

STORIA DEI MEZZI DI LOTTA ED EVOLUZIONE DELLA DIFESA DAI PRINCIPALI FITOFAGI IN ITALIA

A. CAPELLA¹, P. CRAVEDI², G. LACCONE³, A. POLLINI³, B. SGARZI³

¹ Sipcam SpA, Via Sempione, 195, 20165 Pero (MI)

² Istituto di Entomologia e Patologia vegetale - Università Cattolica del Sacro Cuore
via Emilia Parmense 84 29122 Piacenza

³ Dottori Agronomi
piero.cravedi@unicatt.it

1. STORIA ED EVOLUZIONE DEI MEZZI PER LA DIFESA DAI FITOFAGI

Premessa

Sin dalla nascita dell'attività agricola, l'uomo ha dovuto difendere le sue produzioni da avversità di natura abiotica e biotica. In un rapido "escursus" storico, a lunghi periodi, possono essere ricordati gli avvenimenti più salienti che hanno caratterizzato le difficoltà incontrate dall'agricoltore e il cammino intrapreso per la difesa delle colture dalle suddette avversità, considerato che spesso la "calamità" condizionava la sopravvivenza di intere popolazioni.

Se all'inizio l'agricoltura poteva assicurare, in situazioni normali, il sostentamento delle popolazioni, il progressivo e forte incremento della popolazione mondiale poneva interrogativi sulla disponibilità alimentare e prevedeva conseguenti carestie.

Infatti occorre ricordare che la popolazione mondiale arrivava ad appena un miliardo nel 1800, per poi passare in 130 anni a due miliardi nel 1930, a quattro miliardi nel 1975, da cinque miliardi nel 1987 a 6 miliardi nel 1999 e, nel volgere di soli 12 anni, agli attuali 7 miliardi.

Ponendo lo sguardo all'inizio del secolo scorso, l'assetto colturale era ben diverso da quello attuale. Almeno in pianura era generalizzata la coltura promiscua, con forte preponderanza del frumento e del mais. Il pane e la polenta rappresentavano le principali fonti alimentari per la popolazione molto povera del tempo. La medica o il prato erano necessari per l'ottenimento di fieno destinato in gran parte al sostentamento degli animali impiegati per il lavoro agricolo e per modeste produzioni di latte.

Relativamente alle colture arboree la vite era quella predominante, allevata in isolati filari, intramezzati ai campi ospitanti le colture erbacee. Le piante da frutto erano essenzialmente quelle poste in testata o all'interno dei filari vitati e intorno alle abitazioni rurali, in grado di fornire scarse produzioni, spesso danneggiate da insetti e crittogame, destinate esclusivamente al consumo della famiglia contadina e padronale.

A quei tempi gli agricoltori conobbero, per loro fortuna, un numero ben ridotto di avversità, contro le quali ben pochi erano però i preparati disponibili.

I trattamenti allora realizzati interessavano esclusivamente la vite, con l'impiego di poltiglia bordolese contro la peronospora e di zolfo contro il mal bianco.

In Romagna, con l'opera di alcuni pionieri, soprattutto di Adolfo Bonvicini (1854-1916), furono gettate le basi per la frutticoltura che portò poi all'avvento di quella intensiva negli anni 1925-1926 e il suo sviluppo dopo il 1930 con produzioni non più per il consumo in azienda, ma destinate alla commercializzazione.

E' con l'avvento della frutticoltura specializzata e con l'introduzione della bieticoltura che la difesa diviene indispensabile per la salvaguardia delle produzioni, ricorrendo a insetticidi inorganici e alle prime sostanze organiche di sintesi con elevata attività e spesso con notevole persistenza di azione. Questi nuovi prodotti furono accolti con grande favore e si creò un momento quasi magico della lotta alle avversità parassitarie, tanto da far pensare ai più che ormai buona parte dei problemi di difesa delle piante erano da considerarsi risolti.

A rompere clamorosamente l'incanto, a parte le voci di illustri scienziati, fra i quali Guido Grandi che già dal 1947 aveva messo in guardia contro questi entusiasmi, sviluppando alcune iniziative di lotta biologica, fu il libro di Rachel Carson "Silent Spring" (Primavera silenziosa), pubblicato nel 1962.

L'uso indiscriminato dei nuovi insetticidi determinò modificazioni tra le componenti biotiche dannose e quelle ausiliarie rivelandosi deleterio e capace di creare più problemi di quanti ne risolvesse (selezione di organismi resistenti, comparsa di nuove avversità prima controllate biologicamente, pericoli di residui tossici negli alimenti, inquinamento dell'ambiente).

Si iniziò a ragionare su basi nuove e, pur riconoscendo che fosse impensabile rinunciare alla lotta chimica, si riteneva, tuttavia, di doverne limitare l'uso al minimo indispensabile. Si passò dalla "lotta a calendario" alla "lotta guidata" e al concetto di "lotta integrata".

Già nel 1965 un gruppo di lavoro di Entomologi italiani, finanziato dal C.N.R., iniziò a lavorare in questo senso; poi tale tipo di lotta venne avvalorata dagli esperti della FAO riuniti a Roma nel 1968, in una definizione così espressa: "*sistema di regolazione della popolazione dei fitofagi dannosi che, nel contesto dell'ambiente in cui si opera e nella dinamica delle popolazioni dei fitofagi, coinvolga tutte le tecniche e i metodi appropriati nel modo più compatibile e mantenga le popolazioni dei fitofagi a livelli in cui essi non causino danno economico*".

In altri termini il nuovo concetto di lotta integrata è un metodo di lotta che, accanto ai mezzi chimici, impiega anche quelli biologici, agronomici, fisici, genetici, ecc. Si interrompe pertanto il duello tra antiparassitari e avversità parassitarie ponendo "la pianta coltivata al centro di una moltitudine di fattori interdipendenti che giocano un ruolo determinante sulla quantità e la qualità della produzione, dove la lotta antiparassitaria è soltanto uno di questi fattori".

L'altro momento di evoluzione della difesa fitosanitaria e dell'impiego degli insetticidi è stato l'emissione del Reg. CEE 2078/92 che con la misura A/1 incentivava, a compenso, la riduzione qualitativa e quantitativa dei prodotti fitosanitari e dei fertilizzanti per l'ottenimento di "*produzioni ecocompatibili*" e con la incentivazione della misura A/2 dava un grande impulso alle "*produzioni biologiche*" con l'uso di preparati particolari, che soprattutto escludono quelli della sintesi organica.

Attualmente la difesa, da "*convenzionale*", basata sull'uso di tutti i prodotti autorizzati contro i parassiti sulla coltura da difendere, è passata a quella "*ecosostenibile*" e a quella tesa alle "*produzioni biologiche*".

Favorisce una maggiore attenzione nell'uso corretto dei prodotti fitosanitari e dei fertilizzanti la crescente sensibilità dei consumatori verso prodotti di qualità, sia dal punto di vista merceologico che da quello igienico-sanitario. Anche la grande distribuzione influenza in maniera determinante la realizzazione di prodotti di "qualità" e spesso stabilisce rigorosi disciplinari di produzione per l'acquisto di ortofruttili.

L'evoluzione delle sostanze utilizzate contro i fitofagi

Nel corso di un secolo la difesa ha subito una forte innovazione determinata dalla scoperta di nuove sostanze. Attraverso la ricerca, soprattutto a partire dagli ultimi tre decenni del secolo scorso, sono state prodotte nuove sostanze attive, sempre più specifiche; nel contempo con l'acquisizione di conoscenze in merito alla tossicità degli antiparassitari sono state revocate quelle ritenute troppo pericolose per la salute umana e per l'ambiente, nel senso più ampio della parola.

Il riesame delle sostanze attive è poi proseguito in questo secolo, con la Direttiva U.E. 91/414 e la conseguente revoca di numerosi preparati.

L'uso più consapevole delle molecole chimiche maggiormente compatibili con l'ambiente e le esigenze del consumatore, lo sfruttamento di antagonisti naturali, l'adozione di nuove tecniche di difesa (confusione e disorientamento sessuale, catture massali, ecc.), nell'ottica della realizzazione di produzioni ecosostenibili, hanno consentito il raggiungimento di un giusto equilibrio biologico con la conseguente forte riduzione di trattamenti nei confronti di specie fitofaghe che in un non lontano passato hanno creato non pochi problemi all'agricoltura.

Fino al 1928 gli insetticidi disponibili erano solamente rappresentati da preparati inorganici (comprendenti polisolfuri di calcio e di bario e derivati arsenicali), nitroderivati, oli, prodotti di origine vegetale quali i prodotti nicotinici, i derivati del legno quassio e le piretrine naturali.

Già si iniziava a parlare di derivati fluorurati (floruri e fluorosilicati) e dei primi composti organici per sostituire soprattutto i prodotti di derivazione naturale, costosi e divenuti scarsamente disponibili in seguito alla maggiore richiesta derivante dallo sviluppo della frutticoltura.

Polisolfuri

Dello zolfo fu dapprima conosciuta l'attività anticrittogamica nel 1821 da parte dell'inglese J. Robertson. Poco più tardi, nel 1835, Agostino Bassi ne evidenziò l'efficacia contro *Beauveria bassiana*, fungo agente del mal del calcino del baco da seta. Dal 1846, in seguito alla introduzione dall'America e alla rapida diffusione in Europa del mal bianco della vite, lo zolfo divenne fondamentale nella lotta contro questa avversità.

I polisolfuri, usati fin dal 1866 in California in virtù della loro attività anticoccidica, manifestano una buona efficacia insetticida. Il polisolfuro di calcio, dapprima preparato a livello rurale con calce viva, zolfo e acqua in ebollizione in contenitori di ferro, è stato poi prodotto industrialmente. Esclusivamente di preparazione industriale è invece stato il polisolfuro di bario, ottenuto facendo reagire lo zolfo con il solfuro di bario (ottenuto dalle baritine minerali a base di solfato di bario). Meno efficace come anticoccidico del precedente, si rivelò adatto per il pesce, in quanto meno caustico, più vantaggioso per lo stoccaggio in quanto polverulento, più facile per il trasporto e per la preparazione della poltiglia insetticida.

I polisolfuri hanno innanzitutto un'azione caustica, derivante dalla loro alcalinità, più energica da parte del polisolfuro di calcio. Nel 1949 Malenotti osservò una maggiore attività se riscaldati a 70-75 °C e addirittura fu ideato un apparecchio che consentiva il riscaldamento dei polisolfuri all'atto della distribuzione.

I polisolfuri svolgono anche un'azione antifissativa, nel senso che ostacolano l'insediamento dei diaspini sulle parti trattate, e l'idrogeno solforato che liberano agisce per asfissia in seguito all'occlusione delle trachee.

I polisolfuri hanno trovato largo impiego, come anticoccidici, soprattutto dopo la seconda guerra mondiale, in seguito al progressivo aumento delle popolazioni della Cocciniglia di

S.Josè (*Quadraspidiotus perniciosus*). Il polisolfuro di bario è stato poi revocato, per cui attualmente è disponibile solo quello di calcio.

Fosfuri

Il fosforo di zinco trovò impiego nella lotta contro le cavallette e il grillotalpa (*Gryllotalpa gryllotalpa*), per la preparazione di esche avvelenate. Ingerito dagli insetti sviluppava fosfina (PH_3) altamente tossica. Esso trovò pure impiego contro il rodilegno (*Cossus cossus* e *Zeuzera pyrina*) per la preparazione dei “*fuscelli antitarlo*” (prodotti dalla Soc. S.A.F.F.A, lunghi circa 7 cm rivestiti per 2/3 da una pasta di fosforo di zinco e di acido ossalico), che introdotti per la loro intera lunghezza nelle gallerie dei rodilegno liberavano, a contatto dell’umidità, fosfina letale per le larve.

Di questa categoria di insetticidi inorganici sopravvivono attualmente i fosfuri di alluminio e di magnesio, che agiscono liberando fosfina a contatto con l’umidità presente nell’aria e che sono tuttora utilizzati per la disinfestazione delle derrate immagazzinate. Si tratta di prodotti regolamentati dalla normativa sui gas tossici che prevede rigorose restrizioni per il loro impiego.

Florurati

Trattasi di derivati fluoridrici, poco solubili in acqua. Riferibili a questo gruppo di insetticidi inorganici erano i fluoruri di bario e piombo, il fluoruro doppio di sodio e alluminio (cryolite artificiale), il fluorosilicato di bario (conosciuto come Polvere del diavolo), il fluorosilicato di calcio e il fluocloruro di bario.

Essi agivano per ingestione, esplicando un’azione tossica decisamente superiore a quella degli arseniati. Sono da attribuire a Marcovich e a Walker & Mills le ricerche svolte negli U.S.A. negli anni 1926 e 1927 in merito alla loro efficacia nei confronti del curculionide *Anthonomus grandis*. Si riteneva possedessero un’azione tossica attenuata nei confronti dell’uomo, ma il loro impiego fu contenuto essendo il loro costo superiore a quello degli arseniati. Trovarono impiego per lungo tempo contro grillotalpa, cavallette, grilli, agrotidi, tipule e arvicole.

Derivati arsenicali

Sono stati i principali rappresentanti degli insetticidi della “prima generazione”. La loro tossicità si estrinseca per ingestione, in seguito all’azione dei succhi gastrici. Già dal 1894 era conosciuto, negli Stati Uniti, l’**arseniato di calcio**, utilizzato contro gli insetti del cotone. Esso era caratterizzato da un’attività insetticida superiore agli altri arseniati e da un notevole grado di finezza. La solubilità, seppur molto ridotta, era dovuta all’effetto dell’anidride carbonica dell’aria. I prodotti solubili esplicavano l’azione insetticida ma erano in grado però di causare qualche ustione sulle giovani parti vegetative.

Gli **arseniati di piombo** furono prodotti non per associare l’azione tossica dell’arsenico a quella del piombo, ma per ottenere arseniati colloidali con un’ottima finezza ed insolubili in acqua, pertanto esenti da possibili effetti fitotossici. Trattasi però di preparati con maggior tossicità verso l’uomo e gli animali per l’azione del piombo. Essi hanno trovato impiego in frutticoltura fino alla fine degli anni ‘50 per interventi contro gli insetti carpofagi (soprattutto contro *Cydia pomonella*), spesso con risultati scarsi per la mancanza di azioni contatticide, sottoepidermiche e citotropiche. Il comportamento della larva, che prima di penetrare nel frutto rigetta la parte di buccia erosa, era un’altra causa di scarsa efficacia. Essi trovarono altresì impiego contro la ragna del melo (*Yponomeuta malinellus*), l’antonomo del melo

(*Anthonomus pomorum*), il sigaraio della vite (*Byctiscus betulae*), le tentredini (*Hoplocampa* spp.) e la dorifora della patata (*Leptinotarsa decemlineata*).

Durante il ventennio autarchico, per sopperire all'embargo commerciale, furono prodotti e commercializzati formulati a base di **arseniato di alluminio** (*Arsall*-Montecatini, *Arsino*-Osiride).

Gli arseniati di magnesio e di bario, pur essendo efficaci, non trovarono pratico impiego in quanto troppo costosi.

Gli **arseniti** di sodio (Na_2HAsO_3) e di potassio (K_2HAsO_3), altamente tossici, molto solubili e fitotossici per la loro causticità, trovarono impiego per la preparazione, insieme alla melassa, di esche per la lotta contro la mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*).

L'**acetoarsenito di rame**, conosciuto come Verde di Parigi, Verde di Schweinfurt e Verde S.Giorgio Urania, era caratterizzato da una tossicità superiore all'arseniato di calcio. Esso fu utilizzato per la preparazione di esche per il grillotalpa, poi abbandonato per il suo costo elevato e sostituito da altri preparati.

Fumiganti

L'**acido cianidrico** (HCN) trovò applicazione, come mezzo di lotta contro gli insetti, dapprima in America nel già lontano 1886. In Italia le prime applicazioni avvennero contro la cocciniglia bianca-rossa degli agrumi (*Chrysomphalus dictiospermi*) a seguito delle indicazioni risalenti a Filippo Silvestri nel 1909 e a quelle di Giovan Battista Grassi nel 1913. L'HCN è un gas che veniva applicato utilizzandolo in forma liquida, compresso in bombole, od ottenuto facendo reagire l'acido solforico con un cianuro (generalmente di sodio). Fu utilizzato per la lotta obbligatoria contro le cocciniglie delle piante di agrumi in pieno campo, dopo averle adeguatamente coperte con appositi tendoni mobili impermeabili, operando con temperature inferiori ai 20 °C al fine di evitare scottature fogliari e filloptosi. La dose d'impiego era in genere pari a g 5 di cianuro di sodio per m³ per temperature fino a 10 °C, ridotta del 15% ogni 10°C di temperatura in più. Appare evidente l'enorme rischio per la salute degli addetti alle fumigazioni in campo considerando l'elevatissima tossicità del prodotto e il suo stato gassoso.

Nel 1955 l'impiego dell'HCN sugli agrumi risultava ancora diffuso, ma è poi stato eliminato dalla difesa per la sua pericolosità.

Il **solfo di carbonio** è un liquido fumigante che trovò impiego nella lotta contro la fillossera della vite, iniettato a piccole dosi nel terreno con palo iniettore per uccidere le gallecole radicolose, ma già dagli anni '20-'30 era usato per il trattamento fumigante dei semi di fagioli in magazzino (contro il tonchio) e frumento (contro punteruolo e tignole). Per la sua elevata efficacia e il costo moderato fu uno degli insetticidi più usati per la disinfestazione dei cereali nei granai. La dose d'impiego era pari a g. 40-50 per i granai ben chiusi e saliva a g 50-60 per quelli aperti o con tenuta precaria. Essendo più pesante dell'aria i suoi vapori si diffondevano in profondità nella massa del cereale. Il liquido veniva posto in bicchieri dislocati alla superficie della massa del cereale o, ricoperti con garza, affondati in essa, oppure si introduceva il liquido fumigante nella massa avvalendosi di imbuti con lungo collo munito di fori e chiuso all'estremità. L'infiammabilità dei vapori imponeva l'adozione di numerose precauzioni onde evitare scoppi ed incendi.

