

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

Lucie Bystřická

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství



Vlivy běžných pesticidů na necílové organizmy
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Vladimír Hula, Ph.D.

Vypracoval:
Lucie Bystřická

Brno 2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Lucie Bystřická**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Agroekologie
Konzultant: Ing. et Bc. Jana Niedobová, Ph.D.
Název tématu: **Vlivy běžných pesticidů na necílové organizmy**
Rozsah práce: 30+10 stran příloh

Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat rešerši na téma vlivu pesticidů na necílové organizmy. Zeměřit se především na tzv. subletální efekt. Toto zpracovat napříč živočišnou říší, ale v závěru se zaměřit především na predátory, potažmo pavouky.
2. Dle pokynů šklitele a konzultanta se podílet na experimentech s pavouky a jednotlivými látkami na ochranu rostlin.
3. Vyvodit důsledky, jaké jiné vlivy, než tradičně udávanou mortalitu, mají prostředky na ochranu rostlin (například subletální efekt herbicidů).

Seznam odborné literatury:

1. Evans SC, Shaw EM, Rypstra AL, 2010: Exposure to a glyphosate-based herbicide affects agrobiont predatory arthropod behaviour and long-term survival. *Ecotoxicology*, 19: 1249-1257.
2. Michálková, V., Pekár, S., 2009: How glyphosate altered the behaviour of agrobiont spiders (Araneae: Lycosidae) and beetles (Coleoptera: Carabidae). *Biol. Control*. 51(3): 444-449.
3. Pekár, S., 2012: Spiders (Araneae) in the pesticide world: an ecotoxicological review. *Pest Manag. Sci.*, 68: 1438-1446.

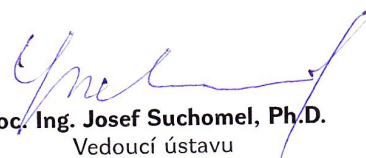
Datum zadání bakalářské práce: říjen 2014

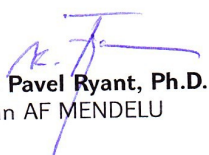
Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2016


Lucie Bystřická
Autorka práce




Ing. Vladimír Hula, Ph.D.
Vedoucí práce


doc. Ing. Josef Suchomel, Ph.D.
Vedoucí ústavu


doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Pliny bišmých pesticidů.....
Nov. medicín. organismy.....

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše

V Brně dne: 24.4.2014.....

.....Božena Lucie.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Ing. Vladimíru Hulovi, Ph.D. za ochotu, trpělivost a cenné rady při zpracování této práce. Rovněž bych chtěla poděkovat svým přátelům a rodině za psychickou podporu.

ABSTRAKT

Cílem mé bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši na téma vlivy běžných pesticidů na necílové organismy. První část práce je zaměřena na pesticidy, jejich základní dělení, toxicitu a účinky. Druhá část práce pak pojednává o necílových organismech obecně a o působení pesticidů na necílové organismy, které jsou rozděleny na necílové organismy ve formě rostlin, živočichů a člověka. V závěru práce se nachází samostatná kapitola o působení pesticidů na pavouky, která pojednává o přímém a nepřímém působení pesticidů na necílové organismy ve formě pavouků.

***Klíčová slova:** pesticidy, rezidua, pavouci, škůdci, letální efekt, subletální efekt*

ABSTRACT

The aim of my bachelor thesis was to develop a literary review on the effects of common pesticides on non-target organisms. The first part is focused on pesticides, their basic division, toxicity and effects. The second part of the thesis deals with non-target organisms in general and about the action of pesticides on non-target organisms, which are divided into non-target organisms in the form of plants, animals and humans. At the end of the thesis there is a separate chapter on the action of pesticides on spiders, which deals with the direct and indirect effects of pesticides on non-target organisms in the form of spiders.

***Key words:** pesticides, residues, spiders, pests, lethal effect, sublethal effect*

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 CÍL.....	11
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	12
3.1 Pesticidy.....	12
3.1.1 Historie pesticidů.....	13
3.1.2 Dělení pesticidů.....	13
3.1.3 Insekticidy.....	13
3.1.4 Fungicidy.....	16
3.1.5 Herbicidy.....	17
3.1.6 Toxicita pesticidů.....	19
3.1.7 Pesticidy v životním prostředí.....	20
3.1.8 Legislativa.....	22
3.2 Necílové organismy.....	24
3.2.1 Působení pesticidů na necílové organismy.....	24
3.2.2 Vliv na rostliny.....	24
3.2.3 Vliv na živočichy.....	25
3.2.4 Vliv na člověka.....	27
3.3 Vliv pesticidů na pavouky.....	28
3.3.1 Nepřímé účinky.....	29
3.3.2 Přímé účinky.....	30
3.3.3 Letální efekt.....	30
3.3.4 Subletální efekt.....	36
4 DISKUZE.....	37
5 ZÁVĚR.....	40
6 POUŽITÁ LITERATURA.....	42
7 SEZNAM TABULEK.....	44
8 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	45

1 ÚVOD

Antropogenní vliv neboli vliv člověka (lidské činnosti) je velmi široký pojem, vliv lidské činnosti dopadá téměř na většinu naší planety. Tato práce se zaměřuje na antropogenní vlivy ve formě pesticidů užívaných v zemědělství a jejich působení na necílové organismy.

Neví se přesně, čím ochrana rostlin začala, ale její zrod je zařazován do období vzniku zemědělství. Z historických pramenů bylo zjištěno používání směsi popelu a soli jako totálního herbicidu již před rokem 1200 př. n. l. Vojáci touto směsí likvidovali na některých dobytých územích úrodu. Využití síry a jejích oxidů a soli jako fungicid popisuje okolo roku 1000 př. n. l. Homér. V jeho dobách se jí vykuřovaly sklady a sýpky. Další známou látkou z historie je arzén používaný kolem roku 900 n. l. V Číně k likvidaci hmyzu. Jako botanický pesticid se v dřívějších dobách používaly drcené suché květy řimbab, za vlády krále Xerxése I. kolem roku 470 př. n. l. byly užívány proti vším a blechám (Pavela 2011).

Krom pesticidních látek se v historii začaly používat i přirození nepřátelé škůdců. Důkaz můžeme najít ve staré čínské literatuře, psané kolem roku 300. Je zde popsán důmyslně propracovaný systém sloužící k biologické ochraně v citrusových sadech. Do sadů byly přiváděny kolonie dravých mravenců, aby likvidovali housenky. Jejich pohyb mezi korunami stromů byl zajištěn bambusovými mosty (Pavela 2011).

Ve 20. století došlo k zintenzivnění zemědělství, byly vyšlechtěny nové kultivary s ohledem na co nejvyšší výnos a spotřební kvalitu. Avšak toto jednosměrné šlechtění plodin způsobilo jejich snížení obranyschopnosti vůči škůdcům. Problém vyššího tlaku škůdců i chorob vedl k používání syntetických pesticidů (Pavela 2011).

Dnes pesticidy stejně tak jako agrotechnika, výživa rostlin a jejich šlechtění rozhodují o výsledcích v polnohospodářství a jsou významným intenzifikačním faktorem, jelikož choroby a škůdci výrazně snižují množství a kvalitu polnohospodářských plodin. Avšak masové používání pesticidů, často bez dostatečných znalostí jejich účinků způsobilo znepokojení kvůli jejich vedlejším účinkům na životní prostředí i člověka (Nikonorow a kol. 1983).

Výskyt reziduí v potravním řetězci a zdravotní problémy s tím spojené, ohrožování necílových organismů a jejich částečné nebo úplné vyhynutí, vývoj rezistentních škůdců vůči pesticidům. To je jen částečný výčet problémů, kterým dnes kvůli nadměrnému používání pesticidů čelíme.

2 CÍL

Tato práce je vypracovaná formou literární rešerše o pesticidech a jejich vlivu na necílové organismy. Literární přehled je zaměřen na poznatky o pesticidech, jejich historii, rozdělení a účinku na škůdce i necílové organismy.

Cílem této práce je shrnutí dosud zjištěných poznatků o negativním působení pesticidních látek na necílové organismy, konkrétně pavouky.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Pesticidy

Pesticidy jsou biologicky aktivní látky používané proti škodlivým činitelům ohrožujícím zemědělské, zahradní či lesní rostliny, organické materiály, zásoby potravin, užitečná zvířata či samotného člověka. Převážná část pesticidů je aplikována v zemědělství jako přípravky na ochranu rostlin (Seifert 1985).

Pesticidy jsou děleny podle použití proti škodlivým činitelům na insekticidy (proti hmyzu), fungicidy (proti houbám), herbicidy (proti plevelům), rodenticidy (proti hlodavcům), moluskocidy (proti měkkýšům), baktericidy (proti bakteriím) a akaricidy (proti roztočům). Nejrozšířenějšími a nejdůležitějšími skupinami pesticidů jsou insekticidy, fungicidy a herbicidy (Seifert 1985).

Dále jsou pesticidy členěny dle působení na ošetřovaný organismus na kontaktní (dotykový) a systémově působící (systémové). Kontaktní pesticid neproniká do tkáně rostlin a zůstává na povrchu ošetřených částí. Hubí škodlivé činitele pouze na místech ošetřených postřikem. Tento druh pesticidů je méně vhodný, jejich účinek závisí na povětrnostních vlivech. Kontaktní účinek měly první zaváděné pesticidy (Seifert 1985).

Lepší aplikační vlastnosti mají systémové pesticidy, které pronikají do rostlinných buněk kutikulou a jsou roznášeny cévním systémem. Rostliny chrání bezpečněji, jelikož nejsou ovlivňovány povětrnostními poměry a chrání rostlinu i na místech neošetřených postřikem, (např.: na přírůstcích). Vzniká zde však nebezpečí fytotoxicity, poškození nebo i zničení ošetřovaných rostlin z důvodu velmi blízkého kontaktu chemikálií s rostlinnými tkáněmi (Seifert 1985).

