

Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta
Oddelek za biologijo

Pesticidi in PCB

*Problemi, alternativne rešitve,
stanje v svetu in v Sloveniji*

študijsko leto 1998/99

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine

Avtorji:

Jože Grubelnik
Primož Pirih
Barbara Remic
Dejan Štebih

Mentor:

prof.dr. Mihael Jožef Toman

Pesticidi

(Barbara Remic in Jože Grubelnik)

Izkazalo se je, da kemični pesticidi, ki se že od leta 1945 uporabljajo za zatiranje škodljivcev, niso tako neškodljivi kot so nekdamislili. V večini primerov je nekritična uporaba pesticidov ustvarila daleč več problemov kot jih je rešila. DDT je nedvomno najbolj razvpit in najpogosteje uporabljan pesticid, zato so tudi njegovi vplivi na okolje temeljito proučeni. Njegovi škodljivi vplivi na okolje so tipični za uporabo pesticidov na splošno.

DDT (dikloro difenil triklor etan) so prvič sintetizirali l.1877, kot pesticid pa je prišel v uporabo l.1942. Med 2. svetovno vojno ga je na veliko uporabljala ameriška vojska, na primer za preprečevanje tifusne mrzlice, ki je izbruhnila v Italiji in za zatiranje malarije v Sredozemlju.

Kasneje ga je WHO v tropskih državah uporabljala za nadzorovanje malarije, kuge, tifusa, rumene mrzlice, spalne bolezni in rečne slepote. Po vsem svetu pa so ga uporabljali za zatiranje škodljivcev na poljskih pridelkih in gozdovih. Danes je uporaba DDT-ja v ZDA prepovedana, v drugih državah pa je omejena na zatiranje malarije. Podobna usoda je doletela večino drugih pesticidov, ki so jih nekdam množično uporabljali. Vzrokov za to je več:

- pesticidi vplivajo tudi na netarčne organizme (država z resnim zdravstvenim problemom bo menila da je uporaba pesticida, ki zmanjša pojavljanje bolezni, upravičena - kljub temu da bodo nekatere živalske vrste iztrebljene zaradi zastrupitve s pesticidom)
- tarčni organizmi (posebno insekti) zelo hitro postanejo odporni na pesticide (v populacijah škodljivcev začno prevladovati osebki z rezistenco, ker so občutljivi osebki uničeni - tako je za enak učinek potrebno nenehno povečevati količino oz. uporabljati nove pesticide)
- posredni učinki pesticidov na ekosistem postanejo vidni šele čez nekaj deset let.

Klasifikacija pesticidov

Pesticide lahko razdelimo glede na tarčne organizme:

- **insekticidi**
- **fungicidi**
- **herbicidi**

ali pa glede na kemijsko zgradbo:

- **klorirane organske spojine**
- **organofosfati**
- **karbamati**
- **piretroidi.**

Klorirane organske spojine so precej stabilne in se akumulirajo v maščobnem tkivu. Zaradi slabe razgradljivosti povzročajo probleme s prenašanjem po prehranjevalni verigi in kopičenjem v okolju. Nekateri so močno toksični za ribe in ptiče.

Klorirane organske spojine lahko razdelimo v podskupine glede na podobno kemijsko zgradbo:

- skupina DDT / DDE
- skupina klordana
- skupina atrazina

DDE ni pesticid, pač pa je stabilni metabolit DDT-ja in je odgovoren za veliko škodljivih učinkov povezanih z njegovo uporabo.

Zaradi kemijske podobnosti se pojavi rezistenca na celo skupino pesticidov. Kemijsko sorodne klordan, hepatoklor, aldrin in dieldrin je EPA prepovedala zaradi kancerogenosti.

Organofosfatni pesticidi so zgrajeni iz fosfatnih skupin, vezanih na organske enote. Ker niso zelo stabilni, ne povzročajo problemov s prehranjevalnimi verigami in akumulacijo, vendar so splošni biocidi in so toksični za večino živali. Močno strupeni so za čebele, naravne parazite in predatorje insektov. Zelo toksični so tudi za ljudi in večina zastrupitev s pesticidi je bila posledica nepravilne uporabe organofosfatnih pesticidov.

Karbamati so derivati karbamidne kisline ($\text{CH}_3\text{-NH-COOH}$) in so biorazgradljivi. So močno toksični za čebele in ptiče.

Piretroidi so sintetični sorodniki piretrinskih estrov pridobljenih iz rodu *Chrysanthemum*.

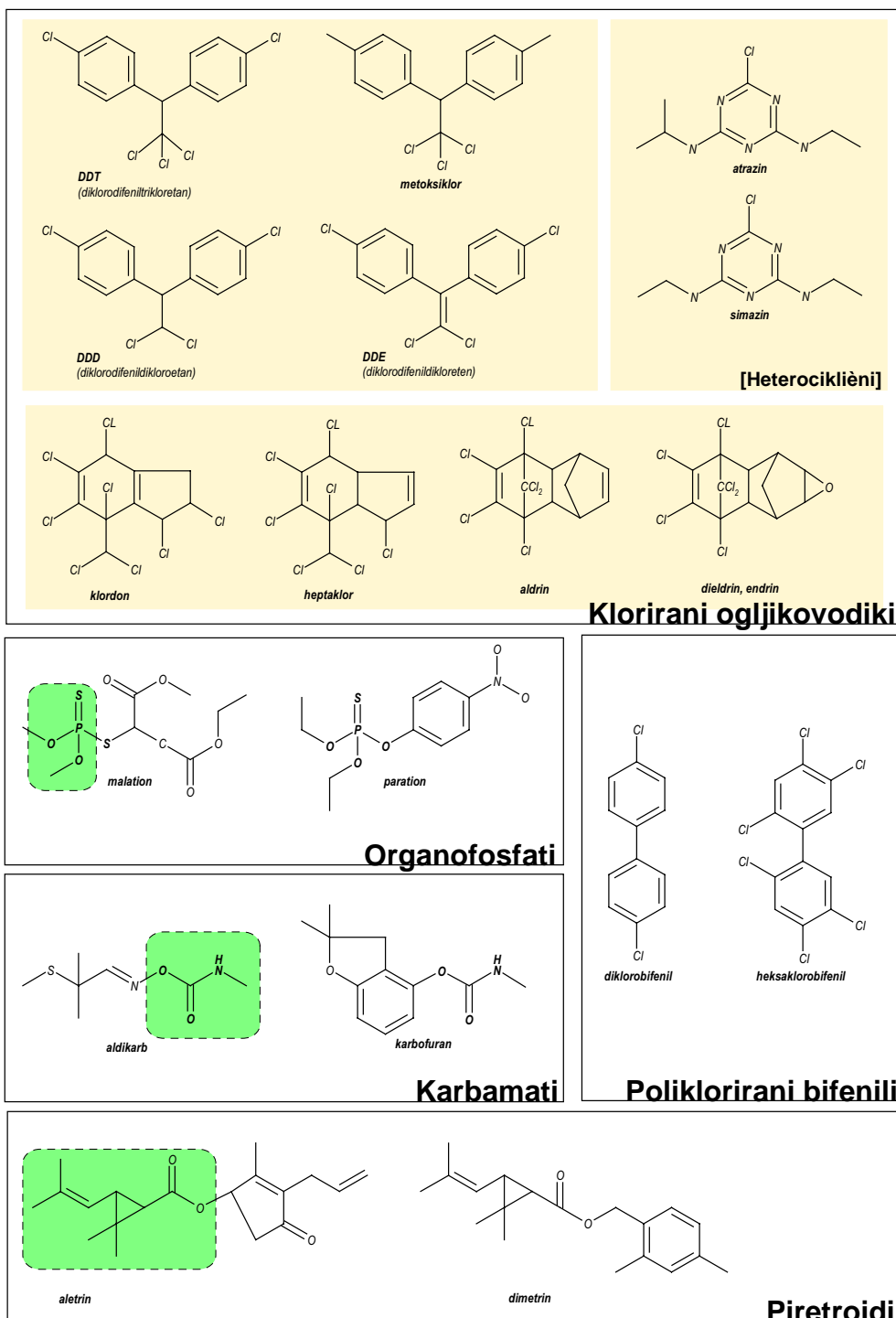
Hitro in selektivno insekticidno delovanje naravnih piretrinov, povezano z visokimi

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

stroški njihovega pridobivanja, je vzpodbudilo sintezo umetnih derivatov. V primerjavi z ostalimi pesticidi so za zatiranje škodljivcev potrebne manjše količine piretrinov. So manj toksični za večino živali, razen za ribe in insekte (tudi »koristne«), za katere so izredno toksični.



Načini delovanja

Herbicidi zatirajo plevel z učinki na **rast, respiracijo in fotosintezo**. Rastni inhibitorji vplivajo na delovanje avksinov in giberelinov, inhibitorji respiracije in fotosinteze reagirajo z encimi ali prekinejo oksidativno fosforilacijo.

Med insekticidi klorirane organske snovi **vplivajo na živčni sistem**. DDT na primer prizadane periferne čutilne organe in povzroči močne vlake aferentnih impulzov, ki vodijo v hiperaktivnost in sunkovito trzanje. Paraliza in smrt, ki sledi, je posledica metabolične izčrpanosti ali nastanka naravnega nevrotoksina. Klordan pa vpliva na ganglije CNS in povzroči hipersenzitivnost, hiperaktivnost, trzanje, izčrpanost in smrt. Močna toksičnost kloriranih ogljikovodikov za ribe in mehkužce je posledica **oviranega privzema kisika**, čemur sledi zadušitev. Klorirani ogljikovodiki se nabirajo v maščobnem tkivu dokler ne dosežejo ravnotežne koncentracije (razmerje med privzemom in ekskrecijo). Ko so odstranjeni iz okolja, se koncentracija postopno zmanjša. Organofosfati in karbamati **inhibirajo delovanje holinesteraze**, ki hidrolizira acetilholin na sinapsah. Acetilholin se akumulira v sinapsah. Simptomi zastrupitve so solzenje, omotica, mišična slabotnost, tresavica in oteženo dihanje.