Il **tetracloruro di carbonio**, non infiammabile e senza rischi di scoppio, fu ampiamente utilizzato. Aveva un costo maggiore rispetto al solfo di carbonio ed era meno tossico e meno volatile. La dose d'impiego era di 75-80 g per quintale di grano. La sua azione disinfestante era talora incompleta per cui di sovente il dosaggio veniva raddoppiato. Spesso veniva utilizzato in miscela con il solfo di carbonio.

Dicloroetano è un liquido fumigante i cui vapori sono 3,5 volte più pesanti dell'aria, meno infiammabili rispetto al solfuro di carbonio, con attività insetticida leggermente inferiore a quella di quest'ultimo ma superiore a quella del tetracloruro di carbonio. Trovò impiego per la disinfestazione dei cereali e dei semi immagazzinati. Non poteva essere usato per derrate ricche di grassi in quanto queste assumevano sapori e odori sgradevoli.

1,3-Dicloropropene è un fumigante liquido insetticida-nematocida attivo contro nematodi liberi, cisticoli e galligeni, con azione anche nei confronti di insetti terricoli, miriapodi e arvicole e in grado di rimediare gli stati di "stanchezza del terreno" onde permettere reimpianti di frutteti e vigneti. Ora revocato, ha trovato nel passato ampia applicazione su terreno nudo, iniettato ad una profondità di 30-35 cm con successiva rullatura o irrigazione per evitare perdite per evaporazione. Essendo fitotossico, tra l'applicazione e le semine o i trapianti occorre lasciar trascorrere almeno 4 settimane per le semine o i trapianti di piante erbacee e 8-12 settimane nel caso di reimpianti di frutteti e, dopo tale periodo, era necessaria una lavorazione del terreno per disperdere i residui di gas eventualmente presenti.

Bromuro di metile è un gas tossico con attività nematocida, insetticida e fungicida, ora revocato, che ha trovato impiego per la fumigazione del terreno nudo destinato a colture ortive e all'impianto di fruttiferi. Veniva distribuito da parte di personale specializzato (autorizzato ai sensi dell'art. 147 del R.D. 9.1.1927 e fornito del patentino per l'impiego di gas tossici, secondo l'art. 23 del D.P.R. n. 1255/68). Apposite macchine provvedevano ad iniettarlo nel terreno, alla dose di 500-800 kg/ha, procedendo immediatamente alla pacciamatura con film plastico delle superfici trattate al fine di impedire la perdita del gas; l'operazione di disinfestazione era poi seguita dalla rimozione del telo dopo almeno una settimana e da una lavorazione del terreno per arieggiarlo e consentire l'allontanamento del gas residuo.

Cloropicrina è un fumigante del terreno, con prevalente attività fungicida, ma efficace anche contro insetti terricoli e nematodi. Irritante e lacrimogena, veniva addizionata come tracciante al bromuro di metile. Più pesante dell'aria di ben 5-7 volte e scarsamente volatile, persiste a lungo nel terreno.

Anche per questo fumigante vanno rispettate le disposizioni di legge relative all'impiego dei gas tossici. Esso è stato revocato, ma con proroga di utilizzo fino al 30.6.2013.

Quassio e ailanto

Quassio o legno quassio è ottenuto dal legno di *Quassia amara* (pianta arbustiva della famiglia *Simarubaceae*, spontanea della Guaina, del Surinam, del Brasile settentrionale, della Colombia e delle Antille, conosciuta come *Quassia del Surinam*) e da quello di *Picraena* (= *Simaruba*) *excelsa* (pianta nota come *Quassia della Giamaica*, vegetante nelle Antille, soprattutto nell'isola di Giamaica). Il contenuto in quassine (costituente tossico) si aggirava dal 1,5 al 2,7 per mille per la *Quassia del Surinam* e intorno allo 0,7 per mille per quella della Giamaica. Il legno quassio, in segatura o in trucioli, alla dose di kg 1,5 per 100 litri d'acqua, veniva posto a macerare in acqua, facendo poi bollire la soluzione per qualche ora e l'infuso, filtrato, veniva poi usato direttamente o con l'aggiunta di sapone molle potassico. Le quassine agiscono per contatto ed ingestione ed erano utilizzate soprattutto per il trattamento in fioritura contro le treditrini dei fruttiferi. La maggiore importatrice italiana di legno quassio fu la Ditta Dott. Filippo Rangoni di Massalombarda (RA), che nell'anno 1927 commercializzò ben 3000 quintali, distribuiti in tutta l'Italia. Del quassio è rimasto solo il ricordo storico e attualmente non esistono prodotti con registrazione d'impiego.

Caratteristiche simili al quassio erano quelle del legno dell'ailanto (*Ailantus glandulosa*). Questa pianta, appartenente alla famiglia delle *Simarubaceae*, importata per ricavare simil-

quassine, non trovò utilizzo, ma si è poi rivelata infestante a causa della sua forte capacità di diffusione.

Piretro

Già dai tempi remoti, armeni e persiani conoscevano l'efficacia insetticida delle due composite caucasiche *Chrysanthemum roseum* e *C. carneum*. Una maggiore attività insetticida fu rilevata più tardi per *C. cinerariaefolium*, pianta spontanea del litorale dalmato, con individuazione del suo principio attivo nel 1854, da parte del Prof. Viviani dell'Università di Padova. In seguito alla richiesta di prodotto, le coltivazioni del piretro dalmato si estesero dalla Dalmazia all'Erzegovina, al Montenegro e all'Albania. Nuove coltivazioni interessarono le isole dell'arcipelago giapponese (Hokkaido ed altre). Intanto la Gran Bretagna, nel 1934, avviò vaste coltivazioni in Kenia riuscendo a raggiungere la produzione di un 1.000.000 di kg di piretro alla vigilia del secondo conflitto mondiale. L'iniziativa intrapresa dalla Gran Bretagna fu seguita dalla Francia e dal Portogallo, nelle cui colonie estesero le coltivazioni di piretro facendo registrare per la sola Francia una produzione annua intorno ai 600.000 kg. L'estratto, ottenuto sottoponendo i capolini ad un processo estrattivo con solventi organici (es. tricloroetano) contiene sostanze attive (Piretrine I e II, Cinerine I e II, Jasmolina I e II) che, per contatto, hanno un'attività neurotossica, depolarizzando in maniera permanente la membrana degli assoni attraverso il prolungamento dell'apertura dei canali ionici del Na⁺. Gli estratti, poco stabili alla luce e termolabili, trovarono un limitato impiego. Gli attuali preparati commerciali sono stati resi maggiormente efficaci e stabili in seguito all'aggiunta di sinergizzanti (es. piperonilbutossido) e antiossidanti. Essi sono utilizzati contro gli insetti delle abitazioni e per l'agricoltura biologica.

Rotenone

Trattasi di un insetticida naturale estratto, sotto forma di resina, dalle radici di piante tropicali appartenenti alla famiglia delle leguminose ed ai generi *Derris*, *Lonchocarpus* e *Theoprosia*. Le radici di tali piante erano note localmente come *cubè* (in Perù), *timbo* (in Brasile) e *barbasco* (in Guiana e Venezuela). Il principio attivo fu isolato dapprima nel 1835, da Geoffroy, dalle radici di *Lonchocarpus nicou* e chiamato appunto *nicouline*. Successivamente, nel 1902, Nagai lo isolò da *Derris chinensis*, pianta conosciuta localmente come *roh-ten*, onde il nome di rotenone attribuito alla sostanza insetticida. Il rotenone agisce per contatto ed ingestione, inibendo il processo respiratorio mitocondriale attraverso i siti MET^h I (Mitochondrial Electron Transport, site I) della catena di trasporto degli elettroni. Molto tossico per i pesci, è stato revocato e il suo utilizzo in campo è ammesso fino al mese di aprile dell'anno in corso.

Sostanze simil-rotenoidi furono individuate nell'*Amorpha fruticosa* (leguminosa arbustiva originaria dell'America, da noi conosciuta come Gaggia, presente nelle golene e nelle zone vallive padane), per cui fu prospettato a quei tempi un certo interesse per ricavare sostanze insetticide.

Veratrine

Dai semi di sabadilla (*Schoenocaulon officinale*) e di veratro (*Veratrum album* e *V. viride*) furono ricavati estratti contenenti un gruppo di alcaloidi di complessa costituzione, non dissimile da quella del gruppo della *solanidina*, costituita da un anello ciclopentafenantrenico associato al nucleo della *pirrocolina*. Tutti questi estratti vegetali furono utilizzati per breve tempo, poi sostituiti dai ben più efficaci derivati nicotinici.

Derivati nicotinici

Trattasi di prodotti gestiti dai Monopoli di Stato che si rivelarono fortemente competitori con gli altri insetticidi di derivazione vegetale.

La nicotina [(S)-3-(1-methylpyrrolidin -2-yl) pyridine] è il principale alcaloide presente nelle varie specie del gen. *Nicotiana*. Insieme alla nicotina sono presenti diversi altri alcaloidi simili, rappresentati da *nicotina*, *nicotillina*, *nicotimina*, *nicotirina*, *normicotina*, *anabasina*, *anatabina* ed alcuni altri. Il contenuto di nicotina varia in funzione del tipo di tabacco e passa dall'1-3,5% per i tabacchi tipo *Maryland*, al 4-6% per i tipi *Virginia* e al 6-7% per il tipo *Kentucky*.

I derivati nicotinici possiedono un'azione acetilcolino-mimetica che, rispetto ai recenti neonicotinoidi, coinvolgono i recettori post-sinaptici non delimitanti canali ionici, anziché le coppie dei recettori proteici regolanti l'apertura e la chiusura dei suddetti canali.

Notevolmente tossici per i vertebrati, agiscono per contatto, ingestione ed asfissia su varie specie di insetti.

L'**estratto di tabacco**, contenente il 5-10% di nicotina in funzione dei tabacchi lavorati, era ottenuto concentrando a bassa temperatura e a pressione ridotta le acque di lavaggio delle foglie di tabacco destinate alla fabbricazione dei sigari e le acque di lisciviazione (sughi) dei cascami del tabacco, fino all'ottenimento di soluzioni con densità di 38-40° Bé, denaturate poi con l'aggiunta di creolina all'1%.

La **nicotina pura**, offerta in commercio con un grado di purezza del 95-96%, trovava impiego alla dose di g 50/hl, con l'aggiunta di g 500 di sapone molle potassico.

Il **solfo di nicotina** era posto in commercio in soluzione acquosa al 40% ed impiegato alla dose di g 125-250/hl acqua. Alla stessa soluzione veniva talora aggiunto olio bianco o sapone molle potassico.

I preparati nicotinici trovarono impiego contro tisanotteri, afidi, psille, tingidi, ditteri e lepidotteri.

Oltre ai suddetti derivati nicotinici, nel 1948 risultava ancora consigliato il **tannato di nicotina**, alla dose del 0,5%, per i trattamenti estivi contro la psilla del pero.

I preparati nicotinici erano ancora in uso alla fine degli anni '70, quindi revocati per l'elevatissima tossicità acuta.

Anabasina

È un alcaloide [3-(2-piperidil)-piridina] presente anche nei prodotti nicotinici, ai quali è paragonabile per le sue proprietà. Questa sostanza veniva estratta industrialmente da *Anabasis aphylla*, chenopodiacea arbustiva che cresce spontanea nelle steppe salate dell'Asia centrale (Turkestan, regione del mar Caspio, Iran) e diffusa anche nell'Africa Settentrionale (Algeria, Marocco e Tunisia). Essa fu impiegata come surrogato della nicotina.

Altri estratti vegetali

Dalle foglie di aloe e di pomodoro furono ricavati estratti utilizzati contro gli afidi e dalle radici di eleboro quelli contro le tignole.

Nitroderivati

Appartenenti a questo gruppo sono stati i derivati di idrocarburi ciclici, rappresentati dal dinitro-butil-fenolo e dal **dinitro-orto-cresolo**, ovvero il **DNOC**.

Secondo le attuali conoscenze, essi agiscono sul processo respiratorio inibendo il trasporto intramitocondriale degli elettroni H⁺.

Il sale sodico del 4,6-dinitro-orto-cresolo si dimostrò efficace contro le uova degli afidi (soprattutto delle specie viventi sul pesco) e della psilla del pero. Contro gli afidi è stato utilizzato, con trattamento ovicida, anche dopo che si era rivelato efficace sul pesco l'intervento in prefioritura con piretroidi contro le fondatrici degli afidi (*Myzus persicae*, *Hyalopterus amygdali*, ecc.) e i tripidi (*Thrips meridionalis* e *T. major*), fino all'avvento del primo neonicotinoide (imidacloprid). I risultati ottenuti contro le uova degli afidi erano molto buoni, ma effetti fitotossici con accecamento delle gemme furono rilevati con il verificarsi di gelate dopo l'intervento. Contro le uova della psilla è stato utilizzato a ridosso dell'apertura delle gemme fino all'avvento dell'abamectina.

Il DNOC è rimasto in commercio per oltre un cinquantennio, fino alla sua revoca avvenuta con D.M. 4.6.1999.

Oli antracenicici

Conosciuti anche come oli neri, oli pesanti, oli di catrame o carbolinei, erano prodotti derivanti dalla distillazione, a temperature elevate (sopra i 270 °C), dei carboni fossili bituminosi e dei sottoprodotti dei forni a carbone coke per gas illuminante. Essi contenevano diversi composti, rappresentati da fenolo e suoi omologhi (cresoli e xiloli), basi diverse (piridina, picoline, ecc.), carbazolo e omologhi, resine, residui piceci, ecc. Possedevano un'azione caustica ed asfittica molto elevata, in particolare contro le cocciniglie, le uova degli afidi e degli acari e gli insetti annidati nelle anfrattuosità del tronco. Considerata la loro causticità erano utilizzabili in pieno riposo vegetativo sulle pomacee, non sul pesco in quanto molto sensibile. Essi erano attivi anche a temperature molto basse; irrorati a temperature inferiori a 0 °C e ad una concentrazione ridotta del 50% la loro azione insetticida non si modificava per il fatto che la quantità di insetticida rimasta sulla pianta risultava più che doppia rispetto a quella che residuava su piante trattate con temperature superiori a 0 °C.

La patina oleosa ed impermeabile lasciata sulle parti legnose svolgeva un'azione asfittica e deprimente, soprattutto sulle piante giovani, per cui erano sconsigliati trattamenti ripetuti per più anni consecutivi. Per ovviare ai suddetti inconvenienti A. Melis consigliava l'esecuzione di un successivo intervento, a 10-15 giorni di distanza, con polisolfuro di calcio per sciogliere la patina oleosa. Per consentirne la miscibilità con il polisolfuro di calcio, in modo da risparmiare i costi di distribuzione, furono preparati appositi oli antracenicici miscibili.

Gli oli antracenicici miscibili e non, pur rimanendo in uso fino alla metà del secolo scorso o poco dopo, furono nel contempo progressivamente sostituiti dagli oli gialli (olio bianco + DNOC) e dagli oli bianchi.

Oli minerali (oli leggeri od oli bianchi)

Attraverso la distillazione a bassa temperatura dei catrami era possibile ottenere frazioni di oli leggeri, più ricchi di idrocarburi paraffinici. La svolta nella fabbricazione degli oli leggeri o paraffinici si ebbe a cavallo del secondo conflitto mondiale o negli anni immediatamente successivi attraverso il processo di raffinazione degli oli del petrolio, tramite il quale i componenti insaturi con doppi legami, responsabili degli effetti fitotossici, vengono in gran parte saturati con acido solforico. Il grado di solfonazione indica appunto la percentuale dell'olio che non reagisce con acido solforico, cioè la parte di idrocarburi saturi, per cui ad un residuo insolfonabile (U.R.=Unsolfonable Residue) elevato (determinato da una minor presenza di composti con catene aromatiche e di idrocarburi insaturi) corrisponde una minore fitotossicità. Le molecole paraffiniche e nafteniche sono ben tollerate dalle piante; contrariamente, le molecole aromatiche, essendo caratterizzate da doppi legami, sono le più instabili e, reagendo con l'ossigeno dell'aria, originano composti liposolubili fitotossici.

Gli oli agiscono per asfissia, coprendo il corpo degli insetti e occludendo gli spiracoli tracheali. Svolgono una buona attività anticoccidica e sono efficaci pure contro le neanidi delle psille, ma non contro le uova degli afidi. La loro azione è apprezzata anche contro gli Acari eriofidi.

Inizialmente gli oli bianchi possedevano una maggiore azione insetticida avendo un residuo insulfonyl più basso e, conseguentemente, anche una maggior causticità, per cui trovavano impiego solo per trattamenti di fine inverno, da soli o in miscela con DNOC. Nel corso degli oltre 60 anni della loro presenza sul mercato si è giunti alla produzione di oli maggiormente selettivi, fino alla introduzione alla fine degli anni '90 degli oli "narrow range", con stretto intervallo di distillazione e con bassa viscosità, nei quali le catene idrocarburiche comprese tra 18-24 atomi di carbonio sono indice di elevata efficacia e di assenza di rischi di fitotossicità per le colture. Questi ultimi oli, essendo privi di fitotossicità, sono utilizzati per trattamenti in vegetazione.

Dalle originarie pastose formulazioni emulsionate si è passati a quelle liquide emulsionabili, nonché a quelle in miscela con fosfororganici (parathion, chlorpyrifos), quindi, in tempi più recenti, a quelle in miscela con imidacloprid ed infine all'ultima formulazione nella quale l'olio bianco emulsionabile è in miscela con zolfo colloidale, essendo superata l'incompatibilità tra gli attuali oli e lo zolfo.

Clororganici

- **Esaclorocicloesano (ECE, BHC, HCH)**. La sua prima sintesi risale al 1815, ad opera di Faraday, ma per quasi un secolo le sue proprietà insetticide passarono inosservate, per poi essere scoperte in Francia da Dupire nel 1940, che ottenne il brevetto come insetticida nel 1941. Trattasi di un cicloesano che veniva ottenuto per azione diretta del cloro sul benzolo, in presenza di determinate condizioni di luce e temperatura e di catalizzatori che orientavano la reazione verso la formazione di BHC, escludendo altri derivati clorurati del benzolo. Il prodotto è una miscela di isomeri (α , β , γ , δ , quelli più comuni) dell'esaclorocicloesano, dei quali solo l'isomero γ è quello con attività insetticida, mentre gli altri sono inattivi e caratterizzati da forti odori sgradevoli di muffa che poi trasmettevano alle produzioni ottenute da colture trattate o ricavate in terreni in cui era stato interrato l'insetticida.