Pesticidy jsou používány v různých formách, například jako poprašky, postřiky, granuláty, suspenze, roztoky, emulze, aerosoly, plyny, koncentráty, pasty, smáčitelné prášky, nátěry či impregnace. Výběr vhodné formy pesticidu závisí na ekonomických a technických možnostech použití daného přípravku a na vlastnostech škůdce (Nikonorow a kol. 1983).

3.1.1 Historie pesticidů

Zrod zemědělství je odhadován do období mladší doby kamenné. V tomto období se stále více využívalo cílené pěstování rostlin jako hlavní zdroj obživy. Spolu s pěstováním rostlin jdou ale ruku v ruce choroby a škůdci rostlin. Počáteční pokus o ochranu úrody byl ruční sběr a mechanická likvidace škůdců. Později byl tento způsob nedostačující a vznikly tak první pokusy se zálivkami rostlinnými extrakty, odvary, čaji nebo mulčováním (Pavela 2011). Objevují se i první pokusy s chemickými látkami, například sírou či rtuť (Seifert 1985).

Postupem času tak došlo k selekci nejúčinnějších rostlin a chemických látek vhodných pro výrobu pesticidů. Po intenzifikaci zemědělství začala éra „chemizace“ a vznikly tak první syntetické pesticidy. Syntetické pesticidy postupem času vytlačily pesticidy botanické (Pavela 2011).

3.1.2 Dělení pesticidů

Pesticidy jsou děleny podle určení k hubení určitého škůdce (viz další kapitoly), mezi hlavní patří insekticidy, fungicidy a herbicidy. Podle způsobu aplikace, tedy jestli jsou aplikovány ve formě nátěrů, postřiků, pevných nástrah a podobně. Podle původu, jestli jsou přírodní či vzniklé synteticky. Podle jejich působení, tedy kontaktní a systémové, či podle mechanismu působení.

3.1.3 Insekticidy

Jsou to pesticidy určené k hubení hmyzu. Vnikají do organismů trávicí soustavou, dýchacími cestami či přes pokožku (Nikonorow a kol. 1983).

Rostliny si od doby svého vzniku tvořily a zdokonalovaly řadu ochranných mechanismů, přírodní insekticidy jsou tak obsaženy ve značném množství rostlinných druhů. Některé tyto látky působí jako kontaktní insekticidy a jsou cenné v tom, že jejich užívání nevede k tak značnému vzniku rezistentních druhů, jako je tomu u syntetických insekticidů. Přírodní insekticidy jako nikotin, derris či pyrethrum se používají dodnes (Seifert 1985).

Nikotin

Nikotin se již v roce 1690 používal k hubení savého hmyzu na zahradním rostlinstvu. Získával se extrakcí z tabákových rostlin. Přírodní nikotin má mnohem větší účinnost než syntetický. Je však značně toxický pro savce, napodobuje acetylcholin a jeho záměna s acetylcholinem savců způsobuje křeče, stahy svalstva a nakonec smrt. Navíc v chladném počasí se snižuje jeho účinnost. Je tak stále více nahrazován syntetickými insekticidy (Seifert 1985).

Rotenoidy

Rotenoidy (derris) se vyskytují v kořenech bobovitých rostlin *Derris elliptica* a rodu *Lonchocarpus*. Už v roce 1848 se rozemleté kořeny těchto rostlin používaly k ochraně před housenkami. Rotenoidy jsou toxické pro většinu hmyzu a ryby, avšak teplokrevným živočichům téměř neškodí. Byly tedy ve velkém užívány jako prostředky k odhmyzování ovcí a dobytka či proti klíšťatům. Stále častěji jsou však nahrazovány syntetickými insekticidy. Výhodou Rotenoidu je jeho rychlé odbourávání za pomoci světla a vzduchu, nezanechává tak v potravním řetězci rezidua (Seifert 1985).

Pyrethroidy

Pyrethroidy jsou kontaktní insekticidy. Získávají se extrakcí ze sušených květů *Chrysanthemum cinerariaefolium* a používají se už od roku 1850. Na rozdíl od předešlých přírodních insekticidů je pyrethrum i nadále využíváno, a to i přes vzrůstající oblibu syntetických insekticidů. Jeho výhoda spočívá v mimořádně rychlém omráčení létajícího hmyzu. Účinek se projevuje během několika sekund, navíc je velmi málo toxický pro savce a na rozdíl od DDT nezanechává toxická rezidua. Nevýhodou Pyrethroidů je jejich nedostatečná perzistence, často se tak stává, že se hmyz po aplikaci látky zotaví. Pyrethroid se tak musí v praxi míchat s menším množstvím jiného insekticidu, aby byla zaručena likvidace hmyzu (Seifert 1985).



Obr.1 *Chrysanthemum cinerariaefolium* (kopretina starčekolistá)
(www.botanical.com)

Syntetické insekticidy

Syntetické insekticidy se dělí na anorganické, organochlorové a organofosforové látky. První syntetické kontaktní insekticidy byly látky anorganické. Jedním z prvních syntetických insekticidů je pařížská zeleň (směs arsenitanu a octanu měďnatého), ta byla aplikována v roce 1864 proti mandelince bramborové. Dalším takovýmto insekticidem je i hydrogenarseničnan olovnatý. V roce 1892 se používal proti bekyni velkohlavé, dále se využívá i proti obaleči jablečnému. Vzniká u něj však riziko kumulace v prostředí a toxicita olova pro savce. Dnes se tedy používá pouze v omezeném množství a to u ovocných stromů jako dlouhodobá ochrana před hmyzem (Seifert 1985).

Arsenové sloučeniny jsou toxické jen po požití, ale jejich velká jedovatost způsobovala ohrožení životního prostředí. Jejich spotřeba tedy poklesla a používání arsenitanu sodného bylo zakázáno (Seifert 1985).

Nejvýznamnějším zástupcem organochlorových insekticidů je dichlordifenyltrichlorethan neboli DDT. Tuto sloučeninu vytvořil roku 1874 Othmarem Zeidler, její insekticidní účinky však objevil až Paul Hermann Müller a to roku 1939. DDT bylo jako insekticid zaveden až v roce 1942. Za druhé světové války se vyrábělo ve velkém množství a stalo se světově nejrozšířenějším insekticidem (v padesátých letech byla

roční produkce DDT více jak 100 000 tun). Jako obrovská výhoda se brala jeho stabilita a perzistence, levnost výroby a nízká toxicita pro savce (Seifert 1985).

Později se však zjistilo, že DDT je vysoce byoakumulativní sloučenina a jeho koncentrace silně narůstá u vrcholových predátorů, tudíž i u člověka. DDT je schopné se hromadit prakticky ve všech tělních tkáních. Metabolity DDT jsou velice stálé, mají nízkou rozpustnost ve vodě a velmi dobře se akumulují v tukových tkáních. DDT je bráno jako pravděpodobný lidský karcinogen, dočasně poškozuje nervový systém, poškozuje játra a může způsobit jejich rakovinu. Zasahuje i do reprodukce, poškozuje reprodukční systém a způsobuje poruchy plodnosti (Repeš a Válek 2014).



Obr.2 Aplikace DDT za 2. světové války

(www.panna.org)

V Československu bylo DDT zakázáno už roku 1974. Dnes je zákaz používání DDT podložen Stockholmskou úmluvou o persistentních organických polutantech, kterou Česká republika podepsala už v roce 2002. I když je DDT v Evropě a USA zakázáno, je velmi účinné na likvidaci komárů rodu *Anopheles*, kteří šíří malárii.

V rozvojových zemích se tedy stále v omezeném množství na tyto přenašeče využívá (Repeš a Válek 2014).

3.1.4 Fungicidy

Je to pesticid určený k hubení hub a plísní. Většina starších komerčních přípravků spadá do skupiny kontaktních fungicidů. Jsou obvykle aplikovány ve formě postřiků či poprašků na listy rostlin. Teno způsob, jak již bylo zmíněno, není ideální, látka neproniká rostlinnou kutikulou a není tudíž rozváděna po rostlině. Avšak novější

fungicidy, nebo-li chemoterapeutika, jsou rozváděny cévním systémem po rostlině. Rostlina je absorbuje kořeny, listy či semeny (Seifert 1985).

Většina hub do rostlin proniká kutikulou a rozvětvenými vlákny postupuje do dalších tkání. Ochranný fungicid musí být tedy aplikován na rostlinu dříve, než se spóry patogenních hub na rostlině uchytí (Seifert 1985).

První fungicidy byly anorganické látky, mezi které patřila například síra, měď nebo sloučeniny rtuti. Vlastnosti síry jsou známy více jak 170 let. Již v té době se síra používala jako postřik proti padlí na ovocných stromech. V 19. století se používala i na vinnou révu. Síra se i dnes používá ve formě poprašků či postřiků proti různým druhům padlí a strupovitosti. Na rozdíl od mědi a rtuti je síra prakticky netoxická pro savce (Seifert 1985).

Síran měďnatý byl od 18. století používán ve formě mořidel jako ochrana před sněží u obilí. Později však byl nahrazen organotinatými sloučeninami (Seifert 1985).

Houby a bakterie mají krátký životní cyklus a velmi rychle se množí. Snáze se tedy přizpůsobují svému prostředí. Vznikají tak rezistentní druhy hub. Hub rezistentních k povrchovým fungicidům je známo jen málo, avšak zavedení komerčních systémových fungicidů způsobilo rychlý vývoj rezistentních druhů hub (Seifert 1985).

Rezistence hub k systémovým fungicidům může vznikat kvůli jejich vysokému selektivnímu tlaku, díky kterému po aplikaci fungicidu přežijí pouze přirozeně odolné kmeny hub. Je tak umožněno, aby z jednogenné mutace houby vznikl rezistentní kmen hub. Naproti tomu povrchové fungicidy přežijí odolné i méně odolné kmeny hub (Seifert 1985).

