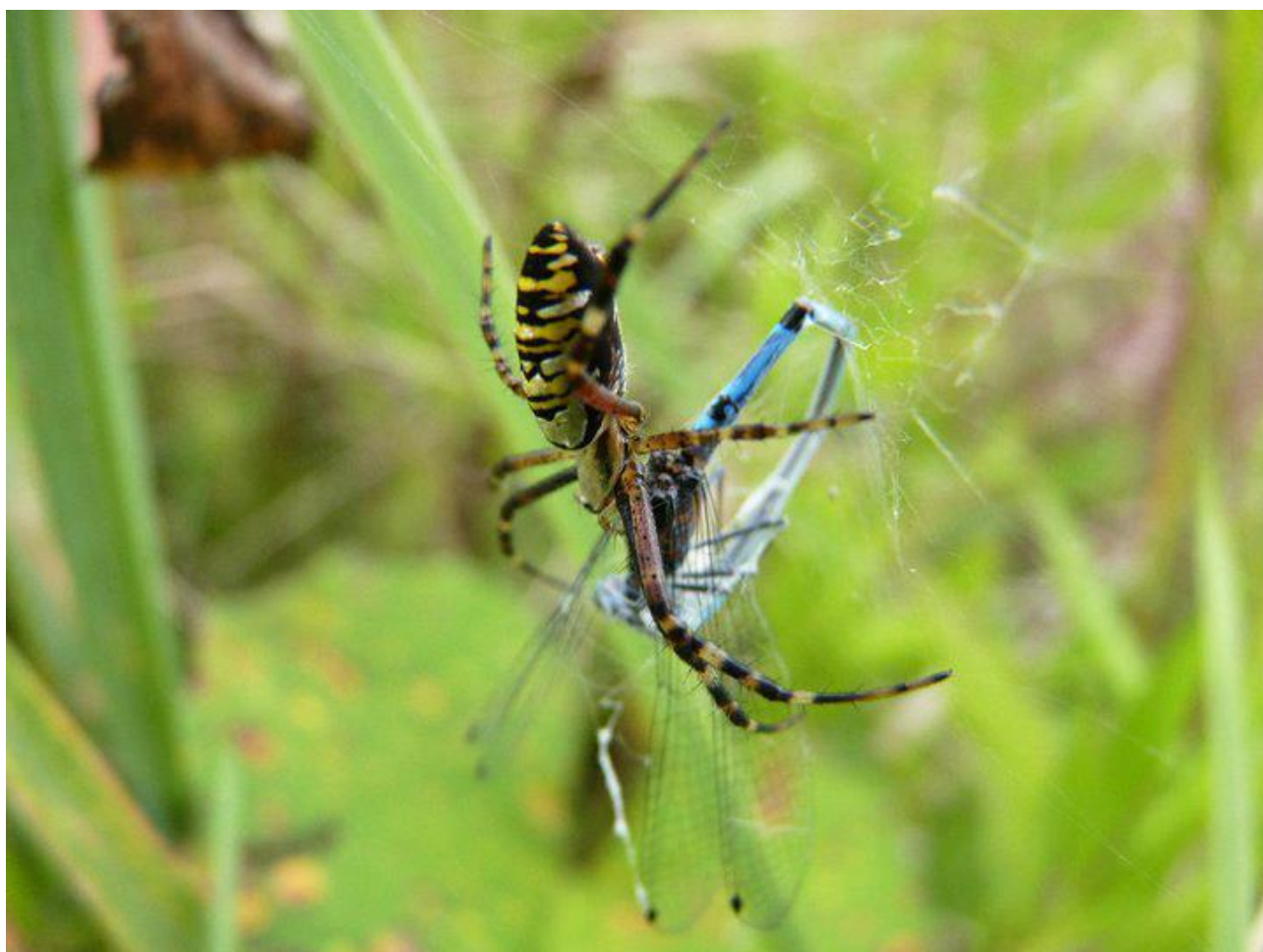


Metodika minimalizace vlivu přípravků na ochranu rostlin na necílové organismy a regulace jejich používání v zemědělství

Certifikovaná metodika

Ondřej Košulič a kolektiv



(foto: Ondřej Košulič)

Metodika minimalizace vlivu přípravků na ochranu rostlin na necílové organismy a regulace jejich používání v zemědělství

Certifikovaná metodika, 2022

Ing. Ondřej Košulič, Ph.D.

doc. Ing. Luboš Purchart, Ph.D.

prof. RNDr. Jakub Hruška, CSc.

Ing. Kateřina Svobodová, Ph.D.

Ing. Michal Bartoš

Ing. Jiří Čermák, CSc.

Ing. Jiří Kwiecien, Ph.D.

Bc. Eva Eiglová

Ing. Kateřina Karanská

Šárka Vlková

Mgr. Markéta Chudobová

Ing. Martin Ernst, Ph.D.

Řešitel projektu: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

Spoluřešitel projektu: Výzkumný ústav organických syntéz a.s.

Dedikace: Výsledek řešení projektu TITSMZP833 Vliv přípravků na ochranu rostlin na necílové druhy živočichů a regulace používání rizikových přípravků v zemědělství

Oponentní posudky vypracovali: Ing. Michal Pešata, Ing. Pavel Tóth, Ph.D.

Obsah

Abstrakt	5
1. Úvod	5
2. Cíle metodiky a dedikace	7
3. Oblasti šetření a zdůvodnění výběru	8
4. Materiál a metodika	9
4.1 Necílové druhy organismů a vzorky prostředí s odůvodněním jejich výběru	9
4.2. Způsob odběru vzorků	11
4.2.1. Půdy	11
4.2.2. Rostliny	11
4.2.3. Bezobratlí (pavouci)	12
4.2.4. Obratlovci (hlodavci)	14
4.2.5 Obratlovci (zajícovití)	17
4.3 Metodika laboratorních pokusů	17
4.3.1. Bezobratlí (pavouci)	17
4.3.2. Obratlovci (potkani)	20
4.4 Metodika analýz vzorků	20
4.4.1. Půdy	20
4.4.2. Rostliny	21
4.4.3. Bezobratlí (pavouci)	22
4.4.4. Obratlovci (hlodavci)	23
4.4.5 Obratlovci (zajícovití)	25
5. Výsledky analýz	26
5.1 Vzorky z terénního šetření	26
5.1.1. Půdy	26
5.1.2. Rostliny	26
5.1.3. Bezobratlí (pavouci)	27
5.1.4. Obratlovci (hlodavci)	27
5.1.5. Obratlovci (zajícovití)	28
5.2 Vzorky z laboratorních pokusů	28
5.2.1. Bezobratlí (pavouci)	28
5.2.2. Obratlovci (potkani)	29

6. Shrnutí výsledků a jejich využití	30
6.1 Hodnocení množství reziduálních látek v necílových organismech na základě typu hospodaření	30
6.2. Hodnocení míry ohrožení necílových organismů (pavouci, potkani) po zasažení testovaných pesticidů	32
7. Doporučení pro praxi	35
7.1 Agrotechnické postupy	35
7.2 Podpora biologické ochrany	42
7.3 Podpora krajinných prvků	46
7.4 Výběr vhodných prostředků na ochranu rostlin	47
8. Uplatnění metodiky	47
9. Závěr	47
10. Použité zkratky	50
11. Citovaná literatura	51
12. Seznam příloh	52

Abstrakt

Předkládaná metodika shrnuje nové poznatky, které pomohou doplnit současné metodické postupy při používání přípravků na ochranu rostlin (POR) a to s důrazem na snížení negativního vlivu účinných látek POR na necílové druhy živočichů. Jedná se především o zmapování situace množství reziduí v agroekosystémech na příkladu trvalých i jednoletých plodin včetně přehledu chemických látek, které jsou potenciálně toxické s vyšší dobou persistence v životním prostředí. Na základě zjištěných výsledků jsou navrženy některé postupy snižující využívání POR s negativním vlivem v životním prostředí. Tyto, především managementové úpravy, jsou zaměřeny na agrotechnické změny v hospodaření (např. omezení posklizňové desikace, biopásky, zatrávňování), podporu biologické ochrany (např. využívání biopesticidů¹ a přirozených antagonistů škůdců) a úpravu hospodaření směřující k diverzifikaci prostředí zemědělské krajiny. Tato metodika může také pomoci snížit množství aplikovaných konvenčních pesticidů se zvláštním zřetelem na látky mající negativní vliv na necílové organismy a tím i množství cizorodých látek v životním prostředí.

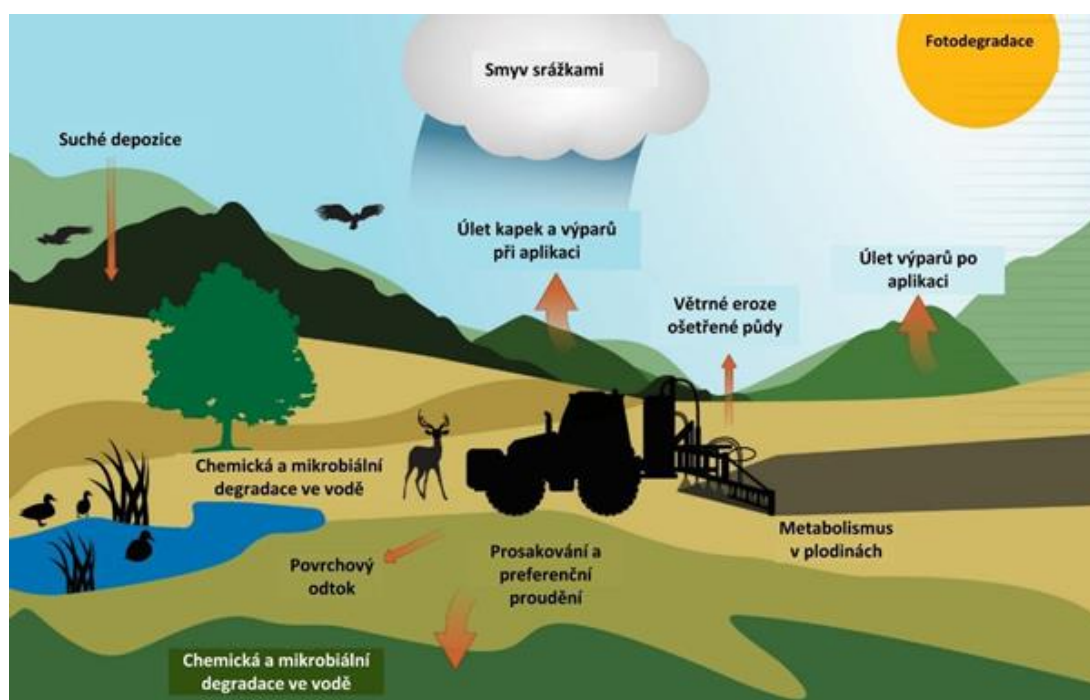
1. Úvod

Přípravky na ochranu rostlin (POR) patří spolu s biocidními přípravky mezi pesticidy používané k boji proti škodlivým organismům, škůdcům a chorobám, k ovlivnění životních procesů rostlin, k uchovávání rostlinných produktů nebo k ničení či bránění růstu nežádoucích rostlin nebo částí rostlin. Mezi přípravky na ochranu rostlin patří herbicidy, fungicidy, zoocidy² a rostlinné regulátory (Dvoržáková 2020). Jejich aplikací v zemědělských kulturách se mohou dostat do okolní půdy a vody (Obr. 1). Používání přípravků na ochranu rostlin tak zároveň značně zatěžuje životní prostředí, ohrožuje kvalitu povrchových a podzemních vod a půdy a prostřednictvím reziduí v potravinách také lidské zdraví (Goulson, 2013; Shelton et al., 2014; Vašíčková et al., 2019). Navíc tyto přípravky na ochranu rostlin mají vliv na rostliny i zvířata a mohou se podílet na celkové ztrátě biodiverzity (Geiger et al., 2010; Holý et al., 2020). Kromě tzv. cílových druhů zasahují totiž z 99,9 % i druhy necílové a to buď přímo, nebo nepřímo přes potravní řetězce. Mezivládní panel OSN pro biodiverzitu a ekosystémové služby (IPBES - The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) například označil přípravky na ochranu rostlin za jednu z hlavních příčin úbytku hmyzu. Zasaženými necílovými druhy jsou často zástupci užitečných druhů živočichů (zejména různé druhy bezobratlých jako jsou brouci, pavouci, včely, čmeláci, ale také například draví ptáci jako vrcholoví predátoři, apod.), kteří jsou tak aplikací POR a jejich postupnou akumulací v podobě reziduí ovlivňováni (Obr. 2). Snahou současného zemědělského hospodaření je proto eliminace nežádoucích vlivů na biodiverzitu. Pro dosažení těchto cílů se využívá tři základních postupů a sice 1) omezení používání prostředků na ochranu rostlin (POR), 2) využívání sofistikovaných POR zasahujících výhradně cílové druhy, a 3) nakonec využívání alternativních metod v podobě biologické kontroly škodlivých organismů (Boháč et al.,

¹ Jako biopesticidy jsou označovány přípravky odvozené z živých organismů, živočichů, hmyzu, hád'átek, rostlin, bakterií a virů. (více zde: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/biopesticidy-u-nas-a-ve-svete>)

² Zoocidy se dále dělí na insekticidy, rodenticidy, nematocidy, akaricidy a moluskocidy (Dvoržáková 2020). Předmětem této metodiky jsou pouze insekticidy.

2007; EFSA, 2009). Tyto snahy jsou v souladu s Národním akčním plánem k bezpečnému používání pesticidů v ČR (NAP), což je soubor opatření, kterým je v členských státech EU realizován program snížení nepříznivého vlivu přípravků na ochranu rostlin na zdraví lidí a životní prostředí³. Legislativně vychází ze směrnice Evropského parlamentu (čl. 4) a Evropské Rady 2009/128/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Evropského Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů (MZE, 2018). Český NAP vychází z ustanovení § 48a zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 132/2018 Sb., o přípravcích na ochranu rostlin, v platném znění. Současně respektuje související ustanovení zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů a zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (MZE 2018). Další informace k tématu viz Příloha č. 1.

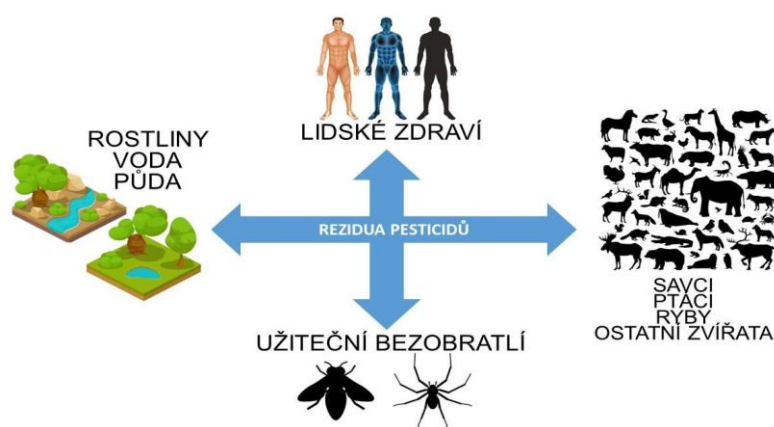


Obr. 1: Šíření POR v zemědělské krajině. Upraveno dle Clearwater et al. (2016).

I přes snahy k redukci využívání pesticidů směřované k postupnému využívání ekologicky šetrných způsobů hospodaření zůstávají pesticidy významným problémem v zemědělství (Schreiner et al., 2021). Díky stále intenzivním velkoplošným aplikacím, především na homogenních plochách jednoletých zemědělských plodin, mají POR stále potenciál kontaminovat životní prostředí, ovlivňovat necílové organismy různých živočišných i rostlinných skupin, kumulovat se v potravním řetězci a ve výsledku mít vliv na lidské zdraví (viz schéma Obr. 2). Pesticidy mají fyzikálně-

³ Více informací k Národnímu akčnímu plánu pro bezpečné používání pesticidů v ČR lze nalézt zde: <https://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/udrzitelne-pouzivani-pesticidu/>

chemické vlastnosti, které ovlivňují jejich chování v prostředí. To pak může mít v základě vliv na jejich krátkodobé nebo dlouhodobé účinky v ekosystému, a to buď dlouhodobým přetrváváním, nebo transportem různými faktory včetně toku v potravním řetězci na jiné než právě obhospodařované agroekosystémy (Sanchez-Bayo a Goka, 2014). Důležitými vlastnostmi pesticidů je dle jejich fyzikálně-chemických proporcí především a) perzistence - jak dlouho zůstává pesticid aktivní v životním prostředí, b) mobilita - jak snadno se může pesticid transportovat z místa, kde byl aplikován, c) necílová toxicita - jak toxický je pesticid pro jiné organismy než cílovou skupinu (např. škůdci, houbové patogeny, plevel), d) objem použití - kolik pesticidu je použito v životním prostředí. Kumulativní působení a kombinace těchto vlastností chemických látek z POR je z hlediska zemědělství zásadním problémem, jelikož tyto látky se mohou v přírodě následně akumulovat a mít postupný kaskádovitý efekt v životním prostředí (Rohr et al., 2006). Z toho důvodu je analýza agroekosystému zaměřená jak na půdní prostředí, tak i na potenciálně zasažené skupiny necílových organismů s vazbou na daný typ prostředí důležitým předpokladem pro zjištění vlastností životního prostředí a především efektivity zemědělského hospodaření za účelem minimalizace reziduí rizikových látek POR využívaných pro management agroekosystémů.



Obr. 2: Dopad a bioakumulace reziduí pesticidů v životním prostředí a v různých organismech včetně lidí (autor: O. Košulič, vektorové podklady vytvořeny s využitím služby Freepik - <https://www.freepik.com/>).