Živali se običajno zadušijo zaradi oslabiljenega delovanja respiratornega centra v možganih. Piretroidi se vežejo na natrijeve kanalčke in **ovirajo prenašanje živčnih impulzov**. Z lahkoto predirajo kutikulo insektov in se vežejo na receptorje. Paralizirani insekti kažejo značilno vakuolizacijo živčnega tkiva.

Uporaba pesticidov

Večino pesticidov se uporablja v **javnem zdravstvu** za omejevanje epidemij in v **kmetijstvu in gozdarstvu** za zatiranje škodljivcev.

Javno zdravstvo

Kadar se infektivni mikroorganizmi prenašajo na človeka preko živalskih vektorjev je pogosto lažje napasti gostitelja kot sam mikroorganizem. Lep primer vektorja predstavlja komar. Komarji prenašajo veliko nevarnih bolezni, vključno z malarijo, rumeno mrzlico, encefalitisom, filariazo in dengi mrzlico. V preteklosti so za kontrolo vseh teh bolezni uporabljali DDT, sedaj pa je njegova uporaba omejena izključno na omejevanje malarije.

Malarijo povzroča plazmodij, ki ga prenaša komar *Anopheles*. Parazit se naseli v

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

žlezi slinavki. Pri piku okuži naslednjega gostitelja, kjer se masovno razmnožuje v eritrocitih in - v najbolj malignih primerih - napade tudi možgane. Posledice okužbe variirajo od letargije do smrti. Bolezen je razširjena v tropih, skoraj vedno pride do reinfekcije in kot rezultat ponavljajočih infekcij se razvije določena rezistenca (omilitev simptomov). Komarji čez dan mirujejo na notranjih zidovih kolib, ponoči pa napadejo speče ljudi, zato je bil najučinkovitejši način zatiranja s pršenjem DDT-ja po zidovih. Dobre in slabe strani preprečevanja malarije z DDT-jem so lepo vidne na primeru Šri Lanke. 2.8 milijona primerov malarije (l.1946) se je v 8 letih uporabe DDT-ja zmanjšalo na 40.000 primerov. V naslednjih nekaj letih je vlada omejila uporabo DDT-ja zaradi ekonomskih razlogov in število okužb je zopet naraslo. S ponovno uvedbo pršenja DDT-ja je število primerov naglo upadlo in l.1963 je bilo samo 17 primerov malarije (od tega 11 uvoženih). Zaradi mnenja, da je bila malarija izkoreninjena, je vlada umaknila DDT program.

Posledica je bila nagla porast okužb, dokler ni l.1968 izbruhnila epidemija z 2.5 milijonoma primerov. Ponovno so uvedli DDT program, vendar so takrat nekatere populacije komarjev že postale rezistentne na DDT, kljub temu se je število primerov do l.1972 zmanjšalo na 130.000. V dveh letih je rezistenca komarjev zaskrbljujoče narasla (300.000 primerov letno), zato je vlada nadomestila uporabo DDT-ja z malathionom. Ker je malathion manj obstojen kot DDT so ga morali pršiti pogosteje, da je bil učinek enak. To je močno povečalo stroške, zato so uporabo malathiona omejili na rizično populacijo. Od l.1978 je število primerov letno v razredu 10^5 , kar je 10-kratno izboljšanje glede na l.1946, ko niso uporabljali pesticidov, še vedno pa predstavlja velik problem v javnem zdravstvu. Škodljivi učinki na netarčne vrste, odpornost komarjev na insekticid in veliki stroški za alternativne pesticide so posledice, ki se lahko posplošijo na uporabo pesticidov po celem svetu. Malarija še vedno ostaja največji zdravstveni problem v tropskih predelih, ker so nekateri sevi plazmodijev postali rezistentni na kininove derivate, ki se uporabljajo za zdravljenje malarije. Kljub stranskim učinkom, se pesticidi še vedno uporabljajo pri omejevanju bolezni, kadar ni na voljo boljše alternative (na primer cepljenje).

Kmetijstvo

Po 2. svetovni vojni se je uporaba pesticidov razširila tudi v kmetijstvu. Osnova t.i. "zelene revolucije" je bil razvoj visoko donosnih pridelkov z genetskimi manipulacijami, povečana uporaba vode in gnojil in novi načini za zatiranje škodljivcev. Kmetje za zatiranje plevela niso več uporabljali mehanskih načinov ampak kemične - herbicide. Tako so povečali hektarski donos. Tudi kontrola škodljivih insektov z kolobarjenjem je bila opuščena. Za zatiranje so uporabljali insekticide. S tem so dosegli pridelavo večjih količin željenih poljščin (posebno riža in pšenice). Ta uspeh v povečanju pridelave je imel kot stranski učinek kopičenje pesticidov v okolju. V Indiji se je na primer poraba pesticidov iz 2.000 t letno v 50-ih povečala na 80.000 t letno v 80-ih. DDT in BHC, ki sta v ZDA in Evropi

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

prepovedana, predstavljata v Indiji 78 % rabe pesticidov. V ZDA je raba pesticidov naraščala do l.1980, ko je bila letna poraba približno 400.000 t. V 80-ih so nato začeli uporabljati biološko učinkovitejše pesticide (isti učinek, ki so ga l.1945 dosegli z 2 kg/ha DDT-ja, so sedaj dosegli z 0.1 kg/ha piretroida ali 0.05 kg/ha aldikarba). Kljub povečani produkciji in rabi pesticidov pa relativni delež pridelkov, ki so jih uničili škodljivci, ni upadel. V ZDA so bile med leti 1942 in 1952 izgube ocenjene na 31 %, l.1974 na 33 % in l.1986 na 37 %. Dejstva so kazala, da taka intenzivna raba pesticidov ni najboljši način za zmanjševanje izgub pridelkov, še posebno zato, ker je povezana z nezaželenimi stranskimi učinki. Ocenjujejo, da se letno pojavi 400.000 - 2.000.000 zastrupitev s pesticidi, večina v deželah v razvoju. Za ljudi so toksični predvsem organofosfati. Raziskava l.1985 v Rio de Janeiro je odkrila, da 60 % kmetov, ki uporabljajo pesticide trpi za akutno zastrupitvijo - večinoma z organofosfati. Razen zastrupitev se pojavljajo še manj očitni učinki na ljudi. Raziskava v Punjabu je v vseh vzorcih mleka 75 žensk odkrila DDT in BHC, katerih koncentracija je bila 20-krat večja od dovoljenih (WHO). Podobna raziskava v Nikaragvi je razkrila 45-kratno povečanje DDT-ja nad tolerančno mejo. V človeški organizem pesticidi pridejo z zaužitjem pridelkov, lahko pa se sperejo v tla in se pojavijo v pitni vodi. Nadzorovanje vodnjakov in podtalnice v ZDA letno stane 1.2 milijarde dolarjev. Uporaba pesticidov v kmetijstvu je smiselna, vendar ne v količinah, ki so se pojavile med "zeleno revolucijo", saj le te povzročijo več problemov kot jih rešijo. Obstajajo tudi alternative sedanji veliki porabi pesticidov.

Gozdarstvo

Škodo, ki jo v gozdovih povzročajo škodljivci, je težko oceniti. Izgube vključujejo zmanjšano rast, izgubo razmnoževalne sposobnosti, odmiranje dreves, povečano erozijo zaradi zmanjšanja vegetacije in zmanjšano reciklažo kisika.

Največji gozdni škodljivci v ZDA so nekatere vrste metuljev in hroščev (angl. gypsy moth, tussock moth, spruce beetle, spruce budworm). Ciganska vešča se je v Ameriki pojavila l.1869 in se od tedaj stalno širi po SV ZDA. Izbruh l.1981 je na več kot 40.000 km² povzročil defoliacijo dreves. V petdesetih so za preprečevanje izbruhov uporabljali zračno pršenje DDT-ja. Škodljivi učinki takšne uporabe so kmalu postali vidni. Pogosto je bilo uničeno veliko število netarčnih vrst. Največji problem zračnega pršenja pa je dejstvo, da le 25-50 % pesticida doseže tarčno območje, zato se je učinkom na netarčne vrste težko izogniti. Očitno je, da zračno pršenje pesticidov ni dober način za zatiranje gozdnih škodljivcev in da je treba poiskati alternativni način. Do sedaj še niso našli dovolj učinkovitega načina, ki bi popolnoma nadomestil pesticide, zato jih še vedno uporabljajo, vendar v manjših količinah.

Vplivi pesticidov na netarčne vrste

Škodljivi učinki in njihove posledice vključujejo zastrupitve ljudi in živine, redukcijo naravnih sovražnikov škodljivcev, zmanjšanje oprasha zaradi zastrupitve čebel, zastrupitve rib in ostalih živali.

Nekateri dokazani primeri škodljivosti za netarčne vrste

Zračno pršenje DDT-ja za zatiranje smrekovih vršičkarjev (Spruce budworm) v Kanadi

Od l.1952 dalje so v New Brunswick-u vsako leto spomladi velika območja gozda popršili z DDT-jem. Kljub prizadevanjem se je izbruh širil. Zaradi raziskav pred l.1952 je bilo možno zelo natančno oceniti populacijo lososov na tem območju. Spremljanje stanja populacije lososov se je nadaljevalo tudi po l.1952. Rezultati uporabe 50 kg/km² DDT-ja so bili sledeči:

- 90 % zmanjšanje pod 1 leto starih lososov
- 70 % zmanjšanje juvenilnih nad 1 leto starih lososov
- popolno uničenje vodnih insektov

Čeprav so se vodni insekti začeli pojavljati v prizadetih vodotokih približno 3 tedne po pršenju, se je sestava populacije insektov radikalno spremenila. Prevladovali so zelo majhni insekti, ki so bili premajhni, da bi zadovoljevali mladim lososom potrebe po hrani. Večjih insektov, ki so bili normalno hrana za mlade losose, ni bilo. Lososi so bili prisiljeni najti druge vire hrane. Večinoma so se prehranjevali s polži. Še 5-6 let se populacija insektov ni vrnila na normalno raven. Dodatna naselitev lososov v prizadete vodotoke ne bi uspešno obnovila populacije lososov, dokler se ne bi količina insektov vrnila na normalno raven. Zaradi teh rezultatov so program pršenja izvedli drugače - poskušali so se izogniti stiku pesticida z vodotoki:

- vodotokov niso uporabljali kot meje za parcele, tako da niso dobili dvojne doze pršila
- pršili so vzporedno z vodotoki, vendar nekaj metrov proč
- ob prečkanju vodotokov so zaprli pršilo

Kljub varnostnim ukrepom se je mortaliteta lososov v štirih glavnih vodotokih približala 100 % in padala do 10 % v ostalih. Izkazalo se je, da se vodotoki kontaminirajo tudi z odtekanjem površinske vode ne samo z direktno aplikacijo. Pršenje pesticidov ima zato neizogibno resne posledice za vodne organizme.