3.1.5 Herbicidy

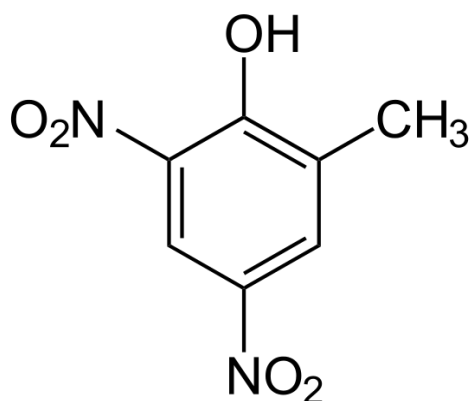
Jsou to pesticidy používané k likvidaci nežádoucích rostlin. Rostlina je absorbuje kořeny či listy (Seifert 1985).

Dělí se podle doby, kdy se herbicid aplikuje na zemědělskou půdu, na předseťové, preemergentní a postemergentní. Předseťové herbicidy se aplikují na zemědělskou půdu v době, kdy není na pozemku vyseta či vysázena zemědělská plodina. Preemergentní herbicid se aplikuje v době, kdy je již na pozemku zaseto, ale plodiny ještě neklíčí. Postemergentní herbicid je aplikován po vzejití semen, nebo po vysazení zemědělské plodiny (Zbirovský 1960).

Herbicidy se používají již více jak sto let, nejsou tedy žádnou novinkou. Dříve byly k odstranění rostlin používány látky jako kamenná sůl, arsenová ruda, kyselina sírová či měďnaté soli. Tyto látky se však používaly ve velkých dávkách, odstraňovaly veškeré rostlinstvo a plocha jimi ošetřená byla pro rostliny několik měsíců nebo i let toxická. Byly tedy nevhodné pro použití v zemědělství. Úspěch nastal na začátku 20. století, kdy se začaly aplikovat rozpustné měďnaté soli, síran železnatý a kyselina sírová na potlačení růstu širokolistých plevelů v obilovinách. Tyto látky jsou jedovaté pro všechny rostliny, avšak na hrubším a větším listu širokolistých plevelů ulpí větší množství postřiku. Jsou jím tedy více zasaženy než úzké a hladké listy obilovin. Měďnaté soli se dnes už nevyužívají, avšak kyselina sírová se stále aplikuje v omezeném množství na destrukci bramborové natě (Seifert 1985).

První významný selektivní herbicid zavedený ve Francii v roce 1933 byl 2,4-dinitro-*o*-kresol neboli DNOK. DNOK je kontaktní herbicid, který se aplikoval na porost obilovin ve formě postřiku. Hubí jednoleté plevely, bez významného poškození obilovin. Vážným nedostatkem DNOKu byla jeho vysoká toxicita pro savce. Manipulace s ním byla možná pouze v úplném ochranném oděvu. DNOK a jeho příbuzná sloučenina dinoseb byly aplikovány ve značných koncentracích (až 11 kg ha⁻¹), byly tak příčinou značných škod na divoké zvěři a dokonce i smrtelných otrav několika lidí. Jejich vysoká toxicita je však při kontaktu s rostlinami či půdou rychle odbourávána na netoxické látky a nedochází tedy k jejich hromadění v potravinovém řetězci. DNOK se dnes jako herbicid už téměř nevyužívá, avšak dinoseb se stále aplikuje jako selektivní herbicid na hrách či bavlnu (Seifert 1985).

Rezistence plevelů vůči herbicidům je vzácná, avšak možná v souvislosti s hromadným používáním těchto látek. Rezistentních druhů plevelů se vyskytuje jen málo a to především v řadách jednoletých rostlin s krátkou vegetační dobou, které se dostaly častěji do styku s herbicidem. I když se plevel nestane zcela rezistentním, může dojít k poklesu účinnosti přípravku na plevel (Seifert 1985).



Obr.3 Vzorec DNOKu

(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>)

3.1.6 Toxicita pesticidů

Škodlivý účinek pesticidů se vyjadřuje toxicitou, která poukazuje na překročení adaptačních schopností, což jsou procesy, které nepřekračují fyziologické hranice, a tudíž nenarušují zdraví organismu a jeho potomstva, a hranici tolerance organismu. Toxicita pesticidů způsobuje akutní, subakutní nebo chronickou otravu (Nikonorow a kol. 1983).

U akutní toxicity je smrtelná dávka LD₅₀, projevuje se nemocemi oběhové soustavy, dýchací soustavy a dalších. Subchronická a chronická toxicita způsobuje například vliv na plodnost, vrozené vady, mutagenní účinky či rakovinotvornost (Nikonorow a kol. 1983).

Charakter a intenzitu toxického účinku ovlivňují různé činitele, například chemické složení, podmínky a čas expozice, vzájemné působení jiných sloučenin a druh těchto sloučenin, výživa, kondice, pohlaví a věk zkoumaných pokusných subjektů (Nikonorow a kol. 1983).

Tab.1 Toxicita vybraných pesticidů pro samce a samice různých druhů zvířat
(Nikonorow a kol. 1983).

Pesticid	Zvíře	Spůsob aplikace	LD50mg.kg-1m.c.		Toxicita metabolitů při porovnání se základní substancí
			samci	samice	
Paratión	Potkan	do žil	7	4	Větší
	Potkan	per os	15	6	
	myš	vdechování	10	9 – 10	
	kočka	vdechování	3 – 5	3 – 5	
	pes	vdechování	12 – 20	12 – 20	Menší
Paraokson	Potkan	vdechování	1,2	1,2	
	Potkan	per os	3,5	3,5	
Warfarín	Potkan	per os	323	58	

Toxikologické výzkumy pesticidů a cizorodých látek se provádí kvůli předcházení škodlivým změnám pro zdraví člověka. Tyto výzkumy umožňují poznání fyzikálních, chemických a biologických vlastností těchto látek a i hranici adaptací organismů (Nikonorow a kol. 1983).

Jsou prováděny na všech nově vytvořených sloučeninách před jejich zavedením do praxe. V první etapě se určí jejich složení, čistota a struktura. Dále se zjišťují fyzikální a chemické vlastnosti jako je bod varu sloučeniny, její molekulová hmotnost, perzistence a reakce v prostředí či rozpustnost ve vodě a tucích. Jako další etapa jsou pokusy na zvířatech, kdy se zjišťuje akutní, subchronická a chronická toxicita, mutagenní, rakovinotvorné a teratogenní účinky, vliv na plodnost či nervovou soustavu.

Cílem toxikologických výzkumů je získat správnou interpretaci a extrapolaci pesticidů a cizorodých látek (Nikonorow a kol. 1983).

3.1.7 Pesticidy v životním prostředí

Na konci druhé světové války došlo k enormnímu zvýšení užívání chemických herbicidů. Tuto situaci si vynutila nákladnost agrotechnických prací a tehdejší nedostatek pracovní síly. Avšak v té době využívané herbicidy na bázi arsenu byly velmi nebezpečné pro všechny formy života a nakonec byly od roku 1961 oficiálně zakázány. Avšak dlouhodobé užívání arsenových sloučenin způsobilo nahromadění jejich reziduí v půdě (Nikonorow a kol. 1983).

Ovzduší

V ovzduší se znečištění projevuje ve formě prachu, plynů a mlhy. Zdrojem tohoto znečištění mohou být podniky, které pesticidy vyrábí, přeprava pesticidů nebo jejich uskladnění či aplikace (Nikonorow a kol. 1983).

Rozptyl pesticidů za pomoci atmosféry na dlouhé vzdálenosti je těžko vysvětlitelný. Část pesticidů se dostává až do vrchních vrstev atmosféry. Při používání herbicidů se dokázalo, že rozsah jejich šíření v ovzduší je delší jak 200 až 400 metrů, tak je tedy tento rozsah brán jako pásmo ohrožení (Nikonorow a kol. 1983).

Rozklad pesticidů v ovzduší probíhá různými fyzikálně-chemickými procesy. Nejvýznamnější úlohu v rozkladu pesticidů mají fotochemické reakce, které probíhají pod vlivem slunečního záření. To dodává atomům aktivační energii. Pesticidy i produkty jejich transformace po určitém čase klesají na povrch země (Nikonorow a kol. 1983).

Půda

Znečištění půdy pesticidy pochází z více zdrojů, nejvýznamnější je samozřejmě používání pesticidních látek v zemědělské výrobě. Dalšími zdroji mohou být podniky vyrábějící chemické prostředky na ochranu rostlin, jejich sklady či distribuce pesticidů (Nikonorow a kol. 1983).

Perzistenci pesticidů je možné rozdělit do pěti kategorií – první je vysoce perzistentní kategorie pesticidů, mezi ně patří pesticidy s obsahem kovů, chlórované uhlovodíky jako například DDT. Je možné je v půdě nalézt i po 18 měsících. Následuje perzistentní kategorie pesticidů, sem patří močovinové či triazínové pesticidy. V půdě se nachází do 18 měsíců. Třetí je středně perzistentní kategorie, zde se nachází amidy a deriváty kyseliny benzoové. Ty je možné zjistit do 12 měsíců. Čtvrtá je méně perzistentní, pesticidy z této kategorie jsou například fenoxycetová kyselina či nitrily. Zjistitelné jsou do 6 měsíců. Poslední kategorie je neperzistentní, pesticidy v této kategorii je možné zjistit do pouhých 3 měsíců a jsou to organické sloučeniny fosforu nebo karbamáty. Toto rozdělení však není úplně přesné, jelikož některé pesticidní látky vykazují jinou perzistenci než tu, kterou by měly mít podle příslušnosti k uvedené skupině (Nikonorow a kol. 1983).

Pesticidy v půdě podléhají různým chemickým, fyzikálním či biologickým procesům a dalším jevům, které způsobují jejich odbourávání. Přítomnost jílových

částic a organických látek v půdě zpomaluje odbourávání pesticidů a zvyšují tak jejich perzistenci. Je to z důvodu adsorpce pesticidů na jílových částicích a humusových sloučeninách, stávají se tak méně vhodným objektem k činnosti mikroorganismů a hůře se vymývají či vypařují (Nikonorow a kol. 1983).

Voda

Znečištění vody a vodních toků pesticidy může vznikat průsakem pesticidů z půdy, spadem z ovzduší, z průmyslových odpadních vod, z průmyslových odpadů obsahujících pesticidy z míst, kde jsou pesticidy uloženy, či samotnou účelovou aplikací pesticidů do vody (Nikonorow a kol. 1983).

