, che però non utilizziamo. Facciamo studiare i nostri ecologi nelle università e li inseriamo nelle commissioni governative, ma raramente ascoltiamo i loro consigli. E permettiamo che la pioggia letale di prodotti chimici continui a cadere come se non ci fossero altre alternative: le alternative invece esistono e sarebbero anche più numerose se la nostra capacità inventiva venisse indirizzata in questo senso.

Siamo dunque caduti in uno stato di ipnosi tale da farci accettare come inevitabile ciò che è deteriore e nefasto, quasi che avessimo perduto la volontà o la preveggenza di tendere a ciò che è bene? In tale maniera — per citare le parole del

psicologo Paul Shepard — "si ha l'impressione che ci stiamo trovando con l'acqua alla gola, proprio vicini al limite tollerabile di contaminazione ambientale... Perché dovremmo sopportare una dieta di deboli veleni, una casa con grigi dintorni, una cerchia di conoscenti che per poco non ci sono ostili, un frastuono di motori che quasi ci fa impazzire? Chi vorrebbe vivere in un mondo che è proprio al limite della dannosità?"

Eppure è questo il mondo che sta avanzando verso di noi. La crociata organizzata per creare un mondo chimicamente sterile e privo di insetti sembra che abbia generato una specie di zelo fanatico in numerosi esperti e nella maggior parte delle cosiddette commissioni di controllo. È ormai evidente che gli uomini impegnati nelle disinfestazioni esercitano dappertutto un potere assoluto. "Gli entomologi che sono addetti a tali operazioni... agiscono come parte lesa, giudici e giurati, come funzionari del fisco ed esattori e, infine, come sceriffi per rafforzare la propria autorità," commenta Neel Turner, un entomologo del Connecticut. Gli abusi più flagranti vengono così commessi senza ritegno dalle commissioni dei vari stati e da quelle federali.

Non voglio con ciò sostenere che gli insetticidi chimici non debbano essere mai usati. Sostengo però che abbiamo affidato indiscriminatamente veleni e sostanze chimiche di grande efficacia biologica a gente assai o del tutto ignara della loro potenziale pericolosità. Abbiamo imposto il contatto con questi veleni ad una gran parte della popolazione senza chiedere il suo consenso e, spesso, a sua insaputa. Se il Bill of Right¹ non contempla una garanzia che protegga il cittadino contro i veleni mortali diffusi da privati o da pubblici ufficiali, ciò è certamente solo perché i nostri antenati, nonostante la loro saggezza e la loro antiveggenza, non potevano concepire una tale eventualità.

Sostengo, inoltre, che abbiamo permesso l'impiego di queste sostanze chimiche dopo scarse o inesistenti indagini preventive sugli effetti che producono sul suolo, sull'acqua, sulla vita animale e vegetale e sull'uomo stesso. Molto probabilmente le generazioni future non ci perdoneranno la nostra impru-

¹ La Carta dei diritti della Costituzione americana. [N.d.T.]

ra. Questi ultimi derivavano da minerali presenti in natura o da prodotti di origine vegetale — composti dell'arsenico, del rame, del piombo, del manganese, dello zinco, ecc., o piretro ricavato da fiori di crisantemo essiccati, solfato nicotinico tratto da qualche pianta affine al tabacco o rotenone contenuto in certe leguminose delle Indie Orientali.

Ciò che distingue i nuovi insetticidi sintetici è la loro enorme attività biologica. Essi non soltanto hanno un immenso potere come veleni, ma sono in grado di inserirsi con altrettanta facilità nei più vitali processi, deviandone il corso in maniera funesta e spesso mortale. Così, come vedremo, distruggono gli stessi enzimi ai quali è assegnata la funzione di proteggere il corpo dalle insidie, bloccano i processi di ossidazione da cui il corpo trae le sue energie, stornano il normale funzionamento di vari organi, e possono infine stimolare in certe cellule quel mutamento lento ed irreversibile che conduce alla cancerogenesi.

Frattanto la lista di nuovi e ancor più mortali composti chimici si allunga ogni anno e ne vengono proposti ulteriori impieghi, cosicché il contatto con essi è diventato praticamente generale. La produzione di antiparassitari sintetici è passata negli Stati Uniti dai 56 milioni di chilogrammi circa del 1947 ai 290 milioni del 1960: un aumento, quindi, di oltre cinque volte, per un valore complessivo di oltre 250 milioni di dollari. Ma nei programmi e nelle speranze dell'industria questa gigantesca produzione dovrebbe essere solo un inizio.

Conoscere tutti gli antiparassitari è quindi una cosa che ci riguarda tutti indistintamente. Se siamo arrivati al punto di vivere a così stretto contatto con queste sostanze — ingerendole con gli alimenti, trattenendole nel midollo stesso delle nostre ossa — dobbiamo pur sapere qualcosa di più sulla loro natura ed efficacia.

Anche se, con la seconda guerra mondiale, si è avuta una svolta nella produzione degli antiparassitari, dalle sostanze chimiche inorganiche al sorprendente mondo dei composti del carbonio, un limitato numero dei vecchi prodotti persiste tuttora. Il più importante tra essi è l'arsenico, che costituisce anche oggi l'ingrediente principale di certi disinfestanti di erbacce e di insetti. L'arsenico è un elemento di elevata tossicità che si trova largamente diffuso nei giacimenti di diversi metalli e, in piccole quantità, nei vulcani, nel mare e nelle

acque di sorgente. I suoi rapporti con l'uomo sono molteplici e millenari: poiché numerosi suoi composti sono insapori, è stato spesso usato come veleno da molto prima dell'epoca dei Borgia fino ai giorni nostri. L'arsenico, rintracciato nella fuliggine dei camini e messo in rapporto con l'insorgenza del cancro, circa due secoli fa, da un medico inglese, è stato il primo cancerogeno (o sostanza che provoca il cancro) riconosciuto pubblicamente. Sono note pure epidemie che hanno colpito per lunghi periodi intere popolazioni ed erano dovute ad intossicazione cronica da arsenico. Inquinamenti ambientali da arsenico hanno altresì causato malattia e morte in cavalli, bovini, capre, maiali, cervi, pesci e api. Ma, nonostante questi fatti risaputi, le irrorazioni e le polverizzazioni di arsenico trovano ancora frequente impiego. Nelle piantagioni di cotone del sud degli Stati Uniti, l'apicoltura, prima altamente industrializzata, è pressoché scomparsa a causa delle disinfestazioni arsenicali. I coltivatori che hanno effettuato, per lunghi periodi, polverizzazioni di arsenico sono stati colpiti da intossicazioni arsenicali croniche; il bestiame è rimasto avvelenato dai disinfestanti arsenicali usati per proteggere le messi e distruggere la gramigna. Dalle distese di mirtilli, nubi di polvere di arsenico si sono diffuse sulle fattorie vicine, contaminando i corsi d'acqua, avvelenando le api ed i bovini, e provocando malattie tra gli uomini. "Difficilmente sarebbe stato possibile... maneggiare le sostanze arsenicali con maggior disprezzo della salute pubblica di quanto non si sia fatto nel nostro paese durante gli ultimi anni," afferma il dott. Hueper del National Cancer Institute, un'autorità nel ramo dell'oncologia. Così egli prosegue: "Tutti coloro che hanno visto al lavoro gli addetti alle operazioni di irrorazione o di polverizzazione degli insetticidi arsenicali sono rimasti impressionati dalla quasi totale noncuranza con cui essi spargevano sostanze velenose."

Gli insetticidi moderni sono ancora più nocivi. La maggior parte di essi appartiene ad uno di due ampi gruppi di sostanze chimiche, il primo dei quali, rappresentato dal DDT, è noto come il gruppo degli "idrocarburi clorurati"; l'altro comprende gli insetticidi organici a base di fosforo ed è rappresentato dal malathion e dal parathion, abbastanza noti. Co-

taglia degli agricoltori contro i parassiti che distruggevano nottetempo i raccolti. Allo scopritore, lo svizzero Paul Müller, fu assegnato il Premio Nobel.

Il DDT ha oggi una utilizzazione così generale che lo si considera di solito inoffensivo come qualunque cosa che ci circonda nelle nostre case. Forse il mito della sua innocuità deriva dal fatto che venne adoperato in polvere, per la prima volta o quasi, in tempo di guerra, su migliaia di soldati, di prigionieri e di rifugiati per combattere i pidocchi. Ed è opinione diffusa che, non avendo tanta gente risentito alcun effetto nocivo dell'intimo contatto avuto allora col DDT, esso sia completamente innocuo. Quest'idea errata è comprensibile poiché il DDT *sotto forma di polvere* — a differenza di altri idrocarburi clorurati — non viene assorbito con facilità dalla pelle. Tuttavia, in *soluzione oleosa* — come oggi è di solito fornito — esso è senz'altro tossico. Quando lo si ingerisce, è assorbito lentamente dal tubo digerente e può esserlo anche attraverso i polmoni. Una volta penetrato nel corpo, si deposita copiosamente negli organi ricchi di sostanze grasse (giacché anche il DDT è liposolubile), quali le ghiandole surrenali, i testicoli o la tiroide. Una quantità abbastanza rilevante si fissa anche nel fegato, nei reni e nel grasso degli ampi mesenterici protettivi che avvolgono l'intestino.

Questo accumulo prende l'avvio dalla più piccola quantità concepibile di sostanza introdotta nell'organismo (ad es. i residui presenti sulla maggior parte degli alimenti) e continua fino a raggiungere livelli piuttosto alti. I depositi di adipe si comportano come un miracoloso accumulatore biologico, tanto che 0,1 p.p.m.¹ di DDT ingerito con gli alimenti raggiunge, dopo essersi depositato nel corpo, le 10 o 15 p.p.m. con un incremento di cento e più volte. Questi esempi, che per i chimici ed i farmacologi sono luoghi comuni, appaiono sorprendenti all'uomo della strada. Una parte su un milione ci sembra una aliquota molto piccola — e così è infatti. Ma le sostanze di cui stiamo parlando sono così potenti che anche una dose minima può provocare grandi mutamenti nel nostro corpo. In esperimenti effettuati su animali, è stato accertato che 3 p.p.m. inibiscono l'attività di un enzima essenziale presente

¹ Dall'inglese *parts per million* (parti per milione), e corrisponde nelle soluzioni a 1 mg per litro.

nel muscolo cardiaco; soltanto 5 p.p.m. provocano necrosi o disintegrazione delle cellule epatiche; bastano 2,5 p.p.m., nel caso di sostanze affini al DDT quali la dieldrina ed il clordano, per produrre conseguenze analoghe.

È questo non ci sorprende. Nel normale chimismo del corpo umano si riscontra proprio una tale disparità tra causa ed effetto: per esempio un quantitativo di iodio pari a 0,2 milligrammi può essere questione di vita o di morte. E, siccome queste piccole aliquote di antiparassitari si depositano cumulativamente e vengono eliminate con grande lentezza, la minaccia di intossicazione cronica o di processi degenerativi nel fegato e in altri organi è una realtà indiscutibile.

Gli scienziati non concordano circa la quantità di DDT che può accumularsi nel corpo umano. Il dott. Lehman, capo farmacologo della Food and Drug Administration, afferma che non esistono *soglie* al di sotto delle quali il DDT non sia assorbito, o *limiti massimi* al di sopra dei quali l'assorbimento e l'accumulo scompaiano. D'altro canto, il dott. Hayes dello United States Health Service sostiene che, per ogni individuo, si raggiunge un punto di equilibrio per cui l'ulteriore DDT assorbito è espulso. Per gli scopi che ci prefiggiamo, non ha particolare importanza sapere chi dei due abbia ragione. Si sono già fatte accurate indagini per vedere l'accumulo di tali sostanze ed abbiamo la prova che la media degli individui è depositaria di aliquote potenzialmente dannose. Secondo varie ricerche, le persone che non sembrano esposte agli effetti del DDT (tranne quelli inevitabili dovuti all'alimentazione) registrano un *accumulo* medio di 5,3 p.p.m., con punte di 7,4; i lavoratori agricoli arrivano a 17,1, e gli operai delle fabbriche che producono insetticidi a ben 648 p.p.m.! Vediamo così come sia vasta la gamma dei quantitativi accumulati nei vari individui e — ciò che più importa — vediamo che la dose minima riscontrata in essi oltrepassa il limite a cui cominciano ad avere danni al fegato, in altri organi e nei tessuti.

Uno degli aspetti più sinistri del DDT e delle sostanze chimiche simili riguarda la *trasmissibilità da un organismo all'altro* attraverso tutti gli anelli della *catena alimentare*. Per esempio: i campi di medica vengono cosparsi di DDT; il pollame viene nutrito con tale erba e le galline depongono uova che contengono DDT. Oppure può darsi che venga somministrato al bestiame bovino fieno con residui contenenti 7-8

di idrocarburi — le cloronaftaline — provoca l'epatite e una rara ma quasi sempre fatale malattia del fegato nelle persone che, per ragioni di lavoro, debbano manipolarle. Queste sostanze hanno causato malanni e decessi tra gli operai dell'industria elettrica; e, piú di recente, nel settore agricolo, sono state additate come le responsabili di malattie misteriose e spesso mortali che hanno colpito il bestiame. Dati questi precedenti, non c'è da sorprendersi se tre degli insetticidi appartenenti a questo gruppo vengono oggi ritenuti i piú potenti tossici tra tutti gli idrocarburi: si tratta della dieldrina, dell'aldrina e dell'endrina.

La dieldrina, che deriva tale nome dal chimico tedesco Diels, ha una tossicità cinque volte maggiore del DDT quando è ingerita, ma ben 40 volte maggiore se una sua soluzione viene assorbita attraverso la pelle. Essa investe con grande rapidità e con effetti terribili il sistema nervoso, provocando convulsioni nelle vittime. Le persone intossicate guariscono così lentamente da far pensare ad effetti cronici. Analogamente a quanto avviene per altri idrocarburi clorurati, questi effetti a lunga distanza comportano gravi danni al fegato. La lunga durata dei suoi residui e la efficace azione insetticida hanno fatto della dieldrina uno degli insetticidi di piú largo impiego, nonostante la spaventosa distruzione di animali selvatici provocate dal suo uso. Infatti gli esperimenti sulle quaglie e sui fagiani hanno comprovato che la sua tossicità è da 40 a 50 volte maggiore di quella del DDT.

Vi sono molte lacune nelle nostre nozioni a proposito dell'accumulo e della distribuzione della dieldrina nel corpo umano, come pure per ciò che riguarda la sua eliminazione, dato che l'ingegnosità dei chimici nell'inventare nuovi insetticidi ha superato da tempo la conoscenza degli effetti biologici di questi veleni sugli organismi viventi. Ad ogni modo possediamo prove di una lunga fase di accumulo nel corpo umano, in cui tale sostanza può rimanere assopita come un vulcano inattivo, per poi erompere nei periodi di *stress* fisiologico, quando il corpo fa appello alle sue riserve di grasso. Molto di ciò che sappiamo l'abbiamo appreso durante le ardue campagne antimalariche ingaggiate dalla World Health Organization. Appena la dieldrina venne sostituita al DDT nelle disinfestazioni (poiché ormai l'anofele era diventata refrattaria all'azione di quest'ultimo) cominciarono i casi di intossicazione tra gli ad-

detti alla nebulizzazione. Il fenomeno assunse dimensioni preoccupanti: dal 50% alla totalità (a seconda delle modalità d'impiego) degli individui colpiti cadeva in crisi convulsive e parecchi morivano. Qualcuno ebbe convulsioni perfino a *quattro mesi* di distanza dall'ultima esposizione.

L'aldrina è veramente una sostanza misteriosa perché, sebbene esista come entità a sé stante, si comporta come un *alter ego* della dieldrina. Si è constatato che carote provenienti da un campo trattato con aldrina contenevano residui di dieldrina. Questo cambiamento avviene nei tessuti viventi ed anche nel terreno e una tale trasmutazione "alchimistica" favorisce molti errori d'indagine, giacché quando un chimico, sapendo che l'insetticida impiegato è l'aldrina, ne esamina gli effetti, può trarre l'ingannevole convinzione d'una totale scomparsa dei suoi residui. Essi invece esistono, senonché sono residui di dieldrina, e pertanto esigono delle prove diverse.

Come la dieldrina, l'aldrina è estremamente tossica. Essa produce cambiamenti degenerativi nel fegato e nei reni. Una quantità pari ad una compressa di aspirina è sufficiente per uccidere piú di 400 quaglie; si sono registrati anche molti casi di intossicazione umana, la maggior parte dei quali connessa con la lavorazione industriale.

L'aldrina, come quasi tutti gli insetticidi del suo gruppo, proietta un'ombra minacciosa sul futuro, l'ombra della sterilità. Alcuni fagiani, trattati con una dose di aldrina insufficiente ad ucciderli, deposero cionondimeno uno scarso numero di uova ed i piccoli, nati dalla covata, morirono presto. Ma gli effetti non si limitano agli uccelli: anche i ratti esposti all'aldrina ebbero un limitato numero di gravidanze e i piccoli nacquero malaticci e non vissero a lungo. Cuccioli nati da madri intossicate morirono entro tre giorni dalla nascita. In un modo o nell'altro, quindi, le nuove generazioni soffrono delle conseguenze dovute all'avvelenamento dei loro progenitori. Nessuno può dire finora se negli esseri umani gli effetti saranno analoghi, tuttavia continuano le nebulizzazioni di aldrina per mezzo di aeroplani, sulle zone suburbane e sulle campagne.

L'endrina è il piú tossico idrocarburo clorurato. Per quanto chimicamente assai simile alla dieldrina, basta la lievissima differenza di struttura molecolare per farne un veleno cinque volte piú potente: al suo confronto il capostipite di questa famiglia di insetticidi — il DDT — appare quasi innocuo.

L'endrina, infatti, possiede una tossicità 15 volte superiore ad esso per i mammiferi, 30 volte per i pesci e circa 300 volte in qualche specie di uccelli.

Da quando viene impiegata, cioè da circa un decennio, l'endrina ha provocato la morte d'una enorme quantità di pesci, gravi forme di intossicazione tra il bestiame che aveva pascolato nei frutteti irrorati e l'avvelenamento dei pozzi; di conseguenza, in più di uno stato, la commissione per la salute pubblica ha additato il grave pericolo che il suo impiego scriteriato rappresenta per la vita umana.

Tuttavia, in uno dei più gravi casi di intossicazione da endrina si era avuta cura di esercitare, almeno così sembrava, la massima precauzione, anzi sembrava che si fossero adottate tutte le misure necessarie. Un bimbo americano di un anno si era trasferito con i genitori nel Venezuela. Dopo pochi giorni, siccome la casa dove erano andati ad abitare era infestata da scarafaggi, venne cosparso un insetticida a base di endrina. Una mattina, verso le nove, prima di cominciare l'operazione di disinfestazione, il bimbo, insieme con il cagnolino, fu allontanato dall'abitazione; dopo la disinfestazione si procedette al lavaggio dei pavimenti e, nel tardo pomeriggio, il bambino e il cagnolino vennero ricondotti a casa. Circa un'ora più tardi il cane cominciò a vomitare, venne colto da convulsioni e morì. Alle 22, cioè la sera del giorno stesso, anche il bimbo cominciò a vomitare, ebbe una crisi convulsiva e perdette la conoscenza. In seguito ad un fatale contatto con l'endrina, quel bimbo normale e pieno di salute diventò poco più che un vegetale, incapace di vedere e di sentire, soggetto a frequenti spasmi muscolari e, in apparenza, completamente avulso da ogni specie di rapporto con l'ambiente circostante. Mesi e mesi di cure in un ospedale di New York non portarono alcun giovamento alle sue condizioni e mostrarono che ogni speranza di miglioramento doveva essere abbandonata. "Siamo ormai completamente scettici," ebbero a dire i medici curanti, "che si possa verificare una qualsiasi forma di miglioramento."

L'altro grande gruppo di insetticidi — quello degli alchilfosfati o fosfati organici — è composto di sostanze chimiche velenose come poche altre al mondo. Il pericolo principale e più comune che il loro impiego comporta è la grande facilità

con cui essi intossicano gli addetti alle disinfestazioni, e chiunque altro entri in contatto con il getto del materiale cosparso, o con la vegetazione irrorata o con i contenitori dell'antiparasitario. In Florida, due ragazzi che avevano trovato un sacchetto vuoto, e se ne erano serviti per riparare un'altalena, furono colti poco dopo dalla morte; tre dei loro compagni di gioco caddero ammalati. Il sacchetto aveva contenuto una volta l'insetticida chiamato parathion, uno dei fosfati organici di cui abbiamo già parlato; l'autopsia stabilì che il decesso era dovuto all'effetto tossico di tale sostanza. In un'altra occasione, due fanciulli del Wisconsin, cugini tra loro, morirono nella stessa notte: nel cortile dove uno di essi aveva giocato, erano caduti spruzzi provenienti da un contiguo campo di patate che il padre stava irrorando con parathion; l'altro fanciullo, nel rincorrere spensieratamente il babbo su e giù per il granajo, aveva toccato con la mano il beccuccio dello spruzzatore. L'origine di questi insetticidi non è priva di un'amara ironia. Sebbene alcuni di essi — esteri organici dell'acido fosforico — fossero noti già da molti anni, le loro proprietà insetticide non vennero scoperte che alla fine degli anni trenta dal chimico tedesco Gerhard Schrader. Quasi subito il governo tedesco si accorse del valore di quei composti come arma nuova e sterminatrice nella guerra che l'uomo ingaggiava contro la propria specie, e pertanto la loro lavorazione fu tenuta segreta. Qualcuno servì per la produzione dei micidiali gas bellici; altri, di struttura molto affine, diventarono insetticidi.

Gli insetticidi organici a base di fosforo agiscono sugli organismi viventi in modo singolare: hanno la proprietà di distruggere gli enzimi, quelle sostanze che adempiono funzioni tanto fondamentali per il corpo umano. Il loro bersaglio preferito è il sistema nervoso, sia quello degli insetti sia quello degli animali a sangue caldo. In condizioni normali gli impulsi passano da nervo a nervo grazie all'aiuto di una "trasmittente" chimica, chiamata *acetilcolina* — una sostanza che, appena compiuta la propria importante mansione, scompare. E la sua esistenza è così effimera che, nelle ricerche mediche, si riesce ad individuarla soltanto con procedimenti delicatissimi, prima che il corpo la distrugga. Questo carattere transeunte della "trasmittente" chimica è essenziale per il funzionamento dell'organismo; infatti, se l'acetilcolina non viene annientata

battere gli sciami di moscerini della frutta provenienti dal Mediterraneo. Viene considerato il meno velenoso tra i disinfestanti di questo gruppo, e molta gente sostiene che può essere usato tranquillamente senza pericolo. La pubblicità commerciale, dal canto suo, incoraggia tale valutazione ottimistica.

La presunta "innocuità" del malathion poggia però su fondamenta piuttosto precarie, anche se ciò — come spesso succede — non è stato scoperto se non dopo molti anni di impiego. Il malathion è "innocuo" solo perché il fegato dei Mammiferi — organo dotato di un eccezionale potere protettivo — lo rende relativamente inoffensivo. La detossificazione viene compiuta da uno degli enzimi del fegato; se però interviene qualcosa che distrugge quest'enzima o ne intralcia l'azione, l'individuo esposto al malathion resta completamente in balia del tossico.

Disgraziatamente per noi tutti, le occasioni per tali eventualità sono innumerevoli: pochi anni or sono un gruppo di esperti della Food and Drug Administration scoprì che, quando il malathion e certi altri fosfati organici vengono somministrati contemporaneamente, ne deriva un avvelenamento massivo — oltre 50 volte più grave di quello che si penserebbe di ottenere per semplice addizione delle singole tossicità. In altri termini, 1/100 della dose letale di ciascun composto diventa fatale quando esso si combina con l'altro.

Questa constatazione indusse a fare esperimenti su altre combinazioni. È oggi risaputo che l'accoppiamento di numerosi fosfati organici è molto dannoso: la loro tossicità è infatti aumentata o "potenziata" per sinergismo. Tale potenziamento, a quanto pare, si manifesta allorché uno dei due composti distrugge l'enzima del fegato che avrebbe dovuto detossificare l'altro. Né occorre che i due insetticidi vengano usati simultaneamente; il rischio poi esiste non soltanto per chi, ad esempio, usa per una settimana un insetticida e la settimana successiva ne usa un altro: esso vale anche per chi consuma i prodotti irrorati. In una comune insalatiera, ad esempio, è facile trovare contemporaneamente diversi fosfati organici, e c'è la probabilità che i residui, pur essendo entro i limiti legalmente ammessi, interagiscano tra loro.

I reali effetti dell'insidiosa interazione di queste sostanze chimiche non si conoscono ancora completamente, ma dai laboratori scientifici giungono di continuo preoccupanti consta-

tazioni. Tra esse va annoverata la scoperta che la tossicità di un fosfato organico può aumentare anche per l'azione d'un secondo agente non necessariamente insetticida: per esempio, si dà il caso di certe sostanze plastificanti che interagiscono più energicamente di quanto non farebbe un secondo insetticida, ed accrescono così la pericolosità del malathion. E ciò, sempre perché esse inibiscono l'enzima del fegato che, altrimenti, avrebbe "disarmato" il velenoso insetticida.

E cosa avviene per le altre sostanze chimiche alle quali normalmente facciamo ricorso? Che cosa, in particolare, avviene per i medicinali? Ben poco sappiamo ancora a questo proposito, ma è già noto, però, che alcuni fosfati organici (parathion e malathion) aumentano la tossicità di qualche rilassante muscolare, e numerosi altri (e anche fra questi il malathion) allungano la durata del sonno provocato dai barbiturici.

Nella mitologia greca la maga Medea, furente perché una rivale le aveva sottratto l'affetto del marito Giasone, offrì alla nuova sposa un indumento dotato di un magico potere. Questa, indossatolo, morì, e un tale raggiro per provocare la "morte" trova oggi il suo corrispondente nell'effetto provocato dai cosiddetti "insetticidi sistemici." Si tratta di prodotti chimici di straordinaria potenza, usati per fare di certi vegetali o animali una specie di "veste di Medea," rendendoli permanentemente velenosi; lo si fa con lo scopo di uccidere gli insetti che entrano in contatto con essi e, in particolare, ne suggono i succhi o il sangue.

Il mondo degli insetticidi sistemici è più fiabesco di quello immaginato dai fratelli Grimm — e forse ha una maggiore somiglianza con il mondo dei cartoni animati di Charles Addams: un mondo in cui le foreste incantate delle favole sono diventate foreste avvelenate, dove ogni insetto che masticava una foglia o succhia la linfa di una pianta rimane ucciso; dove una pulce punge un cane e muore perché il sangue del cane è avvelenato; dove un insetto può ricevere la morte dalle esalazioni di un albero che non ha mai toccato, ed un'ape può tornare al proprio alveare con un nettare intossicato per produrvi miele velenoso.

Il sogno degli entomologi di sintetizzare un insetticida che potesse essere insito nell'animale o nella pianta da pro-

I composti arsenicali, nonostante la concorrenza dovuta al flusso continuo di nuovi prodotti sintetici creati nei laboratori, vengono ancora usati con frequenza sia in veste di insetticidi (come abbiamo già visto), sia per distruggere le erbe infestanti, generalmente sotto forma di arsenito di sodio. La storia del loro impiego è tutt'altro che rassicurante: nell'irruzione dei margini delle strade, essi hanno causato a molti contadini la perdita di mucche ed hanno sterminato un incalcolabile numero di animali selvatici; come erbicidi della vegetazione lacustre e di quella delle cisterne, hanno reso certe acque pubbliche non potabili e non adatte ai bagni; spruzzati sui campi di patate per distruggere i germogli, ne hanno fatto pagare il fio agli uomini e alle bestie.

In Inghilterra la diffusione dell'arsenico come erbicida ebbe inizio attorno al 1951 perché scarseggiava l'acido solforico, usato fino ad allora per impedire che le patate germogliassero. Il Ministero dell'Agricoltura ritenne necessario mettere in guardia contro il rischio che si sarebbe corso nell'attraversare i campi spruzzati, ma l'avvertimento non fu ovviamente compreso dal bestiame (né, tanto meno, dagli animali selvatici e dagli uccelli) ed infatti cominciarono ad arrivare con monotona regolarità notizie di mandrie avvelenate dalle irrorazioni arsenicali. Soltanto quando l'acqua contaminata d'arsenico provocò la morte della moglie d'un agricoltore, una delle maggiori industrie chimiche inglesi (nel 1959) sospese la produzione dei disinfestanti arsenicali e ritirò quelli già in possesso dei commercianti; poco più tardi, il Ministero dell'Agricoltura annunciò che severe restrizioni sarebbero state imposte all'impiego degli arseniti a causa della loro elevata pericolosità per gli uomini e le bestie. Nel 1961 il Governo australiano fece altrettanto, mentre nessuna di tali limitazioni impedisce l'uso di questo veleno negli Stati Uniti.

