

**Dr Milan Maceljski**

Poljoprivredni fakultet, Zagreb

### **O REZISTENTNOSTI INSEKATA I GRINJA NA PESTICIDE**

Sve veća potrošnja kemijskih sredstava za zaštitu bilja (pesticida), a naročito insekticida i akaricida, postepeno je dovela do pojave jednog novog problema — problema rezistentnosti ili otpornosti insekata i grinja na pesticide. Stalnim porastom potrošnje pesticida rastao je i značaj ovog problema, te se pojava rezistentnosti danas može smatrati jednim od najvažnijih nedostataka kemijske metode suzbijanja štetnika. Kako je značaj ovog problema usko povezan s potrošnjom insekticida i akaricida, a ta je potrošnja nejednaka u pojedinim državama, razumljivo je da najviše pojava rezistentnosti ima u SAD, Njemačkoj, Francuskoj, Engleskoj, Italiji i nekim drugim državama gdje se troši mnogo pesticida. No i kod nas se na nekim kulturama (šećerna repa, krumpir, plantažni voćnjaci) koriste već prilično velike količine pesticida, te će problem rezistentnosti štetnika na njih postojati sve akutniji.

Značaj pojave rezistentnosti insekata i grinja na pesticide nalazi se u tome, što ta pojava zahtijeva obično preorientaciju načina suzbijanja takvog štetnika, a katkada nas, štaviše, takva pojava stavlja pred nerješiv zadatak, te barem prvi čas, ostajemo bespomoćni kod suzbijanja rezistentnih sojeva nekih štetnika. Kako bi spriječili da se potpuno nepripremljeno suočimo sa ovakvim problemima potrebno je i kod nas što prije prići praćenju reagiranja štetnih insekata i grinja na pesticide primijenjene za njihovo suzbijanje, te egzaktnim ispitivanjima dokazati postojanje, proširenost i tip rezistentnosti i utvrditi mogućnosti suzbijanja rezistentnih sojeva. Takvim bi radom ne samo pravovremeno ustanovili pojavu rezistentnosti, već bi opovrgli i sumnje u ispravnost pesticida i njegove primjene, koje se u takvim slučajevima većinom javljaju.

**Međutim, ne samo radi potrebe da se pravovremeno pripremimo na suzbijanje rezistentnih sojeva štetnika, već i zato što usporavanje ili čak spriječavanje pojave ovog problema ovisi o dobrom poznavanju uzroka i mehanizma ove pojave od strane svih onih koji primjenjuju pesticide, to ćemo u ovom radu malo opširnije razmotriti problem rezistentnosti kod insekata i grinja.**

Pod rezistentnošću razumijevamo pojavu postepenog snižavanja efikasnosti nekog pesticida na određenu vrstu insekata ili grinja. Drugim riječima, insekticid ili akaricid koji je kod prve ili kod prvih primjena bio visokoefikasan, kod primjene tokom nekoliko godina ili kroz veći broj generacija nekog štetnika, započinje popuštati u efikasnosti, te nakon izvjesnog vremena čak i u mnogostruko povećanim dozama potpuno izgubi svoje djelovanje.

Pojava rezistentnosti ne smije se zamijeniti s prirodnom rezistentnosti pojedinih vrsta, rodova ili familija insekata na neke insekticide. Tako je npr. dobro poznata veća otpornost mnogih pipa na insekticide, te su tako *Otiorrhynchus* vrste veoma otporne na mnoge kontaktne insekticide, a pipe iz roda *Cleonus* (npr. repina pipa) mogu se suzbijati samo veoma visokim dozama nekih insekticida. Nadalje, poznata je otpornost krumpirove zlatice na parathion, djetelinske bube-mare na lindan, a dlakavog ružičara na sve insekticide. Sve su to primjeri za prirodenu rezistentnost specifičnu za pojedine vrste insekata. No u ovom ćemo radu govoriti samo o stečenoj rezistentnosti, tj. pojavi popuštanja efikasnosti nekog pesticida nakon njegove opetovane primjene.

Ovo popuštanje efikasnosti pesticida nije zapaženo kod jedne te iste generacije insekata ili grinja pa makar se provodila česta tretiranja istim pesticidom. Tako je već Campbell 1926. g. ustanovio da gusjenice svilovog prelca opetovano hranjene subletalnim dozama natrijeva arsenita ne postaju ništa otpornije na njega. Kasnije je Beard 1952. g. ustanovio da gusjenice *Galleria* sp. koje prežive primjenu DDT-a, nikotina i piretrina postaju osjetljivije, a ne otpornije, na ta sredstva



ako se ona ponovno primijene tjedan dana kasnije. H a d a w a y je 1956. dokazao da kućna muha koja se svakodnevno izlaže subletalnim dozama diazinona, dieldrina ili DDT-a postaje progresivno sve osjetljivija na njih. Ovo se kasnije pokazalo tačnim kako za osjetljive tako i za rezistentne sojeve muha. Konačno, ličinke *Drosophila* sp. uzgajane su 50 generacija u kontaktu sa subletalnim dozama DDT-a bez smanjenja osjetljivosti na ovaj insekticid (B r o w n, 1958).