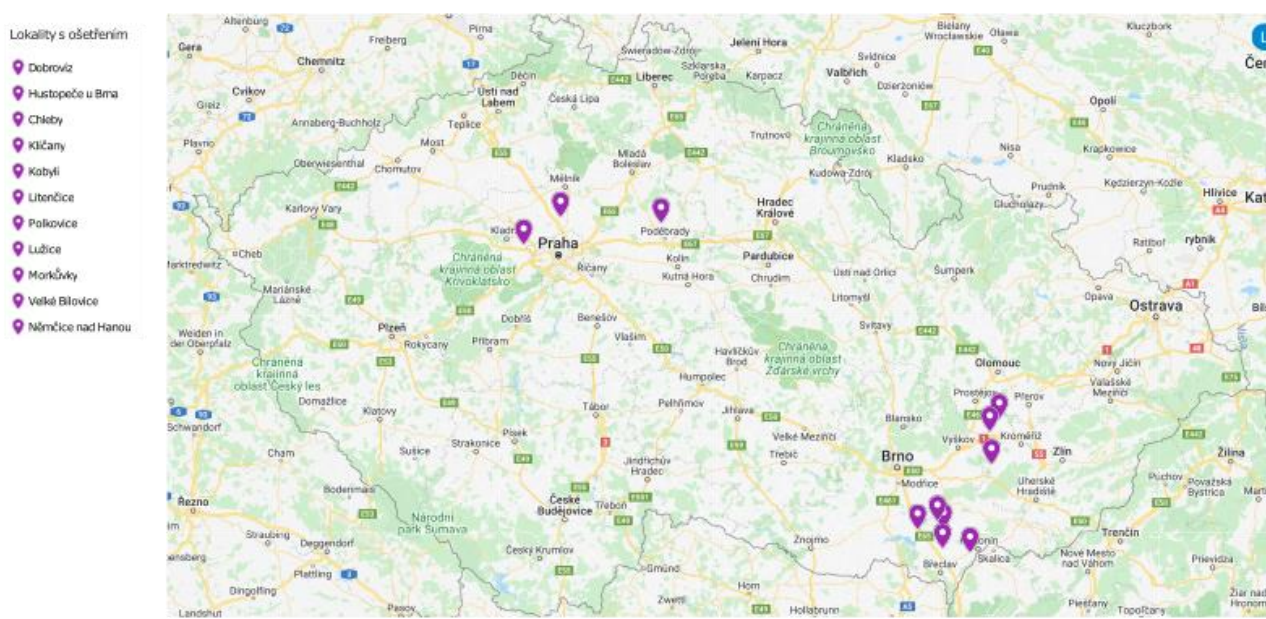
2. Cíle metodiky a dedikace

Hlavním cílem metodiky je, na základě výsledků z terénního výzkumu a laboratorních testů, navrhnout postupy snižující aplikaci POR s prokázaným negativním vlivem na necílové druhy organismů a potažmo na životní prostředí obecně při zachování hospodářské produkce v zemědělství. Dalším cílem je navržení systému monitoringu reziduí POR, včetně jednotného postupu pro sběr a vyhodnocování údajů o zasažení necílových druhů. Metodika si dále klade za cíl seznámit čtenáře s dalšími problematikami a aktivitami řešenými v rámci daného projektu.

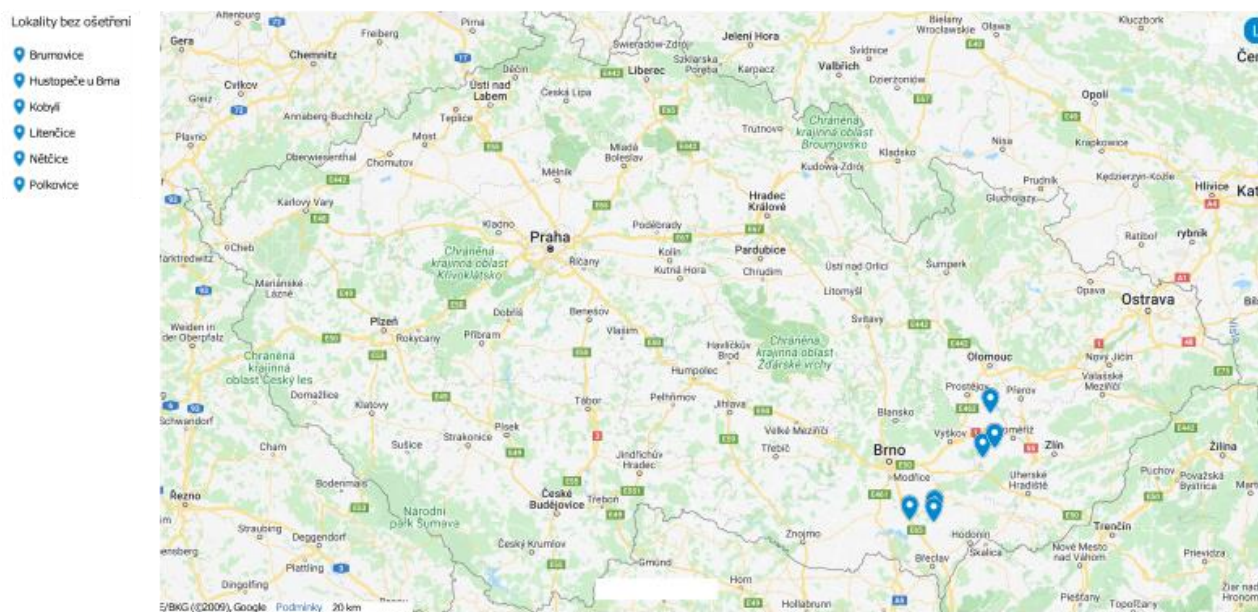
3. Oblasti šetření a zdůvodnění výběru

Při výběru zájmových ploch je stěžejní zohlednit intenzitu a způsob zemědělského hospodaření, ekologickou stabilitu, pedologické nebo hydrologické poměry, což ovlivňuje zastoupení zájmových druhů živočichů a spektrum používaných POR. V neposlední řadě je důležitá spolupráce se zodpovědnými zemědělskými hospodáři, od kterých je možné získat pravdivé a nezkrácené údaje o druhu, množství a datu aplikace použitých POR na zájmových lokalitách v průběhu šetření. Počet sledovaných ploch vychází z konkrétních potřeb subjektu, jenž zadává požadavky na uskutečnění monitoringu reziduí POR a dále je počet ploch závislý na finančních, časových a personálních možnostech subjektu, který pak vlastní monitoring a analýzy odebraných vzorků prostředí a necílových druhů živočichů realizuje.

Při vytváření metodiky bylo, v zemědělsky intenzivně využívaných regionech, jako je jižní Morava a střední Čechy, v každé sezóně předmětem výzkumu 30 ploch s různými druhy zemědělských kultur (pole, sady, vinice) a odlišným režimem hospodaření - integrovaná produkce (a aplikací POR - Obr. 3a) a ekologická produkce (bez aplikace POR - Obr. 3b). Výběr ploch odrážel potřebu pilotního monitoringu co nejširšího spektra různých kultur a pěstovaných plodin (jabloně, hrušně, meruňky, broskve, vinná réva, pšenice, ječmen, cukrovka, řepka, hrách) a s tím i souvisejícího spektra používaných POR. Plochy bez ošetření POR byly zvoleny jako tzv. kontrolní pro ověření rozdílů v přítomnosti/nepřítomnosti reziduí látek na plochách s aplikací POR respektive bez aplikace POR. Zároveň však byl výběr ploch limitován časovými i finančními možnostmi projektu.



Obr. 3a: Orientační přehled oblastí s plochami s aplikací POR využitých pro potřeby ověření metodiky. (Mapový poklad vytvořen s využitím služby Mapy Google)



Obr. 3b: Orientační přehled oblastí s plochami **bez aplikace POR** využitých pro potřeby ověření metodiky. (Mapový poklad vytvořen s využitím služby Mapy Google)

4. Materiál a metodika

4.1 Necílové druhy organismů a vzorky prostředí s odůvodněním jejich výběru

Pro stanovení vlivu POR (především herbicidy a insekticidy) na zemědělsky využívaných plochách byly za vhodné necílové organismy považovány a monitorovány dvě skupiny živočichů - bezobratlí a savci, protože splňují podmínku přítomnosti na všech monitorovaných lokalitách a zároveň vykazují relativně nízkou disperzní schopnost. Ptáci, obojživelníci ani ryby tyto podmínky nesplňují, přičemž někteří jsou navíc pod různým stupněm ochrany. Nicméně lze tyto skupiny živočichů považovat za významně vnímavé vůči toxickým látkám a měly by být v souvislosti s danou problematikou rovněž zkoumány. Z výše uvedených důvodů (v souvislosti s charakterem řešeného projektu) však nebyly předmětem analýz.

Z bezobratlých organismů byli vybráni pavouci, jelikož patří mezi nejpočetnější a nejdíverzifikovanější přirozené nepřátele škůdců, kteří výrazně redukuje početnost škůdců (např. [Pekár et al., 2015](#); [Michalko et al., 2019](#)). Pavouci jsou rovněž mnohdy citlivější k POR než škůdci samotní ([Pekár, 2012](#)). Zároveň jsou pavouci distribuovaní napříč třemi trofickými úrovněmi ([Mestre et al., 2013](#)), což právě umožňuje výzkum akumulace reziduí látek POR v potravním řetězci. To, že pro reziduální analýzy jsou využiti právě pavouci, má také nespornou výhodu v tom, že analýzy budou následně levnější a spolehlivější. V případě použití většího množství skupin bezobratlých při zkoumání akumulace pesticidů v potravním řetězci by mohl být efekt akumulace zkreslen např. způsobem ukládání zásobních látek, což by si vyžádalo použití velkého množství dalších skupin organismů, a tudíž dražších analýz. Pavouci jsou přítomni téměř ve všech typech terestrických ekosystémů a výrazně převažují nad jinými bezobratlými organismy jak v trvalých

kulturách (např. sady), tak i jednoletých (např. obiloviny), protože jsou odolní vůči pravidelným disturbancím (Samu et al., 1999). V neposlední řadě lze pavouky sbírat různými finančně a časově nenákladnými metodami a jejich využití jako bioindikátorů stavu prostředí je kvalitně zpracováno (Buchar a Růžicka 2002; Košulič, 2010). Důvodem je také jejich dominantní zastoupení na všech sledovaných lokalitách, což nelze tvrdit o jiných skupinách např. rovnokřídlém hmyzu, který téměř se 100% jistotou není zastoupen na intenzivně obhospodařovaných zemědělských půdních blocích s monokulturou plodin bez doprovodné zeleně a s nejintenzivnější aplikací POR, přičemž právě tyto zemědělské plochy by měly být v popředí zájmu monitoringu. Dalším důvodem je, že jde o predátory, kteří mají vyšší postavení v potravinovém řetězci a jsou tak více exponováni vůči POR. To vše dělá z pavouků ideální modelovou skupinu pro posuzování vlivu hospodaření, včetně chemizace a pesticidů na necílové organismy v zemědělských systémech krajiny České republiky.

Pro stanovení vlivu POR na zemědělsky využívaných plochách jsou, kromě pavouků, vhodnými necílovými organismy hlodavci, protože vykazují relativně nízkou disperzní schopnost. Na daných stanovištích (pole, sady, vinice) se vyskytují především hraboši r. *Microtus*, myšice r. *Apodemus* a norník r. *Myodes* (Heroldová et al., 2007). Vhodnost využití hlodavců je, kromě relativně malé disperze, dána jejich vysokou plodností a jejich dostatečným výskytem v agroekosystémech, přičemž je relativně snadné jejich získání pro analýzy, s výjimkou post gradační fáze, kdy jsou jejich početní stavy na minimu (např. Jacob et al., 2020). Kromě toho je hraboš polní řazen do kategorie škodlivých organismů a v době jeho přemnožení je cíleně huben rodenticidy. Populace drobných zemních savců jsou v zemědělských systémech významnou součástí potravních řetězců a jejich populační dynamika zároveň ovlivňuje dynamiku populací na ně navázaných predátorů (např. Heroldová et al., 2018). Jako herbivoři tak mohou být, díky konzumaci plodin ošetřených prostředky na ochranu rostlin, pesticidními látkami ovlivněni především nepřímo přes potravní řetězec (EFSA, 2009) a také mohou být ovlivněni částečně přímo postřikem. Za vhodné lze považovat hraboše r. *Microtus*, myšice r. *Apodemus*, norník r. *Clethrionomys*. Na lokalitách s vodními zdroji nebo v jejich blízkosti pak hryzec vodní (*Arvicola terrestris*), ondatra pižmová (*Ondatra zibethicus*) nebo nutrie říční (*Myocastor coypus*), jakožto zástupci živočichů vázaných na vodní prostředí.

Na plochách s jeho dostatečným výskytem je dalším vhodným živočichem pro stanovení vlivu POR na zemědělsky využívaných lokalitách zajíc polní (*Lepus europaeus*), u něhož je relativně nízká disperze, menší akční rádius a navíc je Světovou zdravotnickou organizací (WHO) považován za bioindikační druh kvality životního prostředí. Opět jde o herbivora, který může být ovlivněn POR především nepřímo přes potravní řetězec nebo částečně přímo postřikem, což platí zejména pro mladé zajíčky.

Důležitou součástí monitoringu vlivu POR na necílové druhy organismů je i odběr vzorků prostředí, které jsou především dalším důležitým zdrojem informací o typu a množství používaných látek. Získané informace jsou ověřeny cíleným monitoringem reziduí látek a jejich rozkladných produktů ve vybraných lokalitách, a to tak, že jsou odebrány vzorky zeminy, rostlin, popř. vody a provedeny cílené analýzy na vytipované sloučeniny.

Současně je vhodné ve vzorcích provést rovněž i necílený monitoring případné přítomnosti dalších reziduí látek z POR specifických ve vybraných lokalitách a případné přítomnosti analytů ze starých zátěží (příkladem mohou být organochlorované pesticidy, pesticidy typu triazinů, lindanu apod., které se v současné době již používat nesmí).

Znalost případné kontaminace monitorovaných lokalit výše uvedenými látkami je důležitá pro celkové správné posouzení celkového vlivu na přítomné necílové druhy živočichů. V této souvislosti je důležitá také spolupráce se zemědělskými hospodáři, kteří v rámci šetření poskytují pravdivé a nezkrácené informace o termínu aplikace, druhu a množství aplikovaných POR na zájmových lokalitách.

4.2. Způsob odběru vzorků

4.2.1. Půdy

Půda je prostředím, kde po aplikaci POR dochází k akumulaci reziduí látek, které zde v závislosti na perzistenci dané látky setrvávají a jsou pak spolehlivě detekovatelné některou ze standardně používaných analytických metod. Stanovení přítomnosti reziduí látek POR v půdě je důležité pro interpretaci toku reziduí látek POR v potravních řetězcích a rovněž pro detekci případných starých zátěží (rezidua látek historicky aplikovaných POR s dlouhou dobou rozkladu).

Vzorky půd se odebírají z odběrových míst, která by měla být rovnoměrně a nahodile rozmístěná v dané lokalitě, jejich počet je závislý i na velikosti testovaného území. Důvodem je, aby byl materiál kvalitativně a kvantitativně vyhodnotitelný. Odebere se celkem vždy cca 0,5 kg vzorku z vrstvy půdy do hloubky 0–15 cm, jelikož v tomto rozmezí je předpoklad nejvyšší případné kontaminace rezidui POR. Pokud je půda v horní vrstvě pokryta šterkem, kameny, kořeny atd. vzorkuje se do dané hloubky až po odstranění těchto nežádoucích elementů.

Půdu je nutné po odebrání co nejrychleji zamrazit ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Rozmezí doby odběru a doby zamrazení půdních vzorků by nemělo přesáhnout 12 hodin. Vzorky je zapotřebí pro analýzy připravit v zařízení na homogenizaci vzorků zemin (např. kladivový mlýn s využitím mletí se suchým ledem).

4.2.2. Rostliny

Pro vyhodnocení toku reziduí látek v potravních řetězcích ve směru půda-rostlina-herbivor-predátor je, kromě půdy, nezbytné znát obsah reziduí látek POR v rostlinné biomase, která slouží jako potrava pro herbivory (např. hlodavci, hmyz).

Vzorky rostlin se odebírají z patnácti různých míst, které jsou pokud možno rovnoměrně a nahodile rozmístěné v dané lokalitě, přičemž se odebírá celkově ze zájmové lokality 1–2 kg rostlin či volně rostoucího porostu. Takto odebrané vzorky jsou zárukou, aby byl materiál kvalitativně a kvantitativně vyhodnotitelný.

Rostliny je po odebrání nutné co nejrychleji zamrazit (cca do 12 hod po odběru) a připravit pro analýzy na zařízení pro homogenizaci vzorků rostlin.

4.2.3. Bezobratlí (pavouci)

Pro provedení reziduálních analýz je zapotřebí získat cca 2 gramy materiálu pavouků z každé zkoumané lokality, tak aby byl materiál kvalitativně a kvantitativně vyhodnotitelný. Pro zachycení co nejširšího spektra pavouků z hlediska jejich funkčních vlastností (lovecké a sít'ové guildy, velikostní rozložení, mikrohabitatové preference) je vhodné využít tři typy odchyťových metod.

Prvním typem jsou padací zemní pasti (**Obr. 4**), které jsou tvořeny plastovým kelímek (objem 500 ml, průměr 9 cm, výška 15 cm). Kelímky jsou až po jejich ústí zakopány do země, tak aby byly maskovány a zároveň plnily účel pastí. Nad past je umístěna plechová či plastová stříška pro zamezení zatékání vody při dešti, či spadnutí listů a jiného nežádoucího materiálu, po kterém by mohli odchytení členovci utéct. Na plochy se umístí 20 pastí, které jsou průběžně vybírány. Pasti jsou umístěny vždy zhruba ve středu lokality, tak aby byl zamezen tzv. okrajový efekt a docházelo k odchyťu jedinců vyskytujících se přímo na experimentální ploše (lokalitě), na které zemědělci používají POR. Pro tento účel byly použity suché zemní pasti (bez konzervační kapaliny), tak aby byl materiál odchyten a odebrán živý. Pasti jsou následně průběžně kontrolovány po třech až pěti dnech (kvůli zamezení kanibalismu mezi naloženým materiálem), materiál pavouků je poté pomocí exhaustoru přemístěn do zkumavek, uložen do chladicího boxu během převozu (snížení aktivity a agresivity pavouků mezi odchytenými jedinci) a v laboratoři zmražen na -20°C . Touto odchyťovou metodikou se docílí především odchytení tzv. epigeonu, tj. druhů aktivně pobíhajících po zemi (např. čeledi Lycosidae, Gnaphosidae, Liocranidae atd.)