Anche alcuni dinitrocomposti vengono adoperati come erbicidi e sono considerati come le sostanze più pericolose di questo tipo. Il dinitrofenolo è un forte stimolatore del metabolismo, e perciò lo si adoperava un tempo come dimagrante; il margine tra la dose dimagrante e quella tossica o addirittura mortale era però esiguo — tanto esiguo da provocare la morte di diversi pazienti e lesioni permanenti in molti altri prima che l'uso del farmaco fosse finalmente proibito.

Un composto chimico affine, il pentaclorofenolo, noto co-

munemente come "penta," trova impiego sia come erbicida sia come insetticida e viene spesso spruzzato lungo i binari ferroviari e in aree non coltivate. Il pentaclorofenolo è assai tossico per una vasta gamma di organismi, dai batteri all'uomo. Al pari dei dinitrocomposti danneggia — e molte volte fatalmente — le fonti energetiche del corpo, cosicché si può dire che gli organismi colpiti "bruciano." Il suo temibile potere ci viene illustrato da un letale episodio riferito poco tempo fa dal Department of Health della California. Il conducente di un'autocisterna stava preparando un defogliante per il cotone con una miscela di nafta e pentaclorofenolo. Mentre travasava la sostanza chimica da un bidone, si staccò lo spinello: l'uomo allungò la mano per ripescarlo e, pur essendosi lavato subito, rimase gravemente contaminato e morì il giorno dopo.

Mentre i pericoli che derivano da erbicidi quali l'arsenico di sodio o i fenoli sono noti a tutti, gli effetti di altri sterminatori di gramigne costituiscono un'insidia più grave. Per esempio, l'amminotriazolo o "amitrol," oggi molto usato per distruggere il vaccinio delle torbiere,² viene considerato poco tossico. Ma, a lungo andare, può darsi che la sua tendenza a favorire l'insorgere di tumori maligni della tiroide negli animali selvatici, e forse anche nell'uomo, ci costringa a cambiare idea.

Tra gli erbicidi ve ne sono alcuni che vengono classificati come "mutageni," cioè capaci di modificare i geni, dai quali dipende l'ereditarietà. Siamo giustamente atterriti dagli effetti genetici della radioattività; come possiamo, allora, restare indifferenti di fronte agli stessi effetti provocati dalle sostanze chimiche che disseminiamo pazzamente attorno a noi?

² Con *blueberry* gli anglosassoni indicano la bacca di tutte le Ericacee appartenenti al genere *Vaccinium*, quindi il mirtillo o altre specie affini. [N.d.T.]

L'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee

Tra tutte le nostre risorse naturali, l'acqua è la più preziosa. I mari ricoprono la maggior parte della superficie terrestre, tuttavia, pure in mezzo a tanta abbondanza, abbiamo sete di acqua. Per un singolare paradosso, la maggior parte delle abbondanti acque della Terra non serve né per l'agricoltura, né per l'industria, né per il consumo umano, a causa del loro elevato contenuto di sale, cosicché numerose popolazioni sono colpite o minacciate da grave penuria. In un'epoca in cui l'uomo ha dimenticato le proprie origini e non riesce più a vedere le necessità fondamentali per la sua sopravvivenza, l'acqua, al pari di altre risorse, è diventata vittima di una generale indifferenza.

Il problema dell'inquinamento delle acque ad opera degli antiparassitari può essere compreso soltanto esaminandolo in un più ampio contesto, come parte dell'insieme cui appartiene: la contaminazione di tutto ciò che circonda il genere umano. L'inquinamento dei nostri corsi d'acqua proviene da molte fonti: residui radioattivi di reattori, laboratori e centri ospedalieri: *fall-out* di esplosioni nucleari; scarichi domestici di metropoli e città; scarichi chimici di fabbriche. Ad essi viene ad aggiungersi una nuova specie di *fall-out*, e cioè le irrorazioni di sostanze chimiche effettuate sui campi coltivati, nei giardini, nelle foreste e sui prati. Molti degli elementi che fanno parte di questi insidiosi miscugli provocano conseguenze analoghe (e che si sommano) a quelle delle radiazioni; ed inoltre, all'interno dei vari gruppi di composti chimici si sviluppano pure nefasti e sconosciuti sinergismi, trasformazioni e anergismi.

Da quando i chimici hanno cominciato a fabbricare sostanze che la natura non aveva mai creato, il problema della depurazione delle acque è diventato sempre più complesso, ed il pericolo per i consumatori è aumentato. Come abbiamo già visto, la produzione su vasta scala di queste sostanze sinte-

tiche ha avuto inizio verso il 1940, e ha raggiunto oggi tali dimensioni che l'inquinamento chimico s'abbatte giornalmente come uno spaventoso diluvio sui corsi d'acqua del nostro paese. Quando queste sostanze tossiche si mescolano intimamente con i residui domestici e di altra provenienza scaricati nelle stesse acque, sfuggono talvolta ai rilevamenti consentiti dai normali metodi di cui si valgono gli impianti di depurazione. Si tratta di sostanze dotate di una tale stabilità che, con i procedimenti oggi in uso, non si riesce a demolirle e, spesso, neppure ad identificarle. Nei fiumi, una varietà davvero incredibile di inquinanti dà origine ad un sedimento che gli ingegneri sanitari hanno potuto soltanto battezzare sconsolatamente con il nome di "melma." Il professor Eliassen del Massachusetts Institute of Technology ha sostenuto in sede congressuale l'impossibilità di prevedere gli effetti additivi di queste sostanze o di identificare le sostanze organiche che si formano dal loro miscuglio. "Ci manca a questo proposito anche il più fioco barlume," afferma il prof. Eliassen; "quali pericoli minacciano la popolazione? Non ne sappiamo nulla."

I composti sintetici impiegati per distruggere gli insetti, i roditori e le erbe selvatiche fanno parte, in misura sempre crescente, di questi inquinanti organici. Qualcuno di essi viene immesso deliberatamente nelle acque per sterminare le piante, le larve degli insetti o pesci indesiderati. Altri sono cosparsi nelle zone forestali sopra aree che in qualche stato superano il milione di ettari, per l'eliminazione spesso di una singola specie di insetto parassita — e queste disinfestazioni contaminano direttamente i corsi d'acqua, oppure, attraverso lo stillicidio del fogliame irrorato, le sostanze nocive giungono al suolo, filtrano in esso e, mescolate all'umidità della terra, cominciano il lungo viaggio verso il mare. Con ogni probabilità il grosso di questi inquinanti è costituito dai residui lasciati da milioni di chilogrammi di prodotti chimici agricoli cosparsi nelle campagne per eliminare gli insetti ed i roditori, e dilavati dalle acque o dalle piogge che li trascinano seco nel loro eterno flusso verso il mare.

Abbiamo qua e là drammatiche prove della presenza di tali sostanze nei nostri corsi d'acqua e persino negli acquedotti pubblici. Per esempio, un campione di acqua potabile prelevato in una zona frutticola della Pennsylvania, e sperimentato

Un'inutile strage

L'uomo, a mano mano che procede verso i suoi conclamati obiettivi di conquista della natura, lascia dietro di sé una spaventosa scia di distruzioni dirette non soltanto verso la terra, ma anche verso gli esseri viventi che vi abitano assieme a lui. La storia di questi ultimi secoli ha le sue pagine nere: il massacro dei bisonti nelle pianure occidentali degli Stati Uniti; lo sterminio degli uccelli costieri, a tutto vantaggio dei fabbricanti di armi da caccia; la quasi completa eliminazione delle garzette da parte di chi voleva utilizzare le loro pregiate piume (*aigrettes*). Ed ora, a tale ecatombe e ad altre ancora, dobbiamo aggiungere un ulteriore capitolo, una nuova specie di strage — la distruzione diretta di uccelli, mammiferi, pesci e di ogni altra forma di vita selvatica, per mezzo degli insetticidi chimici cosparsi indiscriminatamente sul suolo.

Secondo la mentalità che oggi prevale e guida il nostro destino, nulla deve frapporsi alla disinfestazione compiuta dall'uomo. Le vittime innocenti delle sue crociate contro gli insetti non contano niente: se i pettirossi, i fagiani, i procioni, i gatti ed anche il bestiame d'allevamento hanno la sventura di capitare nello stesso territorio che ospita gli insetti da colpire e cadono sotto i colpi mortali del tossico disinfestante, nessuno deve protestare.

Il cittadino che desidera esprimere un parere imparziale sulla distruzione degli animali selvatici è posto di fronte ad un dilemma: da un lato, coloro che vogliono proteggere la natura e molti biologi che studiano gli animali e le piante selvatiche affermano che i danni prodotti dalle disinfestazioni sono già gravi e, in qualche caso, catastrofici; dall'altro, le commissioni di controllo hanno la tendenza a negare, ed in maniera perentoria, che si siano mai verificate perdite di questo genere oppure, dinanzi a prove irrefutabili, a sostenere che si tratta di fatti trascurabili. Quale dei due punti di vista dobbiamo accettare?

La credibilità di un testimone è un fattore di primaria importanza. La presenza sulla scena di biologi particolarmente esperti della vita degli animali selvatici fa di essi i giudici meglio qualificati per scoprire e valutare le perdite subite. L'entomologo, il cui settore specifico di studio è quello degli insetti, per la sua specializzazione non è altrettanto idoneo né psicologicamente disposto a prendere in considerazione gli effetti secondari prodotti dai suoi piani di disinfestazione; né possono esprimere giudizi obiettivi gli uomini addetti al controllo, sia nei singoli stati che nell'intera confederazione nonché, naturalmente, i fabbricanti di sostanze chimiche — i quali confutano con grande vigore i fatti riferiti dai biologi e dichiarano di vedere ben poche tracce di pericolo per la vita degli animali e delle piante selvatiche. Come il sacerdote ed il levita del Vangelo, essi preferiscono passar oltre senza nulla vedere. Anche se, animati da una buona dose di carità, possiamo spiegare i loro dinieghi con la ristrettezza mentale dello specialista e della persona interessata, ciò non significa che dobbiamo accettare per buone le loro testimonianze.

Il miglior modo per poter formulare la nostra opinione personale è quello di considerare qualcuno dei più importanti piani di controllo e sentire da chi conosce le abitudini di vita degli animali selvatici (e sia obiettivo sull'uso delle sostanze chimiche) cosa accade veramente quando la pioggia di tossico si abbatte sulla natura.

Per l'ornitologo, per chi si rallegra nell'ascoltare il cinguettio degli uccelli nel proprio giardino, per il cacciatore, il pescatore o per chi si avventura nelle zone inesplorate, tutto ciò che distrugge la vita naturale di una determinata area, anche soltanto per un anno, rappresenta l'alienazione d'un suo legittimo diritto. E già questo è un punto di vista da tener presente. Anche se, come spesso accade, qualche uccello, o pesce o mammifero riesce a sopravvivere, ogni singola disinfestazione comporta un danno veramente grave.

Purtroppo, inoltre, è difficile che tale situazione si avveri. Le irrorazioni vengono solitamente ripetute, e capita molto di rado che gli animali selvatici siano sottoposti ad una sola dose di veleno e possano quindi rimettersi in sesto. Generalmente si arriva ad un totale avvelenamento dell'ambiente, che costituisce una trappola mortale in cui non soccombe soltanto la popolazione stanziale, ma anche la fauna migratoria. Quan-

to maggiore è la superficie irrorata, tanto più grave è il pericolo, perché non resta alcuna "oasi di sicurezza." Orbene, in un decennio di intense campagne per il controllo degli insetti, durante le quali molte migliaia e forse milioni di ettari di terreno hanno subito irrorazioni a tappeto — decennio in cui le disinfestazioni effettuate da enti pubblici e da privati si sono moltiplicate con ritmo crescente — gli animali selvatici d'America hanno visto calare su di sé, sempre più terribile, l'ala della distruzione e della morte. Consideriamo qualcuna di queste campagne antiparassitarie e vediamo che cosa è avvenuto.

Durante l'autunno del 1959, nel Michigan sud-orientale, 11.000 ettari di terreno, comprendenti anche buona parte della periferia di Detroit, sono stati disinfestati spargendo con aerei aldrina allo stato glomerulare. Il programma era diretto dal Dipartimento dell'Agricoltura del Michigan in collaborazione con il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, con l'obiettivo di distruggere la *Popillia japonica*,¹ un Coleottero Scarabeide.

Non si capiva il perché d'una azione così drastica e tanto pericolosa. Al contrario, Walter P. Nickell, uno dei più noti ed esperti naturalisti di quello stato, il quale, ogni estate, passava buona parte del suo tempo nelle campagne del Michigan meridionale, si esprimeva in questi termini: "Per più di trent'anni, secondo quanto ho potuto constatare direttamente, nella città di Detroit si è notata la presenza di uno scarso numero di *Popillia*, numero che non è apprezzabilmente aumentato in tale periodo. Devo ancora vedere un solo esemplare di tale scarabeide [nel 1959], oltre ai pochi catturati nelle trappole tese dal governo a Detroit... Ogni cosa viene tenuta oggi tanto segreta, che non riesco ad ottenere una qualsiasi informazione in merito al loro presunto incremento."

In un comunicato ufficiale si dichiarava frattanto in maniera vaga che l'insetto "aveva fatto la sua comparsa" nell'area designata per effettuare la disinfestazione aerea. Nonostante l'assenza di qualunque giustificazione, il programma

¹ Insetto originario dell'Estremo Oriente ed appartenente all'ordine dei Coleotteri. Allo stato adulto si nutre a spese di foglie, allo stato di larva a spese di radici di un grandissimo numero di piante arboree ed erbacee. [N.d.T.]

venne realizzato: lo stato mise a disposizione il personale e si incaricò di dirigere le operazioni, le autorità federali fornirono il materiale tecnico necessario e mano d'opera supplementare, ed i contribuenti della zona pagarono le spese per l'insetticida impiegato.

La *Popillia japonica*, un insetto importato accidentalmente negli Stati Uniti, venne scoperto nel New Jersey, presso Riverton, dove nel 1916 — in mezzo ad un vivaio — furono trovate poche blatte rilucenti, di un colore verde metallico. Si appurò che gli insetti, dapprima sconosciuti, originari delle isole principali dell'Arcipelago giapponese, erano probabilmente penetrati negli Stati Uniti insieme con una fornitura di piante da vivaio, importate prima delle restrizioni entrate in vigore con il 1912.

Dal suo iniziale punto d'approdo, la *Popillia japonica* ha invaso, abbastanza diffusamente, molti stati ad est del Mississippi, dove le condizioni di temperatura e di piovosità le sono favorevoli e, di anno in anno, ha allargato un poco i confini dei territori in cui ha preso dimora. Nelle regioni orientali, dove l'insetto si trova da più tempo, si è cercato di realizzare qualche programma di controllo naturale e, dove ciò è stato compiuto, secondo quanto si rileva da numerose relazioni, il numero di insetti è rimasto ad un livello relativamente basso.

E invece, nonostante questo risultato positivo, gli stati del Middle West che si trovano oggi al limite della zona infestata, si sono lanciati in attacchi massicci come se dovessero sgominare non un insetto scarsamente dannoso, ma il più mortale dei nemici, impiegando i tossici più micidiali in misura tale da esporre agli effetti del veleno destinato a quei coleotteri una quantità enorme di persone e gli animali domestici e selvatici. Come risultato, questa campagna disinfestante contro la *Popillia japonica* ha provocato una spaventosa distruzione di animali e ha esposto gli esseri umani ad un rischio innegabile. Molte zone del Michigan, del Kentucky, dello Iowa, dell'Indiana, dell'Illinois e del Missouri stanno subendo, in nome della lotta contro gli scarabeidi infestanti, una pioggia di prodotti chimici.

L'irrorazione compiuta nel Michigan va considerata come il primo attacco su larga scala sferrato dal cielo contro la *Popillia japonica*. La scelta dell'aldrina, uno dei prodotti chi-

mici dotati di maggiore tossicità, non fu determinata da alcuna specificità per tale insetto, ma semplicemente da avidità di guadagno: si trattava, infatti, del meno costoso di tutti i composti che si trovavano sul mercato. Le autorità statali, pur ammettendo nei loro comunicati ufficiali trasmessi alla stampa che l'aldrina era "un veleno," lasciarono intendere che gli abitanti delle popolosissime aree dove il tossico era stato irrorato non dovevano temere alcun pericolo. (La risposta ufficiale a chi chiedeva: "Quali precauzioni ci consigliate?," fu questa: "Nessuna, per la popolazione.") Un ufficiale della Federal Aviation Agency dichiarò, in seguito, durante una intervista ai giornali del luogo, che "l'operazione non comportava alcun rischio," ed un rappresentante del Detroit Department of Parks and Recreation aggiunse dal canto suo che "la polvere era innocua per le persone e non minacciava né le piante, né gli animali domestici." Si dovrebbe concludere da ciò che nessuna di queste autorevoli persone aveva consultato i ben noti rapporti pubblicati dallo United States Public Health Service e dal Fish and Wildlife Service, né si era mai accorta, da altre prove evidenti, della natura eccezionalmente tossica dell'aldrina.

Valendosi delle norme legislative sul controllo antiparassitario vigenti nel Michigan, che consentono allo stato di disinfestare a suo piacimento senza chiedere alcun parere ai proprietari del terreno, gli aeroplani cominciarono il loro carousel a volo radente sulle zone periferiche del centro urbano di Detroit. Le autorità locali e la Federal Aviation Agency vennero subito assalite da numerose chiamate telefoniche da parte di cittadini preoccupati. La polizia, dopo aver ricevuto circa 800 telefonate nel giro di un'ora, si rivolse alla radio, alla televisione e alla stampa perché, come ebbe a scrivere il *News* di Detroit, "dicessero alla popolazione quello che stava avvenendo e la tranquillizzassero perché non esisteva alcun pericolo." Il dirigente del reparto di sicurezza della Federal Aviation Agency assicurò a sua volta il pubblico che gli "aerei erano stati accuratamente revisionati" ed "autorizzati a volare a bassa quota"; egli aggiunse imprudentemente, nell'infelice intento di fugare le apprensioni, che le valvole di sicurezza applicate agli aeroplani avrebbero permesso l'espulsione immediata dell'intero carico di aldrina. Per fortuna non vi fu bisogno di mettere in atto tale misura; tuttavia le particelle

dell'insetticida irrorato dal cielo caddero imparzialmente sui coleotteri e sulla gente come una pioggia di "innocuo" veleno, esponendo ai loro effetti chi stava andando a far acquisti o al lavoro, o i fanciulli appena usciti da scuola che rincasavano per la colazione. Le massaie spazzarono via dalle verande e dai marciapiedi quei pericolosi granelli tanto fitti da sembrare, come esse dissero, "una coltre di neve." Più tardi la Michigan Audubon Society puntualizzò l'episodio con queste parole: "Negli interstizi delle tegole, nella concavità delle grondaie, nelle screpolature delle cortecce e sui rami degli alberi, bianche particelle di aldrina mescolate ad argilla, non più grosse d'una capocchia di spillo, si erano ammassate a milioni... Quando venne la stagione delle piogge e della neve, l'acqua di ogni pozzanghera si trasformò in una possibile fonte di veleno."

Qualche giorno dopo quella polverizzazione cominciarono a giungere numerose telefonate alla Detroit Audubon Society in merito alla sorte degli uccelli. A tale proposito la signora Ann Boyes, segretaria di quell'associazione, affermò testualmente: "Il primo indizio che la gente si stava preoccupando per le conseguenze della disinfestazione mi fu offerto una domenica mattina dalla chiamata di una donna, la quale mi comunicava di aver visto un allarmante numero di uccelli morti o moribondi mentre stava rincasando dalla chiesa (in quella zona l'irrorazione era stata effettuata il giovedì precedente). Essa affermava inoltre di non aver visto volare nessun uccello in quei paraggi e di averne trovati almeno una dozzina [morti] nel suo cortile; ed aggiungeva che i suoi vicini avevano rinvenuto alcuni scoiattoli privi di vita." Tutte le telefonate giunte quel giorno alla signora Boyes parlavano di "una grande quantità di volatili uccisi, mentre non se ne vedeva alcuno ancora in vita." I davanzali di coloro che avevano messo sulle finestre il beccime per gli uccelli erano rimasti deserti. Gli uccelli raccolti qua e là, ormai moribondi, mostravano i sintomi tipici dell'avvelenamento da insetticida: erano assaliti da forti tremiti, non riuscivano più ad alzarsi in volo, rimanevano paralizzati o erano colti da convulsioni.

Né gli uccelli erano i soli ad essere colpiti con tale rapidità. Un veterinario del luogo riferì che una folla di clienti aveva invaso il suo laboratorio portando con sé cani e gatti colti da improvviso malore. I gatti, abituati a lisciarsi il pelo

don, nella fase iniziale del programma, era stata impiegata la dieldrina, nella misura di 3 chilogrammi per ettaro. Per comprendere i suoi effetti sugli uccelli basti ricordare che, negli esperimenti di laboratorio sulle quaglie, questa sostanza ha mostrato una tossicità 50 volte maggiore di quella del DDT. La quantità di veleno cosparsa sul territorio di Sheldon equivaleva dunque a 150 chilogrammi di DDT per ettaro! E questa era ancora la dose minima, perché — a quanto sembra — ai margini e negli angoli dei campi si erano avute irrorazioni molto più abbondanti.

A mano a mano che la sostanza tossica era penetrata nel suolo, le larve degli scarabeidi avevano cercato scampo risalendo alla superficie e là erano rimaste qualche tempo prima di morire: gli uccelli insettivori erano subito accorsi a catturare quella preda ideale. Insetti di varie specie già morti o moribondi erano così rimasti sul terreno per circa due settimane dopo il trattamento chimico, con conseguenze facilmente immaginabili per gli uccelli. Molti tordi, storni, itteridi,² gracchi e fagiani erano stati falciati via. I pettirossi, a detta dei biologi, avevano subito "un annientamento quasi totale"; infatti, in seguito ad un po' di pioggia, erano venuti alla superficie numerosi lombrichi, che poi erano rimasti lì morti, e con ogni probabilità i pettirossi li avevano mangiati. Anche per altri uccelli, grazie al funesto potere del veleno cosparsa sul loro mondo, la benefica pioggia di un tempo si era trasformata in uno strumento di distruzione: quelli che avevano bevuto o sguazzato nelle pozzanghere, rimaste sul terreno qualche giorno dopo l'irrorazione, erano stati mortalmente intossicati.

La sterilità aveva colpito i sopravvissuti: nei pochi nidi — contenenti poche uova — trovati nella zona disinfestata, non era stato visto nemmeno un uccelletto.

Tra i mammiferi, i tamia³ avevano registrato una vera ecatombe; nei loro cadaveri si erano notati i chiari segni della morte subitanea per avvelenamento. La gente aveva trovato nei campi numerosi topi muschiati e conigli già stecchiti.

² Passeracei nordamericani di cui la *Sturnella magna* è un tipico rappresentante [N.d.T.]

³ Roditori simili a scoiattoli, del Nord America e Asia orientale. [N.d.T.]

Gli scoiattoli, un tempo numerosi in quei luoghi, erano scomparsi.

Nella zona di Sheldon, dopo l'inizio della lotta contro gli scarabeidi infestanti, ben rara era una fattoria che possedesse ancora un gatto; il 90% era morto, vittima della dieldrina, in seguito alle irrorazioni compiute nel primo anno. E chiunque avrebbe dovuto prevederlo, dati i funesti effetti che questo tossico aveva prodotto in altre regioni. I gatti sono sensibilissimi all'azione di qualsiasi insetticida e, a quanto sembra, della dieldrina in modo particolare. È noto che nella zona occidentale di Giava, durante una campagna antimalarica promossa dalla World Health Organization, i gatti morirono in grande quantità e, nella zona centrale dell'isola, lo sterminio fu tale che il loro prezzo raddoppiò. Altrettanto è accaduto nel Venezuela dove, dopo una disinfestazione effettuata sempre dalla World Health Organization, i gatti diventarono animali quanto mai rari.

A Sheldon, per la distruzione di un insetto, non vennero sacrificati soltanto gli animali selvatici e casalinghi. Osservazioni fatte su numerosi greggi e mandrie di buoi ci indicano quanto grande sia stata la minaccia di avvelenamento e di morte anche per quel tipo di bestiame. Ecco come viene descritto uno degli episodi in un rapporto del National History Survey:

Le pecore... furono condotte, attraverso una strada ghiaiosa, da un campo irrorato con dieldrina (il 6 maggio) in un pascolo di falasco non disinfestato. Evidentemente qualche spruzzo aveva oltrepassato la strada, cadendo sul pascolo, perché le pecore cominciarono quasi subito a mostrare sintomi di intossicazione... Esse perdettero ogni interesse per il cibo, manifestarono segni d'una estrema irrequietudine e si diedero a correre intorno al recinto come per cercare una via di uscita...; rifiutavano di lasciarsi radunare, belavano continuamente e tenevano la testa bassa; alla fine furono allontanate dal pascolo... Mostravano un grande desiderio di acqua. Due pecore vennero trovate morte nel ruscello che scorreva in mezzo al pascolo; le altre dovettero essere spinte a forza fuori dell'acqua, parecchie addirittura trascinate fuori di peso. Tre pecore morirono; le altre, a quel che sembra, guarirono.

Questo, dunque, era il quadro che si presentava alla fine del 1955. Negli anni successivi la campagna chimica continuò,

mentre i già scarsi fondi per le ricerche biologiche vennero a mancare del tutto. Le richieste di contributi per studiare gli effetti degli insetticidi in natura figuravano tra le voci previste nel bilancio annuale del National History Survey sottoposto all'approvazione dell'assemblea legislativa dell'Illinois, ma erano sempre le prime a venire depennate. Soltanto nel 1960 si reperirono i mezzi per continuare a pagare l'unica persona che si occupasse della ricerca sul campo, ed essa faceva veramente un lavoro per quattro.

Il desolato quadro delle perdite riscontrate in natura era cambiato di poco quando i biologi ripresero l'opera che avevano dovuto sospendere nel 1955. Nel frattempo l'aldrina (una sostanza usata negli esperimenti sulle quaglie, dalle 100 alle 300 volte più tossica del DDT) aveva sostituito la dieldrina. Nel 1960 tutte le specie di mammiferi selvatici che popolavano la zona irrorata risultavano danneggiate; e, per gli uccelli, la situazione era ancora peggiore. Nella cittadina di Donovan, i pettirossi avevano subito un vero sterminio, come pure i gracchi, gli storni ed i tordi. Questi e molti volatili erano rimasti quasi annientati altrove. I cacciatori di fagiani avevano riportato le più gravi conseguenze dalla campagna contro la *Popillia*; nel territorio irrorato il numero delle nidiate era diminuito del 50% circa, come pure il numero di nati per ciascuna nidiate. La caccia al fagiano, che nel passato era abbondante in questa zona, venne virtualmente abbandonata perché non redditizia.

Nella contea irochese, nonostante l'enorme strage provocata nel tentativo di eliminare gli scarabeidi infestanti, il trattamento di oltre 40 mila ettari durante un periodo di otto anni ha dimostrato la provvisorietà delle misure repressive; e gli insetti continuano la loro avanzata verso occidente. La vera entità dei danni causati da questo programma di controllo (rivelatosi così poco efficace) non verrà mai accertata con precisione, perché i risultati delle indagini compiute dai biologi dell'Illinois sono soltanto estremamente parziali. Se il piano di ricerche avesse ottenuto un finanziamento adeguato per consentire un esame completo, ci troveremmo oggi di fronte a cifre spaventose. Purtroppo, negli otto anni di disinfezioni, sono stati stanziati soltanto 6.000 dollari per lo studio biologico del terreno irrorato, mentre il governo federale ne ha spesi 375.000 per le operazioni insetticide e molte altre

migliaia sono state stanziare dai singoli stati. Il contributo a disposizione dei ricercatori consiste, quindi, in una piccola frazione dell'1% rispetto all'ammontare complessivo richiesto dalla guerra chimica.

Queste campagne antiparassitarie, compiute nella zona centro-occidentale degli Stati Uniti, sono state condotte come se ci si trovasse in una condizione di emergenza, quasi che l'avanzata della *Popillia japonica* rappresentasse un pericolo estremo e tale da giustificare ogni mezzo per scongiurarlo. La realtà dei fatti era indubbiamente diversa e, se le comunità che sono state costrette a sopportare le conseguenze delle irrorazioni chimiche avessero conosciuto i precedenti di quei poveri scarabeidi sul suolo statunitense, sarebbero certamente state meno consenzienti.