Prema tome pojedini individui insekata ili grinja ne mogu postati rezistentni na pesticide, niti oni izazivaju kod njih mutacije u tom pravcu i time naglu pojavu rezistentnosti. Također niti izlaganje subletalnim dozama ne može dovesti do rezistentnosti, već jedino kod primjene letalnih doza insekticida kroz više generacija dolazi do selekcije otpornih populacija i do postepene pojave rezistentnosti. Dakle, pojava rezistentnosti nije uvjetovana postadaptacijom, tj. prilagođivanjem jednog individuuma otrovnoj sredini, već je posljedica preadaptacije, tj. već postojeće rezistentnosti pojedinih individuuma unutar populacije, koja je postojala i prije primjene pesticida.

Iako (prema P o r t e r u, 1952) još od 1897. g. postoje podaci S m i t h a o različitoj osjetljivosti kalifornijske štitaste uši na neke insekticide, ipak se kao prva dokazana pojava njene rezistentnosti smatra rezistentnost na kalifornijsku juhu koju je 1914. g. utvrdio M e l a n d e r. U područjima SAD gdje se ovaj pesticid mnogo koristio protiv ovog štetnika, njegova efikasnost je bila znatno slabija nego u drugim krajevima. 1916. g. je Q u a y l e zapazio rezistentnost štitastih ušiju *Aonidiella aurantii* i *Saissetia oleae* na cijanovodik kojim se u ono vrijeme vršilo suzbijanje ovih štetnika citrusa ispod cerada.

Slijedeći važniji štetnik od kojeg je zapažena pojava rezistentnosti bio je jabučni savijač (*Carpocapsa pomonella*). Nakon četrdesetgodišnje upotrebe olovnog arsenata protiv ovog štetnika u SAD, počela se zapažati razlika u otpornosti u pojedinim krajevima. Dok se u nekim krajevima jabučni savijač veoma teško mogao suzbiti, u nekim drugim je to suzbijanje bilo mnogo lakše. Isprva su se ove razlike pripisivale različitim klimatskim prilikama u tim krajevima. Oko 1920. g. je entomolog H o u g h utvrdio velike razlike otpornosti savijača iz raznih krajeva, koje su se zadržale i nakon 14 generacija uzgojenih u istim uvjetima. Time je dokazano da ove razlike nisu uvjetovane različitim klimatskim uvjetima. Ujedno je ustanovio da je postotak gusjenica koje prežive znatno veći kod gusjenica iz dobro tretiranih voćnjaka, nego onih iz slabo ili nikako tretiranih voćnjaka. Interesantno je spomenuti, da su čak i nakon ovih rezultata, neki stručnjaci još dulje vrijeme smatrali da se slabiji uspjesi suzbijanja u nekim krajevima trebaju pripisati lošem kvalitetu prskanja.

Ipak je rezistentnost insekata postala problem tek nakon široke primjene organskih sintetskih insekticida. Prva pojava kućnih muha rezistentnih na DDT otkrivena je istovremeno 1946. g. u Švedskoj (W i e s m a n n, 1947) i u Italiji (S a c c e i M i s i r o l i j a). 1948. g. pronađena je jaka i proširena pojava rezistentnosti kućnih muha i u Kaliforniji, Danskoj i drugim krajevima, a već 1949. g. u nekim krajevima SAD postaju prevalentni sojevi muha rezistentni na DDT. Tako se te godine u Illinoisu na 87% farma nalaze rezistentni sojevi, a 1950. g. uopće se više ne mogu naći osjetljive muhe. Kada su u Danskoj i Italiji DDT zamijenili sa HCH i klorordanom postignut je isprva odličan uspjeh, ali se već poslije 1—2 godine pojavila rezistentnost i na ove insekticide. Na Sardiniji je, štaviše 1950. g. zapaženo da su muhe postale otporne ne samo na DDT, HCH, klordan i toksafen, već i na aldrin i dieldrin koji ranije uopće nisu bili upotrebljeni. Nakon kućne muhe, uskoro je rezistentnost na insekticide zapažena i kod komaraca i čovječje uši. Kada se učestaloj pojavi rezistentnosti na klorirane ugljikovodike pokušalo naći lijeka primjenom organofosfornih insekticida nije se uspjelo, jer su insekti ubrzo postali otporni i na ovu skupinu insekticida.

Dakle prvi problemi u vezi rezistentnosti insekata zaprijetili su uspjeh raznih sanitarnih mjera, pa su neke bolesti koje prenose ovi insekti, kao što su malarija, žuta groznica, encefalitis, dizenterija, bolest spavanja i tifus, opet počele da se javljaju u pojačanoj mjeri. No ubrzo zatim došlo je do sličnih problema i u poljoprivredi.



