



# VĚDECKÝ VÝBOR FYTOSANITÁRNÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

<b>Klasifikace:</b> Draft	<input type="checkbox"/> <i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
Oponovaný draft	<input type="checkbox"/> <i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
Finální dokument	<input type="checkbox"/> <i>Pro oficiální použití</i>
Deklasifikovaný dokument	<input checked="" type="checkbox"/> <i>Pro veřejné použití</i>

Název dokumentu:

**Perspektivy použití biologického hubení plevelů pomocí dvoukřídlých s cílem omezit používání pesticidů**

Poznámka:

VVF-10-03  
Zpracovatel: Dr. Judita Kinkorová, CSc. (Př UK)

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 PRAHA 6 - Ruzyně

Tel.: +420 233 022 324 , fax.: +420 233 311 591, URL: <http://www.phytopsanitary.org>

# Perspektivy použití biologického hubení plevelů pomocí dvoukřídlých s cílem omezit používání pesticidů

JUDITA KINKOROVÁ

*Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta*

---

## Abstrakt

Biologická ochrana proti plevelům je v současném pojetí pokládána za významnou alternativní a doplňkovou metodu regulace plevelů. Její úloha spočívá zejména v ochraně proti plevelům zavlečeným napříč kontinenty bez jejich přirozených nepřátel a jako jediná možná metoda v oblastech, kde je možnost aplikace herbicidů zásadně omezena, nebo zcela vyloučena (např. primární zdroje pitné vody). Podstata biologické ochrany spočívá ve využívání všech možných, kontrolovatelných, biologickými metodami uchopitelných organismů (viry, bakterie, houby, nematoda, hmyz) vedoucích k omezení šíření plevelů. Biologické metody tak splňují náročná kritéria ekologická, ekonomická, etická a společenská.

## Úvod

Plevele patří v zemědělství (i v lesnictví) k velmi významným škodlivým činitelům, působícím značné ztráty na hospodářských rostlinách, které je nutno neustále kontrolovat a všemi dostupnými a ekonomicky i ekologicky a akceptovatelnými prostředky udržovat na požadovaných hladinách. Plevele jako škodlivé činitele konkurují kulturním rostlinám v široké škále parametrů: živiny, vláha, prostor, sluneční energie, a to nejen na orné půdě, ale i pastvinách a loukách a v lesnictví. Kromě toho je mnoho nevyužitelných a nevyužívaných ploch (např. pásy podél silnic a dálnic, skládky, výsypky, apod.), které jsou významným zdrojem množení a šíření plevelů. V současné době nezastupitelnými metodami ochrany proti plevelům jsou chemické metody – herbicidy. Herbicidy tvoří z celkového množství pesticidů více než 40 %. V České republice po roce 1990 razantně klesla spotřeba všech pesticidů, tím pádem i herbicidů a teprve v posledních letech nastává oživení a zvýšení nákupu i aplikace všech pesticidů, a tím také herbicidů. Škody působené každoročně činí celosvětově minimálně 10% ve vyspělých zemích a více než 25% v rozvojových zemích.

Dlouhodobá a intenzivní aplikace herbicidů nezůstala bez negativních následků na životní prostředí. Došlo ke kontaminaci povrchových a podzemních vod, byla nalezena rezidua v půdě, odkud se dostávají do plodin, následně do rostlinných produktů, rezidua byla zjištěna v tělech hospodářských zvířat a odtud se dostávají do potravinářských výrobků ke konečnému spotřebiteli, člověku. Nebezpečí se zvažuje v důsledku vzniku rezistence u některých plevelů k určitým herbicidům, což si vynucuje zvyšování dávek nebo použití razantnějších přípravků, čímž dochází k dalšímu zatěžování agroekosystému. Tento proces tvoří spirálu, která ve svých důsledcích vede ke zvýšené zátěži přirozeného prostředí, a závažným dopadům na lidské zdraví.

Naléhavá nutnost hledání nových účinných, méně toxických a ekologicky šetrných ochranných prostředků, vyvolaná nejen objektivně stavem vysokého množství aplikovaných herbicidů a jejich dopadu na agroekosystém a na lidské zdraví, ale i tlakem veřejného mínění a různých ekologických aktivistických skupin, vede ke hledání nových, alternativních metod ochrany rostlin proti plevelům, která splňují přísná ochranná kritéria, jejichž alternativou je biologická ochrana proti plevelům.

Původně byla v 70. a 80 letech biologická ochrana proti plevelům koncipována jako slibný, nově se rozvíjející obor ochrany rostlin proti plevelům, který odrážel celospolečenskou poptávku a potřebu alternativních metod ochrany proti plevelům splňující ekologický přístup, v souladu s ekonomickými možnostmi. Tyto nové trendy v zemědělství předurčily nezastupitelné postavení biologické ochrany proti plevelům, s jejími specifiky, může být považována za metodu doplňkovou, specificky platnou v určité plodině proti určitému plevelu a zejména mající nezastupitelnou roli v lokalitách, kde je zásadně omezena možnost aplikace jakýchkoliv pesticidů, a tam, kde z finančních důvodů není myslitelný jiný způsob ochrany proti plevelům. A také tam, kde se jedná o zavlečení a nekontrolovatelné šíření plevele a jiná možná ochrana z jakéhokoliv důvodu nepřipadá v úvahu (př. USA a Kanada a několik druhů chrp zavlečených z Evropy bez

svých přirozených nepřátel a nekontrolovatelně se šířících). Tam, kde není možno uvažovat o jiných metodách ochrany jsou biologické metody ochrany proti plevelům levné, ekologicky naprosto neškodné a ve finálním důsledku prospěšné a ekonomicky, ekologicky a z hlediska veřejného mínění naprosto akceptovatelné. Jako metoda se nejlépe uplatní proti plevelům zavlečeným na nové kontinenty, bez přirozených nepřátel.

## Myšlenka biologické ochrany proti plevelům není nová

Původně byla biologická ochrana proti plevelům v 70. a 80. letech minulého století koncipována jako reflexe na obecně se projevující potřebu zdravého životního prostředí a zdravých potravinách. Ve snaze o uplatnění ekologických přístupů k veškeré lidské činnosti byla velká pozornost věnována zemědělské výrobě jako primárnímu zdroji výživy lidstva. Protože ochrana rostlin (zejména proti plevelům) patří k těm lidským aktivitám, které nejvíce zatěžují životní prostředí škodlivými chemickými látkami, je biologická ochrana koncipována jako odlehčující životnímu prostředí od nežádoucích důsledků aplikace chemických látek.

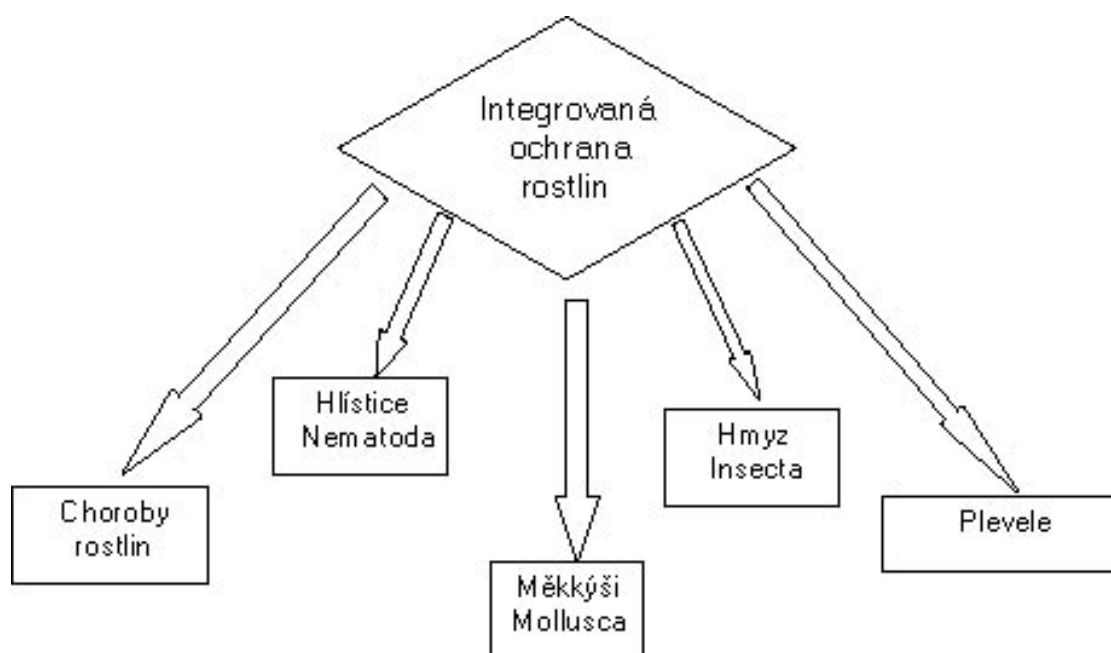
Při posuzování vhodnosti biologické ochrany se nejčastěji setkáváme s parametry srovnávanými je s chemickými. Toto srovnání poskytuje reálný obraz stávajícího stavu biologické ochrany stejně tak jako bohatý materiál na možnosti srovnání účinnosti (resp. efektivity) s jinými možnými ochrannými prostředky.