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Uporaba DDD-ja za nadzorovanje populacije komarjev v Clear Lakeu, Kalifornija

Clear Lake je plitvo jezero, 160 km severno od San Francisca. Zaradi velikega števila rib je privlačno mesto za oddih in ribolov, njegovo privlačnost pa ogrožajo ogromne količine komarjev, ki se pojavijo v poletni sezoni. Čeprav ne sesajo krvi, je njihovo število tako veliko, da predstavljajo precejšnjo nadlogo. Leta 1946 so se začeli laboratorijski eksperimenti z DDT in DDD. Ugotovili so da DDD zagotavlja učinkovito kontrolo komarjev, z manjšim tveganjem za ribe in ostale živali kot DDT. Leta 1949 je aplikacija DDD-ja je za 99 % zmanjšala količino larv komarjev. Leta 1951 so se larve zopet začele pojavljati v velikih količinah in septembra 1954 so morali ponoviti postopek z višjo koncentracijo, enako tudi leta 1957. Tudi drugič je bilo zmanjšanje števila larv 99 %, tretjič pa postopek ni bil tako uspešen. Hiter porast števila komarjev po drugi aplikaciji, v primerjavi s prvo, je kazalo da so komarji razvili rezistenco. Po drugi uporabi DDD so v jezeru našli 100 mrtvih ponirkov. Analiza ni pokazala prisotnosti bolezni. Po tretji uporabi je brez znakov bolezni poginilo 75 ponirkov. Preiskave visceralne maščobe so pokazale vsebnost 1.600 ppm DDD-ja, kar je bilo 80.000-krat več kot je bila uporabljena koncentracija (20 ppb). Vzrok smrti je bila zastrupitev z DDD-jem. To potrjuje tudi upad populacije ponirkov v letih aplikacije DDD-ja, česar ni bilo opaziti v drugih obdobjih. V tem času tudi ni bilo infekcijskih bolezni med ponirki, pri njih pa so opazili simptome zastrupitve (na primer drhtavico). Ob dodatni analizi rib in ptičev so ugotovili da so v vseh delih jezera živali kontaminirane z pesticidom. Večina rib je vsebovala več kot 5 ppm pesticida, kar je bila takratna dovoljena koncentracija (FDA), nekatere pa tudi 5-krat več. Z uživanjem teh rib so ponirki akumulirali velike količine DDD-ja. Po l.1957 so DDD zamenjali z metilparathionom in od tedaj si je populacija ponirkov opomogla.

Pretirane in/ali zmotne obtožbe rabe pesticidov

V prejšnjih dveh primerih ni dvoma o škodljivih stranskih učinkih uporabe pesticida in razumevanje teh problemov je ključno za program rabe pesticidov. Obstajajo pa tudi primeri pretiranih in zmotnih obtožb, ki zadevajo vpliv pesticidov na netarčne vrste. Nekatere od teh trditev so bile, zaradi pogostih in ponavljajočih se objav, sprejete kot dejstva.

Iztrebljenje pegaste morske postrvi v Laguna Madre, Texas

L. 1971 je organizacija Marine Environment predložila National Academy of Science poročilo, ki je bilo široko objavljeno v tisku. V njem navaja, da je povprečna koncentracija DDT-ja v zrelih ikrah morske postrvi 8 ppm, kar se lahko primerja z koncentracijo 5 ppm, ki pri sladkovodnih postrveh v 100 % povzroči okvaro nastanka ovojnic. DDT naj bi povzročal podobno napako pri reprodukciji

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

morskih postrvi. Nadzorovanje populacije v letih 1964-1969 je pokazalo upad s 30 rib/aker, na 0.2 rib/aker (nadzorovali so samo število juvenilnih rib, kar je izključilo možnost prelova). To poročilo pa ima določene šibke točke in nedoslednosti:

- gostota rib se nanaša samo na juvenilne postrvi, med odraslimi ni bilo upada;
- ocena za l.1969 je napačna (0.2 rib/aker), pravilna je 0.5 rib/ar;
- med raziskavo so v letih '65,'67 in '68 nad tem območjem divjali trije orkani, najbolj uničujoč leta '67. Poplavljenje vseh obalnih območij, 760 mm dežja in močan veter je močno zmotil ekosistem Laguna Madre. Upad juvenilnih morskih postrvi je povezan z pojavom teh orkanov. Leta 1970, ko so bili vremenski pogoji stabilni, je število juvenilnih postrvi naraslo na 10 rib/ar, leta 1971 pa že na 25-30 rib/ar. Ti podatki niso bili vključeni v poročilo, ki je bilo objavljeno junija 1971.
- možno je, da so povečano količino pesticidov, ki jih v kmetijstvu uporabljajo na obalnih področjih Laguna Madre, orkani sprali v morje. Kljub temu pa vrednost 8 ppm ni bila srednja vrednost ampak največja vrednost najdena v ikrah. Povprečna vrednost je bila 1-2 ppm in se je l.'70 in '71, ko so učinki orkanov izginili, še zmanjšala.

Zmanjšanje populacije juvenilnih morskih postrvi v letih '65 - '69 so povzročili orkani in ne DDT. Do leta '71 se je število postrvi vrnilo na normalno raven, čeprav so na obalnem območju še vedno uporabljali DDT.

DDT zmanjšuje fotosintezo morskega fitoplanktona

L. '68 so poročali o rezultatih eksperimenta, ki je proučeval vpliv DDT-ja na fotosintezo morskega fitoplanktona. Niz koncentracij 1-500 ppb DDT-ja je bil dodan v epruvete z čistimi in mešanimi kulturami fitoplanktona, ki so bile inkubirane 1 dan. Čez naslednjih 4-5 ur so nato merili intenzivnost fotosinteze. Rezultati so prikazani na grafih. Najpomembnejše dejstvo, ki se tiče teh rezultatov je, da je topnost DDT-ja v morski vodi samo 1.2 ppb in če so hoteli doseči višje koncentracije so morali DDT prej raztopiti v alkoholu. V oceanu se tako visoke koncentracije nikakor ne bi mogle pojaviti. Iz rezultatov je razvidno, da DDT tudi pri svoji meji topnosti nima vpliva na fotosintezo fitoplanktona. Kasnejši eksperimenti so potrdili, da DDT ne vpliva na fotosintezo do koncentracij, ki so 10-krat večje od topnosti v morski vodi. Upravičeno lahko domnevamo, da DDT raztopljen v vodi ni kriv za zmanjšanje fotosinteze, pač pa DDT, ki ga je fitoplankton absorbiral. S to hipotezo se sklada dejstvo, da sta relativni upad fotosinteze in koncentracija celic fitoplanktona v negativni korelaciji z celotno koncentracijo DDT-ja. Torej - več je DDT-ja na celico - manjša je fotosinteza.

V oceanih je gostota fitoplanktona večinoma majhna, zato je zelo verjetno, da bi DDT zniževal fotosintezo v koncentracijah, ki v gostih laboratorijskih kulturah niso povzročali nobenih škodljivih učinkov. Da bi obšli ta problem so kasnejše poskuse delali z koncentracijami, ki se običajno pojavljajo v površinskih plasteh oceanov.

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

V nobenem primeru ni prišlo do škodljivih učinkov DDT-ja na fotosintezo pod mejo topnosti v morski vodi. Iz tega lahko sklepamo, da tudi pri majhnih koncentracijah planktona, koncentracije DDT-ja, ki so pod mejo topnosti v morski vodi, nimajo pomembnega vpliva na primarno produkcijo.

5 ppm DDT-ja v ikrah povzroča 100 % mortaliteto mladic

L. 1955 in '56 so v ribogojnici Lake George poginile vse mladice. Patološke analize niso odkrile nobene bolezni. Ikre iz te ribogojnice so naslednje leto dali vzgojiti v druge ribogojnice. Mladice so zopet poginile. To je pokazalo, da je problem v ikrah in ne morda v kvaliteti vode v Lake Georgeu. Poskusi, da bi samice iz Lake Georgea križali s samci iz drugih jezer so propadli, samci pa so se uspešno razmnoževali s samicami iz drugih jezer. Bilo je znano, da so od leta '51-'55 v povodju Lake Georgea za zatiranje lesnih škodljivcev razpršili 3.500 kg DDT-ja. V letih 1956 in 1957 so razpršili še dodatnih 13.000 kg. DDT so na tem območju pogosto uporabljali tudi za zatiranje komarjev in muh. Tem postopkom so sledili pogini rib. Raziskava je razkrila, da ribje mladice v Lake Georgeu vsebujejo manjše količine DDT-ja, ki naj bi bil kriv za pogin v ribogojnici. Za preverjenje te hipoteze so med l.'60 in '62 zbrali samice iz 12 različnih jezer v New Yorku. Zbrali so najmanj 95 samic, vendar so jih le 61 upoštevali za kasnejšo analizo. Ikre so odvzeli 51 samicam, del so jih inkubirali, ostanek pa analizirali za DDT in DDE. Ocena 5 ppm izhaja iz teh podatkov. Pri analizi niso izmerili mokre teže iker, zato je bilo potrebno oceniti mokro težo iz suhe, z upoštevanjem dehidracije. Nato so primerjali preživetje mladic in količino DDT-ja v ikrah. Iz grafa so sklepali, da je mortaliteta mladic resna (več kot 50 %), ko koncentracija DDT-ja v ikrah preseže 5 ppm. Ti zaključki zahtevajo nekaj komentarjev:

- manjkajo 4 podatki (o 2 ribah iz Lake Saranac in 2 iz Eight Lake).
- eksperiment so končali ko je mortaliteta dosegla 50 % in nemogoče je domnevati, da bi bila pri 5 ppm DDT mortaliteta 100 %. Dejansko 100 % mortaliteta ni bila nikoli opazovana. Iz poskusa lahko izvajamo samo, da 5 ppm DDT-ja povzroči najmanj 50 % mortaliteto.
- določanje ključne točke pri 5 ppm, je popolnoma poljubno. Najnižja koncentracija v ikrah iz Lake George in Fourth Lake je bila 10.10 ppm. Ikre ene ribe iz Lake Raquette so pri 4.75 ppm imele 15 % mortaliteto, ikre druge pa pri 5.81 ppm 0 % mortaliteto. Točko 50 % mortalitete bi lahko enako pravilno postavili pri 5 ali 10 ppm DDT-ja.
- opazovali so samo 3 ribe iz Lake Georgea, kjer je bila mortaliteta 100 %. Najnižja koncentracija pri ikrah teh rib je bila 13.55 ppm DDT-ja.
- analize DDT-ja so bile narejene po zastareli metodi, ki ne razlikuje DDT-ja od nekaterih drugih spojin (na primer metoksiklora, DDD-ja, klorobenzilata, PCB-jev, in večine aromatskih spojin). Z izboljšano metodo so nekaj let kasneje v Lake George izmerili vsebnost PCB-jev v mesu rib. Ugotovili so da vsebuje več kot 5 ppm PCB-jev, tako da je možno da so v prvotnem poskusu PCB-ji močno

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

doprinesli k izmerjenim koncentracijam.

100 % mortaliteta mladice, ki se je l.1955 in 1956 pojavila v ribogojnici Lake George, je bila v pozitivni korelaciji z koncentracijo neke snovi (karkoli je že merila metoda). Zaradi majhnega števila vzorcev je statistična obdelava nekoliko šibka in jasno je, da se iz teh dejstev ne da zaključiti, da 5 ppm DDT-ja povzroči 100 % mortaliteto mladice.

DDT povzročča raka

DDT je domnevni človeški karcinogen. Domneva temelji na dejstvu, da DDT povzroča jetrne tumorje pri miših. Pri drugih živalskih vrstah, vključno z podganami, opicami, hrčki in psi pa niso dokazali tumorogenega efekta pri dozah manjših kot 50 mg DDT / kg.dan. Večje doze imajo tumorogeni učinek.

Za primerjavo: povprečen vnos DDT-ja pri ljudeh (z kontaminirano hrano) je bil v ZDA l.1965 0.0009 mg/kg in leta 1970 0.0004 mg/kg. Preučevali so tudi primere, ko so ljudje zaužili ali bili izpostavljeni večjim količinam DDT-ja (do 0.6 mg/kg na dan). Preiskave niso pokazale nobenih posledic, razen manjše vzdraženosti kože. Tudi pri 35 delavcih, ki so delali v proizvodnji DDT-ja niso odkrili nobenega primera raka ali kakšnih drugih škodljivih vplivov na zdravje. Delavci so 9-19 let vdihavali 0.05-0.26 mg/kg.dan DDT-ja. Skupina delavcev, ki je 6 ali več let sodelovala pri pršenju DDT-ja v Braziliji, je sicer imela v krvnem serumu precej višje koncentracije DDT in DDE-ja, vendar v primerjavi z kontrolno skupino ni bilo razlik v zdravstvenem stanju. V drugem poskusu so skupino prostovoljcev 600 dni hranili z 0.51 mg/kg.dan DDT-ja in pri nobenem niso odkrili kakršnih koli patoloških učinkov. DDT se je nabiral v maščobnem tkivu dokler ni dosegel ravnotežne koncentracije. Po prenehanju uživanja DDT-ja se je koncentracija vrnila na normalno.

DDT in sorodne spojine imajo pod določenimi pogoji celo antikarcinogene lastnosti. DDT so uspešno uporabljali kot kemoterapevtik pri zdravljenju adrenalnega karcinoma. V poskusu so skupino miši hranili z 5.5 mg/kg.dan DDT-ja. V 2-4 tedenskih intervalih so po 6 mišim iz te in iz kontrolne skupine vbrizgali rakaste celice. V kontrolni skupini se je rak razvil pri vseh miših, v skupini, ki so jo hranili z DDT-jem pa se pri 8 % rak ni pojavil in tiste pri katerih se je so živele precej dlje od kontrolne skupine. Iz rezultatov so sklepali, da DDT zavira rast vsaj ene vrste malignih tumorjev.

Kljub vsem eksperimentom pa EPA rezultatov ne smatra za zadostno osnovo, da bi zaključila, da DDT ne povzroča raka, ker so bili vzorci majhni in preučevanje kratkotrajno glede na življenjsko dobo snovi.

Obstojnost pesticidov v biosferi in kopičenje v prehranjevalnih verigah

Obstojnost pesticidov v okolju je eden izmed faktorjev, ki določajo učinkovitost pesticidov in njihov učinek na netarčne vrste. Hitro razgradljivi se ne razširjajo po prehranjevalni mreži in njihova koncentracija z biološko magnifikacijo pada, vendar pa jih je potrebno aplicirati večkrat, da dosežemo isti učinek kot bi ga z eno ali dvema aplikacijama bolj obstojnega pesticida. Obstojnost pesticidov je običajno zelo odvisna od okolja. Razpolovna doba DDT-ja na citrusih je 50 dni, na breskvah 11-15 dni in le 7 dni na lucerni. Razpolovna doba parathiona na citrusih je 78 dni, na jabolkih 3-6 dni in na lucerni 2 dni. Stvar je drugačna, če je pesticid spran v tla. Zemljišče na katerega so l.'47 razpršili 11.2 t/km² DDT-ja, je čez 3 leta še vedno vsebovalo 3.16 t/km² DDT-ja. Razpolovna doba je bila 2.2 leti. V sledečih eksperimentih so bile razpolovne dobe 6.6, 5.2 in 5.4 let. Obstojnost pesticidov v tleh je nevarna tudi zaradi kontaminacije podtalnice. Kontaminacija se pojavi lahko šele več let po prvi uporabi pesticida in se nadaljuje še več let po prenehanju uporabe. To je resen zdravstven problem, saj je podtalnico zelo težko dekontaminirati.

Zaprto rezervoar z morskimi vodo v kateri je bil DDT so za 38 dni potopili v bazen z morskimi vodo. V tem času je 92 % DDT-ja in njegovih metabolitov izginilo iz rezervoarja, kar pomeni, da je bila razpolovna doba približno 10 dni. V sladki vodi pa se je DDT ohranil dlje, ker so ribe iz Clear Lakea, ki so se izlegle 7-9 mesecev po prvi aplikaciji DDT-ja, v tkivu vsebovale 7-25 ppm DDT-ja. Intaktna pelikanova jajca, ki so jih nabrali na južni obali Kalifornije, so vsebovala 853 ppm DDE, kar kaže na zelo veliko obstojnost, saj pelikanov, njihovih jajc in morja niso nikoli pršili z DDT-jem. DDT so v morje sprale padavine, od koder je z direktnim stikom ali preko morske prehranjevalne verige prišel v pelikane in v njihova jajca. Ves proces je zagotovo trajal najmanj 10 dni. Druge raziskave so ugotovile, da je razpolovna doba DDT-ja nekaj mesecev. Zmeda z obstojnostjo pesticidov v morskimi vodi nastane zaradi slabe topnosti, zato so raztopljene koncentracije zelo majhne. Merjenje raztopljenega DDT-ja v vodi še ne pomeni, da je ostali DDT razpadel. Večina ga je najbrž prisotna v planktonu in drugih organizmih, ne pa v raztopljenem stanju. Razpolovna doba DDT-ja v maščobnem tkivu je precej daljša, kot v raztopljenem stanju.

Dejstvo, da se pesticidi kopičijo v maščobnem tkivu in se zato počasi metabolizirajo in izločajo, je razlog za njihovo visoko koncentracijo v višjih trofičnih nivojih prehranjevalnih verig. Iz podatkov pa bi lahko tudi sklepali, da organizmi na višjih trofičnih nivojih absorbirajo več DDT-ja kot na nižjih. Zanimivo je, da so v nekem poskusu odkrili, da so bile v morskimi lastovicah, ki se hranijo s planktonom, koncentracije DDT-ja 10-krat manjše kot v planktonu. Morski psi, ki so na visokem prehranbenem nivoju, so vsebovali visoke koncentracije, toda barakude, ki so prav

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

tako na vrhu prehranjevalne verige, so vsebovale 100-krat manjše koncentracije. Zaradi nekaterih rezultatov, ki so nasprotovali teoriji ojačevanja po prehranjevalni verigi, so domnevali, da so koncentracije preprosto odvisne od ravnotežja kloriranih ogljikovodikov v vodi in maščobnim tkivom v organizmu. Koncentrationske razlike med organizmi v istem okolju, odražajo razlike med topnostjo v maščobnih tkivih in razlikami v metabolizmu in izločanju kloriranih ogljikovodikov. Vsaj ena raziskava biološke magnifikacije je pokazala, da primaren vnos DDT-ja pri nekaterih ribah poteka preko škrg in ne preko hrane. V ribnike, ki so vsebovali alge, nevretenčarje in ribe, ali samo alge in ribe, so dodali DDT. V prvem primeru so ribe jedle rakce kontaminirane z DDT-jem, v drugem pa so jih hranili z rakci brez DDT-ja. Med ribami iz obeh ribnikov pa ni bilo večjih razlik v tkivni koncentraciji DDT-ja, kar pomeni da so ribe večino DDT-ja absorbirale preko škrg iz vode. Zanimivo je, da je bila vseskozi prisotna korelacija med koncentracijo DDT-ja v vodi in koncentracijo v nevretenčarjih, kar tudi nakazuje da so nevretenčarji večino DDT-ja dobili iz vode in ne iz alg. V vseh ribnikih, ki so vsebovali alge, nevretenčarje in ribe so opazili tudi stalen porast koncentracij DDT-ja navzgor po prehranjevalni verigi. Koncentrationski faktorji nasproti vodi so bili 7.2×10^3 za alge, 1.8×10^4 za nevretenčarje in 1.7×10^5 za ribe. Rezultati raziskave kažejo, da so koncentracije pesticidov v organizmih odvisne od neposredne absorpcije le-teh iz vode. Prav tako pa ne izključujejo efekta magnifikacije po prehranjevalni verigi in razširjanja pesticidov v biosferi s prenosom po prehranjevalni mreži. Dokaz, da sta v naravi prisotna oba načina prenosa pesticidov, je tudi zastupitev ribojedih ptičev (na primer ponirkov iz Clear Lakea).