Radi danas već veoma velikog broja poljoprivrednih štetnika rezistentnih na pesticide, mi ćemo ovdje, služeći se podacima literature (Brown, 1958, Rukavišnikov, 1958. i 1959, itd.), spomenuti samo neke za nas važnije. Pored ranije spomenute pojave rezistentnosti nekih štitastih ušiju, ova je pojava zapažena i kod lisnih ušiju (npr. *Myzus persicae* na paration, malation, TEPP i dr.), cikada (npr. *Erythroneura* sp. na DDT) i stjenica (*Lygus* sp. na DDT). Kod kornjaša je zapažena rezistentnost krumpirove zlatice na DDT, lindan te insekticide dienske skupine, kod *Tribolium confusum* na HCN, DDT i HCH, a žitnog žiška na metilbromid i piretrin. Od leptira je rezistentnost zabilježena kod *Pieris rapae* na DDT i njegove homologe, *Heliothis armigera* na klorirane ugljikovodike, *Anarsia lineatella* na spojeve arsena, jabučnog savijača pored ranije spomenutog olovnog arsenata, još i na DDT i rotenon, kukuruznog moljca u manjoj mjeri na DDT, kupusnog moljca također na DDT itd.

Od ostalih važnijih insekata, rezistentnost je zapažena kod smeđeg žohara na DDT, klordan, HCH, malation, diazinon, piretrin i dr., kod duhanovog tripsa na DDT, muhe lukarice na dieldrin i konačno kućne muhe na DDT i njegove homologe, HCH, dieldrin, klordan, aldrin, heptaklor, piretrin, paration, diazinon, diptereks i malation.

Od grinja je rezistentnost zapažena među ostalima i kod *Metatetranychus ulmi*, *Tetranychus bimaculatus* i *T. urticae* ne samo na organofosforne insekto-akaricide uključivši sistematiku već i na selektivne akaricide.

Iako su mnogi štetnici u SAD, gdje se najviše radilo na problemu rezistentnosti i kod nas različiti, ipak treba istaknuti i podatak da su neki buhači otporni na DDT, a neki žičnjaci na zemljišne insekticide ukazuje, da bi se takav slučaj mogao ponoviti i kod nas na drugim vrstama ovih insekata.

Ovdje smo spomenuli samo neke važnije štetnike za koje se, bilo u praksi, bilo u laboratoriju, ustanovilo da mogu postati rezistentni na pesticide. To znači da kod tih insekata ta mogućnost postoji i da će ona doći do izražaja tamo gdje će se protiv njih mnogo primjenjivati pesticidi. 1960. g. je rezistentnost bila poznata kod 61 poljoprivrednog štetnika i 62 za medicinu i veterinu važna insekta, a već danas taj broj je mnogo veći.

Da sada vidimo kako dolazi do pojave rezistentnosti kod insekata i grinja.

Prije svega, ponovit ćemo, da do ove pojave dolazi uslijed selektivnog djelovanja upotrebljenih pesticida. Naime, populacije vrsta insekata i grinja kod kojih je zapažena pojava rezistentnosti, sastoje se iz ogromnog broja individua koji se međusobno veoma razlikuju u pogledu otpornosti na neki pesticid. Najveći je broj individua normalno osjetljiv na njega, ali ih ima minimalni broj i veoma otpornih. Kod primjene pesticida ostaju na životu oni veoma otporni, te međusobnim razmnažanjem daju novu populaciju opet nejednake rezistentnosti, ali je udio onih rezistentnih sada već nešto veći. Primjenom istog pesticida opet se na isti način izvrši selekcija i tako se to ponavlja kroz veći broj generacija dok u populaciji ne postanu prevalentni rezistentni individui.

Što je selekcionim pritiskom nekog pesticida veći, a to je slučaj kod primjene jačih doza i uopće veće efikasnosti nekog pesticida, to će se prije postići visoka rezistentnost. Upravo radi težnje da se potpuno uništi neki prenosilac ljudskih bolesti na nekom području i korištenja visokih doza insekticida u tom cilju, prije se razvila rezistentnost kod insekata suzbijanih sanitarnim mjerama nego kod poljoprivrednih štetnika. Dakle, svako predoziranje pesticida uobičajeno kod nas, »za svaku sigurnost«, samo pomaže i ubrzava pojavu rezistentnosti. Naime, veći selekcionim pritisak ostavlja na životu istina, manji broj individua, ali su oni znatno rezistentniji, pa međusobnim razmnažanjem daju populaciju sa većim udjelom rezistentnih individua. Naprotiv, ako preživi veći broj individua, tada dugo neće doći do rezistentnosti, jer se međusobnim razmnažanjem individua od kojih su mnogi samo neznatno otporniji od normalnih samo polako povisuje rezistentnost potomstva. Ipak konačni stupanj postignute rezistentnosti ne ovisi o selekcionom pritisku, već samo o brzini kojom se dolazi do tog stupnja.