Procesy odbourávání pesticidů z vodního prostředí jsou chemické, fyzikální a biologické. Pesticidy, které jsou velmi těžko nebo těžko rozpustné ve vodě, podléhají především sorpci, například adsorpce velmi jemných částic pesticidu ve fytoplanktonu, zooplanktonu a suspenzích. A následně sedimentaci, kdy tyto organismy odumřou a klesnou ke dnu, kde sedimentují (Nikonorow a kol. 1983).

Dobře rozpustné pesticidy podléhají v povrchové vrstvě biologicky aktivních vod chemickým a biologickým procesům. Jsou-li disociované, reagují s přirozeně se vyskytujícím hořčíkem, vápníkem a kovy, což může způsobit detoxikaci a odbourání pesticidů ve vodě (Nikonorow a kol. 1983).

Z toxikologických výzkumů vyplývá, že v tvrdých vodách (vody s vysokým obsahem sloučenin vápníku a hořčíku) jsou dávky pesticidů vyšší než množství těchto látek v měkkých vodách (Nikonorow a kol. 1983).

3.1.8 Legislativa

Ve světě je registrováno několik set látek používaných nebo využitelných jako pesticidy. V České republice se však mohou používat jen látky schválené Státní rostlinolékařskou správou.

Státní rostlinolékařská správa vytvořila povinné a doporučující věty s ohledem na rizika pro necílové organismy, které se uvádějí u přípravků na ochranu rostlin. Povinné věty jsou závazné a při aplikaci přípravků je nutné je dodržet (Klašková 2012).

Vodní organismy – k ochraně vodních organismů se používá ochranná vzdálenost, což je vzdálenost mezi břehovou čarou vodního toku a místem aplikace dané látky, vzhledem k povrchovým vodám (Klašková 2012).

U hrozící kontaminace splachem na svažitých pozemcích je použití pesticidu na ploše nad 3° svažitosti vyloučeno, nebo je povoleno jen při dodržení ochranné vzdálenosti, která je předem předepsána.

U možné kontaminace úletem je třeba úlet snížit dodržením ochranné vzdálenosti. Tato ochranná vzdálenost platí pro svažitě i nesvažitě pozemky stejně, není-li přípravku přidělena věta, která vzdálenost mění.

U mořidel a granulí je třeba dodržet neoseté či neošetřené ochranné pásmo v předem určené vzdálenosti od povrchových vod (Klašková 2012).

Ptáci a savci – k ochraně savců a ptáků je třeba daný přípravek zapravit do půdy, nebo přípravek zcela zapravit do půdy na koncích výsevních či výsadbových řádků. Z důvodu ochrany je dále nutné odstranit rozsypaný nebo rozlitý přípravek, nebo daný přípravek neaplikovat v době, kdy ptáci hnízdí (Klašková 2012).

U mořidel je nutné osivo či sadbu úplně zapravit do země, nebo aby bylo osivo či sadba zcela zapraveno do půdy, na konci výsevních či výsadbových řádků. Dále je třeba odstranit rozsypané ošetřené osivo (Klašková 2012).

Včely – z důvodu ochrany včelstev a dalších hmyzích opylovačů je zakázáno daný přípravek aplikovat na kvetoucí plodiny, plevele či na jiná místa, kde jsou včely aktivní kvůli vyhledávání potravy. Úly musí být buď přemístěny, nebo zakryty během i po aplikaci přípravku (Klašková 2012).

Necíloví členovci a necílové rostliny – u členovců a rostlin jsou pouze většinou doporučující. Při ošetřování plodin danými přípravky je třeba dodržet ochranné pásmo od okraje ošetřovaného pozemku (Klašková 2012).

Některé vyhlášky

Seznam nebezpečných látek, jejichž uvádění na trh, do oběhu nebo používání je zakázáno nebo omezeno, upravuje vyhláška 221/2004 Sb. a její novely 540/2006 Sb. a 135/2007 Sb.

Stanovení maximálních přípustných limitů reziduí pesticidů v potravinách a potravinových surovinách upravuje vyhláška č.381/2007 Sb. a následující předpisy 272/2008 Sb. a 387/2008 Sb.

Některé zákony

Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích č. 356/2003 Sb. v pozdějším znění 345/2005 Sb., 371/2008 Sb. upravuje práva a povinnosti při klasifikaci a zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, do oběhu, při dovozu a vývozu, při oznamování či registraci.

Zákon o rostlinolékařské péči 326/2004 Sb. s prováděcí vyhláškou 329/2004 Sb. upravuje práva a povinnosti při registraci přípravků na ochranu rostlin, jejich uvádění na trh, používání, kontroly, omezování nepříznivých vlivů při používání těchto přípravků na zdraví zvířat, životního prostředí a člověka.

3.2 Necílové organismy

Organismus působící škody v agrokultuře, na který je používán pesticid, aby byl zlikvidován, je takzvaný cílový organismus. Všechny ostatní organismy pesticidem zasaženy či nějakým způsobem ovlivněny naším konáním jsou organismy necílové.

3.2.1 Působení pesticidů na necílové organismy

Tato problematika je i nepřímé riziko pro člověka, jelikož i člověk je ovlivňován rezidui pesticidů, například v potravinách.

Pesticidy se do těl organismů dostávají za pomoci trávicí soustavy, dýchacích cest nebo povrchu těla, a to nezávisle na formě, způsobu či rozsahu jejich používání (Nikonorow a kol. 1983).

3.2.2 Vliv na rostliny

S pozitivními přínosy chemických látek na ochranu rostlin jsou spojeny i negativní důsledky působení pesticidů. Negativní působení je především likvidace užitečných živočichů, kterými jsou například opylovači. Až 90% opylovacího hmyzu tvoří včely (Nikonorow a kol. 1983).

Pesticidy, zejména pak syntetické, pronikají do celé rostliny, tedy všech jejích částí, a to bez ohledu na způsob jejich použití. Vlastnosti sloučeniny, její forma, počet ošetření, dávka, druh ošetřované rostliny, atmosférické podmínky, druh půdy a délka doby od ošetření do sběru podmiňují množství reziduí v rostlině. Jejich snížení po ošetření rostliny je způsobeno splachováním deštěm nebo odváti větrem. Dále snížení může být způsobeno chemickými změnami, biochemickými změnami jako je působení rostlinných enzymů, či výparem. Snížení množství tuhých pesticidů je způsobeno převážně růstem rostliny, kdy úbytek může být buď zdánlivý (pesticid se v těle rostliny takzvaně rozředí i do přírůstků rostliny), nebo skutečný (vyplývá z výparu, nebo neproduktivních částí rostlin, ty nejsou vhodné na spotřebu) (Nikonorow a kol. 1983).

Významnou úlohu má i způsob ošetření. Mohou být použity různé mechanizační prostředky, jako například letadlo, avšak při použití letadel se více jak 60% přípravku roznese na mnoha kilometrové vzdálenosti od ošetřované plochy (Nikonorow a kol. 1983).

Zrovna tak je důležitá i anatomie a morfologie ošetřované rostliny. Má-li rostlina povrch voskovaný, má pesticid ztížený průnik do rostliny, obzvláště pokud se jedná o pesticid rozpustný ve vodě. Pokud je rostlina pokryta chlupy, hromadí se na ní velké množství kapalných i tuhých pesticidů. Rostliny s velkým povrchem těla, jako je třeba salát nebo špenát, v sobě zadržují větší množství pesticidu, než rostliny s menším povrchem. Více reziduí se objevuje v listech než v plodech, pokud se v plodech nachází, ukládají se v jeho horních vrstvách (Nikonorow a kol. 1983).

3.2.3 Vliv na živočichy

Vliv pesticidů na živočichy nezávisí jen na fyzikálně-chemických a toxikologických vlastnostech těchto látek, ale i odolností živočichů vůči metabolizaci, vylučování nebo hromadění těchto sloučenin v organismu (Nikonorow a kol. 1983).

Biotransformace neboli přeměny, kterým mohou v organismu pesticidy podléhat, zahrnuje mnoho chemických reakcí. Avšak pesticidy jejichž metabolismus zcela známe, není mnoho. Chemické reakce přeměn pesticidů v živočiších probíhá tak, že látky metabolizují, ostatně jako většina chemických látek, ve dvou etapách. První etapou je oxidační a redukční reakce a hydrolýza. Druhá etapa je syntéza nebo slučovací reakce.

Znalost metabolismu pesticidů v organismech umožňuje, krom dalších výhod, určit dobu karantény u hospodářských zvířat. Karanténa je doba od aplikace, určovaná dny či hodinami, do doby, kdy je možné zvíře nebo jeho produkty konzumovat. Tato doba je rozdílná a závisí na stupni nahromadění pesticidů či jejich metabolitů v organismu a době potřebné k jejich přeměně a odstranění (Nikonorow a kol. 1983).

Více ohrožena jsou menší teplokrevná zvířata, která vzhledem ke své váze spotřebují více potravy než zvířata velká. Přijímají tak více pesticidů a jiných látek. Důležitý je však i rozdíl citlivosti na působení pesticidů u různých druhů zvířat. Důkaz zvýšené druhové citlivosti byl jasně patrný roku 1954 v Long Islandu v USA, kde používání diazinónu na ničení hmyzu přivodilo smrt více jak 15 tisícům kachen. V té době se však diazinón používal i k ničení hmyzu v kuřinech a na slepicích nebylo pozorováno žádné negativní působení. Naopak snížená druhová citlivost je patrná například u hlodavců vůči rodenticidům. Zkrátka předvídání účinků pesticidů na různé druhy zvířat je bez výzkumu prakticky nemožné (Nikonorow a kol. 1983).