Il preparato agiva per contatto esplicando la sua azione a livello delle terminazioni sinaptiche, bloccando il neurotrasmettitore GABA (Gamma Amino-Butyric Acid), attivatore dei canali ionici del Cl⁻ e determinando la depolarizzazione delle post-sinapsi.

Per motivi tossicologici è stato revocato con il DM. del 14.8.1974.

- **Lindano**. Trattasi dell'isomero γ dell'esaclorocicloesano, che non impartiva cattivi odori alle produzioni. Esso trovò impiego soprattutto come geodisinfestante. Con il DM 17.7.1975 dell'allora Ministero della Sanità, il suo impiego fu ristretto alla disinfestazione dei cereali immagazzinati, alla concia delle sementi e alla disinfestazione del terreno destinato alla coltivazione della bietola, ed è stato poi definitivamente revocato con DM 14.3.2001.

- **Chlordano**. Attraverso la sintesi dell'esaloro-ciclopentadiene + ciclopentadiene di Diels-Alder, ed applicata nel 1945 dalla Soc. Velsicol Corporation, furono ottenuti clordano, aldrin e dieldrin (nomi questi ultimi derivanti da quelli dei due chimici). Chlordano, prodotto di clorurazione dell'indene, venne inizialmente preparato sottoponendo a un processo di clorurazione le frazioni di catrame del carbone fossile più ricche di indene.

Esso agiva secondo il meccanismo d'azione del lindano e venne usato contro la formica argentina, nonché contro il cleono della bietola, le larve di agrotidi, gli afidi, le psille e le arvicole.

In commercio erano presenti anche formulazioni miste con DDT o, per la lotta contro le formiche, con dieldrin. Con D.M. 26.10.1973 fu revocato.

- **Aldrin, dieldrin, endrin.** *Aldrin* era una sostanza con una tossicità pari a quella di parathion e quasi tripla rispetto a quella del lindano. Venne impiegata su patata contro gli insetti del terreno ed era caratterizzata da una perdurante azione residuale. *Dieldrin* aveva, nei confronti degli insetti, una tossicità paragonabile a quella di aldrin. Questa sostanza venne utilizzata soprattutto per contrastare le ingenti popolazioni di cleono che avversavano la bieticoltura e, come aldrin, residuava per lungo tempo nel terreno. *Endrin* è un isomero di aldrin, sintetizzato nel 1951. Era caratterizzato da una notevole tossicità e fu utilizzato contro le larve di insetti terricoli e contro le arvicole.

Le suddette sostanze furono revocate con D.M. 26.10.1973

- **Heptacloro.** Anche questo clororganico fu utilizzato contro insetti del terreno, dorifora, tripidi, tingidi e afidi e fu revocato con D.M. 26.10.1973

- **Ethyl-DDD.** Conosciuto come Perthane®, trovò impiego contro la carpocapsa, poi vari suoi formulati furono revocati tra il 1986 e il 1991.

- **DDT (Diclorodifeniltricloroetano).** Trattasi di un difeniletano la cui preparazione, attraverso l'azione di clorobenzolo sul cloralio, risale al 1874, ad opera di Zeidler. Le sue proprietà insetticide furono però individuate solo nel 1940 da Müller in seguito a ricerche condotte dall'allora Società Geigy, tese all'individuazione di sostanze in grado di proteggere le lane dagli attacchi delle tarme. In campo agricolo fu utilizzato, da solo o insieme al fosfororganico parathion, per combattere soprattutto tignole della vite, carpocapsa e dorifora.

La sua azione neurotossica si esplica attraverso la depolarizzazione permanente della membrana degli assoni per effetto del prolungamento dell'apertura dei canali ionici Na^+ .

Per la sua tossicità cronica e i gravi problemi ambientali e di accumulo nei grassi, il suo impiego fu revocato con D.M. 11.10.1978.

- **Metossicloro.** Anche questa sostanza agiva attraverso un meccanismo identico a quello del DDT. La sua attività insetticida era paragonabile a quella del DDT, ma più pronta. Spesso in miscela con quest'ultimo, fu utilizzato soprattutto contro la carpocapsa.

Con D.M. 2.12.1996 fu revocato.

- **Toxafene.** Trattasi di un derivato terpenico clorurato (*ottoclorocanfene*) con tossicità paragonabile al DDT. Poco utilizzato, in Italia fu commercializzato col nome *Gandite* dalla Soc. Gandini di Milano.

- **Endosulfan.** Questo preparato agiva con un meccanismo identico a quello dell'esaclorocicloesano e del lindano.

Comparve negli anni '50 e fu impiegato contro svariati insetti, in particolare contro gli afidi e gli acari eriofidi. Non inserito nell'allegato I della Direttiva U.E. 91/414, il suo impiego fu revocato con D.M. 1.6.2006, salvo l'uso eccezionale riconosciuto per il nocciolo fino al 31.12.2007.

- **Dicofol.** E' un difeniletano che agisce inibendo il processo respiratorio mitocondriale attraverso i siti MET^h II (Mitochondrial Electron Transport, site II) della catena di trasporto degli elettroni.

Questa sostanza, ora revocata, agiva contro le forme giovanili ed adulte degli acari della vite e delle piante ortive ed era spesso formulata con sostanze attive ovicide.

Derivati alchilaminofosfinici

Erano preparati caratterizzati da un'attività antiacetilcolinesterasica. Il precursore di questi derivati fu *schradan* (*ottometilpirofosfamida*, conosciuta con la sigla OMPA), la cui sintesi risale al 1940, ad opera di Schrader. La sostanza attiva è l'*anidride dell'acido bis* (*bis-*

dimetilamino) fosfinico, caratterizzata da attività sistemica generalizzata, per cui risultava attiva nei confronti dei fitomizi. La sua tossicità per l'uomo era intorno ai 10-20 mg per kg, pertanto ben inferiore a quella di parathion e, per la sua degradazione, occorreano 10-15 giorni.

A schradan, seguì **isopestox** (*ossido bis-isopropil-aminofluofosfinico*), sintetizzato in Inghilterra negli stabilimenti della Soc. *Pest Control*. Anche questo con attività sistemica, trovò impiego contro afidi, aleurodidi e *Panonychus ulmi*.

Bromorganici

Appartene a questo gruppo **bromopropylate**, sostanza con attività acaricida utilizzata contro gli acari e gli eriofidi dei fruttiferi, delle piante ortive ed ornamentali, la cui azione si esplicava attraverso la depolarizzazione permanente della membrana assonica

Solforganici

Comprendono sostanze con attività acaricida. I precursori sono stati **ovotran** (*p-clorofenil-p-clorobenzensulfonato*), **aramite** (*solfito di 2-cloroetile-2-p-butilfenossi-isopropile*), **chlorfenson**, **fenson**, **tetradifon**.

Appartiene a questo gruppo anche **propargite** (con uso ammesso a tutto il 2012), il cui meccanismo d'azione si esplica inibendo l'attività dello ione Mg^{++} sulla ATP sintetasi ed impedendo il processo di fosforilazione ossidativa. Agisce nei confronti delle diverse specie di acari e degli eriofidi. Il suo impiego scade entro il 2012.

Fosfororganici

Durante la seconda guerra mondiale la Germania condusse ricerche tese ad individuare prodotti sostitutivi della nicotina e delle altre sostanze vegetali d'importazione per la difesa insetticida. Nel 1942 Schrader ottenne i primi brevetti di un estere sintetico, ritenuto un esaetiltetrafosfato, impiegato in Germania con il nome di **Bladan**. Questo estere veniva inizialmente preparato facendo reagire a 150°C il fosfato trietilico con ossicloruro di fosforo e successivamente il prodotto fu preparato per azione diretta dell'ossicloruro di fosforo sull'alcool etilico. Nel 1948 le ricerche di S.A. Hall ed M. Jacobs permisero di capire che il prodotto della reazione era in effetti una miscela di esteri formata da metafosfato etilico, ortofosfato trietilico e pirofosfato tetraetilico ed in seguito si accertò che l'azione insetticida era da attribuire al pirofosfato tetraetilico, mentre il metafosfato etilico e l'ortofosfato trietilico erano privi di azione insetticida. In Italia il pirofosfato tetraetilico fu oggetto di preparazione nell'immediato dopoguerra e conosciuto con i nomi Toxfid (Montecatini), Fosferno (Solplant), Hept (Cugnasca), Tepcano (Cano). Bladan fu poi abbandonato in quanto molto tossico.

Subito dopo la scoperta del Bladan venne preparato in Germania, ed indicato con la sigla E 605, un estere dell'acido tiosforico (o-o-dietil-o-p-nitrofeniltiofosfato), poi conosciuto come **parathion**. In Italia i primi fosfororganici giunsero pertanto alla fine degli anni '40 ed impressero una decisiva svolta nella difesa, ma in seguito al loro massiccio impiego rivelarono i forti effetti perturbatori sull'ecosistema (es. pullulazione di acari, aumento delle popolazioni di microlepidotteri) e problemi di tossicità acuta e cronica.

I fosfororganici sono composti caratterizzati da un'attività antiacetilcolinesterasica nel senso che, legandosi all'enzima acetilcolinesterasi (AchE) attraverso un processo di fosforilazione, impediscono l'idrolisi delle molecole di acetilcolina (Ach) fissate sulle coppie dei recettori proteici post-sinaptici, determinando pertanto l'apertura permanente dei canali ionici del Na^+ e la depolarizzazione della membrana delle terminazioni post-sinaptiche con conseguente stato

di sovraeccitazione nervosa e l'instaurarsi di alterazioni metaboliche che portano alla morte la vittima.

Al parathion si aggiunsero, nell'arco di un solo decennio, diversi altri fosfororganici comprendenti *malathion, protoate, azinphos-ethyl, dimetoato, methyl-parathion, diazinone, fentirothion, tricolorfon, systox o demeton, metasystox o oxydemeton-methyl, tepp*. Dei fosfororganici citati hanno rivestito e conservato nel tempo un ruolo importante dimetoato, utilizzato contro i ditteri tefritidi, e oxydemeton-methyl, caratterizzato da attività sistemica ed utilizzato, per un quarantennio contro gli afidi dei fruttiferi, fino ai primi anni del nuovo secolo.

I fosfororganici sono contattocidi, citotropici oppure sistemici, per cui hanno consentito un considerevole progresso rispetto ai prodotti privi di tali caratteristiche quali i cloroderivati.

Negli anni '60 comparvero numerosi altri fosfororganici come *fosfamidone, dichlorvos, monocrotophos, azinphos-methyl, fentoato, phorate, phosalone, clorfenvinphos, fenthion, foxim, pyrimiphos-methyl, omethoate, mevinphos, vamidothion, isophenphos*.

Dei fosfororganici di questo periodo, azinphos-methyl è stato quello più largamente impiegato per oltre un quarantennio per la difesa delle drupacee e delle pomacee dalle infestazioni dei tortrici carpofagi e dei ricamatori.

Mevinphos (Fosdrin) si rivelò interessante per la sua notevole efficacia e per la rapidità di degradazione, ma per i frequenti casi di avvelenamento conseguenti alla sua evaporabilità, soprattutto per gli addetti alle coltivazioni orticole e floricole in serra, il suo impiego fu revocato con D.M. 2.8.1983.

Phosalone si pose come alternativa all'azinphos-methyl con l'avvento della "lotta guidata", per la sua minor tossicità verso gli animali a sangue caldo e per le sue migliorative caratteristiche di selettività verso l'entomofauna utile.

Vamidothion, dimostratosi molto efficace nei confronti dell'afide lanigero del melo (*Eriosoma lanigerum*), è rimasto in commercio fino ai primi anni del nuovo secolo, revocato con D.M. 22.7.2003 e sostituito dai neonicotinoidi.

Isophenphos, in miscela con foxim, entrò in uso contro gli insetti terricoli.

Negli anni '70 comparvero altri fosfororganici rappresentati da *metidathion, phosmet, terbufos, chlormephos, formotion, ethoprophos, chlorpyrifos-methyl e clorpyrifos, sulfotep, metamidophos, acephate, trichloronate, temephos*.

All'inizio degli anni '70 la bieticoltura, passando dalla semina con seme tecnico a quello monogerme dovette affrontare il problema della protezione delle piantate dai danni di elateridi, altica e atomaria, contro i quali furono utilizzati terbufos e chlormephos, in formulazione microgranulare, con distribuzione localizzata alla semina. Seppur rimasti in commercio fino ai primi anni del 2000, essi furono sostituiti da carbofuran e in tempi più recenti dai neonicotinoidi con la confettatura del seme.

Metidathion si impose per i trattamenti di fine inverno contro la cocciniglia di S. José (*Quadraspidiotus perniciosus*) e la cocciniglia mezzo grano di pepe dell'olivo (*Saissetia oleae*); per lo stesso, il D.M. 24.6.1996 dettò nuove condizioni d'impiego e in seguito fu definitivamente revocato con D.M. 30.3.2004.

Chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl e quinalphos si sono imposti per i trattamenti a migrazione neonidi delle cocciniglie dei fruttiferi e, ancor più, contro le tortrici ricamatrici e le tignole della vite.

Metamidophos è sopravvissuto come aficida per i fruttiferi fino all'avvento dei neonicotinoidi, rimasto incluso nell'allegato I della Direttiva U.E. 91/414 fino al 1.7.2008 e poi revocato.

Acephate, rivelatosi di notevole importanza per il contenimento delle infestazioni dei tripidi, in particolare trovò un ottimale posizionamento nei trattamenti prefiorali del pesco per il contemporaneo controllo di afidi, anarsia e tripidi. E' stato revocato con D.M 30.5.2003.

Formothion fu utilizzato soprattutto per la difesa del ciliegio dalla *Rhagoletis cerasi* e dell'olivo dalla *Bactrocera oleae*.

Negli anni '80 comparvero gli ultimi fosfororganici, rappresentati da **quinalphos**, **piridafenthion**, **fonophos**, **heptenophos**, **ethoprophos**. Tra questi, quinalphos è stato quello di maggiore interesse per la sua attività contro le neanidi delle cocciniglie e le tortrici ricamatrici. Pur essendo rimasto in commercio fino ai primi anni del 2000, il suo interesse è rapidamente calato con l'avvento degli IGR e dei M.A.C. ed è poi stato revocato con D.M. 26.7.2003.

Azinfos-methyl fu revocato con D.M. 8.1.2007 e complessivamente il numero dei fosfororganici subì un notevole ridimensionamento in seguito al mancato inserimento nell'allegato I della Direttiva U.E. 91/414.

I fosfororganici, sui quali per lungo tempo si è basata la difesa delle colture, sono stati interessati da una progressiva e drastica diminuzione a seguito della revisione secondo le normative comunitarie e attualmente sono disponibili dimethoate, phosmet, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl.

Organoalogenati

Appartene a questo gruppo l'insetticida-acaricida **chorphenamidina** (=chlordimeform), una formamidina poi abbandonata per i suoi negativi aspetti ambientali e tossicologici.

Monofluoroacetamide (MNFA) era un preparato organofluoridrico revocato con DM 7.2.1974, in seguito a mortalità di bestiame alimentato con foraggio proveniente da ambienti frutticoli dell'Alto Adige trattati con questo insetticida.

Chinossaline

Appartene a questo gruppo **chinometionato**, con attività acaricida ed antioidica.

Carbammati

Trattasi di composti che, analogamente ai fosfororganici, svolgono un'azione antiacetilcolinesterasica attraverso un processo di carbamilazione ed inibizione dell'azione dell'AchE sull'Ach, mantenendo aperti i canali ionici del Na⁺ e determinando un conseguente stato di permanente depolarizzazione della membrana delle terminazioni post-sinaptiche, stati di sovraeccitazione nervosa, disordini metabolici e morte dell'insetto.

Risale agli anni '50 la comparsa di **isolano**; negli anni '60 comparvero **carbaryl**, **aminocarb**, **minacide**, **propoxur**. Isolano, allora noto come nicotina sintetica, trovò impiego contro gli afidi, in particolare contro l'afide nero infestante le bietole da seme. Aminocarb e minacide furono utilizzati contro i microlepidotteri minatori.

Dei suddetti preparati carbaryl è stato certamente l'indiscusso protagonista, utilizzato soprattutto sul pesco contro *Cydia molesta* ed *Anarsia lineatella* per i trattamenti a ridosso della raccolta, considerato il suo breve tempo di sicurezza. Esso trovò impiego sull'olivo nella lotta contro *Saissetia oleae*, ma alla sua notevole efficacia si accompagnava una scarsa selettività nei confronti dei parassitoidi del coccide. In seguito al mancato inserimento nell'allegato I della Direttiva U.E. 91/414 fu definitivamente revocato con D.M. 25.6.2007.

Propoxur trovò impiego, in miscela con DDVP, per iniezioni entro le gallerie larvali della *Zeuzera pyrina*.

Negli anni '70 comparve **carbofuran** che, oltre alla formulazione granulare, fu applicato in concia al seme di bietola costituendo una innovazione per la bieticoltura in quanto assicurava

la protezione della coltura durante le prime fasi vegetative senza ricorrere alla distribuzione localizzata con microgranulatori abbinati alla seminatrice.

Nello stesso decennio comparve anche **aldicarb**, sostanza attiva estremamente tossica per gli animali (DL₅₀ orale per il topo pari a mg 0,9/kg), vietata in Europa dal 2003. Fu utilizzata soprattutto come geodisinfestante alla semina della bietola, con attività sistemica nei confronti di elateridi, atomaria, mosca, afidi e nematodi. Legato alla sintesi di questa sostanza è l'incidente verificatosi nello stabilimento *Union Carbide* di Bhopal nella notte tra il 2 e il 3 dicembre 1984, durante la quale, in seguito ad uno scoppio, fuoriuscirono 40 tonnellate di methyl-isocyanato, precursore di aldicarb, che causarono la morte di 20000 persone, conseguenze su altre 500000 e un immane disastro ambientale!

A tale epoca risale anche la comparsa di **etiofencarb**, efficace contro gli afidi, e di **methiocarb**, utilizzato per la preparazione di esche contro il grillotalpa e i Molluschi gasteropodi ed ancora impiegato in viticoltura contro *Frankliniella occidentalis*.