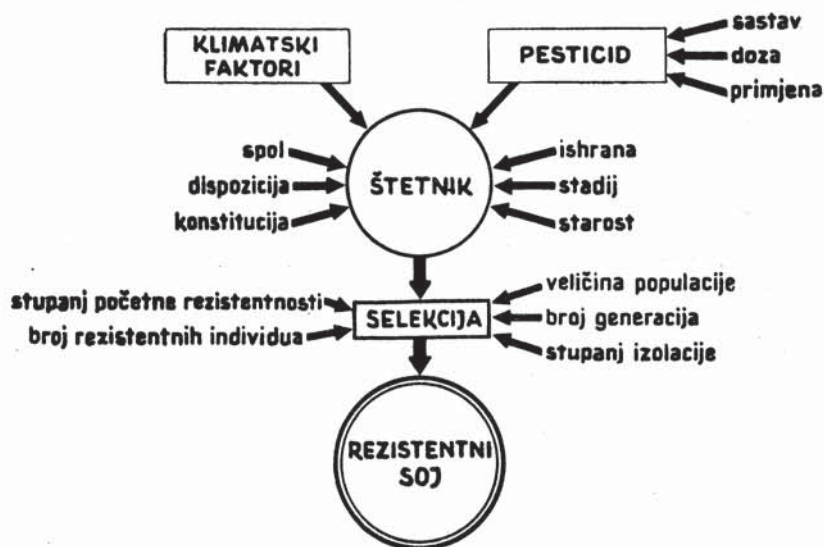
Ima insekata kod kojih nema ranije spomenutih prirodnih razlika u otpornosti na pesticide, pa i ne dolazi do selekcije ili su pak te razlike tako male da bi selekcija trebala trajati kroz stotine generacija da dođe do rezistentnosti. Što neki insekt ima više generacija godišnje (multivoltine vrste), to će se prije kod njega,

ukoliko uopće naginje pojavi rezistentnosti, razviti ta pojava. Kod *Aonidiella aurantii* trebalo je 112 generacija da dođe do rezistentnosti na HCN, dok je kod kućne muhe do rezistentnosti došlo već nakon 16—27 generacija ili 2—3 godine.

Brzina pojave rezistentnosti ne ovisi samo o genetskim svojstvima neke vrste insekata s obzirom na rezistentnost u broju generacija već i o veličini tretiranog područja, njegovoj izolaciji, te pokretljivosti insekta. Što je tretirano područje veće, bolje izolirano od susjednih netretiranih područja, a insekt manje pokretljiv, prije dolazi do pojave rezistentnosti, jer otpada ili se smanjuje dolazak neotpornih primjereka sa netretiranih područja, koji svojim učestvovanjem u razmnažanju usporavaju selekciju rezistentnih individua. Na brzinu pojave rezistentnosti utječe i da li su pesticidu izloženi imago i ličinka (npr. kod kućne muhe se tretiranjem zidova suzbija imago, a gnojišta ličinka kada je pojava brža), ili samo jedan razvojni stadij, a utječe i čitav niz raznih ekoloških faktora.

Prije nego nastavimo razmatranje problema rezistentnosti moramo objasniti koja su to objektivna mjerila za izražavanje stupnja rezistentnosti. Poznato je da se u novije vrijeme efikasnost pesticida kod egzaktnih istraživanja određuje njihovim mikrodoziranjem izravno na ili u insekta. Tako se dobivaju tačne brojke koje nam kazuju koliko treba nekog pesticida da ubije 50% insekata u pokusu. Ova se brojka označuje LD<sub>50</sub> a izražava se mikrogramima na gram težine insekta (ili ppm — pars per million) ili mikrogramima na jednog individua. Usporedbom vrijednosti LD<sub>50</sub> kod normalno osjetljivog soja (S soja) i soja u ispitivanju, može se ne samo tačno dokazati postojanje rezistentnih sojeva (R sojeva), već i ustanoviti faktor rezistentnosti određen brojkom koja pokazuje za koliko je puta LD<sub>50</sub> R soja veća od LD<sub>50</sub> S soja. Neki podaci uzeti od raznih autora izneseni su u tabeli 1.

### Šema najvažnijih faktora koji utječu na pojavu rezistentnosti



Slika 1. — Šematski crtež

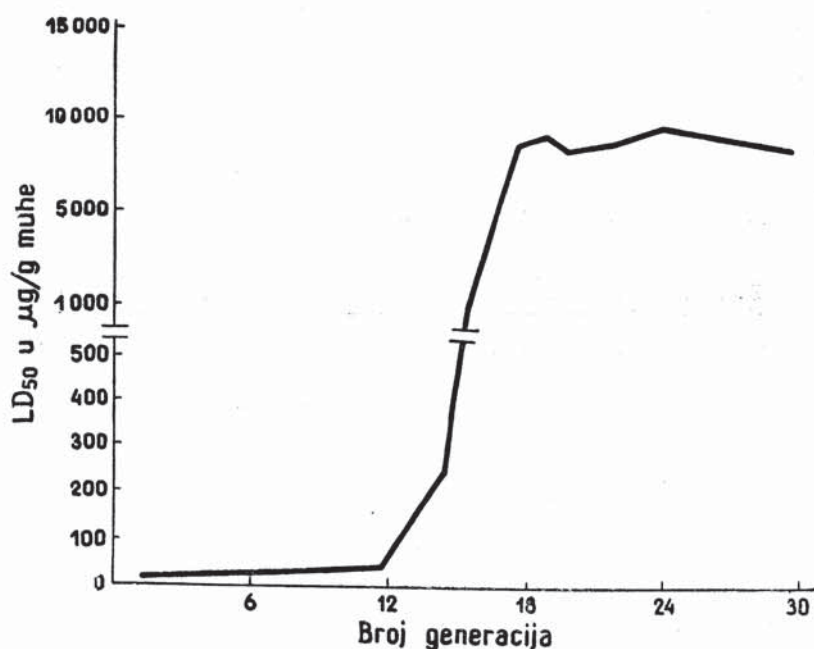
Kod kućne muhe je utvrđeno da u prvih desetak generacija samo polako dolazi do povišenja rezistentnosti, tako da je deseta generacija otprilike 5—10 puta rezistentnija od prve. No, daljnjim izlaganjem svake generacije selekcionom pritisku insekticida, naglo počinje rasti stupanj rezistentnosti koji nakon tridesetak generacija dosiže 100—1000 puta normalnu rezistentnost.