Další skupinou živočichů, která je více ohrožena v důsledku používání perzistentních pesticidů, jsou karnivoři. Perzistentní pesticidy se postupně ukládají v tkáních živočišných druhů, které jsou součástí potravního řetězce. Vrcholový predátor má tedy v těle mnohonásobně vyšší dávku reziduí pesticidů. Jako příklad můžeme uvést vysoký úhyn potápek v roce 1949 až 1957 v Kalifornii na jezeře Clear Lake. K likvidaci larev komára *Chaoforus astictopus* bylo do jezera opakovaně zavedeno DDD. Několik měsíců po zavedení přípravku byly pozorovány časté úhyny ptáků. Z tukových testů uhynulých potápek bylo zjištěno vysoké množství DDD. Po důkladné analýze byl zjištěn způsob, jak se DDD hromadilo v jednotlivých stupních potravního řetězce, a to: plankton (obsahoval průměrně 5,3 mg.kg⁻¹), svalové tkáně malých ryb (obsahovala 5 – 8 mg.kg⁻¹) a dravé ryby (obsahovaly 1 – 196 mg.kg⁻¹). Starší dravé ryby obsahovaly 2x až 5x více sloučenin než ryby mladé. DDD v tuku ryb byl mnohem vyšší než ve svalových tkáních, a tak koncentrace DDD v tuku potápek dosahoval až 1600 mg.kg⁻¹ (Nikonorow a kol. 1983).

Velké nahromadění chlórovaných uhlovodíků způsobilo skoro úplný a nebo úplný zánik schopnosti reprodukce mnohých druhů dravých ptáků na některých územích. V období mezi lety 1940 – 1950 klesla kvůli chlórovaným uhlovodíkům početnost

populací asi 22 druhů dravých ptáků. Důvodem bylo předčasné praskání skořápek ptačích vajec, tato vejce poté ptáci z hnízd vyhazovali (Nikonorow a kol. 1983).

Tab. 2 Aktuálnost chemických reakcí při detoxikaci pesticidů
(Nikonorow a kol. 1983).

Sloučenina	Výskyt v živočišných organizmech
Kyselina glukuronová	všeobecně (s malými výjimkami)
Glukóza	hmyz, korýši
N-Acetylglukozamin	králíci
Ribóza	potkání, myši
Glycin	všeobecně (s malými výjimkami)
Glutation	všeobecně (s malými výjimkami)
Glutamin	člověk, primáti
	plazy
Omitin	ptáci, plazy
Arginin	pavouci
Agmatin	pavouci
Serín	potání, králíci
Glycylglycin	kočky
Glycyltaurin	kočky
Metylový radikál	všeobecně (s malými výjimkami)
Acyl kyseliny mravenčí	potkání, psy
Acyl kyseliny octové	všeobecně (s malými výjimkami)
Kyselina sírová	všeobecně (s malými výjimkami)
Kyselina fosforečná	psy, hmyz
Síra (přeměna CH na CHS-)	všeobecně (s malými výjimkami)

3.2.4 Vliv na člověka

Člověk je denně vystaven pesticidům, jejich metabolitům či reziduíům. Pesticidy pronikají do organismu člověka za pomoci dýchacích cest, trávicí soustavy či pokožkou.

U člověka profesionálně vystaveného účinkům pesticidů je průnik do organismu trávicí soustavou nejméně aktuální, většina pesticidů se do organismu dostává přes kůži a dýchacími cestami (Nikonorow a kol. 1983).

Kumulace chlórovaných uhlovodíků závisí převážně na termínu aplikace a dávce. Proces kumulace závisí například na cestě průniku pesticidu do těla, věku a pohlaví, způsobu výživy a kondici organismu, vzájemnému působení jiných sloučenin, léků a hormonů (Nikonorow a kol. 1983).

Činitelé ovlivňující metabolismus a mechanismy detoxikace organismu od pesticidů jsou podmíněny genetickými a fyziologickými činiteli, činiteli prostředí či reakcí daného organismu na danou sloučeninu (Nikonorow a kol. 1983).

Pracovníci přicházející do styku s pesticidními látkami (výrobou pesticidů, jejich dopravou, uskladňováním či distribucí, nebo kontaktem s nimi při ošetřování rostlin) popsali velké množství problémů. Nejčastěji jsou to problémy spojené s trávicí soustavou, jako je ztráta pocitu hladu, poruchy chuti, nevolnost. Další popsané problémy jsou s nervovou soustavou, kdy pracovníci trpí bolestmi hlavy, závratěmi nebo ztrátou rovnováhy. Byly popisovány i poruchy zraku, nemoci kůže či krvácení z nosu. Tyto problémy odezněly po 3 – 7 dnech od vystavení pesticidům (Nikonorow a kol. 1983).

Tab. 3 Obsah insekticidních chlórovaných uhlovodíků v tukovém tkanivu lidí v různých krajinách (Nikonorow a kol. 1983).

Krajiny	Roky	Průměrný obsah pesticidu v mg. kg ⁻¹						
		lindan	HCH	DDT	p,p'-DDE	Σ DDT	dieldrin	epoxyheptachlór
Rakousko	1965 – 1966	0,25	0,68	-	-	9,3	0,67	0,02
Anglie	1969 – 1971	-	0,29	0,52	1,8	2,5	0,16	0,03
Francie	1970	0,04 – 0,05	0,05 – 0,07	0,65 – 0,75	1,87 – 1,97	3,02 – 3,37	0,36 – 0,43	0,28 – 0,36
Holandsko	1967 – 1968	0,10	-	0,29	1,26	1,75	0,17	0,0085
Indie	1964	-	0,86	4,7	6,4	13,7	0,06	-
Japonsko	1971	0,025	2,42	-	-	4,22	0,163	-
Kanada	1967 – 1968	-	1,07	1,56	4,16	-	0,12	0,14
Německo	1967	0,03	0,56	1,16	2,4	4,1	0,18	0,05
Jižní Afrika	1969	0,75	2,41	0,9	4,57	6,38	0,039	0,01
Polsko	1969 – 1970	-	-	5,3	10,6	16,0	-	-
USA	1968	-	-	1,54	4,58	-	0,14	-

3.3 Vliv pesticidů na pavouky

Pavouci jsou jedna z nejhojnějších a druhově bohatých skupin přirozených nepřátel vyskytujících se ve všech agroekosystémech. Několik stovek druhů bylo hlášeno v agroekosystémech po celém světě (Pekár 2012). Na území České republiky je známo necelých 900 druhů (Laštůvka a kol. 2014).

Pavouci patří do kmene členovci (Arthropoda), podkmene klepítkatci (Chelicerata) třídy pavoukovci (arachnida) a řádu pavouci (Araneida). Mají zesílenou kutikulu tvořící jejich sklerotizovanou vnější kostru (exoskelet), která je vícekrát během jejich života svlékána. Články těla se rozmanitě sdružují ve vyšší funkční celky, jimiž jsou hlavohruď (cephalothorax) a nečlánkovaný zadeček (abdomen) (Laštůvka a kol. 2014).

Většina pavouků jsou euryfágní predátoři, tedy nejsou specializovaní na jeden druh kořisti. Útočí na různé členovce, včetně škůdců. Přestože jsou pavouci uznáváni jako

důležití a účinní přirození nepřátelé škůdců, nejsou schopni s nimi držet krok, a to kvůli jejich nízké míře růstu populace (způsobené hlavně pomalým vývojem) a omezenému rozptýlení. I tak ale snižují jejich stavy, důležití jsou především na začátku sezóny, kdy ještě nejsou přítomni specializovaní dravci (Pekár 2012).

Role pavouků v boji proti škůdcům však může být narušena, pokud jsou do agrosystému aplikovány chemikálie s nepříznivým účinkem. Značné množství různých tříd syntetických insekticidů byly používány k regulaci škůdců. Tyto látky však měly měnící se vedlejší účinky na necílové členovce. Většina syntetických insekticidů a akaricidů jsou neurotoxické, například organofosfáty, karbamáty, neonikotinoidy a spinosady, které působí na centrální nervový systém (Pekár 2012).

Ekotoxikologie pavouků získala jen velmi malou pozornost, přesněji pouze 3% z toxikologických dokumentů o přirozených nepřítelích škůdců byly věnovány pavoukům. Jedny z prvních studií zkoumaly vliv v této oblasti a především se zaměřily na změny na úrovni společenství. Laboratorní studie, které přišly později, zkoumaly zvláště pak přímé letální účinky (Pekár 2012).

Standardizované testování různých pesticidů na řadě přirozených nepřítelů vykonávané skupinou IOBC- WPRS (International Organisation for Biological Control) zřídka zahrnují pavouky a pokud ano, pak pouze jeden druh (Pekár 2012).

3.3.1 Nepřímé účinky

Pesticidy mají různé nepřímé účinky na pavouky, i když důkazy ve formě studií jsou poměrně vzácné. Jedny z prvních pesticidů, u kterých byly pozorovány účinky na pavoucích jsou insekticidy. Ty svým působením snižují celkovou hojnost hmyzu a tím omezují dostupnost kořisti pro pavouky. Tato skutečnost může přímo ovlivnit velikost těla pavouků, nebo jejich plodnost či emigraci. Wisniewska a Prokopy (1997) našli pavouky s většími tělesnými rozměry, kteří žijí na stromech neošetřovaných pesticidy ve srovnání s pavouky žijícími na ošetřovaných stromech pod IPM (integrovaná ochrana proti škůdcům) (Pekár 2012).

Avšak ještě nižší hojnost pavouků, v porovnání s IPM, byla pozorována i v ovocných sadech s konvenčním řízením ochrany, a to opět kvůli snížení dostupnosti kořisti (Pekár 2012).

Ačkoli herbicidy a fungicidy mají obvykle zanedbatelné přímé letální účinky na pavouky, ty nepřímé mohou být silné. Herbicidy mění strukturu vegetace a tím snižují počet pavoučích sítí či redukují prostory pro možné úkryty proti nepřítelům a přehřátí. Snižují také množství potravy pro herbivory, což tedy limituje rozmanitost a hojnost kořisti (Pekár 2012).