Gli stati dell'Est, che hanno avuto la fortuna di combattere quei coleotteri prima che si inventassero gli insetticidi sintetici, sono riusciti non soltanto a fronteggiarli, ma a tenerli sotto controllo con mezzi non lesivi per le altre forme di vita. Nell'Est non ci fu una disinfestazione paragonabile neppure lontanamente con quella di Detroit o di Sheldon, perché i metodi colà adottati hanno fatto assegnamento sulle forze naturali di controllo, che offrono i molteplici vantaggi di essere permanenti e di non danneggiare l'ambiente.

Durante i dodici anni che seguirono la loro introduzione negli Stati Uniti, quei coleotteri — in assenza dei fattori limitanti che li tenevano sotto controllo nel luogo d'origine — si erano moltiplicati rapidamente. Ma già nel 1945 si potevano considerare parassiti di secondaria importanza nella maggior parte del territorio da essi infestato. A determinare il loro declino avevano contribuito soprattutto l'importazione dall'Estremo Oriente di altri parassiti e l'aver trovato organismi agenti di malattie particolarmente funeste per loro.

Tra il 1920 ed il 1933, in seguito alle accurate ricerche compiute nel loro ambiente d'origine, 34 specie di insetti predatori e parassiti erano state importate dall'Asia orientale, con il proposito di adibirle al controllo naturale. Cinque di esse si ambientarono bene negli stati dell'Est. La più efficiente e diffusa è ancor oggi la *Tiphia vernalis*, l'Imenottero parassita proveniente dalla Corea e dalla Cina; la *Tiphia femmina*, quando trova una larva di *Popillia japonica* nel terreno, depone sulla sua regione ventrale un uovo, non senza averle

prima iniettato un liquido paralizzante. L'Imenottero, quando si schiude come larva, si nutre dell'ospite paralizzato e lo distrugge. In circa 25 anni, in ben 14 stati dell'Est, vennero introdotte colonie di *Tiphia* per l'attuazione di un programma di disinfestazione in collaborazione tra commissioni federali e statali. In tutta questa regione la vespa ha raggiunto una larga diffusione ed è considerata dagli entomologi come un importante fattore per il controllo della *Popillia*.

Ma un'importanza ancora maggiore ha assunto uno speciale morbo batterico che colpisce solitamente gli scarabei, la famiglia cui appartiene la *Popillia japonica*. Si tratta di una malattia provocata da un organismo altamente specifico, il quale non attacca gli altri insetti ed è innocuo per i lombrichi, per gli animali a sangue caldo e per le piante. Le spore di questo batterio si trovano nel terreno; quando vengono ingerite dalle larve degli scarabeidi si moltiplicano con rapidità enorme nel loro sangue, che assume un colore biancastro: donde il nome di *milky disease* (morbo lattiginoso), dato dagli abitanti della zona a tale malattia. Questa fu scoperta nel 1933 nel New Jersey. Fino al 1938 essa rimase prevalentemente circoscritta alle zone che per prime erano state infestate dalla *Popillia japonica*. Nel 1939 fu deciso un programma che si proponeva di raggiungere una forma efficiente di lotta attraverso la rapida diffusione del morbo. Non venne elaborato alcun metodo per coltivare l'agente della malattia in un mezzo artificiale, ma si ricorse ad un esperimento che parve efficace: si raccolsero dal suolo le larve infette, che vennero quindi essiccate e mescolate con gesso. In una miscela standard, un grammo di polvere contiene 100 milioni di spore. Tra il 1939 ed il 1953; oltre 38.000 ettari di territorio situato in 14 stati subirono il trattamento previsto dal programma di cooperazione fra stato e confederazione, senza parlare poi di altri comprensori della confederazione o di aree di estensione sicuramente vasta, anche se non definita, in cui la disinfestazione venne compiuta da enti privati o da singoli agricoltori. Nel 1945 il "milky disease" inferiva tra le popolazioni di *Popillia japonica* del Connecticut, dello stato di New York, del New Jersey, del Delaware e del Maryland. In alcune aree di controllo il 94% delle larve appariva infettato. Nel 1953, il governo passò l'incarico di svolgere questo programma di produzione e distribuzione ad un laboratorio privato, che ancor

oggi continua a rifornire i privati, le varie associazioni cittadine e chiunque altro sia interessato al controllo degli scarabeidi.

Le regioni dell'Est sottoposte a questo trattamento possono oggi contare su un elevatissimo grado di protezione naturale contro le infestazioni da *Popillia*. L'agente infettante rimane vitale nel suolo per parecchi anni e quindi resta lì pronto per ogni evenienza e scopo, aumentando anzi la sua virulenza col passar del tempo ed essendo continuamente diffuso dagli agenti atmosferici.

Perché allora, dopo tanti risultati positivi conseguiti nell'Est, non si è fatto qualcosa di analogo nell'Illinois e negli altri stati centro-occidentali, dove la battaglia contro la *Popillia japonica* viene ancor oggi scatenata con tanta furia per mezzo dei tossici?

Ci è stato detto che l'inoculazione delle spore di *Tiphia vernalis* è *eccessivamente dispendiosa*, sebbene nessuno se ne sia accorto, nel 1940, nei 14 stati dell'Est. Attraverso qualche sorta di contabilità è stato dunque possibile arrivare a questo giudizio di "eccessiva dispendiosità"? Certamente non con quella che, a suo tempo, impose l'enorme spesa dei programmi che hanno portato a distruzioni del genere di quella di Sheldon. Tale giudizio, inoltre, non tiene conto del fatto che l'inoculazione delle spore viene fatta una volta sola: cioè, la *prima spesa resta anche l'unica*.

Si afferma pure che tale metodo non può essere applicato ai margini della zona dove è avvenuta l'infestazione perché esso ha effetto soltanto dove si trova già una densa popolazione di larve. Come molte altre asserzioni a favore dei disinfestanti chimici, anche questa obiezione va confutata. Il batterio che dà origine al "milky disease" delle spore infetta almeno 40 altre specie di coleotteri che, complessivamente, hanno una distribuzione abbastanza vasta per diffondere la malattia anche là dove la *Popillia japonica* è scarsa o ancora inesistente. Per di più, le spore, grazie alla loro lunga sopravvivenza nel terreno, possono venir introdotte anche nelle zone prive di larve e situate ai margini della zona infestata, in modo da essere pronte ad entrare in azione appena gli scarabeidi vi giungano.

Senza dubbio, chi esige un risultato subitaneo a qualunque costo continuerà a combattere tali insetti con i prodotti chi-

La natura si ribella alla violazione dell'uomo

Sarebbe una vera ironia della sorte se, alla fine, dopo aver rischiato tanto nel tentativo di plasmare la natura secondo i nostri desideri, non fossimo riusciti ad ottenere il nostro scopo. Questa è, per ora, la nostra situazione. La verità, di cui raramente si parla anche se l'abbiamo sempre sotto gli occhi, è che la natura non si lascia sopraffare così facilmente: in altre parole, gli insetti stanno trovando il modo di sventare l'attacco che noi, con i nostri prodotti chimici, stiamo scagliando su di loro.

"Il mondo degli insetti," ha detto il biologo olandese Briejèr, "è il fenomeno piú stupefacente della natura. Nulla è irrealizzabile per esso; le cose meno probabili vi avvengono nel modo piú naturale. Chi cerca di penetrare i suoi misteri trova sempre nuovi motivi di meraviglia; si accorge che qualsiasi cosa può accadere; ciò che appare impossibile si muta in realtà."

E davvero, oggi, l'impossibile sta diventando una realtà su due vasti fronti. Attraverso un processo di selezione genetica, gli insetti stanno sviluppando ceppi resistenti alle sostanze chimiche: di ciò parleremo nel prossimo capitolo. Ma il problema piú importante che esamineremo ora è che le difese proprie dell'ambiente, le quali servono a tenere sotto controllo le varie specie, sono sempre piú indebolite dall'azione dei composti chimici che noi vi immettiamo. Ogni volta che facciamo breccia in queste difese, milioni di insetti riescono a penetrarvi.

Da tutto il mondo giungono notizie che mettono in chiaro la grave situazione che si va determinando. Dopo dieci o piú anni di controllo chimico-intensivo, gli entomologi si ritrovarono di fronte a problemi che ritenevano di avere definitivamente risolto alcuni anni prima; anzi la soluzione parve allora assai piú difficile perché nuovi insetti, un tempo poco numerosi, si erano moltiplicati fino a diventare un vero e proprio flagello. I controlli chimici, programmati e realizzati senza tener conto dei complessi sistemi biologici contro cui

vengono ciecamente scatenati, non possono non avere, per la loro stessa natura, un effetto controproducente. Essi, infatti, sono in grado di agire efficacemente tutt'al piú contro poche e singole specie di organismi, ma non contro ogni forma vivente.

Al giorno d'oggi, si manifesta da piú parti la tendenza a considerare l'equilibrio della natura una condizione che fu valida in passato, in un mondo piú semplice — una condizione che oggi invece è stata completamente sconvolta, tanto che non val piú neanche la pena di prenderla in considerazione. C'è chi è soddisfatto di questa affermazione, ma, all'atto pratico, essa presenta molti rischi. Ovviamente, l'equilibrio della natura appare oggi molto diverso da quello del periodo pleistocenico; è cambiato, ma sussiste: si tratta di un complesso, preciso ed unitario sistema di correlazione tra tutti gli esseri viventi che non possiamo impunemente ignorare, così come non possiamo sfidare la legge di gravità quando ci protendiamo dall'orlo di un burrone per guardare l'abisso sottostante. L'equilibrio della natura, ripetiamo, non è uno *status quo*, ma è un processo in perpetuo divenire, in costante stato di adattamento. E l'uomo ne fa parte; talora ne è avvantaggiato, altre volte — sempre o troppo spesso a causa delle proprie attività — ne è danneggiato.

Nel definire i moderni programmi di controllo degli insetti sono stati trascurati due fatti fondamentalemente importanti: il primo è che il controllo veramente efficace degli insetti viene esercitato dalla natura stessa e non già dall'uomo. L'eccessivo espandersi di una popolazione qualsiasi è tenuto a freno da quella che gli ecologi chiamano la "resistenza dell'ambiente" (e ciò accadde fin da quando nacque la prima forma di vita). La quantità di cibo disponibile, le condizioni atmosferiche e climatiche, la presenza di specie concorrenti o predatrici sono tutti fattori essenziali. "Il piú potente fattore che impedisce agli insetti di sommergere il nostro mondo," affermò l'entomologo Robert Metcalf, "consiste nella micidiale guerra ingaggiata dagli uni contro gli altri." Ed invece la maggior parte dei composti chimici impiegati oggi uccide indiscriminatamente gli insetti utili e quelli dannosi.

Il secondo fatto di cui non teniamo conto è quella straordinaria capacità di riprodursi che una specie acquista allorché la resistenza dell'ambiente viene indebolita. La fecondità

di molte forme viventi sorpassa i limiti della nostra immaginazione, anche se qua e là riusciamo a scorgere cenni indicativi. Ricordo che, quand'ero ancora una giovane studentessa, restavo strabiliata di fronte al miracolo di una vaschetta contenente un po' di fieno in acqua, alla quale veniva aggiunta qualche goccia di materiale prelevato da una coltura ben sviluppata di protozoi: in pochi giorni la bacinella pullulava, per così dire, di un'intera galassia di guizzanti e velocissime forme viventi — trilioni di microscopici parameci, piccoli come granelli di polvere e proliferanti senza alcun freno in quel paradiso terrestre ricco di nutrimento, alla giusta temperatura e privo di nemici. Oppure rammento le scogliere bianche come la neve perché interamente ricoperte di balanidi; o, infine, lo spettacolo offerto da una teoria di chilometri di meduse pulsanti, impalpabili e inconsistenti come l'acqua che le trasportava.

Un esempio prodigioso di controllo naturale è quello del merluzzo che migra d'inverno per portarsi nei mari in cui la femmina depositerà milioni d'uova. Ma il mare non diventa una massa unica di merluzzi, come avverrebbe sicuramente se l'intera progenie dei riproduttori sopravvivesse; il controllo della natura interviene con tale imperiosità che, dei milioni di giovani merluzzi generati da una sola coppia, ne resta in vita, fino all'età adulta, solo quel tanto che basta per mantenere in equilibrio la popolazione.

I biologi cercarono spesso di immaginare che cosa succederebbe se, per qualche impensabile catastrofe, il controllo naturale venisse a mancare e tutta la discendenza di un singolo individuo sopravvivesse. Thomas Huxley, ad esempio, ha calcolato un secolo fa, che un solo afide femmina (dotato della singolare capacità di riprodursi senza il concorso del maschio) potrebbe procreare nello spazio di un anno una progenie il cui peso complessivo uguaglierebbe quello dell'intera popolazione cinese.

Per nostra fortuna si tratta soltanto di valutazioni astratte; ma chi studia le popolazioni animali ben conosce le disastrose conseguenze cui si va incontro quando si tenta di sconvolgere gli ordinamenti della natura. Tutti sanno, per esempio, che il fanatico zelo posto dagli allevatori di bestiame nella eliminazione dei coyote ha causato una vera infestazione di topi campagnoli, prima sotto il loro controllo. Un altro esempio caratte-

ristico e molto noto è quello del cervo Kaibab dell'Arizona: in passato, tra la popolazione di questo animale e l'ambiente esisteva una perfetta armonia, poiché un certo numero di animali da preda — puma, lupi e coyote — impedivano a quella specie erbivora di crescere in soprannumero rispetto alle possibilità di pascolo che offriva la vegetazione della zona. Quando l'uomo intraprese una vasta campagna per "proteggere" i cervi dai loro nemici; ed essi vennero "protetti" così efficacemente che, appena il territorio fu liberato dalla presenza dei carnivori, si moltiplicarono a tal segno da non riuscire più a trovare la quantità di cibo necessaria al sostentamento. I cervi brucarono, sempre più in alto, i germogli e le foglie degli alberi; malgrado ciò, cominciarono a morire ed in numero maggiore di quello che, nel passato, finiva nelle fauci degli animali da preda. Inoltre, tutta la vegetazione ambientale rimase danneggiata dagli sforzi disperati di queste bestie fameliche per procurarsi il cibo.

Gli insetti predatori dei campi e delle foreste adempiono ad una funzione analoga a quella dei lupi e dei coyote nei confronti del Kaibab. Se li sterminiamo, la popolazione degli altri insetti si accrescerà rapidamente.

Nessuno sa con precisione quante specie di insetti esistono sulla Terra, poiché molte di esse non sono state ancora identificate; ad ogni modo ne sono già state descritte più di 700.000, e ciò significa che il 70-80% delle specie viventi sul nostro pianeta è costituito da insetti. La quasi totalità di essi viene tenuta a freno non già dall'intervento dell'uomo, ma dalle forze della natura; se così non fosse, neppure la più smisurata quantità di insetticidi chimici — o qualsiasi altro mezzo umano — consentirebbe di stabilire un efficace controllo.

Purtroppo, spesso ci accorgiamo dell'esistenza di queste difese naturali soltanto dopo che esse vengono a mancare. La maggior parte di noi cammina con gli occhi bendati su questa terra senza vederne le bellezze e le meraviglie, né osservare la straordinaria e talvolta terribile intensità di vita che pulsa intorno a noi. Ecco perché solo pochi conoscono le attività degli insetti predatori e parassiti. Forse avremo scorto qualche volta, su un arbusto del nostro giardino, un insetto dalla strana forma e dall'aspetto feroce, ma non sapevamo o quasi che questa mantide religiosa vive soltanto a spese di altri insetti. Per conoscere qualcosa di più sul suo conto abbiamo dovuto

sorprenderla di notte alla luce d'una lampadina portatile, mentre s'avventa per ghermine la sua vittima. Allora abbiamo cominciato a comprendere qualcosa della drammatica vicenda che si svolge tra predatore e preda; allora abbiamo cominciato ad acquistare la consapevolezza delle incessanti e potenti forze che la natura sprigiona per controllare se stessa.

Gli insetti predatori — cioè quelli che uccidono e divorano gli altri insetti — appartengono a molti tipi: alcuni sono veloci quanto le rondini e, come esse, afferrano la preda al volo; altri esplorano metodicamente la superficie dei rami, catturando e divorando gli insetti sedentari — per lo più afidi — che vi si trovano. Le vespe catturano insetti dal corpo molle e danno i loro succhi ai piccoli. Altri Imenotteri del genere *Pelopaeus* costruiscono nidi di fango rappreso a forma di colonna sotto le grondaie delle case e vi depositano gli insetti uccisi, che serviranno di nutrimento alla loro prole; altri ancora, infine, cacciano insetti (Ditteri) che suggono il sangue del bestiame. Un Sirfide che ronza rumorosamente è spesso confuso con un'ape; depone le sue uova sulle foglie delle piante infestate dagli Afidi, i quali diventano poi il cibo prevalente per le larve che si schiudono. Anche le Coccinelle sono notevoli sterminatrici di questi insetti, di Coccidi e di altri che danneggiano le piante; centinaia di Afidi vengono letteralmente consumati da un'unica Coccinella per portare a maturazione le uova.

Ancor più sorprendente è il comportamento degli insetti parassiti: essi non uccidono i loro nemici subito ma, con diversi accorgimenti, utilizzano le vittime per il nutrimento della loro prole. Qualcuno di essi, per esempio, deposita le uova nelle larve o nelle uova della preda, in modo che i nuovi insetti, quando nascono, si nutrano a spese dell'ospite. Altri, servendosi d'una secrezione adesiva, attaccano le loro uova sul corpo d'un bruco e le larve, quando vengono fuori dal guscio, trafiggono la pelle del nemico; certuni, infine, con un istinto che pare preveggenza, depongono semplicemente le uova sulla superficie fogliare, cosicché un bruco di passaggio le ingerirà inavvertitamente. Dappertutto, nei campi, sulle siepi, nei giardini e nelle foreste, gli insetti predatori e parassiti sono incessantemente all'opera. Qui, sopra uno stagno, sfrecciano le libellule, e le ali risplendono sotto i raggi del sole; altrettanto facevano i loro remoti antenati nelle paludi abitate dagli enormi rettili; oggi, come allora, esse si servono della loro acu-

tissima vista per catturare al volo le zanzare, aiutandosi con le zampe a forma di paniere, mentre nelle acque sottostanti le generazioni più giovani, ninfe o naiadi, predano a loro volta le larve acquatiche delle zanzare e altri insetti.

Oppure laggiù, sopra una foglia, sta appiattita, quasi invisibile, la Crisopa dalle verdi ali trasparenti e dagli occhi dorati, schiva e sfuggente, discendente da antenati che vissero nel Permiano. La Crisopa adulta si nutre principalmente del nettare delle piante o della melata degli Afidi; depone le uova, che sono attaccate alle foglie per mezzo di un lungo peduncolo; le larve che ne nascono — strane creature munite di setole — catturano gli Afidi, i Coccidi, gli Acari e ne succhiano il sangue. Ciascuna di esse può divorarne parecchie centinaia prima che l'incessante ruota del ciclo vitale la porti a tessere un bianco bozzolo serico che l'accoglierà durante lo stadio di pupa.

In altri luoghi ancora, vi sono vespe e mosche la cui esistenza dipende in tutto e per tutto dalla presenza di larve od uova di altri insetti da poter parassitizzare. Alcuni parassiti delle uova sono vespe estremamente piccole, ma il loro numero e la loro instancabile attività riescono a tenere sotto controllo le specie devastatrici dei raccolti agricoli.

Tutte queste minuscole creature lavorano senza posa sotto il sole e sotto la pioggia, anche durante le ore notturne e anche quando la morsa del gelo ha smorzato le fiamme vitali riducendole a minuscoli tizzoni. In questo periodo la loro forza vitale cova sotto la cenere, aspettando il momento di esplodere in una nuova attività quando la primavera giungerà a risvegliare il mondo degli insetti. Nel frattempo, sotto il bianco mantello della neve, sotto la superficie indurita dal gelo, nelle fessure delle cortecce degli alberi ed in grotte protette, parassiti e predatori hanno trovato il modo di superare la fredda stagione.

Le uova della mantide religiosa — questa strana creatura che vive una sola estate — sono protette da astucci costituiti da una sostanza pergamenacea, emessa dalla femmina che li appende, prima di morire, ai rami di un cespuglio.

La femmina della vespa *Polystes*, l'unica a sopravvivere della sua famiglia, si rifugia in un angolo nascosto di qualche attico, portando dentro di sé le uova fecondate da cui dipende il destino della colonia; essa, di primavera, prepara un nido, fragile come carta, depone le uova in ognuno dei suoi minu-

scoli scompartimenti ed alleva con cura un piccolo numero di operaie che l'aiuteranno a ingrandire il nido e a sviluppare la colonia e, quando giungeranno le caldissime giornate estive, distruggeranno una quantità incalcolabile di bruchi.

Così, attraverso le circostanze in cui si svolge la loro esistenza e per la natura stessa delle loro necessità, tutti questi insetti si sono alleati con noi per assicurare il mantenimento dell'equilibrio naturale a tutto nostro vantaggio. Ed ecco che noi abbiamo rivolto le nostre artiglierie contro questi amici. Il pericolo più grave è che abbiamo sottovalutato grossolanamente la loro importanza nel tenere a bada un'oscura moltitudine di nemici i quali, senza il loro aiuto, ci possono sopraffare.

La prospettiva di un indebolimento generale e definitivo della resistenza ambientale si fa sempre più reale e preoccupante con il passare degli anni, a mano a mano che aumenta il numero, la varietà e la potenza tossica degli insetticidi. Dobbiamo perciò aspettarci, un giorno o l'altro, invasioni sempre più poderose di insetti — sia infestanti che portatori di malattie — quali non abbiamo mai conosciuto.

"Ma," si obietterà da qualche parte, "non è, questa, un'ipotesi puramente teorica? Io non ritengo possibile un tale disastro: non durante il tempo che mi resta da vivere, per lo meno."

Eppure qualcosa del genere sta accadendo proprio *da noi* e proprio *ora*. Varie pubblicazioni scientifiche hanno segnalato circa 50 specie che, nel 1958, sono state coinvolte in brusche alterazioni dell'equilibrio naturale; e di anno in anno aumentano i casi del genere. Una recente rassegna su questo argomento riportava fonti bibliografiche riferentesi a ben 215 lavori che discutevano o illustravano casi di squilibrio, risultato dannoso, in popolazioni di insetti per effetto di antiparassitari.

Talvolta le disinfestazioni non hanno provocato che un enorme accrescimento numerico proprio di quegli insetti che si cercava di tenere sotto controllo. Così, per esempio, nell'Ontario, i *Simulium*¹ raggiunsero una diffusione 17 volte superiore a quella che esisteva prima della disinfestazione. Ed in Inghilterra si è registrato un aumento senza precedenti degli afidi

¹ Insetti dell'ordine dei Ditteri che presentano un comportamento molto simile a quello delle zanzare. [N.d.T.]

del cavolo dopo la disinfestazione compiuta con insetticidi organici a base di fosforo.

Altre volte la disinfestazione, pur essendo ragionevolmente efficace contro l'insetto che si voleva colpire, ha schiuso un intero vaso di Pandora, da cui sono fuoruscite le specie più dannose che precedentemente non erano mai state tanto numerose da costituire un pericolo. Il "ragnetto rosso," per citare un caso, si è trasformato in un fastidioso parassita, estremamente diffuso, soltanto dopo che il DDT ed altri composti chimici hanno sterminato i suoi nemici.² Non si tratta di un insetto, ma di un Acaro che presenta un apparato boccale atto a pungere e succhiare. Basta una modesta invasione perché il fogliame degli alberi e dei cespugli diventi chiazzato; quando invece l'infestazione si fa più massiva, le foglie ingialliscono e cadono.

Ecco quanto è accaduto in alcune foreste degli stati occidentali del nostro paese pochi anni fa quando, nel 1956, l'United States Forest Service irrorò circa 400.000 ettari di territorio boschivo con il DDT. Lo scopo era stato quello di controllare la *Choristoneura fumiferana*, il solito parassita dell'abete ma, nell'estate seguente, si presentò un pericolo ben maggiore: ispezionando le foreste dall'alto ci si accorse che, in una vasta area, i magnifici abeti Douglas erano diventati bruni e perdevano gli aghi. La Helena National Forest, le foreste delle pendici occidentali delle Big Belt Mountains, quelle di altre zone del Montana e, più a sud, fino all'Idaho, recavano segni di devastazione come se fossero state brucate. Apparve subito chiaro che quell'estate del 1957 aveva portato con sé la peggior infestazione di ragni rossi che mai si fosse verificata come estensione e gravità; praticamente l'intera area disinfestata ne aveva subito le conseguenze mentre da nessun'altra parte si era visto un danno simile. Gli esperti forestali richiamarono alla memoria altri casi del genere, se pur di minor entità: uno occorso nel 1929 lungo il corso del Madison River, nel Yellowstone Park; un altro, vent'anni dopo, nel Colorado; ed infine un terzo, l'anno prima, nel New Mexico. Ebbene, si constatò che *ognuna di quelle tre infestazioni era stata preceduta da irrorazioni forestali con insetticidi* (nel 1929 il DDT

² Lo stesso fenomeno si è verificato anche in Italia dopo i trattamenti a base di DDT iniziati a suo tempo per la difesa dei garofani. [N.d.T.]

non esisteva ancora, ma i disinfestatori avevano impiegato l'arseniato di piombo).

Perché mai il ragno rosso diventa così prospero nelle zone cosparsa di insetticidi? Oltre all'ovvio motivo della sua relativa refrattarietà ad essi, vi sono altre due ragioni. Anzitutto, in natura, esso viene tenuto a freno da vari predatori come le Coccinelle, i Cecidomiidi, gli Acari predatori ed altri insetti tutti estremamente sensibili all'azione degli insetticidi. Inoltre v'è un terzo motivo di natura, per così dire, demografica: in condizioni normali, le colonie di questo aracnide vivono in densi conglomerati, nascosti in un ambiente adatto che esse proteggono con una tela dall'insidia dei nemici. Quando sopraggiunge una disinfestazione, esse si disperdono, perché i singoli individui, disturbati ma non uccisi dalle sostanze tossiche, cercano scampo in ogni direzione alla ricerca di un luogo sicuro. Così facendo, essi trovano nuove zone più vaste e più ricche di nutrimento di quelle di prima, su cui si stanziavano. I loro vecchi nemici, ormai sterminati dagli insetticidi, non danno più fastidio, e non occorre allora sprecare più energie per discernere il liquido destinato alla tessitura delle ragnatele di protezione: tutta l'energia di cui dispongono viene ora spesa per la riproduzione, e non è infrequente il caso in cui — grazie al benefico influsso delle irrorazioni antiparassitarie — la loro produzione di uova risulti triplicata.

Nella Shenandoah Valley — una regione della Virginia famosa per le sue piantagioni di meli — legioni di piccoli insetti (Tortricidi) diventarono un vero flagello non appena i coltivatori smisero di cospargere l'arseniato di piombo e lo sostituirono con il DDT. Non erano mai stati nocivi, in precedenza, ma ben presto diventarono uno dei più pericolosi nemici dei meli e distrussero ben metà del raccolto, non soltanto nella Shenandoah Valley, ma anche in altre zone dell'Est e del Midwest, man mano che l'uso del DDT si diffondeva.³

Né mancano altre beffarde situazioni. Nei pometi della Nuova Scozia le peggiori infestazioni di *Carpocapsa pomonella*, il comune baco delle mele, si ebbero proprio là dove le irrorazioni erano state effettuate regolarmente; dove invece i frutticoltori non avevano usato alcun insetticida tale insetto non era presente in numero sufficiente da causare un vero danno.

³ La stessa cosa si sta verificando nei frutteti italiani [N.d.T.]

Anche nel Sudan orientale la solerzia posta dai piantatori di cotone nel cospargere di DDT le colture venne compensata da un risultato altrettanto deludente. Più di 20.000 ettari di coltivazione irrigua nel delta del Gash erano stati trattati preliminarmente con DDT a scopo sperimentale, ed i proprietari, avendo riscontrato un esito in apparenza soddisfacente, decisero di intensificare le irrorazioni. Uno degli infestanti più nocivi del cotone è il punteruolo (*Anthonomus grandis*). Purtroppo si vide che, più le piantagioni venivano cosparsa di DDT, più numeroso si faceva questo parassita; invece le piante che non avevano subito il trattamento apparivano meno danneggiate nei frutti prima, e più tardi, nelle capsule mature; nei campi spruzzati due volte con DDT il rendimento del raccolto registrò una diminuzione significativa. Sebbene con tale sistema venissero eliminati alcuni insetti divoratori di foglie, qualsiasi beneficio che si fosse potuto trarre in questo modo era più che annullato dai danni prodotti dai punteruoli. Alla fine i coltivatori si trovarono di fronte alla spiacevole verità che, se non si fossero presi la briga e l'impegno finanziario di irrorare i loro campi, il raccolto sarebbe stato più copioso. Nel Congo Belga e nell'Uganda le massicce applicazioni di DDT contro un parassita degli arbusti del caffè ebbero conseguenze quasi "catastrofiche," giacché quell'insetto nocivo apparve completamente refrattario all'azione del tossico, mentre i suoi nemici predatori ne erano estremamente sensibili.