Certamente interessante è stato **methomyl**, per il suo notevole potere abbattente e la rapida degradazione, utilizzato per quasi quaranta anni, dapprima come larvicida contro i microlepidotteri minatori, quindi impiegato contro afidi e tripidi e numerosi altri insetti (tignole della vite, tignola orientale del pesco, anarsia, altiche, cleono, ecc.). Non inserito nell'allegato I della Direttiva U.E 91/414, il suo impiego è stato revocato con D.M. 30.7.2004 e, successivamente reincluso; attualmente è in corso di registrazione a livello nazionale.

Sempre negli anni '70 comparve **cartap-hydrochloride**, ottenuta per sintesi e simile alla nereistossina presente nell'anellide marino *Lumbriconereis heteropoda*. Attiva per contatto ed ingestione, citotropica e persistente in quanto fotostabile e non dilavabile dalla pioggia, agiva come aceticolinomimetico dei recettori proteici postinaptici. Fu impiegata contro i microlepidotteri minatori e la dorifora della patata.

A fine anni '90 comparve un'altra simil-nereistossina: **bensultap**.

Negli anni '80 comparvero **benfuracarb**, **carbosulfan**, **furatiocarb**, **disulfoton**, **etiofencarb**, **thiodicarb**, **oxamil**. I primi quattro furono utilizzati come geodisinfestanti con attività sistemica contro gli insetti terricoli; etiofencarb e thiodicarb furono utilizzati per trattamenti fogliari, mentre oxamil è ancora impiegato in orticoltura contro i nematodi galligeni (*Meloidogyne* spp.) e cisticoli (*Globodera* spp. ed *Heterodera* spp.), riuscendo a svolgere anche un'attività contro aleurodidi, afidi e ditteri agromozidi.

In seguito al mancato inserimento nell'allegato I del dlgs 17.3.1995 n. 194 l'utilizzo di carbofuran è terminato il 13.12.2008 (D.M. 7.11.2007); l'impiego di carbosulfan si è concluso nel 2007, mentre per benfuracarb il suo impiego è terminato il 20.3.2009. Anche disulfoton, furatiocarb, etiofencarb e thiodicarb non sono più utilizzabili.

Stannorganici

Trattasi di composti dello stagno con azione acaricida che si esplica a livello mitocondriale inibendo la fosforilazione ossidativa con conseguente impedimento della formazione di ATP.

Appartenenti a questo gruppo sono **azocyclotin**, **cyhexatin** e **fenbutatin-oxide**, con attività contro le forme mobili e una buona persistenza. Di questi preparati è rimasto solo fenbutatin-oxide, che dal 1.6.2012 sarà utilizzabile solo su ornamentali in coltura protetta.

Piretroidi, norpiretrati, fenossiderivati

Trattasi di sostanze attive accomunate dal medesimo meccanismo d'azione che si esplica a livello degli assoni e che in seguito all'apertura permanente dei canali ionici del Na⁺ si instaura uno stato di depolarizzazione permanente della membrana assonica, con conseguente stato di paralisi e morte dell'insetto.

I tentativi, peraltro senza successo, per ottenere per via sintetica piretrine iniziarono già nel 1924 ad opera di Staudinger e Ruzicka. Solo negli anni 1948 e 1949 Laforge e i suoi collaboratori riuscirono a sintetizzare un isomero della cinerina I attraverso la sostituzione della catena butenilica del prodotto naturale con una catena allilica.

I primi piretroidi erano fotolabili e furono rappresentati dalle **bioresmetrine**, utilizzate per proteggere alcune tipologie di prodotti alimentari (es. pesci essiccati) dalle infestazioni degli insetti delle derrate.

Risale però all'inizio degli anni '80 l'avvento delle prime molecole, con l'iniziale comparsa di **permethrin**, seguita da **deltamethrin**, **fenvalerate**, **alphamethrin**, **cypermethrin**, **cyfluthrin**, **esfenvalerate**, **alpha-cypermethrin**, **flucitrinate**, **fenpropathrin**, **tau-fluvalinate**. Negli anni '90 sono via via comparsi sul mercato diversi nuovi piretroidi, rappresentati da **fenpropathrin**, **flucitrinate**, **lambda-cyhalothrin**, **bifenthrin**, **tefluthrin**, **tralomethrin**, **cyfluthrin**, **zeta-cypermethrin**.

Come norpiretrato è stato prodotto **acrinathrin**, notevolmente efficace soprattutto contro i tripidi, *Frankliniella occidentalis* in particolare, e con attività anche nei confronti degli acari.

I piretroidi hanno trovato largo impiego soprattutto per la difesa delle colture ortive ed industriali e alcuni di essi sono ancora impiegati per interventi molto precoci sui fruttiferi contro afidi e tripidi.

Tra i diversi piretroidi, deltamethrin ha trovato e trova ancora largo impiego in orticoltura; tau-fluvalinate, selettivo per i pronubi, si è imposto per i trattamenti prefiorali sul pesco e sul melo contro gli afidi, fino all'avvento dei neonicotinoidi; breve è stata la vita di fenpropathrin in quanto ad un'attività acaricida di breve durata subentravano notevoli effetti di acarostimolazione per effetto della sua azione fortemente distruttiva verso gli acari fitoseidi; altrettanto breve è stata la vita di tralomethrin, sostituito dagli altri piretroidi di più comune uso; lambda-cyhalothrin ha conservato il suo impiego come aficida su svariate colture; bifenthrin si impose dapprima con formulazioni per i trattamenti alla parte aerea delle piante, quindi con formulazione microgranulare contro gli insetti terricoli. Per quest'ultima applicazione sono tuttora impiegati tefluthrin e zeta-cypermethrin.

Della nutrita schiera di tali preparati, quelli che hanno conservato l'autorizzazione sono rappresentati da alpha-cypermethrin, cyfluthrin, cypermethrin, deltamethrin, lambda-cyhalothrin, tau-fluvalinate, tefluthrin, zeta-cypermethrin,

Nell'ambito dei fenossibenzileteri, l'unico rappresentante è **ethofenprox**, rivelatosi di notevole interesse per gli interventi a ridosso della raccolta, soprattutto sul pesco, contro *Cydia molesta* ed *Anarsia lineatella*, ed utilizzato contro *Scaphoideus tinanus*, cicadellide vettore dei fitoplasmi della *Flavescenza dorata*.

Triazapentadieni

Amitraz, per molti anni il punto di riferimento per la lotta contro la psilla del pero, fu gradualmente sostituito con l'avvento di abamectina e revocato con D.M. 9.4.2004. Esso agiva come agonista dell'octopamina.

Chitinoinibitori

Trattasi di preparati che interferiscono con la chitinosintesi, enzima preposto alla sintesi della chitina (N-acetilglucosamina), impedendo il deposito di questa nello strato endocuticolare e influenzando negativamente il metabolismo ecdisonico.

Il precursore è stato **diflubenzuron**, prodotto dalla Soc. Philips Duphar, utilizzato per la difesa dal 1977. Questo fu impiegato dapprima per fronteggiare le forti infestazioni di cemiostoma, aumentate in seguito al massiccio impiego contro la carpocapsa di fosfororganici

dotati di azione tossica nei confronti dei numerosi parassitoidi dei fillominatori. Posizionato alla caduta dei petali del melo in occasione delle ovodeposizioni del cemiostoma, si rivelò inaspettatamente molto efficace anche nei confronti delle uova della carpocapsa. Alla luce di questa sua attività fu poi introdotto il trattamento ovidica come elemento strategico per la lotta contro il tortricide.

A questo primo chitinoinibitore, negli anni '80 si sono poi aggiunti **flufenoxuron**, **teflubenzuron**, **triflumuron**, **hexaflumuron**, **lufenuron** e **novaluron**.

Flufenoxuron trovò subito impiego sul melo e sul pero per l'intervento prefiorale contro le larve svernanti delle tortrici ricamatrici e, alla caduta petali, come ovidica contro *Cydia pomonella*, nonché contro le tignole della vite e le prime forme giovanili di *Scaphoideus titanus*. Teflubenzuron e triflumuron si imposero come ovidici, soprattutto per fronteggiare sul pero e, in minore misura sul melo, le infestazioni di *Cydia molesta* in prossimità della raccolta, nonché quelle della prima generazione dello stesso tortricide sul pesco. Si sono poi rivelati di particolare interesse come ovidici contro *Anarsia lineatella* su pesco e albicocco. Teflubenzuron è stato impiegato anche su vite contro le tignole, su patata contro la tignola (*Phthorimaea operculella*) e le larve di prima età della dorifora, nonché contro *Ostrinia nubilalis* nelle coltivazioni di peperone.

Lufenuron, pur avendo avuto sostanzialmente campi di applicazione simili ai chitinoinibitori sopracitati e un'attività anche nei confronti dei tripidi, ha trovato ora impiego in esche attrattive per *Ceratitis capitata*.

Hexaflumuron si dimostrò interessante su susino come ovidica contro *Cydia funebrana*

Novaluron fu registrato nel 2005 (D.M. 5.12.2005) per impiego contro la dorifora.

Dei citati chitinoinibitori sono ancora ammessi diflubenzuron (su pomacee e mais), lufenuron (per impieghi in serra su solanacee e fragola e per esche contro la mosca mediterranea). Recentemente triflumuron è stato reincluso in allegato I della Direttiva U.E. 91/414.

Inibitore della sintesi della chitina tipo 1 negli omotteri è **buprofezin** (appartenente al gruppo dei *tiadiazinoni*), che ha profondamente modificato le strategie di lotta contro Cocciniglia di S. Josè (*Quadraspidiotus perniciosus*), *Pseudaulacaspis pentagona* su kiwi ed altre cocciniglie, attivo anche contro gli aleurodidi e le cicaline (*Scaphoideus titanus* ed *Empoasca vitis*). Dapprima non inserito nell'allegato I della Direttiva U.E. 91/414, vi è stato reincluso ed è prossima la sua riammissione in commercio.

Inibitore della sintesi della chitina tipo 2 nei ditteri è **ciromazina** (appartenente al gruppo chimico delle triazine), impiegata contro gli agromizidi (*Liriomyza* spp.).

Contro gli acari tetranychidi dei fruttiferi (*Panonychus ulmi* e *Tetranychus urticae*) e l'eriofide del melo *Aculus schlechtendali*, fino ai primi anni del nuovo secolo fu utilizzata la benzoilurea **flucycloxuron**. Questo acaricida, poi non ammesso nell'allegato I della Direttiva U.E. 91/414, esplicava un'azione ovidica e nei confronti dei primi stadi di sviluppo degli acari.

Juvenoidi

Trattasi di preparati che agiscono come agonisti dell'ormone giovanile neotenina (derivato metilico del farnesolo), prodotto dai corpi allati, per cui sono noti anche come neoteninmimetici. Essi ritardano la trasformazione in adulto, impedendo la metamorfosi.

Il primo juvenoide impiegato per la difesa è stato **fenoxycarb**. In seguito a interferenze negative verso il baco da seta, Fenoxycarb è stato interessato da diverse vicende legislative ed ora il preparato non è più disponibile.

Pyriproxyfen è lo juvenoide più recente, attualmente disponibile, efficace contro le cocciniglie e gli aleurodidi.

Carbamoyltriazoli

Vi apparteneva **triazamate**, un preparato con attività antiacetilcolinesterasica, utilizzato per un breve periodo soprattutto contro l'afide lanigero del melo, poi revocato con D.M. 20.9.2005.

Azotorganici

Comprendono diversi acaricidi con diversi meccanismi d'azione. Vi appartengono **clofentezine, ethoxazole, fenazaquin, fenpyroximate, hexytiazox, pyridaben, tebufenpirad**,

Clofentezine, del gruppo chimico delle tetrazine, agisce principalmente contro le uova e, secondariamente, contro le forme giovanili, attraverso un meccanismo d'azione sconosciuto che inibisce l'accrescimento degli acari ostacolando la formazione della cuticola.

Etoxazole è un acaricida con meccanismo d'azione sconosciuto, che inibisce l'accrescimento degli acari ostacolando la formazione dei tessuti della cuticola. E' attivo soprattutto contro le forme giovanili degli acari tetranichidi che infestano fruttiferi e colture ortive.

Fenazaquin, del gruppo delle chinazoline, agisce inibendo il processo respiratorio mitocondriale attraverso i siti MET^h I (Mitochondrial Electron Transport, site I) della catena di trasporto degli elettroni.

Fenpyroximate, del gruppo chimico fenossipirazoli, è un adulticida con lo stesso meccanismo d'azione di fenazaquin; caratterizzati da un uguale meccanismo d'azione sono pyridaben (gruppo chimico piridazinoni) e tebufenpirad (gruppo chimico pirazoli-carbossamidi).

Hexytiazox, del gruppo chimico dei tiazolidinoni, inibitore della crescita, possiede un'attività ovo-larvicida specifica nei confronti degli acari tetranichidi, accompagnata da un'azione sterilizzante sulle femmine.

MAC (Moulting Accelerating Compounds)

Trattasi di composti mimetici dell'ecdisione (simil-colesterolo prodotto dalle ghiandole protoraciche, dal tessuto adiposo e dagli enociti) che inducono la muta prematura e letale.

La prima sostanza attiva di questo gruppo di prodotti è stata la **tebufenozide**, seguita dalla **metoxyfenozide**. Queste agiscono per ingestione nei confronti delle larve di *Cydia pomonella*, *Cydia molesta*, *Pandemis cerasana*, *Adoxophyes orana*, *Argyrotaenia ljugiana*, *Anarsia lineatella*, *Lobesia botrana*, *Phyllocnistis citrella*.

Neonicotinoidi

Trattasi di molecole caratterizzate da un meccanismo d'azione acetilcolinomimetico. Esse si insediano, analogamente all'acetil-colina, sulle coppie dei recettori proteici post-sinaptici e non potendo essere demolite dall'enzima acetilcolinesterasi (AChE), che agisce invece sull'acetilcolina (ACh), prolungano l'apertura dei canali ionici del NA⁺, con conseguente depolarizzazione della membrana delle terminazioni post-sinaptiche e l'instaurarsi di uno stato di sovraccitazione nervosa che porta allo sviluppo di disordini metabolici e alla morte dell'insetto. Esse posseggono un'elevata azione contro gli insetti e una limitata tossicità per i vertebrati.

A questo gruppo va riconosciuto un ruolo determinante nel controllo degli afidi e degli aleurodidi; nuovi campi d'impiego (quali ditteri tefritidi e cicadellidi) sono attualmente in fase di sviluppo.

Il primo neonicotinoide è stato **imidacloprid** e ad esso si sono affiancati, poco più tardi, **thiametoxam**, **acetamiprid**, **chlotianidin**. Questi preparati sono impiegati contro gli afidi dei fruttiferi, delle piante ortive ed ornamentali; chlotianidin trovò impiego per operazioni di concia dei semi di mais (impiego attualmente sospeso) e recentemente reintrodotta in formulazione microgranulare per la geodisinfestazione su mais; imidacloprid, thiametoxam e chlotianidin sono utilizzati nella confettatura dei semi di barbabietola da zucchero, insieme ad altre sostanze che ne implementano l'attività contro gli elateridi.

Thiametoxam è utilizzato sui tuberi-seme di patata, entro i solchi al momento della loro messa a dimora.

Ai suddetti neonicotinoidi si aggiunge **thiachloprid**, con attività contro i lepidotteri carpo-fagi (*Cydia* spp.).

Piridine-carbossamidi e piridine-azometine

Le piridine-carbossamidi sono rappresentate da **flonicamid**. Distribuita sulla parte aerea o nel terreno è assorbita dalla pianta e traslocata in maniera acropeta per via xilematica. Agisce nei confronti degli afidi e degli aleurodidi causando l'immediata cessazione dell'attività trofica e la morte per disidratazione della vittima dopo alcuni giorni dal trattamento.

Le piridine-azometine sono invece rappresentate da **pimetrozine**. Questa sostanza, assorbita e traslocata attraverso i vasi conduttori in maniera acropeta e in parte basipeta, agisce attraverso un meccanismo che blocca l'attività di suzione di insetti con apparato boccale succhiatore-pungente, rivelandosi efficace contro gli aleurodidi (*Trialeurodes vaporariorum* e *Bemisia tabaci*) e gli afidi. Gli insetti bersaglio ritraggono gli stilette boccali, cessano di alimentarsi e muoiono nel volgere di alcuni giorni.

Ossadiazine

Questo gruppo chimico è attualmente rappresentato da **indoxacarb**, il cui meccanismo d'azione si esplica attraverso la chiusura permanente dei canali ionici del Na⁺ della membrana assonica, con conseguente interruzione della trasmissione degli impulsi nervosi.

Esso trova impiego contro lepidotteri carpo-fagi, ricamatrici dei fruttiferi, nottue ed altre larve di lepidotteri che attaccano le colture ortive.

Avermectine

Chimicamente sono dei lattoni macrociclici derivanti dal processo di fermentazione di un batterio del suolo (*Streptomyces avermitilis*). Esse agiscono stimolando la produzione del neurotrasmettitore inibitore GABA (**G**amma-**A**mino-**B**utyric-**A**cid) che, attivando i recettori glutammato-inibitori (iGluR=**i**nhibitory-**G**lutamate **R**eceptor) dei canali del Cl⁻, causano la sovrainibizione degli impulsi nervosi, la contrazione muscolare, la paralisi e la morte della vittima.

Abamectin è stata la prima sostanza attiva del gruppo delle avermectine, rivelatasi fin dal 1982 determinante per il contenimento delle infestazioni della psilla del pero, molto efficace contro i ditteri agromizidi (*Liriomyza trifolii* e *L. huidobrensis*) ed altresì attiva contro microlepidotteri fillominatori delle pomacee, minatrice serpentina degli agrumi, acari ed eriofidi. **Emamectin-benzoate**, registrata in tempi assai recenti (2010) è invece attiva nei confronti di diversi lepidotteri di melo, pero, pesco e albicocco, tignole della vite e diversi lepidotteri delle piante ortive. Essa agisce principalmente per ingestione, pur possedendo una

buona attività contatticida, è assorbita rapidamente dai tessuti fogliari e penetra nel loro interno grazie al movimento translaminare. *Milbemectin* è registrata dal 2007 per impieghi contro gli acari.

Fenilpirazoli

Agiscono come antagonisti dei GABA-recettori postsinaptici. Questo gruppo è rappresentato da *fipronil*, sostanza già impiegata contro gli insetti terricoli e per la concia dei semi di mais (applicazioni attualmente sospese), con autorizzazione a termine. Prossima è la registrazione di una formulazione-esca da distribuire nel terreno.