Studií vlivu glyfosfátu se zabývali Bell a kol. (2002). Studovali vliv glyfosátu aplikovaný v různých dávkách na pavouky. Zjistili, že změny ve společenství pavouků nesouvisely se zvyšováním aplikační dávky herbicidu. Tento fakt tedy ukazuje, že přímé letální účinky glyfosfátu jsou zanedbatelné. Haughton a kol. (2001) zjistili, že se po aplikaci glyfosfátu množství Linyphidae, tedy plachetnatkovitých (Blackwall, 1852), snížila až o 50% v důsledku změny v hustotě vegetace. Zato množství slíd'ákovitých druhů pavouků nebylo ovlivněno (Pekár 2012).

Fungicidy snižují hojnost hub. Ačkoli pavouci nikdy nebyli popsáni jako konzumenti hub, jejich kořist, jako jsou chvostoskoci (Collembola) a některé druhy brouků (Coleoptera), jsou mykofágní (konzumují houby). Používání fungicidů a snižování množství hub tak může změnit dostupnost kořisti. Přímé důkazy působení fungicidů na pavouky dosud nebyly zaznamenány. Nicméně, pyrazophos aplikovaný na poli snížil počet pavouků, ačkoli laboratorní testy ukázaly, že tento fungicid je pro ně neškodný. Snižování tak může být následkem změny dostupnosti kořisti (Pekár 2012).

3.3.2 Přímé účinky

Přímé účinky pesticidů mohou mít na pavouky smrtící účinek, nebo-li letální efekt, nebo je můžou ovlivnit, ale přímo je neusmrtí. Takovému jevu říkáme subletální efekt (viz další kapitoly).

3.3.3 Letální efekt

Příznaky intoxikace pozorovatelné před uhynutím byly na pavoučích studovány pouze u některých tříd pesticidů, a to zejména u neurotoxických látek. Zjistilo se například, že pyrethroidy typu I způsobují ataxii, křeče, intenzivní hyperaktivitu, vyčerpání a nakonec paralýzu. Pyrethroidy typu II narušují vodní rovnováhu tím, že ovlivňují neurosekreci, což bylo zjištěno jako důležitá příčina smrti u plachetnatkovitých (linyfidní), konkrétně u pavučenky rolní (*Oedothorax apicatus*)

(Blackwall, 1850). Pasivní ztráta vody v důsledku nehybnosti s ohledem na lokalizaci vodních zdrojů v kombinaci s vylučováním vody vyvolaným pesticidy se u pavučenek časem zvyšuje. Přesto lze předejít ztrátě vody tím, že se ukryjí na chladném a vlhkém místě (Pekár 2012).

Byly porovnány účinky pesticidů na základě zveřejněných údajů. Celkem bylo porováno 126 pesticidů testovaných na 40 různých druzích pavouků. Analýza odhalila značnou variabilitu výsledků, kdy akaricidy a insekticidy způsobily významně vyšší mortalitu než herbicidy a fungicidy. Následující analýza odhalila účinky chemických látek, kdy nejvyšší mortalitu způsobily cyklodieny, organofosfáty, pyrethroidy a karbamáty. Podobné výsledky byly pozorovány už dříve u jiných přírodních nepřátel.

Velká variabilita úmrtnosti je způsobena mnoha různými faktory, jako je například cesta absorpce látky do těla, koncentrace a velikost dávky pesticidu, biologická dostupnost, doba expozice, druh testovaných pavouků, abiotické podmínky a podobně (Pekár 2012).

Byly zkoumány různé cesty absorpce pesticidů či jejich reziduí do organismu, a to například postříkem, aplikací kapičky na zadeček nebo hlavohrud', ponořením do roztoku, podáním ošetřené kořisti či kontaktem s rezidui. Použitím deltamethrinu Mullié a Everts zjistili (1991), že tou nejnepříznivější cestou absorpce je kontakt s rezidui, kdy bylo absorbováno až 56% použitého pesticidu. V následujícím lokálním a orálním příjmu bylo absorbováno pouze 2-3% pesticidu, přičemž perorální příjem měl nejméně škodlivý účinek. Z toho důvodu se tyto tři trasy liší účinkem.

V terénu se může kontakt s chemickými látkami značně lišit mezi jednotlivci. V tom nejhorším případě by mohl být jednotlivec vystaven kapičkám postříku, reziduím na povrchu a kontaminované kořisti zároveň (Pekár 2012).

Přímý letální efekt

Přímý letální efekt bývá ovlivněn vlastnostmi, které jsou pro daný pesticid podstatné, zejména koncentrace, dávka a typ aktivní složky (AI). Ve většině studií byly namísto čistého AI použity komerční pesticidy a to kvůli větší shodě s polními podmínkami. Avšak zjištěnou toxicitu pak nebylo možné přisoudit pouze AI, neboť by tato toxicita mohla být způsobena některými přísadami přidávanými do zkoumaného pesticidu. Většina studií navíc testovala pouze jednu dávku a jednu koncentraci, doporučenou pro použití k likvidaci škůdců. Avšak pouze podrobná analýza pak

může být využita k extrapolaci mortality v jiných koncentracích, mezi plodinami se totiž často liší (Pekár 2012).

Kontakt s rezidui

Je-li testován kontakt s rezidui, je důležitá biologická dostupnost pesticidu. Ta je ovlivněna adsorpcí, desorpcí, degradací, koncentrací, výpary či vyluhováním, může se tedy mezi jednotlivými substráty lišit. Wiles a Jepson (1992) provedli biologické zkoušky in situ a co bylo důležité, používali na testy reálné substráty. Prováděli biologické testování půdy či testování na listu. To vše v závislosti na tom, kde zkoumaný druh živočicha žil a kde bylo vysoce pravděpodobné, že se dostane do kontaktu s pesticidem.

Porovnáváním různých povrchů, se kterými se mohou setkat stromoví pavouci, se zabývali Wehling a Heimbach (1998). A to například s povrchy jako listy, kdy přenos aplikovaného pesticidu z listu na pavouka je ovlivněn viskozitou pesticidu, voskovou vrstvou listu či velikostí kapiček. Dalšími povrchy jsou písek, jílový písek a písčná hlína. Z výsledků vyplynulo, že největší vliv je na písek (Pekár 2012).

U syntetických pyrethroidů je známo, že mají zvýšenou stabilitu. Existuje tedy pozitivní korelace mezi zvyšující se expozicí a úmrtností. Pavouci byli vystaveni pesticidům v laboratoři po dobu několika hodin, jelikož biologická dostupnost reziduí klesá exponenciálně. Například bylo odhadnuto, že poločas deltamethrinu je 42 hodin. I u λ -cyhalothrinu trvala reziduální aktivita jen 2 dny. Deltamethrin byl zase rychle absorbován půdou a vegetací, takže maximální účinek byl 2 - 8 hodin. Použitím linyfidu T. Tenuis. Wiles a Jepson (1992) zjistili, že 40 % úmrtnost na čerstvá rezidua klesla u den starých reziduí až o 20% (Pekár 2012).

Pekár a Beneš (2008) hodnotili reziduální aktivitu tří vybraných pesticidů - herbicid Command (clomazone) a insekticidy Decis (deltamethrin) a Nurelle (chlorpyrifos a cypermethrin) - na chování a mortalitu čtyř druhů pavouků, a to: cedivečku plotovou (*Dictyna uncinata*), slíďáka lučního (*Pardosa palustris*), listovníka obecného (*Philodromus cespitum*) a snovačku pečující (*Theridion impressum*). Po dobu dvou hodin byli pavouci vystaveni 5, 10, 15 a 20-denním reziduím a mortalita byla hodnocena po 24-72 hodinách. Reziduální účinek se lišil mezi jednotlivými přípravky a v některých případech i mezi pavouky. Rezidua Command byly spíše neškodné, způsobovaly méně jak 20% úmrtnosti u všech druhů pavouků. Všechny rezidua

Nurelle, čerstvé i až 20 dní staré, způsobily 100 % mortalitu u všech druhů pavouků. Rezidua produktu Decis měly velice specifické účinky, protože úmrtnost se pohybovala mezi 0 až 90 % (Pekár a Beneš 2008).

Avšak u některých jiných pesticidů může úmrtnost dokonce narůstat se zvyšujícím se věkem reziduí. To bylo nalezeno u deltamethrinových reziduí různého věku, kterým byly vystaveny listovník obecný (*Philodromus cespitum*) (Walcknaer, 1802) a snovačka pečující (*Phylloneta impressa*) (L Koch, 1881). Kontakt s reziduovou směsí chlórpyrifosu a cypermetrinu, tedy kombinace středně a rychle degradujících pesticidů, způsobila 100 % mortalitu dokonce 20 dní po jejich aplikaci (Pekár 2012).

Pavoučí sítě

Druhy pavouků, které tvoří pavučiny, přicházejí s jejich povrchem do styku více než s jakýmkoli jiným povrchem. Pavoučí síť je účinným sběračem postřiku, takže biologická dostupnost je ovlivněna jeho strukturou (Pekár 2012). Navíc může poprášení pavučiny pesticidy u pavouků vyvolat emigraci (Michalková a Pekár 2009).

U křížákovitých druhů je síť vyrobena z vrstevnatých hedvábných nití, čímž se zvětšují kontaktní plochy pro pesticidy. Zatímco u druhů tvořících trojrozměrné sítě, které obsahují úkryt uvnitř, se zdá, že kontakt s kapičkami je výrazně zmenšen (Pekár 2012).



Obr.4 Kruhová pavučina
(www.jahodas.rajce.idnes.cz)

Bylo experimentálně srovnáno přežití křížákovitých (Araneidae), snovačkovitých (Theridiidae) a cedivečkovitých (Dictynidae) s pavučinami i bez nich. U křížákovitých (Araneidae) byl testován křížák zelený (*Aleriella cucubitina*) (Clerck, 1757), který konstruuje dvourozměrnou pavučinu. Zde byla úmrtnost s pavučinami i bez nich podobná. Nicméně u snovačky pečující (*P. impressa*) a cedivečky plotové (*Dictyna uncinata*) Thorell, 1856, která konstruuje trojrozměrné síť, byla mortalita v pavučině výrazně nižší než vně pavučiny. Důvodem je to, že vnější vrstva pavučiny sbírala kapky a zabránila tomu, aby se pavouk dostal do kontaktu s nimi (Pekár 2012).