Předmětem zkoumání biologické ochrany proti plevelům je vztah hostitelské rostliny a jejího fytofága. Podle posledních stávajících odhadů je asi 2 000 druhů plevelů, což je asi jen 2.5 % z celkového počtu druhů rostlinné říše. V biologické ochraně proti plevelům jsou využívány různé živočišné a rostlinné organismy a mikroorganismy. Podle autorů Rosenthal, Madox and Brunetti (1984), je dosud využíváno 225 druhů organismů – bioagens.

## Integrovaná ochrana rostlin a integrovaná regulace plevelů

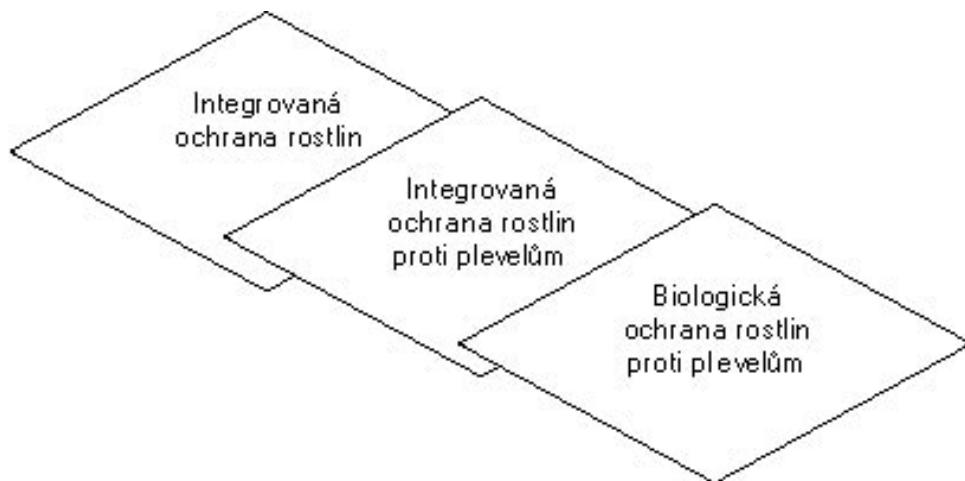
Integrovaná ochrana rostlin (IPM- Integrated Pest Management) proti škodlivým činitelům je souborem ochranných opatření, ekonomicky, ekologicky a toxikologicky přijatelných metod, které vedou k udržování škodlivých činitelů na požadovaných hladinách se záměrným upřednostňováním přirozených regulačních faktorů.

Jednou z nejvýznamnějších složek integrované ochrany rostlin je integrovaná ochrana rostlin proti plevelům, neboť plevele dlouhodobě patří k nejvážnějším škodlivým činitelům, na jejichž chemickou ochranu jsou vynakládány vysoké finanční částky představující více než 40% nákladů vydaných na chemickou ochranu rostlin.



## Co je integrovaná ochrana proti plevelům (IWM – Integrated Weed Management)?

Vychází stejně jako ochrana proti škodlivým činitelům ze stejných principů a zásad tím v případě IPM snaha o minimalizaci používání chemické ochrany tj. herbicidů a současné využívání jiných technik a technologií, které vedou k potlačení šíření plevelů. Jsou jimi např.:



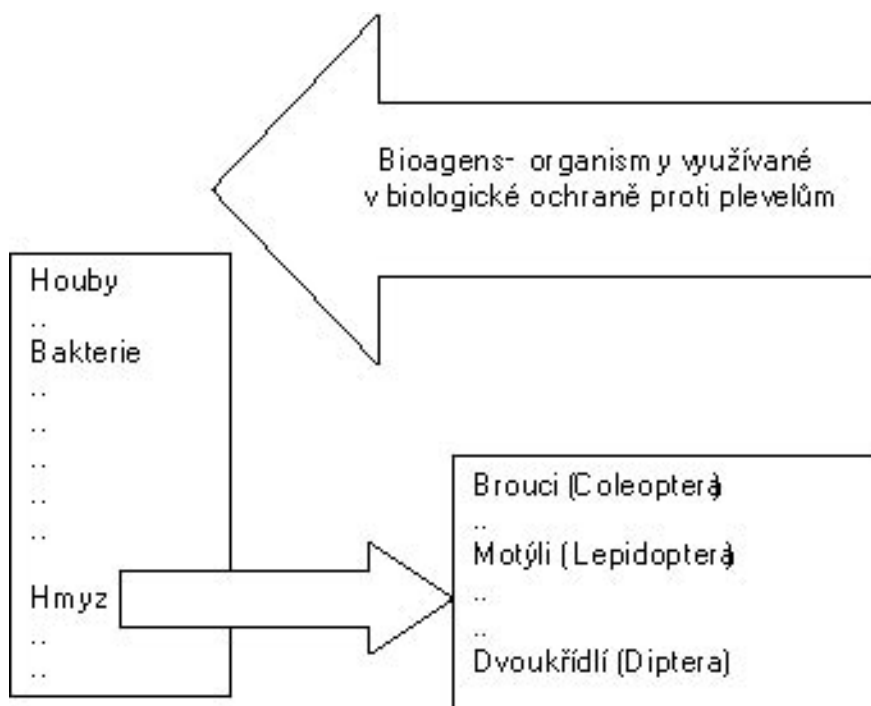
Biologická ochrana proti plevelům (biological weed control) je významnou součástí IWM, která je šetrná k prostředí, energeticky

nenáročná, nenákladná a dlouhodobě přetrvávající po zavedení. Až dosud bylo celosvětově vypuštěno asi 200 bioagens proti 114 plevelům. Jen do USA a Kanady bylo dovezeno 165 bioagens převážně původem z Evropy. V biologické ochraně jsou využívány různé organismy, nejčastěji viry, bakterie, houby, a zejména zástupci nejružnějších hmyzích řádů. 114 zástupců patří do skupiny artropod (hmyzu a roztočů) z celkového počtu všech organismů. Ke klasickým úspěšným zákrokům patří biologická regulace kaktusu *Opuntia spp.* využitím zavíječe *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera, Pyralidae) v Austrálii a třezalky tečkované *Hypericum perforatum* L. s využitím mandelinky *Chrysolina quadrigemina* Suffian (Coleoptera, Chrysomelidae) v Kalifornii. Přestože se hypoteticky více preferuje současné využití více druhů bioagens na jednom cílovém pleveli, 81% všech biologických programů je založeno na využití jednoho druhu bioagens na jednom cílovém pleveli. Podle dosud získaných zkušeností nejlépe se v biologické ochraně proti plevelům představili zástupci tří hmyzích řádů: brouci – Coleoptera, motýli – Lepidoptera, a dvoukřídlí – Diptera.

## Výhody a nedostatky biologické ochrany

Přes výše uvedené pozitivní aspekty biologické ochrany proti plevelům, nemůžeme opomíjet ani rizika: hostitelská specifita bioagens. Většina používaných organismů v biologické regulaci plevelů není původem domácích v místě svého vypuštění. Ačkoliv spektrum jejich hostitelských rostlin je pečlivě studováno v karanténních podmínkách, rozhodně nelze předem odhadnout a otestovat jejich vliv a chování v novém ekosystému,

zejména vzhledem k jiným hmyzím populacím. Z tohoto hlediska je znalost přirozené hostitelské specializace nedostatečná. Stejně tak se nedá předvídat chování bioagens vzhledem k blízkce příbuzným rostlinným druhům v nových podmínkách, z nichž je mnoho příkladů blízké příbuznosti plevelných i hospodářky významných zemědělských rostlin. Jsou známy případy náhodného zavlečení necílového druhu. Současným, velmi aktuálním příkladem může být i druh dvoukřídlého hmyzu *Chaetorellia succinea* (Diptera, Tephritidae), který byl



náhodně a necíleně přivezen jako kontaminant a dodatečně identifikován v populacích záměrně vypuštěného, velmi blízkého druhu *Chaetorellia australis* k potlačení šíření velmi nebezpečných chrp *Centaurea diffusa* a *C. maculosa* v Kalifornii.

Stejně jako biologické činitele (biological control agents, bioagens) i plevely lze z hlediska způsobu jejich regulace různě klasifikovat. Jedním kritériem může být závažnost škodlivosti plevelů, jiným kritériem je délka života tj. jednoleté, dvouleté a vytrvalé. A z hlediska biologické ochrany je to také kritérium systematické: systematické dělení plevelů určuje způsob ochrany. Plevely čeledi složnokvětých (*Asteraceae*) nabízí jako optimální možnost regulace plevelů likvidací semen resp. nažek jako orgánů rozmnožování - jako nejúčinnější. V celosvětovém pohledu hraje velmi významnou roli to, zda je plevel původem domácí nebo introdukovaný – zavlečený.