Anche in America gli agricoltori si sono accorti spesso di essere caduti dalla padella nella brace poiché distruggendo una certa specie di insetti ne hanno favorita un'altra; infatti le irrorazioni sconvolgono la dinamica delle popolazioni nel mondo di quegli animali. Due massicci programmi di controllo svolti di recente hanno avuto questo preciso effetto: alludiamo alla campagna per lo "sradicamento" della "formica di fuoco" nel sud, e a quella ingaggiata contro la *Popillia japonica* nel Midwest (v. cc. X e VII).

Allorché, nel 1957, le piantagioni della Louisiana vennero interamente cosparsa di eptacloro, si notò un preoccupante aumento di uno dei peggiori parassiti della canna da zucchero, il Lepidottero *Diatraea saccharalis*. Il trattamento chimico era da poco terminato e già le colture apparivano devastate: il tossico destinato alle "formiche di fuoco" aveva sterminato tutti i nemici di quel coleottero. Il raccolto fu così danneggiato

che i coltivatori cercarono di promuovere una causa giudiziaria contro lo stato responsabile, secondo loro, di non averli avvertiti, per negligenza, delle conseguenze cui sarebbero andati incontro.

Un'esperienza altrettanto dolorosa fu quella degli agricoltori dell'Illinois. Dopo l'abbondante e devastatrice irrorazione di dieldrina subita recentemente dalle campagne orientali per l'annientamento della *Popillia japonica*, i coltivatori si accorsero che il numero delle larve della *Pyrausta nubilalis* (piralide del granoturco) era notevolmente aumentato dappertutto. In effetti, il mais cresciuto nell'area che aveva subito il trattamento conteneva quasi il doppio delle larve di quell'insetto devastatore rispetto alle piante delle zone non controllate. Gli agricoltori non conoscevano il principio biologico di ciò che era avvenuto, ma non avevano bisogno di tanta scienza per comprendere che i raccolti erano stati disastrosi, e per convincersi che, nel tentativo di liberarsi di un insetto, avevano favorito l'infestazione d'un altro parassita ben più pericoloso. Secondo i calcoli del Dipartimento dell'Agricoltura i danni provocati dalla *Popillia japonica* sul suolo degli Stati Uniti ammontano in totale a circa 10 milioni di dollari l'anno, mentre quelli causati dalle larve della piralide del granoturco che infestano i cereali raggiungono gli 80 milioni di dollari.

Val la pena di sottolineare che si sono fatti notevoli sforzi per stabilire il controllo naturale delle larve della piralide del granoturco. Appena due anni dopo l'accidentale penetrazione di questi insetti provenienti dall'Europa, il governo degli Stati Uniti intraprese uno dei suoi più impegnativi programmi di importazione ed impiego di parassiti per sterminare un insetto. Da allora, 24 specie di nemici della piralide del granoturco sono state importate dall'Europa o dall'Oriente con notevole spesa. Di esse, cinque si sono mostrate di notevole efficacia nel controllo di quei parassiti del mais. È inutile aggiungere che i frutti di tutto questo paziente lavoro sono ora messi a repentaglio: infatti l'impiego degli antiparassitari chimici finirà con l'uccidere tutti i nemici naturali del parassita del granoturco.

Se ciò vi sembra assurdo, considerate un po' la situazione degli agrumeti della California dove, intorno al 1880, venne effettuato uno dei più famosi e positivi esperimenti di controllo biologico. Nel 1872 aveva fatto la sua comparsa in quello stato

una Cocciniglia speciale che si nutre sugghendo la linfa dagli alberi di agrumi; essa, nel giro di 15 anni, era divenuta così dannosa che in molti agrumeti i raccolti andarono completamente perduti e una completa rovina si profilò per questa giovane industria agricola. Molti coltivatori, ormai delusi, avevano già cominciato ad abbattere gli alberi, quando qualcuno pensò di importare dall'Australia una piccola coccinella — la *Rodolia* — parassita di quel coccide. Bastarono un paio d'anni perché essa ristabilisse un efficace controllo in tutto il territorio californiano coltivato ad agrumi. Da quel momento in poi si poté camminare per intere giornate in mezzo alle piantagioni senza scorgere una sola cocciniglia.

Sfortunatamente, i coltivatori di agrumi, verso il 1940, si lasciarono sedurre dalla prestigiosa propaganda fatta ai nuovi preparati chimici e vollero sperimentarli contro altri insetti. Con la comparsa del DDT e di altri prodotti ancora più tossici, adottati successivamente in molti territori californiani, le popolazioni della *Rodolia* vennero sterminate. E pensare che l'importazione di questa coccinella era costata al governo la modesta cifra di 5.000 dollari, mentre il vantaggio che l'agricoltura ne aveva tratto ammontava a molti milioni di dollari l'anno. Eppure, in un momento di negligenza, tutto quel beneficio andò perduto. Ben presto riapparvero le infestazioni delle cocciniglie e stavolta furono più disastrose di quanto si fosse mai visto nello spazio di cinquant'anni.

"È probabile che ciò abbia segnato la fine di un periodo di prosperità," ha dichiarato il dott. De Bach della Citrus Experiment Station di Riverside. Infatti, oggi, il controllo delle cocciniglie appare estremamente difficile. La *Rodolia* può essere tenuta in vita solo a costo di infiniti sforzi: occorre ripopolare di continuo la zona ed evitare il contatto con gli insetticidi, facendo molta attenzione alle date in cui essi vengono irrorati. Ma anche con queste misure la situazione del coltivatore di agrumi rimane precaria, perché spesso i singoli proprietari dei terreni adiacenti continuano a cospargere i loro campi di insetticidi che, trasportati dal vento, invadono gli agrumeti ed uccidono quegli insetti benefici.

Finora abbiamo parlato degli insetti che insidiano i raccolti. Qual è invece la nostra situazione nei confronti di quelli che trasmettono le malattie? Anche qui non mancano i mo-

niti. Durante la seconda guerra mondiale, per esempio, l'isola di Nissan, nel Pacifico meridionale, fu sottoposta ad intense disinfestazioni chimiche; poi, quando cessarono le ostilità, esse vennero interrotte. Quasi subito l'isola venne nuovamente invasa dalle zanzare vettrici della malaria. Tutti i loro predatori erano stati uccisi dagli insetticidi e non vi era stato tempo sufficiente perché nuove popolazioni si ristabilissero. Le zanzare poterono allora moltiplicarsi liberamente con grandiosa fecondità. Marshall Laird, che ha descritto questo episodio, paragona il controllo chimico ad uno di quei mulini a trazione umana che esistevano un tempo nei penitenziari: anche noi, come quei carcerati, appena il congegno si mette in moto, non possiamo più fermarci per la paura delle conseguenze che ci toccherebbero.

In varie parti del mondo, tra le malattie infettive e gli insetticidi esiste un legame di tutt'altro genere. Per alcune ragioni sembra che molluschi gasteropodi siano quasi immuni all'azione degli insetticidi. Se ne hanno molti esempi, tra cui quello già da noi citato (v. p. 146) della ecatombe causata dalla disinfestazione delle paludi salmastre lungo la costa orientale della Florida, in cui solo i polmonati acquatici sopravvissero. Chi ha assistito a quel macabro spettacolo, quando ne parla, ci presenta un quadro che pare uscito dal pennello di un pittore surrealista: quei molluschi strisciavano sui corpi dei pesci morti e dei granchi ormai morenti, e divoravano le vittime di quella funesta pioggia di veleno.

Perché questo episodio è importante? Per il semplice motivo che i polmonati acquatici ospitano certi pericolosi vermi parassiti il cui ciclo vitale si svolge per una parte nel corpo di un mollusco e per il resto in quello dell'uomo: ne è un esempio la *Bilharzia* o *Schistosoma haematobium*, un trematode che provoca una grave malattia nell'uomo quando penetra nel suo corpo con l'acqua da bere o, attraverso la pelle, quando egli si bagna in acque infestate. La *Bilharzia* viene liberata nell'acqua dal *Bulinus*, una chiocciolina d'acqua dolce. La malattia è molto diffusa in varie regioni dell'Asia e dell'Africa. In queste zone, insetticidi che favoriscono un grande aumento numerico del mollusco ospite intermedio provocano, probabilmente, gravi conseguenze.

Naturalmente la malattia non colpisce soltanto l'uomo. Disturbi al fegato possono comparire nei bovini, nelle pecore,

nelle capre, nei cervi, negli alci, nei conigli e in molti altri animali a sangue caldo, ad opera della *Fasciola hepatica*, un altro trematode, che trascorre una parte del suo ciclo vitale in una chiocciolina d'acqua dolce, la *Limnaea truncatula*. Il fegato del bestiame infetto non è commestibile e viene normalmente gettato via; ciò arreca gravi danni agli allevatori statunitensi (circa 3 milioni e mezzo di dollari ogni anno). Qualunque cosa favorisca, dunque, un aumento del numero di quei molluschi renderà il danno sempre più grave.

Questi problemi hanno gettato grandi ombre sull'ultimo decennio, ma ce n'è voluto del tempo perché ce ne accorgessimo. La maggior parte degli uomini più qualificati per lo studio e la realizzazione pratica di nuovi metodi di controllo naturale è stata troppo indaffarata a vendemmiare nella pingue vigna del controllo chimico. Risulta che, nel 1960, soltanto il 2% degli esperti di entomologia economica ha lavorato nel settore dei controlli biologici, mentre il restante 98%, o poco meno, è stato impegnato nella ricerca di insetticidi chimici.

La causa di ciò appare chiara. Le maggiori industrie chimiche concedono larghe sovvenzioni alle università per ricerche sugli insetticidi; tutto ciò rappresenta naturalmente un'interessante possibilità di borse di studio per i laureandi, e di impiego ben remunerato in un secondo tempo. Invece gli studi sul controllo biologico vengono trascurati per la semplice ragione che non aprono la strada verso i lauti guadagni che l'industria chimica assicura, ma permettono soltanto un'occupazione modesta e meno retribuita in qualche commissione statale o governativa.

Questa situazione spiega anche un fatto singolare che altrimenti risulterebbe incomprensibile, e cioè la presenza di qualche illustre entomologo nella schiera dei più strenui assertori dei metodi di controllo chimico. Basta indagare un po' da vicino e si vedrà che l'attività scientifica svolta da costoro è interamente finanziata dall'industria chimica. Ormai il loro prestigio professionale, e perfino la possibilità di continuare a lavorare, dipendono dal prosperare di questi sistemi. Possiamo, dunque, immaginare che essi mordano la mano di chi li nutre? Ma, d'altro canto, sapendo per chi propendono, quale credito dobbiamo dare alle loro assicurazioni sulla "innocuità" degli insetticidi?

In mezzo al coro generale che osanna ai prodotti chimici

e vede in essi un sistema impareggiabile per il controllo degli insetti, un certo numero di rapporti sono stati pure presentati di tanto in tanto da quei pochi entomologi che si ricordano ancora di essere biologi e non già chimici e ingegneri.

L'inglese Jacob ha dichiarato di recente che "l'attività di coloro che si interessano all'entomologia economica sembra ispirata dalla fiducia taumaturgica riposta nel beccuccio di uno spruzzatore... Essi credono che, quando avranno creato nuovi problemi di rinvigorimento, di resistenza o di tossicità nei mammiferi, sarà subito lì pronto ad intervenire il chimico con un'altra delle sue pillole. Noi non la pensiamo così... Alla fine, solo i biologi potranno risolvere i problemi fondamentali del controllo degli insetti."

"Gli esperti di entomologia economica devono convincersi," ha scritto A. D. Pickett dalla Nuova Scozia, "che hanno di fronte un mondo di creature viventi... il loro lavoro non può limitarsi agli esperimenti effettuati per provare l'efficacia d'un insetticida o alla ricerca di sostanze chimiche sempre più micidiali." Il dott. Pickett va considerato come uno dei pionieri nel campo della ricerca di nuovi e sani principi di controllo degli insetti basati sull'impiego di specie predatrici e parassite. Il metodo che egli e i suoi colleghi hanno messo a punto resta ancor oggi un modello esemplare ma, purtroppo, adottato ben di rado. Nel nostro paese possiamo trovare qualcosa di simile soltanto nei programmi di integrazione realizzati da alcuni entomologi in California.

Il dott. Pickett cominciò i suoi esperimenti circa 35 anni fa nei pometi d'una zona della Nuova Scozia — la Annapolis Valley — nota per essere stata, un tempo, la zona più frutticola di tutto il Canada. In quel tempo si credeva che gli insetticidi (allora soltanto inorganici) avrebbero risolto ogni problema di controllo, purché i coltivatori si attenessero scrupolosamente alle norme di prescrizione; ma le ottimistiche previsioni non si tradussero in realtà. In qualche modo gli insetti resistevano: vennero provati nuovi composti chimici, si migliorarono le attrezzature per l'irrorazione, crebbe lo zelo dei disinfestatori: tutto riuscì vano, il problema rimase insoluto. Fu allora che il DDT fece la sua comparsa, promettendo di "cancellare per sempre l'incubo" dell'infestazione del baco delle mele. Il risultato fu un po' diverso: si ebbe un'invasione di acari come non si era mai avuta prima. "Passiamo," dichiarò allora

il dott. Pickett, "da un insuccesso all'altro, semplicemente perché scambiamo un problema con un altro."

A questo punto, pertanto, egli e i suoi colleghi si misero su un'altra strada, invece di continuare con gli altri entomologi ad inseguire la chimera di tossici sempre più potenti. Consapevoli di avere un formidabile alleato nella natura stessa, quegli innovatori progettarono un piano che prevedeva la massima utilizzazione dei controlli naturali ed il minimo impiego di insetticidi; quando usavano un antiparassitario, ricorrevano ad una dose modesta — appena quanto bastava per danneggiare l'insetto infestante senza colpire le specie benefiche. Anche la scelta del tempo aveva la sua importanza: per esempio, se il solfato di nicotina veniva applicato prima che i fiori dei meli diventassero rosa, e non dopo, uno dei principali predatori veniva risparmiato, probabilmente perché era ancora allo stadio di uovo.

Il dott. Pickett seleziona ancor oggi con grande cura i composti chimici, cercando quelli meno dannosi sia agli insetti parassiti che a quelli predatori. Egli va ripetendo che "quando si giunge al punto di usare il DDT, il parathion, il clordano ed altri insetticidi moderni nel controllo di routine, come si faceva al tempo degli antiparassitari inorganici, gli entomologi fautori del controllo biologico da quel momento possono dichiararsi sconfitti." La sua maggior fiducia non è riposta in questi insetticidi altamente tossici e di ampio effetto, ma soprattutto nella "ryania" (tratta dai rizomi d'una pianta tropicale), nel solfato di nicotina e nell'arseniato di piombo. In certi casi egli usa piccolissime quantità di DDT o malathion (circa 30 o 60 grammi per 400 litri, invece dei normali 500 o 1000). Sebbene questi due insetticidi siano, tra quelli moderni, i meno tossici, il dott. Pickett confida che le ulteriori ricerche gli consentiranno di sostituirli con prodotti più selettivi e meno dannosi.

Come ha funzionato questo programma? I frutticoltori della Nuova Scozia, che lo hanno adottato, raccolgono un quantitativo di frutta di prima qualità pari a quello che si registra nei pometi sottoposti ad intensivi trattamenti chimici; ed anche la qualità del prodotto è pregiata. Essi, inoltre, conseguono questi risultati con una spesa notevolmente inferiore: basti pensare che nei pometi della Nuova Scozia il controllo antipa-

rassitario viene a costare soltanto un quinto e, a volte, un decimo di quanto si spende altrove.

Ma ancora piú importante di questi pur mirabili risultati è il fatto che il programma messo a punto dagli entomologi della Nuova Scozia non viola l'equilibrio naturale. Esso realizza in pieno l'auspicio formulato dieci anni fa dall'entomologo canadese Ullyett: "Dobbiamo modificare il nostro modo di pensare, abbandonare il nostro comportamento di alteziosa superiorità ed ammettere che, in molti casi, troviamo nell'ambiente naturale le vie ed i mezzi per porre un freno alle popolazioni degli organismi molto piú a buon mercato di quanto non siamo in grado di fare con le nostre sole forze."

La resistenza degli insetti al controllo chimico

Se Darwin fosse vivo proverebbe un senso di legittima soddisfazione e, insieme, di stupore nel vedere come la sua teoria sulla "sopravvivenza del piú atto" trovi oggi una impressionante conferma nel mondo degli insetti. Sotto l'ondata delle intensive irrorazioni chimiche, in una popolazione di insetti, le creature piú deboli vengono spazzate via. Adesso in molte regioni, e tra le numerose specie, soltanto gli organismi piú forti e piú atti resistono e sventano tutti i nostri tentativi di controllo.

Circa mezzo secolo fa A. L. Melander, professore di entomologia presso il Washington State College, pose questa domanda, che oggi sembra puramente retorica: "Possono gli insetti diventare refrattari alle disinfestazioni?" Se Melander non poteva trovare al quesito una risposta chiara, o questa non poteva ancora essere completamente formulata, ciò dipendeva dal fatto che il quesito era stato posto troppo presto — nel 1914 invece che quarant'anni dopo. Prima dell'avvento del DDT, le sostanze chimiche inorganiche, cosparse in quantità che oggi ci sembrano straordinariamente modeste, determinavano qua e là l'insorgenza di ceppi capaci di sopravvivere alle irrorazioni ed alle polverizzazioni insetticide. Lo stesso Melander si era trovato in difficoltà con la Cocciniglia di San José — un insetto che per alcuni anni era stato tenuto a freno mediante un trattamento a base di solfuro di calcio. Ad un certo momento quel parassita cominciò a mostrarsi refrattario attorno a Clarkston, nello Stato di Washington, mentre nei frutteti delle valli di Wenatchee, di Yakima ed altrove veniva ancora controllato abbastanza agevolmente.

Improvvisamente anche in altre parti del paese parve che quei coccidi avessero cambiato idea: forse era meglio resistere e cercare di sopravvivere all'attacco del solfuro di calcio cospeso con diligenza e abbondanza dai frutticoltori. In buona parte del Midwest, migliaia di ettari di preziosi frutteti ven-

Di fronte ad un bivio

Ci troviamo oggi ad un bivio: ma le due strade che ci si presentano non sono ambedue egualmente agevoli come quelle che Robert Frost ci descrive in una delle sue più note poesie: La via percorsa finora ci sembra facile, in apparenza: si tratta di una bellissima autostrada, sulla quale possiamo procedere ad elevata velocità ma che conduce ad un disastro. L'altra strada — che raramente ci decidiamo ad imboccare — offre l'ultima ed unica probabilità di raggiungere una meta che ci consenta di conservare l'integrità della terra.

Spetta dunque a noi decidere. Se, dopo aver tanto sopportato, abbiamo finalmente rivendicato il nostro "diritto di sapere" e ci siamo accorti allora che ci viene richiesto di affrontare rischi insensati e spaventevoli, perché mai dovremmo dare ancora ascolto a chi ci esorta a cospargere il nostro mondo di veleni chimici? Guardiamoci piuttosto attorno e cerchiamo di vedere se esiste un'altra soluzione.

Abbiamo una varietà davvero straordinaria di alternative da scegliere, invece del controllo chimico degli insetti. Qualcuna è già in uso ed ha conseguito brillanti risultati; altre sono in via di sperimentazione nei laboratori di ricerca; altre ancora sono idee appena abbozzate nella mente di ingegnosi scienziati, in attesa di poter essere sperimentate. E tutte hanno questo in comune: sono soluzioni biologiche, basate sulla conoscenza degli organismi viventi, che esse cercano di controllare, e del complesso intreccio vitale cui appartengono. A quest'opera di ricerca partecipano gli specialisti dei vari settori della biologia — entomologi, patologi, genetisti, fisiologi, biochimici ed ecologi — e tutti prodigano il loro sapere e le loro capacità per la nascita di una nuova scienza di controlli biotici.

"Ogni scienza," osserva l'illustre biologo della John Hopkins University, Carl P Swanson, "può essere paragonata ad un fiume. Essa ha le sue remote e modeste sorgenti, le sue placide anse e le sue 'rapide,' i suoi periodi di magra e di

piena; acquista una maggiore portata quando viene arricchita dalle opere di molti ricercatori ed è alimentata da altre correnti di pensiero; diventa, infine, più larga e profonda a mano a mano che i concetti e le generalizzazioni si evolvono."

Altrettanto avviene nella scienza del controllo biologico nel suo significato moderno. In America essa ebbe un'origine oscura cent'anni fa con i primi tentativi di introdurre alcuni nemici naturali di quegli insetti che stavano angustiando i coltivatori; queste prove talvolta procedevano a rilento o rimanevano completamente ferme, fintantoché l'impulso di un successo positivo non le rimetteva in moto con maggior slancio ed impegno. Vi furono periodi di "magra," allorché gli esperti di entomologia applicata, abbagliati dai nuovi potenti insetticidi adottati nel 1940, volsero completamente le spalle ai metodi biologici e si avventurarono sulla pericolosa strada del controllo chimico. Ma l'obiettivo di un mondo libero dagli insetti, invece di avvicinarsi, continuò ad allontanarsi. Ed oggi, finalmente, mentre è diventato sempre più palese che l'uso noncurante e sfrenato dei composti chimici rappresenta una maggior minaccia per noi che non per il bersaglio che vorremmo colpire, la scienza del controllo biotico riprende a scorrere impetuosa come un fiume, alimentata da nuove correnti di pensiero.

Tra i moderni metodi di controllo, i più affascinanti sono quelli che si prefiggono di indirizzare la forza di una specie contro se stessa — di usare l'impeto delle forze vitali di un insetto per distruggerlo. Tra di essi emerge la sorprendente tecnica della "castrazione maschile" messa a punto dal dott. Edward Knipling, direttore dell'Entomology Research Branch del Dipartimento dell'Agricoltura statunitense, e dai suoi collaboratori.

Circa un quarto di secolo fa, il dott. Knipling stupì i suoi colleghi proponendo un metodo veramente unico di controllo degli insetti. Se fosse possibile — egli sosteneva — rendere sterili e rimettere in libertà un gran numero di insetti, i maschi trattati, in certe condizioni, competerebbero con gli altri normali, cosicché ripetendo l'operazione più volte, alla fine verrebbero prodotte soltanto uova infconde e la popolazione morirebbe.

Questa proposta trovò un ostacolo nell'inerzia degli ambienti burocratici e nello scetticismo di quelli scientifici, ma

il dott. Knipling era deciso ad andare fino in fondo. Restava un grosso problema da risolvere, prima di dare inizio alle prove di laboratorio: bisognava, cioè, trovare un metodo pratico per la castrazione degli insetti. Negli ambienti accademici il fatto che gli insetti potessero essere resi sterili mediante l'esposizione ai raggi X era noto fin dal 1916 quando un entomologo, G. A. Runner, aveva riferito di aver compiuto con successo tale operazione sul tonco sigàraio, un curculionide. Successivamente, con le ricerche innovatrici di Hermann Muller sulla comparsa di mutazioni ad opera dei raggi X, nuovi orizzonti si erano dischiusi verso la fine del 1920 e, attorno al 1950, numerosi sperimentatori avevano riferito il caso di almeno dodici specie di insetti rese sterili con i raggi X o con i raggi gamma.

Tuttavia queste erano prove di laboratorio ancora ben lontane dalla possibilità di un'applicazione pratica. Intorno al 1950 il dott. Knipling compì un grande sforzo per fare della castrazione degli insetti un'arma capace di sterminare uno dei piú pericolosi parassiti del bestiame nelle regioni meridionali: la *Chrysomya macellaria*. Le femmine di questa specie depongono le uova sulle piaghe di qualsiasi animale a sangue caldo, e le larve, quando nascono, diventano parassite nutrendosi della carne della bestia che le ospita. Un manzo completamente sviluppato può soccombere in 10 giorni ad una massiccia infestazione; negli Stati Uniti i danni subiti per questo parassita ammontano a 40 milioni di dollari all'anno. La falcidia tra gli animali selvatici sfugge ad un'esatta valutazione ma deve essere pur sempre notevole: ad esempio, la scarsità di cervi che si nota in certe regioni del Texas viene attribuita alla *Chrysomya macellaria*. Si tratta di un insetto tropicale o subtropicale, assai diffuso nell'America centrale e meridionale, nel Messico e in un limitato territorio comprendente gli Stati Uniti sud-occidentali. Tuttavia, verso il 1933, esso riuscì ad introdursi anche nella Florida, dove la mitezza del clima gli permise di sopravvivere durante l'inverno e di stanziarsi stabilmente; si spinse perfino nell'Alabama meridionale ed in Georgia, e ben presto il patrimonio zootecnico degli stati sud-orientali dovette fronteggiare una perdita annua fino a 20 milioni di dollari.

Un ampio bagaglio di cognizioni sulle caratteristiche biologiche della *Chrysomya macellaria* era già stato raccolto, da

vari anni, dagli esperti del Dipartimento dell'Agricoltura dislocati nel Texas. Nel 1954, il dott. Knipling, dopo aver compiuto alcune prove preliminari in natura nelle isole della Florida, fu pronto per mettere alla prova la sua teoria su vasta scala. Egli si accordò quindi con il Governo olandese e raggiunse Curaçao nel mar dei Caraibi, un'isola separata dalla terraferma da piú di 80 chilometri di mare aperto.

A partire dall'agosto del 1954 le *Chrysomya*, allevate e rese sterili in un laboratorio della Florida dipendente dal Dipartimento dell'Agricoltura vennero trasportate a Curaçao e rimesse in libertà dall'alto, per mezzo di aeroplani, in un quantitativo pari a 150 per chilometro quadrato ogni settimana. Quasi di colpo il numero dei grappoli di uova deposti su capre scelte per l'esperimento cominciò a decrescere, e così pure la loro possibilità di sviluppo; sette settimane piú tardi si poté constatare che tutte le uova erano sterili, e, di lì a poco, fu impossibile trovare un solo grappolo di uova: la *Chrysomya macellaria* era stata "sradicata" da Curaçao.

La risonanza del successo conseguito in quella zona suscitò negli allevatori di bestiame della Florida il desiderio di ricorrere allo stesso metodo per liberarsi dalla piaga di quel terribile parassita. Sebbene le difficoltà fossero enormi (si trattava, infatti, d'una superficie 300 volte piú vasta di quella della piccola isola dei Caraibi), il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti e le autorità statali conclusero un accordo e, nel 1957, misero a disposizione i fondi per tentare uno sradicamento. Il progetto richiedeva una produzione settimanale di circa 50 milioni di insetti sterili (compiuta in una speciale "fabbrica di mosche," espressamente allestita), nonché l'impiego di una ventina di aeroplani leggeri attrezzati per sorvolare le zone prestabilite, cinque o sei ore al giorno; ogni velivolo conteneva dalle 200 alle 400 mosche irradiate.

Il rigido inverno del 1957-58 fornì un'insperata occasione per iniziare il programma, dato che le temperature glaciali che si erano registrate nella Florida settentrionale avevano costretto la popolazione di *Chrysomya macellaria* ad ammassarsi in una superficie relativamente ristretta. Al termine dell'operazione — 17 mesi piú tardi — erano stati messi in libertà, sul territorio della Florida e su alcune zone della Georgia e dell'Alabama, tre miliardi e mezzo di insetti allevati artificialmente e resi sterili. L'ultima infestazione di bestiame attribui-

bile a quel micidiale parassita risale al febbraio del 1959; nelle successive settimane numerosi adulti vennero catturati e, da allora in poi, nessuna traccia di *Chrysomya* fu più scoperta. L'estinzione di questo parassita negli Stati Uniti sud-orientali è ormai un fatto compiuto: una trionfale dimostrazione di quanto valga la creatività scientifica quando si accompagna ad un accurato lavoro di ricerca e a propositi tenaci e decisi.

Oggi, è stato disposto l'obbligo della quarantena nel Mississippi, onde cercar di impedire un eventuale ritorno di *Chrysomya* provenienti dal South West, dove si sono asserragliate. Qui un completo sradicamento costituirebbe un'inestimabile impresa, se si considerano la vastità della superficie interessata e le probabilità di ulteriori invasioni dal Messico. Cionondimeno la posta in gioco è alta, e il Dipartimento dell'Agricoltura ritiene di dover varare al più presto qualche programma atto almeno a mantenere il numero di quei parassiti ad un basso livello sia nel Texas che nelle altre aree infestate.