Tabela 1.

Primjeri postignutog stupnja rezistentnosti kućne muhe u nekim pokusima

Insekticid	Faktor rezistentnosti (x normalna)	Nakon broja generacija
DDT	> 333	18
Lindan	> 333	46
Dieldrin	> 500	36
Paration	20	149
Diazinon	10	13
Diptereks	8	12
Piretrin	22	30



Grafikon 1.

Krivulja vrijednosti LD<sub>50</sub> kod kućne muhe izložene kroz 30 generacija torakalnoj aplikaciji DDT-a. Prema Britzu (1954).

Ako se rezistentna populacija ostavi u sredini bez pesticida na kojeg je rezistentna, započinje postepeno opadanje rezistentnosti. Naime, rezistentni individui kada se ne nalaze u sredini tretiranoj pesticidom slabije su vitalnosti i odmah nastupa polagana ili brža selekcija u korist individua osjetljivih na taj pesticid. Da nije tako nalazilo bi se u prirodi približno jednaki broj otpornih i osjetljivih individua, a kako znamo nalazi se samo jedan minimalni dio rezistentnih. Dakle, nakon više generacija opet dolazimo na početak i opet može neki pesticid da neko vrijeme bude efikasan. Međutim, treba istaknuti da u literaturi postoje mnoga suprotna tumačenja u vezi sa reverzibilnošću pojave rezistentnosti i da svi ti procesi još nisu potpuno razjašnjeni.

Tako npr. dok je Cutright dokazao da grinje rezistentne na paration nakon što dvije generacije nisu izložene njegovom djelovanju opet postaju normalno osjetljive, dotle Gasser i neki drugi autori nisu utvrdili reverzibilnost pojave

rezistentnosti. Newman je (1957) utvrdio samo polagano opadanje rezistentnosti kućne muhe na lindan, te su muhe još i nakon 7 godina i 140 generacija bez lindana zadržale izvjesni stupanj rezistentnosti. Ipak se smatra dokazanom negativna korelacija između rezistentnosti i vitaliteta, što uvjetuje da čim prestane selekcionni pritisak pesticida, osjetljivi individui radi veće vitalnosti počinju zauzimati maha u rezistentnoj populaciji. Slabiji vitalitet rezistentnih individua očituje se u slabijem potencijalu razmnažanja, većoj osjetljivosti na visoku temperaturu i nedostatak ishrane, duljem razvoju, seksualnom indeksu pomjerenom u korist mužjaka itd. (Unterstenhöfer, 1961). No povratak rezistentne populacije na osjetljivu je mnogo polaganiji od obrnutog procesa zato, što je selekcionni pritisak pesticida koji uvjetuje prelaz osjetljive na rezistentnu populaciju mnogo jači od pritiska faktora koji utječu na vitalitet i izazivaju obrnuti proces. Konačno, brzina povratka rezistentne na osjetljivu populaciju ovisi i o stupnju homocigotnosti rezistentne populacije, a u prirodi još i o infiltraciji osjetljivih individua sa netretiranih susjednih područja koji učestvovanjem u razmnažanju ubrzavaju reverzibilnost.

Vidjeli smo, da kod primjene pesticida selekcijom kroz veći broj generacija dolazi do pojave rezistentnih sojeva. Selekcijom se, pod selekcionim pritiskom pesticida, kao nekim sitom izdvajaju otporniji individui koji međusobnim razmnažanjem daju sve rezistentnije potomstvo. Međutim, nismo još odgovorili na pitanje zašto su pojedini individui otporniji, odnosno kakav je uopće mehanizam rezistentnosti?

Do razlika u rezistentnosti između pojedinih individua jedne vrste dolazi na više načina koje možemo grupirati u tri grupe:

1. **Fiziološki** uvjetovana rezistentnost, sastoji se u sposobnosti organizma da putem biokemijskih procesa odoli nekom otrovu.

2. **Morfološki** uvjetovana rezistentnost, sastoji se u svojstvu organizma da sprječavi prodor insekticida u njega.

3. **Psihofiziološki** uvjetovana rezistentnost, sastoji se u određenom ponašanju nekih individua koje dovodi do smanjenja njihovog dodira sa insekticidom.