## Celosvětový význam plevelů

Ochrana kulturních rostlin proti plevelům je nedílnou součástí ochrany rostlin proti škodlivým činitelům. Současný odhad počtu plevelů ve světě činí asi 2 000 druhů ( tj. 2,5% z celkového počtu druhů rostlinné říše; pro ilustraci 95% lidské rostlinné potravy je zajišťováno pouhými 30 druhy rostlin, tj. 0,006% z celkového počtu druhů rostlinné říše. Celosvětové ztráty působené plevely jsou odhadovány na 25% v rozvojových zemích a 10% ve vyspělých státech. Podíl herbicidů z celkového objemu všech používaných pesticidů se odhaduje na téměř 44%. V České republice je odhad ještě vyšší.

V rámci integrované ochrany proti plevelům, která je v poslední době více zaměřena na ekologické a ekonomické pojetí ochrany rostlin, se hledají vedle chemických metod další, které by je doplnily a odstranily některé negativní důsledky jejich použití. Mezi takové patří i metody biologické ochrany proti plevelům, které jsou založeny na využití vztahu plevel (jako hostitelská rostlina) a živočišné a rostlinné organismy a mikroorganismy (jako její regulující faktor). Biologická ochrana proti plevelům je založena na dvou primárních principech: přirození fytofágové mohou omezit populace plevelů a někteří z těchto fytofágů mají omezené spektrum hostitelů.

## Definice biologického boje proti plevelům a definice plevelu

Už v první polovině 80 let se v literatuře začaly objevovat první definice biologické ochrany, které byly vyvolány potřebou specifikovat předmět a metody biologické ochrany (biological weed control). Autoři uvádí definici biologického boje proti plevelům jako záměrné využití organismů jako např. hmyzu, nematod a rostlinných patogenů k potlačení plevelů. Jinak je definován biologický boj jako jedna z technik, která řeší celosvětový problém plevelů, tedy výzkum a využití konzumentů a patogenů plevelů k regulaci jejich populační hustoty. Asi nejvýstižnější definice je uvedena v práci Rosenthal, Maddox a Brunetti (1984), kde biologický boj proti plevelům je chápán jako využití přirozených fytofágů ke snížení jejich populací na úroveň, kde již plevel není ekonomickým problémem.

V česky psané literatuře prošel překlad „biological control of weeds“ vývojem. V 80 letech objevil termín biologický boj, později byl termín boj nahrazen pojmem biologická ochrana a v současné době je nejvíce akceptován překlad biologická regulace plevelů, který nejvýstižněji charakterizuje cíle této metody.

Pro správné pochopení uvedených definic je třeba specifikovat pojem plevel: 1. rostlina nekultivovaná v daném místě, která však roste na obhospodařovaných polích spolu s kulturními rostlinami a tedy jim konkuruje pokud jde o živiny a vláhu, v důsledku toho snižuje úrodu; 2. rostlina nežádoucí z hospodářského hlediska. Jiní autoři podotýkají, že definice plevelu by měla být kompletnější, neboť významné hospodářské plevely mívají některé další vlastnosti, které jsou podstatné z hlediska využití biologických metod ochrany. Z těchto vlastností by bylo třeba uvést: fytoperiodickou neutralitu, brzkou a dlouhou dobu kvetení, schopnost tvorby velkého množství částic generativního množení, většinou nespecifické nebo anemogamní opylování, dlouhou a kontinuální dobu produkce semen a plodů, rozmnožovací částice si zachovávají schopnost klíčení i po několika až mnoha letech. Mnoho plevelů se vyznačuje brzkým a rychlým vzrůstem, hlubokým a bohatě vyvinutým kořenovým systémem, schopností generativního množení, širokou ekologickou valencí, alelopatii, toxicitou pro živočichy, rezistencí vůči herbicidům. Bylo by zjednodušením problému nezdůraznit i některé pozitivní vlastnosti plevelných rostlin. Plevely mohou být zdrojem nebo doplňkem potravy pro opylovače, parazity a predátory jiných škodlivých organismů. Plevely mohou být rezervoárem alternativní kořisti pro



důležité predátory v případě nedostatku a pomáhají tak k udržení populací predátorů. K doplnění je třeba uvést, že jsou druhy rostlin, u nichž je sporné jejich zařazení. Mohou vystupovat jako plevele, ale mají svou hodnotu jako zdroje přirozených přírodních produktů jako např. olejů a medicínálně významných látek. Z hlediska zaměření biologické ochrany je plevelem nekulturní divoce rostoucí rostlina, která způsobuje mnohostranné škody v agroekosystémech. Plevelné rostliny odebírají kulturním rostlinám půdní vláhu a živiny, zastíňují a brzdí růst kulturních rostlin, mnohé plevele podporují šíření chorob a škůdců, mohou znehodnocovat rostlinné produkty a ohrožovat zdraví zvířat a člověka, některé plevele snižují produktivitu práce, ztěžují zpracování půdy, ošetřování porostu v průběhu vegetace i při sklizni, některé jsou parazitické na kulturních plodinách.

## **Postavení biologické regulace plevelů v integrované ochraně proti plevelům**

Postavení biologické regulace plevelů v celkovém systému integrované ochrany rostlin proti plevelům je často diskutováno, zejména ve srovnání s chemickou ochranou.

Jako nevýhody biologické ochrany jsou zdůrazňovány: pomalost účinku, rizika spojená s možností přechodu využívaných bioagens (organismy, které jsou využívány k regulaci plevelů) na jiné rostliny než plevelné. Tato nevýhoda může být eliminována výběrem vhodného bioagens, u nějž možnost přechodu z cílového plevele na kulturní rostlinu taxonomicky příbuznou je prakticky vyloučena. Účinnost a výsledky biologických metod jsou závislé na vnějších vlivech, zejména klimatických, proto vyžadují daleko přesnější určení termínu aplikace.

Jako výhody aplikace biologických metod boje jsou nejčastěji uváděny: netoxičnost, ve srovnání s chemickými metodami nedochází k zatěžování agroekosystému více či méně toxickými látkami a jejich rezidui, která nejenže zůstávají v půdě, dostávají se do povrchových i podzemních vod, ale jsou obsažena i v rostlinách a rostlinných produktech, konzumována hospodářskými zvířaty a konečně v potravinářských výrobcích. Při aplikaci biologických metod dochází také k pomalejšímu vzniku rezistence u plevelů, protože nejde o vznik rezistence k látce o stálém složení a stejném mechanismu působení, ale o vztah dvou skupin živých organismů, které obě mají schopnost adaptace a určité plasticity. Dalším neméně důležitým přínosem je využívání přirozených vztahů v agroekosystémech mezi rostlinami a jejich konzumenty, a tím i přiblížení v poslední době propagovanému pojetí ekologické ochrany rostlin v rámci trvale udržitelného zemědělství. Biologická regulace plevelů je tedy bezpečnou, trvalou a ekologicky nezávadnou metodu ochrany rostlin proti plevelům.

Nejvhodnější je využívat biologické metody ochrany proti plevelům:

1. tam, kde chemická ochrana nedává uspokojivé výsledky;
2. tam, kde jsou chemické prostředky příliš nákladné ve srovnání s použitím bioagens;
3. tam, kde není možné použití chemických prostředků z jakýchkoliv společenských ekologických a etických důvodů.

V diskusích o možnostech využití biologických metod s často objevuje aspekt časové náročnosti výzkumu a finančních nákladů. Byly již vyčísleny finanční náklady a doba potřebná na výzkum u několika úspěšně realizovaných programů. V USA byl vyřešen problém zavlečené třezalky tečkované (*Hypericum perforatum* L.) (*Hypericaceae*) vypuštěním mandelinky (*Chrysolina quadrigemina* Suffr.) (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*). Náklady vynaložené na výzkum činily 750 000 dolarů a každý vložený dolar se vrátil 133x. Výzkum a příprava biologického programu je dlouhá, je třeba až 3 roky (dříve i 10 a více let) na jeden druh plevele a jeden bioagens a náklady 1,1 až 1,3 mil. dolarů. Ve srovnání náklady na vývoj a aplikaci nového chemického herbicidu se uvažuje 15 až 20 mil. dolarů. Pro srovnání, biologický výzkum sice trvá 2,5x déle, ale je zhruba 15x levnější než vývoj nového herbicidního přípravku.

## **Metody biologického boje proti plevelům**

Dnes již klasické rozdělení metod uvažuje tři základní metody biologické regulace plevelů:

1. klasický biologický boj (classical biological control);
2. "augmentation" (znamená v překladu zvětšení, zvýšení);
3. mykoherbicity nebo také "inundative biological control".