Vpliv pesticidov na ptiče

(Primož Pirih)

Pesticidi iz družine kloriranih organskih spojin manjšajo celotno reproduktivno sposobnost ptičev. Problematične pa niso samo aktivne substance (DDT), ampak tudi njihovi za tarčne vrste neškodljivi metaboliti (DDE).

Vnos DDT v organizem (preko aktivacije jetrnih hidrosilaz, ki inaktivirajo spolne hormone) zniža nivo estrogena in povzroči **spremembe reproduktivnega vedenja**, na primer podaljšanje inkubacijskega časa, krajšo skrb za mladiče, manj zaporednih gnezditov.

Dokazana je tudi negativna korelacija med količino pesticidov v hrani in **debelino jajčne lupine**; mehanizem, ki leži za tem, je verjetno ravno tako znižan nivo aktivnega estrogena in s tem povezano zmanjšano nalaganje kalcija v kosti. Možno pa je, da gre še za ločeno pot vpliva DDE na encim karbonsko anhidrazo, ki sodeluje pri kalcifikaciji lupine.

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

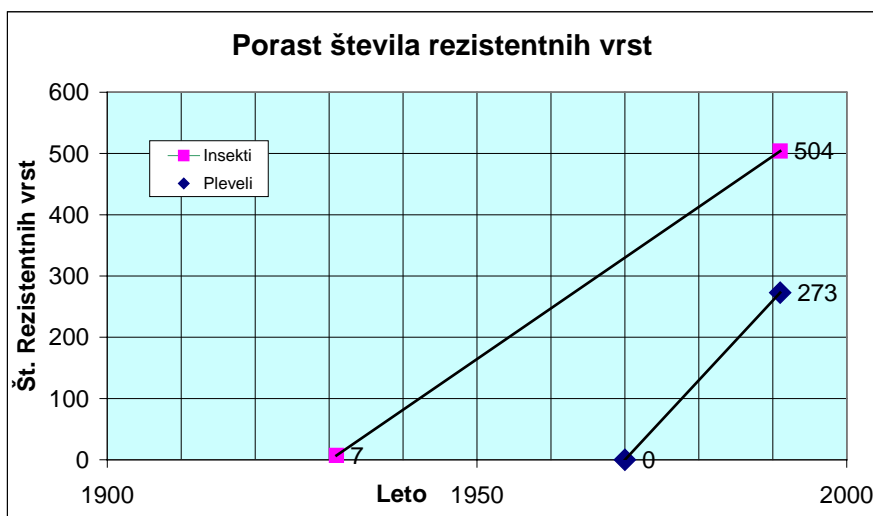
Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Izvaljeni mladiči pa so tudi izpostavljeni pesticidom preko hrane, ki jim jo prinašajo starši. Tako se poveča **smrtnost mladičev**.

Glede na to, da so se po prepovedi uporabe DDT in dieldrina populacije plenilskih ptičev v ZDA močno opomogle, lahko zaključimo, da imajo pesticidi iz družine DDT in njihovi metaboliti negativen vpliv na populacije ptičev, zaradi magnifikacije še posebej na tiste, ki so na koncu prehranjevalnega spleta.

Rezistenca na pesticide

(Primož Pirih)



Na začetku uporabe pesticidov praktično ni bilo vrst, ki bi nanje bile rezistentne. Zaradi naravne selekcije, pa tudi zaradi nespametne in pretirane uporabe pesticidov, je rezistenca vedno bolj pogosta, kar lahko ima pomembne ekološke, ekonomske in zdravstvene posledice. Problematika rezistence na pesticide je zelo podobna problematiki rezistence na antibiotike v zdravstvu.

Razvoj rezistence

Rezistenca na pesticide ima naslednje lastnosti:

- je posledica naravne selekcije, ki pri tarčnih skupinah zaradi velikega reprodukcijskega potenciala deluje zelo hitro
- največkrat gre za rezistenco na celo družino pesticidov
- rezistenca največkrat ostane prisotna še zelo dolgo po prenehanju rabe

pesticida.

Znan je primer insekta, ki kot ličinka žre poganjke bombaža. Mehiška populacija je postala rezistentna na **vse registrirane pesticide**.

Mehanizmi rezistence

Obstajata dva mehanizma rezistence na pesticide: s povečanjem metabolne detoksifikacije in s spremembo tarčnih mest za pesticide. Slednji mehanizem naj bi bil manj pogost.

Metabolno detoksifikacijo različnih nepolarnih pesticidov večinoma katalizirajo različne **mikrosomalne oksidaze** (dehidroklorinaze, glutationske transferaze, karboksiesteraze). Produkti reakcij so največkrat polarni metaboliti, ki jih insekt lahko izloči. Pomembna izjema pa je metabolna detoksifikacija DDT v DDE; Ta je nepolaren, popolnoma neškodljiv za insekte, in kot je že bilo rečeno, močno škodljiv ptičem.

Rezistenca muh na DDT je posledica spremembe vezavnega mesta za DDT na natrijevih kanalčkih. Rezistenca na karbamate in organofosfate je posledica spremembe tarčnega mesta na acetilholinesterazi. Rezistenca na nekatere herbicide, ki preprečijo pot elektronov preko kinonovih obročev v membrani, naj bi bila posledica spremenjene strukture tilakoidne membrane, zaradi česar naj bi se herbicid težje vezal nanjo.

Zdravstvene in ekonomske posledice rezistence:

Pojavljanje rezistence ima naslednje posledice:

- ob pojavljanju rezistence se poveča količina porabljenih pesticidov na enoto pridelka in s tem tudi njegova cena;
- ob uveljavitvi rezistence postane ena vrsta (ali cela družina) pesticidov neuporabna za kontrolo;
- razvoj novih pesticidov je drag, pa tudi proizvodna cena nadomestnih pesticidov je ponavadi višja, lahko tudi za nekaj desetkrat.

Končne posledice na področju kmetijstva so večja obremenitev okolja, višje cene pridelka in/ali slabši pridelek. Na področju zdravstva, še posebej v revnejših predelih sveta, pa lahko zaradi pomanjkanja denarja in opustitve kontrole pride do ponovnih izbruhov določenih epidemij.

Alternative sintetičnim pesticidom

Problematika netarčnih vrst, pojavljanje rezistence in **predvsem vedno višja cena** uporabe pesticidov je vodila v iskanje drugačnih poti kontrole škodljivcev. Te lahko na grobo razdelimo v tri skupine: **biološka kontrola** (poseganje s pomočjo medvrstnih odnosov), **genetska kontrola** (poseganje na nivoju vrste škodljivca ali ščitenca), **alternativna kemična kontrola**, pri kateri na škodljivca ne delujemo s strupom, ampak z njemu lastno substanco.

Splošno prepričanje v znanstvenih, žal pa ne vedno tudi v gospodarskih krogih je, da je bila pretirana uporaba pesticidov v preteklosti napaka in da bi morali v prihodnosti zmanjšati uporabo pesticidov na minimum, namesto njih pa čimbolj praktificirati alternativne poti kontrole. Slaba lastnost alternativnih metod, če pogledamo iz stališča ekonomike, je večja specifičnost (kar je ekološko zelo upravičeno) in s tem manjša univerzalnost, zaradi česar so ponavadi za vsak primer posebej potrebne raziskave, ki na kratki rok niso ekonomsko upravičene.

Biološka kontrola

V okolje, kjer želimo kontrolirati škodljivca, uvedemo vrsto, ki škodljivcu škodi. Lahko gre za **predatorje, parazite ali patogene mikroorganizme**. V to skupino kontrole sodi tudi uporaba alelopatije preko kolobarjenja in gospodarjenja z združbami.

Uvajanje biološke kontrole ni vedno uspešno. Prva prepreka je naselitev kontrolne vrste, ki ni vedno uspešna. Doseči moramo tudi, da kontrolna vrsta pride v stik s škodljivcem, torej se mora z njim časovno (dnevnost, sezonskost) in prostorsko ujemati.

Groba ocena uspešnosti uvajanja biološke kontrole je, da se je približno četrtnina preizkušenih kontrolnih vrst v novem okolju dejansko "prijela". **Za biološko kontrolo velja, da je njena vzpostavitev zahtevna. Če uspe, pa je lahko mnogo cenejša in mnogo uspešnejša od klasične uporabe pesticidov.** Največkrat dodatni posegi z njimi sploh niso potrebni.

Največja prednost biološke kontrole je, da škodljivec ostane prisoten v okolju, vendar se, kljub dovoljšnji količini hrane, zaradi kontrolne vrste, ne razmnoži prekomerno. Med kontrolno vrsto, škodljivcem in pridelkom je tako vzpostavljeno bolj ali manj stabilno ravnotežje.

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Kontrola s predatorji in paraziti

je bila uporabljena na insektih in plevelih. Kontrolna vrsta, največkrat tudi insekt, je bila ponavadi, ne pa vedno, prinesena iz prvotnega okolja škodljivca. Kontrolne vrste so največkrat hrošči, parazitske ose ali metulji.