Il brillante successo della campagna contro la *Chrysomya macellaria* ha stimolato un vivissimo interesse per l'applicazione di quegli stessi metodi ad altri insetti. Non tutte le specie, naturalmente, possiedono le caratteristiche richieste per l'adozione di tale tecnica; molto dipende dal loro ciclo vitale, dalla densità della loro popolazione, dalle reazioni che offrono alle radiazioni.

I ricercatori inglesi si sono messi all'opera nella speranza di riuscire ad applicare il metodo contro la mosca tsè-tsè in Rhodesia. Tale insetto, che infesta circa un terzo dell'Africa, costituisce una grave minaccia per la salute dell'uomo, ed impedisce l'allevamento del bestiame su una superficie di prati e boschi pari a quasi dodici milioni di chilometri quadrati. Le abitudini della mosca tsè-tsè differiscono notevolmente da quelle della *Chrysomya*; sebbene le radiazioni abbiano un effetto sterilizzante anche su di essa, permangono ancor oggi alcune difficoltà tecniche da superare per poter mettere in pratica questo metodo.

In Gran Bretagna si è già sperimentata la suscettibilità alle radiazioni di una grande quantità di altre specie. Dal canto loro, i ricercatori statunitensi alle Hawaii hanno ottenuto alcuni incoraggianti risultati preliminari, tanto in laboratorio

quanto in natura, sulla remota isola di Rota, in prove effettuate con un moscerino che infesta le coltivazioni di meloni e con il comune moscerino della frutta orientale e mediterranea. Altri esperimenti sono stati compiuti sulla piralide del granoturco e sulla *Diatrea saccharalis*. E sembra possibile controllare per mezzo della castrazione anche le specie di interesse medico. Uno scienziato cileno ha recentemente richiamato l'attenzione sul fatto che, nel suo paese, le zanzare che trasmettono la malaria persistono nonostante il trattamento insetticida; forse se in quel paese venisse messo in libertà un certo numero di maschi sterili si infliggerebbe la mazzata finale atta a eliminare questa popolazione.

Le ovvie difficoltà che presenta il metodo della castrazione per irradiazione hanno spinto alla ricerca di un metodo più semplice per ottenere gli stessi risultati: vi è oggi una grande ondata di interesse per alcune sostanze chimiche capaci di rendere sterili.

In Florida, gli esperti che lavorano alle dipendenze del Dipartimento dell'Agricoltura nei laboratori di ricerca di Orlando stanno cercando di rendere sterile la mosca domestica, introducendo speciali sostanze chimiche negli alimenti, ed hanno avuto buon successo anche in alcuni esperimenti in natura. In una prova compiuta in un'isola nelle Florida Keys, nel 1961, una popolazione di mosche fu quasi completamente sterminata nello spazio di sole cinque settimane; s'intende che, dopo poco tempo, le mosche provenienti dalle isole vicine avevano ripopolato la zona, ma ciò non toglie nulla al successo di quell'esperimento pilota. Si può ben comprendere dunque l'euforia del Dipartimento dell'Agricoltura per i promettenti risultati offerti da questo metodo. Anzitutto, come abbiamo visto, le mosche sfuggono oggi a qualsiasi specie di controllo insetticida, e perciò dobbiamo necessariamente ricorrere ad altri mezzi. Uno dei problemi che insorgono nella castrazione per irradiazione è che tale metodo non richiede soltanto un allevamento artificiale, ma anche la messa in libertà di un numero di maschi sterili superiore a quelli presenti nella popolazione selvatica. Ciò è possibile nel caso della *Chrysomya macellaria*, che non è oggi un insetto abbondante; sorgono invece ostacoli quando si tratta delle mosche domestiche: il raddoppiamento o anche più della popolazione, che si ottiene con la messa in libertà dei maschi sterili, potrebbe

arrecare fastidi, pur essendo una situazione transitoria. Ma esistono allora gli sterilizzanti chimici che possono venir nascosti in una sostanza che serva da esca ed immessi così nell'ambiente naturale dell'insetto; questi, nutrendosene, diventerà sterile per cui, a poco a poco, l'intera popolazione sarà costituita prevalentemente da mosche sterili e, alla fine, degenererà completamente.

La prova dell'effetto sterilizzante di composti chimici presenta maggiori difficoltà di quella per la valutazione della tossicità di un composto. Essa richiede circa un mese per valutare un'unica sostanza — anche se, naturalmente, si possono compiere nel frattempo altre prove parallele. Tuttavia, dall'aprile del 1958 al dicembre 1961, nel laboratorio di Orlando parecchie centinaia di prodotti vennero vagliate per scoprirvi un probabile effetto sterilizzante; alla fine il Dipartimento dell'Agricoltura poté annunciare soddisfatto che, tra essi, qualcuno aveva dato un esito soddisfacente.

Adesso, altri laboratori di ricerca dello stesso dipartimento si stanno occupando del problema ed esperimentano varie sostanze chimiche contro la *Stomoxys calcitrans*, le zanzare, il punteruolo del cotone e varie specie di Ditteri dannosi ai frutti. Si tratta finora di prove di laboratorio, ma si può dire che, in questi pochi anni di ricerche sugli sterilizzanti chimici, il piano di azione si è allargato notevolmente. Esso presenta infatti, in teoria, molti lati interessanti. Il dott. Knipping ha fatto notare di recente che una castrazione chimica degli insetti veramente efficace "può agevolmente soppiantare alcuni dei migliori insetticidi oggi in uso." Si prenda, in via di ipotesi, una popolazione costituita da un milione di insetti che si quintuplicano ad ogni generazione; un insetticida capace di sterminarne il 90% ne lascerà in vita 125.000 dopo la terza generazione, mentre invece una sostanza che rende sterile il 90% dei soggetti ne lascerà in vita soltanto 125.

Dall'altro lato della medaglia sta il fatto che si tratta di alcune sostanze molto pericolose; ed è una fortuna che — almeno durante queste prime fasi della ricerca — la maggior parte degli studiosi si mostri consapevole della necessità di trovare composti innocui e di mettere a punto metodi di applicazione non pericolosi. Nondimeno si è già sentito parlare qua e là della possibilità di cospargere gli sterilizzanti chimici dall'alto, mediante l'uso di aeroplani (per irrorare, ad

esempio, il fogliame mangiato dalle larve della *Lymantria dispar*). Sarebbe davvero il colmo dell'irresponsabilità se si decidesse di ricorrere ad un tale procedimento senza aver prima stabilito quali rischi esso veramente comporti. Se perdiamo di vista, anche per un'istante, la minaccia potenziale insita negli sterilizzanti chimici, potremo trovarci domani in una situazione peggiore di quella creata oggi dagli insetticidi.

Gli sterilizzanti sottoposti correntemente alle prove sperimentali appartengono a due gruppi che agiscono in maniera diversa ma che sono di pari interesse per quanto concerne il loro modo di azione. Il primo è intimamente connesso con i processi vitali della cellula, cioè con il suo metabolismo; i composti di questo gruppo sono tanto simili ad una sostanza di cui le cellule o i tessuti hanno bisogno che l'organismo li "scambia" per il vero metabolita e cerca perciò di incorporarli nei suoi normali processi di sintesi. Tuttavia l'assimilazione non può compiersi perché v'è qualcosa che non funziona, ed il metabolismo s'arresta. Questi prodotti chimici vengono chiamati antimetaboliti.

Il secondo gruppo comprende preparati che agiscono sui cromosomi e, probabilmente, interferendo sulla natura chimica dei geni, ne provocano la frattura. Questi sterilizzanti chimici sono agenti alchilanti, composti chimici notevolmente reattivi, capaci di causare un'intensa distruzione delle cellule, di danneggiare i cromosomi e produrre mutazioni. Secondo il dott. Alexander del Chester Beatty Research Institute di Londra "ogni agente alchilante, capace di rendere sterili gli insetti, sarebbe certamente anche un notevole mutageno e cancerogeno." Il dott. Alexander pensa che "fortissime obiezioni" debbano essere sollevate contro qualsiasi impiego di questi prodotti nel controllo degli insetti. Ci auguriamo, pertanto, che l'attuale fase di ricerca sperimentale non spiani la strada all'impiego di sostanze così dannose, ma permetta di scoprirne altre non pericolose e, al tempo stesso, altamente specifiche nella loro azione contro gli insetti che si vogliono eliminare.

Una parte tra le più interessanti delle ricerche che si compiono oggi è volta alla elaborazione di nuovi metodi di attacco contro gli insetti, basata sempre su alcuni aspetti dei loro processi vitali. Gli insetti secernono una grande varietà

di veleni e di secreti che determinano un tropismo sia negativo che positivo. Qual è la natura chimica di queste secrezioni? Possiamo, forse, trarne vantaggio usandole come insetticidi altamente selettivi? Esperti della Cornell University e di altri istituti, per dare una risposta a tali interrogativi, stanno studiando il meccanismo di autodifesa con cui molti insetti si proteggono dall'attacco dei predatori, e cercano di analizzare la composizione chimica delle varie secrezioni. Altri studiosi stanno lavorando sul cosiddetto "ormone giovanile" degli insetti, una potente sostanza che impedisce la metamorfosi della larva finché essa non abbia raggiunto il giusto stadio di sviluppo.

Forse, in queste ricerche sulle secrezioni degli insetti, il risultato più direttamente utilizzabile è quello che riguarda la produzione di afrodisiaci. Anche qui la natura ci ha mostrato la via da seguire, additandoci un insetto quanto mai singolare: la *Lymantria dispar*. La femmina di questa specie ha il corpo troppo pesante per poter volare; essa vive quindi al suolo o vicino ad esso svolazzando sulla vegetazione più bassa, oppure arrampicandosi sui tronchi degli alberi. Il maschio invece ha una grande capacità di volo, e viene attratto, anche ad una distanza considerevole, dall'odore di un secreto che la femmina emette da certe ghiandole speciali. Per molti anni, gli entomologi si sono valse di questa singolare proprietà, estraendo dapprima quell'afrodisiaco con accurati procedimenti dal corpo stesso delle femmine. Venne usato quindi in operazioni di censimento ai confini dell'area di diffusione dell'insetto, e servì per catturare i maschi; ma si trattava di un sistema troppo costoso. Malgrado le massicce infestazioni che si andavano registrando negli stati nord-orientali, le femmine non erano sufficienti per fornire il materiale necessario, tanto che si dovette importare dall'Europa una certa quantità di pupe (ogni esemplare, prelevato a mano, veniva a costare mezzo dollaro). Destò, pertanto, una vasta eco il risultato raggiunto dopo molti anni di fatiche dai chimici del Dipartimento dell'Agricoltura: essi sono riusciti recentemente ad isolare la sostanza afrodisiaca ed hanno permesso, con la loro scoperta, la preparazione di un materiale sintetico strettamente affine, tratto dall'olio di ricino; questo surrogato non solo inganna il maschio, ma ha apparentemente la stessa effi-

cacia della sostanza naturale (anche un solo microgrammo [= 1/10⁶ g] di sostanza attira i maschi).

Tutto ciò ha molto più che un semplice interesse teorico, perché il recente ed economico *gyplure* potrebbe essere impiegato non solo per una semplice operazione di censimento, ma per un programma di controllo vero e proprio. Oggi si stanno sperimentando parecchie possibilità tra le più interessanti: in quella che potremmo definire la "guerra psicologica" contro gli insetti l'afrodisiaco viene incorporato in un materiale granuloso e cosparso per mezzo di aeroplani; lo scopo è quello di fuorviare l'insetto maschio e di alterarne il comportamento normale, in modo che confondendo i vari odori, non possa riconoscere quello vero che lo conduce alla femmina. Questo metodo viene oggi perfezionato attraverso una serie di esperimenti che si propongono di rendere più efficace l'inganno, facendo accoppiare addirittura il maschio con una femmina spuria. In qualche prova di laboratorio, maschi di *Lymantria* hanno cercato di accoppiarsi con trucioli di legno, vermiculite e altri piccoli oggetti inanimati, preventivamente impregnati di *gyplure*. Resta da vedere se, all'atto pratico, queste artificiose deviazioni dell'istinto sessuale verso manifestazioni improduttive serviranno a ridurre la popolazione degli insetti. Ma, in ogni caso, si tratta di una interessante possibilità.

La secrezione delle ghiandole odorifere della *Lymantria dispar* è stata il primo afrodisiaco degli insetti ottenuto per sintesi ma, probabilmente, ve ne saranno presto altri. Un certo numero di insetti dannosi all'agricoltura vengono oggi sottoposti a meticolose ricerche, volte a scoprire la presenza di eventuali afrodisiaci, che l'uomo potrebbe poi sintetizzare artificialmente. Risultati particolarmente incoraggianti sono stati ottenuti con la *Mayetiola destructor*¹ e la *Protoparce quinque-maculata*² delle piantagioni di tabacco.

Miscele di sostanze velenose e afrodisiaci vengono inoltre sperimentate contro varie specie di insetti. Gli specialisti governativi hanno prodotto un afrodisiaco — il metil-eugenolo — che esercita un potere irresistibile sui maschi di Ditteri dan-

¹ Insetto Dittero produttore di galle. [N.d.T.]

² Farfalla della famiglia delle Sfingidi, avente corpo robusto e lunga proboscide, le cui larve si nutrono delle foglie di varie piante, tra cui il tabacco. [N.d.T.]

nosi ai frutti (Tripetidi). Esso, mescolato ad un tossico, è stato messo alla prova nelle isole Bonin, situate 700 chilometri a sud del Giappone. Frammenti di compensato furono impregnati con le due sostanze e lasciati cadere dall'alto sull'intera catena di isole per attirare, e nello stesso tempo uccidere, i maschi. Nel 1961, un anno dopo l'inizio di questa "strage maschile," il Dipartimento dell'Agricoltura ritenne che il 99% della popolazione fosse ormai sterminato. Questo metodo, a quanto pare, presenta notevoli vantaggi nei confronti delle solite irrorazioni insetticide: infatti il veleno, un fosfato organico, resta depositato nei pezzetti di compensato ed appare quindi improbabile che gli animali se lo mangino; inoltre i residui si dissolvono rapidamente, cosicché non esistono pericoli di contaminazione né per il suolo, né per le acque.

Ma gli insetti non comunicano tra loro solo mediante emanazioni odorose che attraggono o respingono; anche il suono può servire di monito o di richiamo. L'ininterrotto flusso di ultrasuoni emesso da un pipistrello in volo (e di cui esso si serve come di un radar per orientarsi nell'oscurità) viene captato da certi lepidotteri notturni e permette loro di sfuggire alla cattura. Il rumore prodotto dalle ali di alcune specie di mosche parassite mette in guardia le larve di alcuni tentredinidi e le spinge a raggrupparsi per far fronte al pericolo. Per converso, i suoni prodotti da vari tipi di insetti che perforano il legno consente ai loro nemici di scovarli; e, per il maschio della zanzara, il battito d'ali della femmina è come il canto di una sirena.

Quale uso può essere eventualmente fatto di questa capacità degli insetti di captare il suono e reagire in vario modo? Anche se ci troviamo ancora ad uno stadio puramente sperimentale, è tuttavia interessante il successo conseguito, per esempio, con certe zanzare i cui maschi, grazie a dischi riproduttori il fruscio prodotto dalle ali delle zanzare femmine, venivano così adescati ed attratti verso una rete elettrica che li sterminava. Anche l'effetto repulsivo provocato da un'improvvisa ondata di ultrasuoni viene oggi messo alla prova nel Canada contro le larve della piralide del granoturco e di *Agrotis*.³ Due esperti in fatto di suoni prodotti dagli animali — i

³ Farfalla notturna dell'ordine Lepidotteri, la cui larva è dannosa all'agricoltura. [N.d.T.]

professori Hubert e Mable Frings, entrambi docenti presso la Università delle Hawaii — ritengono che un metodo pratico per influenzare il comportamento degli insetti nei riguardi del suono sia ormai accessibile: manca soltanto la scoperta appropriata che permetta di aprire ed applicare il bagaglio di conoscenze già acquisite intorno alla produzione e ricezione sonora degli insetti. I suoni repulsivi offrono forse maggiori possibilità che non quelli attrattivi. Tali scienziati sono noti per aver scoperto che gli stornelli si disperdono in tutte le direzioni, allarmati dal grido lanciato da un loro compagno in pericolo e registrato su un disco; probabilmente in questo comportamento sta qualche preziosa realtà che potrebbe venir sfruttata per gli insetti. Del resto, per gente che va subito all'atto pratico come gli industriali, tali possibilità sono abbastanza concrete fin da adesso; infatti, una delle maggiori compagnie di apparecchiature elettroniche sta già allestendo un laboratorio sperimentale a questo scopo.

Il suono, infine, viene provocato anche come agente di distruzione diretta. Gli ultrasuoni uccidono tutte le larve di zanzare poste in una vasca, ma purtroppo anche gli altri insetticidi acquatici vengono ugualmente danneggiati. In altri esperimenti le *Calliphora*,⁴ le larve di *Tenebrio molitor*⁵ e le zanzare della febbre gialla, *Aedes aegypti*, muoiono in pochi secondi quando vengono sottoposte ad ultrasuoni trasmessi dall'aria. Tutti questi esperimenti costituiscono un primo approccio verso una concezione del controllo degli insetti interamente nuova, che i miracoli dell'elettronica potranno un giorno o l'altro tradurre in realtà.

Il moderno controllo biotico degli insetti non è solo una questione di elettronica o di radiazioni gamma, o di altri frutti dell'inventiva umana. Alcuni tra i metodi che lo compongono hanno invece radici profonde, basate sulla consapevolezza che gli insetti — al pari di noi — sono soggetti a malattie. Le infezioni batteriche sterminano le loro popolazioni come le pestilenze sterminavano nel passato gli abitanti di intere regioni; sotto l'assalto di un virus, le loro numerose legioni si ammalano e muoiono. L'esistenza di malattie tra

⁴ Insetti Ditteri le cui larve vivono sulla carne. [N.d.T.]

⁵ Coleottero la cui larva vive nella farina. [N.d.T.]

gli insetti era nota ancor prima che Aristotele nascesse; nei poemi medioevali si parla di certi morbi diffusi tra i bachi da seta. Ed è stato proprio attraverso lo studio delle malattie dei bachi da seta che Pasteur ha potuto trovare i primi fondamenti della sua teoria sulle malattie infettive.

Gli insetti non vengono assaliti soltanto dai virus e dai batteri, ma anche da funghi, da protozoi, da vermi microscopici ed altri esseri appartenenti all'invisibile mondo della vita infinitamente piccola che asseconda in tutti i modi l'esistenza del genere umano: ed infatti i microbi comprendono, oltre agli organismi che provocano le malattie infettive, anche quelli che distruggono la materia putrescente, rendono fertile il suolo ed entrano in un numero infinito di processi biologici quali, per esempio, la fermentazione e la nitrificazione. Perché non dovrebbero quindi anche aiutarci nel controllo degli insetti?

Uno dei primi ad intravedere la possibilità di impiegare in questo senso i microrganismi fu, nell'Ottocento, lo zoologo E. Metchnikov. Negli ultimi decenni di quel secolo e nella prima metà del Novecento, l'idea del controllo microbico prese lentamente forma. La prima prova conclusiva che un insetto poteva venire posto sotto controllo introducendo una malattia infettiva nel suo ambiente fu raggiunta alla fine del 1930 con la scoperta e la utilizzazione del "milky disease," una malattia causata dalle spore d'un batterio appartenente al genere *Bacillus*, durante la campagna per reprimere la *Popillia japonica*. Questo classico esempio di controllo batterico è stato ampiamente sfruttato nelle regioni orientali degli Stati Uniti, come ho già fatto notare nel c. VII.

Molte speranze sono oggi negli esperimenti che si stanno svolgendo con un altro batterio dello stesso genere — il *Bacillus thuringiensis* — scoperto originariamente nel 1911 in Germania, nella Turingia, dove aveva provocato una micidiale setticemia tra le larve della *Pyrallis farinalis*.⁶ Esso, per la verità, uccide più per intossicazione che per malattia: dentro questo minuscolo bastoncino vegetativo si formano, assieme alle spore, caratteristici cristalli di sostanza proteica altamente tossica per certi insetti, e soprattutto per le larve dei

⁶ Lepidottero le cui larve vivono a spese di molte sostanze organiche conservate, tra cui la farina, diffuso anche in Italia. [N.d.T.]

lepidotteri. Subito dopo aver mangiato una foglia ricoperta da questa tossina, la larva comincia a soffrire di paralisi, cessa di nutrirsi e muore in breve tempo. Da un punto di vista pratico, il fatto che l'insetto cessi istantaneamente di nutrirsi costituisce un vantaggio enorme perché i danni al raccolto si arrestano non appena si applica il bacillo patogeno. Composti contenenti spore di *Bacillus thuringiensis* vengono oggi prodotti da varie ditte statunitensi e si trovano in commercio con diversi nomi. Molti altri Paesi stanno effettuando prove in natura: in Francia ed in Germania contro le larve della cavolaia; in Jugoslavia contro la *Hyphantria cunea*⁷; nell'Unione Sovietica contro la *Clisiocampa*.⁷ Nel Panama, dove gli esperimenti hanno avuto inizio nel 1961, questo insetticida batterico potrebbe risolvere uno o più problemi che assillano i coltivatori di banane: essi non sanno come sbarazzarsi delle larve di un cerambicide, *Prionus laticollis*, che infestano le radici e le indeboliscono ad un punto tale che una raffica di vento può abbattere l'intera pianta. La dieldrina, unica tra tutti gli insetticidi, si è dimostrata efficace contro questo parassita ma, ultimamente, ha provocato tutta una serie di disastri: anzitutto l'insetto infestante sta diventando refrattario; in secondo luogo le irrorazioni hanno distrutto alcuni importanti predatori e di conseguenza determinato un grande aumento di tortricidi — piccoli e tozzi lepidotteri che, allo stadio larvale, intaccano la superficie delle banane. Esistono oggi fondate speranze che il nuovo insetticida microbico riesca ad eliminare i punteruoli ed i tortricidi senza recare danno alcuno al controllo naturale.

Nelle foreste orientali del Canada e degli Stati Uniti i disinfestanti batterici potranno forse risolvere il problema di quegli insetti come la *Choristoneura fumiferana* e la *Lymantria dispar*. Nel 1960, in ambedue questi paesi venne sperimentato in natura un prodotto commerciale contenente il *Bacillus thuringiensis*, e alcuni risultati preliminari sono apparsi incoraggianti: nel Vermont, per esempio, l'efficacia del controllo batterico è apparsa non inferiore a quella mostrata dal DDT. Occorre trovare ora un liquido adatto che contenga le spore in soluzione e, mediante aspersioni, le faccia depositare

⁷ Piccole farfalle che si nutrono delle foglie degli alberi da frutta. [N.d.T.]

sugli aghi dei sempreverdi. Per i raccolti, invece, non esiste questa difficoltà poiché la sostanza può essere anche cosparsa sotto forma di polvere. Del resto è stato tentato con successo l'impiego di batteri per la difesa di coltivazioni di molti ortaggi, specialmente in California.

Frattanto, forse un po' più in sordina, vengono compiute prove con i virus. Infatti, in California i campi di erba medica sono stati diffusamente cosparsi d'una sostanza altrettanto mortale dei più potenti insetticidi per i bruchi che li infestano: si tratta di una soluzione contenente un virus eccezionalmente virulento, tratto dal corpo dei bruchi morti in seguito alla sua infezione; bastano appena dieci esemplari colpiti da tale morbo per ottenere una quantità di virus sufficiente per il controllo di un ettaro di medicaio. In varie foreste canadesi un virus usato contro i tentredinidi ha mostrato una efficacia tale da sostituire ormai completamente gli insetticidi.

In Cecoslovacchia alcuni scienziati stanno cercando di servirsi dei protozoi per la lotta contro vari bruchi ed altri insetti infestanti, mentre negli Stati Uniti si è già accertato che un protozoo parassita riesce a ridurre notevolmente il potenziale di uova deposte dalla piralide del granoturco.

Qualcuno ritiene che gli insetticidi microbici possano palesare un'aggressività tale da costituire una minaccia per le altre forme viventi. Ciò non corrisponde al vero: i microrganismi patogeni per gli insetti, al contrario dei composti chimici, sono innocui per qualsiasi organismo, ad eccezione di quelli che costituiscono il bersaglio contro cui vengono rivolti. Il dott. Steinhaus, specialista emerito in fatto di patologia degli insetti, afferma perentoriamente che "non esiste alcun esempio concreto di un microrganismo patogeno per gli insetti responsabile di aver determinato una malattia infettiva in un vertebrato qualsiasi, né in laboratorio, né in natura." I microrganismi patogeni degli insetti sono così specifici che ne infettano soltanto un numero limitato, talvolta soltanto una singola specie; essi non appartengono, dal punto di vista biologico, al tipo di organismi che intaccano gli animali superiori o le piante. Inoltre — come il dott. Steinhaus sottolinea — l'esplosione delle malattie infettive degli insetti in natura resta sempre confinata ad essi e non si trasmette né alle piante che li ospitano, né agli animali che se ne nutrono.

Ma gli insetti hanno molti nemici in natura — non solo infinite specie di microbi, ma altri individui del loro stesso mondo. Il primo barlume sulla possibilità di controllare un insetto mediante il rafforzamento dei suoi avversari apparve, a quanto sembra, a Erasmus Darwin verso il 1800. Questo metodo di porre un insetto contro un altro è stato il primo sistema di controllo biologico applicato in maniera generale, e forse per questo molte persone ritengono erroneamente che non esistano altre alternative naturali al sistema del trattamento chimico.

Negli Stati Uniti gli inizi del controllo biologico sperimentale risalgono al 1888, quando Albert Koebele — primo d'una crescente schiera di esploratori entomologi — si recò in Australia per trovare un efficace nemico dell'*Icerya purchasi*, un parassita che allora stava devastando gli agrumeti della California. Come abbiamo visto nel capitolo XV, la missione fu coronata dal più brillante successo e, nel secolo successivo, il mondo fu letteralmente rastrellato per cercare nemici naturali capaci di controllare gli insetti indesiderati, giunti nel nostro ambiente. Complessivamente sono state importate circa 100 specie di predatori e parassiti. Anche altre importazioni, oltre a quella della *Rodolia* compiuta da Koebele, hanno permesso di ottenere importanti risultati. Un Imenottero importato dal Giappone è riuscito a reprimere efficacemente un insetto molto pericoloso per i pometi delle regioni orientali. Numerosi nemici naturali dell'Afide che trasmette la malattia a chiazze dell'erba medica, trasmigrato incidentalmente in California dal Medio Oriente, si ritiene che abbiano salvato la produzione foraggera. Certi predatori e parassiti della *Lymantria dispar* hanno dato eccellenti risultati, e così pure lo Imenottero *Tiphis* impiegato contro la *Popillia japonica*. Al controllo biologico dei Coccidi, e in particolare del genere *Pseudococcus*, va il merito di assicurare alla California un beneficio di molti milioni di dollari ogni anno — infatti, uno dei più eminenti entomologi di quello stato, il dott. De Bach, ha valutato che la spesa di 4 milioni di dollari, destinata alle operazioni di controllo biologico, abbia permesso agli agricoltori di evitare un danno pari a 100 milioni di dollari.

Da una quarantina di anni sparsi in ogni parte del mondo viene segnalata una lunga serie di successi conseguiti dal controllo biologico compiuto contro alcuni pericolosi insetti infe-

stanti, grazie all'intervento di nemici naturali colà importati. I vantaggi di tale trattamento nei confronti di quello chimico sono ovvi: il costo relativamente modesto, il perdurare dei suoi effetti ed il fatto che non lascia residui tossici. Tuttavia esso non ha trovato molti sostenitori: si può dire che la California sia l'unico stato che possiede un programma ufficiale di controllo biologico, mentre altrove capita persino che non esista neppure un solo entomologo che vi dedichi tutta la propria attività. Forse si deve a questa scarsa popolarità se l'applicazione di tale metodo ha mostrato spesso la mancanza della accurata preparazione scientifica che esso invece richiede: rare volte si è studiato l'esatto comportamento dei predatori nei confronti degli insetti-preda, ed anche la tecnica adottata per rimettere in libertà le specie selezionate per il controllo ha mancato talora di quel po' di precisione che sarebbe bastato per mutare un fallimento in un successo.