S postupujícím vývoje bylo toto klasické rozdělení doplněno a rozšířeno o další ochrany podle aplikačních technik a cíle ochranného zásahu:

1. klasická nebo inokulativní (classical or inoculative) biologická ochrana;
2. "inundative or augmentative" (inundative znamená zaplavení);
3. "conservative" konzervativní biologická ochrana;
4. "broad spectrum" širokospektrální biologická ochrana;

Pojetí klasické nebo inokulativní metody ochrany je u všech autorů shodné: ochrana je zaměřena zejména proti plevelům, které byly do nových oblastí zavlečeny bez svých přirozených nepřátel - fytofágů a spočívá v introdukci přirozeného nepřítele - fytofága z oblastí původu plevele a jeho zdomácnění na cílovém druhu plevele (target weed). Fytofág se pak přirozeně šíří a stane se součástí agroekosystému a jeho populace kolísají v souladu s výskytem a šířením plevele, aniž je třeba jej opakovaně introdukovat. Tato metoda je nejčastěji využívána proti víceletým a vytrvalým plevelům ve víceletých kulturách, na pastvinách apod., které představují relativně stabilní prostředí pro populace přirozených fytofágů po mnoho let. Tato metoda je ze tří (resp. čtyř) uváděných nejstarší, první úspěšný zákrok byl proveden již v roce 1863 proti kaktusu *Opuntia vulgaris* Miller (*Cactaceae*) v Indii s introdukcí jihoamerického červce *Dactylopius ceylonicus* Green (*Homoptera, Dactylopidae*). Od té doby bylo introdukováno v rámci klasického biologického boje proti plevelům více než 200 zástupců různých druhů fytofágního hmyzu.

Druhá metoda "augmentation" znamená:

- a) zvýšení hustoty populací přirozených fytofágů, pokud jde o původem domácí plevele nebo
- b) introdukci přirozených fytofágů, ale na rozdíl od klasického biologického boje se nestávají přirozenou součástí agroekosystému a pro udržení jejich populací na požadované výši je nutno je vypouštět opakovaně. Tato metoda je zaměřena na jednoleté plevele a na využití v jednoletých kulturních plodinách. vyžaduje však opakované vypouštění, jehož předpokladem jsou masové chovy. Tato metoda je tedy náročnější nejen na čas a práci, ale i finančně.

Použití mikrobiálních herbicidů vyžaduje umělé namnožení rostlinných patogenů a podobný způsob aplikace jako u herbicidu. Tato metoda se může uplatnit u původem domácích plevelů, v jednoletých kulturách a v případech, kdy by jiná metoda byla obtížná vzhledem k rychlosti a komplexnosti zásahu. Rostlinný patogen, který je vhodný pro tuto formu biologické ochrany se musí snadno kultivovat v laboratorních podmínkách, musí být vysoce virulentní, nesmí napadat jiné rostliny než je cílový plevel, nesmí být jakýmkoliv způsobem nebezpečný pro člověka nebo jiné organismy a musí být účinný.

Konzervativní biologická ochrana je založena na omezování přirozených parazitů, predátorů a chorob obvykle původem domácích fytofágů na původem domácích plevelích. Širokospektrální biologická ochrana je umělé manipulování populacemi přirozených nepřátel podle potřeby potlačení plevelů (např. využití pasoucích zvířat, velkých vodních savců, ryb, apod.).

## Biologické programy

Při sestavování biologických programů všech výše uvedených metod se vychází ze schematu, který navrhli Rosenthal, Maddox & Brunetti (1984):

1. Je třeba určit, zda pro uvažovaný plevel je vůbec vhodná metoda biologické ochrany. Zda hospodářské škody a náklady na ochranu jsou větší, než jsou odhadované náklady na biologický program a jeho realizaci. Vychází se z předpokladu, že převažuje kritérium ekologické přijatelnosti před ekonomickými náklady, tj. více ze zohledňuje ochrana agroekosystému.
2. Je třeba zvážit, zda uvažovaný plevel je vhodný pro biologickou ochranu z hlediska spektra přirozených nepřátel - fytofágů. Závažným problémem je posouzení nejvhodnějších organismů, které jsou svým ontogenetickým vývojem vázány na cílový plevel.
3. Je třeba studovat biologii a hostitelské vztahy přirozených fytofágů a stanovit, jakým způsobem je bude možno využít.
4. Je třeba experimentálně testovat vybrané přirozené fytofágy-bioagens.
5. Je třeba zhodnotit experimentální výsledky a odhadnout účinnost při jejich využití.

Konkrétní program výzkumu, který předchází introdukci bioagens v klasickém biologickém boji byl vypracován v USA USDA (United States Department of Agriculture):

1. identifikace plevele a odhad škod,
2. tyto informace společně s informacemi z center ochrany proti plevelům, entomologie, rostlinné patologie, karantény, ochrany životního prostředí, zdrojů pitné vody jsou navrženy k posouzení nejen americkým odborníkům, ale i odborníkům sousedních států,
3. následuje výzkum přirozených fytofágů v oblasti původu plevele,
4. z možných kandidátů jsou vybíráni ti, kteří nejvážněji poškozují cílovou plevelnou rostlinu,
5. tyto kandidáti jsou v USA podrobeni několikaletým testům na hostitelskou specifitu. Jsou testovány rostliny botanicky příbuzné, které jsou nabízeny jako alternativní hostitelské rostliny. Dále jsou do těchto testů zařazovány původem domácí rostliny, se kterými se vybraný organismus v místě svého přirozeného výskytu neseťkal.
6. seznam kandidátů, kteří vyhověli testovacím zkouškám je předložen stát. karanténní komisi k posouzení,
7. poté je bioagens vypouštěn v relativně izolovaných lokalitách a sledován účinek a chování v nových podmínkách,
8. odstraněním izolačních bariér se uvolní další, již přirozené šíření.

V uvedeném schématu tvorby biologického programu jsou již naznačeny některé aspekty výběru a testování jak plevele, tak jeho možných bioagens. Při výběru plevele pro biologickou ochranu jsou rozhodující kromě ekonomických a ekologických aspektů i některé vlastnosti biologické.

Na konkrétním příkladu bodláku rodu *Carduus spp.* (*Asteraceae*) se uvádí, že je často nepraktické nebo příliš nákladné jeho mechanické a chemické potlačování, že byl zavlečen do nového prostředí bez svých přirozených fytofágů, je obvykle dvouletý, vytváří husté populace přetrvávající na jednom místě několik let, není blízce příbuzný s významnými kulturními rostlinami, pro člověka nemá jiný význam než jako plevel.

Stěžejním úkolem při tvorbě biologického programu je zjištění celého spektra přirozených fytofágů plevele, které může být překvapivě obsáhlé: např. seznam organismů vázaných svým vývojem na bodláky rodu *Carduus spp.*, ten obsahuje 350 druhů fytofágního hmyzu a 42 houbových patogenů.

Při výběru možných hmyzích kandidátů-fytofágů na biologickou ochranu se vychází z informací:

- a/ taxonomických,
- b/ o rozšíření a kvantitě výskytu,
- c/ bionomických (hostitelská spektra všech vývojových stupňů agens, které části rostlinného organismu poškozují; zda kořenový systém, asimilační aparát nebo generativní orgány, a jakým způsobem; poškození mohou být: minování v pletivech listů, tvorba hálek na všech částech rostlinného organismu, sání, žír, apod.),
- d/ o hostitelských rostlinách,
- e/ o parazitech a predátorech uvažovaného bioagens,
- f/ dalších faktorech mortality v závislosti na některých faktorech abiotických.

Jednotný postup při výběru kandidátů v literatuře navržen není, protože každý případ je svým způsobem specifický a stále se objevují nové studie s novými podněty. Většina autorů vychází ze schématu pro hodnocení zástupců hmyzu pro možnosti biologické regulace, které navrhl Zwölfer (1976):

- a/ hostitelské spektrum (monofág, oligofág, polyfág),
- b/ poškození způsobená přímo,
- c/ poškození způsobena nepřímo (zprostředkovaně), např. penetrace rostlinných pletiv při sání nebo kladení se stávají vstupní branou pro různé mikroorganismy,
- d/ růstová stadia rostliny, která jsou napadána a jak dlouho v nich fytofág během svého vývoje setrvává,



e/ způsob napadení hostitelské rostliny,

f/ počet generací,

g/ plodnost samic, průměrný počet nakladených vajíček,

h/ různé faktory mortality,

i/ kompatibilita s jinými bioagens, tj. schopnost vývoje s jinými bioagens na téže

hostitelské rostlině, aniž by si oba organismy výrazně konkurovaly,

j/ geografické rozšíření,

k/ důkaz účinnosti jako bioagens.

Každá z uvedených položek je bodově hodnocena a pro uznání jako možný bioagens musí každý testovaný druh hmyzu je hodnocen. Pro určitý plevel je tak získána řada bioagens, kteří více nebo méně vyhovují daným kritériím, a na jejichž základě je přistoupeno buď k dalším testům, nebo je bioagens zamítnuto jako nevhodný.