Obr. 4: Zemní padací past se stříškou, která slouží jako ochrana proti dešti a spadnutí nežádoucího materiálu (např. listy, tráva apod.) (foto: Ondřej Košulič)

Druhým typem je smyk bylinné vegetace (**Obr. 5**). Pro tyto účely se využívá entomologická smýkáč sít' (průměr 40 cm). Smyk je prováděn dle časových možností a množství reálné odchyteného materiálu na ploše. Smykání je vhodné provést ve středu plochy, kolem transektu zemních padacích pastí. Materiál byl ze smýkadla v terénu přebrán (kromě pavouků došlo k odchyťu velkého množství hmyzu a dalších členovců), pavouci byli přesunuti do epruvet, uloženi

do chladicího boxu a stejně jako materiál ze zemních pastí byli pavouci uloženi do mrazicího boxu v laboratoři (-20°C). Tato odchytová metoda byla použita dle místních podmínek – např. v polních plodinách řepy nebo řepky (příliš hustá struktura vegetace) nebylo možné tuto metodiku provádět. Metoda se osvědčila především v sadech a vinicích, v jednoletých polních plodinách se využívala především metoda zemních pastí. Odchytovou metodou smyku vegetace docílíme především odchycení druhů vyskytujících se v bylinném podrostu – aktivně lovcí bez sítí (Thomisidae, Salticidae) nebo i síťové druhy (např. čeledi Theridiidae, Araneidae, Linyphiidae atd.).



Obr. 5: Smyk bylinné vegetace v intenzivně obhospodařovaném sadu v Lužicích u Mikulčic. Lze si povšimnout poměrně širokého herbicidního pásu po aplikaci glyfosátů. (foto: Ondřej Košulič)

Třetím typem odchytu je sklep z nízkých větví stromů (**Obr. 6**). Ten je nejčastěji prováděn pomocí sklepávadla (průměr 1m). Je to nejvýhodnější metoda pro sběr členovců ze stromů či keřů, tzv. arborikolních zástupců. Tato metoda byla využita nejvíce v sadech, kde se velmi osvědčila, částečně byla použita i ve vinicích. Ve středu plochy byly náhodně vybrány jednotlivé stromy, z kterých byl prováděn sklep. Sklepávadlo se umístí pod větev, s větví se třese či se do ní jemně klepe gumovým kladivem, tak aby bylo zamezeno opadu ovoce a ztrát na výnosech jednotlivých stromů. Materiál je okamžitě odchytáván pomocí exhaustoru a přesouván do epruvet. Metoda se využila dle časových možností a množství reálně odchytávaného materiálu. V laboratorních podmínkách byl materiál opět uložen do mrazicího boxu (-20°C). Odchytovou metodou sklepu nízkých větví docílíme především odchycení druhů vyskytujících se přímo na stromech – aktivně lovcí bez sítí (např. čeledi Philodromidae, Anyphaenidae, Salticidae), nebo i síťové druhy (např. čeledi Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae atd.). Výhodou je odchycení pavouků aktivně žijících

na stromech, kde loví značné množství škůdců (Michalko et al., 2015, 2019), tím může docházet k silné expozici s rezidui pesticidů (především insekticidů, fungicidů a herbicidů).



Obr. 6: Sklep materiálu z větví ovocných dřevin, tato metoda je vhodná pro odchyty tzv. arborikolních členovců, kteří se vyskytují na kmenech, větvích a v korunách dřevin. (foto: Ondřej Košulič)

4.2.4. Obratlovci (hlodavci)

Ke stanovení reziduí sledovaných látek u hlodavců se používají játra a ledviny. Na provedení jedné analýzy u jater je zapotřebí alespoň 3,5 g vzorku a u ledvin 1,5 g vzorku, což odpovídá přibližně 3-4 jedincům daného druhu hlodavce (hraboš, myšice eventuelně norník). Pro provedení analýz je proto vhodné získat vzorky z 5-10 jedinců (1-2 analýzy) stejného druhu z jedné lokality. Na zemědělsky využívaných pozemcích (sady, pole) se nejčastěji jedná o hraboše (rod *Microtus*), myšice (rod *Apodemus*) a případně norníky (rod *Clethrionomys*).

Zjednodušená metodika odchyty hlodavců⁴

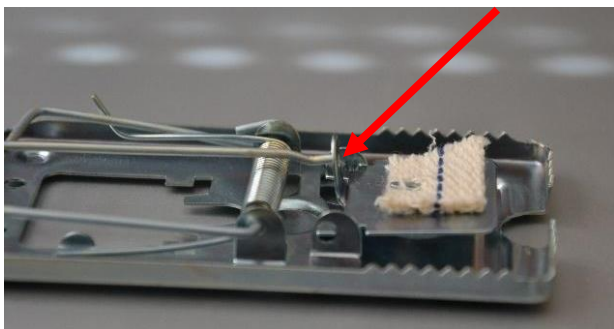
Podstatou získání vzorků je odchyt hlodavců s využitím standardně používaných sklapovacích pastí (Obr. 7a-d) položených v linii po 30-50 (100) kusech v pravidelném rozestupu cca 2–3 (5) m (linie tak může mít cca 60-300/500/m). Počet pastí je vhodné zvolit s ohledem

⁴ Pro odchyt volně žijících živočichů je nezbytné disponovat platným projektem pokusů v souladu se zákonem č. 246/1992 Sb. na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších změn a doplňků. Veškeré úkony spojené s odchytom a odebráním vzorků musí být prováděny osobou, která je držitelem osvědčení o odborné způsobilosti podle §15d zákona č. 246/1992 Sb. na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších změn a doplňků.

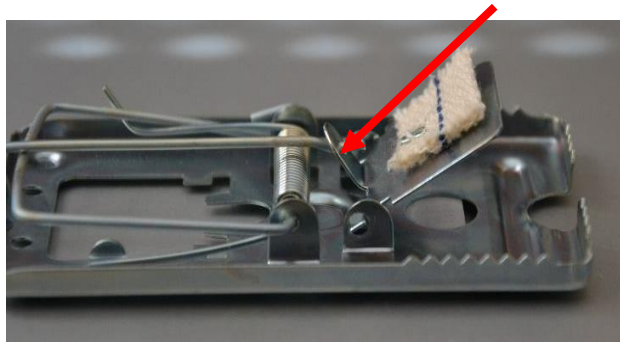
na aktuální populační hustotu hlodavců. Délku i tvar linie přizpůsobujeme velikosti lokality, tzn. tam, kde je plocha dostatečně velká a umožňuje vést jednu linii středem lokality, může být linie jedna. Tam, kde je plocha menší (tzn. její délka je kratší než délka linie), je možné umístit pasti podle potřeby např. ve dvou souběžných liniích umístěných alespoň několik metrů od sebe. Současně by počátek a konec linie měl být vzdálen od okraje lokality alespoň 10 metrů. Výhodné je rovněž umístit pastičky v blízkosti nor hlodavců (platí zejména pro hraboše na polích).

Vlastní provedení odchytu:

- 1) K odchytu je nejlépe používat pozinkovaných pastí (**Obr. 7a-b**), které jsou vnašeny lněným knotem (plochý knot do olejových lamp nastříhaný na čtverečky a připevněný k pasti jazýčkem) napuštěným tukem s jíškou a/nebo natřený arašídovou pomazánkou (burákové máslo – **Obr. 7c**).
- 2) Mechanismus pastičky (drátek) je nutné aktivovat tak, aby byl co nejblíže k okraji plíšku (**Obr. 7a**) a nikoliv, aby procházel zcela skrz plíšek (**Obr. 7b**).
- 3) Pasti je nutné pokládat přímo na půdní povrch, tzn. nikoliv jen položit volně na bylinnou vegetaci, ale nohou odhrabáním vytvořit rovnou plošinku, na kterou se pastička umístí (**Obr. 7c-d**).
- 4) Pasti se první den položí a druhý den zkontrolují. Pokud je odchyceno dostatečné množství jedinců (alespoň 5-10 jedinců jednoho druhu) můžeme pasti sebrat. Pakliže se nechytí dostatek jedinců, je zapotřebí ponechat pasti do dalšího dne a znovu zkontrolovat. Pokud je některá past sklapnutá, je nutné ji znovu aktivovat. Není-li na knotu arašídové máslo, je potřeba jej znovu domazat. Odchyt ukončíme v okamžiku, kdy máme dostatek jedinců. *Pozn.: může se stát, že ani při vysokém počtu aktivovaných pastí a vícedenním odchytu se nechytí žádný jedinec, např. při jarním vzorkování, zejména v roce následujícím po gradaci v předchozím roce, mohou být populační hustoty extrémně nízké (typické pro hraboše, kdy počet jedinců může po kolapsu populace klesnout až na 0 jedinců na ha). V takové situaci je vhodné přesunout vzorkování do pozdějšího, podzimního období, kdy jsou populační hustoty zpravidla nejvyšší.*
- 5) Odchycené jedince vložíme do připravených papírových sáčků (osvědčily se pevné svačkové sáčky; jedinci se mohou dát všichni do jednoho sáčku společně), sáček je nutné řádně označit (datum, místo odchytu – popisovat nejlépe obyčejnou tužkou, propiska není vhodná, může se rozpít) a vložit do igelitového sáčku (vhodné jsou mikroténové svačkové sáčky).
- 6) Naprosto nezbytné je pak odchycené hlodavce co nejdříve po odchytu umístit do mrazicího boxu (-20°C).



Obr. 7a (foto: Luboš Purchart)



Obr. 7b (foto: Luboš Purchart)



Obr. 7c (foto: Luboš Purchart)



Obr. 7d (foto: Luboš Purchart)

Odběr orgánů pro analýzy

Pro analýzu orgánů hlodavců na přítomnost reziduí sledovaných látek se používají játra a ledviny. Obojí se navzorkovaným hlodavcům odebírá standardně prováděnou pitvou otevřením dutiny břišní. Odebrané orgány se ukládají samostatně do vhodných nádob (např. vialky Eppendorf o objemu 5 ml pro játra a 1,5-2 ml pro ledviny), které se řádně označí a poté uskladní v mrazicím zařízení, kde jsou připravené pro další zpracování a analýzy. Odběr orgánů se provádí v akreditovaných uživatelských zařízeních oprávněných k používání pokusných zvířat podle §15d zákona č. 246/1992 Sb. na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů.

4.2.5 Obratlovci (zajícovití)

Pro analýzu přítomnosti reziduí sledovaných látek u zajíců se používají ledviny, vnitřní tuk a moč. Moč je odebírána „vymačkáním“ z čerstvě ulovených zajíců během honu. Pokud takto nelze moč odebrat, jsou veškeré biologické vzorky odebírány z ulovených zajíců po ukončení honu pitvou. Do uzavíratelných plastových zkumavek o objemu 30 ml jsou zvlášť odebírány moč, jedna ledvina a vzorek vnitřního tuku o velikosti cca 1×2 cm. Na popisový štítek zkumavky se uvádí datum, lokalita, číslo jedince, případně pohlaví. Veškeré biologické vzorky jsou transportovány v mobilní ledničce do mrazáčního boxu, kde jsou uchovávány pro následné analýzy. Na provedení jedné analýzy u ledvin nebo vnitřního tuku je zapotřebí 3,5 g vzorku, u moči je zapotřebí 1 ml vzorku. Počet jedinců pro analýzy z jedné lokality musí činit minimálně 5 ulovených zajíců, aby byl materiál kvalitativně a kvantitativně vyhodnotitelný.

4.3 Metodika laboratorních pokusů

4.3.1. Bezobratlí (pavouci)

Pavouci jsou vhodnou skupinou pro testování chemických látek POR v laboratorních podmínkách z mnoha různých důvodů. Kromě faktu, že se dají lehce monitorovat a v terénních podmínkách sbírat, tak pavouci velmi dobře vykazují různé dopady působení pesticidů a to i z hlediska subletálního vlivu (např. změny v růstu, rozmnožování, narušení příjmu potravy a intenzity lovu atd.). Je to např. z toho důvodu, že pavouci mají poměrně měkký povrch těla, což způsobuje, že jsou citliví k různým vnějším vlivům, které na ně působí včetně chemizace. Velmi důležitý z hlediska bioindikace a bioakumulace látek je také fakt, že se jedná o polyfágní predátory (konzumenti II. řádu), což tedy znamená, že se v jejich tkáních hromadí různé látky z potravy, může se v nich tedy kumulovat vyšší množství pesticidních reziduí, než v organismech, jež zauímají nižší trofickou úroveň. A jak je zmíněno výše, jejich využití jako bioindikátorů stavu prostředí a vlivu chemizace je poměrně kvalitně zpracováno (např. [Pekár, 2012](#); [Košulič et al., 2018](#); [Petcharad et al., 2018](#); [Lacava et al., 2021](#)). To vše dělá z pavouků ideální modelovou skupinu pro studium vlivu chemických látek z POR v široké škále insekticidů, herbicidů a fungicidů na necílové organismy významných z hlediska jejich funkcí v terestrických ekosystémech.

Obecně se dá shrnout, že význam pavouků v agroekosystému může být pesticidy narušen poměrně významně, to ale záleží na účinku působení dané chemické látky, její formulace pro cílovou skupinu organismů a také vhodně zvoleným testovaným druhem ([Pekár, 2012](#); [Desneux et al., 2007](#)). Pro hodnocení vlivu pesticidů u pavouků v laboratorních podmínkách byl využit druh *Philodromus cespitum* (Walckenaer, 1802) - listovník obecný (**Obr. 7**). Tento druh pavouka byl zjištěn jako velmi početný na většině lokalit, proto je velmi pravděpodobné, že tito živočichové přicházejí v agroekosystémech jak do přímého kontaktu s POR, tak do kontaktu s rezidui využívaných POR. Navíc je u tohoto druhu pavouka zjištěna významná schopnost bioregulace různých škůdců a to především mšicosavých zástupců polokřídých a listožravých housenek patřících do skupin píďalek a obalečů ([Michalko a Pekár, 2015](#)). Díky tomu je zde předpoklad

přesunu látek v potravním řetězci, jelikož značná část insekticidů se právě používá proti těmto škůdcům.

Jedinci listovníků byly odchytávány vhodnou metodou na zkoumaných lokalitách během října až listopadu a následně na jaře. V tomto období se z fenologického hlediska vyskytující především juvenilní a subadultní jedinci pavouků, kteří jsou vhodní pro laboratorní pokusy (vykazují značný příjem potravy, mobilitu atd.). Po odchytu byli jedinci listovníků umístěni v klimaboxech v kontrolované teplotě (5°C, tak aby byla pavoukům pozastavena aktivita a celkový metabolismus.) Jednou týdně jim byla předkládána potrava - octomilky *D. hydei*, tak aby byli pavouci saturováni minimálním množstvím dané potravy.



Obr. 7: Testovaný druh pavouka - listovník obecný (*Philodromus cespitum*). (foto: Rudolf Macek)

V prvním typu laboratorních testů byl studován letální a subletální vliv na pavouky rodu *Philodromus*. Subletální vliv byl studován z hlediska krátkodobého a dlouhodobého efektu na základě predačních schopností – změn ve funkční odpovědi a množství ulovené potravy na základě vlivu testovaných látek. Funkční odpověď je charakterizována jako křivka popisující průměrný příjem kořisti počítající s hustotou kořisti, časem stráveným hledáním, efektivitou hledání, časy potřebnými k chycení a zpracování jednotlivých kořistí a množstvím zkonsumované kořisti (Řezáč et al., 2010). Obecně je potvrzeno, že množství ulovené kořisti roste s větší počáteční populací kořisti, celkovým časem hledání kořisti a vyšší efektivitou hledání. Funkční odpověď je důležitým prediktorem predační schopnosti pavouků mající vliv funkci pavouků z hlediska

potenciálu biologické ochrany proti škůdcům ([Michalko a Košulič, 2016](#)). Laboratorní experimenty byly zaměřeny na sledování v rámci 5 dnů od aplikace a zároveň na dlouhodobé sledování přeživších jedinců (pro vyhodnocení vlivu látek na biologické vlastnosti během následného růstu a vývoje zasažených jedinců).

Pro testování vlivu pesticidů bylo vybráno 11 látek, které byly zjištěny jako nejčastější rezidua v tělech pavouků na studovaných lokalitách. Zároveň byly tyto látky běžně aplikovány pro ochranu plodin hospodařícími subjekty a jsou také registrovány jako povolené přípravky v konvenční a integrované ochraně rostlin. Jednalo se o dva insekticidy, šest fungicidů a tři herbicidy. Jako kontrolní vzorek byla použita destilovaná voda.