Svakako, da je najvažniji oblik fiziološke rezistentnosti sposobnost organizma da encimatskim putem razgrađuje pojedine pesticide u spojeve neotrovne za njega. Rezistentni individui imaju daleko veću sposobnost ovakve razgradnje od osjetljivih. Ovaj je oblik rezistentnosti najbolje proučen kod DDT-a (Lipke, Kearns 1960. i dr.), kojega encim DDT-dehidroklorinaza razgrađuje u neotrovni DDE, a zatim u DDA koji je u vodi topljiv pa se izlučuje. Osim DDA stvaraju se i drugi metaboliti, a čitav proces još nije potpuno poznat. Osim kod DDT-a poznata je uloga encimatskih procesa i na razgradnju HCH, gdje također dolazi do dehidrokloriranja, nadalje kod organofosforinih insekticida, cijanovodika itd.

Na osnovu poznavanja ovakvog mehanizma rezistentnosti na DDT, pokušalo se pronaći neki spoj koji bi dodan DDT-u blokirao djelovanje encima DDT-dehidroklorinaze. U tome se i uspjelo, te je pronađeno više takvih spojeva nazvanih sinergistima, odnosno pravilnije antirezistentima. Takvi su npr. piperonilciklonen, butil-klorbenzen-sulfonamid i dr. U SAD se već nalaze u širokoj upotrebi preparati DDT-a koji sadrže ovakve antirezistente (Schmolesky, Derse, 1963). Njima se postiže daleko bolji uspjeh kod suzbijanja rezistentnih sojeva kućne muhe nego kod preparata DDT-a bez antirezistenata, dok na osjetljive sojeve dodatak antirezistentista nema nikakav utjecaj. Brojni pokusi u SAD pokazali su da se ovakvim preparatima postiže dobar uspjeh i kod suzbijanja sojeva kućne muhe koji su 250 puta rezistentniji od normalnih sojeva. Ipak ni ovakav uspjeh još nije potpuno zadovoljavajući, jer se još uvijek sa čistim DDT preparatom postiže bolji uspjeh protiv osjetljivih sojeva, nego sa preparatom DDT-a uz dodatak antirezistentista protiv rezistentnih. Osim za DDT pronađeni su već i antirezistenti koji se dodavaju lindanu i nekim drugim insekticidima.

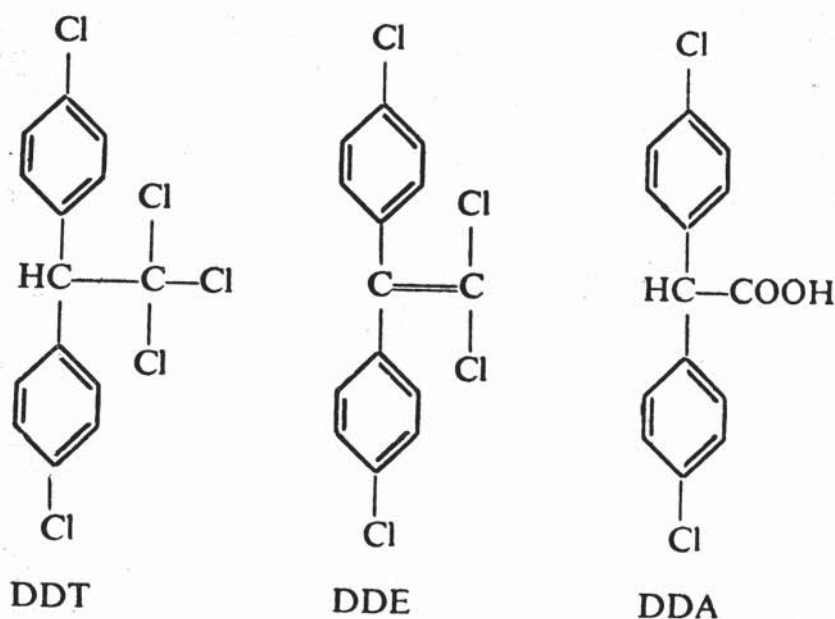
U fiziološki uvjetovanu rezistentnost može se ubrojiti i ona do koje dolazi uslijed transportiranja nekih insekticida u tijelo insekta u organe u kojima oni ne mogu ispoljiti svoje toksično djelovanje.

Od pojava morfološki uvjetovane rezistentnosti treba spomenuti na prvom mjestu pojavu nepropusnije kutikule, npr. na tarsusima muha, koja smanjuje prodor insekticida u tijelo insekta. Zapažena je i pojava općenito smanjene propusnosti staničnih membrana koju Meltzer (1958) smatra glavnim uzrokom rezistentnosti na većinu insekticida. Wiesmann je 1956. ustanovio, da rezistentne muhe imaju 2—3



puta veći sadržaj holesterola u nervnom sistemu i mišićju kućne muhe, a upravo je holesterol važni sadržaj staničnih membrana. Konačno, treba u grupu morfološki uvjetovane rezistentnosti uvrstiti i pojavu da rezistentni sojevi imaju veće tjelesne dimenzije, što također doprinosi povišenju njihove otpornosti na pesticide.