Če kontrolna vrsta v novem okolju ne vzpostavi populacije, je pa uspešna v uničevanju škodljivca, je možna rešitev vsakoletno uvajanje zadostnega števila osebkov kontrolne vrste v ustreznem trenutku v sezoni.

Z biološko kontrolo so na primer zavarovali kalifornijske nasade citrusa in afriške nasade kazave (glavne hrane za kakih 200 milijonov afriških prebivalcev), očistili kakih 400.000 km² avstralskih pašnikov opuncije in 8000 km² ameriške prerije šentjanževke. Številke v zadnjem primeru so naslednje: za raziskave je šlo 750.000 dolarjev, po oceni pa je bilo v celoti privarčevanih kakih 100 milijonov dolarjev.

Primer nekolike drugačne logike kontrole nad škodljivcem je, da namesto, da ga napadamo, poskrbimo za to to, da škodljivec več ne napada pridelka. Tako se "preusmeri" čebulno oso s čebule na ličinke muh, ki živijo v kravjaki. V ZDA so izgube pridelka čebule s 40% padle na 2-3%, če je bil v bližini polja pašnik.

Patogeni: virusi, bakterije, protozoji, glive

Žuželke napada veliko patogenov (virusov, bakterij, gliv, protozojev, rikecij). Mnogi med njimi so uporabni tudi za kontrolo škodljivcev. Taki biopesticidi so zelo specifični, močno toksični za eno vrsto ali rod in ponavadi povsem neškodljivi za ostale.

Na Japonskem so tako iz spor bacila *Bacillus popilliae* in smukca pripravili prašek, s katerim ščitijo igrišča za golf pred japonskim hroščem (*Popillia japonica*). Efektivnost te zaščite pa žal pade na nekošenih travnikih.

Parazit, s katerim so želeli nadzorovati enega od gozdnih škodljivcev v Kanadi, je bil slučajno tudi vektor za virus z istim gostiteljem (*Neodiprion sertifer*). Ko se je pokazala uspešnost virusa v boju s škodljivcem, so ga namerno razširili po celi Severni Ameriki.

Prvi industrijsko razvit virus za kontrolo škodljivcev je bil virus NPV (povzročitelj nuklearne polihedroze), ki je napadal enega od bombaževih škodljivcev. Po tem so podobne viruse razvili še za nekatere glavne koruzne in gozdne škodljivce (ciganska vešča).

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Spore bakterije *Bacillus thuringiensis*, ko jih poje žuželčja ličinka, izločajo letalne toksine, ki pa niso škodljivi ne za ptiče ne za sesalce. Bakterija ima mnogo sevov, vsak od njih je specifičen za le nekaj vrst insektov iz istega rodu, obenem pa je uporaba pršila s sporami in proteinskimi toksini učinkovita na veliki večini kmetijskih in gozdnih površin. Tudi to tehniko so v ZDA uporabili v boju proti ciganski vešči.

Večina biopesticidov deluje na žuželke, v zadnjem času pa so se pojavili tudi že prvi **bioherbicidi**. Enkratna uporaba bioherbicida DeVine, ki temelji na plesni, zaščiti sestoje citrusa pred ovijalko svilnico (milkweed vine) vsaj za pet let.

Alelopatija

Inhibicija rasti plevelov z alelopatijo je možna na dva načina: ali s sočasnim sejanjem rastlin, ki ne ovirajo kulturne rastline, ovirajo pa plevel, ali pa tako, da preostanke kulturnih rastlin pustimo na njivi.

Genetska kontrola

Rezistentne rastline

Z umetno selekcijo in s cepljenjem lahko pridobimo rastline, ki so odporne proti določenim škodljivcem. Tako so ob koncu prejšnjega stoletja s cepljenjem na proti ušem odporno ameriško trto rešili evropske žlahtne sorte. Z umetno selekcijo so pridobili proti določenim škodljivcem odporne sorte alfa-alfa, fižola, kapusa, koruze, bombaža, kumare, grenivke, limon, pomaranč, riža, pšenice.

Tretji način genetske zaščite rastlin je **vnos genov za rezistenco**. Verjetno bo ta način zaščite z napredkom biotehnologije postajal vse bolj in bolj pomemben. Tako so že ustvarili sorte tobaka, ki so s prenosom genov za proizvodnjo toksina iz seva *B.thuringiensis* postale odporne proti večini gosenic, ki se hranijo s tobačnimi listi. Z enako metodo so ustvarili tudi odporne sorte bombaža, paradižnika in krompirja. Alternativen način zaščite z genskim inženiringom je, da genov za rezistenco ne vnesemo v kulturno rastlino, ampak v bakterijo, ki je del njene običajne endo- ali epiflore.

Sterilni samci

Strategija te metode je, da zmanjšamo reprodukcijski potencial populacije škodljivca tako, da v okolje ob času paritve vnesemo veliko število sterilnih samcev. Ta metoda je še posebej uporabna pri tistih vrstah, kjer se samice pariyo samo z enim samcem. S to metodo so učinkovito zmanjšali smrtnost v čredah

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

kopitarjev v Severni Ameriki. Smrtnost je povzročala muha, ki leže jajca v odprte rane. Ličinke, ki se izležejo po enem dnevu, se razširijo po notranjih organih in lahko v nekaj dneh ubijejo odraslo žival. Izgube živine v Texasu so z vsakoletnim vnosom sterilnih samcev padle iz 10^5 primerov (okrog leta 1960) na okrog 10 primerov na leto (okrog leta 1980), razen v letih od 1972 do 1976, ko je, verjetno zaradi kombinacije abiotskih in biotskih faktorjev in samega izvajanja programa zaščite, incidenca primerov spet narasla na magnitudo 10^4 . Danes je ta muha v ZDA popolnoma iztrebljena; severna meja areala je v srednji Mehiki.

Pri metodi vnosa sterilnih samcev velja izpostaviti glavni problem, to je produkcija zadostnega števila sterilnih samcev. V Texasu so vsako leto v okolje vnesli od milijon do deset milijonov z gama sevanjem steriliziranih samcev na dan. Glede na to, da je običajna populacija te muhe do 100 osebkov/km², si je kar težko predstavljati, koliko sterilnih samcev bi bilo potrebnih za kontrolo kakšne bolj abundantne vrste.

Alternativne kemične metode

Alternativne metode se od klasičnih razlikujejo predvsem po tem, da v okolje ne vnašamo za škodljivca (in netarčne vrste) tuje, strupene kemikalije, ampak njemu lastno snov ali snov, ki aktivira škodljivcu lastno snov. Take kemikalije so bolj ali manj specifične, žal pa sta njihov razvoj in iskanje zelo drago.

Hormoni

V eni afriških vrst skrečnika (*Ajuga remota*) se nahaja kemikalija, ki inhibira levitev. Na glavi gosenice se tako nabere več plasti hitina, zaradi česar ličinka ne more več požirati hrane in umre od lakote. Podobna naravna sredstva so na voljo tudi za komarje in listne uši.

Feromoni

S feromoni lahko populacije škodljivcev, tu gre predvsem za insekte, kontroliramo na tri načine:

- privabljanje insektov v pasti z namenom ubiti jih;
- privabljanje insektov v pasti z namenom ugotoviti njihovo pogostnost;
- s škropljenjem velikih koncentracij feromonov, s čimer zmedemo spolno vedenje insekta

Z ugotavljanjem pogostnosti škodljivca lahko močno zmanjšamo odvečno uporabo pesticidov, saj lahko s škropljenjem počakamo do trenutka, ko škodljivec postane prepogost.

Celostna kontrola škodljivcev (Integrated pest management, IPM)

Organizacija Združenih narodov za hrano in kmetijstvo (UNFAO) definira IPM kot **uglašeno uporabo vseh razpoložljivih metod**, ki v kontekstu določenega okolja in populacijske dinamike škodljivca zmanjšajo škodo na pridelku in okolju do najmanjše možne mere.

V praksi je to poskus nadomestiti uporabo klasičnih pesticidov z zgoraj opisanimi alternativnimi (biološkimi, genetskimi in alternativnimi kemičnimi) metodami s sočasno uporabo naslednjih kmetijskih tehnik:

- kolobarjenje (menjava pridelkov; zaviranje razvoja škodljivcev, vezanih na eno vrsto);
- ledinjenje (puščanje neobdelane njive);
- oranje in brazdanje (olajša pletje plevelov);
- izbira optimalnega datuma setve (da je žetev še pred najhujšim napadom škodljivca);
- uporaba tehnike stenja za širjenje pesticida.

Uporabnost IPM si lahko pogledamo na primeru bombaža v ZDA. Pred uveljavitvijo IPM so na bombažna polja zlili skoraj polovico vseh pesticidov v ZDA. Z uporabo pesticidov so v petdesetih in šestdesetih letih poskušali kontrolirati populacije dveh vrst škodljivcev, s tem pa so prizadeli naravne sovražnike dveh drugih vrst škodljivcev, ki sta postali glavni problem. Zaradi pojava rezistence so morali v sedemdesetih letih škropiti do dvajsetkrat na leto, vendar je učinek marsikatero leto izostal. Glavni korak pri uveljavitvi IPM je bil razvoj nove sorte bombaža, ki odraste mesec pred drugimi sortami in glavnim napadom škodljivcem. Po žetvi so stebela zmleli in podorali. Insekticide so po žetvi pršili na že zorana polja, s čimer so ubili mnogo diapavzirajočih insektov. Preživele so naslednjo pomlad ponovno zredčili z novim pršenjem insekticida, pri čemer so pazili na to, da ne bi preveč prizadeli naravnih sovražnikov škodljivcev. Dodatna škropljenja med sezono niso bila več potrebna. Na ta način so zmanjšali porabo pesticidov, gnojila in vode ter močno povečali profitabilnost ameriških bombažnih polj.