Dále bylo testováno a porovnáváno šest druhů pavouků na náchylnost k pesticidům, křížák dubový (*Araniella opisthographa*), záředník trávni (*Clubiona Neglecta*), cedivečka plotová (*Dictyna uncinata*), slíďák rolní (*Pardosa agrestis*), listovník obecný (*Philodromus cespitum*) a snovačka pečující (*Theridion impressum*). *P. agrestis* a *P. cespitum* jsou denní lovci, kteří mohou přijít do přímého kontaktu s insekticidem. *C. neglecta* je noční pavouk a je tak vystaven pouze reziduím. Zbývající tři druhy jsou pavouci vytvářející pavučiny, které se liší v rozsahu, v jakém mohou chránit pavouka před přímým kontaktem s pesticidem. Účinek pesticidů byl testován v laboratorních podmínkách (Potter věž) se třemi komerčními insekticidy - regulátorem růstu hmyzu (hexaflumuron), selektivním organofosforem (Fosalon) a neselektivním pyretroidním insekticidem (permethrin). Pavouci byly pesticidům vystaveni po dobu čtyř dní. Výsledky ukázaly, že lovící pavouci byli vůči testovaným insekticidům citlivější než pavouci tvořící síť. Denní lovci byly těžce postiženy pouze permethrinem. Vysoká mortalita byla pozorována u nočního lovce, po aplikaci phosalonu a permethrinu. Vyšlo najevo že tento druh je velmi citlivý na rezidua obou těchto insekticidů. U pavouků tvořících síť bylo pozorováno, že řídká síť rodu *Araniella* nechránila svého majitele vůbec. Naopak hustá pavučina rodů *Dictyna* a *Theridion* významně snížila úmrtnost způsobenou permethrinem, ve srovnání se vzorky bez pavučin (Pekár 1999).



Obr. 5 Pavučinový vak
(<http://www.teraplanet.cz>)

Abiotické podmínky v době aplikace pesticidu, jako je zejména teplota či vlhkost, mají rovněž významný vliv na biologickou dostupnost. Jejich silný účinek byl zjištěn v horkých a suchých podmínkách v důsledku zvýšené biologické dostupnosti pyrethroidů. Everts a kol. (1991) zjistili vyšší mortalitu u *O. apicatus* při nízké vlhkosti a teplotě, nejsilnější účinek byl při 30% vlhkosti (Pekár 2012).

Citlivost je rovněž určována vrozenými charakteristikami pavouků, jako je druh, velikost, pohlaví, vývojový stupeň, výživová situace a rezistence. Rozdíly mezi druhy jsou viditelné. Například větší velikost těla vyvolá mortalitu, protože velké tělo shromáždí více kapiček aplikované látky, nebo při testování byla úmrtnost u samců v řadě druhů vždy vyšší než u samic a mladiství byli v průměru odolnější než dospělci. Také nutriční stav pravděpodobně ovlivňuje schopnost pavouka zvládnout mnoho stresových faktorů. Hladoví mladiství jedinci slíd'áků lužních (*Pardosa prativaga*) (L Koch, 1870) vykazovali vyšší míru úmrtnosti po aplikaci dimethoátu než nakrmení. Tato informace je klíčová, jelikož pavouci jsou v terénu považováni za hladové a úmrtnost tak může být vyšší než v laboratoři, kde jsou k testování použiti nažraní pavouci (Pekár 2012).

3.3.4 Subletální efekt

Kromě letálního účinku mohou pesticidy způsobovat různé druhy subletálního účinku. Subletální účinky jsou definovány jako fyziologické nebo behaviorální změny u jedince, který přežije expozici pesticidem. Tento jev je nejčastěji pozorován při aplikaci pesticidů v koncentracích či dávkách nižších než LC50 (letální koncentrace) nebo LD50 (letální dávka). Očekává se, že frekvence výskytu dávek se subletálním účinkem v terénu je vyšší než u akutně smrtelných dávek.

Subletální účinky mohou vést ke snížení funkčních a numerických reakcí u pavouků. Patří mezi ně aktivity jako chytání kořisti, reprodukce, obrana nebo rozptýlení, které jsou všechny řízeny komplexními neurálními interakcemi a jsou náchylné zejména na narušení neurotoxickými pesticidy.

Celkově mohou mít subletální účinky srovnatelný negativní účinek na schopnost pavouků kontrolovat škůdce s účinky letálními. Zotavení ze subletálního účinku se obvykle odehrává během několika dní.

Nejvíce zřejmá změna, která je důsledkem kontaktu se subletálními dávkami, je změna v pohybu. Aplikace cypermethrinu na slíd'áka mokřadního (*P. amentata*) způsobila okamžitou ataxii, paralýzu čtvrtých nohou a zvýšený klid. Ostatní slíd'ákovití (*Pardosa*) pavouci se pohybovali méně na povrchu ošetřovaném chlorpyrifosem s cypermethrinem a povrchu ošetřeném deltamethrinem než na kontrolním povrchu. Podobně u čeledi plachetnatkovití (*Linyphiidae*) bylo zaznamenáno snížené množství pohybu. Kontakt s povrchem ošetřeným malathionem posunul vrchol aktivity u *Rabidosa rabida* (Walckenaer, 1837), stejně jako *Salticus scenicus* (Clerck 1757), který se stal více aktivním než normálně.

4 DISKUZE

Z již dříve zmíněných výzkumů jasně vyplývá, že působení některých pesticidů, či jejich reziduí přímo či nepřímo ovlivňuje necílové organismy, tedy i pavouky. Pesticidy a jejich rezidua v podstatě ovlivňují všechny stránky života pavouků, jako jsou reprodukce, fyziologické procesy, predaci či pohyb (Pekár 2012). Pohyb a jeho rychlost je klíčovým faktorem pro celou řadu chování pavouků jako jsou obranné chování, lov, reprodukce či rozptyl (Michálková a Pekár 2009). Kromě toho je nutno uvažovat o účincích na biochemické a neurofyziologické úrovni, ačkoli je často obtížné je interpretovat, protože jejich důsledky na individuální a populační úrovni nejsou známy. Další otázkou je mutagenní účinek pesticidů, ten je však nejasný, jelikož studií na toto téma je málo (Pekár 2012).

Dlouhodobé účinky používání pesticidů na fenotyp pavouka jsou dosud prakticky neznámé.

Někteří pavouci dokážou rozpoznat rezidua, mohou se jim aktivně vyhnout a minimalizovat tak kontakt s nimi. V pyrethroidech je aluminium vysoce repelentní a používá se například v lesnictví k odpuzování škůdců. U jiných pesticidů je odpuzování způsobeno přísadami. Slíďák *Pardosa milvina* (Hentz, 1844) se vyhnul povrchu ošetřenému glyfosátem a *Pardosa sp.* se vyhnul povrchu ošetřenému chlórpyrifosem a cypermetrinovou směsí a deltamethrinem, ale ne s klorazonem. Experimentálně bylo zjištěno, že druhy *Clubiona pallidula* (Clerck, 1757), *D. uncinata*, *Parosa palustris* (Linnaeus 1758), *P. cespitem*, *P. impressa* a *Xysticus cristatus* (Clerck, 1757) rozpoznávají čerstvé zbytky permethrinu a phosalone. Pavouci se však už nevyhýbali starším reziduím, ačkoli ty byly ještě více toxické. Konkrétně jednodenní zbytky nebyly pavouky vyloučeny, avšak úmrtnost u čerstvých a jednodenních zbytků byla podobná. Druhy pavouků schopné aktivně se vyhýbat pesticidům a jejich reziduím mohou být spolu s rezistentními kmeny zvýhodněny díky opakované aplikaci pesticidů. To by mohlo vést ke změnám v preferenci biotopů a následně k nižšímu množství pavouků v agroekosystémech. Takovéto změny zatím ale nebyly sledovány (Pekár 2012).

U několika druhů pavouků bylo prokázáno, že subletální účinky by neměly být podceňovány. Žádná studie se nezabývala otázkou kvantitativního porovnání přímého a subletálního vlivu na populační dynamiku pavouků. Subletální účinky pesticidů

ovlivňují řadu vlastností a po určitou dobu mohou mít podobně nepříznivé účinky jako pesticidy s letálním účinkem, protože i menší drobné poruchy mohou způsobit, že přirozený nepřítel je pro biologickou kontrolu neúčinný. Například pokud subletální dávky iniciují emigraci, pak účinky jsou ekvivalentní letálnímu účinku - snížení počtu pavouků (Pekár 2012).

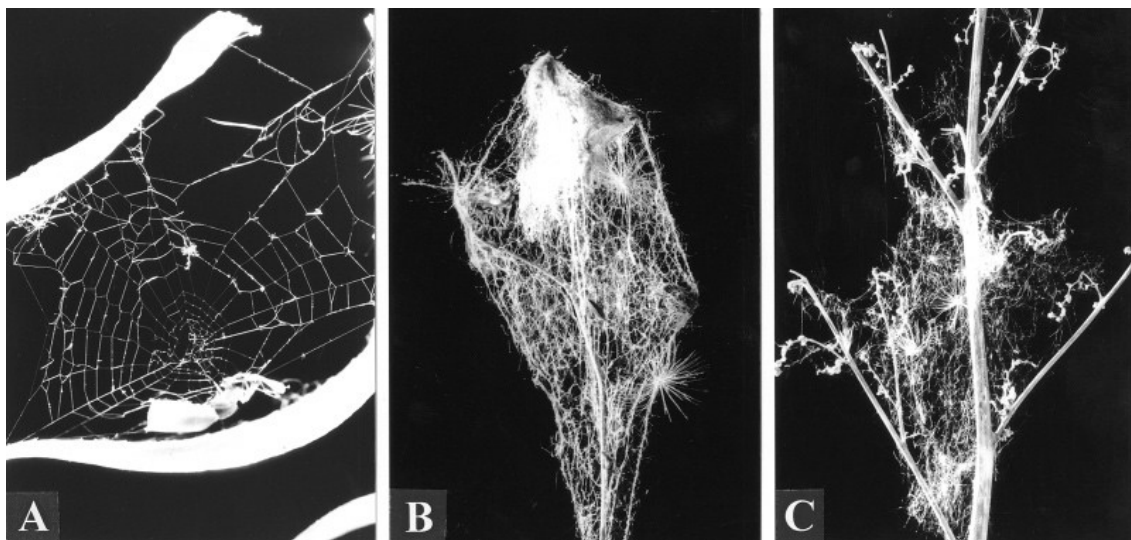
Studie vyhodnocující účinek pesticidů na pavouky jako jsou například: Everts a kol., 1991a, 1991b, Mansour a kol., 1992, Baatrup a Bayley 1993, Hof a kol., 1995, Jagers op Akkerhuis a kol. zkoumají okamžitý účinek pesticidů v důsledku topického, orálního nebo čerstvého reziduálního kontaktu. Avšak mnoho pesticidů má dlouhou reziduální aktivitu (Sherma 2001). Účinky starších reziduí pesticidů byly testovány především na škůdcích, například v pracích: Zacharda a Hluchý 1991, Borchert a kol., 2004, Barcic a kol., 2006 a u několika dravých členovců například Bluemel a Stolz 1993, Tzeng a Kao 1996; van de Veire a kol., 2002. Jen velmi málo vyhodnocení toxicity reziduálního účinku pesticidů bylo provedeno na pavoucích (Pekár a Beneš 2008).