U psihofiziološke uzroke rezistentnosti treba ubrojiti takvo ponašanje pojedinih individua koje izbjegavaju dodir sa pesticidom. Tako je zapaženo (Bruce, 1952) da se neki R sojevi kućne muhe više zadržavaju na podovima nego na stropu i zidovima, a baš se strop i zidovi tretiraju insekticidom. Neki su R sojevi prije paralizirani kod dodira sa DDT-em ali se muhe kasnije oporave. No, ta paraliza je spriječila muhe od letalnog dodira sa insekticidom. Zapažena je i pojava da neke R sojeve DDT jače odbija, tj. djeluje repulzivno. Ovamo treba ubrojiti i svojstvo nekih sojeva jabučnog savijača da gusjenica povratu svoj prvi zalogaj prilikom ubušivanja u plod, radi kojeg svojstva su ti sojevi rezistentniji na arsen (Unterstenhöfer, 1960).



Crtež formula

Uzroke rezistentnosti mogli bi podijeliti još i na specifične i nespecifične. Specifični bi bili oni koji se odnose na jedan pesticid, npr. djelovanjem DDT-dehidroklorinaze dolazi do rezistentnosti samo na DDT ili repelentnost je također svojstvo specifično za svaki pojedini pesticid. Naprotiv, nespecifični agensi su oni koji dovode do pojave **multirezistentnosti**, nazvane još i krosrezistentnost. To je pojava da se djelovanjem jednog pesticida pojavljuju sojevi rezistentni ne samo na taj, već i na neke druge pesticide. Kao najvažniji nespecifični uzroci rezistentnosti spominju se smanjenje permeabiliteta staničnih membrana ili pak samo kutikule.

Ubrzo nakon otkrića pojave rezistentnosti kod kućne muhe, otkriveno je da su sojevi ovog insekta rezistentni na DDT obično otporni i na njegove homologe (metoksiklor, DDD i dr.), a često i na druge klorirane ugljikovodike. Ipak je izrazitija multirezistentnost između DDT-a i njegovih homologa ili pak između lindana i ostalih kloriranih ugljikovodika (osim DDT-a). Također je zapaženo da su insekti i grinje koji su tretiranjem nekim organofosforinim insekticidom postali rezistentni na njega, ujedno postali rezistentni i na druge insekticide ove skupine. Konačno, zapažena je i pojava da se jednim kloriranim ugljikovodikom može izazvati rezistentnost i na neke organofosforne insekticide i obrnuto.

March i Metcalf su 1950. g., odmah nakon otkrivanja pojave multirezistentnosti, podijelili R sojeve kućne muhe na Bellflower soj, rezistentan na DDT i njegove homologe i Pollard soj, rezistentan na sve klorirane ugljikovodike. Razlike u rezistentnosti ovih sojeva vidljive su iz tabele 2.

Tabela 2.

Razlike u rezistentnosti jednog S soja i dva R soja (Bellflower i Pollard SOJ) kućne muhe u LD<sub>50</sub> izraženoj u mikrogramima po jednoj ženki (prema Bruce 1952.)

Insekticid	S soj	Bellflower	Pollard
DDT	0,033	11	> 100
DFDT	0,10	4,0	1,2
Metoksiklor	0,068	0,96	1,4
DDD	0,13	60,0	> 100
Lindan	0,01	0,08	0,25
Heptaklor	0,032	0,06	1,5
Aldrin	0,044	0,076	0,78
Dieldrin	0,031	0,05	0,86
Toksafen	0,22	0,62	3,4
Paration	0,015	0,02	0,023
Piretrin	1,0	0,94	1,6
Aletrin	0,43	0,97	0,5

Kasnije je, međutim, utvrđeno da ne postoje samo dva tipa multirezistentnosti, već najmanje četiri, a moguće i šest tipova. Prema Meltzeru (1958) postoji četiri tipa multirezistentnosti:

1. DDT tip (obuhvaća i homologe DDT-a)
2. HCH tip (obuhvaća ostale klorirane ugljikovodike)
3. Organofosforni tip
4. Karbomat tip.

Ovi se tipovi multirezistentnosti lijepo raspoznaju iz tabele 3. Meltzera, u kojoj je umjesto LD<sub>50</sub> kao mjerilo rezistentnosti uzeta LC<sub>50</sub> (umjesto doze koncentracija) izražena u mg/l.

Tabela 3.

Rezistentnost raznih sojeva kućne muhe u LC<sub>50</sub>

Insekticid	S soj	R sojevi nastali selekcionim pritiskom			Karbamata
		DDT-a	Lindana	Diazinona	
DDT	250	>100.000	>100.000	2.000	250
Toksafen	80	>100.000	>100.000	>100.000	>100.000
Dieldrin	1,3	>100.000	>100.000	100	>30.000
Aldrin	0,5	6.400	30.000	33	450
Klordan	6,7	10.000	19.000	250	190
Lindan	0,75	3,7	300	25	20
Diazinon	0,5	0,6	1,8	5	3
Karbamat	250	200	300	250	300

Međutim, čitav mehanizam multirezistentnosti nije još ni približno proučen, tako da se još ne mogu protumačiti neke pojave, npr. da postoje sojevi otporni na metoksiklor a osjetljivi na DDT i sl.