Metode IPM so razvite še za mnoge druge kmetijske rastline: mandlje, zemeljski orešček, koruzo, jabolka, tobak, alfa-alfa, sojo. Žal pa se predvsem v primeru koruze, ene najpomembnejših ameriških poljščin, IPM še ni dovolj uveljavil. Če samo z uporabo kolobarjenja in rezistente sorte koruze bi lahko močno zmanjšali porabo insekticidov v ZDA na koruzi za kakih 80%.

Z IPM lahko močno zmanjšamo tudi porabo herbicidov. V ZDA porabijo več kot pol vseh herbicidov za zaščito koruze. Z uporabo ustrezne tehnike oranja in brazdanja ter uporabo mehanskih plelnih naprav bi lahko zmanjšali porabo herbicidov za kakih 60%, nadaljnji prihranki pa so možni še z uporabo tehnike stenja.

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Poliklorirani bifenili (PCB)

Poliklorirani bifenili po svojem namenu niso pesticidi, vendar so po strukturi in farmakološkem delovanju močno podobni pesticidom družine DDT, le še bolj strupeni in obstojnejši so.

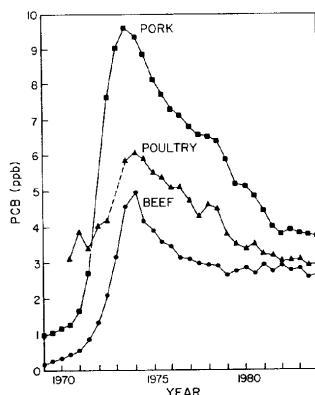
PCB-ji so večinoma tekočine in smole, obstojne do 1300°C. Zaradi obstojnosti so jih uporabljali za hladilna sredstva v transformatorjih, kondenzatorjih, toplotnih izmenjevalnikih in kot hidravlične tekočine. V manjših količinah so jih uporabljali na primer tudi v barvah, adhezivih, kitih, črnilih, lubrikantih in za kopirni papir.

PCB-ji so tako kot pesticidi družine DDT aktivatorji jetrnih encimov, zato so tudi posledice njihove prisotnosti v okolju podobne. Delujejo na ptice, glodalce, ribe in primata.

PCB-ji so med vsemi znanimi, za človeka toksičnimi snovmi na tretjem mestu po svoji toksičnosti, takoj za dioksini in furani. V primeru z Japonske se je s PCB-ji zastрупilo 1291 ljudi; 29 jih je v dveh mesecih umrlo zaradi posledic zastrupitve. Umrli in tisti, pri katerih so izbruhnile klorove akne, so v povprečju zaužili 2 grama PCB-jev, vendar je možno, da so bili efekti posledica prisotnosti nekaj stopenj bolj strupenih dibenzofuranov v hrani.

Pri delavcih, ki so bili v stiku s PCB-ji, je bila večja pojavnost alergičnega dermatitisa, slabosti, vrtoglavice, konjuktivitisa, astmatičnega bronhitisa, bolečin v grlu, prebavih motenj in glavobolov.

Glavni problem s PCB-ji za splošno populacijo je kontaminirana voda in ribe ter prenos spojin z doječe matere na otroka. Pri takem prenosu lahko v otroku koncentracija PCB-jev naraste do mere, ki se je pokazala kot močno toksična v poskusih z opicami rhesus.



Količina PCB-jev v govedini, perutnini in svinjini v Kanadi

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

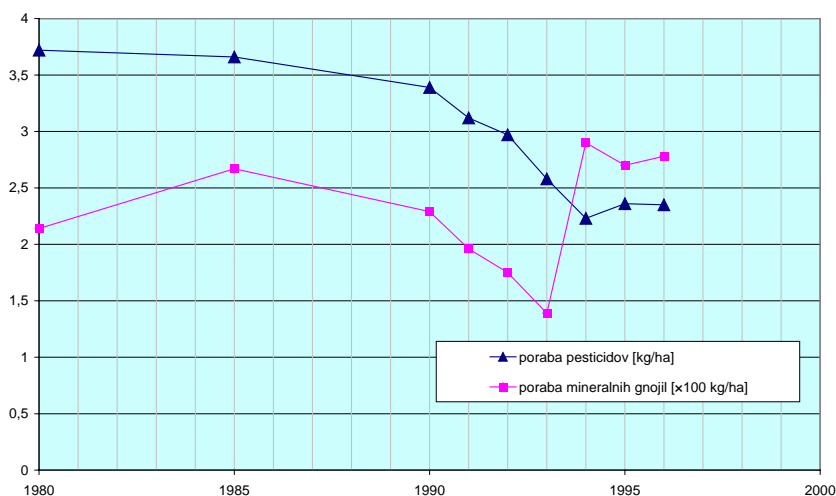
V letu 1971 je proizvajalec PCB-jev, *Monsanto Corporation*, omejil uporabo PCB-jev le za kondenzatorje in transformatorje, s čimer so učinkovito zmanjšali vnos PCB-jev v okolje preko odvrženih hidravličnih olj, barve in drugih produktov s krajšo življensko dobo. V letu 1977 je proizvajalec prostovoljno popolnoma prenehal s proizvodnjo PCB-jev. V letu 1983 je bilo po ocenah v ZDA v uporabi še vedno kakih 20.000 - 30.000 velikih transformatorjev s PCB-ji.

PCB-ji se v okolju verjetno nabirajo predvsem v vodnih (tako morskih kot sladkovodnih) sedimentih, kjer se počasi razgrajujejo. Koncentracije PCB-jev v mesu so dosegle vrh leta 1973 in so od takrat v upadu, občasno (primer belug iz leta 1985) pa se še vedno pojavijo primeri zastrupitev s PCB-ji.

Pesticidi v Sloveniji

(Dejan Štebih)

Uporaba sredstev za varstvo rastlin je v zadnjih štiridesetih letih močno narasla, od leta pa 1980 količina upada - od 2398 ton (3.7 kg/ha) v letu 1980 na 1440 ton (2.3 kg/ha) v letu 1996. Tudi podatki o količini pesticidov v podtalnicah za leta 95, 96 in 97 kažejo trend upadanja prisotnosti le-teh.



Poraba pesticidov (v kg na hektar) in umetnih gnojil (100 kg na hektar) v Sloveniji od leta 1980 do 1996

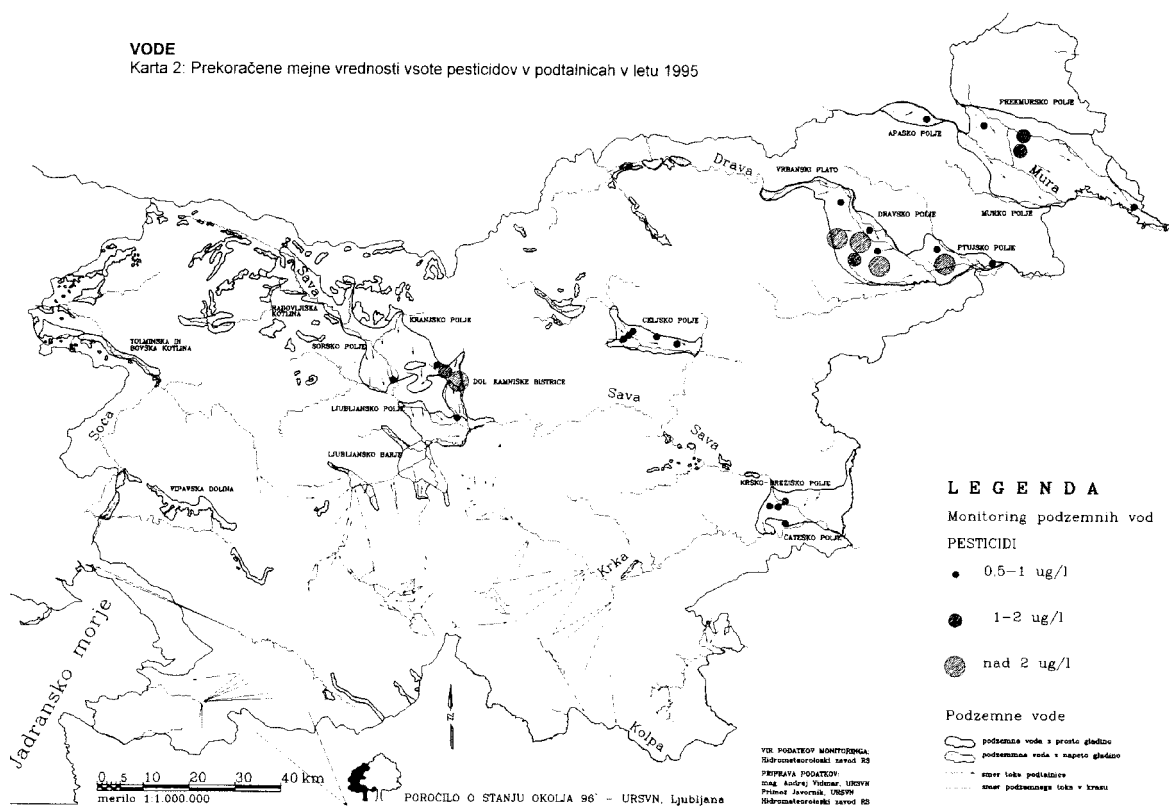
Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Podtalnice

V Sloveniji je največ težav s pesticidi pri oskrbi s pitno vodo. Kot vir pitne vode uporabljamo predvsem podzemne vode, v katerih se pesticidi akumulirajo in tam ostanejo tudi več let. Uporaba pesticidov se zato v podtalnicah pozna več let, jih je pa praktično nemogoče odstraniti. Na letna nihanja pesticidov v podtalnicah najbolj vpliva količina padavin. Tako so bile na Apaškem polju mejne vrednosti pesticidov v podtalnici v bolj sušnem letu 93 presežene v 2% meritev, v "mokrem" letu 94 pa v 16% meritev. V površinskih vodah pa so bile mejne vrednosti presežene le leta 94 in sicer v 8% meritev.



V Sloveniji veljajo od leta 97 (Uradni list 46/97 in 52/97) naslednji normativi za pitno vodo:

posamezni pesticid	0,1 ug/l
vsota pesticidov	0,5 ug/l

Normativi so v skladu s smernicami Evropske skupnosti.