Použití insekticidů a fungicidů v terénu často vedlo ke snížení hustoty přirozených nepřátel a to včetně pavouků, po několik týdnů. Tento dlouhodobý pokles byl však způsoben několika faktory, mezi které patří převážně zmizení kořisti, změny v struktuře biotopů a limity kolonizace (Pekár a Beneš 2008).

Studie Pekára (1999) na náchylnost k pesticidům, zkoumala: denní lovce, nočního lovce a pavouky tvořící pavučiny. Nejúčinnější ochranou proti pesticidům měly pavouci tvořící síť. U zkoumaných druhů jsou rozpoznány tři typy sítí. Výsledky ukázaly, že pavučina Araniella nechrání pavouka před postřikem, protože vlákna jsou velmi řídká a dvoudimenzionální. Několik vláken může zachytit pouze omezené množství Pesticidů. Tento druh se však často skrývá pod listí a je tak chráněn před přímým kontaktem s chemikálií. Na druhé straně toxicita u tohoto druhu může být zvýšena kvůli recyklování pavučin, jenž je typické pro rod Araniella (Pekár 1999).

Pavučina pavouka Dictyna je hustší a není tak roztažená jako pavučina rodu Theridion, nabízí tak lepší útočiště. Tento druh se navíc nevyskytuje na pavučině tak často a je tedy ještě více chráněn. Tato skutečnost byla pozorována zvláště po aplikaci permethrinu. Úmrtnost vzorků Dictyny, u tohoto testu klesla o cca 40% ve srovnání s pavouky skrytými v pavučině. Je tedy možné konstatovat, že síť Theridion a Dictyna

poskytují svým majitelům účinnou ochranu. Tyto druhy pavouků tedy mohou nejen přežít, ale dokonce se staly hojnými v agrobiocenózách při silném insekticidním tlaku (Pekár 1999).



Obr. 6 Příklady pavučin. A - Araniella opistographa; B - Dictyna uncinata; C – Theridion impressum.
(Pekár 1999)

Zvýšená poptávka spotřebitelů po produktech bez obsahu pesticidů vedla k vývoji nového pokroku v oblasti ochrany proti škůdcům, jako jsou geneticky modifikované plodiny a integrovaná ochrana proti škůdcům (Pekár a Beneš 2008). Jako příklad geneticky modifikovaných plodin je možné uvést transgenní bavlnu, ta vyjadřuje β -endotoxinové geny jako je HD-1 (Cry1Ab) a HD-73 (Cry1Ac) z bakterie Bt, což je slibný prostředek pro zvládnutí housenky černopásky bavlníkové (*Helicoverpa armigera*), která ničí požerem tobolek bavlníků. Vyvinula si rezistenci vůči většině insekticidních skupin - organochlorinům, organofosfátům, karbamátům, pyrethroidům a cyklodienům (Men a spol. 2004).

5 ZÁVĚR

Pesticidy mají v dnešním zemědělství velký význam. Díky pesticidům se snížilo riziko chorob jako je malárie a to díky likvidaci komárů rodu *Anopheles*, či hladomoru způsobenému nedostatkem surovin, které by byly zničeny houbovými chorobami, hmyzem, hlodavci a dalšími škůdci. Ale nadměrné užívání pesticidů s sebou nese i nevýhody ve formě reziduí, která se nachází ve všech složkách životního prostředí včetně člověka.

Vyřešením jednoho problému však vzniká problém další. Kvůli snížení obsahu dlouhodobých reziduí v přírodním prostředí, byly použity pesticidy s nízkou perzistencí. To však způsobilo, že účinnost pesticidu vydržela pouze pár hodin, poté byl pesticid degradován a odbourán. Tato skutečnost však zase nutí k častějšímu ošetřování plodin pesticidy.

Poldiny vyšlechtěné ve 20. století, které vedly k zintenzivnění zemědělství jsou náchylné vůči škůdcům, je tedy nutné je pravidelně ošetřovat pesticidy. Dalo by se říci, že jsme si šlechtěním kultur, vyžadujících pesticidy, na sebe takzvaně „upletli bič“.

Geneticky modifikované plodiny nebo-li transgenní rostliny, by mohly být vhodným řešením problému intenzivního používání pesticidů. Tento trend je však poměrně nový a nikdo tedy neví, co by mohly geneticky modifikované potraviny lidstvu přivodit za stovky let. Testy prováděné na transgenních rostlinách zatím neukazují žádné nežádoucí účinky. Avšak jak již bylo zmíněno, zatím nikdo neví, jaké následky by konzumace geneticky upravených potravin mohlo mít v budoucnu. Je třeba se poučit z minulosti a pečlivě si objasnit rizika a možnosti, vždyť DDT bylo ve své době také úžasnou novinkou.

Ekologické zemědělství je také poměrně nový trend. Je to šetrný způsob hospodaření s rostlinnou i živočišnou produkcí. Otázkou je, zda-li by bylo udržitelné, kdyby se tímto způsobem hospodařilo na všech polích.

Další možností pro snížení užívání pesticidů je systém integrované ochrany rostlin, nebo návrat k přírodním pesticidům.

V budoucnu by mohlo být zkoumáno snížení používání běžných pesticidů, neboť nižší aplikační dávky mohou mít skutečně příznivý vliv na výkon pavouka a zvýšit jeho účinek na škůdce. (Pekár 2012).

6 POUŽITÁ LITERATURA

Kamil Repeš a Ing. Petr Válek, 2014: dichlordifenyltrichlorethan (DDT). In: Arnika [online]. Arnika [vid. 2017-04-04]. dostupné z: <http://arnika.org/dichlordifenyltrichlorethan-ddt>

Klašková L., 2012: Povinné a doporučující věty s ohledem na rizika pro necílové organismy in: Agro BASF [online]. Agro BASF [vid. 2017-04-10]. Dostupné z: http://www.agro.basf.cz/agroportal/cz/media/migrated/information_material/registrator_n_info/2014_3/Povinne_a_doporucujici_vety_s_ohledem_na_rizika_pro_necilove_organismy.pdf

Laštůvka Z., Šťastná P., Suchomel J., Gaisler J., 2014: *Zoologie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 264 s. ISBN 978-80-7509-188-8

Men X., Ge F., Edwards C.A., Yardim E.N., 2004: Influence of Pesticide Applications on Pest and Predatory Arthropods Associated with Transgenic *Bt* Cotton and Nontransgenic Cotton Plants. *Phytoparasitica*, 32 (3): 234-254

Michalková V, Pekár S., 2009: How glyphosate altered the behaviour of agrobiont spiders (Araneae: Lycosidae) and beetles (Coleoptera: Carabidae). *Biological Control*, 51: 444-449

Nikonorow M., Bańkowska J., Ćwiartniewska E., Urbanek-Karlowska B., Łuczak J., 1983: *Pesticidy a toxicita prostředí*. Bratislava: Příroda, 202 s.

Pavela R., 2011: *Botanické pesticidy*. České Budějovice: Kurent, s.r.o., 128 s. ISBN 978-80-87111-26-0

Pekár S., 1999: Foraging mode: a factor affecting the susceptibility of spiders (Araneae) to insecticide applications. *Pesticide Science*, 55: 1077-1082

Pekár S., 2012: Spiders (Araneae) in the pesticide world: an ecotoxicological review. *Pest Management Science*, 68: 1438-1446

Pekár S. Beneš J., 2008: Aged pesticide residues are detrimental to agrobiont spiders (Araneae). *Journal of Applied Entomology*, 132: 614-622

Seifert R., 1985: *Pesticidy*. Praha: SNTL, 244 s.

Zbirovský M., Myška J., Zemánek J., 1960: *Herbicity*. Praha: Československá akademie věd, 300 s.

7 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 *Toxicita vybraných pesticidů pro samce a samice různých druhů zvířat*
(Nikonorow a kol. 1983)

Tab.2 *Aktuálnost chemických reakcí při detoxikaci pesticidů*
(Nikonorow a kol. 1983)

Tab.3 *Obsah insekticidních chlórovaných uhlovodíků v tukovém tkanivě lidí v různých krajinách* (Nikonorow a kol. 1983)

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 *Chrysanthemum cinerariaefolium* (kopretina starčkolistá)

(www.botanical.com)

Obr.2 Aplikace DDT za 2. světové války

(www.panna.org)

Obr.3 Vzorec DNOKu

(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>)

Obr.4 Kruhová pavučina

(www.jahodas.rajce.idnes.cz)

Obr.5 Pavučinový vak

(<http://www.teraplanet.cz>)

Obr.6 Příklady pavučin. A - *Araniella opistographa*; B - *Dictyna uncinata*; C – *Theridion impressum* (Pekár 1999).