Pro každý typ pesticidu/kontrolní skupinu bylo použito 25 jedinců pavouků. Ti byli rozřazeni v rámci každého přípravku/kontroly do pěti skupin dle podávané hustoty (dostupnosti) potravy – 1, 3, 6, 10, 15. Pro každou hustotu bylo tedy 5 jedinců (opakování). Jako potrava byly použity octomilky *Drosophila hydei*. Pavouci byli před experimentem nakrmeni *ad libidum*, experiment byl poté zahájen po 10 dnech hladovění. Pro testování pesticidů byly použity jejich doporučené koncentrace a dávky v rámci ochrany proti cílovým škodlivým organismům. Následně byli pavouci umístěni do Petriho misky (průměr 8 cm) s filtračním papírem. Pesticid byl na pavouky aplikován aerosolem z farmaceutické stříčky. Množství roztoku bylo vypočítáno na základě doporučení pro venkovní aplikaci na polích (většinou na 1 ha) s přepočtem na plochu Petriho misky. Zasažený filtrační papír byl následně vyjmut a nahrazen suchým filtračním papírem, tak aby se předešlo vlivu reziduí z postřiku a byl tak tedy hodnocen pouze přímý zásah, který patří mezi velmi častý mód, kterým mohou být pavouci ovlivněni. Následně byly každému jedinci nabídnuty dané hustoty potravy. Dopad pesticidu byl měřen na začátku pokusu každých 15 minut první dvě hodiny po zasažení, poté každou hodinu po následujících šest hodin od zasažení. Poté bylo měření upraveno na 3x za den (tj. po 8 hodinách). Při každém měření a zápisu (letální vliv – smrt jedince, subletální – množství ulovené potravy) bylo množství potravy doplněno na požadovanou hustotu, tak aby byli pavouci vystaveni stále stejnému množství dostupnosti potravy. Po ukončení experimentu po 5 denním sledování byli pavouci standardizováni vyhladověním (10 dnů bez potravy) pro sledování dlouhodobého vlivu. Dlouhodobý vliv byl sledován na zasažených/přeživších jedincích z první fáze pokusu. Pavouci byli po první fázi pokusu standardizováni na tzv. „hunger level“ - po pokusu byli ponecháni bez potravy 10 dní, poté byla evidována jejich tělesná váha laboratorní váhou a následně byli pravidelně krmeni (2x týdně, 5 ks octomilek) dle metodiky publikovaných prací po celou dobu pokusu (např. [Desneux et al., 2007](#)). Vážení jedinců pavouků pomocí laboratorní váhy s přesností 0,001 g bylo prováděno v 14 denním intervalu po dobu 2,5 měsíce (tj. celkem bylo evidováno 5 hodnot/sledovaný jedinec pavouka).

4.3.2. Obratlovci (potkani)

Pro ověření toxicity vybraných pesticidních látek na chování a fyziologické parametry hlodavců byl v laboratorních podmínkách proveden behaviorální test na zjištění odezvy hlodavců na přímé podání účinné pesticidní látky.

Modelová směs biocidních látek byla testována na systémové účinky se zaměřením na sledování behaviorálních změn a byla vytvořena na základě analýzy prostředí a necílových živočichů.

Pro test byli použiti potkani, samci kmene Wistar. Testovaná položka byla orálně aplikována potkanům 3 krát týdně po dobu 28 dní. Studie zahrnovala tři testované skupiny – 1, 10, 100 mg/kg hmotnosti zvířete a jednu kontrolní skupinu, která byla aplikována pouze vehikulem (dimethylsulfoxid). Dávkované hladiny této směsi byly zvoleny na základě hodnot LD₅₀ jednotlivých složek modelové směsi.

Během studie byla denně zaznamenávána mortalita zvířat. Ve stejném intervalu byla prováděna kontrola zdravotního stavu a klinické pozorování zvířat po aplikaci. Jednou týdně bylo prováděno detailní klinické vyšetření, funkční pozorování a test otevřeného pole. Tělesná hmotnost samců byla zaznamenávána také jednou týdně. Před ukončením studie byl proveden odběr moči pro stanovení obsahu testované položky (28. den). Studie byla ukončena hematologickým vyšetřením a pitvou zvířat (29. den). Bezprostředně po eutanázii zvířat bylo provedeno makroskopické vyšetření a odběr ledvin a jater pro stanovení obsahu testované položky. Vybrané orgány byly zváženy a zamrazeny pro analýzu.

4.4 Metodika analýz vzorků

4.4.1. Půdy

Pro test bylo potřeba navážení 10 g vzorku půdy do 50 ml uzavíratelné zkumavky. Ke vzorku bylo přidáno 10 ml acetonitrilu a 1% kyselina mravenčí. Tato směs byla třepána 5 minut na vertikální třepačce. Po uplynutí této doby byl do zkumavky přidán pufr (QuEChERS – navážka 6,5 g), který obsahoval síran hořečnatý, chlorid sodný, citrát sodný a sesquihydrát citronan sodný. Zkumavka byla opět třepána 5 minut na vertikální třepačce a následně odstředěna. Acetonitrilová vrstva byla převedena do odstředivkové zkumavky, která obsahovala malé množství sorbentu a síran hořečnatý (navážka 1 g). Směs se protřepala a poté byla odstředěna. Přechištěný acetonitrilový extrakt byl převeden do HPLC vialky a takto byl připraven ke změření.



Obr. 8: Vzorek půdy po přidání acetonitrilu a 1% kyseliny mravenčí. (foto: Eva Eiglová)

4.4.2. Rostliny

Pro test bylo potřeba navážení 5 g vzorku rostlin do 50 ml uzavíratelné zkumavky. Ke vzorku bylo přidáno 20 ml acetonitrilu, 15 ml destilované vody a ocelová kulička. Tato směs byla třepána 5 minut na vertikální třepačce. Po uplynutí této doby byl do zkumavky přidán pufr (QuEChERS – navážka 6,5 g), který obsahoval síran hořečnatý, chlorid sodný, citrát sodný a sesquihydrát citronan sodný. Zkumavka byla opět třepána 5 minut na vertikální třepačce a následně odstředěna. Acetonitrilová vrstva byla převedena do odstředivkové zkumavky, která obsahovala malé množství sorbentu a síran hořečnatý (1 g). Směs se protřepala a poté byla odstředěna. Přechištěný acetonitrilový extrakt byl převeden do HPLC vialky a takto byl připraven ke změření.



Obr. 9: Vzorek rostlin po prvním odstředění (foto: Eva Eiglová)

4.4.3. Bezobratlí (pavouci)

Pro test bylo potřeba navážení 0,5 g vzorku pavouků do 15 ml uzavíratelné zkumavky. Ke vzorku byl přidán 1 ml acetonitrilu, 1 ml destilované vody a ocelová kulička. Tato směs byla třepána 10 minut na vertikální třepačce. Po uplynutí této doby byl do zkumavky přidán pufr (QuEChERS – navážka 0,65 g), který obsahoval síran hořečnatý, chlorid sodný, citrát sodný a sesquihydrát citronan sodný. Vzorek byl znovu 10 minut třepán na vertikální třepačce a nakonec odstředěn. Přechištěný acetonitrilový extrakt byl převeden do HPLC vialky a takto byl připraven ke změření.



Obr. 10: Vzorek pavouků po přidání acetonitrilu, destilované vody a po jeho vytřepání na vertikální třepačce. (foto: Eva Eiglová)



Obr. 11: Vzorek pavouků po odstředění. (foto: Eva Eiglová)

4.4.4. Obratlovci (hlodavci)

Játra

Pro test bylo potřeba navážení 3,5 g vzorku jater (rozkrájené na menší kousky) do 50 ml uzavíratelné zkumavky. Ke vzorku bylo přidáno 7 ml acetonitrilu, 10 ml destilované vody a ocelová kulička. Tato směs byla třepána 10 minut na vertikální třepačce. Po uplynutí této doby byl

do zkumavky přidán pufr (QuEChERS – navážka 6,5 g), který obsahoval síran hořečnatý, chlorid sodný, citrát sodný a sesquihydrát citronan sodný. Zkumavka byla opět třepána 10 minut na vertikální třepačce a následně odstředěna. Acetonitrilová vrstva byla převedena do odstředivkové zkumavky, která obsahovala malé množství sorbentu a síran hořečnatý (1 g). Směs se protřepala a poté byla odstředěna. Přechištěný acetonitrilový extrakt byl převeden do HPLC vialky a takto byl připraven ke změření.

Ledviny

Pro test bylo potřeba navážení 1,5 g vzorku ledvin do 15 ml uzavíratelné zkumavky. Ke vzorku bylo přidáno 4 ml acetonitrilu, 5,72 ml destilované vody a ocelová kulička. Tato směs byla třepána 10 minut na vertikální třepačce. Po uplynutí této doby byl do zkumavky přidán pufr (QuEChERS - navážka 1,5 g), který obsahoval síran hořečnatý, chlorid sodný, citrát sodný a sesquihydrát citronan sodný. Zkumavka byla opět třepána 10 minut na vertikální třepačce a následně odstředěna. Acetonitrilová vrstva byla převedena do odstředivkové zkumavky, která obsahovala malé množství sorbentu a síran hořečnatý (0,5 g). Směs se protřepala a poté byla odstředěna. Přechištěný acetonitrilový extrakt byl převeden do HPLC vialky a takto byl připraven ke změření.



Obr. 12: Vzorek jater hlodavců po přidání acetonitrilu, destilované vody a po jeho vytřepání na vertikální třepačce.
(foto: Eva Eiglová)



Obr. 13: Vzorek jater hlodavců po prvním odstředění. (foto: Eva Eiglová)

4.4.5 Obratlovci (zajícovití)

Ledviny + vnitřní tuk

Pro test bylo potřeba navážení 3,5 g vzorku (rozkrájené na menší kousky) do 50 ml uzavíratelné zkumavky. Ke vzorku bylo přidáno 7 ml acetonitrilu, 10 ml destilované vody a ocelová kulička. Tato směs byla třepána 10 minut na vertikální třepačce. Po uplynutí této doby byl do zkumavky přidán pufr (QuEChERS – navážka 6,5 g), který obsahoval síran hořečnatý, chlorid sodný, citrát sodný a sesquihydrát citronan sodný. Zkumavka byla opět třepána 10 minut na vertikální třepačce a následně odstředěna. Acetonitrilová vrstva byla převedena do odstředivkové zkumavky, která obsahovala malé množství sorbentu a síran hořečnatý (navážka 1 g). Směs se protřepala a poté byla odstředěna. Přečištěný acetonitrilový extrakt byl převeden do HPLC vialky a takto byl připraven ke změření.



Obr. 14: Vzorek ledvin (vlevo) a vnitřního tuku (vpravo) zajíců po přidání acetonitrilu, destilované vody a po jeho vytřepání na vertikální třepačce. (foto: Eva Eiglová)

Moč

Vzorek moči byl 5x naředěn do ultračisté vody, přefiltrován a převeden do HPLC vialky. Takto byl připraven ke změření.

5. Výsledky analýz

5.1 Vzorky z terénního šetření

V následujících podkapitolách je uveden pouze souhrn výsledků, z nichž lze vyvozovat následné metodické postupy, přičemž souhrnný komentář je uveden v příloze č. 2.

5.1.1. Půdy

- 1) Poměrně vysoká shoda analyticky stanovených látek v půdách s látkami aplikovanými jako POR na sledovaných lokalitách.
- 2) Přítomnost látek, které nebyly aplikovány, přičemž cca 39 % z nich tvoří látky neregistrované/nepovolené.
- 3) Mezi látkami potvrzenými v půdách na většině ploch převažovaly fungicidy (cca 62 %) a následovaly herbicidy (cca 30 %).
- 4) Výrazně nižší detekce reziduí látek POR ve druhém roce monitoringu.
- 5) Souhrnné výsledky dvouletého monitoringu potvrzují zjevný tok reziduí látek POR v krajině.
- 6) Závažné je potvrzení přítomnosti nepovolených či zakázaných látek.
- 7) Nebyla prokázána přítomnost karbofuranu nebo dekarbofuranu.

5.1.2. Rostliny

- 1) Poměrně vysoká shoda analyticky stanovených látek v půdách s látkami aplikovanými jako POR na sledovaných lokalitách.
- 2) Přítomnost látek, které nebyly aplikovány, přičemž přibližně 13 % z nich tvoří látky neregistrované/nepovolené.
- 3) Mezi látkami potvrzenými v půdách na většině ploch převažovaly fungicidy (cca 41 %), následovaly insekticidy (cca 27 %) a herbicidy (cca 24 %).
- 4) Nižší detekce reziduí látek POR ve druhém roce monitoringu.
- 5) Souhrnné výsledky dvouletého monitoringu potvrzují zjevný tok reziduí látek POR v krajině.
- 6) Závažné je potvrzení přítomnosti nepovolených či zakázaných látek.
- 7) V jednom případě byla prokázána přítomnost dekarbofuranu, což může svědčit o starých zátěžích.

5.1.3. Bezobratlí (pavouci)

- 1) Extrémně vysoká neshoda analyticky stanovených látek v pavoucích s látkami aplikovanými jako POR na sledovaných lokalitách.
- 2) Přítomnost látek, které nebyly aplikovány (přičemž velkou část z nich tvoří látky neregistrované/nepovolené).
- 3) Přítomnost látek na lokalitách, které nebyly ošetřeny POR (ekologické plochy).
- 4) Velmi vysoká přítomnost fungicidů v pavoucích ve srovnání s jinými typy pesticidů.
- 5) Celkově nižší detekce pesticidních látek, především fungicidů, v druhém roce výzkumu.
- 6) Často detekované látky z prvního hodnoceného roku nebyly zjištěny v odběrech druhého roku, či byly zjištěny pouze v nepatrném množství.
- 7) Vysoká detekce pesticidních látek, které byly v odběrech prvního roku zjištěny jen sporadicky a ve druhém roce výzkumu na řadě lokalit dominují.
- 8) Kombinované výsledky z obou let výzkumu potvrdily tok pesticidů ekosystémy v krajině, zasažené jsou i plochy ekologické a neošetřované, je zde patrné ukládání a silná bioakumulace látek v rámci přesunu chemických látek do vyšších trofických skupin.
- 9) Zásadním zjištěním je nález zakázaných či neregistrovaných pesticidů, především herbicidy (44 % z detekovaných látek) a insekticidy (70 % z detekovaných látek).
- 10) Kritický je nález reziduí toxických látek z třídy karbamátových a organochloridových insekticidů: bendiokarb, dekarbofuran a methoxychlor.

5.1.4. Obratlovci (hlodavci)

- 1) Extrémně vysoká neshoda analyticky stanovených látek v orgánech hlodavců s látkami aplikovanými jako POR na sledovaných lokalitách.
- 2) Přítomnost látek, které nebyly aplikovány (přičemž velkou část z nich tvoří látky neregistrované/nepovolené).
- 3) Přítomnost látek na lokalitách, které nebyly ošetřeny POR (plochy v ekologickém režimu hospodaření).
- 4) Mezi látkami potvrzenými v hlodavcích na většině ploch výrazně převažovaly insekticidy nad fungicidy a herbicidy.
- 5) Výrazně nižší detekce reziduí látek POR ve druhém roce monitoringu, přičemž některé látky dominující v prvním roce monitoringu byly v následujícím roce detekovány výrazně méně často či nebyly detekovány vůbec.
- 6) Souhrnné výsledky dvouletého monitoringu potvrzují zjevný tok reziduí látek POR v krajině, kdy jsou zasaženy i plochy v ekologickém režimu hospodaření a bez aplikace POR. Zároveň je možné pozorovat ukládání a přesun reziduí látek mezi trofickými úrovněmi.
- 7) Závažné a krajně znepokojivé je potvrzení přítomnosti nepovolených či zakázaných látek - 10 z 34 celkově zjištěných látek.

- 8) Jako kritické lze označit potvrzení výskytu toxických látek karbofuran a dekarbofuran na více než polovině monitorovaných lokalit.

5.1.5. Obratlovci (zajícoví)

- 1) Vysoká neshoda analyticky stanovených látek v orgánech zajíců s látkami aplikovanými jako POR na sledovaných lokalitách.
- 2) Přítomnost látek, které nebyly aplikovány (přičemž velkou část z nich tvoří látky neregistrované/nepovolené). Může být způsobeno také větším akčním rádiusem zajíců oproti předchozím uvedeným živočichům.
- 3) Mezi látkami potvrzenými v zajících na většině ploch výrazně převažovaly herbicidy.
- 4) Výrazně nižší detekce reziduí látek POR ve druhém roce monitoringu, přičemž některé látky dominující v prvním roce monitoringu byly v následujícím roce detekovány výrazně méně často či nebyly detekovány vůbec.
- 5) Souhrnné výsledky dvouletého monitoringu potvrzují zjevný tok reziduí látek POR v krajině.
- 6) Závažné je potvrzení přítomnosti nepovolených či zakázaných látek - 9 z 18 celkově zjištěných látek.
- 7) Jako kritické lze označit potvrzení výskytu toxických látek karbofuran a dekarbofuran v přibližně 43 % sledovaných oblastí.

5.2 Vzorky z laboratorních pokusů

Laboratorní testy byly zaměřeny na dvě skupiny organismů: bezobratlí predátoři (pavouci) a hlodavci (potkani). Souhrnné výsledky pro obě skupiny jsou uvedeny v příloze č. 3.

5.2.1. Bezobratlí (pavouci)

a) Letální vliv

Z hlediska doporučení pro aplikaci látek v agroekosystémech je evidentní nutnost minimalizace intenzivního používání fungicidních látek ze skupiny spiroketalaminů a strobilurinů, které mohou mít za příhodných podmínek výrazně negativní vliv na necílové organismy, jako jsou pavouci, a to dokonce i z hlediska významného letálního efektu, kdy dochází k úmrtí v průběhu několika hodin po aplikaci dané látky. To je poměrně překvapivým zjištěním, jelikož jsou u těchto přípravků běžně deklarovány minimální negativní vlivy na necílové organismy. To bývá ale nejčastěji experimentálně testováno na opylovačích (z hlediska terestriálních organismů). Z toho důvodu se tedy doporučuje zařazení dalších testovaných skupin, které mohou mít odlišnou odezvu na působení těchto běžně používaných POR.

b) Subletální vliv (vliv na predáční aktivitu)

Obecně lze z výsledků vyvodit krátkodobý, ale i dlouhodobý negativní efekt běžně využívaných POR na pavouky. Aplikace těchto látek (kromě testovaných herbicidů, které prokázaly zanedbatelný vliv na necílové organismy) by měla být tedy výrazně minimalizována, především v jarním období, kdy dochází k růstu a dospívání pavouků, kdy jsou tyto jedinci výrazně náchylní a mlže a kontaminace s POR může narušit jejich následný vývoj a jejich možnosti v rámci potenciálu biologické ochrany. Právě v tomto období mají pavouci nejvyšší predáční aktivitu, která může být častou aplikací nevhodných látek ze skupin strobilurinových a spiroketalaminových fungicidů a insekticidních neonikotinoidů výrazně narušena.