Potrebno je istaknuti da upotreba jednog pesticida u nekim slučajevima odmah izazove rezistentnost na druge, dok u drugim slučajevima samo izazove predispoziciju za brzu pojavu rezistentnosti kod primjene drugih pesticida. Smatra se da vrste insekata i grinja koje po svojim genetskim svojstvima naginju na pojavu rezistentnosti, mogu, barem teoretski, postati rezistentne na sve danas poznate insekticide i akaricide, ali postoje velike razlike u brzini kojom će doći do te pojave.

I na kraju da ukratko spomenemo kakvu važnost ima danas pojava rezistentnosti u zaštiti bilja i koje se mjere mogu poduzeti da se značaj te pojave umanj.



Iako je tačno, da je pojava rezistentnosti ustanovljena kod preko 60 poljoprivrednih štetnika među kojima se nalaze i neki najopasniji, ipak treba imati u vidu da je taj broj još uvijek malen prema ukupnom broju štetnika kojeg **Metcalf** cijeni na oko 5.000. Prema tome pojava rezistentnosti je iznimka, a ne pravilo. Smatra se da dobar dio štetnika nema uopće sposobnost da postane rezistentan, ali je sigurno da će mnogi i mnogi za nas važni štetnik kod kojeg do danas još nije registrirana rezistentnost ipak s vremenom postati otporan na pesticide.

Protiv rezistentnosti se, prema **Busvine** (1957), **Schmolesky, Derse** (1963) i drugim autorima, možemo boriti na razne načine. Međutim, najvažnije je da nauka bude uvijek nekoliko godina ispred štetnika, te da čim dođe do nove pojave rezistentnosti već za nju ima pripremljeni odgovor. Tako se protiv rezistentnosti možemo boriti uvođenjem stalno novih pesticida, čestom izmjenom upotrebljenog pesticida i spriječavanjem upotrebe nepotrebno visokih doza ili prečeste primjene insekticida i akaricida. Također i primjena visokoselektivnih insekticida i akaricida kao što su npr. sistemici, koji ne uništavaju prirodne neprijatelje i tako omogućuju da oni unište onaj mali dio rezistentnih štetnika koji je ostao živ nakon primjene, spriječava odnosno usporava stvaranje rezistentnih sojeva. Poznato je da se prirodni neprijatelji štetnika mogu sačuvati određenim metodama aplikacije pesticida. Primjena anti-rezistenata zajedno sa pesticidima sigurno će spriječiti barem neke vidove rezistentnosti, a vrše se pokusi i s takvim pesticidima, koji će jače djelovati na rezistentne nego na osjetljive sojeve, te će se primjenjivati u alternaciji s drugim pesticidima. Konačno, radi se i na pronalaženju takvih spojeva na koje insekti neće uopće moći postati rezistentni, kao što su npr. sintetizirani hormoni insekata i sl.

**Na kraju želimo istaknuti, da je za spriječavanje šteta do kojih može u našoj poljoprivrednoj proizvodnji doći, ukoliko nas pojava rezistentnosti nekih štetnika zateče nepripremljene, potrebno pratiti efikasnost primijenjenih insekticida i akaricida u praksi. O svim slučajevima koji pobuđuju sumnju da se radi o rezistentnosti nekog štetnika, treba obavijestiti naše naučne ustanove za zaštitu bilja, koje moraju biti opremljene za egzaktno utvrđivanje te pojave i pronalaženje metode suzbijanja koju praksa treba primijeniti protiv rezistentnog štetnika.**

#### L I T E R A T U R A

1. Britz (1954): Das Toleranzproblem in der Stubenfliegenbekämpfung. Insektizide heutzutage, Berlin.
2. Brown (1956): The Spread of Insecticide Resistance in Pest Species. Advances in Pest Control Research II, New York.
3. Bruce (1952): Insecticides and Flies. Insects; The Yearbook of Agriculture, Washington.
4. Busvine (1957): Insecticide-resistant Strains of Insects of Public Health Importance. Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. 51/1, London.
5. Lipke, Kearns (1960): DDT-Dehydrochlorinase. Adv. Pest Res. III. New York.
6. Meltzer (1958): Unspecific Resistance Mechanism in the House-Fly *Musca domestica* L. Indian Journ. Malariol. 12.
7. Newman (1957): Resistance to Insecticides. Outlook on Agric. 1/6.
8. Porter (1952): Insects Are Harder To Kill. Insects, The Yearbook of Agriculture, Washington.
9. Rukavišnikov (1958): Priobretenije nasekomimi i kleščami ustoičivosti k jadohimikatam. Him. sred. zašč. rast. 6. Moskva.
10. Rukavišnikov i dr. (1959): Priobretenije nasekomimi i kleščami ustoičivosti k jadam. Sbornik statei. Moskva.
11. Schmolesky, Derse (1963): Antiresistant/DDT Continues To Offer Superior Fly Control. Agricult. Chem. 3.
12. Unterstenhöfer (1960): Über den gegenwertigen Stand der Insektizid und Akarizid-Resistenz. Hof. Briefe 3.
13. Unterstenhöfer (1961): Die Entstehung der Resistenz von Spinnmilben gegenüber Akariziden. Hof. Briefe 1.
14. Wiesmann (1947): Untersuchungen über das physiologische Verhalten von *Musca domestica* L. verschiedener Provenienzen. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. XX, 5. Lausanne.