## Biologický regulace plevelů s využitím rostlinných patogenů

Biologická regulace plevelů využívající rostlinné patogeny patří k mladším, ale velmi slibným možnostem. Využívání zejména houbových patogenů plevelů bylo dlouho podceňováno, i když dnes již klasický příklad úspěšného zásahu byl proveden před více než 35 lety. Tímto známým příkladem je zásah proti radyku sítinovitému (*Chondrilla juncea* L.) (*Asteraceae*), který byl zavlečen do Austrálie kolem roku 1910 a "unikl" tak svým přirozeným nepřítelům. V roce 1971 byl z Evropy dovezen vysoce virulentní kmen rzi *Puccinia chondrillina* Bubak & Syd, který zdecimoval stav radyku na jednu setinu původního stavu. V roce 1975 byl stejně úspěšný zásah proveden v USA. Z biologických metod jsou při využívání rostlinných patogenů uplatňovány:

### Klasický biologický boj:

(příkladem je *Puccinia chondrillina* proti *Chondrilla juncea*) a další uvedeny jen v přehledu:

1. *Puccinia jaceae* Otth. a *Puccinia centaureae* DC. proti chrpě rozkladitě *Centaurea diffusa* Lam. v USA a Kanadě,
2. *Puccinia carduorum* Jacky proti bodlákům rodu *Carduus* spp., opět v USA
3. *Puccinia punctiformis* (Str.) Rohl. a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary proti pcháči osetu *Cirsium arvense* (L.)
4. *Albugo tragopogi* (Pers.) S. F. Gray, *Puccinia coronata* Corda, *Puccinia graminis* Pers., *Puccinia recondita* Rob. ex. Desm., *Urocystis agropyri* (Preuss) Schroet., jako bioagens proti *Agropyron repens* (L.) Beauv.

### Druhou využívanou metodou jsou mikrobiální herbicidy.

Mykoherbicidy musí být aplikovány opakovaně, a proto vyžadují vyšší náklady na masovou produkci, skladování, aplikační techniku apod. V současné době jsou mezinárodně registrovány tři nejvýznamnější přípravky: "De Vine" založený na využití patogena *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler proti pleveli *Morrenia odorata* (Hook & Arn.) Lindl. (*Asclepiadaceae*) na Floridě v citrusových sadech a *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. f. sp. *aeschynomene* registrovaný pod jménem "Collego" proti *Aeschynomene virginica* (L.) B. S. P. (*Leguminosae*) v kulturách rýže a soji, stejně tak BioMal (*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *malvae*). Náklady spojené s použitím mykoherbicidů jsou srovnatelné s náklady na chemickou ochranu herbicidy, ale na rozdíl od nich mají užší spektrum účinku, proto je nepravděpodobné, že by chemické herbicidy nahradily, ale mohou být vhodnou doplňkovou metodou.

## Biologický boj proti plevelům s využitím zástupců fytofágního hmyzu

Využívání hmyzu při omezování plevelů patří k nejstarším metodám v historii biologické regulace plevelů a v současné době k nejužívanějším. Pravděpodobně prvním úspěšným pokusem bylo využití červce *Dactylopius ceylonicus* Green (*Homoptera*, *Dactylopidae*) v jižní Indii kolem roku 1860 zaměřené na omezení výskytu kaktusu *Opuntia vulgaris* Miller (*Cactaceae*).

Z uvedených metod jsou nejčastěji využívány klasický biologický boj a zvyšování hustoty populací, přičemž práce popisující tvorbu jednotlivých biologických programů (obecné schema uvedli Rosenthal, Maddox & Brunetti (1984)), odráží současný stav vývoje biologických programů. Výrazně převládají práce zaměřené na studium spektra zástupců hmyzu na cílovém plevele se zdůrazněním možných bioagens, méně je prací popisujících testování vybraných organismů a realizaci navržených programů.

Studie o spektrech zástupců fytofágního hmyzu na významných plevelech (*Xanthium strumarium* L. a *Xanthium spinosum* L., *Agremone corymbosa* Greene a *Agremone munita* Durand and Hilgard, *Hymenoclea salsola* Torrey & Gray, *Cirsium* spp., *Potentilla norvegica* L. a *Potentilla recta* L., *Stellaria media* (L.), *Stellaria graminea* (L.), *Galinsoga ciliata* (Rafinesque) Blake, *Galinsoga parviflora* Cavanilles, *Lantana* spp. *Baccharis halimifolia* L., *Senecio jacobaeae* L., *Artemisia absinthium* L. a další) patří k těm nejdůležitějším.

Dosud nejkompexnější prací o spektru hmyzích škůdců na evropském kontinentě a na Středním Východě zpracovali Pemberton & Hoover (1980). Ve dvou souborech uvádějí u 71 druhů (23 rodů) plevelů jejich potencionálního bioagens a opačně u každého možného bioagens (celkem 351 druhů hmyzu z 91 čeledí) spektrum jeho hostitelských rostlin.

Jedním z nejúspěšnějších zásahů v historii biologické regulace plevelů bylo výrazné omezení třezalky tečkované *Hypericum perforatum* L. (*Hypericaceae*) v USA, Kanadě a na Novém Zélandu. Proti třezalce byly vypuštěny (v Kalifornii v roce 1945) dvě mandelinky: *Chrysolina quadrigemina* (Suffr.) a *Chrysolina hyperici* (Forst.) (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*). V Kalifornii tak došlo během tří let k omezení rozlohy původně zamořené třezalkou na 1% původní rozlohy, v Kanadě na méně než 2% .

Velkou skupinou plevelů, jimž je ve světě věnována pozornost, tvoří plevele vodních cest: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. (*Pontedriaceae*) a *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. (*Amaranthaceae*). Využití bioagens *Nechoetina bruchi* Hustache, *N. eichhorniae* Warner (*Coleoptera*, *Curculionidae*), *Sameodes albiguttalis* (Waren) a *Acigona infusella* (Walker) (*Lepidoptera*, *Pyralidae*), *Vogtia malloi* Pastrana (*Lepidoptera*, *Phycitinae*) a *Agasicles hygrophila* Selman & Vogt (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*) významně přispělo k jejich lokalizaci a omezení šíření.

Nejvýznamnější čeleď plevelů je čeleď složnokvětých (*Asteraceae*) plevelů. Pcháč oset, *Cirsium arvense* (L.) Scop. (*Asteraceae*), je celosvětově rozšířeným plevem a o jeho omezení s využitím mandelinky *Altica carduorum* Guérin-Maneville (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*) se pokusili v Kanadě. Velká parazitace vajíček a nízké teploty v průběhu zimy však znemožnily úspěšnou aklimatizaci této mandelinky v nových podmínkách. Další pokus byl proveden s nosatcem *Ceutorhynchus litura* (F.) (*Coleoptera*, *Curculionidae*), ale jeho nízká reprodukční kapacita neumožnila jeho širší využití. Jako výhodnější destruktor tohoto pcháče byl zjištěn nosatec *Rhinocyllus conicus* (Froelich) (*Coleoptera*, *Curculionidae*), který je již úspěšně využíván proti širokému spektru bodláků rodu *Carduus* spp. (*Asteraceae*) v USA. Z řádu ploštic *Heteroptera* byl laboratorně testován druh *Tingis ampliata* H.-S. (čeleď *Tingidae*) pro možnou introdukci do Kanady. Samice však kladly sterilní vajíčka, a proto tato síťnatka nebyla doporučena k vypuštění. Plevelné druhy bodláků a pcháčů rodu *Carduus* a *Cirsium* jsou proto všude ve světě intenzivně studovány.

Velkým problémem v severní Americe jsou zavlečené chrpy z Evropy: chrpa rozkladitá *Centaurea diffusa* Lam. a *Centaurea maculosa* Lam. (*Asteraceae*). Tyto chrpy jsou středem pozornosti při hledání bioagens v místech jejich původu, tj. Itálie, Řecko a Turecko. Z celkového počtu 49 bioagens, již byli někteří vypuštěni a stali se úspěšnými destruktory obou chrp. V evropském centru pro biologický boj proti plevelům v Delémontu testovali pro obě chrpy obaleče *Agapeta zoegana* (L.) (*Lepidoptera*, *Cochylidae*). Protože obaleč vyhověl všem základním požadavkům, byl v roce 1984 vypuštěn v USA a Kanadě. Dalším slibným kandidátem biologické ochrany v laboratorních pokusech pro biologický boj proti chrpě *Centaurea diffusa* Lam. je krasec *Sphenoptera* (*Chilostetha*) *jugoslavica* Obenb. (*Coleoptera*, *Buprestidae*) tento krasec napadá kořenový systém obou chrp.