Spinosine

Sono sostanze derivate dall'attività del batterio *Saccharopolyspora spinosa*, presente in natura nel terreno. Esse hanno un'attività acetilcolinomimetica paragonabile a quella dei neonicotinoidi, combinandosi contemporaneamente all'acetilcolina con i recettori nicotinici post-sinaptici, ma in siti distinti diversi da quelli di insediamento dei neonicotinoidi, con conseguente prolungamento dell'apertura dei canali ionici del Na^+ , nonostante la cessazione dell'attività dell'acetilcolina per effetto dell'azione enzimatica dell'acetilcolinesterasi.

Spinosad agisce nei confronti di un vasto gruppo di insetti comprendenti tripidi, tortrici di capofagi, ricamatrici, nottue, piralide, tuta, ditteri agromizidi, ecc.).

Rhianodine

Esse si legano con i recettori rianodinici (RyRs) nel reticolo sarcoplasmatico (RS) delle fibre muscolari, regolanti l'apertura dei canali ionici Ca^{++} , determinando il rilascio incontrollato degli ioni Ca^{++} , l'esaurimento di questi nel citosol cellulare, l'arresto delle contrazioni muscolari con conseguente paralisi, atassia (mancato coordinamento dei movimenti) e morte dell'insetto. Appartiene a questo gruppo *chlorantraniliprole*, caratterizzata da una notevole attività larvicida nei confronti di diverse specie di lepidotteri.

Il campo d'impiego è rappresentato da pomacee, pesco, albicocco, susino, noce, vite, patata, pomodoro e mais ed è attivo contro tortrici di capofagi e ricamatori, tignole della vite, dorifora, piralide e nottue del mais, nottue del pomodoro, tuta, ecc..

Semicarbazoni

Trattasi di una famiglia chimica alla quale appartiene *metaflumizone*, la cui azione si esplica a livello della membrana assonica, bloccando i canali ionici del Na^+ e determinando conseguentemente la depolarizzazione permanente della membrana massonica e un stato di "paralisi rilassata", seguita dalla morte dell'insetto. Il preparato è efficace contro dorifora della patata, nottuidi, piralide e tignole.

Derivati tetronici

Trattasi di preparati che, per contatto ed ingestione, agiscono negativamente sulla lipogenesi inibendo l'azione dell'acetyl CoA carbossilasi (principale enzima regolatore della lipogenesi), catalizzando la sintesi del malonil-CoA dall'acetyl-CoA e dalla CO_2 . *Spirodiclofen* è impiegabile su vite (contro eriofidi e acari), nonché su melo, pero, pesche, albicocco e agrumi (contro acari, eriofidi, psilla del pero, cocciniglia di S.José e cocciniglia bianca del pesco). *Spirotetramat* è il preparato di più recente comparsa, attivo contro cocciniglie, psilla ed afidi.

Naftochinoni

Appartenente a questo gruppo è *acequinocyl*, un acaricida larvo-adulticida che agisce inibendo il processo respiratorio mitocondriale attraverso i siti MET^h III (Mitochondrial Electron Transport, site III) della catena di trasporto degli elettroni.

E' una sostanza fortemente innovativa in quanto selettiva nei confronti delle principali specie di acari fitoseidi.

Azadiractina

Trattasi di una sostanza ricavata dai semi dell'albero del Neem (*Azadirachta indica*), conosciuto in India da millenni per alcune proprietà terapeutiche per l'uomo e sul quale si pose l'attenzione alla fine degli anni '50 quando, in seguito ad invasioni di cavallette che interessarono il Sudan, si osservò che la pianta suddetta non era danneggiata dalle locuste. Essa agisce, per ingestione, come regolatore di crescita, alterando lo sviluppo degli stadi preimmaginali ed inibendo la formazione dell'eccidione, svolgendo pure un'azione repellente (antifeeding), il blocco dell'attività nutritiva e una riduzione dell'attività di ovodeposizione. Il campo d'impiego è rappresentato da afidi, aleurodidi, cicaline, tripidi, nottue, lepidotteri minatori fogliari. Per fertirrigazione è attivo contro i nematodi galligeni (*Meloidogyne* spp.)

Antagonisti naturali

Batteri

I *Bacillus thuringiensis* sono organismi procarioti che non possiedono un vero e proprio nucleo e la cui riproduzione avviene per divisione cellulare e il loro materiale genetico è contenuto, oltre che nel cromosoma batterico, anche in frammenti (plasmidi) di DNA extra cromosomico. In presenza di determinate condizioni ambientali ed alimentari formano spore quiescenti. Nei batteri entomopatogeni si tratta di endospore in quanto si formano all'interno della cellula madre batterica (sporangio). Nella fase di sporulazione il batterio produce, oltre alla spora, uno o più corpi parasporali di natura proteica (cristalli proteici). Questi ultimi sono in effetti protossine che agiscono solo dopo essersi trasformate per via enzimatica in una tossina (δ -endotossina) biologicamente attiva, allorché si trovano in ambiente alcalino (pH >9), come quello del mesenterio intestinale di alcuni insetti (larve di lepidotteri e di coleotteri crisomelidi). La δ -endotossina danneggia l'epitelio dell'intestino medio, con cessazione dell'attività trofica e morte della vittima.

I formulati batterici entomopatogeni derivano dal ceppo precursore HD1 *kurstaki* di *Bacillus thuringiensis* attraverso tecniche di miglioramento genetico basate sul trattamento dei plasmidi e sulla trasconiugazione batterica. Sono stati conseguentemente ottenuti nuovi ceppi (3A3B, EG 2348, ABTS 351, SA 11, SA 12, *B.th. var. aizawai* H7 (attivi nei confronti delle larve dei lepidotteri), EG 2424 e *B. th. var. tenebrionis* NB 176 (attivi nei confronti delle larve della dorifora). Sono di notevole interesse, per il brevissimo tempo di sicurezza, per i trattamenti di chiusura tesi a ridurre i residui e per l'agricoltura biologica.

Funghi

Trattasi di deuteromiceti che agiscono infettando larve od adulti di diversi insetti. Le spore entrate in contatto con la vittima germinano e nel suo corpo il fungo prolifera, causandone la morte per disidratazione.

Beauveria bassiana è il fungo di più vecchia conoscenza, già noto quale responsabile del "mal del calcino" del baco da seta, ora sfruttato per interventi contro le larve di numerosi lepidotteri, aleurodidi, mosca delle ciliegie e delle frutta, tripidi ed elateridi.

Virus

I virus entomopatogeni sono caratterizzati da elevata specificità, per cui non presentano alcuna tossicità verso altri organismi. Il loro cristallo proteico, dopo che è stato ingerito dalla larva, raggiunge l'intestino medio della vittima, ove in presenza di pH alcalino e di una proteasi si dissolve la matrice proteica o capsida. Il virione (virus privato del capsida, ma ancora dotato dell'invoglio lipo-proteico, accompagnato dall'enzima trascrittasi) degrada la membrana peritrofica intestinale e penetra attraverso i microvilli delle cellule dell'epitelio intestinale. Il nucleocapside (DNA), liberatosi dell'invoglio lipo-proteico, penetra nel nucleo delle cellule dell'epitelio intestinale attraverso i pori nucleari, nell'interno del quale e tramite l'enzima trascrittasi avviene la replicazione del DNA virale. Il virus si diffonde conseguentemente entro il corpo della vittima, causandone la morte nel volgere di 3-4 giorni.

I virus entomopatogeni sono rappresentati soprattutto dai granulo-virus CpGVs e AoGVs, che hanno trovato impiego in frutticoltura, rispettivamente contro le larve di *Cydia pomonella* e *Adoxophyes orana*, dai nucleopoliedrovirus HaNPV (impiegato contro la nottua gialla del pomodoro *Helycoverpa armigera*) e SpliNPV, di recentissima introduzione per interventi contro *Spodoptera littoralis*.

Questi preparati microbiologici agiscono solo dopo essere stati ingeriti per cui sono efficaci contro le larve neonate, prima che riescano a penetrare nel frutto o trovare riparo sotto parti non contaminate dal virus.

Nematodi entomopatogeni

Appartengono a questa categoria alcune specie di nematodi rappresentati da *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, *Heterorhabditis megidis*, *Steinernema kraussei* e *Phasmarhabditis hermaphrodita*. La prima specie è attiva contro le larve di *Cydia pomonella*, *Cydia molesta*, *Cydia funebrana* e contro quelle degli insetti delle palme (*Paysandisia archon*, *Rhynchophorus ferrugineus* e *Sesamia nonagrioides*); la seconda è attiva contro ditteri Sciaridi e Cecidomidi dannosi alle fungaie; *Heterorhabditis megidis* e *Steinernema kraussei* sono attivi contro le larve degli oziorinchi; *Phasmarhabditis hermaphrodita* è invece un biomolluscicida attivo soprattutto contro le limacce.

In seguito alla distribuzione della sospensione di nematodi al terzo stadio larvale, questi penetrano all'interno del corpo delle vittime attraverso le aperture naturali e rilasciano batteri simbionti (*Heterorhabditus* spp. per *Steinernema carpocapsae*, *Xenorhabditus* spp. per *Steinernema feltiae*, *Photorhabditus* spp. per *Heterorhabditis megidis*, ecc.) che causano la morte per setticemia delle loro vittime entro 48 ore.

L'impiego dei nematodi si è rivelato di interesse per la lotta contro le larve degli oziorinchi e, in questi ultimi anni, anche contro quelle svernanti di *Cydia pomonella*, *C. molesta* e *C. funebrana* riparate nelle anfrattuosità della parte basale del tronco o nella fascia di terreno sottostante le piante.

Insetti ed acari antagonisti

Trattasi di organismi animali vivi che hanno trovato utilizzo in ambiente protetto per le tecniche di difesa integrata e biologica, soprattutto delle colture ortive.

Vi appartengono predatori comprendenti coccinellidi (*Cryptolaemus montrouzieri*, *Harmonia axyridis*), crisopidi (*Chrysoperla carnea*), imenotteri afididi (*Aphidius colemani*), antocoridi (*Anthocoris nemoralis*), miridi (*Orius laevigatus*, *Macrolophus caliginosus*, *Nesidiocoris tenuis*), acari fitoseidi (*Amblyseius cucumeris*, *Phytoseiulus persimilis*).

Come parassitoidi hanno trovato utilizzo imenotteri calcidoidei rappresentati da *Encarsia formosa* e *Diglyphus isaea*, la prima specie contro gli aleurodidi e la seconda contro i ditteri agromizidi.

Feromoni

Pur non esplicando un'attività insetticida tossica nei confronti degli insetti, trovano largo impiego in trappole per monitoraggio degli insetti, per la cattura massale e, come veri e propri mezzi di difesa, in dispositivi cosiddetti A&K e nelle tecniche della confusione e del disorientamento sessuale.

Le trappole per il monitoraggio, già utilizzate all'inizio degli anni '70, si sono rivelate di estremo ausilio per lo studio delle dinamiche delle popolazioni degli insetti, dei periodi di volo e del livello di presenza degli adulti oltre il quale è giustificabile il trattamento insetticida.

Nei dispositivi A&K il feromone viene normalmente associato ad attrattivi alimentari in pannelli attivati con una sostanza insetticida, normalmente piretroidi quali deltamethrin o lambda-cyhalothrin, per il controllo di ditteri tefritidi come *Bactrocera oleae* e *Ceratitis capitata*.

La tecnica della confusione sessuale, anche nelle versioni del metodo cosiddetto delle "false tracce" o "disorientamento" e dell'"autoconfusione", trova una larga applicazione in programmi di difesa integrata per il contenimento di importanti fitofagi quali *Cydia pomonella* su pomacee, *Cydia molesta* e *Cydia funebrana* su drupacee, *Lobesia botrana* ed *Eupoecilia ambiguella* su vite.

Dopo le prime difficoltose esperienze di campo all'inizio degli anni '90, la tecnica della confusione sessuale ha avuto un rapido sviluppo nell'ultimo decennio in seguito alla revoca di numerose ss.aa. insetticide e alla pressante domanda del mercato per prodotti con un numero ridotto di residui di fitofarmaci.

Polveri inerti

Alcune polveri, chimicamente inerti, svolgono un'azione insettifuga o fisica nei confronti di alcuni insetti delle derrate. Già nell'antico Egitto i cereali da conservare nei granai venivano cosparsi di cenere. L'impiego di farine fossili di diatomee fu largamente sperimentato tra il 1930 e il 1950. In Italia l'azione insettifuga e letale di una bentonite pugliese, commercialmente conosciuta con la sigla CC 12, fu accertata negli anni 1948-1950 in seguito a sperimentazioni condotte da Grandori nei confronti di *Calandra granaria* e *Sitotroga cerealella*. Applicata nella modesta proporzione del 2 per mille si dimostrò in grado di proteggere la massa di frumento per ben 10 mesi dalle infestazioni dei suddetti insetti.

In tempi assai recenti è stata riproposta, per la difesa di cereali e sementi, la terra di diatomee ottenuta dalla lavorazione dei residui fossili di alghe verdi. Il preparato commerciale agisce esclusivamente per via fisica, assorbendo i lipidi esterni della cuticola di numerosi insetti delle derrate (*Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zea-mais*, *Tribolium spp.*, *Tenebrio molitor*, *Rhyzopertha dominica*, *Cryptolestes ferrugineus* e *pusillus*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Acanthoscelides obtectus*, *Bruchus pisorum*, *Plodia interpunctella*), causandone la morte per disidratazione.

Il caolino è stato sperimentalmente utilizzato, in questi ultimi anni, per interventi contro la psilla del pero, per ostacolare le ovodeposizioni del cinipide galligeno del castagno (*Dryocosmus kuriphilus*) e contro gli eulofidi galligeni dell'eucalipto (*Ophelimus maskelli* e *Leptocybe invasa*).

2. TABELLE CRONOLOGICHE DI COMPARSA DI INSETTICIDI, ACARICIDI ED ALTRI MEZZI

Sostanze insetticide e altri mezzi di lotta contro gli insetti

Gruppi e sostanze attive	Epoca di comparsa								
	Fino anni '30	Anni '40	Anni '50	Anni '60	Anni '70	Anni '80	Anni '90	Anni 2000	Anni 2010
Polisolfuri									
<i>Polisolfuro di calcio</i>		*							
<i>Polisolfuro di bario</i>		*							
Fosfuri									
<i>Fosfuro di zinco</i>	*								
<i>Fosfuro di Al</i>					*				
<i>Fosfuro di Mg</i>						*			
Florurati									
<i>Fluoruro di bario</i>	*								
<i>Floruro di piombo</i>	*								
<i>Floruro doppio di Na e Al</i>	*								
<i>Fluorosilicato di Bario</i>	*								
<i>Fluorosilicato di Calcio</i>	*								
Arsenicali									
<i>Acetoarsenito di rame</i>	*								
<i>Arseniati di piombo</i>	*								
<i>Arseniato di calcio</i>	*								
<i>Arseniato di alluminio</i>	*								
<i>Arsenito di potassio</i>	*								
<i>Arsenito di sodio</i>	*								
Fumiganti									
<i>Acido cianidrico</i>	*								
<i>Bromuro di metile</i>	*								
<i>Cloropicrina</i>								*	
<i>Dicloroetano</i>	*								
<i>1,3 dicloropropene</i>				*					
<i>Solfuro di carbonio</i>	*								
<i>Tetracloruro di carbonio</i>	*								
Oli pesanti									
<i>Oli antracenicici</i>	*								
<i>Oli antracenicici miscibili</i>	*								
Nitroderivati									
<i>DNOC</i>	*								
Sostanze vegetali									
<i>Quassio</i>	*								
<i>Piretro</i>	*								
<i>Rotenone</i>	*								
<i>Veratrine</i>	*								

Derivati nicotinici									
<i>Anabasina</i>	*								
<i>Estratto di nicotina</i>	*								
<i>Nicotina pura</i>	*								
<i>Solfato di nicotina</i>	*								
<i>Tannato di nicotina</i>	*								
Oli minerali		*							
Clororganici									
<i>Aldrin</i>			*						
<i>Chlordane</i>		*							
<i>Dicofol</i>			*						
<i>DDT</i>		*							
<i>DDD</i>		*							
<i>Dieldrin</i>			*						
<i>Endosulfan</i>			*						
<i>Endrin</i>			*						
<i>Esaclorocicloesano</i>		*							
<i>Ethyl-DDD</i>			*						
<i>Heptacoloro</i>			*						
<i>Lindano</i>		*							
<i>Metossicloro</i>			*						
<i>Toxafene</i>			*						
Alchilaminofosfinici									
<i>Schradan</i>		*							
<i>Isopestox</i>		*							
Fosfororganici									
<i>Acephate</i>					*				
<i>Azinphos-ethyl</i>			*						
<i>Azinphos-methyl</i>					*				
<i>Bladan</i>		*							
<i>Cadusaphos</i>								*	
<i>Chlorfenvinfos</i>					*				
<i>Chlormephos</i>						*			
<i>Chlorpyriphos</i>						*			
<i>Chlorpyriphos-methyl</i>						*			
<i>Diazinone</i>			*						
<i>Dichlorvos</i>					*				
<i>Dimethoate</i>			*						
<i>Etoprophos</i>						*			
<i>Fenitrothion</i>			*						
<i>Fenthion</i>					*				
<i>Fonophos</i>							*		
<i>Formothion</i>						*			
<i>Heptenophos</i>							*		
<i>Malathion</i>			*						