I predatori e le vittime non formano un complesso a sé stante, ma fanno parte di un vasto intreccio di vita, e noi ne dobbiamo tener conto. Forse le foreste sono i luoghi più adatti per mettere in opera questi tipi sperimentali di controllo biologico. I territori agricoli a coltura intensiva costituiscono un suolo quanto mai artificiale, e dissimile in tutto e per tutto da quello che la natura ha creato. Le foreste, invece, appartengono ad un mondo diverso, molto più affine all'ambiente naturale: ivi, con un minimo aiuto e senza che l'uomo vi intervenga affatto, la Natura trova la sua strada mettendo in atto tutto quel meraviglioso ed intricato sistema di equilibri e di reciproche limitazioni che protegge gli alberi da un indebito attacco da parte degli insetti.

I silvicoltori statunitensi — a quel che pare — hanno pensato che il controllo biologico consista principalmente nell'introduzione di insetti predatori e parassiti. Quelli canadesi hanno una prospettiva più ampia e qualche studioso europeo è andato più lontano di tutti, fino al punto di sviluppare la scienza "dell'igiene forestale" che abbraccia un campo di sorprendente vastità: Secondo i silvicoltori del Vecchio Continente, gli uccelli, le formiche, i ragni di bosco ed i batteri del suolo fanno parte della foresta quanto gli alberi che la compongono: perciò essi si preoccupano di "inoculare" qualsiasi nuova foresta con questi fattori protettivi. La introduzione degli uccelli è il primo passo da compiere. Nella nostra

era di silvicoltura intensiva, gli alberi vecchi e pieni di cavità tendono a sparire, e con essi l'asilo per i picchi e per gli altri uccelli che nidificano nei loro tronchi. Si sopperisce a questa mancanza collocando sugli alberi scatole a foggia di nido che inducono gli uccelli a tornare nella foresta; altre cassette vengono riservate alle civette e ai pipistrelli, in modo da permettere a queste creature notturne, di restare sul posto e continuare a sostituire, dal tramonto all'alba, i piccoli uccelli diurni nella caccia agli insetti.

Ma questo è soltanto l'inizio. In qualcuna delle più esemplari operazioni di controllo compiute nelle foreste europee, la formica rossa viene impiegata come vorace predatore di insetti: si tratta di una specie che, sfortunatamente, non esiste nel Nord America. Circa 25 anni fa il prof. Gösswald dell'Università di Würzburg trovò il modo di allevare questo insetto e di crearne vaste colonie: sotto la sua direzione ne vennero installate più di 10 mila in una novantina di aree sperimentali della Repubblica Federale Tedesca. Questo metodo è stato poi adottato in Italia ed in altri Paesi, dove si hanno veri e propri allevamenti di formiche rosse che forniscono le colonie da distribuire nelle zone boschive. Negli Appennini, ad esempio, parecchie centinaia di nidi sono stati impiantati per proteggere zone di rimboschimento.

Dalla Germania, il dott. Heinz Ruppertshofen, un esperto forestale di Mölln, dice: "Se si può avere in una foresta una combinazione protettiva di uccelli e di formiche, con qualche civetta ed alcuni pipistrelli, si ha già un buon equilibrio biologico." Egli ritiene, infatti, che l'introduzione di tutta la serie di "conviventi naturali degli alberi" sia da preferirsi a quella di un solo predatore.

Nella regione boscosa di Mölln, le nuove colonie di formiche vengono protette da reti metalliche perché i picchi non le distruggano; in tal modo questi uccelli voraci — che in qualcuna delle aree sperimentali si sono quadruplicati in 10 anni — risparmiano i formicai, ma si rifanno abbondantemente picchiettando con il loro robusto becco la corteccia degli alberi ed estraendone i dannosi bruchi che vi si sono infiltrati. Buona parte del lavoro necessario per accudire alle colonie delle formiche (ed anche per preparare i nidi artificiali destinati agli uccelli) viene svolta dagli alunni delle scuole locali, tutti i ragazzi dai 10 ai 14 anni. Il costo viene

ad essere, pertanto, eccezionalmente modesto ed i benefici consistono nella non trascurabile permanente protezione delle foreste.

Un altro aspetto molto interessante dell'opera del dott. Ruppertshofen è l'innovazione che egli ha introdotto nel controllo biologico: l'impiego dei ragni. Sebbene esista una copiosa letteratura sulla classificazione e la storia naturale di questi animali, le cognizioni finora acquisite appaiono piuttosto disorganiche e frammentarie, né ci forniscono alcun lume sulle possibilità di impiegare queste specie nel controllo biologico. Dei 22.000 generi di ragni che si conoscono, 760 vivono sul suolo della Germania (e circa 2000 su quello degli Stati Uniti); e 29 famiglie popolano le foreste tedesche.

Per un silvicoltore l'elemento più interessante che offre un ragno è costituito dalla tela che esso costruisce. I ragni con ragnatele circolari hanno grande importanza poiché le maglie possono essere così fitte che qualsiasi insetto vi resta impigliato. L'ampia ragnatela di *Araneus diadematus*, che raggiunge i 40 centimetri di diametro, porta circa 120.000 noduli adesivi allineati lungo i fili. Un singolo ragno riesce a distruggere, durante i 18 mesi della sua vita, una media di 2000 insetti. Una foresta biologicamente sana ha una popolazione di ragni che oscilla dai 50 ai 150 per metro quadrato. Dove ve ne sono di meno, si può rimediare alla deficienza con la raccolta e redistribuzione dei bozzoli sacciformi contenenti le uova, e prelevati altrove. "Da tre bozzoli di ragno-vespa," osserva il dott. Ruppertshofen, "nasce un migliaio di ragni, capaci di catturare 200.000 insetti. Particolarmente importanti sono i piccoli e delicati ragnetti che nascono in primavera: tessono infatti, lavorando collettivamente, una tela a forma d'ombrello sui germogli dei rami difendendoli in tal modo dai danni provocati dagli insetti." Poi, a mano a mano che i ragni mutano e si accrescono, la rete viene allargata.

I biologi canadesi hanno fatto ricerche analoghe, ma con qualche variante determinata dal fatto che le foreste del Nord America sono per lo più naturali e non piantate dall'uomo, e le specie disponibili per mantenerle "sane" differiscono da quelle impiegate in Germania. Nel Canada, ci si serve soprattutto di piccoli mammiferi, che sono davvero uno strumento impareggiabile per il controllo di certi insetti (soprat-

tutto quelli abituati a vivere nel terreno impregnato d'umidità del sottobosco). Tra tali insetti troviamo i tentredinidi, la cui femmina possiede un organo ovopositore in forma di sega con il quale taglia a metà gli aghi delle conifere per deporvi le uova; le larve ad un certo momento cadono al suolo e si imbozzolano nella poltiglia che si trova sotto i larici delle torbiere o nell'humus ai piedi degli abeti o dei pini. Ma, sotto il pavimento delle foreste, il suolo è un vero alveare di trafori e minuscole gallerie che certi piccoli mammiferi scavano incessantemente: peromischii dai piedi bianchi, arvicole e toporagni di varie specie. Tra tutti questi animali sotterrati sono i voraci toporagni che trovano e distruggono il maggior numero di bozzoli di tentredinidi. Essi si nutrono tenendo fermi i bozzoli con una delle zampe anteriori e recidendoli con i denti per estrarne il contenuto; mostrano una straordinaria abilità nello scartare quelli vuoti e scegliere gli altri. L'insaziabile appetito dei toporagni non ha confronto: mentre l'arvicola può consumare circa 200 bozzoli al giorno, qualche specie di toporagno è capace di divorarne più di 800! Da certe prove di laboratorio risulta che esso, da solo, riesce a distruggere dal 75 al 98% dei bozzoli presenti in un terreno.

Non vi è perciò da sorprendersi che gli abitanti di Teranova — un'isola che non possiede tra la sua fauna il toporagno, ma abbonda invece di tentredinidi — abbiano tanto desiderato questo piccolo ed instancabile mammifero da importarne nel 1958 una delle specie tra le più efficienti contro quegli insetti. A quanto riferiscono gli esperti canadesi, nel 1962 il tentativo ha avuto buon successo. I toporagni si stanno moltiplicando e diffondendo in tutta l'isola (qualcuno è stato trovato a circa 16 chilometri di distanza dal punto in cui era stato messo in libertà).

Esistono dunque numerosi strumenti di controllo a disposizione dei silvicoltori, che cercano una soluzione permanente al problema di conservare e rafforzare i rapporti naturali tra le varie forme di vita forestale. Il trattamento chimico delle aree boschive, nel migliore dei casi, non fa che mettere una toppa al danno e non apporta alcuna reale soluzione al problema; nel peggiore dei casi, poi, uccide i pesci nei corsi d'acqua che scorrono nella zona forestale, stimola lo sviluppo di altri insetti fino a farli diventare infestanti, e distrugge qualsiasi controllo naturale o quelli che vogliamo cercare di

introdurre sperimentalmente. "Con queste energiche misure," afferma il dott. Ruppertshofen, "l'interdipendenza della vita forestale viene sbilanciata completamente e le catastrofi causate dai parassiti si susseguono a ritmo incalzante... Dobbiamo perciò desistere da queste alterazioni contro natura, inflitte al piú importante e pressoché ultimo ambiente di vita naturale che ci sia rimasto."

Tutti questi nuovi, ingegnosi e creativi propositi di risolvere il problema della coesistenza del genere umano con le altre creature della terra sono guidati da un filo conduttore: la consapevolezza di dover venire a patti con la vita stessa — con tutte le popolazioni che incalzano o sfuggono, risorgono e decrescono. Soltanto se teniamo conto di queste forze vitali e cerchiamo di guidarle con cautela in una direzione a noi favorevole possiamo sperare di raggiungere un ragionevole compromesso con le legioni di insetti che ci circondano.

L'attuale smania per le sostanze tossiche non ha tenuto in alcun conto queste considerazioni. Brutale quanto la clava dell'uomo delle caverne, l'ariete del controllo chimico è stato diretto contro gli esseri viventi, questi organismi talvolta delicati e distruttibili, talaltra resistenti, elastici e capaci di reagire con inattesa violenza. Le straordinarie capacità della natura sono state costantemente ignorate dagli esecutori del controllo chimico, i quali hanno eseguito il loro compito senza un poco di preveggenza e senza provare alcun senso di modestia di fronte alle possenti forze naturali che essi volevano disciplinare.

Il "controllo della natura" è una frase piena di presunzione, nata in un periodo della biologia e della filosofia che potremmo definire l'"Età di Neanderthal," quando ancora si riteneva che la natura esistesse per l'esclusivo vantaggio dell'uomo. Le cognizioni teoriche e i metodi pratici dell'entomologia applicata risalgono in gran parte a quella che va considerata come l'"Età della pietra" del progresso scientifico. Ed è davvero estremamente triste che una scienza ancora così immatura abbia avuto a propria disposizione le armi piú moderne e terribili che, nella lotta contro gli insetti, finisce per rivolgere contro la stessa Terra su cui viviamo.

Bibliografia

Capitolo secondo

- ELTON C. S., *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*, New York, 1958.
- Report on Environmental Health Problems*, "Hearings," LXXXVI Congresso, Subcom. of Com. on Appropriations, Marzo 1960, p. 170.
- SHEPARD P., *The Place of Nature in Man's World*, "Atlantic Naturalist," vol. XIII (Aprile-Giugno 1958), pp. 85-89.
- The Pesticide Situation for 1957-58*, U.S. Dept of Agric., Commodity Stabilization Service, Aprile 1958, p. 10.

Capitolo terzo

- ANON., *No More Arsenic*, "Economist," Ottobre 10, 1959.
- Arsenites in Agriculture*, "Lancet," vol. I (1960), p. 178.
- BISKIND M. S., *Public Health Aspects of the New Insecticides*, "Am. Jour Diges. Diseases," vol. XX (1953), n. 11, pp. 331-41.
- BOWEN C. V. e S. A. HALL, *The Organic Insecticides*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 209-18.
- BROOKS F. A., *The Drifting of Poisonous Dusts Applied by Airplanes and Lang Rigs*, "Agric. Engin.," vol. XXVIII (1947), n. 6, pp. 233-39.
- BROWN A. W. A., *Insect Control by Chemicals*, New York, 1951.
- Care in Using Pesticide Urged*, "Clean Streams," n. 46 (Giugno 1959), Penna. Dept. of Health.
- CARMAN G. C. e al., *Absorption of DDT and Parathion by Rruits*, "Abstracts," CXV Meeting Am. Chem. Soc. (1949), p. 30A.
- Chemicals in Food Products*, "Hearings," H. R. 74, House Select Com. to Investigate Use of Chemicals in Food Products, parte I (1951), p. 275; LXXXI Congresso, H. R. 323, Com. to Investigate Use of Chemicals in Food Products, parte I (1950), pp. 388-90.
- Clinical Memoranda on Economic Poisons*. U.S. Public Health Service Publ. n. 476 (1956), pp. 11 e 28.
- DAHLEN J. H. e A. O. HAUGEN, *Effect of Insecticides on Quail and Doves*, "Alabama Conservation," vol. XXVI (1954), n. 1, pp. 21-23.
- DAVIDOW B. e J. L. RADOMSKI, *Isolation of an Epoxide Metabolite*

- from Fat Tissues of Dos Fed Heptachlor, "Jour. Pharmacol. and Exper. Therapeut.," vol. CVII (Marzo 1953), pp. 259-65.
- DEWITT J. B., *Chronic Toxicity to Quail and Pheasants of Some Chlorinated Insecticides*, "Jour. Agric. and Food Chem.," vol. IV (1956), n. 10, pp. 863-66.
- DRINKER C. K. e al., *The Problem of Possible Systemic Effects from Certain Chlorinated Hydrocarbons*, "Jour. Indus. Hygiene and Toxicol.," vol. XIX (Settembre 1937), p. 283.
- DUBOIS K. P., *Potentialization of the Toxicity of Insecticidal Organic Phosphates*, "A.M.A. Archives Indus. Health," vol. XVIII (Dicembre 1958), pp. 488-96.
- DURHAM W. F. e al., *Insecticides Content of Diet and Body Fat of Alaskan Natives*, "Science," vol. CXXXIV (1961), n. 3493, pp. 1880-81.
- FINNEGAN J. K. e al., *Tissue Distribution and Elimination of DDD and DDT Following Oral Administration to Dogs and Rats*, "Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.," vol. LXXII (1949), pp. 356-57.
- FITZHUGH O. G. e A. A. NELSON, *The Chronic Oral Toxicity of DDT (2,2-BIS p-CHLOROPHENYL-1, 1, 1-TRI-CHLOROETHANE)*, "Jour. Pharmacol. and Exper. Therapeut.," vol. LXXXIX (1947), n. 1, pp. 18-30.
- FRAWLEY J. P. e al., *Marked Potentialization in Mammalian Toxicity from Simultaneous Administration of Two Anticholinesterase Compounds*, "Jour. Pharmacol. and Exper. Therapeut.," vol. CXXI (1957), n. 1, pp. 96-106.
- GANNON N. e J. H. BIGGER, *The Conversion of Aldrin and Heptachlor to Their Epoxides in Soil*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LI (Febbraio 1958), pp. 1-2.
- GANNON N. e G. C. DECKER, *The Conversion of Aldrin to Dieldrin on Plants*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LI (Febbraio 1958), pp. 8-11.
- GLEASON M. e al., *Clinical Toxicology of Commercial Products*, Baltimore, 1957.
- GLEASON M. e al., "Bulletin of Supplementary Material: Clinical Toxicology of Commercial Products," vol. IV n. 9, Univ. of Rochester.
- GLYNNE-JONES G. D. e W. D. E. THOMAS, *Experiments on the Possible Contamination of Honey with Schradan*, "Annals Appl. Biol.," vol. XL (1953), p. 546.
- GRAHAM R. C. B. e al., *The Effect of Some Organophosphorus and Chlorinated Hydrocarbon Insecticides on the Toxicity of Several Muscle Relaxants*, "Jour. Pharm. and Pharmacol.," vol. IX (1957), pp. 312-19.
- HAYES W. J. jr., *Pesticides in Relation to Public Health*, "Annual Rev. Entomol.," vol. V (1960), pp. 379-404.

- HAYES W. J. jr., *The Toxicity of Dieldrin to Man*, "Bull World Health Organ.," vol. XX (1959), pp. 891-912.
- HAYES W. J. jr. e al., *Storage of DDT and DDE in People with Different Degrees of Exposure to DDT*, "A.M.A. Archives Indus. Health," vol. XVIII (November 1958), pp. 398-406.
- HORNER W. D., *Dinitrophenol and Its Relation to Formation of Cataract*, "A.M.A. Archives Ophthalmol.," vol. XXVII (1942), pp. 1097-1121.
- HUEPER W. C., *Occupational Tumors and Allied Diseases*, Springfield, Ill., 1942.
- HURD-KARRER A. M. e F. W. POSS, *Toxicity of Selenium-Containing Plants to Aphids*, "Science," vol. LXXXIV (1936), p. 252.
- JACOBZINER H. e H. W. RAYBIN, *Poisoning by Insecticide (Endrin)*, "New York Jour. Med.," vol. LIX (15 Maggio 1959), pp. 2017-22.
- KITSELMAN C. H., *Long Term Studies on Dogs Fed Aldrin and Dieldrin in Sublethal Doses, with Reference to the Histopathological Findings and Reproduction*, "Jour. Am. Vet. Med Assn.," vol. CXXIII (1953), p. 28.
- KITSELMAN C. H., e al., *Toxicological Studies of Aldrin (Compound 118) on Large Animals*, "Am. Jour. Vet. Research," vol. XI (1950), p. 378.
- LAUG E. P. e al., *Liver Cell Alteration and DDT Storage in the Fat of the Rat Induced by Dietary Levels of 1 to 50 p.p.m. DDT*, "Jour. Pharmacol. and Exper. Therapeut.," vol. XCII (1950), p. 268.
- LAUG E. P. e al., *Occurrence of DDT in Human Fat and Milk*, "A.M.A. Archives Indus. Hygiene and Occupat. Med.," vol. III (1951), pp. 245-46.
- METCALF R. L., *The Impact of the Development of Organophosphorus Insecticides upon Basic and Applied Science*, "Bull. Entomol. Soc. Am.," vol. V (Marzo 1959), pp. 3-15.
- MITCHELL P. H., *General Physiology*, New York, 1958, pp. 14-15.
- MURPHY S. D. e al., *Potentialization of Toxicity of Malathion by Triorthotolyl Phosphate*, "Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.," vol. C (Marzo 1959), pp. 483-87.
- MYERS C. S., *Endrin and Related Pesticides: A Review*, Penna. Dept. of Health Research Report n. 45 (1958), mimeografia.
- Occupational Dieldrin Poisoning*, Com. on Toxicology, "Jour. Am. Med. Assn.," vol. CLXXII (Aprile 1960), pp. 2077-80.
- Occupational Disease in California Attributed to Pesticides and Other Agricultural Chemicals*, Calif. Dept. of Public Health, 1957, 1958, 1959 e 1960.
- ORTEGA P. e al., *Pathologic Changes in the Liver of Rats after Feeding Low Levels of Various Insecticides*, "A.M.A. Archives Path.," vol. LXIV (Dicembre 1957), pp. 614-22.

- PAUL A. H., *Dieldrin Poisoning — a Case Report*, "New Zealand Med. Jour.," vol. LVIII (1959), p. 393.
- QUINBY G. E. e A. B. LEMMON, *Parathion Residues As a Cause of Poisoning in Crop Workers*, "Jour. Am. Med. Assn.," vol. CLXVI (15 febbraio 1958), pp. 740-46.
- RADELEFF R. D. e al., *The Acute Toxicity of Chlorinated Hydrocarbon and Organic Phosphorus Insecticides to Livestock*. U.S. Dept. of Agric. Technical Bulletin 1122 (1955).
- RIPPER W. E., *The Status of Systemic Insecticides in Pest Control Practices*, "Advances in Pest Control Research," New York, 1957, vol. I, pp. 305-52.
- ROSENBERG P. e J. M. COON, *Increase of Hexobarbital Sleeping Time by Certain Anticholinesterases*, "Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.," vol. XCVIII (1958), pp. 650-52.
- ROSENBERG P. e J. M. COON, *Potential between Cholinesterase Inhibitors*, "Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.," vol. XCVII (1958), pp. 836-39.
- SCOTT T. G. e al., *Some effects of a Field Application of Dieldrin on Wildlife*, "Jour. Wildlife Management," vol. XXIII (Ottobre 1959), pp. 409-27.
- SMITH F. e al., *Secretion of DDT in Milk of Dairy Cows Fed Low Residue Alfalfa*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. XLI (1948), pp. 759-63.
- STEVENS D. B., *Recent Developments in New York State's Program Regarding Use of Chemicals to Control Aquatic Vegetation*, presentato al XIII Annual Meeting Northeastern Weed Control Conf. (8 Gennaio 1959).
- The Pesticide Situation for 1958-59*, U.S. Dept. of Agric., Commodity Stabilization Service, Aprile 1959, pp. 1-24; *The Pesticide Situation for 1960-61*, U.S. Dept. of Agric., Commodity Stabilization Service, Luglio 1961, pp. 1-23.
- TODD F. E., e S. E. MCGREGOR, *Insecticides and Bees*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 131-35.
- TOIVONEN T. e al., *Parathion Poisoning Increasing Frequency in Finland*, "Lancet," vol. II (1959), n. 7095, pp. 175-76.
- TREON J. F. e A. R. BORGMANN, *The Effects of the Complete Withdrawal of Food from Rats Previously Fed Diets Containing Aldrin or Dieldrin*, Kettering Lab., Univ. of Cincinnati; mimeo. Quoted from Robert L. Rudd and Richard E. Genelly, "Pesticides: Their Use and Toxicity in Relation to Wildlife," Calif. Dept. of Fish and Game, Game Bulletin n. 7 (1956), p. 52.
- VAN OETTINGEN W. F., *The Halogenated Aliphatic, Olefic, Cyclic, Aromatic, and Aliphatic-Aromatic Hydrocarbons: Including the Halogenated Insecticides, Their Toxicity and Potential Dangers*, U.S. Dept. of Health, Education and Welfare, Public

- Health Service Publ. n. 414 (1955), pp. 310, 322, 341-42 e 363.
- WEINBACH E. C., *Biochemical Basis for the Toxicity of Pentachlorophenol*, "Proc. Natl. Acad. Sci.," vol. XLIII (1957), n. 5, pp. 393-97.

Capitolo quarto

- Biological Problems in Water Pollution*, U.S. Public Health Service Technical Report W60-3 (1960).
- COHEN J. M. e al., *Effect of Fish Poisons on Water Supplies; I. Removal of Toxic Materials*, "Jour. Am. Waterworks Assn.," vol. LII (1960), n. 12, pp. 1551-65; *II. Odor Problems*, vol. LIII (1960), n. 1, pp. 49-61; *III. Field Study*, Dickinson, North Dakota, vol. LIII (1961), n. 2, pp. 233-46.
- COPE O. B., *The Retention of DDT by Trout and Whitefish*, "Biological Problems in Water Pollution," pp. 72-75.
- GILLULY J. e al., *Principles of Geology*, San Francisco, 1951.
- HUNT E. G. e A. I. BISCHOFF, *Inimical Effects on Wildlife of Periodic DDD Applications to Clear Lake*, "Calif. Fish and Game," vol. XLVI (1960), n. 1, pp. 91-106.
- HUEPER W. C., *Cancer Hazards from Natural and Artificial Water Pollutants*, "Proc.," Conf. on Physiol. Aspects of Water Quality, Washington, D.C., 8-9 Settembre 1960, U.S. Public Health Service.
- KUENEN P. H., *Realms of Water*, New York, 1955.
- NELSON A. A. e G. WOODARD, *Severe Adrenal Cortical Atrophy (Cytotoxic) and Hepatic Damage Produced in Dogs by Feeding DDD or TDE*, "A.M.A. Archives Path.," vol. XLVIII (1949), p. 387.
- NICHOLSON H. P., *Insecticide Pollution of Water Resources*, "Jour. Am. Waterworks Assn.," vol. LI (1959), pp. 981-86.
- Report on Environmental Health Problems*, "Op. cit.," p. 78.
- TARZWELL C. M., *Pollutional Effects of Organic Insecticides to Fishes*, "Transactions," XXIV North Am. Wildlife Conf. (1959), Washington, D.C., pp. 132-42.
- WALTON G., *Public Health Aspects of the Contamination of Ground Water in South Platte River Basin in Vicinity of Henderson, Colorado, August, 1959*, U.S. Public Health Service, 2 Novembre 1959.
- WOODARD G. e al., *Effects Observed in Dogs Following the Prolonged Feeding of DDT and Its Analogues*, "Federation Proc.," vol. VII (1948), n. 1, p. 266.
- WOODWARD R. L., *Effects of Pesticides in Water Supplies*, "Jour. Am. Waterworks Assn.," vol. LII (1960), n. 11, pp. 1367-72.
- ZIMMERMANN B. e al., *The Effects of DDT on the Human Adrenal;*

Attempts to Use an Adrenal-Destructive Agent in the Treatment of Disseminated Mammary and Prostatic Cancer, "Cancer," vol. IX (1956), pp. 940-48.

Capitolo quinto

- Chemicals in Foods and Cosmetics*, "Hearings," LXXXI Congresso, H.R. 74 and 447, House Select Com. to Investigate Use of Chemicals in Foods and Cosmetics, parte III (1952), pp. 1385-1416.
- CLARK F. E., *Living Organisms in the Soil*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1957, pp. 157-65.
- CULLINAN F. P., *Some New Insecticides — Their Effect on Plants Soils*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. XLII (1949), pp. 387-91.
- ENO C. F., *Chlorinated Hydrocarbon Insecticides: What Have They Done to Our Soil?*, "Sunshine State Agric. Research Report" per il Luglio 1959.
- FARB P., *Living Earth*, New York, 1959.
- GINSBURG J. M. e J. P. REED, *A Survey on DDT-Accumulation in Soils in Relation to Different Crops*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. XLVII (1954), n. 3, pp. 467-73.
- HETRICK L. A., *Ten Years of Testing Organic Insecticides As Soil Poisons against the Eastern Subterranean Termite*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. L (1957), p. 316.
- KLOSTERMEYER E. C. e C. B. SKOTLAND, *Pesticide Chemicals As a Factor in Hop Die-out*, Washington Agric. Exper. Stations Circular 362 (1959).
- LICHTENSTEIN E. P., *Absorption of Some Chlorinated Hydrocarbon Insecticides from Soils into Various Crops*, "Jour. Agric. and Food Chem.," vol. VII (1959), n. 6, pp. 430-33.
- LICHTENSTEIN E. P. e J. B. POLIVKA, *Persistence of Insecticides in Turf Soils*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LII (1959), n. 2, pp. 289-93.
- LICHTENSTEIN E. P. e K. R. SCHULZ, *Persistence of Some Chlorinated Hydrocarbon Insecticides As Influenced by Soil Types, Rate of Application and Temperature*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LII (1959), n. 1, pp. 124-31.
- MADER D. L., *Effect of Humus of Different Origin in Moderating the Toxicity of Biocides*, Doctorate thesis, Univ. of Wisc., 1960.
- SATTERLEE H. S., *The Problem of Arsenic in American Cigarette Tobacco*, "New Eng. Jour. Med.," vol. CCLIV (21 Giugno 1956), pp. 1149-54.
- SHEALS J. G., *Soil Population Studies; I. The Effects of Cultivation and Treatment with Insecticides*, "Bull. Entomol. Research," vol. XLVII (Dicembre 1956), pp. 803-22.
- SIMONSON R. W., *What Soils Are*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1957, pp. 17-31.

- STEGEMAN LEROY C., *The Ecology of the Soil*, New York State Univ. College of Forestry, 1960.
- THOMAS F. J. D., *The Residual Effects of Crop-Protection Chemicals in the Soil*, "Proc.," II Internat. Plant Protection Conf. (1956), Fernhurst Research Station, England.