Kromě zemí, které jsou na poli biologického boje proti plevelům velmocemi (USA, Kanada, Austrálie), se objevují informace ze zemí, kde je vývoj biologických metod a programů v počátcích. Problematiku zejména parazitických plevelů rodu *Cuscuta* spp., *Orobanche* spp. a *Striga* spp. na Blízkém východě. V Číně jsou dokončovány testy na výběr vhodných bioagens proti parazitickému plevelu rodu *Cuscuta* spp. V Mexiku jsou testováni vybraní kandidáti z 28 druhů fytofágních blanokřídlých - Hymenopter proti šesti nejrozšířenějším plevelům. V jižní Africe jsou sledovány příčiny menší účinnosti zavíječe *Cactoblastis cactorum* (Berg) (*Lepidoptera*, *Phycitidae*) proti opuncii *Opuntia* spp. (*Cactaceae*), ve srovnání s dosaženými výsledky v Austrálii.

Počty vypuštěných druhů bioagens a cílových druhů plevelů v pěti zemích s nejvyšším zastoupením biologické kontroly plevelů, koncem 90 let:

Země	počet vypuštěných druhů bioagens	počet druhů cílových plevelů
USA a Havaj	130	54
Austrálie	123	45
Jižní Afrika	61	28
Kanada	53	18
Nový Zéland	24	15

Nový směr v biologické regulaci plevelů je využívání hálkotvorných druhů hmyzu. Akát *Acacia longifolia* (Andr.) Willd. (*Fabaceae*) byl v jižní Africe zásluhou hálkotvorné chalcidky *Trichilogaster acaciaelongifoliae* (Froggatt) (*Hymenoptera, Pteromalidae*) zredukován během jednoho roku o 89%. Tento směr biologického boje se jeví jako velmi perspektivní, protože endoparazit nutí hostitelskou rostlinu z vlastních energetických zdrojů tvořit hátku (jde tedy o nepřímý vliv), která rostlinu oslabuje a nutí k tvorbě vegetativních orgánů na úkor generativních.

Jak bylo v úvodní části zmíněno, k nejvýznamnějším hmyzím řádům patří v biologické ochraně řády: *Lepidoptera* – motýli, *Coleoptera* – brouci a *Diptera* – dvoukřídlí.

Následující tabulka uvádí z 351 druhů hmyzu různých řádů, které mohou být zahrnuty do skupiny potenciálních bioagens k regulaci 71 plevelů evropského původu, jen druhy čeledi řádu *Diptera* – dvoukřídlého hmyzu:

#### **Agromyzidae – vrtalkovití**

<i>Liriomyza letigenis</i> (Hendel).....	<i>Senecio jacobaea</i> L.
<i>Liriomyza strigata</i> (Meigen).....	<i>Senecio aquaticus</i> Hill
<i>Melanagromyza aeneoventris</i> (Fallén).....	<i>Senecio jacobaea</i> L.
<i>Melanagromyza dettmeri</i> Hering .....	<i>Senecio aquaticus</i> Hill
<i>Melanagromyza eupatorii</i> Hering .....	<i>Senecio jacobaea</i> L.
<i>Melanagromyza near triplii</i> Spencer .....	<i>Senecio aquaticus</i> Hill
<i>Ophiomya senecionina</i> Hering .....	<i>Senecio jacobaea</i> L.
<i>Phytomyza probably horticola</i> Goureau .....	<i>Centaurea calcitrapa</i> L.
.....	<i>Linaria</i> spp.

#### **Anthomyiidae - květilkovití**

<i>Hylemya brassicae</i> (Wiedemann) .....	<i>Senecio jacobaea</i> L.
<i>Hylemia radicum</i> (L.) .....	<i>Carthamus tinctorius</i> L.
.....	<i>Senecio jacobaea</i> L.
<i>Hylemia</i> sp. ....	<i>Tamarix</i> sp.

#### **Anthomyzidae - hloubilkovití**

<i>Anthomyza gracilis</i> Fallén .....	<i>Centaurea jacea</i> L.
--	---------------------------

#### **Calliphoridae - bzučivkovití**

<i>Bufolucilia silvarum</i> (Meigen) .....	<i>Senecio jacobaea</i> L.
--	----------------------------

#### **Chamaemyiidae**

<i>Leucopis</i> sp. ....	<i>Centaurea nicaeensis</i> Allioni
<i>Leucopis</i> sp. ....	<i>Linaria</i> sp.

**Chloropidae - zelenuškovití**

<i>Oscinella frit</i> (L.) .....	<i>Centaurea jacea</i> L.
<i>Polydodaspis ruficornis</i> (Marquart) .....	<i>Centaurea jacea</i> L.
<i>Thaumatomyia sulcifrons</i> (Becker) .....	<i>Centaurea repens</i> L.

**Drosophilidae - octomilkovití**

<i>Drosophila funebris</i> (Fabricius) .....	<i>Cynara scolymus</i> L.
--	---------------------------

**Lonchopteridae - mušenkovití**

<i>Lonchoptera furcata</i> (Fallén) .....	<i>Centaurea nicaeensis</i> Allioni
---	-------------------------------------

**Muscidae - moučovití**

<i>Fannia</i> sp. ....	<i>Senecio jacobaeae</i> L.
------------------------	-----------------------------

**Otitidae - čelnicovití**

<i>Timia xanthaspis</i> (Loew) .....	<i>Centaurea repens</i> L.
--------------------------------------	----------------------------

**Phoridae - hrbilkovití**

<i>Phoria</i> sp. ....	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scopoli
------------------------	-------------------------------------

**Sarcophagidae - masařkovití**

<i>Sarcophaga</i> sp. ....	<i>Centaurea jacea</i> L.
----------------------------	---------------------------

**Syrphidae - pestřenkovití**

<i>Eumerus strigatus</i> Fallén .....	<i>Centaurea repens</i> L.
<i>Eumerus</i> sp. ....	<i>Senecio jacobaeae</i> L.
<i>Paragus</i> sp. ....	<i>Linaria</i> sp.
<i>Sphaerophoria rueppeli</i> Wiedemann .....	<i>Senecio jacobaeae</i> L.

**Tachinidae - kuklicovití**

<i>Voria ruralis</i> (Fallén) .....	<i>Cynara cardunculus</i> L.
-------------------------------------	------------------------------

**Tephritidae - vrtulovití**

<i>Acanthiphilus helianthi</i> (Rossi) .....	<i>Carthamus lanatus</i> L.
.....	<i>Centaurea lanata</i> L.
.....	<i>Centaurea caurelescens</i> Willden.
.....	<i>Centaurea calcitrapa</i> L.
.....	<i>Centaurea jacea</i> L.
.....	<i>Centaurea maculosa</i> Lamarck
.....	<i>Centaurea napifolia</i> L.
.....	<i>Centaurea nicoaensis</i> Allioni
.....	<i>Centaurea paniculata</i> L.
.....	<i>Centaurea scolymus</i> L.
.....	<i>Onopurdum</i> spp.
<i>Cheatorellia</i> sp. ....	<i>Carthamus tinctorius</i> L.
.....	<i>Centaurea amara</i> L.
.....	<i>Centaurea jaceae</i> L.
<i>Chaetostomella cylindrica</i> .....	<i>Centaurea nigra</i> L.
.....	<i>Centaurea pseudophrygigia</i> L.
.....	<i>Centaurea scabiosa</i> L.
.....	<i>Centaurea</i> sp.
.....	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scopoli



<i>Terellia colon</i> (Meigen) .....	<i>Centaurea scabiosa</i> L.
<i>Orellia falcata</i> (Scopoli) .....	<i>Centaurea jaceae</i> L.
<i>Terellia (Cerajocera) lappae</i> (Cederhjelm) .....	<i>Onopordum tauricum</i> Willdenow
.....	<i>Onopordum sp.</i>
<i>Orellia punctata</i> (Schrank) .....	<i>Centaurea schaerocephala</i> L.
<i>Oxya nebulosa</i> (Wiedemann) .....	<i>Senecio jacobaeae</i> L.
<i>Campiglossa tessellata</i> (Loew) .....	<i>Centaurea nicaensis</i> Allioni
<i>Tephritis postica</i> (Loew) .....	<i>Onopordon tauricum</i> Willdenow
.....	<i>Onopordon sp.</i>
<i>Terellia fuscicornis</i> (Loew) .....	<i>Cynara scolymus</i> L.
<i>Terellia longicauda</i> (Meigen) .....	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Tenore
.....	<i>Cirsium eriophorum</i>
<i>Terellia serratulae</i> (L.) .....	<i>Centaurea sp.</i>
.....	<i>Centaurea stoebe</i>
<i>Terellia virens</i> (Loew) .....	<i>Centaurea maculosa</i> Lamarck
<i>Trupanea stellata</i> (Fuessly) .....	<i>Senecio jacobaeae</i> L.
<i>Urophora affinis</i> (Frauenfeld) .....	<i>Centaurea maculosa</i> Lamarck
<i>Urophora cuspidata</i> (Meigen) .....	<i>Centaurea scabiosa</i> L.
<i>Urophora jaceana</i> (Hering) .....	<i>Centaurea nigra</i> L.
<i>Urophora quadrifasciata</i> (Meigen) .....	<i>Centaurea jaceae</i> L.
.....	<i>Centaurea maculosa</i> Lamarck
.....	<i>Centaurea amara</i> L.
.....	<i>Centaurea calcitrapa</i> L.
.....	<i>Centaurea diffusa</i> Lamarc
.....	<i>Centaurea jaceae</i> L.
.....	<i>Centaurea nicaeensis</i> Allioni
.....	<i>Centaurea scabiosa</i> L.
<i>Urophora stylata</i> (Faricius) .....	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scopoli
.....	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Tenore
.....	<i>Cirsium sp.</i>

## Biologická regulace plevelů s využitím zástupců čeledi vrtulovitých (*Diptera, Tephritidae*)

Jednou z nejvýznamnějších jak vyplývá z předcházející tabulky (a nejzajímavějších) čeledí hmyzu využívaných v biologické regulaci plevelů jsou zástupci dvoukřídlého hmyzu čeledi vrtulovitých (*Diptera, Tephritidae*).