<i>Methamidophos</i>					*				
<i>Methidathion</i>					*				
<i>Methyl-parathion</i>			*						
<i>Mevinphos</i>				*					
<i>Monocrotophos</i>					*				
<i>Omethoate</i>				*					
<i>Oxydemeton-methyl</i>			*						
<i>Parathion</i>		*							
<i>Phenthoate</i>					*				
<i>Phorate</i>				*					
<i>Phosalone</i>				*					
<i>Phosmet</i>					*				
<i>Phosphamidone</i>				*					
<i>Phoxim</i>				*					
<i>Profenophos</i>						*			
<i>Pyridaphenthion</i>						*			
<i>Pyrimiphos-methyl</i>					*				
<i>Quinalphos</i>						*			
<i>Sulfotepp</i>					*				
<i>Temephos</i>					*				
<i>Tepp</i>			*						
<i>Terbufos</i>					*				
<i>Triazophos</i>						*			
<i>Trichloronate</i>					*				
<i>Triclorphon</i>			*						
<i>Vamitotion</i>				*					
Organoalogenati									
<i>Monofluoroacetamide (MNFA)</i>					*				
Carbammati									
<i>Aldicarb</i>					*				
<i>Aminocarb</i>				*					
<i>Benfuracarb</i>						*			
<i>Carbaryl</i>				*					
<i>Carbofuran</i>					*				
<i>Carbophenothion</i>					*				
<i>Carbosulfan</i>						*			
<i>Etiofencarb</i>					*				
<i>Furathiocarb</i>							*		
<i>Isolano</i>			*						
<i>Methiocarb</i>					*				
<i>Methomyl</i>					*				
<i>Oxamyl</i>						*			

<i>Pirimicarb</i>				*	*				
<i>Propoxur</i>				*					
<i>Thiodicarb</i>							*		
Tiolcarbammati									
<i>Bensultap</i>					*				
<i>Cartap-hydrochloride</i>							*		
Triazapentadieni									
<i>Amitraz</i>					*				
Piretroidi									
<i>Alphamethrin</i>						*			
<i>Alpha-cypermethrin</i>						*			
<i>Bifentrin</i>							*		
<i>Cyfluthrin</i>						*			
<i>Cypermethrin</i>						*			
<i>Deltamethrin</i>						*			
<i>Esfenvalerate</i>						*			
<i>Fenvalerate</i>						*			
<i>Lambda-cyhalothrin</i>							*		
<i>Permethrin</i>						*			
<i>Tau-fluvalinate</i>						*			
<i>Tefluthrin</i>							*		
<i>Tralomethrin</i>							*		
<i>Zeta-cypermethrin</i>							*		
Norpiretrati									
<i>Acrinathrin</i>							*		
Fenossibenzileteri									
<i>Ethofenprox</i>							*		
Chitinoiinibitori									
<i>Buprofezin</i>							*		
<i>Cyromazina</i>							*		
<i>Diflubenzuron</i>					*				
<i>Flufenoxuron</i>							*		
<i>Hexaflumuron</i>							*		
<i>Lufenuron</i>							*		
<i>Novaluron</i>								*	
<i>Teflubenzuron</i>							*		
<i>Triflumuron</i>							*		
Juvenoidi									
<i>Fenoxycarb</i>						*			
<i>Piriproxyfen</i>								*	
M.A.C.									
<i>Tebufenozide</i>							*		
<i>Methoxyfenozide</i>								*	
Neonicotinoidi									

<i>Acetamiprid</i>								*	
<i>Clothianidin</i>								*	
<i>Imidacloprid</i>							*		
<i>Thiacloprid</i>								*	
<i>Thiametoxam</i>								*	
Piridine azometine <i>Pymetrozine</i>								*	
Piridine carbossamidi <i>Flonicamid</i>								*	
Ossadiazine <i>Indoxacarb</i>								*	
Carbamoyltriazoli <i>Triazamate</i>								*	
Avermectine <i>Abamectina</i>							*		
<i>Emamectin-benzoate</i>								*	
Spinosine <i>Spinosad</i>								*	
Fenilpirazoli <i>Fipronil</i>							*		
Derivati antranilici <i>Chlorantraniliprole</i>								*	
Semicarbazoni <i>Metaflumizone</i>								*	
Derivati tetronici <i>Spirodiclofen</i>								*	
<i>Spirotetramat</i>									*
Limonoidi <i>Azadiractina</i>								*	
Batteri <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstalki</i>						*			
<i>Bacillus.th.var. kurstaki</i> EG 2424							*		
<i>B.thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i>								*	
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>tenebrionis</i>							*		
Funghi <i>Beauveria bassiana</i>								*	
Virus <i>Granulovirus CpGV</i>								*	
<i>Granulovirus AoGV</i>								*	
<i>Nucleopoliedrovirus</i> <i>HaNPV</i>								*	
<i>Nucleopoliedrovirus</i> <i>SpliNPV</i>									*

Nematodi entomopatogeni							*		
<i>Heterorhabditis megidis</i>							*		
<i>Steinernema carpocapsae</i>							*		
<i>Steinernema feltiae</i>							*		
<i>Steinernema kraussei</i>								*	
Insetti antagononisti									
Predatori							*		
Parassitoidi							*		
Feromoni									
Monitoraggio					*				
Catture massali							*		
Confusione sessuale						*			
Distrazione sessuale								*	
Autoconfusione								*	
Dispositivo A&K								*	
Polveri inerti									
<i>Terra di diatomee</i>								*	
<i>Caolino</i>								*	

Acaricidi e altri mezzi di lotta contro gli acari

Gruppi e sostanze attive	Epoca di comparsa								
	Fino anni '30	Anni '40	Anni '50	Anni '60	Anni '70	Anni '80	Anni '90	Anni 2000	Anni 2010
Oli									
<i>Oli antracenic</i>		*							
<i>Oli minerali</i>		*							
Clororganici									
<i>Clorfenamidina (Chlordimeform)</i>				*					
<i>Dicofol</i>			*						
Bromorganici									
<i>Bromopropylate</i>					*				
Solforganici									
<i>Aramite</i>			*						
<i>Chlorfenson</i>			*						
<i>Fenson</i>			*						
<i>Ovotran</i>			*						
<i>Propargite</i>				*					
<i>Tetradifon</i>			*						
Fosfororganici									
<i>Protoate</i>			*						

Chinossaline Oxythioquinox (Chinometionate)				*					
Stannorganici Azocyclotin							*		
Cyhexatin					*				
Fenbutatin-oxide					*				
Piretroidi Bifentrin							*		
Fenprothrin							*		
Norpiretrati Acrinathrin							*		
Chitinoinibitori Flucycloxuron							*		
Triazapentadierni Amitraz					*				
Azotorganici Clofentezine						*			
Etozazole								*	
Fenazaquin							*		
Fenpyroximate							*		
Hehythiazox						*			
Pyridaben							*		
Tebufenpirad							*		
Avermectine Abamectin							*		
Milbemectin								*	
Derivati tetronici Spirodiclofen								*	
Naftochinoni Acequinocyl									*
Antagonisti naturali Acari fitoseidi								*	

3. L'EVOLUZIONE DELLA DIFESA DAI FITOFAGI SULLE PRINCIPALI COLTURE ARBOREE, INDUSTRIALI ED ORTIVE

Premessa

Nell'arco di oltre un secolo si è verificata una radicale svolta nel controllo dei fitofagi con il passaggio alla moderna frutticoltura specializzata, il cambiamento dell'assetto varietale e delle tecniche di coltivazione e la destinazione delle produzioni rivolte all'esportazione e alla G.D.O., che richiede prodotti con elevati standard merceologici e garantiti sotto il profilo igienico-sanitario. La maggiore attenzione rivolta al rispetto dell'ecosistema ha comportato l'adozione di disciplinari per la realizzazione di processi produttivi ecosostenibili, la disponibilità di nuovi preparati chimici e microbiologici e di tecniche di difesa alternative o complementari e la disponibilità di mezzi di avvertimento (trappole a feromoni sessuali di sintesi) e modelli previsionali per posizionare al meglio gli interventi, hanno consentito un sostanziale progresso nella difesa antiparassitaria.

Per le colture ortive di pieno campo e in serra la difesa nei confronti delle principali avversità ha dovuto affrontare nuove specie giunte accidentalmente in Italia, rappresentate dai ditteri agromizidi (*Liriomyza tyrifolii* e *L. huidobrensis*) e, ultimamente, dalla *Tuta absoluta*.

Occorre ricordare che la difesa delle piante dalle avversità parassitarie è solo un aspetto e spesso non il più importante della coltivazione delle piante, che può avvenire correttamente se si conosce in modo approfondito la biocenosi di un territorio. Da ciò emerge l'importanza di una qualificata, aggiornata e motivata presenza dell'uomo. Perché questa premessa? Per richiamare l'attenzione sulla necessità delle conoscenze e ricordare il detto "che l'uomo può quanto sa".

Nel corso degli anni i cambiamenti che sono intervenuti nel settore della difesa dai fitofagi (insetti ed acari) hanno modificato anche i livelli di presenza e di aggressività di alcune specie. Sicuramente le pomacee e le drupacee sono state quelle maggiormente influenzate dai cambiamenti intervenuti, ma anche la vite, gli agrumi e l'olivo sono stati coinvolti.

L'evoluzione della difesa delle pomacee

Sicuramente i problemi presenti all'inizio della frutticoltura specializzata erano ben diversi da quelli attuali. I fitofagi maggiormente presenti e temibili erano rappresentati essenzialmente da cocciniglie (*Quadraspidiotus perniciosus* e, in minor misura sul pero, *Epidiaspis leperii*), tingide del pero (*Stephanitis pyri*), psille (*Cacopsylla piricola* fino al termine degli anni '40, poi rimpiazzata da *Cacopsylla pyri* con maggior potenziale biotico e *Cacopsylla mali* per il melo), afidi (*Eriosoma lanigerum*, il più comune, *Aphis pomi* e *Dysaphis plantaginea*), cidie (*Cydia pomonella* e *Cydia molesta*). Ai suddetti insetti si aggiungeva la ragna del melo (*Yponomeuta malinellus*), le tentredini (*Hoplocampa brevis* per il pero ed *H. testudinea* per il melo) e la falena brumale (*Operophtera brumata*).

L'importanza di alcuni di questi insetti si è fortemente ridimensionata nel corso degli anni; per contro si è assistito all'incremento delle popolazioni di altre specie (*Dysaphis plantaginea*, *Cacopsylla picta*, *Cacopsylla melanoneura*, lepidotteri fillominatori, *Zeuzera pyrina*, tortricidi ricamatori), al successivo forte calo dei fillominatori, della zeuzera e delle principali tortrici ricamatrici (*Archips podanus*, *Pandemis* spp., *Adoxophyes orana*), queste ultime rimpiazzate da *Argyrotaenia ljungiana*.

Per quanto riguarda le **cocciniglie** la difesa verteva sul trattamento invernale o di fine inverno realizzato con oli antracenicici, con polisolfuri di calcio, olio giallo (olio bianco + DNOC). Nonostante questo intervento le infestazioni non erano facilmente eradicabili in quanto, per le difficoltà nell'assicurare una completa bagnatura della struttura scheletrica delle piante con le irroratrici del tempo (motopompe con lancia a mano), individui del diaspio riuscivano a sfuggire al trattamento e a ricostituire poi, nel corso della rimanente stagione vegetativa, infestazioni in grado di danneggiare anche i frutti, considerato che fino all'avvento dei primi fosfororganici mancavano preparati in grado di contrastare infestazioni delle cocciniglie nei periodi primaverili ed estivi.

Il polisolfuro di calcio è sopravvissuto fino ai giorni nostri, ma l'elevato costo del trattamento, il notevole dispendio di lavoro per la movimentazione e la preparazione della miscela pronta per l'uso, l'imbrattamento che subiscono le macchine adibite ai trattamenti e la non miscibilità con altri preparati, ne hanno fortemente ridimensionato l'impiego.

L'olio bianco è stato il successivo passo nella difesa anticoccidica di fine inverno. Per la sua praticità d'impiego, l'elevata selettività, l'azione collaterale verso le uova degli acari tetranychidi, l'attività contro gli eriofidi (*Eriophyes pyri* ed *Epithrimerus pyri*) e la possibilità di miscelazione con altri insetticidi (aficidi in particolare) è stato ed è tuttora largamente utilizzato.

Nell'immediato dopoguerra trovarono impiego i fosfororganici per i trattamenti contro le forme mobili (soprattutto quelle della prima generazione). Per tali interventi furono utilizzati parathion, metilparathion e diazinone (ora revocati), sostituiti da fosfororganici con maggiore attività, rappresentati da chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl e quinalphos (quest'ultimo revocato).

Negli anni '80, per l'intervento di fine inverno si rivelò molto efficace anche lo juvenoide fenoxycarb, poi revocato per negative interferenze nei confronti del baco da seta.

Dagli anni '70 e '80 hanno trovato impiego oli bianchi attivati con fosfororganici, quindi con imidacloprid, e recentemente è comparsa la speciale formulazione di olio bianco in miscela con zolfo colloidale per il trattamento prefiorale. Gli oli estivi, già conosciuti alla fine degli anni '50, sono utilizzati da un paio di decenni a questa parte anche per trattamenti in vegetazione, soprattutto nei frutteti condotti biologicamente.

Il chitinoinibitore buprofezin si è imposto dalla fine degli anni '90 come alternativa agli altri anticoccidici per il trattamento di fine inverno, in un momento in cui si verificò una recrudescenza degli attacchi dell'aspidioto su pomacee e drupacee dovuto probabilmente ad una riduzione del numero di interventi con fosfororganici contro i lepidotteri carpofagi.

Ultimamente si sono resi disponibili lo juvenoide pyriproxifen per il trattamento di fine inverno e, a partire dal 2012, il derivato degli acidi tetronici spirotetramat per i trattamenti contro le generazioni primaverili ed estive.

In merito alla **tingide**, in passato furono utilizzati piretro, derivati nicotinici e rotenone, ma con l'avvento dei preparati di sintesi (fosfororganici in particolare) le sue popolazioni scomparvero per poi ricomparire in questi ultimi anni nei meleti e nei pereti adibiti alle produzioni biologiche, nei quali la lotta contro la tingide è condotta con piretro e con *Beauveria bassiana*.

La **psilla del pero**, almeno fino all'immediato dopoguerra, era combattuta con oli antracenicici contro le uova deposte dalle femmine svernanti, mentre alla comparsa delle neanidi furono utilizzati piretrine, derivati nicotinici e perfino i primi oli leggeri. Più facile si rivelò il contenimento della psilla del melo (*Cacopsylla mali*), in quanto svernando allo stato di uovo veniva facilmente eliminata dal trattamento con oli antracenicici.

Fino agli anni '70 la difesa contro la psilla (*Cacopsylla pyri*) divenne problematica, fino all'introduzione di amitraz. Rimasto in commercio per oltre 30 anni, la sua efficacia diminuì progressivamente in seguito al ripetuto utilizzo, per cui per contrastare le popolazioni dell'insetto furono cercate altre soluzioni. Nello stesso periodo ad aggravare l'insidiosità del rincote contribuì certamente la mancanza di selettività nei confronti dell'antocoride (*Anthocoris nemoralis*) da parte di vari insetticidi distribuiti nel periodo estivo contro la carpocapsa.

Come alternativa si affermò il trattamento di fine inverno con DNOC, contro le uova appena deposte dalle femmine, al termine della breve diapausa ovarica invernale. Considerata la notevole tossicità per gli operatori si preferì sostituirlo con un trattamento, a completa caduta foglie, con piretroidi contro gli adulti svernanti. Considerata l'estrema tossicità di questi nei confronti dell'antocoride, il trattamento doveva essere ben posizionato a completa caduta foglie, quando l'antagonista aveva già raggiunto i ripari invernali e poteva pertanto sfuggire all'intervento.

Si tentò pure di sfruttare l'attività dei chitinoinibitori (diflubenzuron in particolare) utilizzati contro le uova della carpocapsa. Privilegiandone il posizionamento corretto contro le "uova bianche" della psilla, veniva però penalizzata l'azione del preparato contro le uova del tritricide.

I saponi potassici e il bagnante diottilsolfosuccinato di sodio sono stati per anni utilizzati contro le infestazioni estive della psilla, e lo stesso è avvenuto per gli oli bianchi, ancora utilizzati soprattutto nei pereti per le produzioni biologiche.

Determinante per la difesa dei pereti è stato l'avvento di abamectina, registrata nel 1996 ed attualmente largamente utilizzata; a questa è seguita, nel 2007, la registrazione di spirodichlofen. Entrambi questi due preparati hanno un'azione anche nei confronti di *Panonychus ulmi* e *Tetranychus urticae*, riuscendo a limitare le manifestazioni di brusone che, soprattutto sulla cv. Conference, si verificano in coincidenza con le infestazioni della psilla e con minime presenze di acari.

A proposito delle **psille del melo** (*Cacopsylla picta* e *C. melanoneura*), queste hanno rivelato la loro insidiosità in quest'ultimo ventennio, non tanto per i danni diretti, bensì per il ruolo che rivestono nella trasmissione dei fitoplasmi degli scopazzi (*Apple Proliferation phytoplasma=AP*), soprattutto nelle aree maggiormente interessate da questa malattia (Trentino Alto Adige, Friuli Venezia Giulia, Valle d'Aosta). Nei confronti di queste psille la difesa si è imposta in questi due ultimi decenni, nelle fasi di orecchiette di topo-mazzetti divaricati, alla comparsa degli adulti che invadono i meleti dopo aver svernato su conifere (generi *Taxus*, *Abies* e *Pinus*), con l'impiego prevalente di etofenprox e piretroidi (tau-fluvalinate).

Gli **afidi** (*Dysaphis plantaginea*, *Aphis pomi* ed *Eriosoma lanigerum*) vennero inizialmente contrastati dal trattamento invernale con oli antracenicici. In seguito trovarono impiego i derivati nicotinici, quindi i fosfororganici (oxydemeton-methyl, matamidophos, omethoate), pirimicarb e, per l'afide lanigero (*E. lanigerum*), soprattutto vamidothion. All'inizio degli anni '90 aumentò sensibilmente il livello di aggressività dell'afide grigio (*D. plantaginea*), nei confronti del quale si ricorse perfino all'impiego di endosulfan in miscela con dimetoato contro le reinfestazioni. L'impiego di fluvalinate nella fase fenologica delle orecchiette di topo si dimostrò molto valido, per poi lasciare posto a neonicotinoidi (imidacloprid, thiametoxam, acetamiprid) e flonicamid. All'inizio del nuovo secolo, in seguito al ripresentarsi di forti infestazioni di *E. lanigerum* e dopo la revoca di vamidothion, si è rivelata efficace la strategia dell'intervento con thiametoxam, acetamiprid e imidacloprid, in fase post-fiorale su colonie non vestite di cera.