Capitolo sesto

- A Survey of Extent and Cost of Weed Control and Specific Weed Problems*. U.S. Dept. of Agric. ARS 34-23 (marzo 1962).
- BARNES I. R., *Sprays Mar Beauty of Nature*, "Washington Post," 25 Settembre 1960.
- BISHOPP F. C., *Insect Friends of Man*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 79-87.
- BOARDMAN W., *The Dangers of Weed Spraying*, "Veterinarian," vol. VI (Gennaio 1961), pp. 9-19.
- BOHART G. E., *Pollination by Native Insects*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 107-21.
- BRODY T. M., *Effect of Certain Plant Growth Substances on Oxidative Phosphorylation in Rat Liver Mitochondria*, "Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.," vol. LXXX (1952), pp. 533-36.
- CRAWFORD R. F. e W. K. KENNEDY, *Nitrates in Forage Crops and Silage: Benefits, Hazards, Precautions*, New York State College of Agric., Cornell Misc. Bulletin 37 (Giugno 1960).
- CROKER B. H., *Effects of 2,4-D and 2,4,5-T on Mitosis in Allium cepa*, "Bot. Gazette," vol. CXIV (1953), pp. 274-83.
- DOUGLAS W. O., *My Wilderness: East to Katahdin*, New York, 1961.
- DOUGLAS W. O., *My Wilderness: The Pacific West*, New York, 1960.
- EGLER F. E., *Fifty Million More Acres for Hunting?*, "Sports Afield," Dicembre 1954.
- EGLER F. E., *Herbicides: 60 Questions and Answers Concerning Roadside and Rightofway Vegetation Management*, Litchfield, Conn., 1961.
- EGLER F. E., *Science, Industry, and the Abuse of Rights of Way*, "Science," vol. CXXVII (1958), n. 3298, pp. 573-80.
- EGLER F. E., *Vegetation Management for Rights-of-Way and Roadside*, Smithsonian Report for 1953 (Smithsonian Inst., Washington, D.C.), pp. 299-322.
- FISHER C. E. e al., *Control of Mesquite on Grazing Lands, Texas*, Agric. Exper. Station Bulletin 935 (Agosto 1959).
- GOLDSTEIN N. P. e al., *Peripheral Neuropathy after Exposure to an Ester of Dichlorophenoxyacetic Acid*, "Jour. Am. Med. Assn.," vol. CLXXI (1959), pp. 1306-9.

- GOODRUM P. D. e V. H. REID, *Wildlife Implications of Hardwood and Brush Controls*, "Transactions," XXI North Am. Wildlife Conf. (1956).
- GOODWIN R. H. e W. A. NIERING, *A Roadside Crisis: The Use and Abuse of Herbicides*, Connecticut Arboretum Bulletin n. 11 (Marzo 1959), pp. 1-13.
- GRAYSON R. R., *Silage Gas Poisoning: Nitrogen Dioxide Pneumonia, a New Disease in Agricultural Workers*, "Annals Internal Med.," vol. XLV (1956), pp. 393-408
- HALL W. C. e W. A. NIERING, *The Theory and Practice of Successful Selective Control of Brush by Chemicals*, "Proc.," XIII Annual Meeting Northeastern Weed Control Conf. (8 Gennaio 1959).
- HOLLOWAY J. K., *Weed Control by Insect*, "Sci. American," vol. CXC VII (1957), n. 1, pp. 56-62.
- HOLLOWAY J. K. e C. B. HUFFAKER, *Insects to Control a Weed*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept of Agric., 1952, pp. 135-40.
- HUFFAKER C. B. e C. E. KENNETT, *A Ten-Year Study of Vegetational Changes Associated with Biological Control of Klamath Weed*, "Jour. Range Management," vol. XII (1959), n. 2, pp. 69-82.
- KNAKE E. L. e F. W. SLIFE, *Competition of Setaria faterii with Corn and Soybeans*, "Weeds," vol. X (1962), n. 1, pp. 26-29.
- MCQUILKIN W. E. e L. R. STRICKENBERG, *Roadside Brush Control with 2,4,5-T on Eastern National Forests*, Northeastern Forest Exper. Station Paper, n. 148, Upper Darby, Penna., 1961.
- MURIE O. J., *The Scientist and Sagebrush*, "Pacific Discovery," vol. XIII (1960), n. 4, p. 1.
- NIERING W. A., *Principles of Sound Right-of-Way Vegetation Management*, "Econ. Botany," vol. XII (Aprile-Giugno 1958), pp. 140-44.
- NIERING W. A. e F. E. EGLER, *A Shrub Community of "Viburnum lentago," Stable for Twenty-five Years*, "Ecology," vol. XXXVI (Aprile 1955), pp. 356-60.
- OLSON O. e E. WHITEHEAD, *Nitrate Content of Some South Dakota Plants*, "Proc.," South Dakota Acad. of Sci., vol. XX (1940), p. 95.
- PATTERSON R. L., *The Sage Grouse in Wyoming*, Denver, 1952.
- PECHANEC J. e al., *Controlling Sagebrush on Rangelands*. U.S. Dept. of Agric. Farmers' Bulletin n. 2072 (1960).
- POUND C. E. e F. E. EGLER, *Brush Control in Southeastern New York: Fifteen Years of Stable Tree-Less Communities*, "Ecology," vol. XXXIV (Gennaio 1953), pp. 63-73.
- STAHLER L. M. e E. J. WHITEHEAD, *The Effect of 2,4-D on Potassium Nitrate Levels in Leaves of Sugar Beets*, "Science," vol. CXII (1950), n. 2921, pp. 749-51.

- What's New in Farm Science*, Univ. of Wisc. Agric. Exper. Station Annual Report, Pt. II, Bulletin 527 (Luglio 1957), p. 18.
- WILLARD C. J., *Indirect Effects of Herbicides*, "Proc.," VII Annual Meeting North Central Weed Control Conf. (1950), pp. 110-12.

Capitolo settimo

- Coordination of Pesticides Programs*, "Hearings," LXXXVI Congresso, H.R. 11502, Com. on Merchant Marine and Fisheries, Maggio 1960, p. 66.
- FLEMING W. E., *Biological Control of the Japanese Beetle Especially with Entomogenous Diseases*, "Proc.," X Internatl. Congress of Entomologists (1956), vol. III (1958), pp. 115-25.
- HADLEY C. H. e W. E. FLEMING, *The Japanese Beetle*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952 pp. 567-73.
- HAWLEY I. M., *Milky Diseases of Beetles*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 394-401.
- Here Is Your 1959 Japanese Beetle Control Program*, Release, Michigan State Dept. of Agric., 10 Ottobre 1959.
- HICKEY J. J., *Some Effects of Insecticides on Terrestrial Birdlife*, "Report" of Subcom. on Relation of Chemicals to Forestry and Wildlife, Madison, Wisc., Gennaio 1961, Special Report n. 6.
- Michigan Audubon Newsletter*, vol. IX (Gennaio 1960).
- No Bugs in Plane Dusting*, "Detroit News," 10 Novembre 1959.

Capitolo ottavo

- Audubon Field Notes*, "Fall Migration — 16 agosto-30 Novembre 1958," vol. XIII (1959), n. 1, pp. 1-68.
- BARKER R. J., *Notes on Some Ecological Effects of DDT Sprayed on Elms*, "Jour. Wildlife Management," vol. XXII (1958), n. 3, pp. 269-74.
- BENT A. C., *Life Histories of North American Jays, Crows, and Titmice*, Smithsonian Inst., U.S. Natl. Museum Bulletin 191 (1946).
- BROLEY C. E., *The Bald Eagle in Florida*, "Atlantic Naturalist," Luglio 1957, pp. 230-31.
- , *The Plight of the American Bald Eagle*, "Audubon Mag.," Luglio-Agosto 1958, pp. 162-63.
- BUCHHEISTER C. W., *What About Problem Birds?* "Audubon Mag.," Maggio-Giugno 1960, pp. 116-18.
- "Bulletin," Internatl. Union for the Conservation of Nature, Maggio e Ottobre 1957.
- CHRISTIAN G., *Do Seed Dressings Kill Foxes?* "Country Life," 12 Gennaio 1961.

- Coordination of Pesticides Programs, "Op. cit.," pp. 10 e 12.
- CUNNINGHAM R. L., *The Status of the Bald Eagle in Florida*, "Audubon Mag.," Gennaio-Febbraio 1960, pp. 24-43.
- DEWITT J. B., *Effects of Chlorinated Hydrocarbon Insecticides upon Quail and Pheasants*, "Jour. Agric. and Food Chem.," vol. III (1955), n. 8, p. 672.
- , *Chronic Toxicity to Quail and Pheasants of Some Chlorinated Insecticides*, "Jour. Agric. and Food Chem.," vol. IV (1956), n. 10, p. 863.
- DEXTER R. W., *Earthworms in the Winter Diet of the Opossum and the Raccoon*, "Jour. Mammal.," vol. XXXII (1951), p. 464.
- DYKSTRA W. W., *Nuisance Bird Control*, "Audubon Mag.," Maggio-Giugno 1960, pp. 118-19.
- HICKEY J. J. e L. BARRIE HUNT, *Initial Songbird Mortality Following a Dutch Elm Disease Control Program*, "Jour. Wildlife Management, vol. XXIV (1960), n. 3, pp. 259-65.
- HICKEY J. J. e L. BARRIE HUNT, *Songbird Mortality Following Annual Programs to Control Dutch Elm Disease*, "Atlantic Naturalist," vol. XV (1960), n. 2, pp. 87-92.
- IMLER R. H. e E. R. KALMBACH, *The Bald Eagle and Its Economic Status*, U.S. Fish and Wildlife Service Circular 30 (1955).
- KNIGHT F. B., *The Effects of Woodpeckers on Populations of the Engelmann Spruce Beetle*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LI (1958), pp. 603-7.
- MACLELLAN C. R., *Woodpecker Control of the Codling Moth in Nova Scotia Orchards*, "Atlantic Naturalist," vol. XVI (1961), n. 1, pp. 17-25.
- McLAUGHLIN F., *Bald Eagle Survey in New Jersey*, "New Jersey Nature News," vol. XVI (1959), n. 2, p. 25; Interim Report, vol. XVI (1959), n. 3, p. 51.
- MATTHYSSE J. G., *An Evaluation of Mist Blowing and Sanitation in Dutch Elm Disease Control Programs*, New York State College of Agric., Cornell Ext. Bulletin n. 30 (Luglio 1959), pp. 2-16.
- MEHNER J. F. e G. J. WALLACE, *Robin Populations and Insecticides*, "Atlantic Naturalist," vol. XIV (1959), n. 1, pp. 4-10.
- MILLS H. R. *Death in the Florida Marshes*, "Audubon Mag.," Settembre-Ottobre 1952.
- RUDD R. L. e R. E. GENELLY, *Avian Mortality from DDT in Californian Rice Fields*, "Condor," vol. LVII (Marzo-Aprile 1955), pp. 117-18.
- RUDD R. L. e R. E. GENELLY, *Pesticides. Their Use and Toxicity in Relation to Wildlife*, Calif. Dept. of Fish and Game, Game Bulletin n. 7 (1956), p. 57.
- Sixth Report from the Estimates Com., Ministry of Agric., Fisheries and Food, Sess. 1960-61, House of Commons.*

- SWINGLE R. U. e al., *Dutch Elm Disease*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1949, pp. 451-52.
- The Deaths of Birds and Mammals Connected with Toxic Chemicals in the First Half of 1960*. Report n. 1 of the British Trust for Ornithology and Royal Soc. for the Protection of Birds. Com. on Toxic Chemicals, Royal Soc. Protect. Bird.
- Vanishing Bald Eagle Gets Champion*, "Florida Naturalist," Aprile 1959, p. 64.
- WALLACE G. J., *Another Year of Robin Losses on a University Campus*, "Audubon Mag.," Marzo-Aprile 1960.
- WALLACE G. J., *Insecticides and Birds*, "Audubon Mag.," Gennaio-Febbraio 1959.
- WALLACE G. J. e al., *Bird Mortality in the Dutch Elm Disease Program in Michigan*, Cranbrook Inst. of Science Bulletin 41 (1961).
- WALTON W. R., *Earthworms As Pests and Otherwise*, U.S. Dept. of Agric. Farmers' Bulletin n. 1569 (1928).
- WELCH D. S. e J. G. MATTHYSSE, *Control of the Dutch Elm Disease in New York State*, New York State College of Agric., Cornell Ext. Bulletin n. 932 (Giugno 1960), pp. 3-16.
- WRIGHT B. S., *Woodcock Reproduction in DDT-Sprayed Areas of New Brunswick*, "Jour. Wildlife Management," vol. XXIV (1960), n. 4, pp. 419-20.

Capitolo nono

- ALDERDICE D. F. e M. E. WORTHINGTON, *Toxicity of a DDT Forest Spray to Young Salmon*, "Canadian Fish Culturist," Issue 24 (1959), pp. 41-48.
- BAKER M. F., *Observations of Effects of an Application of Heptachlor or Dieldrin on Wildlife*, "Proc. Symposium," pp. 18-20.
- BUTLER P. A., *Effects of Pesticides on Commercial Fisheries*, "Proc.," XII Annual Session (Novembre 1960), Gulf and Caribbean Fisheries Inst., pp. 168-71.
- CROUTER R. A. e E. H. VERNON, *Effects of Black-headed Budworm Control on Salmon and Trout in British Columbia*, "Canadian Fish Culturist," Issue 24 (1959), pp. 23-40.
- Effects of the Fire Ant Eradication Program on Wildlife*, report. U.S. Fish and Wildlife Service, 25 Maggio 1958, mimeografia.
- Effects of Spruce Budworm Control on Salmon and Other Fishes in New Brunswick*, "Canadian Fish Culturist," Issue 24 (1959), pp. 17-22.
- GLASGOW L. L., *Studies on the Effect of the Imported Fire Ant Control Program on Wildlife in Louisiana*, "Proc. Symposium," pp. 24-29.
- GRAHAM R. J., *Effects of Forest Insect Spraying on Trout and Aqua-*

- tic Insects in Some Montana Streams*, "Biological Problems in Water Pollution," U.S. Public Health Service Technical Report W60-3 (1960).
- GRAHAM R. J. e D. O. SCOTT, *Effects of Forest Insect Spraying on Trout and Aquatic Insects in Some Montana Streams*, Final Report, Mont. State Fish and Game Dept., 1958.
- HARRINGTON R. W. jr. e W. L. BIDLINGMAYER, *Effects of Dieldrin on Fishes and Invertebrates of a Salt Marsh*, "Jour. Wildlife Management," vol. XXII (1958), n. 1, pp. 76-82.
- HENDERSON C. e al., *The Relative Toxicity of Ten Chlorinated Hydrocarbon Insecticides to Four Species of Fish*, presentato all' LXXXVIII Annual Meeting Am. Fisheries Soc. (1958).
- HERALD E. S., *Notes on the Effect of Aircraft-Distributed DDT-Oil Spray upon Certain Philippine Fishes*, "Jour. Wildlife Management," vol. XIII (1949), n. 3, p. 316.
- IDE F. P., *Effect of Forest Spraying with DDT on Aquatic Insects of Salmon Streams*, "Transactions," Am. Fisheries Soc., vol. LXXXVI (1957), pp. 208-19.
- KEENLEYSIDE M. H. A., *Insecticide and Wildlife*, "Canadian Audubon," vol. XXI (1959), n. 1, pp. 1-7.
- KERSWILL C. J., *Effects of DDT Spraying in New Brunswick on Future Runs of Adult Salmon*, "Atlantic Advocate," vol. XLVIII (1958), pp. 65-68.
- KERSWILL C. J., *Investigation and Management of Atlantic Salmon in 1956* (anche per il 1957, 1958, 1959-60; in 4 parti), Federal-Provincial Co-ordinating Com. on Atlantic Salmon (Canada).
- LAWRENCE J. M., *Toxicity of Some New Insecticides to Several Species of Pondfish*, "Progressive Fish Culturist," vol. XII (1950), n. 4, pp. 141-46.
- Pesticide-Wildlife Review, 1959*, Bur. Sport Fisheries and Wildlife Circular 84 (1960), U.S. Fish and Wildlife Service, pp. 1-36.
- PIELOW D. P., *Lethal Effects of DDT on Young Fish*, "Nature," vol. CLVIII (1946), n. 4011, p. 378.
- Pollution-Caused Fish Kills in 1960*, U. S. Public Health Service Publ. n. 847 (1961), pp. 1-20.
- Progress in Sport Fishery Research, 1960*, Bur. Sport Fisheries and Wildlife Circular 101 (1960), U.S. Fish and Wildlife Service. Release No. 58-38, Penna. Fish Commission, Dec. 8, 1958.
- Report of Investigation of the Colorado River Fish Kill, Gennaio 1961*, Texas Game and Fish Commission, 1961, mimeografia.
- Resolution Opposing Fire-Ant Program Passed by American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, "Copeia" (1959), n. 1 p. 89.
- SPRINGER P. F. e J. R. WEBSTER, *Effects of DDT on Saltmarsh Wildlife: 1949*, U.S. Fish and Wildlife Service, Special Scientific Report, Wildlife n. 10 (1949).

- The Fire Ant Eradication Program and How It Affects Wildlife*, "Proc. Symposium," XII Annual Conf. Southeastern Assn. Game and Fish Commissioners, Louisville, Ky (1958).
- U.S. Anglers — Three Billion Dollars*, "Sport Fishing Inst. Bull.," n. 119 (Ottobre 1961).
- WARNER K. e O. C. FENDERSON, *Effects of Forest Insect Spraying on Northern Maine Trout Streams*, Maine Dept. of Inland Fisheries and Game, mimeografia.
- WHITESIDE J. M., *Spruce Budworm Control in Oregon and Washington, 1949-1956*, "Proc.," X Congresso internazionale degli entomologisti (1956), vol. IV (1958), pp. 291-302.
- YOUNG L. A. e H. P. NICHOLSON, *Stream Pollution Resulting from the Use of Organic Insecticides*, "Progressive Fish Culturist," vol. XIII (1951), n. 4, pp. 193-98.

Capitolo decimo

- ARANT F. S. e al., *Facts about the Imported Fire Ant*, "Highlights of Agric. Research," vol. V (1958), n. 4.
- BROWN W. L. jr., *Mass Insect Control Programs: Four Case Histories*, "Psyche," vol. LXVIII (1961), nn. 2-3, pp. 75-111.
- BYRD I. B., *What Are the Side Effects of the Imported Fire Ant Control Program?* "Biological Problems in Water Pollution," U.S. Public Health Service Technical Report W60-3 (1960), pp. 46-50.
- CARO M. R. e al., *Skin Responses to the Sting of the Imported Fire Ant*, "A.M.A. Archives Dermat.," vol. LXXV (1957), pp. 475-88.
- CLAUSEN C. P., *Parasites and Predators* "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 380-88.
- CLAWSON S. G., *Fire Ant Eradication and Quail*, "Alabama Conservation," vol. XXX (1959), n. 4, p. 14.
- Coordination of Pesticides Programs*, "Op. cit.," p. 45.
- CORLISS J. M., *The Gypsy Moth*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 694-98.
- COTTAM, *The Uncontrolled Use of Pesticides in the Southeast*, address to Southeastern Assn. Fish, Game and Conservation Commissioners, Ottobre 1959.
- DAVIDOW B. e J. L. RADOMSKI, *Metabolite of Heptachlor, Its Analysis, Storage, and Toxicity*, "Federation Proc.," vol. XI (1952), n. 1, p. 336.
- ELY R. E. e al., *Excretion of Heptachlor Epoxide in the Milk of Dairy Cows Fed Heptachlor-Sprayed Forage and Technical Heptachlor*, "Jour. Dairy Sci.," vol. XXXVIII (1955), n. 6, pp. 669-72.
- Fire Ant Control is Parley Topic*, "Beaumont [Texas] Journal," 24 Settembre 1959.

- Food and Drug Administration, U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, in *Federal Register* 27 Ottobre 1959.
- GANNON N. e al., *Storage of Dieldrin in Tissues and Its Excretion in Milk of Rairy Cows Fed Dieldrin in Their Diets*, "Jour. Agric. and Food Chem.," vol. VII (1959), n. 12, pp. 824-32.
- GREEN H. B. e R. E. HUTCHINS, *Economical Method for Control of Imported Fire Ant in Pastures and Meadows*, Miss. State Univ. Agric. Exper. Station Information Sheet 586 (Maggio 1958).
- HAYS S. B. e K. L. HAYS, *Food Habits of Solenopsis saevissima richteri Forel*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LII (1959), n. 3 pp. 455-57.
- Insecticide Recommendations of the Entomology Research Division for the Control of Insects Attacking Crops and Livestock for 1961*, U.S. Dept. of Agric. Handbook n. 120 (1961).
- Murphy e al. v. Benson e al.* Petition for a Writ af Certiorari to the U.S. Court of Appeals for the Second Circuit, Ottobre 1959.
- Murphy e al. v. Benson e al.* U.S. Court of Appeals, Second Circuit. Brief for Defendant-Appellee Butler, n. 25-448, Marzo 1959.
- Murphy e al. v. Benson e al.* U.S. Supreme Court Reports, Memorandum Cases, n. 662, 28 Marzo 1960.
- PERRY C. C., *Gypsy Moth Appraisal Program and Proposed Plan to Prevent Spread of the Months*, U.S. Dept. of Agric. Technical Bulletin n. 1124 (Ottobre 1955).
- Pesticides: Hedgehopping into Trouble?* "Chemical Week," 8 Febbraio 1958, p. 97.
- POITEVINT O. L., "Address to Georgia Sportsmen's Fed.," Ottobre 1959.
- Robert Cushman Murphy e al. v. Ezra Taft Benson e al.* U.S. District Court, Eastern District of New York, Ottobre 1959, Civ. n. 17610.
- ROSENE W., *Whistling-Cock Counts of Bobwhite Quail on Areas Trated with Insecticide and on Untreated Areas, Decatur Country Georgia*, "Proc. Symposium," pp. 14-18.
- USDA Launches Large-Scale Effort to Wipe Out Gypsy Moth*, U.S. Dept. of Agric., 20 Marzo 1957.
- WALLER W. K., *Poison on the Land*, "Audubon Mag.," Marzo-Aprile 1958, pp. 68-71.
- WORRELL A. C., *Pests, Pesticides and People*, "Am. For. Mag.," Luglio 1960.

Capitolo undicesimo

- Annual Reports*, Food and Drug Administration, U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, per il 1957, pp. 196, 197; 1956, p. 203.
- Chemicals in Food Products*, "Op. cit.," pp. 388-90.

- Clothes Moths and Carpet Beetles*, U.S. Dept. of Agric., Home and Garden Bulletin n. 24 (1961).
- HAYES W. J. jr. e al., *The effects of Known Repeated Oral Doses of Chlorophenothane (DDT) in Man*, "Jour. Am. Med. Assn.," vol. CLXII (1956), n. 9, pp. 890-97.
- MARKARIAN H. e al., *Insecticide Residues in Foods Subjected to Fogging under Simulated Warehouse Conditions*, "Abstracts," CXXXV Meeting Am. Chem. Soc. (Aprile 1959).
- MILLER A. C. e al., *Do People Read Labels on Household Insecticides?* "Soap and Chem. Specialties," vol. XXXIV (1958), n. 7, pp. 61-63.
- MILSTEAD K. L., *Highlights in Various Areas of Enforcement*, address to LXIV Annual Conf. Assn. of Food and Drug Officials of U.S., Dallas (Giugno 1960).
- "New York Times," 22 Maggio 1960.
- Pesticides — 1959*, "Jour. Agric. and Food Chem.," vol. VII (1959), n. 10, pp. 674-88.
- PETTY C. S., *Organic Phosphate Insecticide Poisoning. Residual Effects in Two Cases*, "Am. Jour. Med.," vol. XXIV (1958), pp. 467-70.
- WALKER K. C. e al., *Pesticide Residues in Foods. Dichlorodiphenyl-trichloroethane and Dichlorodiphenyldichloroethylene Content of Prepared Meals*, "Jour. Agric. and Food Chem.," vol. II (1954), n. 20, pp. 1034-37.

Capitolo dodicesimo

- Abuse of Insecticide Fumigating Devices*, "Jour. Am. Med. Assn.," vol. CLVI (9 Ottobre 1954), pp. 607-8.
- BIDSTRUP P. L. e al., *Anticholinesterases (Paralysis in Man Following Poisoning by Cholinesterase Inhibitors)*, "Chem. and Indus.," vol. XXIV (1954), pp. 674-76.
- CASE R. A. M., *Toxic Effects of DDT in Man*, "Brit. Med Jour.," vol. II (15 Dicembre 1945), pp. 842-45.
- Chemicals in Food Products*, "Op. cit.," p. 5.
- DUBOS R., *Mirage of Health*. New York, 1959.
- DURHAM W. F. e al., *Paralytic and Related Effects of Certain Organic Phosphorus Compounds*, "A.M.A. Archives Indus. Health," vol. XIII (1956), pp. 326-30.
- GERSHON S. e F. H. SHAW, *Psychiatric Sequelae of Chronic Exposure to Organophosphorus Insecticides*, "Lancet," vol. 7191 (24 giugno 1961), pp. 1371-74.
- HARGRAVES M. M., *Chemical Pesticides and Conservation Problems*, XXIII Annual Conv. Natl. Wildlife Fed. (27 Febbraio 1959), mimeografia.

- , e D. G. HANLON, *Leukemia and Lymphoma — Environmental Diseases?*, presentato al Congresso Internazionale di Ematologia, Japan, Settembre 1960, mimeografia.
- Insecticide Storage in Adipose Tissue*, "Jour. Am. Med. Assn.," vol. CXLV (10 Marzo 1951), pp. 735-36.
- LAUG E. P. e F. M. KEENZ, *Effects of Carbon Tetrachloride on Toxicity and Storage of Methoxychlor in Rats*, "Federation Proc.," vol. X (Marzo 1951), p. 318.
- Medical Research: A Midcentury Survey*, vol. II, *Unsolved Clinical Problems in Biological Perspective*, Boston, 1955.
- MILLER B. F. e R. GOODE, *Man and His Body: The Wonders of the Human Mechanism*, New York, 1960.
- MITCHELL P. H., *A Textbook of General Physiology*, New York, 1956.
- PRICE D. E., *Is Man Becoming Obsolete?* "Public Health Reports," vol. LXXIV (1959), n. 8, pp. 693-99.
- Report on Environmental Health Problems*. "Op. cit.," p. 34.
- SMITH M. I. e E. ELROVE, *Pharmacological and Chemical Studies of the Cause of So-Called Ginger Paralysis*, "Public Health Reports," vol. VL (1930), pp. 1703-16.
- THOMPSON R. H. S., *Cholinesterase and Anticholinesterases*, "Lectures on the Scientific Basis of Medicine," vol. II (1952-53), Univ. of London, London, 1954.
- WIGGLESWORTH V. D., *A Case of DDT Poisoning in Man*, "Brit. Med. Jour.," vol. I (14 Aprile 1945), p. 517.

Capitolo tredicesimo

- ALEXANDER P., *Radiation-Imitating Chemicals*, "Sci. American," vol. CCII (1960), n. 1, pp. 99-108.
- BEARN A. G. e J. L. GERMAN III, *Chromosomes and Disease*, "Sci. American," vol. CCV (1961), n. 5, pp. 66-76.
- BLASQUEZ J. e J. MAIER, *Ginandromorfismo en Culex fatigans, sometidos por generaciones sucesivas a exposiciones de DDT*, "Revista de Sanidad y Asistencia Social," (Caracas), vol. XVI (1951), pp. 607-12.
- BRACHET J., *Biochemical Cytology*, New York, 1957, p. 516.
- BRODY T. M., *Effect of Certain Plant Growth Substances on Oxidative Phosphorylation in Rat Liver Mitochondria*, "Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.," vol. LXXX (1952), pp. 533-36.
- BRYSON M. J. e al., *DDT in Eggs and Tissues of Chickens Fed Varying Levels of DDT*, "Advances in Chem.," Ser. n. 1, 1950.
- BURLINGTON H. e V. F. LINDEMAN, *Effect of DDT on Testes and Secondary Sex Characters of White Leghorn Cockerels*, "Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.," vol. LXXIV (1950), pp. 48-51.