5.2.2. Obratlovci (potkaní)

Modelová směs biocidních látek testovaná u potkanů, nezpůsobila žádný úhyn sledovaných jedinců. Funkční, detailní klinické vyšetření a test otevřeného pole neodhalily žádné toxikologicky významné změny klinického stavu, behaviorálního a lokomočního chování zvířat po aplikaci modelové směsi biocidních látek.

6. Shrnutí výsledků a jejich využití

6.1 Hodnocení množství reziduálních látek v necílových organismech na základě typu hospodaření

Příznačné pro zjištěné výsledky je přítomnost reziduí různých typů POR i na lokalitách, kde se chemizace nepoužívala (ekologické plochy). Z těchto důvodů by bylo vhodné tuto problematiku řešit v dalším navazujícím výzkumu, kde by byl dále studován transport těchto chemických látek v krajině.

Nejvíce markantní je toto zjištění u drobných savců a pavouků. U rostlin je nálezů méně, kde se jednalo o 7 lokalit z 10, přičemž bylo detekováno celkem 5 druhů reziduí POR, kdy se nejčastěji vyskytoval malathion. Při analýzách půd nebyla na těchto lokalitách zjištěna žádná rezidua POR. V porovnání mezi množstvím analyticky zjištěných látek u pavouků bylo větší množství zjištěno na plochách pod konvenčním hospodařením, nicméně ekologické plochy, na kterých se žádná chemizace nepoužívala, obsahovaly také celou řadu látek. Jednalo se především o fungicidy, ale také pět herbicidů a čtyři insekticidy. Nejčastěji detekované látky na plochách pod ekologickým hospodařením jsou fungicidy spiroxamin a pyraklostrobin a insekticid malathion. U tohoto organofosfátu je to zároveň záračející i z toho důvodu, že je to látka již několik let zakázaná a na některých plochách byla zjištěna dokonce v poměrně vysoké koncentraci (600 ppb). Podobný trend rozšíření reziduí POR byl pozorován i u hlodavců, kde bylo zjištěno více látek na plochách konvenčních (v průměru 10 látek na plochu) oproti plochám v ekologickém režimu (v průměru 7 látek na plochu). Nejčastěji detekovanými látkami jsou herbicid tripropindan, fungicid spiroxamin a insekticidy epofenonan, dekarbofuran a methoxyfenozid. Epofenonan je látkou, jejíž použití v ČR není schváleno. Z ostatních často detekovaných látek je to např. karbofuran, který je v ČR, ale i na území EU, již řadu let výslovně zakázaný. S ohledem na výše uvedené by bylo v dalším navazujícím výzkumu vhodné se zaměřit právě na výskyt (pohyb v krajině) reziduí těchto látek (zakázaných či již zakázaných, na daném místě nepoužívaných a zejména těch významně toxických – organofosfáty, karbamáty aj.)

Šíření reziduí látek POR ekosystémem a jejich ukládání na plochách, kde není deklarováno jejich používání je způsobeno pravděpodobně následujícími možnostmi:

- Disperze organismů z ošetřených oblastí do neošetřovaných (jak predátorů, tak i jejich potravy) a následná akumulace v potravním řetězci.
- Splavy reziduí a rozkladných produktů pesticidů z chemicky ošetřovaných ploch přes půdu a vodu (povrchový a podpovrchový odtok).
- Úlet kapek a výparů POR při a krátce po aplikaci ze sousedních ošetřovaných ploch.
- Větrná eroze ošetřené půdy a následný přenos POR v krajině na různé lokality.
- Použití zakázaných látek zemědělci nepravděpodobně, ale nutné s touto variantou také počítat, především u ploch, kde se syntetické POR používat mohou a kde byla zjištěna celá řada látek, které nebyly zemědělci deklarovány.

- f) Původní zátěže prostředí, persistence látek, které se na neošetřovaných plochách využívaly z historického hlediska (po registraci ploch pod ekologickým hospodařením bylo jejich používání pozastaveno). To by potvrzovalo velmi pomalý rozklad a dlouhou persistenci těchto látek, což by nebylo v souladu s informacemi od výrobců, kteří obecně deklarují rychlé odbourávání v životním prostředí. Z těchto důvodů se jeví jako vhodné brát výrobcí deklarovaný rozpad chemických látek jako orientační, jelikož v přírodních podmínkách může probíhat zřejmě i déle na základě působení řady faktorů. Tato skutečnost by měla být rovněž lépe prověřována během rozhodování v procesu povolování použití těchto látek na trh.

Detekce výše zmíněných látek a jejich poměrně vysoké množství analyzované především z pavouků a hlodavců je velmi překvapivým a nepříliš pozitivním zjištěním pro metodické postupy v rámci hospodaření a používání POR v agroekosystémech. Potvrzuje to poměrně silný tok reziduí POR v zemědělské krajině a jejich postupnou bioakumulaci v potravním řetězci. Zároveň je to velmi nepříznivé zjištění i z hlediska principů a zásad ekologického hospodaření, které dbá na využívání pouze šetrných přírodních látek, které se v prostředí velmi rychle rozkládají. Detekce reziduí běžně využívaných syntetických POR včetně těch, které jsou již zakázány, značně narušuje strategii a trvalou udržitelnost ekologického zemědělství. Zároveň je hypoteticky možné, že přes tok a koloběh látek se rezidua pesticidů mohou v prostředí neošetřovaných zemědělských kultur akumulovat a dostávat i do pěstovaných komodit (např. ovoce) až do konečných spotřebitelů a tím mít výrazně negativní vliv na zdraví lidí.

Při plánování hospodaření na zemědělských plochách bude nutné zohlednit skutečnosti vycházející z výše uvedených údajů. V rámci agroenvironmentálních schémat by proto bylo vhodným návrhem k diskuzi zavedení ochranných pásem biologicky cenných území, případně i ploch, které jsou ekologicky obhospodařované, tak aby byl aspoň částečně minimalizován tok POR krajinou. V integrované produkci by mělo dojít k minimalizaci množství využívání látek obsahující fungicidní látky ze skupiny např. strobilurinů a insekticidy ze skupin organofosfátů, které mají negativní vliv na bezobratlé predátory, zároveň se nadměrně ukládají v životním prostředí i v podobě látek, které jsou již několik let zakázány. Současně by mělo docházet k výrazné redukci používání insekticidních látek ze skupin karbamátů a neonikotinoidů, které mají prokazatelně vysoké koncentrace reziduí v krajině. Jejich negativní vliv byl potvrzen při experimentálním testování, kdy docházelo k průkazně negativnímu subletálnímu efektu (narušení predáční aktivity u pavouků). Zároveň část těchto látek způsobovala zvýšený letální (mortalitní) efekt u necílových organismů. Tyto látky by měly být především minimalizovány v aplikaci během jarních měsíců, kdy je výrazná aktivita a mobilita různých skupin bezobratlých organismů včetně pavouků. Zasažení jedinců v tomto období může výrazně zpomalovat jejich probíhající vývoj z nedospělých jedinců do dospělosti a tím narušit jejich rozmnožovací schopnosti. To může následně ovlivnit společenstva na populační úrovni a mít tak obecně negativní vliv v rámci např. narušení potenciálu biologické ochrany proti škůdcům, kdy při snížení množství predátorů dojde k přemnožení daného

škůdce a následnému překročení prahu škodlivosti s výslednými ekonomickými ztrátami na zemědělské produkci.

Pozitivním zjištěním je nízká detekce herbicidu glyfosát, který se využívá ve vysokém množství v celé řadě jak jednoletých, tak i trvalých kultur. Na místě je však uvést, že to může být dáno zejména jeho poměrně efektivním odbouráváním, protože to je, v porovnání se shora zmíněnými látkami, relativně jednoduchá polární sloučenina, která není zdaleka tak persistentní. Jeho účinky jsou ale dosud málo prozkoumány a z posledních studií je zřejmé, že působí genotoxicky a zvyšuje prevalenci výskytu některých druhů rakoviny (Non Hodgkinovy lymfomy). Jeho aplikace je velmi široká od hubení plevelů, přes „umrtvování drnu“ až po podzimní desikaci strnišť. Jeho použití je chronické a velkoplošné. Nízká detekce v necílových skupinách sice prokazuje jeho odbouratelnost, ale jeho ekosystémový efekt tím není dotčený. Ten dosud nebyl adekvátně zkoumán, a z tohoto důvodu je nutné vynaložit další úsilí a prostředky na objasnění role glyfosátu v poškozování ekosystémů zemědělské krajiny.

Zároveň ostatní testované herbicidy prokázaly zanedbatelný vliv těchto POR na necílové organismy, takže jejich aplikace v agroekosystémech se jeví jako méně rizikovější ve srovnání s testovanými fungicidními a insekticidními POR, které prokázaly výrazně negativní vliv na necílové organismy. Na místě je nutné uvést, že tato hypotéza by měla být potvrzena nebo vyvrácena dalším podrobnějším výzkumem.

6.2. Hodnocení míry ohrožení necílových organismů (pavouci, potkani) po zasažení testovaných pesticidů

A) Pavouci

Dle laboratorních experimentů byly zjištěny průkazné výsledky, které potvrzují vhodnost testované skupiny pavouků pro ekotoxikologické studie v laboratorních podmínkách. Vhodným druhem je listovník (*Philodromus cespitum*), který se hojně vyskytuje v agroekosystémech, má potenciál z hlediska biologické ochrany potenciálních škůdců a navíc má vysokou vypovídací hodnotu z hlediska ekotoxikologických testů.

Na základě laboratorních testů zaměřených na hodnocení vlivu testovaných POR na bezobratlé organismy (pavouci) byly zjištěny následující výsledky, z nichž vzešla doporučení, které se mohou využít pro hodnocení míry ohrožení necílových organismů po zasažení běžně používanými POR.

1. Dle hodnocení zasažení fungicidními látkami je velmi překvapivé jejich negativní působení. Jsou to látky běžně užívané v integrované ochraně rostlin včetně ekologického hospodaření v mnoha různých trvalých kulturách i jednoletých polních plodinách proti houbovým patogenům. Vliv těchto látek na členovce je nejasný (kromě včel, kde se nejčastěji mluví o dopadu bez negativního efektu), celkově je zde málo dostupné literatury na hodnocení

- vlivu fungicidů na přirozené antagonisty jako jsou pavouci (Michalko a Košulič, 2020). Fungicidy (především strobiluriny) jsou nejspíše přehlížená skupina pesticidních látek, u kterých se obecně neočekává negativní dopad na necílové organismy. Dle výsledků je patrné, že pavouci mohou být zasaženi silněji v případě přímé aplikace díky jejich tenké kutikule a nejspíše efektivnější propustnosti do těla těchto členovců. V rámci budoucích výzkumů by to mělo být řešeno – tyto látky jsou široce využívány už od časných jarních měsíců po téměř celou vegetační sezónu – je zde možnost silných interakcí s necílovými organismy jako jsou pavouci, což může mít dopad na jejich populace v ošetřovaných plochách. To následně může mít vliv na jejich potenciál z hlediska biologické ochrany - např. narušení predanční aktivity, ochromení populačního růstu a další vliv na ekologické interakce ve sledovaných agroekosystémech.
2. Byla potvrzena silná míra ohrožení po zásahu u neonikotinoidu acetamiprid, který prokázal vyšší letální efekt. Je to neurotoxin, který blokuje nervovou soustavu a dochází tím k poměrně rychlým reakcím (tzv. knock-down efekt). Naopak letální účinek fungicidů (případně herbicidů) až po několika dnech od aplikace je nejasný, zřejmě dojde k narušení metabolismu a s tím souvisejících biologických procesů, což potvrzuje významnost hodnocení testovaných pesticidů z dlouhodobého hlediska, jelikož z krátkodobého hlediska nemusí být efekt těchto látek odhalen.
 3. Z hlediska hodnocení míry ohrožení testovaných skupin pavouků byl zjištěn znepokojivý výsledek poukazující na nezanedbatelný vliv testovaných látek na členovce na úrovni subletálního hodnocení. Některé testované POR pravděpodobně způsobují nechuť přijímat potravu, nejspíše je snížena mobilita a dochází k narušení funkce smyslových orgánů u pavouků. Ovlivnění predančních schopností může mít následně kaskádový dopad – jedná se například o vliv na vývoj a růst, narušení a zpomalení svlékání, retardace vývoje, menší plodnost, vývoj menších jedinců. Ve výsledku to může mít závažný vliv i na úrovni populací a ekosystémových služeb (např. narušení biologické kontroly škůdců a potravního řetězce). Nejvýznamnější efekt vyšší míry ohrožení životních projevů (predace) u pavouků byla zjištěna u fungicidů (téměř všechny látky), herbicidu propyzamid a insekticidu pirimikarb. Široce využívaný insekticid acetamiprid neměl významný vliv, oproti tomu vyšší míra ohrožení byla u něj zjištěna z hlediska letálního efektu. Na obecné úrovni, lze konstatovat, že redukce příjmu potravy může mít negativní vliv na celkovou kondici a fitness pavouků v závislosti na délce působení daných přípravků.
 4. V rámci dlouhodobého sledování po aplikaci testovaných látek bylo zjištěno negativní ovlivnění fitness pavouků – výrazné snížení jejich hmotnosti, tím pádem zpomalení jejich vývoje a možné způsobení celkové retardace. Nejvýraznější vliv byl zjištěn u všech fungicidů, u testovaných insekticidů acetamiprid a pirimikarb se vliv projevil až po několika týdnech od aplikace látky. Z toho vyplývá významnost hodnocení vlivu pesticidních látek z dlouhodobého hlediska. Je pravděpodobné, že narušení příjmu potravy s redukcí a retardací vývoje jedinců může silně ovlivnit funkci pavouků v krajině, potažmo zde může docházet k celkovému vlivu na biodiverzitu krajiny, jelikož narušením jejich populací může

dojít ke kaskádovitému efektu. Výsledky laboratorní studie poukazují na negativní vliv a poměrně vysokou míru ohrožení i moderními a zdánlivě neškodnými látkami používanými nejen v konvenčním zemědělství, ale i v integrované ochraně rostlin – pavouci coby konzumenti I. řádu mohou být silně ovlivněni z výše uvedených příčin. Dohromady s bioakumulací reziduí v těle pavouků přes potravní řetězec to může mít synergický efekt na jejich diverzitu a funkční vlastnosti v agroekosystémech.

Ze zjištěných ekotoxikologických testů vyplývá doporučení k omezení využívání výše zmíněných POR v zemědělství jako jsou různé neonikotinoidy či strobilurinové fungicidy. Jejich efekt může mít celkový dopad na populační úrovni, kdy dojde ke snížení a redukci početnosti jedinců, což může mít dopad na přirozené vztahy ve sledovaných agroekosystémech (např. narušení potenciálu biologické ochrany). Míra ohrožení tedy může výrazně růst s rostoucí intenzitou využívání těchto POR, a to především v jarním období, kdy dochází k aktivitě a silné mobilitě juvenilních a subadultních jedinců pavouků včetně jejich vysoké predační aktivity, tudíž i možnému zvýšení bioakumulace POR v jejich tělech. Míra ohrožení je tedy v tomto případě výrazně vyšší pro tyto skupiny a fenologická stadia během vývoje necílových organismů ve vegetačním období. Mezi vyplývající doporučení a opatření pro minimalizaci POR tedy jasně patří omezení využívání neonikotinoidů (např. acetamiprid) a strobilurinů a anilidovaných fungicidů (např. boskalid, difenokonazol) během vegetačního období, případně jejich využívání dle pravidel integrované ochrany rostlin (nutné využití pouze po signalizaci výskytu případného škůdce či houbového patogenu na základě místních podmínek a faktorů prostředí - nutný integrovaný přístup hospodářského subjektu za účelem minimalizaci využívání POR).

B) Hlodavci (potkani)

Laboratorní experimenty na potkanech neprokázaly žádné viditelné, pozorovatelné nebo měřitelné změny v chování jedinců nebo morfologii jejich orgánů, a to i přesto, že byli vystaveni i působení vysokých dávek vybraných látek. Přestože se jednalo o krátkodobý experiment, jeho výsledky však naznačují, že přinejmenším na testované látky nevykazuje použitá skupina organismů (potkani) významnou odezvu. Dá se předpokládat, že obdobná reakce by mohla (ale nemusí!) být pozorovatelná i u volně žijících hlodavců v zemědělských kulturách (hraboši, myšice), kteří nemají přímou vazbu na hmyz, respektive členovce, protože nejsou hlavní součástí jejich potravy. Dávky přijaté z rostlinné potravy (zejména zemědělské plodiny) zřejmě nebudou natolik významné, aby konkrétně u této skupiny necílových organismů vyvolával pozorovatelné změny. Otázkou rovněž zůstává, jaká je reakce necílových druhů organismů (v našem případě hlodavců) na chemické směsi látek nacházející se v prostředí.

Oproti výše uvedenému může být zcela odlišná situace u hmyzožravých savců, kteří jsou na členovce přímo potravně vázáni a kteří mohou být jako navazující článek potravního řetězce přímo ohroženi. Ověření však bude obtížně proveditelné vzhledem k obecné zákonné ochraně těchto živočichů. Naopak změny vyvolané POR pravděpodobně jsou, jak naznačují výsledky u pavouků, významné u členovců, potažmo bezobratlých. Koresponduje to tak se současnou situací

v české krajině, ve které dochází ke zřetelnému úbytku hmyzu. Řada nejnovějších studií naznačuje, že jedním z důvodů, který hraje patrně nejvýraznější roli v otázce úbytku hmyzu a změnách druhové diverzity, je vliv zemědělství, zejména pak využívání chemických látek, jež jsou v prostředí, které hmyz obývá, látkami cizorodými.