I **microlepidotteri fillominatori** (*Leucoptera malifoliella* e *Phyllonorycter* spp.) comparvero con forti infestazioni con l'avvento dei fosforici che, utilizzati con diversi trattamenti per stagione contro la carpocapsa, finirono per decimare le popolazioni dei parassitoidi, consentendo così lo sviluppo indisturbato dei fillominatori. Nei loro confronti trovarono impiego diclorvos, cartap-hydrochloride, metidathion e methomyl, ma anche questi essendo poco selettivi non contribuirono ad abbassare in maniera determinante i livelli delle popolazioni. Successivamente, all'inizio degli anni '70, diflubenzuron applicato alla sfioritura si rivelò risolutivo ed egualmente efficaci si dimostrarono gli altri chitinoinibitori (teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron, lufenuron) comparsi in tempi successivi. Questi preparati, utilizzati per il trattamento ovicida alla sfioritura contro la carpocapsa, e i neonicotinoidi (imidacloprid, thiametoxam, acetamiprid), utilizzati in fase prefiorale o alla sfioritura contro gli afidi, hanno oggi limitato fortemente la presenza di tali microlepidotteri.

Le **ricamatrici** (*Archips podanus*, *Archips rosanus*, *Adoxophyes orana*, *Pandemis* spp.) non rappresentarono un problema nei primi decenni che videro l'avvento della frutticoltura specializzata. Il trattamento invernale con oli atraccenici riusciva ad eliminare le giovani larve svernanti di *A.podanus*, *A.orana* e *Pandemis* spp. e le ovature di *A.rosanus* e le esigue popolazioni che potevano comparire subivano poi l'azione dei preparati utilizzati contro la carpocapsa. Le infestazioni si ripresentarono negli anni '70 e '80, nei confronti delle quali furono utilizzati soprattutto azinphos-methyl e methomyl. Le popolazioni si sono poi fortemente ridotte in seguito al trattamento realizzato contro la carpocapsa a caduta petali con flufenoxuron e lufenuron. Per trattamenti specifici si sono resi disponibili diversi preparati comprendenti, in ordine di comparsa, tebufenozide, methoxyfenozide, indoxacarb, spinosad, chlorantraniliprole, emamectina-benzoate, ai quali si sono affiancati *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* ed *aizawai*, tutti efficaci anche per il contenimento delle infestazioni dell'emergente *Argyrotaenia ljungiana*.

La **carpocapsa** (*Cydia pomonella*) è stata sempre la più temibile insidia per le pomacee e la difesa nei confronti di questo tortricide ha subito, nel corso degli anni, un notevole cambiamento. Con l'avvento della frutticoltura specializzata i mezzi a disposizione per rilevare l'esistenza di situazioni di rischio di danni erano molto scarsi. L'inizio dei voli poteva essere accertato lasciando sfarfallare gli adulti entro gabbiette in cui erano poste le larve svernanti o rilevando le catture realizzate con bottiglie-trappola innescate con melassa o con altri attrattivi comprendenti alcoli (etilico, propilico, acetil-metilcarbinolo, ecc.) acidi (acetico, propionico, lattico, ecc.). A dire il vero, pochi ricorrevano a tali mezzi per cui i trattamenti iniziavano in coincidenza del presunto inizio delle nascite larvali e si susseguivano con turni abbastanza ravvicinati. Dapprima furono utilizzati gli arseniati, soprattutto quello di piombo, impiegato fino a tutti gli anni '50. Considerate la difficoltà di individuare il corretto posizionamento dei trattamenti e il fatto che tali prodotti agivano esclusivamente per ingestione ed erano privi di attività citotropica, era normale che i frutti con larve vive della prima generazione superassero la soglia dell'1%, per cui la difesa nei confronti delle successive generazioni diveniva molto difficile e i risultati erano spesso deludenti in quanto alla raccolta doveva essere accettata un'elevata percentuale di frutti bacati.

I risultati non migliorarono più di tanto con l'impiego dell'esaclorocicloesano, del lindano e del DDT, che rispetto agli arseniati possedevano anche un'azione di contatto. Con l'inizio degli anni '50 la difesa divenne relativamente meno difficoltosa con l'utilizzo dei fosforici, i quali erano notevolmente più efficaci verso la carpocapsa e all'azione per ingestione e per contatto si accompagnava anche un'attività citotropica che consentiva di colpire anche le larve penetrate negli strati più superficiali del frutto. In questo primo periodo trovarono largo

impiego parathion e, sul pero, methylparathion in quanto a quest'ultimo veniva attribuita una presunta attività contro la psilla.

In tempi successivi la difesa fu affidata ad azinphos-methyl, il cui impiego si è poi protratto per un quarantennio, fino alla sua revoca avvenuta con il non inserimento nell'allegato I della Direttiva U.E. 91/414.

Con l'inizio degli anni '70 si affermò l'impiego del chitinoibitore diflubenzuron alla sfioritura del melo per il contenimento delle notevoli infestazioni del cemiostoma e fu rilevata anche la straordinaria efficacia del preparato nei confronti delle uova della carpocapsa. Ai trattamenti esclusivamente larvicidi si aggiungono così quelli ovidici. Negli anni successivi comparvero altri chitinoibitori rappresentati, in ordine di comparsa, da flufenoxuron, teflubenzuron, triflumuron, hexaflumuron, lufenuron. Negli anni '80, ai suddetti si aggiunse lo juvenoide fenoxycarb, il cui impiego terminò ben presto con la sua sospensione a causa delle segnalazioni di effetti secondari negativi.

I trattamenti larvicidi, a completamento dell'applicazione ovidica, erano basati sull'impiego quasi generalizzato dell'azinphos-methyl, ma già con l'inizio degli anni '70 con l'avvento della lotta integrata l'attenzione fu posta su phosalone in quanto meno tossico per l'uomo e i vertebrati e ritenuto più selettivo verso gli insetti utili. Negli anni '90, per i trattamenti larvicidi furono adottati altri fosfororganici, rappresentati da chlorpirifos, phosmet, fenitrothion e a questi si sono poi affiancati i M.A.C. tebufenozide e metoxyfenozide, il neonicotinoide thiacloprid, indoxacarb e il granulovirus CpGV. In quest'ultimo decennio si è affermato, con attività ovo-larvicida, il derivato antranilico chlorantraniliprole, al quale si sono affiancati i larvicidi spinosad ed emamectina-benzoato.

Come alternativa o dopo un iniziale programma di difesa contro la prima generazione, in questi ultimi tempi si sono affermate le tecniche della confusione del disorientamento sessuale. Rispetto alla prima, la tecnica del disorientamento sessuale si avvantaggia del fatto che le trappole a feromoni dislocate nel frutteto, rimanendo attive, riescono a segnalare l'eventuale esaurimento della funzionalità degli erogatori della confusione e la necessità di ricorrere alla loro sostituzione o ad un trattamento insetticida di soccorso.

Nell'ultimo decennio notevole sviluppo ha avuto la tecnica della confusione sessuale basata sull'impiego di feromoni di sintesi che, inserita in programmi di difesa integrata, ha permesso di ottenere positivi risultati in termini di efficacia e di riduzione dei trattamenti convenzionali con conseguente abbassamento dei residui di agrofarmaci.

Per la riduzione della popolazione larvale svernante si sono rivelati efficaci i nematodi entomopatogeni *Steinernema carpocapsae*, con trattamento interessante la parte basale del tronco.

Le infestazioni su pomacee da parte della **tignola orientale** (*Cydia molesta*) erano già note negli anni '30, con forti percentuali di danno. Per quanto si conosce rimasero su livelli di scarsa importanza per quasi un cinquantennio per riapparire alla fine degli anni '80, con attacchi da parte della prima generazione sul melo nel Veneto e sul pero, soprattutto nel ferrarese, tra la metà di agosto e la raccolta. Sul melo gli attacchi larvali precedevano quelli della carpocapsa, rendendo necessario un trattamento specifico. Sul pero si rivelò determinate l'applicazione ovidica di teflubenzuron e triflumuron, seguita da un trattamento di chiusura, a tempo di carenza, con etofenprox o indoxacarb.

Il **rodilegno giallo** (*Zeuzera pyrina*), negli anni che hanno preceduto l'avvento dei chitinoibitori, è stato un grosso problema, soprattutto per il pero. Per combattere le larve si ricorse soprattutto alla lotta meccanica, con uccisione delle larve all'interno delle loro gallerie tramite un fil di ferro, all'iniezione in galleria di formulazioni spray a base di DDVP + propoxur o di nematodi entomopatogeni e a catture di massa con trappole a feromoni. La

situazione è poi cambiata radicalmente con l'avvento e l'uso dei chitinoinibitori teflubenzuron e triflumuron che hanno causato la pressoché scomparsa del rodilegno nei pareti e nei meleti.

L'evoluzione della difesa del pesco

Nel 1926 nelle sole province di Ravenna e Forlì si contavano appena 195 ettari di terreno investiti con piante da frutto e gelseti. Solo ai primi anni '50 iniziò lo sviluppo della peschicoltura, interessando quasi esclusivamente la Romagna.

I problemi entomologici presenti all'inizio della peschicoltura specializzata erano essenzialmente rappresentati da cocciniglia di S. José (*Quadraspidiotus perniciosus*), cocciniglia bianca del gelso (*Pseudaulacaspis pentagona*), afidi (*Hyalopterus amygdali* e *Myzus persicae*), *Cydia molesta*, *Anarsia lineatella* e ragnetto rosso (*Panonychus ulmi*).

Dei diaspini, *P. pentagona* era la specie più diffusa, favorita dalla presenza dei gelsi per la produzione della "foglia" per il baco da seta. L'afide farinoso trovava condizioni favorevoli di sviluppo per la diffusa presenza della cannuccia di palude (*Phragmites communis*) che, come ospite secondario, assicurava in estate lo sviluppo delle popolazioni del fitomizo. Meno dannoso appariva l'afide verde (*M. persicae*) in quanto frenato dal precoce arresto di formazione di nuovi germogli. La *Cydia molesta* era l'insetto chiave e gli attacchi erano temibili in quanto interessavano soprattutto i frutti per la precoce lignificazione dei germogli. Con l'inizio degli anni '70 l'assetto varietale si modificò in seguito all'introduzione delle cv. di nettarine, con conseguenti nuovi problemi da affrontare, rappresentati dai tripidi *Thrips meridionalis* e *T. major* e, in tempi successivi, da *Frankliniella occidentalis*.

Con l'estendersi della peschicoltura nelle regioni meridionali il pesco è stato poi interessato anche dalle infestazioni della mosca mediterranea (*Ceratitis capitata*), che nei suddetti ambienti trova condizioni molto favorevoli per il suo sviluppo.

Se si ripercorre la storia della difesa, contro le cocciniglie fu utilizzato il polisolfuro di bario, fino al momento della sua revoca. I risultati erano relativamente buoni per la cocciniglia di S. José, scarsi per *P. pentagona* per la maggior consistenza offerta dal follicolo della femmina svernante. La situazione migliorò con la possibilità di ricorrere a trattamenti alla nascita delle neanidi con l'avvento dei primi fosfororganici.

Nei confronti degli afidi, la difesa verteva su interventi in vegetazione, alla comparsa delle colonie, e trovarono impiego dapprima esaclorocicloesano, lindano e parathion. In seguito furono utilizzati oxydemeton-metile e mevinphos, La svolta nella difesa si ebbe con l'arrivo di pirimicarb. Con il trascorrere degli anni l'efficacia di questo aficida diminuì sensibilmente per cui furono cercati preparati alternativi. A metà del decennio degli anni '70 intervenne la linea di difesa basata sul trattamento di fine inverno, contro le uova, con l'impiego di DNOC. Nello stesso periodo, con la registrazione dei piretroidi, fu adottata la strategia di lotta contro le fondatrici, nella fase dei bottoni rosa, e con la registrazione di acephate anche questo insetticida fu applicato con la medesima strategia, rivelando un'attività notevole contro le giovani larve di *Anarsia lineatella* uscite dai ricoveri invernali. La svolta nella difesa è avvenuta con l'avvento dei neonicotinoidi (imidacloprid, thiametoxam e acetamiprid) e, più di recente, di flonicamid, tutti utilizzati nella fase fenologica dei bottoni rosa.

Contro i tripidi presenti in fioritura (*Thrips meridionalis* e *T. major*), la difesa fu affrontata con un intervento prefiorale con acephate, seguito a caduta petali da un ulteriore intervento, per il quale fu prevalente l'impiego di methomyl. Si è poi passati all'impiego in prefioritura di un piretroide o di flonicamid + un neonicotinoide, seguito da un ulteriore trattamento a caduta

petali con acrinathrin o con chlorpyrifos-methyl. Contro il tripide estivo (*Frankliniella occidentalis*) si è rivelato importante l'impiego di spinosad.

Anarsia lineatella evidenziò, su nettarine, una forte dannosità alla fine degli anni '90, con la revoca di acephate e la sua sostituzione con imidacloprid, ma poi si pose rimedio associando al neonicotinoide un piretroide. Un determinante contributo per il contenimento della prima generazione avvenne con l'impiego dei chitinoinibitori (teflubenzuron e triflumuron) con finalità ovicida, seguito poi da un normale intervento larvicida con *Bacillus thuringiensis*, etofenprox, indoxacarb, spinosad e chlorantraniliprole.

La *Cydia molesta* venne in passato combattuta con arseniato di piombo, lindano, quindi con parathion e, per trattamenti di chiusura, con mevinphos e carbaryl. Con l'impiego di questi fosfororganici e carbammati si assistette allo sviluppo di notevolissime infestazioni di *Panonychus ulmi*, con uova invernali presenti in quantità tali da imbrattare di rosso le mani dei potatori, rendendo necessario il ricorso a trattamenti acaricidi. Successivamente fu impiegato soprattutto azinphos-methyl (poi revocato), al quale sono subentrati altri fosfororganici (phosmet, chlorpyrifos), chitinoinibitori poi revocati (teflubenzuron, triflumuron e lufenuron), M.A.C. (tebufenozide, metoxyfenozide), thiacloprid, indoxacarb, etofenprox, spinosad e *Bacillus tghuringiensis* var. *kurstaki* e *aizawai*, ai quali si sono aggiunti in tempi più recenti emamectin-benzoate e chlorantraniliprole.

Con l'inizio degli anni '70 e l'impiego delle trappole a feromoni sessuali la difesa è stata notevolmente razionalizzata .

In alternativa o a supporto della difesa con le sostanze attive attualmente ammesse, le tecniche della confusione con l'impiego di feromoni di sintesi si è notevolmente sviluppata nell'ultimo decennio, tanto da interessare la grande maggioranza dei pescheti specializzati, grazie agli ottimi risultati che si ottengono.

Nei confronti della mosca mediterranea (*Ceratitis capitata*) si è ricorso in passato all'impiego di trichlorphon e malathion, poi sostituiti da etofenprox e, ultimamente, dall'esca a base di spinosad.

L'evoluzione della difesa della vite

Il fitofago chiave è stato, da tempo, la tignoletta (*Lobesia botrana*), affiancata in minor misura e in ambienti particolari dalla tignola *Eupoecilia ambiguella*.

Nei tempi passati la difesa venne realizzata con arseniati, chlordano, esaclorocicloesano e lindano; in seguito furono introdotti DDT e parathion, con quest'ultimo che è stato utilizzato fino alla sua revoca. Durante questo periodo d'impiego di parathion si assistette allo sviluppo delle infestazioni di ragnetto giallo (*Eoteranychus carpini* f. *vitis*), nei confronti del quale venivano effettuati trattamenti acaricidi alla ripresa vegetativa e, talora, anche in estate.

Il miglioramento della difesa avvenne con l'avvento di chitinoinibitori (flufenoxuron, lufenuron e teflubenzuron, ora non inclusi in allegato I della Direttiva U.E. 91/414), M.A.C. (tebufenozide e metoxyfenozide), *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* e *aizawai*, indoxacarb, spinosad, emamectin-benzoate e chlorantraniliprole.

Per la tignoletta si sta diffondendo l'applicazione della confusione sessuale, come alternativa o integrazione dei trattamenti.

In quest'ultimo ventennio, in seguito al diffondersi delle manifestazioni di flavescenza dorata, si è dovuto ricorrere a trattamenti obbligatori contro il vettore *Scaphoideus titanus*, con l'impiego di buprofezin (sospeso, ma di prossima reimmissione), fosfororganici (chlorpyrifos e chlorpyrifos-methyl), flufenoxuron, etofenprox e thiametoxam.

A questo nuovo problema si sono aggiunte infestazioni localizzate della cocciniglia farinosa *Planococcus ficus*, contenute ricorrendo al trattamento con buprofezin, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl e thiametoxam.

L'evoluzione della difesa dell'uva da tavola

L'uva da tavola si coltiva essenzialmente in Puglia e in Sicilia, con attuale orientamento verso le cvv. senza semi.

Da tempo la tignoletta (*Lobesia botrana*) è il principale fitofago, al quale si sono aggiunti in tempi relativamente recenti il tripide occidentale o della California (*Frankliniella occidentalis*) e una intensificazione, in alcuni vigneti, delle infestazioni della cocciniglia farinosa (*P. ficus*).

Ripercorrendo le tappe della difesa contro le generazioni carpofaghe della tignoletta, si vede come dai primi interventi con arseniati, lindano, DDT e chlordano, si sia passati all'impiego di carbaryl e, soprattutto, dei fosfororganici parathion e methyl-parathion. Con la revoca dei fosfororganici più sopra citati l'attenzione si spostò su chlorpyrifos e chlorpyrifos-methyl e si è poi ricorso a nuove sostanze attive rappresentate da chitinoinibitori (soprattutto flufenoxuron), M.A.C. (tebufenozide e methoxyfenozide), *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* e *aizawai*, indoxacarb, spinosad, emamectin-benzoate e chlorantraniliprole. In alternativa alla lotta chimica o con *B.th.*, da alcuni anni ai tempi nostri sono in aumento i vigneti interessati dalla tecnica di lotta con la confusione sessuale.

Nei confronti del tripide occidentale hanno trovato impiego methiocarb, acrinathrin e spinosad, con applicazioni alla comparsa dell'insetto sui grappoli fiorali.

L'evoluzione della difesa dell'olivo

I principali problemi fitosanitari sono, da sempre, la mosca delle olive (*Bactrocera oleae*), la tignola (*Prays oleae*) e la cocciniglia mezzo grano di pepe (*Saissetia oleae*).