- BURNET F. M., *Leukemia As a Problem in Preventive Medicine*, "New Eng. Jour. Med.," vol. CCLIX (1958), n. 9, pp. 423-31.
- Chromosome Abnormality in Chronic Myeloid Leukemia*, "Brit. Med. Jour.," vol. I (4 Febbraio 1961), p. 347.
- CONEN P. E. e G. S. LANSKY, *Chromosome Damage during Nitrogen Mustard Therapy*, "Brit. Med. Jour.," vol. II (21 Ottobre 1961), pp. 1055-57.
- Congenital Malformations Subject of Study*, "Registrar," U.S. Public Health Service, vol. XXIV, n. 12 (Dicembre 1959), p. 1.
- COTTAM C., *Some Effects of Sprays on Crops and Livestock*, Soil Conservation Soc. of Am., Agosto 1961, mimeografia.
- DANZIGER L., *Anoxia and Compounds Causing Mental Disorders in Man*, "Disease Nervous System," vol. VI (1945), n. 12, pp. 365-70.
- EMMEL L. e M. KRUPPE, *The Mode of Action of DDT in Warm-blooded Animals*, "Zeits. für Naturforschung," vol. I (1946), pp. 691-95.
- ERNSTER L. e O. LINDBERG, *Animal Mitochondria*, "Annual Rev. Physiol.," vol. XX (1958), pp. 13-42.
- FORD C. E. e P. A. JACOBS, *Human Somatic Chromosomes*, "Nature," 7 Giugno 1958, pp. 1565-68.
- GENELLY R. E. e R. L. RUDD, *Chronic Toxicity of DDT, Toxaphene, and Dieldrin to Ring-necked Pheasants*, "Calif. Fish and Game," vol. XLII (1956), n. 1, pp. 5-14.
- GENELLY R. E. e R. L. RUDD, *Effects of DDT, Toxaphene, and Dieldrin on Pheasant Reproduction*, "Auk," vol. LXXIII (Ottobre 1956), pp. 529-39.
- GOLDBLATT H. e G. CAMERON, *Induced Malignancy in Cells from Rat Myocardium Subjected to Intermittent Anaerobiosis During Long Propagation in Vitro*, "Jour. Exper. Med.," vol. XCVII (1953), n. 4, pp. 525-52.
- GREEN D. E., *Biological Oxidation*, "Sci. American," vol. CXC (1958), n. 1, pp. 56-62.
- HADORN E. e al., *Chemical Mutagenesis*, "Biol. Rev.," vol. XXIV (1949), pp. 355-91.
- HODGE C. H. e al., *Short-Term Oral Toxicity Tests of Methoxychlor in Rats and Dogs*, "Jour. Pharmacol. and Exper. Therapeut.," vol. IC (1950), p. 140.
- JACOBS P. A. e al., *The Somatic Chromosomes in Mongolism*, "Lancet," n. 7075 (4 Aprile 1959), p. 710.
- KOSTOFF D., *Induction of Cytogenic Changes and Atypical Growth by Hexachlorcyclohexane*, "Science," vol. CIX (6 Maggio 1949), pp. 467-68.
- LARDY H. A. e P. H. PHILLIPS, *The Effect of Thyroxine and Dinitrophenol on Sperm Metabolism*, "Jour. Biol. Chem.," vol. CIL (1943), p. 177.

- LEHNINGER A. L., *Energy Trasformation in the Cell*, "Sci. American," vol. CCII (1960), n. 5, pp. 102-14.
- , *Oxidative Phosphorylation*, Harvey Lectures (1953-54), Ser. XLIX, Harvard University, Cambridge, 1955.
- LEVAN A. e J. H. TJO, *Induction of Chromosome Fragmentation by Phenols*, "Hereditas," vol. XXXIV (1948), pp. 453-84.
- LOOMIS W. F. e F. LIPMANN, *Reversible Inhibition of the Coupling between Phosphorylation and Oxidation*, "Jour. Biol. Chem.," vol. CLXXIII (1948), pp. 807-8.
- LOVELESS A. e S. REVELL, *New Evidence on the Mode of Action of "Mitotic Poisons"*, "Nature," vol. CLXIV (1949), pp. 938-44.
- MÜHLING G. N. e al., *Cytological Effects of Herbicidal Substituted Phenols*, "Weeds," vol. VIII (1960), n. 2, pp. 173-81.
- MULLER H. J., *Radiation and Human Mutation*, "Sci. American," vol. CXCIII (1955), n. 11, pp. 58-68.
- Occupational Oligospermia*, "Jour. Am. Med. Assn.," vol. CXL, n. 1249 (13 Agosto 1949).
- PATAU K. e al., *Partial-Trisomy Syndromes; I. Sturge-Weber's Disease*, "Am. Jour. Human Genetics," vol. XIII (1961), n. 3, pp. 287-98.
- , *Partial-Trisomy Syndromes; II. An Insertion As Cause of the OFD Syndrome in Mother and Daughter*, "Chromosoma" (Berlin), vol. XII (1961), pp. 573-84.
- PILLMORE R. E., *Insecticide Residues in Big Game Animals*, U.S. Fish and Wildlife Service, pp. 1-10, Denver, 1961, mimeografia.
- RABINOWITCH E. I., Quoted in *Medical Research: A Midcentury Survey*, vol. II *Unsolved Clinical Problems in Biological Perspective*, Boston, 1955, p. 25.
- SACKLIN J. A. e al., *Effects of DDT on Enzymatic Oxidation and Phosphorylation*, "Science," vol. CXXII (1955), pp. 377-78.
- SASS J. E., *Response of Meristems of Seedlings to Benzene Hexachloride Used As a Seed Protectant*, "Science," vol. CXIV (2 Novembre 1951), p. 466.
- SHENEFELT R. D., *What's Behind Insect Control?*, "What's New in Farm Science," Univ. of Wisc. Agric. Exper. Station Bulletin 512 (Gennaio 1955).
- SIEKEVITZ P., *Powerhouse of the Cell*, "Sci. American," vol. CXCVII (1957), n. 1, pp. 131-40.
- SIMON E. W., *Mechanisms of Dinitrophenol Toxicity*, "Biol. Rev.," vol. XXVIII (1953), pp. 453-79.
- SIMPSON G. G., C. S. PITTENDRIGH e L. H. TIFFANY, *Life: An Introduction to Biology*, New York, 1957.
- SWANSON C., *Cytology and Cytogenetic*, Englewood Cliffs, N. J., 1957.
- The Nature of Radioactive Fall-out and Its Effects on Man*, "Hea-

rings, LXXXV Congresso, Joint Com. on Atomic Energy, parte II (Giugno 1957), p. 1062.

- THERMAN E. e al., *The D Trisomy Syndrome and XO Gonadal Dysgenesis in Two Sisters*, "Am. Jour. Human Genetics," vol. XIII (1961), n. 2, pp. 193-204.
- The Significance of Mutation in Relation to the Origin of Tumors: A Review*, "Cancer Research," vol. XV (1955), n. 4, pp. 201-26.
- WALD G., *Life and Light*, "Sci. American," Ottobre 1959, pp. 40-42.
- WARBURG O., *On the Origin of Cancer Cells*, "Science," vol. CXXIII (1956), n. 3191, pp. 309-14.
- WILSON S. M. e al., *Cytological and Genetical Effects of the Defoliant Endothal*, "Jour. of Heredity," vol. XLVII (1956), n. 4, pp. 151-55.
- YOST H. T. e H. H. ROBSON, *Studies on the Effects of Irradiation of Cellular Particulates; III. The Effect of Combined Radiation Treatments on Phosphorylation*, "Biol. Bull.," vol. CXVI (1959), n. 3, pp. 498-506.

Capitolo quattordicesimo

- 1962 *Cancer Facts and Figures*, American Cancer Society.
- Aramite — Revocation of Tolerances; Establishment of Zero Tolerances*, "Federal Register," 24 Dicembre 1958, Food and Drug Administration.
- AYRE J. E. e W. A. G. BAULD, *Thiamine Deficiency and High Estrogen Findings in Uterine Cancer and in Menorrhagia*, "Science," vol. CIII n. 2676 (12 Aprile 1946), pp. 441-45.
- BERENBLUM I. e N. TRAINING, *Possible Two-Stage Mechanism in Experimental Leukemogenesis*, "Science," vol. CXXXII (1 Luglio 1960), pp. 40-41.
- BISKIND M. S. e G. R. BISKIND, *Diminution in Ability of the Liver to Inactivate Estrone in Vitamin B Complex Deficiency*, "Science," vol. XCIV, n. 2446 (Novembre 1941), p. 462; *The Nutritional Aspects of Certain Endocrine Disturbances*, "Am. Jour. Clin. Path.," vol. XVI (1946), n. 12, pp. 737-45; *Effect of Vitamin B Complex Deficiency on Inactivation of Estrone in the Liver*, "Endocrinology," vol. XXXI (1942), n. 1, pp. 109-14; *Inactivation of Testosterone Propionate in the Liver During Vitamin B Complex Deficiency. Alteration of the Estrogen-Androgen Equilibrium*, "Endocrinology," vol. XXXII (1943), n. 1, pp. 97-102.
- BISKIND M. S. e M. C. SHELESNYAK, *Effect of Vitamin B Complex Deficiency on Inactivation of Ovarian Estrogen in the Liver*, "Endocrinology," vol. XXX (1942), n. 5, pp. 819-20.

WRIGHT C. e al., *Agranulocytosis Occuring after Exposure to a DDT Pyrethrum Aerosol Bomb*, "Am. Jour. Med.," vol. I (1946), pp. 562-67.

Capitolo quindicesimo

- ALLEN D. L., *Our Wildlife Legacy*, New York, 1954, pp. 234-36.
- BISHOPP F. C., *Insect Friends of Man*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 79-87.
- BRIEJÈR C. J., *The Growing Resistance of Insects to Insecticides*, "Atlantic Naturalist," vol. XIII (1958), n. 3, pp. 149-55.
- CLAUSEN C. P., *Parasites and Predators*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 380-88.
- , *Biological Control of Insects Pests in the Continental United States*, U.S. Dept. of Agric. Technical Bulletin n. 1139 (Giugno 1956), pp. 1-151.
- DAVIES D. M., *A Study of the Black-fly Population of a Stream in Alonquin Park, Ontario*, "Transactions," Royal Canadian Inst., vol. LIX (1950), pp. 121-59.
- DAVIES D. W., *Some Effects of DDT on Spider Mites*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. VI (1952), n. 6, pp. 1011-19.
- DEBACH P., *Application of Ecological Information to Control of Citrus Pests in California*, "Proc.," Internatl. Congress of Entomologists (1956), vol. III (1958), pp. 187-94.
- FISHER T. W., *What Is Biological Control?*, "Handbook on Biological Control of Plant Pests," pp. 6-18.
- GOULD E. e E. O. HAMSTEAD, *Control of the Red-banded Leaf Roller*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. XLI (1948), pp. 887-90.
- HAEUSSLER G. J., *Losses Caused by Insects*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 141-46.
- HAGEN K. S., *Biological Control with Lady Beetles*, "Handbook on Biological Control of Plant Pests," pp. 28-35.
- JACOB F. H., *Some Modern Problems in Pest Control*, "Science Progress," n. 181 (1958), pp. 30-45.
- JOHNSON P. C., *Spruce Spider Mite Infestations in Northern Rocky Mountain Douglas-Fir Forests*, U.S. Forest Service, Odgen, Utah, 1958.
- JOYCE R. J. V., *Large-Scale Spraying of Cotton in the Gash Delta in Eastern Sudan*, "Bull. Entomol. Research," vol. XLVII (1956), pp. 390-413.
- KLOTS A. B. e E. B. KLOTS, *Beneficial Bees, Wasps, and Ants*, "Handbook on Biological Control of Plants Pests," pp. 44-46.
- LAIRD M., *Biological Solutions to Problems Arising from the Use of Modern Insecticides in the Field of Public Health*, "Acta Tropica," vol. XVI (1959), n. 4, pp. 331-55.

Liver Flukes in Cattle, U.S. Dept. of Agric. Leaflet n. 493 (1961).

LONG W. H. e al., *Fire Ant Eradication Program Increase Damage by the Sugarcane Borer*, "Sugar Bull.," vol. XXXVII (1958), n. 5, pp. 62-63.

- LUCKMANN W. H., *Increase of European Corn Borers Following Soil Application of Large Amounts of Dieldrin*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LIII (1960), n. 4, pp. 582-84.
- PICKETT A. D., *A Critique on Insect Chemical Control Methods*, "Canadian Entomologist," vol. LXXXI (1949), n. 3, pp. 1-10.
- PICKETT A. D. e N. A. PATTERSON, *The Influence of Spray Programs on the Fauna of Apple Orchards in Nova Scotia. IV. A Review*, "Canadian Entomologist," vol. LXXXV (1953), n. 12, pp. 472-78.
- PICKETT A. D., *Controlling Orchard Insects*, "Agric. Inst. Rev.," Marzo-Aprile 1953.
- , *The Philosophy of Orchard Insect Control*, "LXXIX Annual Report," Entomol. Soc. of Ontario (1948), pp. 1-5.
- RIPPER W. E., *Effects of Pesticides on Balance of Arthropod Populations*, "Annual Rev. Entomol.," vol. I (1956), pp. 403-38.
- SABROSKY C. W., *How Many Insects Are There?*, "Yearbook of Agric.," U.S. Dept. of Agric., 1952, pp. 1-7.
- SCHLINGER E. I., *Natural Enemies of Aphids*, "Handbook on Biological Control of Plants Pests," pp. 36-42.
- ULLYET G. C., *Insects, Man and the Environment*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. XLIV (1951), n. 4, pp. 459-64.

Capitolo sedicesimo

- ANON, *Brown Dog Tick Develops Resistance to Chlordane*, "New Jersey Agric.," vol. XXXVII (1955), n. 6, pp. 15-16.
- "New York Herald Tribune," 22 Giugno 1959.
- BABERS F. H., *Development of Insect Resistance to Insecticides*, U.S. Dept. of Agric., E 776 (Maggio 1949).
- , e J. J. PRATT, *Development of Insect Resistance to Insecticides. II. A Critical Review of the Literature up to 1951*, U.S. Dept. of Agric., E. 818 (Maggio 1951).
- BRIEJÈR C. J., *The Growing Resistance of Insects to Insecticides*, "Atlantic Naturalist," vol. XIII (1958), n. 3, pp. 149-55.
- BROWN A. W. A., *Insecticide Resistance in Arthropods*, World Health Organ. Monograph Ser. n. 38 (1958), pp. 11, 13.
- BROWN A. W. A., *The Challenge of Insecticide Resistance*, "Bull. Entomol. Soc. Am.," vol. VII (1961), n. 1, pp. 6-19.
- , *Development and Mechanism of Insect Resistance to Available Toxicants*, "Soap and Chem. Specialties," Gennaio 1960.
- HESS A. D., *The Significance of Insecticide Resistance in Vector Control Programs*, "Am. Jour. Trop. Med. and Hygiene," vol. I (1952), n. 3, pp. 371-88.

- HOFMANN C. H., *Insect Resistance*, "Soap," vol. XXXII (1956), n. 8, pp. 129-32.
- Insect Resistance and Vector Control*, World Health Organ. Technical Report Ser. n. 153 (Ginevra, 1958), p. 5.
- LAIRD M., *Biological Solutions to Problems Arising from the Use of Modern Insecticides in the Field of Public Health*, "Acta Tropica," vol. XVI (1959), n. 4, pp. 331-55.
- LINDSAY D. R. e H. I. SCUDDER, *Nonbiting Flies Disease*, "Annual Rev. Entomol.," vol. I (1956), pp. 323-46.
- QUARTERMAN K. D. e H. F. SCHOFF, *The Status of Insecticide Resistance in Arthropods of Public Health Importance in 1956*, "Am. Jour. Trop. Med. and Hygiene," vol. VII (1958), n. 1, pp. 74-83.
- SCHOFF H. F. e J. W. KILPATRICK, *House Fly Resistance to Organophosphorus Compounds in Arizona and Georgia*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LI (1958), n. 4, p. 546.
- Capitolo diciassettesimo*
- 1957 Gypsy-Moth Eradication Program, U.S. Dept. of Agric. Release 858-57-3. mimeografia.
- ANGUS T. A. e A. E. HEIMPEL, *Microbial Insecticides*, "Research for Farmers," Primavera 1959, pp. 12-13, Canada Dept. of Agric.
- BALCH R. E., *Control of Forest Insects*, "Annual Rev. Entomol.," vol. III (1958), pp. 449-68.
- BRIGGS J. D., *Pathogens for the Control of Pests*, "Biol. and Chem. Control of Plant and Animal Pests," Washington, D.C., Am. Assn. Advancement Sci., 1960, pp. 137-48.
- BUCKNER C. H., *Mammalian Predators of the Larch Sawfly in Eastern Manitoba*, "Proc.," X Congresso Internazionale degli Entomologisti (1956), vol. IV (1958), pp. 353-61.
- BUSHLAND R. C. e al., *Eradication of the Screw-Worm Fly by Releasing Gamma-Ray-Sterilized Males among the Natural Population*, "Proc.," Internatl. Conf. on Peaceful Uses of Atomic Energy, Ginevra, Agosto 1955, vol. XII, pp. 216-20.
- CHRISTENSON L. D., *Recent Progress in the Development of Procedures for Eradicating or Controlling Tropical Fruit Flies*, "Proc.," X Congresso Internazionale degli Entomologisti (1956), vol. III (1958), pp. 11-16.
- CLAUSEN C. P., *Biological Control of Insect Pests in the Continental United States*, U.S. Dept. of Agric. Technical Bulletin n. 1139 (Giugno 1956), pp. 1-151.
- DEBACH P., *Biological Control of Insect Pests and Weeds*, "Jour. Applied Nutrition," vol. XII (1959), n. 3, pp. 120-34.
- EISNER T., *The Effectiveness of Arthropod Defensive Secretions*, in Symposium 4 on "Chemical Defensive Mechanisms," XI Con-

- gresso Internazionale degli Entomologisti, Vienna (1960), pp. 264-67.
- , *The Protective Role of the Spray Mechanism of the Bombardier Beetle, Brachynus ballistarius Lec.*, "Jour. Insect Physiol.," vol. II (1958), n. 3, pp. 215-20.
- , *Spray Mechanism of the Cockroach "Diploptera punctata"*, "Science," vol. CXXVIII n. 3316 (18 Luglio 1958), pp. 148-49.
- FRINGS H. e M. FRINGS, *Uses of Sounds by Insects*, "Annual Rev. Entomol.," vol. III (1958), pp. 87-106.
- FRINGS H. e al., *The Physical Effects of High Intensity Air-Borne Ultrasonic Waves on Animals*, "Jour. Cellular and Compar. Physiol.," vol. XXXI (1948), n. 3, pp. 339-58.
- GÖSSWALD K., *Die Rote Waldameise im Dienste der Waldhygiene*, Lüneburg.
- HEIMPEL A. M. e T. A. ANGUS, *Bacterial Insecticides*, "Bacteriol. Rev.," vol. XXIV (1960), n. 3, pp. 266-88.
- HOFFMANN C. H., *Biological Control of Noxious Insects, Weeds, "Agric. Chemicals"*, Marzo-Aprile 1959.
- HOFFMANN C. H., *New Concepts in Controlling Farm Insects*, Internatl. Assn. Ice Cream Manuf. Conv., 27 Ottobre 1961, mimeografia.
- JACOBSON M. e al., *Isolation, Identification, and Synthesis of the Sex Attractant of Gypsy Moth*, "Science," vol. CXXXII n. 3433 (14 Ottobre 1960), p. 1011.
- KAHN M. C. e W. OFFENHAUSER jr., *The First Field Tests of Recorded Mosquito Sounds Used for Mosquito Destruction*, "Am. Jour. Trop. Med.," vol. XXIX (1949), pp. 800-27.
- KNIPLING E. F., *Control of Screw-Worm Fly by Atomic Radiation*, "Sci. Monthly," vol. LXXXV (1957), n. 4, pp. 195-202.
- , *Screwworm Eradication: Concepts and Research Leading to the Sterile-Male Method*, Smithsonian Inst. Annual Report, Publ. 4365 (1959).
- KNIPLING E. F., *Potentialities and Progress in the Development of Chemosterilants for Insect Control*, presentato al Annual Meeting Entomol. Soc. of Am., Miami, 1961.
- , *Use of Insects for Their Own Destruction*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LIII (1960), n. 3, pp. 415-20.
- LABRECQUE G. C., *Studies with Three Alkylating Agents As House Fly Sterilants*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. LIV (1961), n. 4, pp. 684-89.
- LINDQUIST A. W., *The Use of Gamma Radiation for Control or Eradication of the Screwworm*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. XLVIII (1955), n. 4, pp. 467-69.
- , *Research on the Use Sexually Sterile Males for Eradication of Screw-Worms*, "Proc.," Inter-Am. Symposium on Peaceful Ap-

- plications of Nuclear Energy, Buenos Aires, Giugno 1959, pp. 229-90.
- LINDQUIST A. W., *Entomological Uses of Radioisotopes*, "Radiation Biology and Medicine," U.S. Atomic Energy Commission, 1958, C. XXVII, parte VIII, pp. 688-710.
- LINDQUIST A. W., *Chemicals to Sterilize Insects*, "Jour. Washington Acad. Sci., Novembre 1961, pp. 109-14.
- , *New Ways to Control Insects*, "Pest Control Mag.," Giugno 1961.
- MACLEOD C. F., *The Introduction of the Masked Shrew into Newfoundland*, "Bi-Monthly Progress Report," Canada Dept. of Agric., vol. XVI, n. 2. (Marzo-Aprile 1960).
- MITLIN N., *Chemical Sterility and the Nucleic Acids*, presentato il 27 Novembre 1961 al Symposium on Chemical Sterility, Entomol. Soc. of Am., Miami.
- MORRIS R. F., *Differentiation by Small Mammal Predators between Sound and Empty Cocoons of the European Spruce Sawfly*, "Canadian Entomologist," vol. LXXXI (1949), n. 5.
- POTTS W. H., *Irradiation and the Control of Insect Pests*, "Times" (London) Sci. Rev., Estate 1958, pp. 13-14.
- Research Report, 1956-1959*, Entomol. Research Inst. for Biol. Control, Belleville, Ontario, pp. 9-45.
- RUPPERTSHOFEN H., *Forest-Hygiene*, V World Forestry Congress, Seattle, Wash. (29 Agosto-10 Settembre 1960).
- Screwworm vs. Screwworm*, "Agric. Research," Luglio 1958, p. 8, U.S. Dept. of Agric.
- STEINHAUS E. A., *Microbial Control — The Emergence of and Idea*, "Hilgardia," vol. XXVI, n. 2 (Ottobre 1956), pp. 107-60.
- , *Concerning the Harmlessness of Insect Pathogens and the Standardization of Microbial Control Products*, "Jour. Econ. Entomol.," vol. L, n. 6 (Dicembre 1957), pp. 715-20.
- , *Living Insecticides*, "Sci. American," vol. CVC, n. 2 (Agosto 1956), pp. 96-104.
- TANADA Y., *Microbial Control of Insect Pests*, "Annual Rev. Entomol.," vol. IV (1959), pp. 277-302.
- Tests of a Microbial Insecticide against Forest Defoliators*, "Bi-Monthly Progress Report, Canada Dept. of Forestry, vol. XVII, n. 3 (Maggio-Giugno 1961).
- Traps Indicate Screwworm May Still Exist in Southeast*, U.S. Dept. of Agric. Release nn. 1502-59 (3 Giugno 1959), mimeografia.
- USDA May Have New Way to Control Insect Pests with Chemical Sterilants*, U.S. Dept. of Agric. Release nn. 3587-61 (1 Novembre 1961), mimeografia.
- WILLIAMS C. M., *The Juvenile Hormone*, "Sci. American," vol. CXCVIII, n. 2 (Febbraio 1958), p. 67.

Bibliografia italiana

- DEL VECCHIO V., *Aspetti tossicologici dei pesticidi usati in campo agrario*, "Atti Accad. Naz. dei Lincei," a. CCCLIX, 1962, quaderno n. 58, pp. 43-55.
- GRANDI G., *Gli Insetti, i loro fattori di mortalità, gli squilibri biologici e le conseguenze su questi dall'intervento dell'Uomo*, "Atti Accad. Naz. dei Lincei," a. CCCLIX, 1962, quaderno n. 58, pp. 7-22.
- GRANDI G., *Discorso della celebrazione di Lionello Petri*, "Annali della Sperimentazione agraria," Supplemento; n.s., vol. II, 1948, 8 pp.
- GRANDI G., *Parole pronunciate in occasione del IV Congresso Tecnico Nazionale della Bieticoltura*, IV Conv. tecn. naz. Bieticolt., 2-3 aprile 1949, Bologna, 1949, pp. 57.
- GRANDI G., *Presentazione*, "Inform. Fitopatol.," n. 1-2, vol. I, 1951, 1 p.
- GRANDI G., *Discorso presidenziale per l'inaugurazione dell'Accademia*, "Atti Accad. Naz. Ital. Entom. Rendiconti," anno I, 1951-52, pp. 3-14.
- GRANDI G., *Discorso agli Agricoltori Emiliani*. Osserv. Fitopatol. annesso all'Istit. Entom. Univ. Bologna, 1952, 5 pp.
- GRANDI G., *Gli equilibri biologici e la lotta artificiale contro gli Insetti nocivi*, Settimane culturali del Centro di Studi di Trento dell'Univ. di Bologna, 1955, pp. 15-20.
- MILANI R., *La formazione di stipiti di Insetti resistenti agli insetticidi*, "Atti Accad. Naz. dei Lincei," a. CCCLIX, 1962, quaderno n. 58, pp. 23-32.
- PAVAN M., *Premesse e attuazioni per l'utilizzazione delle Formiche del gruppo Formica rufa per la difesa delle Foreste*, "Atti Accad. Naz. dei Lincei," a. CCCLIX, 1962, quaderno n. 58, pp. 34-42.
- PRINCIPI M. M., *I metodi di controllo integrato nella difesa delle piante coltivate dagli attacchi degli Artropodi*, Estratto dal vol. IX, Serie Settima dell'Accad. Economico-agraria dei Georgofili, vol. CXXXVIII dall'inizio.
- QUILICO A., *Alcune nuove prospettive nella lotta contro gli Insetti*

"Pochi altri libri hanno avuto un impatto
sociale e culturale così grande"

la Repubblica

È raro che un libro riesca a modificare il corso della storia, eppure questo saggio è riuscito a farlo. "Il libro di Rachel Carson, pietra miliare dell'ambientalismo, è la prova innegabile di quanto il potere di un'idea possa essere di gran lunga più forte del potere dei politici": così scrive nella sua *Introduzione* Al Gore, vicepresidente degli Stati Uniti nell'amministrazione Clinton. Carson prevede con forte anticipo sui suoi tempi gli effetti in agricoltura dell'uso degli insetticidi chimici, e di sostanze velenose, inquinanti, cancerogene o letali, sull'uomo e sulla natura. Dopo la pubblicazione dell'opera nel 1962, il DDT è stato vietato e si è presa una serie di provvedimenti legislativi in materia di tutela ambientale. L'appassionato impegno, lo scrupoloso rispetto della verità e il coraggio personale della sua autrice sono serviti da modello nella lotta per la difesa dell'ambiente in tutto il mondo, e lei stessa può essere considerata "madre" del movimento ambientalista. *Primavera silenziosa*, che è ormai un classico e conserva tuttora una grandissima attualità, dimostra che esistono diverse alternative all'irresponsabile e impudente avvelenamento del pianeta da parte delle industrie chimiche. Per evitare che la primavera scompaia dalla faccia della Terra.

RACHEL CARSON (1907-1964), biologa marina, con *Primavera silenziosa*, apparso originariamente nel 1962, ha scritto una pietra miliare dell'ambientalismo; si tratta di un libro che conserva ancora oggi tutta la sua attualità. Tradotto nel 1963, è qui riproposto con una *Introduzione* del 1999 di Al Gore.

Introduzione di Al Gore

Art director: Cristiano Guerri.
Cover design: Ufficio grafico Feltrinelli.
In copertina: © Joe Munroe/Getty Images.

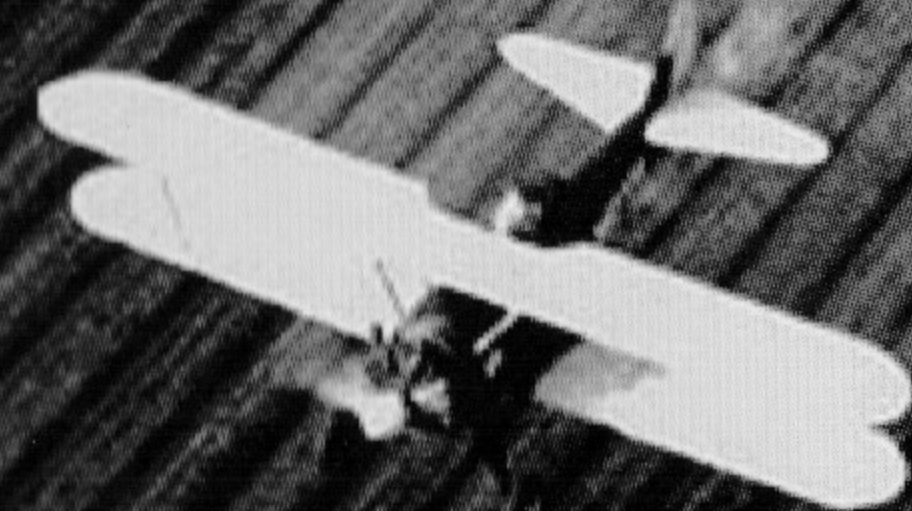
euro 10,00



8881

RACHEL CARSON
PRIMAVERA SILENZIOSA

Feltrinelli



RACHEL CARSON Primavera silenziosa

UNIVERSALE
ECONOMICA
FELTRINELLI / SAGGI