Mnoho druhů z čeledi Tephritidae patří k závažným hospodářským škůdcům (druhy rodů *Dacus, Ceratitits, Rhagoletis*), kteří byli dříve středem zájmu výzkumu čeledi, a pozornost ke druhům vyskytujícím se na plevelích se obrací až v průběhu 60.-70. let, kdy se začínají tvořit první biologické programy na omezování plevelů. Stejně jako u ostatních hmyzích bioagens odrážejí i v tomto případě literární údaje tři úrovně vývoje biologických programů: od základního výzkumu (který je zaměřen na získání základních informací o cílovém pleveli a spektru fytofágních vrtulovitých na něj svým vývojem vázaných) přes aplikovaný (testování vybraných druhů) až po jejich realizaci.

Je mnoho zemí z různých geografických oblastí studií, kde se zabývají spektrem vrtulovitých na plevelích: bývalý Sovětský svaz, Evropa a Střední Východ, Kréta, kde bylo zjištěno 36 druhů vrtulovitých na 47 hostitelských rostlinách; Velká Británie, Kanada a Austrálie.

Jedny z prvních laboratorních testů na spektrum hostitelských rostlin byly provedeny v Kalifornii ve spolupráci s evropským centrem biologické ochrany proti plevelům v Delémontu. Testováno bylo spektrum hostitelských rostlin vrtule *Urophora siruna-seva* (Hg.), která se zdála být výhodným bioagens proti chrpě *Centaurea solstitialis* L. (*Asteraceae*) v Kalifornii. Výsledky testů prokázaly vhodné vlastnosti druhu pro využití v biologické ochraně: úzké spektrum hostitelských rostlin z rodu *Centaurea*, vývoj larev v květenstvích spojený se stimulací hostitelské rostliny k tvorbě hálek, a tím snižování možnosti generativního množení a schopnost vývoje na jedné hostitelské rostlině spolu s jinými druhy vrtulovitých např. z rodu *Chaetorellia*.

Bylo zjištěno, že jedna larva v květenství je schopná zredukovat počet nažek až o 50%. Problém však byla nízká hustota populací, takže v celku na sledovaném území byla sledovaná populace schopna zredukovat počet nažek jen o 15-20%. Přesto byl tento druh vypuštěn v Kalifornii s tím, že bude doplněn dalšími vhodnými druhy.

Na konci 90 let došlo k vypuštění druhu *Chaetorellia australis* Hering. Při následném hodnocení účinnosti bylo zjištěno, že úspěšně se šířícím se druhem je velmi blízce příbuzný druh *Chaetorellia succinea* (Costa), který byl náhodně a necíleně přivezen jako kontaminant a dodatečně identifikován v populacích záměrně vypuštěného, velmi příbuzného druhu *Chaetorellia australis*, který plně a dokonce úspěšněji nahradil.

Úspěšně dopadl i další realizovaný program s vypuštěním hálkotvorného druhu *Urophora affinis* Frfld. Tento druh byl vypuštěn ve státě Montana v USA v roce 1973 k potlačení šířící se chrpy *Centaurea maculosa* Lam. Populace druhu *U. affinis* úspěšně přezimovaly a šířily se z místa vypuštění, dobře dopadla i synchronizace ontogenetického vývoje s růstovými fázemi hostitelské rostliny, byla zjištěna i druhá generace v témže roce. V roce 1984-1985 byl tento program biologického boje v USA rozšířen na další nebezpečně se šířící chrpu *Centaurea diffusa* Lam. a další druh vrtulovitých *Urophora quadrifasciata* (Meig.). Podařilo se tak omezit vývoj nažek obou chrp o 80-90%. tento program přesáhl hranice USA do jižních oblastí Kanady. Pokles produkce nažek na 1m<sup>2</sup> byl z 25 000 na 1 500. Výsledky v Kanadě však nebyly tak jednoznačné, a proto se uvažuje o introdukci dalších destruktůrů těchto plevelů.

Studie bionomie druhů *U. affinis* a *U. quadrifasciata* pro možnosti využití v biologickém boji ukazují, že si tyto druhy vzájemně nekonkurují a z hlediska biologické ochrany se dokonce doplňují. *U. quadrifasciata* má obligátně 2 generace do roka, zatímco *U. affinis* jen výjimečně. Samice druhu *U. quadrifasciata* kladou vajíčka později do otevřenějších květenství (mají delší kladélko), samice *U. affinis* kladou vajíčka dříve, do uzavřenějších květenství (mají kratší kladélko). Ani larvy si potravně nekonkurují, larvy *U. quadrifasciata* se živí vyvíjejícími se květy a později nažkami, v nichž tvoří izolované háčky a larvy druhu *U. affinis* se živí pletivy květního lůžka a stimulují hostitelskou rostlinu k tvorbě hálek.

Dalším významným hálkotvorným druhem využívaným v biologické ochraně proti plevelům je *Urophora cardui* (L.). Larvy tohoto druhu se vyvíjejí ve vzrostném vrcholu pcháče osetu *Cirsium arvense* (L.) Scop. (*Asteraceae*) v místech diferenciací vodivých pletiv. Přítomnost larvy stimuluje hostitelskou rostlinu k tvorbě háčky, tj. proliferaci buněk, které by se v nenapadené rostlině nediferencovaly, a tím zvyšuje přívod asimilátů do vznikající háčky na úkor ostatních orgánů rostliny. Rostlina pak zaostává v růstu a produkuje menší množství nažek. Bylo zjištěno až 65-78% snížení hmotnosti napadených rostlin, a proto je druh *Urophora cardui* vhodný a byl úspěšně vypuštěn v roce 1974 v Kanadě.

Jiným příkladem boje proti pcháči bylo v letech 1979-1981 opakované vypouštění hálkotvorného druhu *Urophora stylata* F. proti pcháči kopinatému (*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.) (*Asteraceae*) v Kanadě. Pokles počtu nažek oproti nenapadeným rostlinám kolísal mezi 57% a 62%. Protože na tomto pcháči nebyli zjištěni žádní jiní vhodnější fytofágové, bude se zvýšení účinnosti řešit umělým zvyšováním populací druhu *U. stylata*.

V Austrálii a na Novém Zélandu byl vypuštěn v roce 1958 hálkotvorný druh *Procecidochares utilis* Stone proti pleveli *Eupatorium adenophorum* Spreng. (= *Ageratina adenophora* Spreng.) (*Asteraceae*) zavlečeným z Mexika. Samice druhu *P. utilis* kladou vajíčka do vzrostných vrcholů a vyvíjející se larva stejně jako v předchozím případě nutí hostitelskou rostlinu k tvorbě háčky. Napadená rostlina je silně oslabována přítomností a žírem larvy a nezřídka odumírá.

Možnosti introdukce jiného druhu *Procecidochares alani* Steyskal na Havaii proti pleveli *Ageratina riparia* (Regel) (*Asteraceae*) byla předmětem obsáhlých studií, neboť se ve skutečnosti jedná o komplex několika velmi obtížně determinovatelných druhů. Bylo zjištěno, podle tvaru a vývoje hálek, že se jedná nejméně o tři druhy rodu *Procecidochares*, z nichž všechny připadají v úvahu buď jednotlivě, ale optimálně všechny tři najednou v omezování šíření cílového plevele.

Známým příkladem zavlečení plevele z amerického kontinentu do Evropy a bývalého Sovětského svazu je *Ambrosia trifida* L. (*Asteraceae*). Ambrosie se stala obtížným plevellem v sadech a na pastvinách Ukrajiny, Kubáně a Dálného Východu. Jako vhodný bioagens byl vybrán druh *Euaresta festiva* (Loew), který mívá jednu generaci do roka, je monofágní a larvy se vyvíjejí v květenstvích. V testech však bylo zjištěno, že nažky jsou v nejlépeším případě ničeny jen z 13,4%. Proto bylo od dalších studií upuštěno.