La difesa dell'olivo è molto cambiata rispetto a quella che veniva indicata a metà del secolo scorso, della quale si trovano notizie nei *"I parassiti animali dell'olivo"* di Giuseppe M. Martelli, allora direttore dell'Osservatorio Malattie delle Piante per la Puglia e la Lucania.

Inoltre, leggere oggi le "Norme fitosanitarie ecosostenibili per la difesa delle colture agrarie", dettate dall'Area politica dello sviluppo rurale, Servizio Agricoltura, Osservatorio Fitosanitario della Regione Puglia, aggiornato al 2011, e rileggere la circolare N. 20 (nuova serie) dell'aprile 1962, emessa dall'Osservatorio per le malattie delle piante di Puglia e Lucania, avente come titolo *"Suggerimenti per la lotta antiparassitaria"* nel quadro del "Piano Verde", è ben comprensibile come la difesa era affrontata ai vecchi tempi. Nella prima parte di essa erano dettate precauzioni per l'impiego degli antiparassitari, però nell'elenco dei prodotti erano indicate sostanze insetticide quali DDT, parathion, metil-parathion, carbaryl, endrin, aldrin, dieldrin, heptacloro, arsenito sodico, arseniato di piombo, dimethoate, esaclorocicloesano, arseniato di calcio, oli bianchi, lindano e qualche altro. Di questi agrofarmaci, ritenuti allora indispensabili, alcuni di essi erano scritti in corsivo in quanto già allora erano ritenuti pericolosi e da sostituire quanto prima.

Contro la cocciniglia mezzo grano di pepe furono utilizzati inizialmente gli oli minerali, poi si passò all'uso di carbaryl, con conseguenti forti interferenze negative verso gli antagonisti del coccide, quindi al metidathion, nuovamente agli oli minerali e all'impiego di buprofezin, efficaci contro le neanidi.

Contro la tignola si ricorse all'impiego di parathion, diazinone, metidathion e dimethoate; ora è giustificato il trattamento con quest'ultima sostanza attiva contro la generazione carpopaga, prima dell'indurimento del nocciolo.

Nella difesa dalla mosca furono usati insetticidi inorganici e successivamente gli esteri fosforici, soprattutto dimetoato e fenthion. Attualmente, oltre a dimethoate, possono essere usati fosmet, imidacloprid e l'esca a base di spinosad.

Nei nuovi impianti e nei vivai possono arrecare danni l'oziorrinco (*Otiorhynchus cribricollis*) e la margaronia (*Palpita unionalis*). Contro la margaronia furono usati, fino all'inizio degli anni '60, arseniato di piombo, DDT, dieldrin, esaclorocicloesano e lindano; ora le infestazioni possono essere validamente contrastate con *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*.

Contro l'oziorrinco si ricorreva, fino all'inizio degli anni '60, alla distribuzione sul terreno, intorno al colletto, di clororganici (aldrin, heptaclo, esaclorocicloesano e lindano) e a trattamenti fogliari con malathion, methylparathion e DDT + parathion; ora è invece diffusa l'applicazione al tronco di manicotti di lana sintetica per impedire agli adulti di salire sulla chioma e danneggiarla.

Negli ultimi tempi la sostituzione delle vecchie ss.aa. con nuovi preparati più rispettosi dell'ambiente e meno tossici per l'uomo e con l'introduzione di metodi alternativi, come ad esempio il sistema A&K, nel contenimento delle infestazioni di mosca, ha portato ad un sensibile miglioramento del processo produttivo dell'olivo.

L'evoluzione della difesa degli agrumi

L'agrumicoltura in Italia è diffusa prevalentemente in Sicilia; vi partecipano, con minori superfici, le altre Regioni meridionali (Puglia, Basilicata, Calabria e Campania).

Gli insetti che attaccano la coltura sono rappresentati, fin dal passato, da cocciniglie (*Aonidiella aurantii*, *Lepidosaphes beckii*, *Chrysomphalus dictyospermi*, *Aspidiotus nerii*, *Parlatoria pergandei*, *Parlatoria ziziphi*, *Planococcus citri*, soprattutto su limone, e *Saissetia oleae*), mosca mediterranea (*Ceratitis capitata*), cicalina (*Empoasca decedens*) responsabile delle alterazioni note come "fetola", mentre sulle giovani piante sono dannosi gli afidi (soprattutto *Aphis spiraecola*).

In tempi più recenti si sono aggiunti il tripide *Pezothrips kellyanus* (tripide di Kelly), la minatrice serpentina (*Phyllocnistis citrella*), gli aleurodidi *Aleurothrixus floccosus* e *Parabemisia myricae* e, ultimamente, *Aleurocanthus spiniferus*.

Gli insetticidi impiegati nel passato contro le cocciniglie furono gli oli minerali leggeri e in Sicilia si ricorreva perfino alla fumigazione in campo delle piante con acido cianidrico, dopo averle coperte con teloni mobili impermeabili.

Dalla fine degli anni '90 all'inizio degli anni 2000, per contrastare la maggiore aggressività di *Aonidiella aurantii* venne impiegata, soprattutto sulla seconda generazione, la miscela buprofezin + olio bianco narrow range.

Attualmente la difesa anticoccidica è basata sull'impiego degli oli minerali e di chlorpyrifos. Per il contenimento della cocciniglia farinosa o cotonello, si ricorre anche al lancio di insetti antagonisti rappresentati da *Leptomastix dactylopii* e *Cryptolaemus mountrouzieri*. Contro gli afidi si interviene attualmente con neonicotinoidi (imidacloprid, thiametoxam, acetamiprid), pimetozine, azadiractina. Contro la mosca è rimasto valido per lungo tempo l'uso del dimetoato, in seguito sostituito da etofenprox, phosmet e dall'impiego

dell'esca attivata con spinosad. Più recentemente si è passati all'introduzione di dispositivi A&K.

Contro la minatrice serpentina sulle giovani piante sono attualmente impiegabili imidacloprid, acetamiprid, abamectina.

L'evoluzione della difesa della barbabietola

Fino a quasi tutti gli anni '60 la bieticoltura si basava sull'impiego di seme plurigerme per cui l'elevatissima densità iniziale di piantine riusciva a compensare largamente le eventuali perdite causate dagli attacchi degli insetti terricoli e dell'altica.

Gli insetti che danneggiavano la bietola erano sostanzialmente quelli che sono attualmente presenti, ma molto importanti e temute erano soprattutto le infestazioni del cleono (*Conorhynchus mendicus*).

Le linee di difesa adottate fino al 1942 trovano testimonianza nel dattiloscritto redatto nel 1942 da Carlo Menozzi e pubblicato nel 1947 come libro "*Animali e vegetali dannosi alla barbabietola da zucchero e mezzi per combatterli*", frutto della sua carriera di entomologo svolta per la "Società approvvigionamento bietole e vendita zucchero", succeduta al Consorzio Nazionale.

Nelle pagine del suddetto libro si legge che gli afidi venivano combattuti con solfato di nicotina ed estratto di tabacco. Contro le nottue si ricorreva all'uso di esche preparate con crusca inumidita ed avvelenata con arseniato di sodio o fluorosilicato di bario oppure con irrorazioni o polverizzazioni di composti arsenicali. Per gli elateridi venivano proposti, come esca, pezzi di tuberi di patata da interrare nelle interfila e ogni mezzo metro, da dissotterrare ogni due giorni per raccogliere le larve ivi attratte. Le altiche erano difficili da combattere in quanto i prodotti arsenicali erano poco efficaci, mentre i prodotti nicotinici, il piretro e il rotenone fornivano risultati scarsi e risultavano troppo costosi. Contro le casside si ricorreva al trattamento liquido con arsenicato di calcio o di piombo seguito poi da polverizzazioni con arseniato di calcio con l'aggiunta di una polvere inerte.

Per il cleono veniva indicata la raccolta a mano degli adulti oppure la creazione di fossi intorno agli appezzamenti, sul cui fondo venivano collocati vasetti di terracotta internamente verniciati o barattoli di latta entro i quali gli adulti cadevano e non riuscivano a fuoriuscire. Per i trattamenti chimici erano indicate le polverizzazioni con cloruro di bario. Negli anni '50 si ricorse all'impiego di esaclorocicloesano, lindano e DDT e in seguito, per almeno 15 anni si fece largo uso di dieldrin, poi sostituiti da fosfororganici ed endosulfan.

Con l'avvento dei monogermi tecnici, comparsi a metà degli anni '60 e, ancor più, dei monogermi genetici comparsi successivamente, divenne indispensabile proteggere le piantine durante le primissime fasi vegetative affinché fosse garantita la densità d'investimento.

Si ricorse all'interramento localizzato, alla semina, di formulazioni granulari di diversi fosfororganici (chlormefos, phorate, terbufos) e di carbammati (aldicarb, benfurcarb, carbofuran, carbosulfan, furathiocarb), ora tutti revocati. Carbofuran fu il precursore per la confettatura del seme, pratica attualmente in uso con l'impiego dei neonicotinoidi (imidacloprid, thiamethoxam e chlotianidin), in associazione ad altre sostanze per implementare l'attività verso gli elateridi.

Contro le nottue furono impiegati i fosfororganici, mentre in tempi più recenti sono subentrati piretroidi, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, indoxacarb ed etofenprox; questi ultimi due si dimostrarono i preparati maggiormente efficaci per contrastare le forti infestazioni di *Spodoptera exigua* verificatesi in Romagna nell'estate del 2003, in seguito alle quali la

vegetazione delle coltivazioni venne completamente distrutta e le larve si interrirono per danneggiare anche la radice.

L'evoluzione della difesa della patata

La difesa insetticida della patata è iniziata sostanzialmente alla fine del secondo conflitto mondiale, dopo l'arrivo in Italia della dorifora (*Leptinotarsa decemlineata*) avvenuto nel 1942. Diffusasi rapidamente in tutta la pianura padana, valicò gli Appennini per poi diffondersi nelle regioni centrali e meridionali. Per contrastarne i danni furono impiegati arseniati di piombo e di calcio, DDT, chlordano, lindano e dieldrin.

La difesa è poi migliorata con l'avvento dei piretroidi, dei chitino-inibitori dei *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* ceppo EG 2424 e *B.t. tenebrionis* ed infine con i prodotti più recenti rappresentati da neonicotinoidi (acetamiprid, chlotianidin, imidacloprid, thiametoxam) e chlorantraniliprole.

Gli elateridi (*Agriotes* spp.) furono in passato combattuti con l'interramento di lindano. In seguito si è passati all'impiego di preparati microgranulari distribuiti nel solco di semina, rappresentati da fosfororganici (chlorpyrifos, diazinone, phoxim, pyridaphenthion, ethoprophos, phorate, terbufos), dei quali sono rimasti utilizzabili solo chlorpyrifos ed ethoprophos. Si è poi passati al piretroide tefluthrin, attualmente utilizzato, alla concia dei tuberi seme con neonicotinoidi (imidacloprid) e al trattamento con thiamethoxam sui tuberi-seme, nel solco di semina.

La tignola (*Phthorimaea operculella*) è divenuta temibile in tempi recenti, nei confronti della quale, oltre a provvedimenti agronomici (scelta di varietà a tuberificazione profonda, rincalzatura, sollecita raccolta dei tuberi), sono possibili interventi con piretroidi e spinosad.

L'evoluzione della difesa del pomodoro e delle altre ortive

Le problematiche dei fitofagi sono diverse, considerata la vasta gamma di colture coinvolte e, per la stessa coltura, variano in funzione del periodo in cui avviene il ciclo di coltivazione e sono diverse a seconda che si tratti di colture in pieno campo o in serra e se queste ultime sono realizzate a terra o su substrati artificiali fuori terra.

Gli insetti attualmente presenti su tali colture sono aumentati rispetto a quelli del passato in quanto con gli scambi commerciali sono state accidentalmente importate non poche specie dannose.

Basti citare il tripide occidentale (*Frankliniella occidentalis*), i ditteri agromizidi (*Liriomyza trifolii* e *L. huidobrensis*) ed ultimamente la tuta (*Tuta absoluta*).

La difesa su queste colture è notevolmente cambiata rispetto ai tempi passati, quando l'orticoltura era quella realizzata nei terreni vicini alle grosse città e le produzioni erano destinate in gran parte al mercato locale.

Ora il mercato esige prodotti di qualità, ottenuti nel rispetto di rigorosi disciplinari di produzione e idonei ad essere trasportati in tutti i mercati nazionali ed esteri.

Nei tempi passati furono impiegati arseniati, lindano, DDT, piretro. Con l'avvento dei fosfororganici fu impiegato mevinphos per la sua rapidità d'azione e breve persistenza, ma frequenti furono i casi d'intossicazione, anche mortale, per la notevole tossicità dei suoi

vapori; in tempi più recenti rimase disponibile heptenophos, poi anche questo revocato nei primi anni di questo secolo. Il miglioramento della difesa è avvenuto con l'impiego di piretroidi ed etofenprox (molto efficaci nei confronti di afidi, cimici, miridi, tignole, nottue, pieridi, altiche, ecc.), neonicotinoidi (imidacloprid, thiametoxam, acetamiprid) ed altre sostanze attive (pimetrozine, flonicamid, spirotetramat, azadiractina) contro gli afidi.

Nei confronti degli aleurodidi sono ora disponibili svariate sostanze rappresentate da piretro, azadiractina, piretroidi, neonicotinoidi (imidacloprid, acetamiprid, thiametoxam, thiacloprid), pimetrozine, flonicamid, piriproxyfen e spirotetramat

Contro gli elateridi si è passati dalla iniziale disinfestazione del terreno con lindano ai fosfororganici microgranulari e all'attuale impiego di piretroidi (tefluthrin e zeta-cypermethrin).

Contro gli agromizidi si sono resi disponibili ciromazina, abamectina ed ultimamente spinosad. Contro le nottue, oltre ai piretroidi sono utilizzabili *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* e *aizawai*, nucleopoliedrovirus (HaNPV contro *Helicoverpa armigera* e SliNPV contro *Spodoptera littoralis*), indoxacarb, spinosad, emamectin-benzoate, chlorantraliprole.

Contro la dorifora, rispetto al DDT e al lindano di un tempo che fu, possono ora essere utilizzati *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* ceppo EG 2424, piretroidi, neonicotinoidi e metaflumizone. Nei confronti della *Tuta absoluta* sono attivi *B. th.* var. *kurstaki* e *aizawai*, azadiractina, spinosad, indoxacarb e chlorantraniliprole.

Per le colture in serra è possibile ricorrere alla lotta biologica attraverso il lancio di parassitoidi e predatori per il contenimento delle infestazioni di tripidi, aleurodidi, afidi e ragnetti.

Con la possibilità di ricorrere alla lotta biologica e l'attuale disponibilità di sostanze attive poco tossiche per l'uomo, con breve o brevissimo tempo di sicurezza e basso rischio di presenza di residui, possono essere ottenute produzioni con il più elevato livello di garanzie igienico-sanitarie.

4. DISPOSIZIONI LEGISLATIVE INERENTI LE LIMITAZIONI D'IMPIEGO E LA REVOCA DI SOSTANZE ATTIVE AD AZIONE INSETTICIDA ED ACARICIDA

Sono qui sotto riportate le più importanti disposizioni legislative inerenti l'impiego di ss.aa. ad azione insetticida e acaricida di rilevanza fitoiatrica.

D.M. 4 Dicembre 1967- Limita l'impiego di alcuni fitofarmaci ciclodienici clorurati (Aldrin, Dieldrin, Clordano, Eptacloro epossido, Endrin) in formulazione polverulenta al 10 % p.a. per la disinfezzazione delle sementi; formulazione granulata al 4 % di p.a. per la disinfezzazione del terreno.

D.M. 22 Dicembre 1967- Fissa i limiti di tolleranza relativi ai residui di antiparassitari agricoli nei prodotti ortofrutticoli e tempi di sicurezza.

D.M. 3 Agosto 1968 n. 1255- Regolamento concernente la disciplina della produzione, del commercio e della vendita dei fitofarmaci e dei presidi delle derrate alimentari immagazzinate.

D.M. 14 Gennaio 1970- Divieto e limiti dell'impiego di presidi sanitari contenenti DDT; successivamente è stato limitato ugualmente l'impiego del D.D.D. (D.M. 31.7.73).

D.M. 28 dicembre 1970- Concentrazione dei principi attivi inclusi nella prima classe del D.P.R. n. 1225.

D.M. 7 Ottobre 1972- Divieto all'impiego in agricoltura di presidi sanitari contenenti olio di creosoto.

D.M. 31 Luglio 1973- Divieto di impiego in agricoltura dei presidi sanitari contenenti miscele di Meta e Paracreosolo.

D.M. 26 Ottobre 1973- Divieto dell'impiego di clorociclodienici (Aldrin, Dieldrin, Eptacloro, Eptacloro epossido, Clordano).

D.M. 7 Febbraio 1974- Divieto di impiego di insetticidi contenenti MNFA (Monofluoroacetamide).

D.M. 14 Agosto 1974- Divieto all'impiego in agricoltura dei presidi sanitari contenenti il principio attivo esaclorocicloesano, denominato anche BHC, e viene conseguentemente revocata la registrazione di tutti i presidi sanitari che lo contengono; con D.M. 9 Novembre 1974 estensione del divieto al settore domestico e civile.

D.M. 12 Luglio 1975- Divieto di impiego in agricoltura dell'isomero gamma dell'esaclorocicloesano (Lindano). Rimangono consentiti gli impieghi, per la concia dei cereali immagazzinati e delle sementi, di formulati in polvere secca allo 0,5 % di principio attivo. Inoltre formulati granulati al 3 % di principio attivo possono essere impiegati nella disinfezzazione delle colture di bietola.

D.M. 11 Ottobre 1978- Divieto di impiego in agricoltura dei presidi sanitari a base di D.D.T. e revoca delle registrazioni.

D.M. 6 Gennaio 1979- Quantità massime di residui di antiparassitari consentite negli alimenti. (Settore di applicazione e periodi di sicurezza).

D.M. 7 agosto 1992- Conclusione del riesame del p.a. Ciexatin ed approvazione della scheda tecnica con le nuove prescrizioni d'impiego.

D.M. 2 agosto 1983- Divieto d'impiego in agricoltura dei presidi sanitari contenenti il p.a. Mevinfos.

D.M. 27 aprile 1992- Sospensione cautelativa della vendita e dell'impiego del presidio sanitario Insegar su tutto il territorio nazionale.