7. Doporučení pro praxi

7.1 Agrotechnické postupy

Agrotechnické postupy jsou v podstatě správné zásady zemědělské praxe, které znali již naši předkové. V dnešní praxi však tato pravidla z různých důvodů nejsou dodržována, jejich soustavným a dlouhodobým naplňováním však lze snížit potřebu aplikace POR, byť jejich aplikaci nelze v moderním konvenčním zemědělství eliminovat zcela s ohledem na požadavky vysoké produkce. Používání těchto zdravých zásad by mělo být rovněž předmětem dotačních zemědělských a ekologických programů jako pozitivní motivace pro farmáře (např. podpora ekologického zemědělství). POR by měly být používány až v případě, kdy správná agrotechnika je nedostačující a pouze v nezbytné míře, tedy za použití co nejšetrnějších přípravků a s využitím preventivních opatření jako jsou např. péče o úrodnost půdy, vyvážená výživa rostlin, pěstitelské metody s podporou druhově pestrých osevních postupů, vhodné střídání plodin, využití odolných plodin, vhodný výběr stanoviště, šetrné mechanické zásahy (používání plečích bran, kultivace, okopávky, termické plečky), využití meziplodin nebo podpora krajinných prvků, které jsou nikou pro užitečné organismy.

Jelikož je nejrozšířenější pěstování polních plodin porovnáváme níže jejich nejčastější pěstování v konvenčním a ekologickém zemědělství. V první řadě je nutné zmínit osevní postupy, kdy se v současnosti v moderním konvenčním zemědělství s ohledem na vysokou produkci většinou využívá následující:

1. rok pěstování cukrovky, kukuřice nebo brambor. U cukrovky Conviso je nutná aplikace minimálně dvou herbicidů a tří fungicidů, u klasické cukrovky pak min. čtyř herbicidů a tří fungicidů. U kukuřice min. jednoho herbicidu a jednoho insekticidu. U brambor min. jednoho herbicidu, tří fungicidů a tří insekticidů.

2. rok následuje ječmen, u kterého je nutná aplikace min. dvou fungicidů, jednoho herbicidu a jednoho insekticidu.

3. rok je pěstována řepka s minimální aplikací jednoho herbicidu, sedmi insekticidů a dvou fungicidů. Pokud by bylo povoleno moření osiva řepky, snížila by se náročnost plošného insekticidního ošetření na minimální aplikaci tří insekticidů.

4. rok je pěstována pšenice, u které je nutná aplikace min. dvou fungicidů, jednoho herbicidu a jednoho insekticidu.

5. rok se celý cyklus opakuje nebo je u zemědělských společností se živočišnou výrobou pěstována např. vojtěška, která je na ploše ponechána tři roky bez aplikace POR, přičemž pozitivně působí také na půdní poměry a následně se celý cyklus opakuje.

V ekologickém zemědělství uvádíme v praxi odzkoušený osevní postup, kde se nevyužívá aplikace POR (případně je možné využití biopesticidů jako jsou přírodní oleje, botanické extrakty a další biologicky šetrné preparáty) a má tak nejvyšší očekávaný dopad na minimalizaci používání POR v zemědělství:

1. a 2. rok pěstování vojtěšky.
3. rok pšenice ozimá s přísевem jetele inkarnát a využití meziplodiny (hořčice nebo směs ve složení hořčice, pohanka, svazanka, ředkev olejná, len, oves, čirok, kapusta, řepka a lnička).
4. rok oves nahý a využití meziplodiny.
5. rok hrách nebo peluška a využití meziplodiny.
6. rok pšenice špalda a využití meziplodiny.
7. rok pohanka nebo jetel inkarnát na semeno.
8. rok pšenice špalda nebo pšenice jednozrnka či dvouzrnka a využití meziplodiny.
9. rok se celý cyklus opakuje.

Na základě vyhodnocení informací poskytnutých zemědělskými hospodáři jsou z pohledu ekonomiky provozu obou uvedených osevních postupů patrné z Tab. 1 a Tab. 2 celkové vyšší průměrné náklady na ekologický osevní postup a to o 4700 Kč/ha. Na místě je však důležité zdůraznit, že v ekologickém zemědělství je vyprodukována komodita v kvalitě BIO, kde je logicky vyšší cena pro spotřebitele. Zároveň však také nedochází k zatěžování životního prostředí aplikací POR, tudíž je mimoprodukční funkce těchto zemědělských ploch na vysoké úrovni, na což by měl být brán také ohled při podpoře ekologického zemědělství.

Tab. 1: Ekonomické vyhodnocení osevního postupu nejvíce využívaného v moderním konvenčním zemědělství.

Konvenční zemědělství s využitím aplikace POR					
Plodina	Práce včetně PHM	Osivo	Hnojivo a výživa	POR	Celkem
Cukrovka klasická	12500 Kč/ha	6600 Kč/ha	8000 Kč/ha	9000 Kč/ha	36100 Kč/ha
Cukrovka Conviso	9500 Kč/ha	10000 Kč/ha	8000 Kč/ha	7000 Kč/ha	34500 Kč/ha
Ječmen	7000 Kč/ha	1200 Kč/ha	2500 Kč/ha	2650 Kč/ha	13350 Kč/ha
Pšenice	7000 Kč/ha	1200 Kč/ha	6000 Kč/ha	2650 Kč/ha	16850 Kč/ha
Řepka	8000 Kč/ha	2000 Kč/ha	6000 Kč/ha	4000 Kč/ha	20000 Kč/ha
Kukuřice zrno	6700 Kč/ha	2500 Kč/ha	6000 Kč/ha	2000 Kč/ha	17200 Kč/ha
Celkem cyklus v průměru	8450 Kč/ha	3917 Kč/ha	6083 Kč/ha	4550 Kč/ha	23000 Kč/ha

Tab. 2: Ekonomické vyhodnocení prakticky odzkoušeného osevního postupu využívaného v ekologickém zemědělství.

Ekologické zemědělství bez aplikace POR					
Plodina*	Práce včetně PHM	Osivo	Hnojivo a výživa	POR	Celkem
Celkem cyklus v průměru	10300 Kč/ha	6100 Kč/ha	11300 Kč/ha	0 Kč/ha	27700 Kč/ha

*Plodiny uvedeny u prakticky odzkoušeného osevního postupu v ekologickém zemědělství, k dispozici byla pouze celková data za cyklus.

V souvislosti s výše uvedeným se nabízí také otázka využití GMO plodin, kde není taková náročnost využití aplikace POR, avšak v současnosti není v EU jejich pěstování možné, jelikož nejsou dostatečně známy případné negativní dopady na životní prostředí. K omezení vlivu POR na necílové druhy živočichů slouží především některé dotační tituly, které je důležité propagovat nejen mezi zemědělskými hospodáři, ale cílovou skupinou by měli být také myslivci nebo u obce.

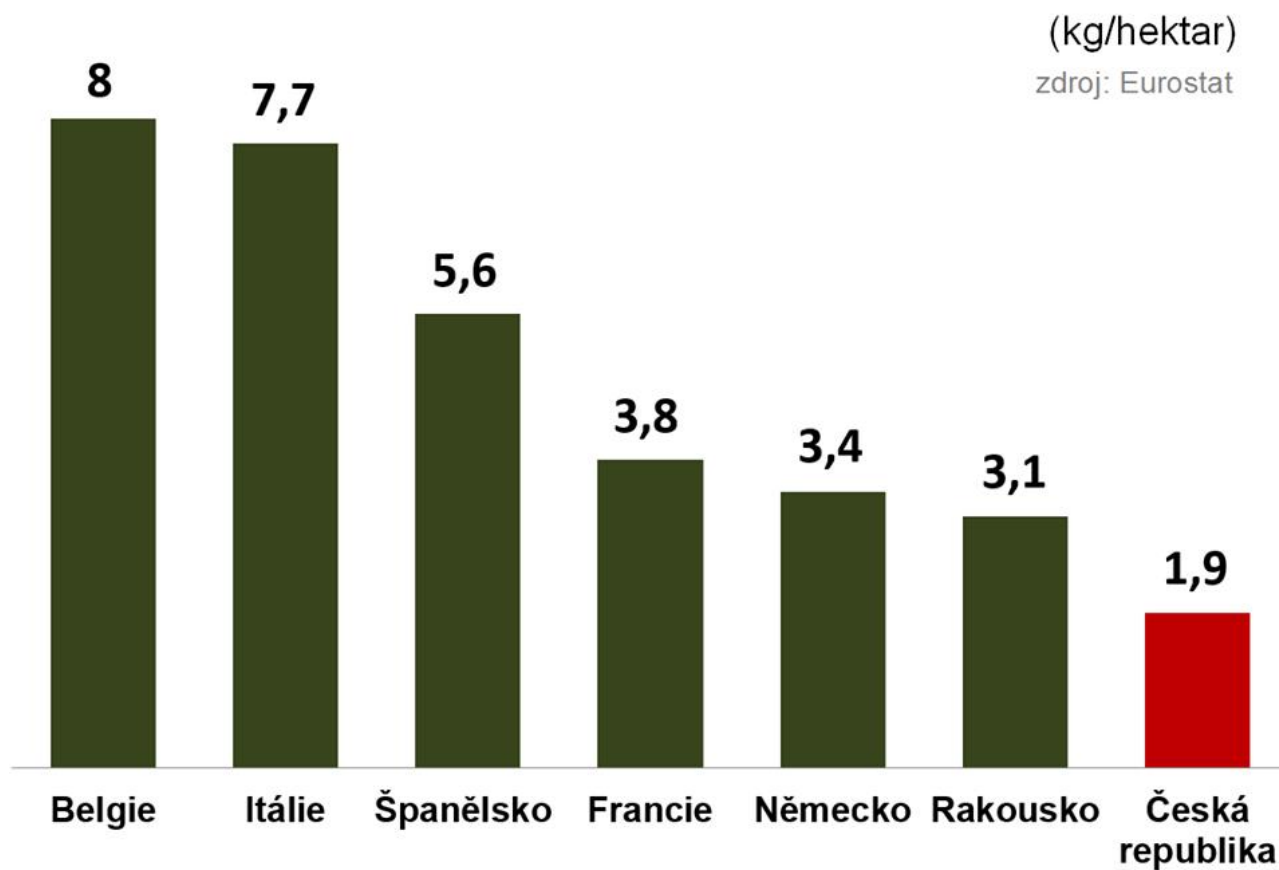
Výrazným nástrojem pro eliminaci aplikace POR je podpora ekologického zemědělství v rámci „Agroenvironmentálně-klimatických opatření“ ([M11 Ekologické zemědělství \(Zemědělství, eAGRI\)](#)). Cílem opatření je podpořit způsoby využití zemědělské půdy, které jsou v souladu s ochranou a zlepšením životního prostředí, krajiny a jejich vlastností. Opatření podporuje zachování obhospodařovaných území vysoké přírodní hodnoty, přírodních zdrojů, biologické rozmanitosti a údržbu krajiny. Tvoří ho podopatření Integrovaná produkce zaměřená na pěstování ovoce, révy vinné a zeleniny postupy šetrnými k životnímu prostředí, podopatření ošetřování travních porostů zaměřené na údržbu cenných stanovišť na trvalých travních porostech, podopatření zatravňování orné půdy, s cílem prevence eroze půdy, podopatření biopásy, sloužící k podpoře biodiverzity

ptáků, drobných obratlovců a opylovačů v zemědělské krajině a podopatření ochrana čejky chocholaté s cílem chránit hnízdiště tohoto druhu a dalších druhů ptáků hnízdících v zemědělské krajině

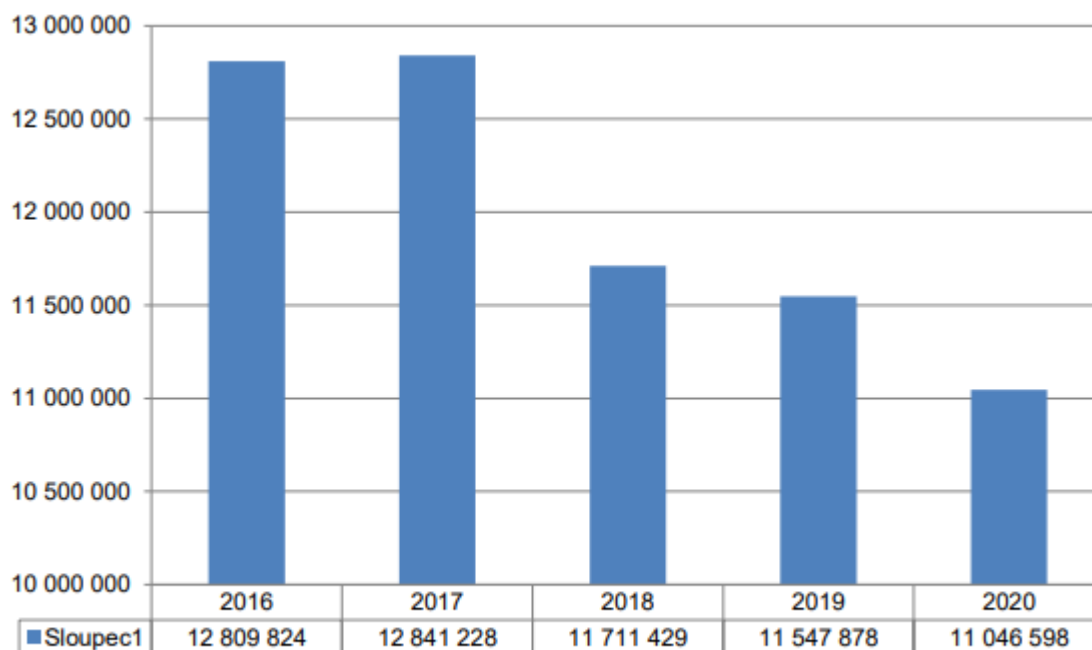
Následuje Program péče o krajinu MŽP „Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny“ ([Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny - Ministerstvo životního prostředí \(mzp.cz\)](#)) v podprogramu „Adaptace nelesních ekosystémů na změnu klimatu podporuje zejména obnovu vegetačního krytu, protierozní opatření, regulaci invazivních druhů, šetrné hospodaření na zemědělské půdě a zachování krajinných prvků.

Na snížení negativních vlivů intenzivního zemědělského hospodaření byl v období 2014-2020 vhodný Program rozvoje venkova MZe „Obnova, zachování a zlepšení ekosystémů souvisejících se zemědělstvím a lesnictvím“ ([Základní informace - Státní zemědělský intervenční fond \(szif.cz\)](#)). Kde byla významná „Agroenvironmentální opatření“, která měla za úkol podpořit způsoby využití zemědělské půdy v souladu s ochranou a zlepšením životního prostředí, krajiny a jejich vlastností, dále pak zachování obhospodařovaných území vysoké přírodní hodnoty, přírodních zdrojů a biologické rozmanitosti a údržbu krajiny. Cílem byla integrace agroenvironmentálních postupů v zemědělství, trvale udržitelné využití zemědělské půdy a zlepšení životního prostředí a krajiny.

Nutnost dalšího omezení aplikace pesticidů je v současnosti v rámci EU diskutována. Porovnání spotřeby pesticidů v ČR a některých zemích EU zobrazuje obr. 15 a porovnání spotřeby POR v ČR v letech 2016-2020 obr. 16. Z grafů je patrný pokles využívání POR v ČR, což je zapříčiněno i rozvojem ekologického zemědělství, ale zřejmě také neustále vzrůstajícími finančními náklady na aplikaci POR, což také přispívá k motivaci na jejich snižování.



Obr. 15: Spotřeba pesticidů v ČR a některých zemí EU (Naše voda, 5.6. 2019)



Zdroj: ÚKZÚZ

Obr. 16: Porovnání spotřeby POR v ČR v letech 2016-2020 (v kg, l) (Výroční zpráva NAP k bezpečnému používání pesticidů v ČR za rok 2020)

Základním agrotechnickým prvkem pro omezení případného negativního vlivu reziduí POR na organismy jsou biopásky. Nařízení vlády č. 330/2019 Sb., resp. metodika k němu vydaná popisují veškeré náležitosti pro vytváření krmných nebo nektarodárných biopásů, na které mohou zároveň zemědělští hospodáři čerpat také dotační podporu ([Metodika NAEKO 2022.pdf \(eagri.cz\)](#)) ([Podopatření biopásky \(eAGRI\)](#)). Z našeho pohledu by však bylo vhodné aktualizovat některé podmínky pro vytváření biopásů, aby došlo k ještě větší motivaci zemědělců a došlo tak k větší mozaikovitosti agrární krajiny a vytvoření lokalit, kde je téměř nulová aplikace POR (využívá se většinou pouze aplikace herbicidu při zakládání biopásku). Myšlenka maximální šíře biopásku je v současnosti 24 m. Toto má jistě svůj význam, výjimkou by měly být lokality, které jsou podmáčené, nebo jinak nevhodné k zemědělskému užívání (např. podél větrolamů nebo ochranných pásem vod), kde by maximální šíře nebyla limitována. Vzhledem k tomu, že v biopásku dochází postupně k poměrně silnému zaplevelení vyseté směsi osiva a celkově je porost na něm poměrně hustý, považujeme za vhodné nahlížet v budoucnosti na biopás také jako na objekt poskytující protierozní opatření a umožnit v tomto smyslu jeho využití s dotační podporou. Doporučujeme také uznat krmné biopásky jako dělicí pásy mezi půdními bloky, kde je v současnosti povoleno pěstovat stejnou plodinu na ploše max. 30 ha. Dále doporučujeme uznat nově jednoleté krmné biopásky o min. šířce 20 m jako ochranná pásma při aplikaci POR při pěstování řepy cukrovky. Těžko lze doporučit přizpůsobení termínu osetí krmným biopásem, který je závislý především na klimatologických podmínkách, aby docházelo k dobrému vzejití osiva. Přesto by však zemědělci měli být upozorněni, aby k osetí docházelo v pozdějších termínech, kdy jsou již odrostlejší

zemědělské plodiny a byl tak využit potenciál biopásu pro živočichy. Zmíněné dotace by měla dostatečně zohledňovat veškeré náklady na tvorbu a údržbu biopásů, např. za PHM nebo osivo (ty se aktuálně výrazně zvyšují), v současnosti by měla být sazba tohoto dotačního programu cca 700 Eur/ha.