Druh *Tephritis dilacerata* Loew, běžný středoevropský druh (i v ČR), byl vybrán a testován jako bioagens proti mléči rolnímu (*Sonchus arvensis* L.) (*Asteraceae*) v Kanadě a USA. Protože napadá jen rostliny rodu *Sonchus* a samice přednostně kladou do květenství druhu *Sonchus arvensis*, byl tento druh doporučen jako bioagens. Larvy se vyvíjejí v nerozvinutých květenstvích a poškozují rostlinu dvojitým způsobem: žírem pletiv květního lůžka a zárodku květu a stimulací rostliny k tvorbě náhradních pletiv. Tento způsob napadení je poněkud neobvyklý, neboť nebylo jednoznačně rozřešeno, zda jde v tomto případě o hátku, či nikoliv. Vizuelně je možno rozeznat napadená květenství, která se mění v typický "knoflík" (button) a nikdy nerozkvétají, a tak je znemožněno uvolňování nažek.

V současné době se v biologické ochraně proti plevelům s využitím zástupců čeledi *Tephritidae* stále více prosazuje využití dvou a více druhů k omezení šíření jednoho druhu plevelné rostliny. Takovým programem je boj proti chrpám *Centaurea diffusa* a *Centaurea maculosa*, kde se využívá dvou hátkotvorných druhů *Urophora affinis* a *Urophora quadrifasciata*, které si nekonkurují potravně ani místem lokalizace larev v téže rostlině, jak bylo uvedeno výše.

Jiným příkladem je využití dvou nehátkotvorných druhů *Xyphosia miliaria* (Schrank) a *Orellia ruficauda* (F.) proti pcháči osetu (*Cirsium arvense* (L.) Scop.). Larvy obou druhů se vyvíjejí v květenstvích a jako potravu využívají květní lůžko, nažky a chmýr nažek. Jde o vzájemně si konkurující druhy (interspecific competition). Samice obou druhů jsou schopny rozpoznat, která květenství jsou napadená a zda larvou vlastního nebo jiného druhu. Druh *Xyphosia miliaria* je v této konkurenci poněkud zvýhodněn, protože má širší spektrum hostitelských rostlin a kladoucí samice tudíž není omezena na jednu hostitelskou rostlinu. Přesto se vyvinul mechanismus, který dopad vzájemné kompetice zmenšuje. Samice druhu *Xyphosia miliaria* kladou vajíčka o něco dříve než konkurent, jejich populace jsou početnější, a proto i napadení hostitelských rostlin bývá silnější. Samice druhého druhu *Orellia ruficauda* kladou vajíčka do květních úborů později, a jsou tak znevýhodněny. Tento možný problém je opět zajištěn šíří spektra rostlin, do kterých samice může vajíčka naklást a larvy úspěšně dokončit vývoj. Z výše uvedeného vyplývá, že z hlediska využití v biologické ochraně může být i konkurenční vztah dvou druhů bioagens výhodný. Je znám konkurenční vztah druhů *Urophora stylata* F. (hátkotvorný druh) a *Terellia serratulae* L. (nehátkotvorný druh) na pcháči kopinatém (*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.) (*Asteraceae*). Samice druhu *U. stylata* kladou vajíčka do mladých uzavřených květenství, na bázi květního lůžka, larvy se v jednom květenství obvykle vyskytují ve větším počtu a stimulují hostitelskou rostlinu k tvorbě velké dřevnaté hátky vnitřně členěné na kompartmenty odpovídající počtu larev. Samice druhu *Terellia serratulae* kladou vajíčka do rozkvetlých květenství, larvy se živí nažkami a vytvářejí si kolem sebe zámotek (cocoon) z chmýru nažek. Samice tohoto druhu dávají při kladení přednost květenstvím nenapadeným konkurentem, larvy však jsou schopny úspěšně přežít i v již napadeném květenství. Přesto však k tomuto případu dochází zřídka, protože květenství s larvami druhu *U. stylata* rozkvétají později než neparazitovaná, a tak dochází k porušení synchronizace vývoje druhu *T. serratulae* s růstovými fázemi hostitelské rostliny.

Mnoho druhů čeledi *Tephritidae* využívaných v biologické regulaci plevelů je hátkotvorných. A právě u těchto druhů je zdůrazňováno větší (přímé i nepřímé) poškozování hostitelské rostliny, které tyto druhy zvýhodňuje při výběru vhodných kandidátů biologické ochrany. Sledujeme-li způsoby poškození hostitelské rostliny v souladu s ontogenetickým vývojem jedince, je první poranění způsobené kladélkem. Toto poškození je primárně mechanické a vážně neovlivňuje životaschopnost rostliny. Na toto poranění rostlina reaguje (u stonkových a květních hálek) zaplněním kalusem a vzhledem k tomu, že jde o meristémy (tj. mladá pletiva s dělicími se buňkami), nehrožuje toto poranění vážně zdravotní stav rostliny. Larvy po vylíhnutí ovlivňují svým žírem, exkrementy a jinými dosud ne zcela objasněnými mechanismy a chemismy formu reakce rostliny. U buněk obklopujících larvu dochází k diferenciaci nových typů buněk, ukládání ligninu v buněčných stěnách nebo k nepřírozené proliferaci buněk. Tyto obranné reakce napadené rostliny jsou náročné na spotřebovanou energii a vyžadují vyšší přísun asimilátů do postižených míst na úkor ostatních orgánů rostliny. Přítomnost larev se u napadených rostlin projevuje kroucením listů, deformací květenství, menším vzrůstem celé rostliny nebo jednotlivých orgánů. V případě stonkových hálek, kdy nejsou bezprostředně poškozovány generativní orgány, avšak dochází v důsledku menšího přísunu asimilátů ke snížení schopnosti generativního množení. V případě květních hálek dochází k bezprostřední likvidaci generativních orgánů. Kromě těchto přímých poškození hostitelské rostliny se otevírají cesty pro sekundární infekce. Celkové oslabení napadené rostliny pak způsobuje větší vnímavost k negativním vlivům vnějšího prostředí: biotickým i abiotickým, které by zdravá rostlina výrazněji nepocítovala.

## **Nové směry v biologickém boji proti plevelům**

Biologická regulace plevelů jako vědní úsek integrované ochrany rostlin řeší styčné otázky botaniky, entomologie a ekologie. V současné době probíhají celosvětově diskuse o třech základních okruzích otázek:

1. revize taxonomického postavení některých rodů, druhů a poddruhů čeledi Asteraceae z pohledu biologické ochrany - plevelů. Mezi nejproblematictější skupiny patří rody *Carduus* (je známo 900 jmen druhů, poddruhů a variet), *Cirsium* (kde je determinace založená na využití elektroforetických, flavonidových a statistických analýz) a *Centaurea* (kde se vedou diskuse o vzájemných vztazích a blízkosti poddruhů a druhů a odstraňuje se synonymie), zejména u druhů chrp zavlečených z Evropy do Ameriky je jasná a přesná taxonomie základem pro určení druhu resp. poddruhu ve vztahu k uvažovaným bioagens.
2. trofické, časové, prostorové a další ekologické vztahy mezi skupinami organismů, které obývají úzce specializovaný biotop, např. květenství nebo kořenový systém určité rostliny,
3. dosud není jednotný názor na to, zda evolučně "staré" vztahy herbivor-hostitelská rostlina jsou z hlediska biologické ochrany proti plevelům účinnější než evolučně "mladé" vztahy. U mladých vztahů je porušena rovnováha mezi hostitelskou rostlinou a fytofágem v prostředí, a je tak větší předpoklad pro to, aby se tento vztah projevil v biologické ochraně účinněji. Oproti tomu dlouhodobé stabilní vztahy jsou zárukou stability a minimalizace nepředpokládaných a neočekávaných zvrátů mezi rostlinou – hostitelem a bioagens – fytofágem.

## **Literatura**

BATRA S.W.T., 1982: Biological Control in Agroecosystems. Science, 215:134-139.

PEMBERTON R.W. & HOOER E.M., 1980: Insects Associated with wild plants in Europe and the Middle East. Biological control of weeds surveys. USDA Miscellaneous Pub. No 1382, 33 pp.

ROSENTHAL S.S., D.M. MADDOX & K. BRUNETTI, 1984: Biological Methods of Weed Control. California Weed Conference, California. 88 pp.



## Obsah:

Abstrakt	1
Úvod	1
Myšlenka biologické ochrany proti plevelům není nová	2
Integrovaná ochrana rostlin a integrovaná regulace plevelů	2
Co je integrovaná ochrana proti plevelům (IWM – Integrated Weed Management)?	3
Výhody a nedostatky biologické ochrany	3
Celosvětový význam plevelů	4
Definice biologického boje proti plevelům a definice plevele	4
Postavení biologické regulace plevelů v integrované ochraně proti plevelům	5
Metody biologického boje proti plevelům	5
Biologické programy	6
Biologický regulace plevelů s využitím rostlinných patogenů	8
Biologický boj proti plevelům s využitím zástupců fytofágního hmyzu	8
Biologická regulace plevelů s využitím zástupců čeledi vrtulovitých ( <i>Diptera, Tephritidae</i> )	12
Nové směry v biologickém boji proti plevelům	15
Literatura	15