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

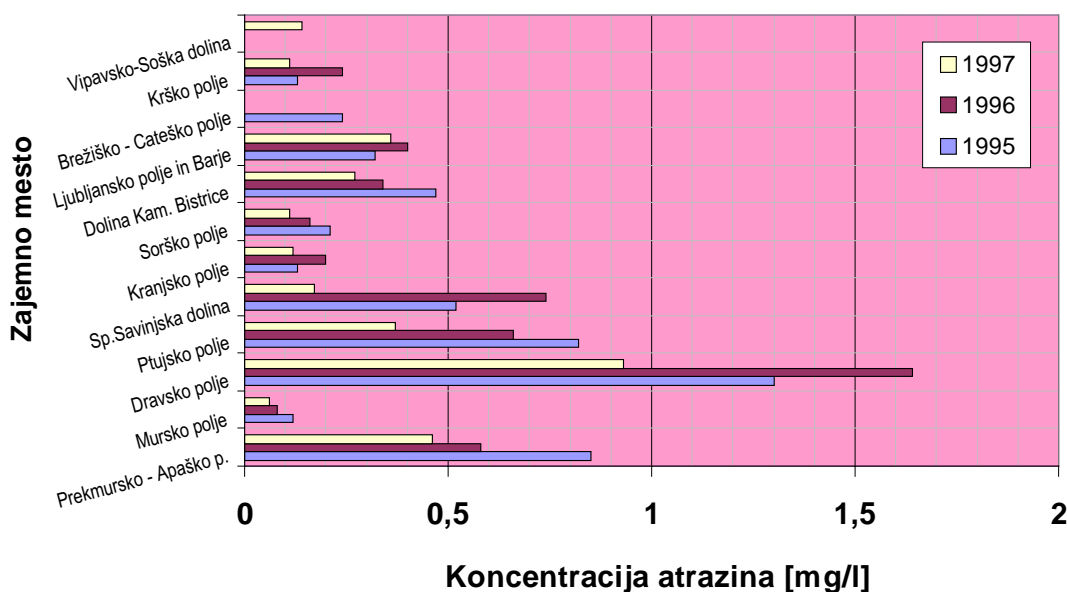
Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Do leta 97 je bil v veljavi jugoslovanski pravilnik:

posamezni pesticid	0,01-600 ug/l
atrazin	0,5 ug/l
vsota pesticidov	0,5 ug/l

Atrazin je sicer že nekaj let prepovedan, vendar se sam atrazin oz. njegovi odpadni produkti še vedno pojavljajo v podtalnici. V nekaterih primerih tudi nad dovoljenimi koncentracijami (Dravsko polje 1996: 1,6 ug/l).

Maksimalne vrednosti atrazina

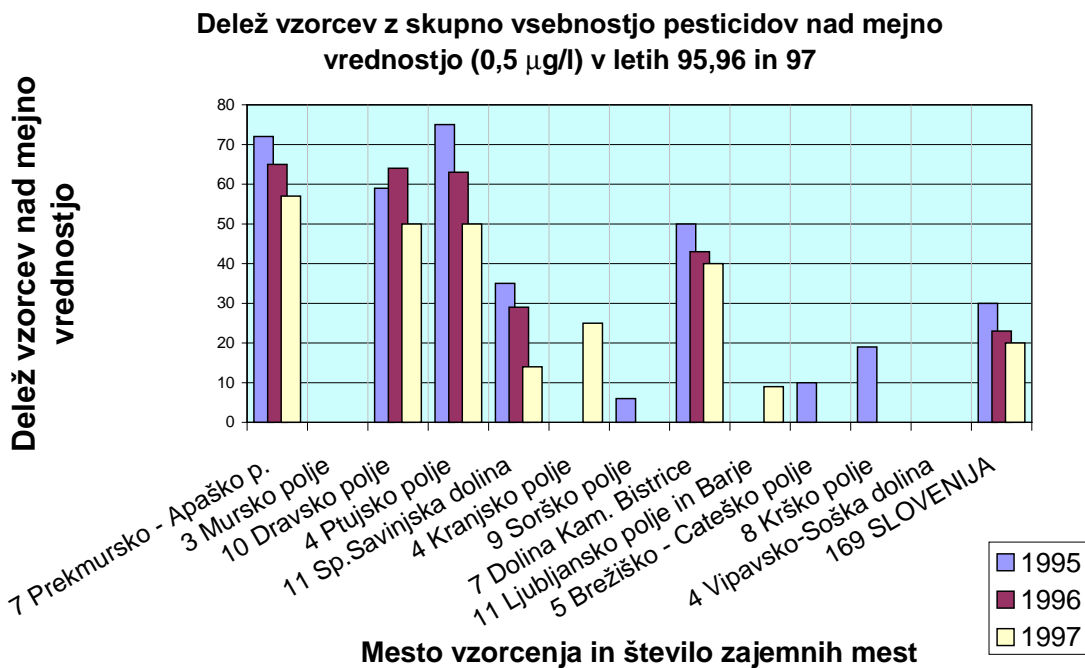


Povprečno so bile mejne koncentracije pesticidov v podtalnicah v letih 1995, 1996 in 1997 presežene v 20-30% primerov. Pri tem posebej izstopajo območja z intenzivnim kmetijstvom kot so Ptujsko polje, Prekmursko-Apaško polje, Dravsko polje, dolina Kamniške Bistrice ter Spodnja Savinjska dolina.

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman



Površinske vode

Po količini pesticidov lahko glede na Evropske normative naše reke uvrstimo v štiri razrede:

kakovostni razred	posamezni pesticid:	vsota pesticidov:
1.-2. razred	< 0,1 µg/l	< 0,5 µg/l
3.-4. razred	> 0,1 µg/l	> 0,5 µg/l

Večina naših rek je leta 1995 spadalo v prvi razred, med prvega in drugega se uvrščata Krka in Sava od Mednega navzdol, med tretji in četrti razred pa spada Savinja pri Medlogu.

Jezera in morje

Vsebnosti pesticidov v jezerih in morju v Sloveniji ne meri nihče.

Za določanje stopnje onesnaženosti morja se po mednarodnih normativih uporablja količina DDT v školjkah (tudi za PCB)

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

PCB (poliklorirani bifenili) v Sloveniji

PCB-ji v Sloveniji razen v Krupi ne predstavljajo tako perečega problema kot pesticidi.

Normativi za pitno vodo:

stari normativi (do 1997)	novi (1997)
0,5 ug/l	0,1 ug/l

Podtalnice

V podtalnicah so PCB-je v merljivih količinah zaznali le v Drulovki na Sorškem polju. Koncentracija je bila pod mejno vrednostjo.

Površinske vode

V površinskih vodah so PCB-ji prisotni predvsem v sedimentih. V Sloveniji so jih detektirali v petih rekah.

Izmerjene koncentracije v letu 95 so bile:

Reka	koncentracija	kakovostni razred
Drava	prisotni, ni podatka	prisotni, ni podatka
Savinja	6 ug/l	2. razred
Hubelj	19 ug/l	4. razred
Kolpa	17-53 ug/l	4. razred
Krupa	860-7150 ug/l	4. razred

Literatura

Primarno gradivo: poglavje Pesticides iz ene profesorjevih knjig

Kakovost voda v Sloveniji v letu 1997

<http://www.sigov.si/cgi-bin/wpl/mop/vsebina/tisk98.htm>

Poročilo o Stanju Okolja v Sloveniji

<http://www.sigov.si/cgi-bin/wpl/mop/vsebina/uvn/slo/pso-home.htm>

Poročilo o stanju okolja 1996 (osnutek)

Anita Velkavrh (ed.) et.al., HMZ 1998

Kakovost voda v Sloveniji v letu 1995

Martina Zupan, HMZ, 1997

Cambridge Chemfinder

<http://www.chemfinder.com>

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Kazalo

Pesticidi	2
Klasifikacija pesticidov	3
Načini delovanja	5
Uporaba pesticidov	5
Javno zdravstvo	5
Kmetijstvo	6
Gozdarstvo.....	7
Vplivi pesticidov na netarčne vrste	8
Nekateri dokazani primeri škodljivosti za netarčne vrste.....	8
Zračno pršenje DDT-ja za zatiranje smrekovih vršičkarjev (Spruce budworm) v Kanadi.....	8
Uporaba DDD-ja za nadzorovanje populacije komarjev v Clear Lakeu, Kalifornija	9
Pretirane in/ali zmotne obtožbe rabe pesticidov.....	9
Iztrebljenje pegaste morske postrvi v Laguna Madre, Texas.....	9
DDT zmanjšuje fotosintezo morskega fitoplanktona.....	10
5 ppm DDT-ja v ikrah povzroča 100 % mortaliteto mladic	11
DDT povzroča raka	12
Obstojnost pesticidov v biosferi in kopičenje v prehranjevalnih verigah	13
Vpliv pesticidov na ptiče.....	14
Rezistenca na pesticide	15
Razvoj rezistence	15

Pesticidi in PCB

Seminar pri predmetu Varstvo okolja in naravne dediščine, š.l. 1998/99

Avtorji: Jože Grubelnik, Primož Pirih, Barbara Remic, Dejan Štebih. Mentor: prof.dr. Mihael Jožef Toman

Mehanizmi rezistence	16
Zdravstvene in ekonomske posledice rezistence:	16
Alternative sintetičnim pesticidom	17
Biološka kontrola	17
Kontrola s predatorji in paraziti	18
Patogeni: virusi, bakterije protozoji, glive	18
Alelopatija	19
Genetska kontrola	19
Rezistentne rastline	19
Sterilni samci	19
Alternativne kemične metode	20
Hormoni	20
Feromoni	20
Celostna kontrola škodljivcev (Integrated pest management, IPM)	21
Poliklorirani bifenili (PCB)	22
Pesticidi v Sloveniji	23
Podtalnice	24
Površinske vode	26
Jezera in morje	26
PCB (poliklorirani bifenili) v Sloveniji	27
Podtalnice	27
Površinske vode	27
Literatura	28
Kazalo	29