Jako další nástroj pro ozdravení zemědělské krajiny z Nařízení vlády č. 75/2015 Sb. lze doporučit „Podopatření zatravňování orné půdy“ ([Metodika AEKO 2022.pdf \(eagri.cz\)](#)) ([Podopatření zatravňování orné půdy \(eAGRI\)](#)). Za vhodné zde považujeme umožnit také tvorbu zatravněných lemů podél polních cest, kde doporučujeme povinnost, místo seče s odklizením biomasy, mulčovat narostlou vegetaci dvakrát ročně a minimální šířku zatravněného lemu 2 m, přičemž použité osivo by schvaloval místně příslušný orgán ochrany přírody.

Další využitelná opatření jsou z Operačního programu životního prostředí MŽP „Ochrana a péče o přírodu a krajinu“ ([Prioritní osa 4 – Operační program Životní prostředí \(opzp.cz\)](#)). Finanční prostředky zde jsou určeny na zastavení poklesu biodiverzity, ochranu ohrožených rostlin a živočichů, zajištění ekologické stability krajiny a na vznik a zachování přírodních prvků v osídlených oblastech. Pro ozdravení zemědělské krajiny lze využít především zpracování Územního systému ekologické stability a založení biocenter a biokoridorů ÚSES a zlepšení jejich stavu.

Za vhodné lze také považovat zařazení krmného ovsa do osevního postupu, kdy je většinou zapotřebí pouze aplikace jednoho herbicidu před výsevem. Využití jeho zrna je však poměrně omezené a soustřeďuje se zejména na chovatele koní, ovcí nebo koz, popř. na myslivce pro příkrmování zvěře v době nouze. U zemědělských hospodářů, kteří zároveň vykonávají právo myslivosti, lze využít také Národní dotace na vybrané činnosti mysliveckého hospodaření na opatření „Políčka pro zvěř“ ([Finanční příspěvky na hospodaření v lesích \(Lesy, eAGRI\)](#)). Při jejich realizaci se při zakládání využije aplikace maximálně jednoho herbicidu, jinak se POR nevyužívají. Po žadateli se požaduje založení nebo údržba zvěřních políček pro zvěř max. 0,5 ha na 100 ha honitby, přičemž minimální výměra je 0,1 ha a maximální 1 ha a kultura nesmí být předmětem komerční zemědělské činnosti a musí sloužit pro zvěř.

Vhodným nástrojem se jeví také umožnit podporu zatravněných polních cest, která by měla směřovat na zakoupení osiva pro osetí, výsev a přisevy při jejich udržování. Složení travní směsi doporučujeme schvalovat místně příslušným orgánem ochrany přírody.

V neposlední řadě lze doporučit zemědělským hospodářům orbu na půdních blocích, čímž dochází ke zlepšení půdních poměrů. Diskutabilní však může být vliv na vlhkostní poměry, kdy při výsevu v suchých měsících (zejména po suchých zimách) je lepší klíčení osiva při podmítce, než při orbě.

Veškeré možnosti čerpání dotací vedoucích k eliminaci vlivu POR na necílové druhy živočichů by měly být propagovány a především každoročně poskytovány zemědělským hospodářům prostřednictvím zpravodajství Státního zemědělského intervenčního fondu, který

by měl poskytovat aktuální informace nejen za resort zemědělství, ale také resort životního prostředí. Pro zlepšení aktuální situace v dané věci se tak nabízí větší spolupráce Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí.

7.2 Podpora biologické ochrany

V rámci redukce používání nevhodných POR, u kterých byl zjištěn vyšší potenciál akumulace reziduí včetně vyšší míry ohrožení z hlediska letálního a subletálního vlivu, je vhodné navrhnout případné alternativní způsoby hospodaření na cílových plochách. Jednou z účinných možností je podpora a využití biologické ochrany. Ta je především zaměřena pro využití biologických metod ochrany rostlin, které bývají výrazně selektivní bez negativního vlivu na necílové organismy. V případě využití pesticidů je nutné pracovat se zásadním pravidlem ochrany proti živočišným škůdcům, jež je cílená usměrněná aplikace ochranných zásahů prováděná pouze v případě výskytu škůdce v míře překračující práh hospodářské škodlivosti, přičemž se ošetření provádí v takovém vývojovém stádiu, které je k pesticidu nejcitlivější, nebo má nejvyšší ochranný efekt. Nezbytnou podmínkou cílených zásahů je monitoring přítomnosti daného škůdce tak, aby byl zásah co nejvíce efektivní. Pro účely biologické ochrany jednoletých polních plodin i trvalých kultur je obecně doporučeno cílené využití pesticidů na bázi přírodních látek či podpora výskytu živých antagonistů k regulaci výskytu škodlivých organismů. Patří sem např. metabolity mikroorganismů či využití biopesticidů z extraktů z rostlin, olejů a dalších bezreziduálních přírodních látek. Další skupinou látek využívanou v biologické ochraně jsou syntetické feromony, sloužící k narušení chemické komunikace mezi pohlavími (metoda dezorientace) či k vychytávání samců (např. proti obalečům a nesytům v ovocných sadech) do lapáků. Nejvýznamnější součástí biologické ochrany je nicméně podpora výskytu makroorganismů, ke kterým patří různé funkční skupiny bezobratlých organismů: predátoři, parazitoidi a paraziti, dále využití mikroorganismů (např. *Bacillus thuringiensis*, abamektiny a spinosiny). Samostatnou skupinou jsou extrakty z rostlin (např. azadirachtin). Dále je vhodné použít biologické preparáty na bázi anorganických látek, jako je např. měď, síra, kaolín, které se často využívají jako ochrana proti houbovým patogenům v ekologickém hospodaření a zároveň mohou mít vliv i na dané skupiny organismů, např. hálčivci, kteří jsou citliví na používání měďnatých přípravků.

V souvislosti s výsledky této metodiky lze navrhnout postupy snižující využití negativně působících POR, které mají potenciál k akumulaci reziduí v životním prostředí na následující jednotlivé směry pro podporu biologické ochrany:

A. Uvážená aplikace POR s využitím šetrných látek

Jak bylo zmíněno výše, je nutné přistupovat k využívání POR v rámci podmínek preventivních a signalizačních opatření, které směřují k celkovému omezení v používání přípravků na ochranu rostlin na minimum. V tomto případě by mělo být používání chemických přípravků až poslední možností, především v případě pokud dojde k náhlému přemnožení škůdce či při rozšíření houbové choroby vlivem abiotických faktorů (počasí, teplota, vlhkost). Jako preventivní a cílenou metodou se jeví využití biopesticidních látek, což jsou přípravky šetrné k životnímu prostředí, užitečným organismům a dostatečně účinné proti cílovým škůdcům. Z tohoto

hlediska má značný potenciál využití botanických pesticidů. Tyto látky mají poměrně dlouhou tradici, a především je zde několik výhod - jsou vysoce selektivní bez negativních vlivů na necílové organismy, bezreziduální a při správné aplikaci (např. vhodná koncentrace a správné aplikační načasování) vykazují vysokou účinnost. Z hlediska metodických návrhů pro využití těchto látek je doporučeno aplikovat přípravky na bázi pyrethrinů extrahovaných z rostliny *Chrysanthemum cinerariaefolium* nebo embelínu extrahovaného z tropického keře *Embelia ribes*, které na škůdce působí okamžitě jako kontaktní a požerový jed s minimálním negativním vlivem na užitečné skupiny bezobratlých organismů (Košulič et al., 2018). Dále je možné využít přípravky z *Derris elliptica*, *Quassia amara*, *Ryania speciosa*, přípravky na bázi *Bacillus thuringiensis* a viru granulózy, které jsou vysoce účinné proti vybraným skupinám hmyzích škůdců, jako jsou motýli, polokřídlí a fytofágní brouci. To může být právě velmi vhodnou náhradou za aplikaci syntetických látek ze skupiny neonikotinoidů, pyretroidů či organofosfátových insekticidů, které mají prokazatelně negativní vliv na necílové organismy s prokazatelně delší persistencí v životním prostředí a jejich minimalizace a omezení v používání POR je dle uvedených výsledků nutná. Dále na základě cílových skupin škůdců a patogenů je vhodné aplikovat rostlinné a živočišné oleje, feromonové přípravky, draselné mýdlo (mazlavé mýdlo) a hydrogenuhličitán sodný fungující jako efektivní fungicidní přípravek, který vykazuje účinnost proti vybraným skupinám houbových patogenů. Mezi rostlinné oleje je doporučeno využívat neem-oil, který obsahuje účinnou látku azadirachtin působící jako odpuzující prostředek. Při přímém kontaktu rovněž narušuje hormonální systémy hmyzu, což ve výsledku omezuje schopnost hmyzu se rozmnožovat a vytvářet nové potomstvo. Některé složky azadirachtinu výrazně narušují trávicí soustavu hmyzu, dochází k nechutenství a hmyz nepřijímá potravu, což způsobí retardaci vývoje a následný úhyn. Všechny tyto zmíněné látky jsou doporučeny v rámci využívání v ekologickém a integrovaném hospodaření, přínosem je jejich efektivita, velmi nízký poločas rozpadu v životním prostředí a možnost využití v rámci preventivních opatření. Nevýhodou mohou být vyšší pořizovací náklady při hospodaření na velké ploše zemědělských kultur, což ale může být při dodržení podmínek ekonomicky vyrovnáno vhodnými dotačními tituly.

B. Výsev a údržba kvetoucích pásů

Toto opatření se zaměřuje pouze na trvalé kultury, jako jsou ovocné sady. V rámci proběhlého výzkumu byla ve sledovaných lokalitách sadů zjištěna celá řada reziduí POR včetně těch, které mají negativní vliv na necílové organismy. Jelikož jsou tyto systémy značně rezilientní, tak podpora přirozených biotických vztahů a interakcí v daném agroekosystému je více než žádoucí a může být alternativní metodou místo využívání syntetických POR, které mají negativní vliv na necílové organismy. Kvetoucí pásy mohou být umístěny v meziřadí, u plotu, podél cest a na jiných místech, kde nepřekáží např. v mechanizaci, údržbě a sběru ovoce. Pro každou lokalitu/region jsou vhodné jiné druhy rostlin – do meziřadí se obecně nedoporučuje dávat rostliny vysoké (komonice, bob) a ani keře. Výběr druhů rostlin závisí na půdně klimatických podmínkách a dostupnosti osiva v dané oblasti (Holý et al., 2017). V univerzální směsi do meziřadí sadu se obecně doporučují následující rostliny: hořčice, svazenka, jetel plazivý, vojtěška, štirovník,

vičenec, mrkev, kmín, řebříček a chrpa luční. Zmíněné rostliny jsou nektarodárné nebo fixují dusík a jsou odolné vůči mechanické kultivaci a používání herbicidů. Zároveň tyto rostliny jsou schopné při vhodných podmínkách vytvořit bohatý podrost, čímž zvyšují heterogenitu prostředí, která je důležitá pro výskyt mnoha různých užitečných organismů podporujících ekosystémové služby, jako jsou opylovači či predátoři škůdců. Je nutné také uvést, že v případě přirozeného výskytu bohatého bylinného podrostu je záměrem usměrňování takového typu hospodaření, tak aby byla druhová bohatost a přítomnost těchto bylin podporována. Jedná se především o přirozený výskyt různých druhů jestřábníků, chrp a zástupců z čeledi bobovitých, kteří na vhodných lokalitách (s menší intenzitou hospodaření) mohou vytvářet poměrně bohatý podrost důležitý pro celou řadu funkčně významných skupin organismů. Na lokalitách s přirozeným výskytem těchto bylin (např. vinice, ekologické sady) není nutné provádět umělý výsev kvetoucích směsí nektarodárných rostlin, ale provádět managementová opatření směřující k podpoře výskytu těchto rostlin (např. kosení a mulč ve vhodném období). Dle již navržených metodik a doporučení (Holý et al., 2017) jsou nektarodárné rostliny nejčastěji umístěny v pruzích uprostřed meziřadí, mezi koly traktoru. Pod koly je vyséván mulčovaný trávník s jetelem plazivým a dalšími druhy snášející sešlapávání a sekání. Cílený výsev nektarodárných rostlin v sadech je jednoznačně potvrzen jako velmi pozitivní s podporou výskytu užitečných organismů. Obecně je již publikována celá řada prací, které potvrzují význam těchto pásů pro biodiverzitu, potažmo podporu přirozených antagonistů škůdců a celkově přirozených interakcí v trvalých kulturách. Díky těmto opatřením pak může docházet k výrazné minimalizaci využívání POR, především neselektivních insekticidů (např. organofosfáty), které mají negativní vliv na necílové organismy. Co se týče následné údržby kvetoucích pásů, tak se obecně doporučuje management typický pro druhově bohaté loutky v prostředí našich lučních biotopů jako je kosení (Jongepierová a Poková, 2006). Rozdíl je pouze v tom, že posečenou biomasu rostlin je vhodné ponechat v sadu, tak aby docházelo k uvolňování živin a tím pádem k obohacování agroekosystému, což může mít pak pozitivní vliv na produkční vlastnosti daného prostředí.

C. Úkryty a umělá zimoviště pro podporu predátorů

Podpora biologické ochrany za účelem zvýšení potenciálu biotických interakcí, a naopak snížení množství využívaných pesticidů může být také provedena formou úpravy biotopu a prostředí. Stejně jako v předešlém bodě (podpora květnatých pásů) se jedná především o management trvalých kultur, které je možné tímto způsobem manipulovat a upravovat. V pravidelně disturbovaných plochách jednoletých polních plodin většinu těchto opatření není možné provést. Jako vhodným prvkem se jeví úkryty, hnízdiště a zimoviště, které jsou nezbytné pro výskyt některých druhů užitečných organismů, jako jsou pavouci a hmyzí predátoři. Z těchto skupin např. škvoři či dravé ploštice nejsou schopné a adaptované na výskyt na stromech s hladkou kůrou (především mladé stromy), kde nemají dostatek úkrytů, stejně tak pavouci a další zástupci přirozených antagonistů potřebují k přežívání nepříznivých podmínek během zimního období různé praskliny, škvíry a podobná mikrostanoviště na kmenech a větvích stromů. Proto je nutné vytvořit takové podmínky, které vytváří předpoklady pro výskyt těchto užitečných druhů, zvýší

predační tlak na potencionální škůdce a ve výsledku tím dojde k minimalizaci potřeby využívání POR v daných typech agroekosystémů. Je zde celá řada možných využití úkrytů, a to především v závislosti na druhu organismu, který chceme v daném prostředí podpořit. Mohou to být např. obrácené keramické květináče vyplněné látkou, netkanou textilií či slámou, což může vytvořit mikrostanoviště a úkryty pro škvory, dravé brouky a ploštice a tím zvýšit jejich početnost a druhovou bohatost. Jak je zmíněno výše, tak i využití kvetoucích pásů může být z tohoto hlediska pozitivní - neposekané a ponechané části vegetace mohou zvyšovat heterogenitu prostředí a vytvářet úkryty pro různé skupiny organismů, nejen hmyzu, ale i například savců jako jsou hmyzožravci (rejsci, ježci), kteří jsou významnými predátory mnoha různých druhů škůdců. Mezi jednoduchou a ekonomicky efektivní metodou patří omotání kmenů a větví stromů lepenkovými pásy (vlnitý karton) během podzimního období. Tato úprava biotopu na vybraných dřevinách vytváří ideální zimoviště pro pavouky rodu *Philodromus* a *Anyphaena*, kteří jsou díky jejich zimní aktivitě schopni významně regulovat početnost různých mšicosavých škůdců jako jsou mery a mšice a tím zapříčinit jejich výraznou redukci ještě před jarním obdobím, kdy právě dochází k množení a populačnímu růstu tohoto škůdce (Michalko et al., 2017). Významná redukce během zimního období s omezením populační gradace v časně jarních měsících může zamezit překročení prahu škodlivosti těchto významných skupin škůdců v daných typech agroekosystémů (Pekár et al., 2015; Gajski a Pekár, 2021). Na základě toho není pak nutné využívat celou řadu neselektivních POR jako jsou pyrethroidy a neonikotinoidy, které se právě používají proti těmto skupinám škůdců ovocných dřevin. Minimalizací v používání těchto POR především v jarních měsících tak dojde k omezení negativního vlivu na necílové organismy a postupné redukci bioakumulací a šíření těchto chemických látek v životním prostředí, tak jak bylo právě potvrzeno v rámci tohoto výzkumu.



Obr. 17: Umělá zimoviště z vlnitého kartonu umístěna na ovocných dřevinách podporují výskyt pavouků listovníků, kteří jsou schopni v zimním období výrazně potlačovat populaci mery hrušňové. Tento typ biologické ochrany může tím pádem výrazně minimalizovat používání rizikových insekticidních látek ze skupin neonikotinoidů či pyrethroidů. (foto: Ondřej Košulič)

D. Ekonomický přínos biologické ochrany pro hospodařící subjekty

Podrobnější ekonomický přínos této metodiky není dostupný, protože na základě zjištěných dat nelze v současné době v souvislosti s procesem minimalizace POR vyčíslit a stanovit přímé a nepřímé ekonomické dopady na hospodařící subjekty. Z doposud získaných dat vyplývá, že je nezbytné uskutečnit další dílčí studie zaměřené na ekonomický efekt využívání biologické ochrany rostlin a dalších postupů minimalizujících používání POR. Na základě recentních výzkumů (např. Hajek a Eilenberg, 2018; Wyckhuys et al., 2020) však lze konstatovat, že ekonomická náročnost využití prostředků směřovaných pro podporu biologické ochrany s podporou přirozených predátorů (např. úkryty a zimoviště z vlnité lepenky pro predátory a parazitoidy) je výrazně ekonomicky výhodnější než plošné používání POR, a to jak chemických, tak i biologických (biopesticidů). Co se týká biologické ochrany (např. využití bioagens a biopesticidů), může být tato metoda, při dodržení všech doporučených postupů, velmi efektivní, ale zároveň také mnohonásobně dražší, a to jak v rámci pořizovacích nákladů, tak i při využití lidské práce než např. jednoduchá podpora výskytu přirozených predátorů škůdců pomocí instalovaných úkrytů či výsadby kvetoucích rostlin (viz výše). Tyto postupy směřované pro minimalizaci používání POR jsou efektivní a ekonomicky výhodné především v ekologickém hospodaření a částečně i v integrované ochraně rostlin (Tschamtker et al., 2005). Nicméně, jak je uvedeno výše, ekonomické kalkulace v souvislosti se snižováním využití POR na základě našich výsledků a doporučení nelze konkretizovat, ale pouze uvést v zobecněném doporučení. Pro kvantifikaci ekonomického modelu pro zemědělské hospodařící subjekty je nutné provést další dílčí studie.

7.3 Podpora krajinných prvků

Funkce krajinných prvků, jimiž jsou přírodní či člověkem vytvořené útvary, může být rozmanitá. Od protierozních opatření, zlepšení hydrických poměrů území až po celkovou podporu ekologické stability území. S poslední funkcí souvisí cílené zvýšení biologické rozmanitosti (biodiverzity), která podporuje autoregulační mechanismy a udržení dynamické rovnováhy agroekosystémů. Takový systém je více rezistentní vůči působení škůdců a patogenů, což se následně promítá do nižší potřeby využívat chemické látky v ochraně rostlin. Podpora tohoto systému pro snížení využívání POR je hlavní myšlenkou trvale udržitelného zemědělství a zároveň moderním přístupem pro zemědělské hospodaření v souvislosti s využíváním metodických pokynů dle Agroenvironmentálně - klimatických opatření a nařízení vlády č. 79/2007 Sb., o podmínkách provádění Agroenvironmentálních opatření ve znění pozdějších předpisů (https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_narizeni-vlady-2007-79-strukturalnopolitika.html).

Obecně lze konstatovat, že čím bude krajina heterogennější, tedy s přítomností různých typů krajinných prvků jako jsou např. meze, remízky, aleje, biokoridory či biopásky propojené s biocentry a pokud bude vytvářen tlak na snižování plochy nutné pro pěstování monokultur, tím více bude docházet ke snižování využití POR v krajině. To by mělo mít za následek potenciální omezení vzniku reziduí a jejich prostupu krajinou a potravními řetězci. Na základě zjištěných výsledků, publikovaných dat a metodik za účelem podpory biodiverzity krajiny lze konstatovat, že postupné

snížování POR v rámci podpory heterogenity krajiny je možným řešením, které je třeba motivovat z dotačních systémů pro hospodařící subjekty. V případě velkoplošného používání POR je nutné brát v potaz potenciální účinnost látky, maximální počet aplikací za rok, antirezistentní strategii i rychlost degradace účinné látky a jejich metabolitů v životním prostředí, tak aby krajinné zásahy a úpravy směřované pro podporu krajinných prvků a heterogenity prostředí mohly být vůbec efektivní v souvislosti s podporou a ochranu biologické rozmanitosti (např. [Kocourek et al., 2015](#)).

7.4 Výběr vhodných prostředků na ochranu rostlin

Dlouhodobě dochází k vývoji nových prostředků na ochranu rostlin. Velké chemické společnosti investují do tohoto vývoje nemalé finanční prostředky. Výstupem jsou pak nové typy POR, které se vyznačují celou řadou pozitivních vlastností. Nové typy POR jsou více účinné (tzn. používá se jich menší množství) a jsou více selektivní při nižší toxicitě na necílové druhy organismů. Zároveň jsou tyto nové typy POR cíleně vyvíjeny jako méně stabilní látky, což má za následek rychlejší rozklad po jejich aplikaci na méně toxické či netoxické produkty. Obecně lze říci, že jsou výrazně potlačeny negativní vlastnosti POR jako je jejich perzistence a bioakumulace, což nepřímě vede i k snížení pravděpodobnosti dálkového transportu a pozitivně přispívá ke zkrácení ochranné lhůty po jejich aplikaci.

Na základě výše uvedeného je doporučováno sledovat vývoj v oblasti nových POR a tyto nové moderní typy POR používat. Při aplikaci je důrazně doporučováno důsledně dodržovat výrobcem uváděné postupy, termíny a koncentrace. Je totiž potvrzeno, že při dodržení metody použití se po skončení ochranné lhůty tyto POR na ošetřovaných plochách již nevyskytují (např. [Bílková et al., 2020](#); [Jaklová et al., 2021](#))

8. Uplatnění metodiky

Metodika je primárně určena zemědělsky hospodařícím subjektům s cílem pomoci při hodnocení používání těchto látek a jejich případné regulaci s minimálním negativním vlivem na necílové druhy organismů. Metodika tak může být využita orgány státní správy ochrany přírody (např. AOPK), ÚKZÚZ a zemědělsky hospodařící subjekty. Metodika může rovněž sloužit jako příručka pro monitoring organismů významných z hlediska fungování agroekosystémů a pro účely stanovení reziduálních látek POR zjištěných v půdě, rostlinách a vybraných skupinách dominantních zástupců bezobratlých a savců v zemědělské krajině ČR. Pro navazující výzkum je dále nutné především identifikovat a objasnit tok a šíření reziduálních látek v krajině a jejich možné působení i na neošetřovaných plochách včetně zjištění původu zakázaných/nedeklarovaných látek určených pro ochranu rostlin. Zároveň doporučujeme zaměřit se na rozpracování doporučených obecných zásad pro minimalizaci aplikace POR.

9. Závěr

V současné době se, nejen česká, krajina potýká s výrazným úbytkem hmyzu i dalších v ekosystému (potravním řetězci) se vyskytujících druhů. Jak naznačuje celá řada nejnovějších studií, jedním z významných důvodů, který hraje roli v otázce úbytku biodiverzity v krajině, je

právě využívání pesticidů (POR), případně další nesprávné zemědělské postupy (nesprávná agrotechnika včetně utužování půdy ad.). I proto se téma vlivu POR na organismy obývající různé agroekosystémy dostává do popředí zájmu. Na významu tak získávají studie zaměřené na tzv. necílové druhy organismů, které jsou nedílnou součástí agroekosystémů a jež mnohdy poskytují nenahraditelné ekosystémové služby. Pro takto zaměřený výzkum je nutné vybrat vhodné modelové skupiny organismů, jež odrážejí svou reakcí (fyziologickou, behaviorální) historický i aktuální stav daného prostředí ve vztahu k aplikaci POR.

Mezi tyto necílové organismy vykazující výraznou odezvu na bioakumulaci reziduí pesticidů patří bezobratlí, ideální modelovou skupinou jsou pak zejména pavouci. Díky jejich začlenění v několika trofických skupinách potravního řetězce a významu coby přirozených antagonistů škůdců jsou velmi vhodnou modelovou skupinou pro podobné studie zaměřené na analýzu vlivu zemědělského hospodaření v jednoletých i trvalých agroekosystémech.

Vhodnou modelovou skupinou živočichů pro monitoring cizorodých látek v tělech obratlovců jsou hlodavci (hraboši, myšice ad.), protože zjevně dobře kumulují tyto látky ve svých orgánech, dají se relativně snadno vzorkovat (pokud nejsou jejich populace zrovna po gradaci) a jsou potravou pro další v ekosystému výše postavené predátory (savci, dravci), navíc jsou zemědělskými škůdci (tudíž se jedná o početné a neohrožené druhy živočichů). Jako vhodné se jeví využití jater a ledvin k analytickému stanovení přítomnosti těchto látek. Pro experimentální laboratorní studie na posouzení vlivu látek využívaných v POR na jejich chování či morfologii ale zřejmě nebudou, s ohledem ke zjištěným výsledkům u potkanů, vhodné. S ohledem na to, že je zájím polní vnímán Světovou zdravotnickou organizací jako bioindikační druh kvality životního prostředí byl také předmětem výzkumu. V jeho organismu byly nalezeny rezidua POR, avšak v menším množství a s ohledem na možnosti projektu u něj nebyly prováděny laboratorní studie na posouzení vlivu POR.

Pro experimentální laboratorní studie vlivu POR na necílové druhy organismů naopak bude vhodné (a výhodné) zaměřit se zejména na bezobratlé, respektive členovce, kteří poskytují v zemědělských kulturách klíčové ekosystémové služby a vykazují významnou odezvu na působení POR. Z hlediska hodnocené skupiny pavouků, byla zjištěna celá řada významných výsledků potvrzujících značný negativní vliv běžně využívaných POR v zemědělství, a to především fungicidů ze skupiny strobilurinů, spiroketalamínů a azolů a insekticidů ze skupiny neonikotinoidů na přežívání a změny v chování těchto bezobratlých predátorů. Zároveň se ukázalo, že v pavoucích se akumuluje velké množství různých pesticidů. To je nejpravděpodobněji zapříčiněno jejich postavením v potravním řetězci a jejich schopností lovit hmyz s vysokou disperzní schopností. To se projevuje i akumulací látek, které nejsou používány na stanovištích a biotopech jejich výskytu. Díky tomu se pavouci jeví jako velmi vhodnou modelovou skupinou pro monitoring toku a šíření reziduí cizorodých látek v zemědělské krajině. Tento fenomén bude hlavním cílem v následujících výzkumných projektech zaměřených na sledování vlivu POR na necílové organismy.

Na základě získaných výsledků předpokládáme, že tato metodika přispěje k další osvětě v rámci strategie cíleného snižování používání POR u dotčených subjektů veřejné správy, odborné

veřejnosti a zejména pak u samotných zemědělských hospodářů (malopěstitelů a především velkých zemědělských podniků) ke kterým by informace měly být šířeny prostřednictvím resortů státní správy.

10. Použité zkratky

AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
GMO	geneticky modifikovaný organismus
HLPC	kapalinová chromatografie
LD ₅₀	označení pro dávku látky podané testovaným jedincům, která způsobí úhyn 50 % testovaných živočichů do 24 hodin od expozice
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NAP	Národní akční plán
OSN	Organizace spojených národů
PHM	pohonné hmoty
POR	prostředky na ochranu rostlin (zahrnující obecně pesticidy a rostlinné regulátory)
SZPI	Státní zemědělská a potravinářská inspekce
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ÚSES	Územní systém ekologické stability
WHO	Světová zdravotnická organizace

11. Citovaná literatura

- Bílková A., Knapová P., Suran P., Skalský M., Nývltová Z., Kwiecien J. (2020): *Metodika minimalizace obsahu reziduí pesticidů u peckovin s využitím ochrany rostlin a dlouhodobého skladování. Certifikovaná metodika*. Holovousy, Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o.
- Boháč J., Moudrý J., Desetová L. (2007): Biodiverzita a zemědělství. *Životné prostredie*, 41: 24–29.
- Buchar J., Růžicka V. (2002): *Catalogue of spiders of the Czech Republic*. Praha, Peres. 349 pp.
- Clearwater R.L., Martin T., Hoppe S. (2016): *Environmental sustainability of Canadian agriculture. Agriculture and Agri-Food Canada*, Ottawa, 155 s.
- Desneux N., Decourtye A., Delpuech J.M. (2007): The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52: 81–106.
- Dvoržáková M. (2020): *Fatka o pesticidech, aneb co o nich asi nevíte....* Praha, Potravinářská komora ČR, 35 s.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2009): Guidance Document on Risk Assessment for Birds & Mammals on request from EFSA. *EFSA Journal* 2009, 7: 1438.
- Gajski D., Pekár S. (2021): Assessment of the biocontrol potential of natural enemies against psyllid populations in a pear tree orchard during spring. *Pest Management Science*, 77: 2358–2366.
- Geiger F., Bengtsson J., Berendse F., et al. (2010): Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11: 97–105.
- Goulson D. (2013): An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50: 977–987.
- Hajek A., Eilenberg J. (2018): *Natural Enemies: An Introduction to Biological Control*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Heroldová M., Bryja J., Zejda J., Tkadlec E. (2007): Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120: 206–210.
- Heroldová M., Michalko R., Suchomel J., Zejda J. (2018): Influence of no-tillage versus tillage system on common vole (*Microtus arvalis*) population density. *Pest Management Science*, 74: 1346–1350.
- Holý K., Falta V., Kovaříková K., Šenk J. (2017): *Podpora výskytu užitečných organismů v sadech. Certifikovaná metodika*. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, 52 s.
- Holý K., Skuhrovec J., Saska P., Papoušek Z. (2020): *Pokles diverzity hmyzu v zemědělské krajině a možnosti jejího zvýšení*. Praha, Česká technologická platforma pro zemědělství, Výzkumný ústav rostlinné výroby, 49 s.
- Jaková P., Kracíková M., Lišková P., Varga M., Bílková A., Suran P., Nývltová Z., Kwiecien J., Portychová L. (2021): *Metodika technologie ochrany jahodníku z hlediska rezistence Botrytis cinerea k fungicidům a minimalizace reziduí v plodech. Certifikovaná metodika*. Holovousy, Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o.
- Jongepierová I., Poková H. [eds.] (2006): *Obnova travních porostů regionální směsí*. Veselí nad Moravou, ZO ČSOP Bílé Karpaty, 104 s.
- Košulič O. (2010): *Porovnání dvou odchytových metod slíďakovitých pavouků (Lycosidae; Araneae) z pohledu využití v bioindikaci*. Diplomová práce, Brno, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. 79 s.
- Košulič O., Vichitbandha P., Pung T., Michalko R. (2018): Lethal and sublethal effects of *Embelia ribes* and two commercial pesticides on a generalist predator. *Journal of Applied Entomology*, 142: 428–436.
- Lacava M., Garcia L.F., Viera C., Michalko R. (2021): The pest-specific effects of glyphosate on functional response of a wolf spider. *Chemosphere*, 12: 77–85.
- Mestre L., Piñol J., Barrientos J.A., Espadaler X., Brewitt K., Werner C., Platner C. (2013): Trophic structure of the spider community of a Mediterranean citrus grove: a stable isotope analysis. *Basic and Applied Ecology*, 14(5): 413–422.
- Michalko R., Košulič O. (2016): Temperature-dependent effect of two neurotoxic insecticides on predatory potential of *Philodromus* spiders. *Journal of Pest Science*, 89: 517–527.
- Michalko R., Pekár S. (2015): The biocontrol potential of *Philodromus* (Araneae, Philodromidae) spiders for the suppression of pome fruit orchard pests. *Biological Control*, 82: 13–20.
- Michalko R., Pekár S., Entling M.H. (2019): An updated perspective on spiders as generalist predators in biological control. *Oecologia*, 189(1): 21–36.
- Michalko R., Košulič O. (2020): The management type used in plum orchards alters the functional community structure of arthropod predators. *International Journal of Pest Management*, 66: 173–181.
- Michalko R., Petráková L., Sentenská L., Pekár S. (2017): The effect of habitat complexity and density-dependent non-consumptive interference on pest suppression by winter-active spiders. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 242: 26–33.

- MZE (2018): *Národní akční plán k bezpečnému používání pesticidů v ČR pro 2018 – 2022*. Ministerstvo zemědělství, 42 s. Dostupné online: https://eagri.cz/public/web/file/670633/NAP_CZ_2018_2022.pdf
- MZE (2020): *Výroční zpráva o plnění NAP ke snížení pesticidů v ČR v roce 2020*. Ministerstvo zemědělství, 45 s. Dostupné online: https://eagri.cz/public/web/file/681090/Vyrocní_zpráva_o_plnění_NAP_k_bezpečnému_používání_pesticidů_v_CR_za_rok_2020.pdf
- Naše voda (2019): *Spotřeba pesticidů v ČR je nižší než v řadě zemí EU*. Dostupné online: <https://www.nase-voda.cz/spotreba-pesticidu-cr-je-nizsi-nez-rade-zemi-eu/>
- Pekár S. (2012): Spiders (Araneae) in the pesticide world: an ecotoxicological review. *Pest Management Science*, 68: 1438–1446.
- Pekár S., Michalko R., Loverre P., Líznavá E., Černecká L. (2015): Biological control in winter: Novel evidence for importance of generalist predators. *Journal of Applied Ecology*, 52: 270–279
- Petcharad B., Košulič O., Michalko R. (2018): Insecticides alter prey choice of potential biocontrol agent *Philodromus cespitum* (Araneae, Philodromidae). *Chemosphere*, 202: 491–497.
- Řezáč M., Pekár S., Stará J. (2010): The negative effect of some selective insecticides on the functional response of a potential biological control agent, the spider *Philodromus cespitum*. *BioControl*, 55(4): 503–510.
- Rohr J.R., Kerby J.L., Sih A. (2006): Community ecology as a framework for predicting contaminant effects. *Trends in Ecology and Evolution*, 21: 606 – 613.
- Samu F., Sunderland K.D., Szinetár C. (1999): Scale-dependent dispersal and distribution patterns of spiders in agricultural systems: a review. *Journal of Arachnology*, 27(1): 325–332.
- Sanchez-Bayo F., Goka K. (2014): Pesticide residues and bees a risk assessment. *PLoS One*, 9(4):e94482.
- Schreiner V.C., Link M., Kunz S. (2021): Paradise lost? Pesticide pollution in a European region with a considerable amount of traditional agriculture. *Water Research*, 188: 116528.
- Shelton J.F., Geraghty E.M., Tancredi D.J., Delwiche L.D., Schmidt R.J., Ritz B., Hansen R.L., Hertz-Picciotto I. (2014): Neurodevelopmental disorders and prenatal residential proximity to agricultural pesticides: the CHARGE study. *Environmental Health Perspectives*, 122: 1103–1109.
- Tscharntke T., Klein A.M., Krüess A., Steffan-Dewenter I., Thies C. (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity — ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8: 857 – 874.
- Vašíčková J., Hvězdová M., Kosubová P., Hofman J. (2019): Ecological risk assessment of pesticide residues in arable soils of the Czech Republic. *Chemosphere*, 216: 479–487.
- Wyckhuys K.A.G., Lu Y., Zhou W., Cock M.J.W., Naranjo S.E., Fereti A., Williams F.E., Furlong M.J. (2020): Ecological pest control fortifies agricultural growth in Asia-Pacific economies. *Nature Ecology and Evolution*, 4: 1522–1530.

12. Seznam příloh

- | | |
|--------------|---|
| Příloha č. 1 | Literární rešerše |
| Příloha č. 2 | Komentář k výsledkům |
| Příloha č. 3 | Komentář k výsledkům z laboratorních pokusů |